

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Β. ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ**

ΤΟΜΟΣ Α΄

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Β. ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Κωνσταντίνος Κώτσης, Αναπληρωτής Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Επιβλέπων.
2. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
3. Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Εξεταστική Επιτροπή

4. Απόστολος Κατσίκης, Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
5. Γεώργιος Τσαπαρλής, Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
6. Διονύσιος Βαβουγιός, Αναπληρωτής Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
7. Αικατερίνη Πλακίτση, Επίκουρος Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας περιεχομένων	i
Κατάλογος γραφημάτων	xi
Κατάλογος εικόνων	xvi
Κατάλογος πινάκων.....	xx
Κατάλογος σχημάτων	xxxii
Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	xxxiii
Περίληψη	xxxviii
Περίληψη στα Αγγλικά – Abstract	xl

Κεφάλαιο Πρώτο:

Εισαγωγή

1.1 Περιληπτική διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος (ή του αντικειμένου) της διδασκαλικής διατριβής.....	1
1.2 Η δομή της διδακτορικής διατριβής	7

Κεφάλαιο Δεύτερο:

Ο εποικοδομισμός κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

2.1 Ο εποικοδομισμός κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.....	10
2.1.1 Οι αρχές της εποικοδόμησης κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής	13
2.1.2 Οι εναλλακτικές ιδέες (αντιλήψεις) των μαθητών	15
2.2 Η εννοιολογική αλλαγή κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.....	20
2.2.1 Τρόποι πρόκλησης της εννοιολογικής αλλαγής	22
2.2.2 Οι συνθήκες - προϋποθέσεις επίτευξης της εννοιολογικής αλλαγής.....	24
2.3 Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και οι φάσεις διδασκαλίας του.....	25
2.4 Η εργασία σε ομάδες (ομαδοσυνεργατική διδασκαλία) στην εκτέλεση πειραμάτων εποικοδομητικού τύπου	30

Κεφάλαιο Τρίτο:

Το πείραμα κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής – Η επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία

3.1 Ο ρόλος, οι στόχοι, τα επίπεδα και τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής	36
3.1.1 Ο ρόλος του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.....	36
3.1.2 Οι στόχοι που επιτυγχάνονται με την εκτέλεση του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.....	41
3.1.3 Τα επίπεδα σχεδιασμού του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής	45
3.1.4 Τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής	45
3.2 Ο ρόλος του πειράματος στον εποικοδομισμό.....	49
3.2.1 Ο ρόλος του πειράματος στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας.....	49
3.2.2 Ο ρόλος του πειράματος στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής	51
3.3 Η επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.....	57
3.3.1 Η διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία	57
3.3.2 Η επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.....	60

Κεφάλαιο Τέταρτο:

Εννοιολογικοί προσδιορισμοί - Δυνατότητες και περιορισμοί των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων

4.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός των πραγματικών πειραμάτων.....	68
4.2 Εννοιολογικός προσδιορισμός των εικονικών πειραμάτων.....	70
4.3 Οι (κοινές) δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων	74
4.4 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) και οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων	75
4.4.1 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων	75

4.4.2 Οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων.....	78
4.4.3 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων	79
4.4.4 Οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων.....	82
4.5 Ο εποικοδομισμός και η αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ειδικότερα των προσομοιώσεων ως γνωστικού εργαλείου κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής	85

Κεφάλαιο Πέμπτο:

Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών

5.1 Η σκοπιμότητα - αναγκαιότητα της έρευνας μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση	89
5.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής	94
5.2.1 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα είναι παρόμοια (δεν υστερούν) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων	96
5.2.2 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων	109
5.2.3 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε πραγματικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των εικονικών πειραμάτων	122
5.2.4 Έρευνες στις οποίες δε δίνονται οριστικές απαντήσεις για τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων	125

Κεφάλαιο Έκτο:

Μεθοδολογία – Σχεδιασμός της έρευνας

6.1 Οι φάσεις υλοποίησης της έρευνας - Η ταυτότητα της έρευνας.....	130
6.2 Οι ερευνητικοί στόχοι της έρευνας	131
6.3 Ο σκοπός της έρευνας	132
6.4 Τα (δι)ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας	133

6.5 Η πιλοτική έρευνα	134
6.5.1 Οι στόχοι της πιλοτικής έρευνας	134
6.5.2 Μεθοδολογία της πιλοτικής έρευνας	135
6.5.2.1 Οι συνθήκες διεξαγωγής και το δείγμα της πιλοτικής έρευνας.....	135
6.5.2.2 Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της πιλοτικής έρευνας.....	135
6.5.3 Μέσα συλλογής δεδομένων της πιλοτικής έρευνας	137
6.5.4 Αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας	138
6.5.4.1 Αποτελέσματα για την έννοια της δύναμης της τριβής	138
6.5.4.2 Αποτελέσματα για την έννοια του βρασμού του νερού.....	141
6.5.4.3 Αποτελέσματα για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος	142
6.5.4.4 Αποτελέσματα για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	144
6.5.5 Συμπεράσματα της πιλοτικής έρευνας.....	146
6.6 Η κύρια έρευνα.....	149
6.6.1 Οι ερευνητικοί άξονες της κύριας έρευνας	149
6.6.2 Το δείγμα και οι συνθήκες διεξαγωγής της κύριας έρευνας– Η μέθοδος δειγματοληψίας.....	150
6.6.2.1 Το δείγμα και οι συνθήκες διεξαγωγής της κύριας έρευνας	150
6.6.2.2 Αιτιολογία επιλογής της μεθόδου «κατά συστάδες» τυχαίας δειγματοληψίας.....	152
6.6.3 Η πειραματική έρευνα.....	152
6.6.3.1 Η αναγκαιότητα υλοποίησης της πειραματικής έρευνας και του διαχωρισμού του δείγματος σε πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου.....	152
6.6.3.2 Συγκρότηση (σχηματισμός) πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου με τη διαδικασία της τυχαίας δειγματοληψίας.....	154
6.6.3.3 Διαδικασία ελέγχου της ισοδυναμίας των δυο ομάδων μέσω ελέγχου του γνωστικού επιπέδου των μαθητών.....	155
6.6.4 Οι μεταβλητές της έρευνας	155
6.6.5 Το πειραματικό σχέδιο και η διαδικασία της παρέμβασης	156
6.6.5.1 Το πειραματικό σχέδιο	156
6.6.5.2 Η διαδικασία της πειραματικής παρέμβασης.....	158
6.6.6 Η εσωτερική και εξωτερική εγκυρότητα της πειραματικής παρέμβασης.....	161
6.6.6.1 Οι απειλές στην εσωτερική εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην κύρια έρευνα.....	162

6.6.6.2 Οι απειλές στην εξωτερική εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην κύρια έρευνα.....	164
6.6.7 Εργαλεία – μέσα συλλογής δεδομένων της κύριας έρευνας.....	166
6.6.8 Εργαλεία ανάλυσης δεδομένων της κύριας έρευνας	171
6.6.8.1 Η αξιολόγηση της μάθησης και η ταξινομία SOLO.....	171
6.6.8.2 Η επιλογή της ταξινομίας SOLO.....	177
6.6.8.3 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων σύμφωνα με την ταξινομία SOLO	177
6.6.8.3.1 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	179
6.6.8.3.2 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού σύμφωνα με την ταξινομία SOLO	182
6.6.8.3.3 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σύμφωνα με την ταξινομία SOLO	185
6.6.8.3.4 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	188

Κεφάλαιο Έβδομο:

Μαθησιακό περιβάλλον και κριτήρια επιλογής των εννοιών της έρευνας – Σενάρια διδασκαλίας

7.1 Το προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον	192
7.2 Κριτήρια επιλογής των εννοιών και φαινομένων που διερευνώνται στην έρευνα	201
7.3 Τα σενάρια διδασκαλίας	204
7.3.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός του σεναρίου διδασκαλίας	204
7.3.2 Η δομή των σεναρίων διδασκαλίας της έρευνας	206
7.4 Τα φύλλα εργασίας.....	209
7.4.1 Η επιλογή και η αναγκαιότητα των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής	209

7.4.2 Η χρησιμότητα των φύλλων εργασίας για τους μαθητές και τους δασκάλους – ερευνητές.....	211
7.4.3 Οι αρχές σχεδίασης των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής.....	212
7.4.4 Η δομή των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής.....	217

Κεφάλαιο Όγδοο :

Έρευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

8.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	225
8.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	225
8.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	249
8.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	255
8.2 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας – Στατιστική ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής.....	268
8.2.1 Η «Μηδενική» και η «εναλλακτική» στατιστική υπόθεση	268
8.2.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	270

Κεφάλαιο Ένατο:

Έρευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

9.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.....	306
9.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.....	306
9.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.....	317

9.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού	322
9.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού	335

Κεφάλαιο Δέκατο:

Έρευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

10.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος	363
10.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	363
10.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	377
10.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	378
10.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	386

Κεφάλαιο Ενδέκατο:

Έρευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός

11.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.....	435
11.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός	435
11.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.....	447
11.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός	451
11.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός	460

Κεφάλαιο Δωδέκατο:

Συμπεράσματα - Προτάσεις

12.1 Έλεγχος των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων.....	488
12.1.1 Έλεγχος του πρώτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	488
12.1.2 Έλεγχος του δεύτερου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.....	490
12.1.3 Έλεγχος του τρίτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	492
12.1.4 Έλεγχος του τέταρτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός	494
12.2 Συμπεράσματα της έρευνας	496
12.3 Η πρωτοτυπία και η συμβολή της έρευνας.....	503
12.4 Οι περιορισμοί – τα όρια της έρευνας	506
12.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα – Ανοιχτά ερευνητικά ζητήματα	507
Βιβλιογραφία	509

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας

Παράρτημα Ι₁: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Παράρτημα Ι₂: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Παράρτημα Ι₃: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Παράρτημα Ι₄: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Παράρτημα Ι₅: Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

- Παράρτημα Ι₆:** Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος
- Παράρτημα Ι₇:** Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός
- Παράρτημα Ι₈:** Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός
- Παράρτημα ΙΙ:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας
- Παράρτημα ΙΙ₁:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής
- Παράρτημα ΙΙ₂:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής
- Παράρτημα ΙΙ₃:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού
- Παράρτημα ΙΙ₄:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού
- Παράρτημα ΙΙ₅:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος
- Παράρτημα ΙΙ₆:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος
- Παράρτημα ΙΙ₇:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός
- Παράρτημα ΙΙ₈:** Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Παράρτημα III: «Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics

Παράρτημα IV: «Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π.

Παράρτημα V: «Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition

Παράρτημα VI: «Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό προσομοίωσης M.A.Θ.H.M.A.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 8.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1).....	271
Γράφημα 8.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1).....	271
Γράφημα 8.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2).....	276
Γράφημα 8.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2).....	277
Γράφημα 8.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3).....	283
Γράφημα 8.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3).....	283
Γράφημα 8.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4).....	289
Γράφημα 8.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4).....	289
Γράφημα 8.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5).....	295
Γράφημα 8.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5).....	295
Γράφημα 8.11: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (6).....	301

Γράφημα 8.12: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (6).....	301
Γράφημα 9.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1).....	336
Γράφημα 9.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1).....	336
Γράφημα 9.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2).....	341
Γράφημα 9.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2).....	341
Γράφημα 9.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3).....	346
Γράφημα 9.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3).....	346
Γράφημα 9.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4).....	351
Γράφημα 9.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δυο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4).....	351
Γράφημα 9.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5).....	357
Γράφημα 9.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5).....	357

Γράφημα 10.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Α).....	387
Γράφημα 10.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Α).....	387
Γράφημα 10.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Β).....	392
Γράφημα 10.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Β).....	392
Γράφημα 10.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ)	397
Γράφημα 10.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ)	397
Γράφημα 10.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) α).....	402
Γράφημα 10.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) α).....	402
Γράφημα 10.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) β)	407
Γράφημα 10.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) β)	407
Γράφημα 10.11: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) γ).....	413

Γράφημα 10.12: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) γ).....	413
Γράφημα 10.13: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) α)	419
Γράφημα 10.14: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) α)	419
Γράφημα 10.15: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) β)	424
Γράφημα 10.16: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) β)	424
Γράφημα 10.17: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4).....	429
Γράφημα 10.18: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4).....	429
Γράφημα 11.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1).....	461
Γράφημα 11.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1).....	461
Γράφημα 11.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2).....	466
Γράφημα 11.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2).....	466

Γράφημα 11.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)α).....	472
Γράφημα 11.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)α).....	472
Γράφημα 11.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)β).....	477
Γράφημα 11.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)β).....	477
Γράφημα 11.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4).....	482
Γράφημα 11.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4).....	482

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 4.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού.....	69
Εικόνα 4.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού.....	73
Εικόνα 6.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	159
Εικόνα 6.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics των μαθητών της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	159
Εικόνα 6.3: Μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις πριν από την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	169
Εικόνα 7.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων με χρήση πραγματικών αντικειμένων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	198
Εικόνα 7.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	198
Εικόνα 7.3: Εικονίδιο του αρχικού φύλλου εργασίας (1).....	216
Εικόνα 7.4: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις	216
Εικόνα 7.5: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (3) – Πειράματα	216
Εικόνα 7.6: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (4) – Εφαρμογές.....	216
Εικόνα 8.1: Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων.....	230
Εικόνα 8.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	247
Εικόνα 8.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	247
Εικόνα 8.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	248

Εικόνα 8.5: Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics 2005	251
Εικόνα 8.6: Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων στην οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics.....	256
Εικόνα 8.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	266
Εικόνα 8.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	267
Εικόνα 8.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής.....	267
Εικόνα 9.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.....	310
Εικόνα 9.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	315
Εικόνα 9.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	316
Εικόνα 9.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	316
Εικόνα 9.5: Η οθόνη του Εργαστηρίου Θερμότητας του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.	318
Εικόνα 9.6: Το εργαστήριο Θερμότητας του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.	322
Εικόνα 9.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	334
Εικόνα 9.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	334
Εικόνα 9.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού	334
Εικόνα 10.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος	370
Εικόνα 10.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	375
Εικόνα 10.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	375

Εικόνα 10.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	375
Εικόνα 10.5: Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition.....	377
Εικόνα 10.6: Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition.....	379
Εικόνα 10.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	384
Εικόνα 10.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	385
Εικόνα 10.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	385
Εικόνα 11.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός	440
Εικόνα 11.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	445
Εικόνα 11.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	446
Εικόνα 11.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	446
Εικόνα 11.5 : Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. στην ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο».....	450
Εικόνα 11.6: Το εργαστήριο (Γεωμετρικής) Οπτικής του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.....	452
Εικόνα 11.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	458

Εικόνα 11.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	459
Εικόνα 11.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός	459

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Πιθανοί στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας	47
Πίνακας 6.1: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1)	139
Πίνακας 6.2: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2)	139
Πίνακας 6.3: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3) σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής.....	139
Πίνακας 6.4: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4)	140
Πίνακας 6.5: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (5)	140
Πίνακας 6.6: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (6)	140
Πίνακας 6.7: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1)	141
Πίνακας 6.8: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2)	141
Πίνακας 6.9: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3)	141
Πίνακας 6.10: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4)	142

[illegible]

Πίνακας 6.22: Σύνθεση της Πειραματικής και της ομάδας Ελέγχου ανά τάξη και σχολείο	151
Πίνακας 6.23 : Επίπεδα ταξινομίας SOLO των Biggs και Collins	175
Πίνακας 6.24: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	179
Πίνακας 6.25: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	179
Πίνακας 6.26: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (3) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	180
Πίνακας 6.27: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	180
Πίνακας 6.28: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (5) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	181
Πίνακας 6.29: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (6) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	181
Πίνακας 6.30: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	182
Πίνακας 6.31: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	183
Πίνακας 6.32: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (3) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	183
Πίνακας 6.33: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	184
Πίνακας 6.34: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (5) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	184
Πίνακας 6.35: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 1) Α), Β), Γ) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	185
Πίνακας 6.36: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) α) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	186
Πίνακας 6.37: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) β) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	186
Πίνακας 6.38: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) γ) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	187

Πίνακας 6.39: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) α), β) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	187
Πίνακας 6.40: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	188
Πίνακας 6.41: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	188
Πίνακας 6.42: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	189
Πίνακας 6.43: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) α) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	189
Πίνακας 6.44: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) β) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	190
Πίνακας 6.45: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO.....	191
Πίνακας 8.1: Η συνοπτική (πιθανή) πορεία διδασκαλίας και οι φάσεις της για την εκτέλεση πειραμάτων (εικονικών ή πραγματικών) σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής	238
Πίνακας 8.2: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1).....	270
Πίνακας 8.3: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1).....	271
Πίνακας 8.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	273
Πίνακας 8.5: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	273
Πίνακας 8.6: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2).....	276
Πίνακας 8.7: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2)	277

Πίνακας 8.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	279
Πίνακας 8.9: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	279
Πίνακας 8.10: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3)	282
Πίνακας 8.11: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)	283
Πίνακας 8.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)	285
Πίνακας 8.13: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)	285
Πίνακας 8.14: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4)	288
Πίνακας 8.15: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)	289
Πίνακας 8.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	291
Πίνακας 8.17: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	291
Πίνακας 8.18: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (5)	295
Πίνακας 8.19: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (5)	296

Πίνακας 8.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)	297
Πίνακας 8.21: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5).....	298
Πίνακας 8.22: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (6)	300
Πίνακας 8.23: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (6)	301
Πίνακας 8.24: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (6)	303
Πίνακας 8.25: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (6).....	303
Πίνακας 9.1: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1)	335
Πίνακας 9.2: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)	336
Πίνακας 9.3: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	338
Πίνακας 9.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	338
Πίνακας 9.5: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2)	340
Πίνακας 9.6: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2).....	341

Πίνακας 9.7: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	343
Πίνακας 9.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	343
Πίνακας 9.9: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3)	345
Πίνακας 9.10: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)	346
Πίνακας 9.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)	348
Πίνακας 9.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)	348
Πίνακας 9.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4)	351
Πίνακας 9.14: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)	352
Πίνακας 9.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	353
Πίνακας 9.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	354
Πίνακας 9.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (5)	357
Πίνακας 9.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (5)	358

Πίνακας 9.19:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)	359
Πίνακας 9.20:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5).....	360
Πίνακας 10.1:	Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Α).....	386
Πίνακας 10.2:	Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Α).....	387
Πίνακας 10.3:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Α)	389
Πίνακας 10.4:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Α)	389
Πίνακας 10.5:	Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Β)	391
Πίνακας 10.6:	Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Β).....	392
Πίνακας 10.7:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Β)	394
Πίνακας 10.8:	Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Β)	394
Πίνακας 10.9:	Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Γ)	396
Πίνακας 10.10:	Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Γ).....	397

Πίνακας 10.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Γ).....	399
Πίνακας 10.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Γ).....	399
Πίνακας 10.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) α).....	402
Πίνακας 10.14: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2) α).....	403
Πίνακας 10.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) α).....	404
Πίνακας 10.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) α).....	405
Πίνακας 10.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) β).....	407
Πίνακας 10.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2) β).....	408
Πίνακας 10.19: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) β).....	409
Πίνακας 10.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) β).....	410
Πίνακας 10.21: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) γ).....	412
Πίνακας 10.22: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2) γ).....	413

Πίνακας 10.23: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) γ)	415
Πίνακας 10.24: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) γ)	415
Πίνακας 10.25: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3) α).....	418
Πίνακας 10.26: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3) α).....	419
Πίνακας 10.27: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) α)	421
Πίνακας 10.28: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) α).....	421
Πίνακας 10.29: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3) β).....	424
Πίνακας 10.30: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3) β).....	425
Πίνακας 10.31: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) β)	426
Πίνακας 10.32: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) β).....	427
Πίνακας 10.33: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4).....	429
Πίνακας 10.34: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4).....	430

Πίνακας 10.35: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	431
Πίνακας 10.36: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)	432
Πίνακας 11.1: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1)	460
Πίνακας 11.2: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)	461
Πίνακας 11.3: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	463
Πίνακας 11.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)	463
Πίνακας 11.5: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2)	466
Πίνακας 11.6: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2)	467
Πίνακας 11.7: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	468
Πίνακας 11.8 : Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)	469
Πίνακας 11.9: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3α)	471
Πίνακας 11.10: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3α)	472

Πίνακας 11.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)α).....	474
Πίνακας 11.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)α).....	474
Πίνακας 11.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3)β).....	476
Πίνακας 11.14: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)β).....	477
Πίνακας 11.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)β).....	479
Πίνακας 11.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)β).....	479
Πίνακας 11.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4).....	482
Πίνακας 11.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4).....	483
Πίνακας 11.19: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4).....	484
Πίνακας 11.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4).....	485

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Η διαδικασία της ανάπτυξης και εφαρμογής μιας πειραματικής δραστηριότητας	46
Σχήμα 3.2: Πειραματική δραστηριότητα: συνδέοντας τα δύο πεδία της γνώσης.....	47
Σχήμα 6.1: Στάδια της πειραματικής παρέμβασης στις δυο ομάδες.....	157
Σχήμα 6.2: Η διαδικασία της πειραματικής παρέμβασης.....	160
Σχήμα 10.1: Κυκλώματα που δείχνουν ένα μοντέλο τύπου πηγή – καταναλωτή	364
Σχήμα 10.2: Το μονοπολικό μοντέλο	365
Σχήμα 10.3: Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων	366
Σχήμα 10.4: Το καταναλωτικό μοντέλο	366
Σχήμα 10.5: Το καταναλωτικό μοντέλο με δυο λαμπτήρες	366
Σχήμα 10.6: Το επιστημονικό μοντέλο της διατήρησης του ρεύματος.....	367

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η συγγραφή μιας επιστημονικής εργασίας και πιο συγκεκριμένα μιας διδακτορικής διατριβής είναι αφενός μια σημαντική και ενδιαφέρουσα διαδικασία και αφετέρου μια επίπονη και κοπιώδης διαδικασία για τον ερευνητή.

Στην απόφασή μου, λοιπόν, να ασχοληθώ με την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο οι εξής παράγοντες: α) το ενδιαφέρον από τα μαθητικά μου χρόνια για το μάθημα της Φυσικής αφού υπήρξα απόφοιτος της δεύτερης δέσμης στις πανελλήνιες εξετάσεις του 1996, όπου η Φυσική ήταν ένα από τέσσερα εξεταζόμενα μαθήματα

β) η επαφή με τους μαθητές των δημοτικών σχολείων λόγω του διορισμού μου στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και

γ) η ενδιαφέρουσα και εξαιρετική διδακτική προσέγγιση στα προπτυχιακά μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (οι τίτλοι των μαθημάτων: Βασική Φυσική Ι, Βασική Φυσική, Η Φυσική στην καθημερινή ζωή, Διδακτική της Φυσικής) από τον κ. Κώτση Κωνσταντίνο, Αναπληρωτή καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και επιβλέποντα της παρούσας διδακτορικής διατριβής

Βέβαια, ο πιο καθοριστικός παράγοντας της απόφασης για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής υπήρξε η γνωριμία και η συνεργασία που είχα με τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κώτση Κωνσταντίνο, τόσο στις προπτυχιακές όσο και στις μεταπτυχιακές σπουδές. Γι' αυτό το λόγο, οφείλω να τον ευχαριστήσω από βάθους καρδιάς για τη σημαντική συμβολή του στην απόφασή μου να εκπονήσω την παρούσα διδακτορική διατριβή. Πιο συγκεκριμένα, οφείλω να τον ευχαριστήσω θερμά τόσο για τις πολύτιμες συμβουλές του ώστε να επιλεγθεί ένα ενδιαφέρον και σύγχρονο θέμα όσο και για τη συνεχή καθοδήγηση, υποστήριξη και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της παρούσας έρευνας, προσφέροντας γενναιόδωρα τον προσωπικό του χρόνο. Τέλος, του οφείλω θερμές ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου διότι όλα αυτά τα χρόνια στάθηκε δίπλα μου όχι μόνο στο επιστημονικό επίπεδο αλλά και στο προσωπικό, στο ανθρώπινο.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμότατα και τα άλλα δυο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής - τον κ. Μικρόπουλο Αναστάσιο, Καθηγητή και Πρόεδρο του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και τον κ. Τζιμογιάννη Αθανάσιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Πολιτικής του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου – για τις

εποικοδομητικές συζητήσεις και για την ουσιαστική και ανθρώπινη συνεργασία που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια, προκειμένου να ολοκληρωθεί με επιτυχία η παρούσα έρευνα.

Ταυτόχρονα, ευχαριστώ θερμότατα και τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής για την τιμή που μου έκαναν να συμμετέχουν σ' αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, ευχαριστώ θερμότατα τον κ. Κατσίκη Απόστολο, Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, τον κ. Τσαπαρλή Γεώργιο, Καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, τον κ. Βαβουγιό Διονύσιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την κ. Πλακίτση Αικατερίνη, Επίκουρος Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Ωστόσο, είναι αναγκαίο να υπογραμμίσω ότι το ερευνητικό στάδιο της παρούσας διατριβής δεν θα είχε υλοποιηθεί εάν δεν με είχαν βοηθήσει σημαντικά, εκτός από τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, πάρα πολλοί άνθρωποι, φίλοι και συνάδελφοι.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά ορισμένους ανθρώπους που βοήθησαν σημαντικά στο σχεδιασμό των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων. Ειδικότερα, ευχαριστώ θερμά:

- τον κ. Μιλτιάδη Σακελλαρίου, υπεύθυνο του ΕΚΦΕ Ιωαννίνων, για την πολύτιμη βοήθεια στο σχεδιασμό της συσκευής εκτίναξης αντικειμένων για τα πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής
- τον κ. Καραγιάννη Γρηγόριο, πρώην Σχολικό Σύμβουλο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (ΠΕ04) Πατρών, για την πολύτιμη βοήθεια και τις ατελείωτες ώρες που μου προσέφερε τόσο στο σχεδιασμό της συσκευής εκτίναξης αντικειμένων για τα πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής όσο και στο σχεδιασμό της συσκευής για τα πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της έννοια της ανάκλασης του φωτός
- τον κ. Τσέκα Ιωάννη, καθηγητή Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, για την πολύτιμη βοήθεια στο σχεδιασμό των εικονικών πειραμάτων με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής
- τον κ. Γεωργόπουλο Κωνσταντίνο, καθηγητή Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και κάτοχο διδακτορικού διπλώματος, για την πολύτιμη βοήθεια του

στην αξιοποίηση της ταξινομίας SOLO κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της παρούσας έρευνας

Στη συνέχεια, ευχαριστώ θερμότατα για τη σημαντική συμβολή στην υλοποίηση της πιλοτικής και κύριας έρευνας τους αγαπητούς συναδέλφους και συναδέλφισσες που υπηρετούσαν τη σχολική χρονιά 2009 – 2010 στο δημοτικό σχολείο Κατσικάς Ιωαννίνων, στο 1^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων – Ελισαβέτειο (και στο 2^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων – Καπλάνειο, το οποίο είναι συστεγαζόμενο με το 1^ο δημοτικό σχολείο), στο 3^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων και στο 18^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων. Πιο συγκεκριμένα, ευχαριστώ θερμότατα:

I) Από το δημοτικό σχολείο Κατσικάς το διευθυντή, κ. Πανταζή Δημήτριο, τον εκπαιδευτικό της Ε₁ τάξης κ. Κοσμά Άγγελο, την εκπαιδευτικό της Ε₂ τάξης κ. Κουτσιομοίρη Ευαγγελία, τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₁ τάξης κ. Παππά Χρήστο και τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₂ τάξης κ. Θανάση Μιχάλη.

II) Από το 1^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων (Ελισαβέτειο) το διευθυντή, κ. Τάτση Παντελή, τον εκπαιδευτικό της Ε₁ τάξης κ. Δρούγκα Παύλο και την εκπαιδευτικό της Ε₂ τάξης κ. Μητσιούλα Ιωάννα. Από το συστεγαζόμενο 2^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων (Καπλάνειο) το διευθυντή, κ. Τζαρούχη Θεόδωρο, την εκπαιδευτικό της ΣΤ₁ τάξης κ. Χρονοπούλου Διονυσία και την εκπαιδευτικό της ΣΤ₂ τάξης κ. Τρυφέρη Δήμητρα.

III) Από το 3^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων το διευθυντή, κ. Αυδίκο Βασίλειο, την εκπαιδευτικό της Ε₁ τάξης κ. Βασιλοπούλου Αθηνά, τον εκπαιδευτικό της Ε₂ τάξης κ. Βάσση Νικόλαο, τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₁ τάξης κ. Κάππη Αλέξανδρο και τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₂ τάξης κ. Παππά Ανδρέα.

IV) Από το 18^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων το διευθυντή, κ. Βασάκο Σωτήριο, τον εκπαιδευτικό της Ε₁ τάξης κ. Ανδρώνη Ιωάννη, την εκπαιδευτικό της Ε₂ τάξης κ. Ρισβάνη Παρασκευή, τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₁ τάξης κ. Υφαντή Διονύσιο και τον εκπαιδευτικό της ΣΤ₂ τάξης κ. Γερογιώργη Αντώνιο.

Φυσικά, θα αποτελούσε ανεπίτρεπτη παράλειψη η απουσία ευχαριστιών προς τους 300 περίπου μαθητές της Ε' και ΣΤ' τάξης (70 μαθητές συμμετείχαν στην πιλοτική και 222 μαθητές στην κύρια έρευνα) των παραπάνω δημοτικών σχολείων στα οποία υλοποιήθηκε η παρούσα έρευνα. Πρέπει να σημειώσω ότι χωρίς το ενδιαφέρον, την υπομονή και τη θετική διάθεση των μικρών μαθητών δεν θα ήταν εφικτή η υλοποίηση της εμπειρικής έρευνας. Κατά συνέπεια, ευχαριστώ θερμότατα τους αγαπητούς μαθητές και μαθήτριες για τη σημαντική και καίρια συμβολή τους στην

ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας. Η επαφή και η γνωριμία με τους μικρούς μαθητές δεν ήταν μόνο τυπική για τους στόχους της έρευνας αλλά ουσιαστική, εποικοδομητική και ανθρώπινη. Σε αυτό το σημείο αξίζει να παρατεθούν μερικά χαρακτηριστικά αποσπάσματα από τις απόψεις και εντυπώσεις μαθητών μετά από την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων:

Η Φωτεινή, μαθήτρια της ΣΤ΄ τάξης στο δημοτικό σχολείο Κατσικάς, αφού εκτέλεσε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα έγραψε:

Η φυσική δεν μου άρεσε ποτέ αλλά
τώρα έχω το αγαπημένο μάθημα

Η Χρύσα, μαθήτρια της ΣΤ΄ τάξης στο 18^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων, αφού εκτέλεσε πειράματα με προσομοιώσεις έγραψε:

Μου άρεσε πολύ που μάθαμε μια επανάληψη στα παλιά πράγματα που είχε η φυσική μας. Αλλά και ότι μάθαμε πολλά καινούργια πράγματα. Με λίγα λόγια μου άρεσαν πάρα πολύ. Αισθάνομαι ότι μάθαμε πριν από κάθε πείραμα προβλέψεις.

Ο Κώστας, μαθητής της Ε΄ τάξης στο 18^ο δημοτικό σχολείο Ιωαννίνων, αφού εκτέλεσε πειράματα με προσομοιώσεις έγραψε:

Μου άρεσαν όλοι τα πειράματα. Περσίδα ευχαριστώ το μάθημα και έμεινα περισσότερο για την φυσική που θα μου χρησιμεύσει στον μέλλον.

Σε προέκταση των παραπάνω ευχαριστιών αναφορικά με τα δημοτικά σχολεία που υλοποιήθηκε η έρευνα, ευχαριστώ θερμά και τον πρώην Διευθυντή Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Νομού Ιωαννίνων κ. Τζίμα Γρηγόριο για τη σημαντική βοήθεια στην υλοποίηση της παρούσας έρευνας.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θεσμικά το Υπουργείο Παιδείας, την Περιφερειακή Διεύθυνση Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Δυτικής Ελλάδας, καθώς και το ΑΠΥΣΠΕ Δυτικής Ελλάδας για την έγκριση της εκπαιδευτικής άδειας που μου χορήγησαν κατά τα σχολικά έτη 2009 – 2010 και 2010 – 2011, χάρη στην οποία κατόρθωσα να οργανώσω και να ολοκληρώσω τη διδακτορική μου διατριβή.

Ολοκληρώνοντας, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλη την οικογένεια μου για την πολύτιμη και καθοριστική υποστήριξή της. Ειδικότερα, ευχαριστώ τους γονείς μου για τη σημαντική βοήθεια και ιδιαίτερα ευχαριστώ τον πατέρα μου, συνταξιούχο

δάσκαλο, για την ηθική και υλική στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια. Τον ευχαριστώ θερμά για την ενθάρρυνση και την παρότρυνσή του σε δύσκολες φάσεις υλοποίησης της διδακτορικής διατριβής. Τον ευχαριστώ που μου έδινε δύναμη, κουράγιο και πολύτιμες συμβουλές. Παράλληλα, τον ευχαριστώ ολόθερμα αφού καθόλη τη διάρκεια της πιλοτικής και κύριας έρευνας ήταν δίπλα μου και με βοηθούσε ακόμη και στο κουβάλημα των αντικειμένων για την εκτέλεση των πειραμάτων από τάξη σε τάξη, από σχολείο σε σχολείο. Τέλος, ευχαριστώ ολόψυχα και τη σύζυγό μου τόσο για την υπομονή και τις θυσίες που έκανε για μένα όσο και για τη συναισθηματική στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Από την εποχή που πρωτοεμφανίστηκαν τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα, εμφανίστηκε και η επιχειρηματολογία υπέρ ή κατά της χρήσης των εικονικών πειραμάτων στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αυτής της προβληματικής, τα τελευταία χρόνια, πολλοί ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του πειράματος στην επιστημονική διδασκαλία. Η συζήτηση αυτή εντάσσεται σε μια ευρύτερη προβληματική, σχετικά με τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει στη μάθηση η εμπλοκή των μαθητών κατά την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σε σχέση με την εμπλοκή τους κατά την εκτέλεση πραγματικών (φυσικών) πειραμάτων.

Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι ,παρόλο το πλήθος των ερευνών που διενεργήθηκαν, προέκυψαν έρευνες με διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με το είδος πειράματος που είναι αποτελεσματικότερο στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Ταυτόχρονα, σε ελάχιστες έρευνες γίνεται αποκλειστική σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων έναντι μόνο των πραγματικών, με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση. Παράλληλα, ακόμη και σε διεθνές επίπεδο, υλοποιούνται ελάχιστες έρευνες σε μαθητές δημοτικών σχολείων.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ένα σημαντικό έλλειμμα σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης μόνο των εικονικών έναντι μόνο των πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και ιδιαίτερα σε μαθητές δημοτικών σχολείων.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση των εννοιών και φαινομένων της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της έρευνας είναι να συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα (εννοιολογική κατανόηση) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων που εκτελούν πραγματικά πειράματα με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Η πρωτοτυπία της έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι μελετά σε εκτεταμένο επίπεδο την αποκλειστική σύγκριση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε μαθητές δημοτικών σχολείων, με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται συγκεκριμένες μεταβλητές – παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση. Παράλληλα, ένα ακόμη στοιχείο

πρωτοτυπίας της έρευνας αποτελεί και η προσπάθεια ανάδειξης κριτηρίων για τη χρήση και αξιοποίηση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 222 μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων. Οι 110 ήταν μαθητές της Πέμπτης τάξης και οι 112 μαθητές της Έκτης. Το δείγμα διαχωρίστηκε σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Στην Πέμπτη χωρίστηκαν τυχαία 55 μαθητές στην πειραματική ομάδα και 55 στην ελέγχου, ενώ στην Έκτη 56 μαθητές σε καθεμία από τις δυο ομάδες. Η ομάδα ελέγχου εκτέλεσε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική ομάδα εκτέλεσε τα ίδια πειράματα με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης.

Η καταγραφή των δεδομένων της έρευνας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση φύλλων εργασίας (προτεστ, pre-test και μετατεστ, post-test). Οι απαντήσεις των μαθητών αξιολογήθηκαν και κατατάχθηκαν κατά ιεραρχικό - γνωστικό επίπεδο με βάση την ταξινομία SOLO.

Από την επεξεργασία και την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών τα ευρήματα που προέκυψαν είναι τα εξής: α) παρόμοια μαθησιακά αποτελέσματα για τους μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης δημοτικού μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών σχετικά με τις έννοιες της δύναμης της τριβής και του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Με άλλα λόγια, διαπιστώνεται ότι τόσο τα εικονικά όσο και τα πραγματικά πειράματα έχουν την ίδια επίδραση (είναι το ίδιο αποτελεσματικά) στους μαθητές των δυο ομάδων σχετικά με την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής.

β) καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα για τους μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης δημοτικού που εκτέλεσαν πραγματικά πειράματα σε σύγκριση με τους μαθητές που εκτέλεσαν εικονικά πειράματα για τις έννοιες του βρασμού του νερού και της ανάκλασης του φωτός. Με άλλα λόγια, διαπιστώνεται ότι τα πραγματικά πειράματα είναι αποτελεσματικότερα σε σύγκριση με τα εικονικά ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής.

Λέξεις κλειδιά: πραγματικά πειράματα, εικονικά πειράματα, σύγκριση, μαθησιακά αποτελέσματα, εννοιολογική αλλαγή, μαθητές δημοτικών σχολείων

Περίληψη στα Αγγλικά - Abstract

Even since the simulations environments were presented for the first time, the argumentation in favour or against the use of virtual experiments was also presented in the education of Sciences. In the frame of this questioning, in the past few years, a lot of researchers of Teaching of Sciences lay particular emphasison the rethinking of role of experiment in scientific teaching. This discussion is included in a wider questioning, with regard to the role that students' involvement in the performance of virtual experiments can play in comparison with their involvement in the performance of real (natural) experiments.

Through out literature it is realised that, although a lot of researches were held, some researches showed ambiguous results with regard to the type of experiment that is more effective in the teaching and learning of Physics. Simultaneously, few researches compare exclusively the effect of virtual experiments against the effect of real experiments, on the condition that all parameters that influence learning are checked. At the same time, even in an international level, minimal researches are held in students of primary schools.

On the basis at the above an important deficit results with regard to the comparison of the effect of only virtual against only real experiments on the teaching and learning of Physics and especially in students of primary schools.

The aim of this research is to investigate the effect of virtual and real experiments in the learning of the concepts of friction, boiling of water, simple electric circuit and reflection of light. More concretely, the aim of the research is to compare the learning outcomes (conceptual understanding) of students of 5th and 6th grade of primary school that perform real experiments with the learning outcomes of students of 5th and 6th grade of primary school that perform virtual experiments.

The originality of the research lies on the fact that it studies in an extensive level the exclusive comparison of virtual and real experiments in students of primary schools, on the condition that concrete variables - parameters that influence learning are checked. At the same time, the effort to set criteria for the use and exploitation of virtual and real experiments at the teaching and learning of Physics, constitutes another element of originality.

The sample of the research was 222 students of 5th and 6th grade of primary school. 110 students were in the 5th grade, while 112 students were in the 6th grade. The sample was divided in two equivalent groups in each grade, the experimental

group and the control group. In the 5th grade 55 students were divided randomly in the experimental group and 55 in the control, while in the 6th grade there were 56 students in each of the groups. The control group performed experiments with real objects, while the experimental performed the same experiments with the use of simulations.

Data recording of the research was accomplished by using worksheets (pre-test and post-test). The students' answers were evaluated and categorized at hierarchical - cognitive levels according to SOLO taxonomy.

After processing and analyzing the students' answers the findings that resulted are following: a) similar learning outcomes for the students of 5th and 6th grade of primary school after the performance of virtual and real experiments with regard to the concepts of friction and simple electric circuit. In other words, it is realised that both the virtual and real experiments have the same effect (they are equally effectively) in the students of the two groups with regard to the achievement of conceptual change.

b) better learning outcomes for the students of 5th and 6th grade of primary school that performed real experiments compared to the students that performed virtual experiments for the concepts of boiling of water and reflection of light. In other words, it is realised that the real experiments are more effective compared to virtual as for the achievement of conceptual change.

Key words: real experiments, virtual experiments, comparison, learning outcomes, conceptual change, students of primary schools.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή

1.1 Περιληπτική διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος (ή του αντικειμένου) της διδακτορικής διατριβής

Είναι γεγονός ότι κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες διαπιστώνεται ότι υπάρχει ένας αυξανόμενος προβληματισμός για το αντικείμενο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αναφορικά με τη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης της Φυσικής (Ψύλλος,2004). Στο πλαίσιο αυτής της προβληματικής, τα τελευταία χρόνια, πολλοί ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του πειράματος στην επιστημονική διδασκαλία (Hofstein & Lunetta,2004; Μιχαηλίδης,2007; Ψύλλος,2007; Ψύλλος κ.ά.,2008α; Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011).

Ο επαναπροσδιορισμός αυτός οφείλεται ,κυρίως, στο ρόλο των νέων τεχνολογιών και ειδικότερα των προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική και μαθησιακή διαδικασία των Φυσικών Επιστημών (Hofstein & Lunetta,2004; Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Ευαγγέλου & Κώτσης,2009; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011). Πιο αναλυτικά, από τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών καταδεικνύεται πως η χρήση των εικονικών αντικειμένων σε εικονικό εργαστήριο και συγκεκριμένα η χρήση αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή έχει θετική επίδραση τόσο στις γνώσεις περιεχομένου για το υπό μελέτη θέμα όσο και στην αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών¹ ή φοιτητών² προς τις επιστημονικά ορθές απόψεις (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,1998; Τζιμογιάννης κ.ά.,1998; Τζιμογιάννης,1999α; Tao & Gunstone,1999; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000β; Jimoyiannis et. al.,2000; Jimoyiannis & Komis,2001; Καλκάνης,2002; Powell et al., 2003; Τζιμογιάννης,2004; Hanafit et al.,2005; Μικρόπουλος, 2006; Cepni et al.,2006; de Jong,2006; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008; Ψύλλος κ.ά.,2008β; Ταραμόπουλος κ.ά.,2010). Επίσης, επηρεάζει αντίστοιχα και το συναισθηματικό τομέα των συμμετεχόντων στην έρευνα (Vreman-de Olde & de Jong,2004; Bell & Trundle, 2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009).

Με βάση τις παραπάνω έρευνες θα μπορούσε να ισχυρισθεί κανείς ότι αρχίζει να κλονίζεται η θέση πως η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να επιτευχθεί μόνο

¹ Σε κάθε σημείο του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος: «μαθητής», η αναφορά αφορά τόσο τον μαθητή όσο και τη μαθήτριά.

² Σε κάθε σημείο του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος: «φοιτητής», η αναφορά αφορά τόσο τον φοιτητή όσο και τη φοιτήτριά.

μέσω πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα αυτά καταδεικνύουν την ανάγκη για αναθεώρηση και αναδιοργάνωση του υπάρχοντος πλαισίου στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με τέτοιο τρόπο που να περιλαμβάνει και τη χρήση των εικονικών πειραμάτων³ (Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009). Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί και το γεγονός ότι οι διαπιστώσεις αυτές δεν εξασφαλίζουν από μόνες τους την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών λογισμικών προσομοίωσης , αφού αυτή συνδυάζεται με τον τρόπο χρήσης και εφαρμογής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Jaakkola & Nurmi,2008; Αρβανιτάκης & Κασκάλης, 2009).

Σε προέκταση της τελευταίας διαπίστωσης, μέσα από ενδελεχή βιβλιογραφική αναδίφηση, διαφαίνεται ότι από την εποχή που πρωτοεμφανίστηκαν τα προσομοιωμένα αυτά περιβάλλοντα, εμφανίστηκε και η επιχειρηματολογία υπέρ ή κατά της χρήσης των εικονικών πειραμάτων στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Ιδιαίτερα απασχόλησε την έρευνα η θέση των εικονικών πειραμάτων έναντι των πραγματικών (Λεύκος κ.ά.,2009). Η συζήτηση αυτή εντάσσεται σε μια ευρύτερη προβληματική, σχετικά με τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει στη μάθηση η εμπλοκή των μαθητών κατά την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σε σχέση με την εμπλοκή τους κατά την εκτέλεση πραγματικών (φυσικών) πειραμάτων (Zacharia & Olympiou,2011). Χαρακτηριστικό είναι ,βέβαια, το γεγονός ότι τα εικονικά και πραγματικά πειράματα αντιμετωπίζονται από ερευνητές ως «ανταγωνιστικές μέθοδοι» πειραματισμού (Jaakkola & Nurmi,2008).

Με άλλα λόγια υπάρχει μια συζήτηση για το είδος του πειράματος - πραγματικό ή εικονικό - που είναι πιο αποτελεσματικό κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση της Φυσικής. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι υπάρχουν αφενός ερευνητές που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση και διδασκαλία της Φυσικής και αφετέρου ερευνητές που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων (Κώτσης & Ευαγγέλου,2007; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008; Zacharia & Constantinou,2008; Ευαγγέλου & Κώτσης,2009; Λεύκος κ.ά.,2009; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Zacharia & Olympiou,2011).

³ Ο εννοιολογικός προσδιορισμός των εικονικών (αλλά και των πραγματικών) πειραμάτων αναλύεται εκτενώς στο Τέταρτο Κεφάλαιο.

Ειδικότερα, οι ερευνητές που υποστηρίζουν τα πραγματικά πειράματα ισχυρίζονται ότι αυτά επιτρέπουν στους μαθητές να βιώνουν άμεσα τα φυσικά φαινόμενα (Hodson,1996; Kirschner & Huisman,1998; Chinn & Malhotra,2002; Hofstein & Lunetta,2004). Πιο αναλυτικά, με το (χειρωνακτικό) χειρισμό των φυσικών αντικειμένων παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές να αποκτούν άμεσες εμπειρίες με φυσικά και πραγματικά υλικά και φαινόμενα που συμβάλλουν ουσιαστικά στη μάθηση (Alliance for Childhood,2000; Zacharia,2007; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011). Χαρακτηριστικά, διάφοροι ερευνητές (Corter et al., 2004) επισημαίνουν ότι οι φοιτητές ή οι μαθητές πρέπει να εκτεθούν στη φυσική εμπειρία και στις αβεβαιότητες (απροσδιοριστίες) του υλικού κόσμου.

Με άλλα λόγια, οι υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων ασκούν κριτική στην αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων, επειδή θεωρούν ότι αυτά στερούν, πολλές φορές, την άμεση (ή χειρωνακτική) εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά, την άμεση παρατήρηση ή τον άμεσο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός πειράματος, τα οποία θεωρούνται ουσιαστικά στοιχεία για τη μάθηση (Clark,1994; Corter et al.,2004; Μιχαηλίδης,2006; Zacharia,2007; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011).

Παράλληλα, ισχυρίζονται ότι, κατά την χρησιμοποίηση των προσομοιώσεων, οι φοιτητές ή οι μαθητές καλούνται να μάθουν με ένα διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τα αυθεντικά, πραγματικά περιβάλλοντα, στα οποία υλοποιούνται τα πραγματικά πειράματα (Steinberg,2000). Θεωρούν ότι οι προσομοιώσεις και γενικότερα τα εικονικά πειράματα υπεραπλουστεύουν τα σύνθετα συστήματα και φαινόμενα (Μιχαηλίδης,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Δενδρινός & Πατρινόπουλος,2009). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι μαθητές να μην πιστεύουν ότι οι αρχές και οι νόμοι που προκύπτουν από τα εικονικά πειράματα ισχύουν και στον πραγματικό κόσμο (Couture,2004; Jaakkola & Nurmi,2008). Επιπρόσθετα, αναφέρουν ότι τα εικονικά πειράματα δεν θεωρούνται ως μια βιώσιμη μέθοδο πειραματισμού, αλλά χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως στις περιπτώσεις που τα πραγματικά πειράματα είναι ακριβά ή επικίνδυνα (Kirschner & Huisman,1998).

Από την άλλη πλευρά, οι ερευνητές που υποστηρίζουν τα εικονικά πειράματα ισχυρίζονται πως δεν είναι η απλή επαφή (το άγγιγμα) με τα πραγματικά αντικείμενα που καθορίζει την επίτευξη της μάθησης, αλλά η χρήση και διαχείριση των αντίστοιχων αντικειμένων, πραγματικών ή εικονικών, στο πλαίσιο του πειραματισμού και στο κατάλληλο διδακτικό πρότυπο, που αποτελούν το ουσιώδες χαρακτηριστικό

μιας επιτυχημένης διδακτικής παρέμβασης (Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011). Πιο συγκεκριμένα, ισχυρίζονται ότι τα εικονικά πειράματα παρέχουν αναπαραστάσεις, οι οποίες είναι εξίσου ουσιώδεις με τα πραγματικά υλικά για τους μαθητές και ακόμη μπορεί να είναι ευκολότερες στη χρήση τους, πιο «καθαρές» και επεκτάσιμες από τα πραγματικά αντικείμενα που αντικαθιστούν (Clements,1999, όπ. αναφ. στο Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Zacharia & Olympiou,2011). Επίσης, άλλοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι, κατά την εκτέλεση ενός πραγματικού πειράματος, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με τις δυσκολίες που αφορούν το χειρισμό των πραγματικών οργάνων και διατάξεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Με αφορμή ,λοιπόν, την τελευταία διαπίστωση διατείνονται ότι η χρήση των προσομοιώσεων μπορεί να ξεπεράσει, ως ένα βαθμό, τεχνικούς και διδακτικούς περιορισμούς του πραγματικού εργαστηρίου (Sassi,2001; Ψύλλος,2007; Ταραμόπουλος κ.ά.,2010).

Επιπρόσθετα, οι υποστηρικτές των εικονικών πειραμάτων αναφέρουν ότι προσφέρονται δυνατότητες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το φυσικό μοντέλο, μεταβάλλοντας ελεύθερα συνθήκες και παραμέτρους και παρατηρώντας τα αποτελέσματα της παρέμβασής τους στην οθόνη. Κατά συνέπεια, διατείνονται ότι παρέχεται η ευκαιρία στους μαθητές να κάνουν προβλέψεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα, να καλλιεργήσουν τη φυσική διαίσθηση και την κριτική τους σκέψη (Τζιμογιάννης,1999α; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Jimoyiannis & Komis,2001; Τζιμογιάννης,2004).

Αυτές οι διαφορετικές απόψεις για τα εικονικά και πραγματικά πειράματα έχουν ως αποτέλεσμα, ιδιαίτερα, κατά τα τελευταία χρόνια να εμφανίζονται έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών που συγκρίνουν αυτές τις διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις, μελετώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματά τους αναφορικά με τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Η σύγκριση, λοιπόν, της επίδρασης των πραγματικών πειραμάτων σε σχέση με τα εικονικά στη μάθηση αποτελεί ένα καινούργιο, σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα στη Διδακτική της Φυσικής (Μιχαηλίδης,2006; Van Joolingen et al.,2007; Başer & Durmuş,2010; Zacharia & Olympiou,2011).

Μέσα από μια λεπτομερή βιβλιογραφική ανασκόπηση⁴ (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2007; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009) διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν πολλές έρευνες που συγκρίνουν τις επιδόσεις μαθητών ή φοιτητών μετά την εκτέλεση πραγματικών ή εικονικών πειραμάτων ή ακόμη και συνδυασμό τους σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής (Finkelstein et al., 2005; Jaakkola & Nurmi, 2008; Zacharia et al., 2008; Λεύκος κ.ά., 2009; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009). Για παράδειγμα, από αυτές τις πρόσφατες έρευνες φαίνεται ότι τα γνωστικά ή ακόμα και τα διαδικαστικά αποτελέσματα των συμμετεχόντων μαθητών ή φοιτητών σε εικονική πειραματική εργασία δεν υστερούν από την αντίστοιχη πραγματική (Choi & Gennaro, 1987; Arshadi, 1992; Baxter, 1995; Wilson, 2001; Triona & Klahr, 2003; Keller et al., 2005; Klahr et al., 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008; Zacharia & Constantinou, 2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Başer & Durmuş, 2010; Zacharia & Olympiou, 2011).

Ταυτόχρονα, σε πολλές περιπτώσεις ερευνών, τα εικονικά πειράματα, συγκριτικά με τα πραγματικά, υπερτερούν όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα μαθητών ή φοιτητών (Ronen & Eliahu, 1999; Goldberg & Otero, 2001; Zacharia & Anderson, 2003; Zacharia, 2003; Ζαχαρία & Ευαγόρου, 2004; Παναγιωτακόπουλος κ.ά., 2004; Jaakkola & Nurmi, 2004; Keller, 2004; Finkelstein et al., 2004; Finkelstein et al., 2005; Wieman & Perkins, 2005; Zacharia, 2007; Zacharia et al., 2008; Tarekegn, 2009). Αντίθετα, σε άλλες έρευνες, τα πραγματικά πειράματα υπερτερούν των εικονικών (Steinberg, 2003; Marshall & Young, 2006; Srinivasan et al., 2006). Φυσικά, υπάρχουν και έρευνες στις οποίες δεν δίνονται οριστικές απαντήσεις για το είδος του πειράματος που υπερτερεί (Rosenquist et al., 2000; Καλογιαννάκης & Caillot, 2003; Kocijancic & O'Sullivan, 2004; Marshall, 2005; Chini et al., 2010).

Από αυτά τα διαφορούμενα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις παραπάνω έρευνες, αλλά και από το γεγονός ότι οι συγκρίσεις που γίνονται, δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά (ηλικία συμμετεχόντων, είδος προσομοιώσεων, κλπ.), για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα, μπορεί κανείς να ισχυρισθεί ότι δεν έχει δοθεί μια σαφής και ευδιάκριτη απάντηση για το είδος του πειράματος που είναι πιο αποτελεσματικό κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλές έρευνες στις οποίες τα εικονικά πειράματα εμφανίζονται να υπερέχουν των πραγματικών, ως προς συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα, λόγω

⁴ Η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών βρίσκεται στο Πέμπτο Κεφάλαιο.

των πρόσθετων δυνατοτήτων που μπορούν να προσφέρουν, όπως είναι η οπτική αναπαράσταση του μικρόκοσμου και ειδικότερα της ροής των ηλεκτρονίων (Keller,2004; Jaakkola & Nurmi,2004; Finkelstein et al.,2005; Tarekegn,2009; Başer & Durmuş,2010), οι γραφικές παραστάσεις (Zacharia,2007; Chini et al.,2010), η εξοικονόμηση χρόνου (Goldberg & Otero,2001; Zacharia 2007; Zacharia et al.,2008), κλπ.

Ταυτόχρονα, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι σε ελάχιστες έρευνες γίνεται αποκλειστική σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων έναντι μόνο των πραγματικών στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής (Triona & Klahr,2003; Klahr et al.,2007; Zacharia & Constantinou,2008), με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το λεκτικό πλαίσιο διδασκαλίας, το μαθησιακό περιβάλλον, ο χρόνος εκτέλεσης των πειραμάτων, το διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας, υλικό για πειράματα) και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Παράλληλα, ακόμη και σε διεθνές επίπεδο, υλοποιούνται ελάχιστες έρευνες σε μαθητές δημοτικών σχολείων (Triona & Klahr,2003; Jaakkola & Nurmi,2004; Jaakkola & Nurmi,2008).

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ένα σημαντικό έλλειμμα σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης μόνο των εικονικών έναντι μόνο των πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε μαθητές δημοτικών σχολείων. Το βασικό, λοιπόν, ερευνητικό πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει αυτή η διατριβή είναι να ερευνήσει σε μαθητές δημοτικών σχολείων την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση, με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται συνειδητά οι παράγοντες που επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι οποίοι προαναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο σκοπός της διατριβής είναι να συγκρίνει την εννοιολογική κατανόηση (μαθησιακά αποτελέσματα) των μαθητών δημοτικών σχολείων που πειραματίζονται με πραγματικά αντικείμενα με την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών που πειραματίζονται με εικονικά αντικείμενα στις έννοιες της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός.

Με άλλα λόγια, βασικός σκοπός της διδακτορικής διατριβής είναι να διερευνηθεί με ποιο είδος πειράματος – εικονικό ή πραγματικό - οι μαθητές μπορούν να

ωφεληθούν περισσότερο, δηλαδή να οικοδομήσουν αποτελεσματικότερα τη γνώση, κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών τους προς τις επιστημονικά ορθές. Επίσης, επιχειρείται η ανάδειξη κριτηρίων αναφορικά με το πότε είναι αποτελεσματικό και χρήσιμο να εκτελέσουμε το πραγματικό ή το εικονικό πείραμα κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Τέλος, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι στην παρούσα διδακτορική διατριβή τα πραγματικά και εικονικά πειράματα υλοποιούνται από τους μαθητές με βάση συγκεκριμένα σενάρια διδασκαλίας, τα οποία στηρίζονται τόσο στην εποικοδομητική προσέγγιση της γνώσης (Ψύλλος κ.ά.,1993; Καριώτογλου,2006) όσο και στην προσέγγιση της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2007β; Καλκάνης,2007γ; Καλκάνης,2009α; Καλκάνης,2009β; Καλκάνης, 2010).

1.2 Η δομή της διδακτορικής διατριβής

Η διδακτορική διατριβή αποτελείται από δώδεκα (12) κεφάλαια, τα περιεχόμενα των οποίων κωδικοποιούνται ως εξής:

- Στο Πρώτο Κεφάλαιο εντάσσεται η εισαγωγή της διδακτορικής διατριβής. Πιο συγκεκριμένα, διατυπώνεται περιληπτικά το αντικείμενο (θέμα) και η δομή της διδακτορικής διατριβής.
- Στο Δεύτερο Κεφάλαιο μελετάται ο εποικοδομισμός (ή κονστρουκτιβισμός) κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.
- Στο Τρίτο Κεφάλαιο μελετώνται ο ρόλος, οι στόχοι, τα επίπεδα και τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, καθώς επίσης και ο ρόλος του πειράματος στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας. Ταυτόχρονα, μελετάται η επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.
- Στο Τέταρτο Κεφάλαιο διατυπώνονται οι εννοιολογικοί προσδιορισμοί, οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) και οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Παράλληλα, μελετάται ο εποικοδομισμός και η αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ειδικότερα

των προσομοιώσεων ως γνωστικού εργαλείου κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

- Στο Πέμπτο Κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής.
- Στο Έκτο Κεφάλαιο περιγράφονται η μεθοδολογία και ο σχεδιασμός της έρευνας και ειδικότερα η πιλοτική και η κύρια έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται: οι φάσεις υλοποίησης της έρευνας - η ταυτότητα της έρευνας, οι ερευνητικοί στόχοι της έρευνας, ο σκοπός της έρευνας και τα (δι)ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας. Σχετικά με την κύρια έρευνα περιγράφονται: το δείγμα και οι συνθήκες διεξαγωγής της κύριας έρευνας, η μέθοδος δειγματοληψίας, η πειραματική έρευνα, οι μεταβλητές της έρευνας, το πειραματικό σχέδιο και η διαδικασία της παρέμβασης, η εσωτερική και εξωτερική εγκυρότητα της πειραματικής παρέμβασης, τα εργαλεία – μέσα συλλογής δεδομένων και τα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων (ταξινομία SOLO).
- Στο Έβδομο Κεφάλαιο αναλύονται το προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον και τα κριτήρια επιλογής των εννοιών της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Ταυτόχρονα, μελετώνται: i) Ο εννοιολογικός προσδιορισμός και η δομή των σεναρίων διδασκαλίας της έρευνας και ii) Η επιλογή, η χρησιμότητα, οι αρχές σχεδίασης και η δομή των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής.
- Στο Όγδοο Κεφάλαιο περιγράφονται η έρευνα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται: i) Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής και ii) Η στατιστική ανάλυση, η επεξεργασία και η ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής.
- Στο Ένατο Κεφάλαιο περιγράφονται η έρευνα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται: i) Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού

του νερού και ii) Η στατιστική ανάλυση, η επεξεργασία και η ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.

- Στο Δέκατο Κεφάλαιο περιγράφονται η έρευνα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται: i) Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και ii) η στατιστική ανάλυση, η επεξεργασία και η ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
- Στο Ενδέκατο Κεφάλαιο περιγράφονται η έρευνα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται: i) Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός και ii) η στατιστική ανάλυση, η επεξεργασία και η ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.
- Στο Δωδέκατο Κεφάλαιο γίνεται ο έλεγχος των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων και διατυπώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας. Παράλληλα, διατυπώνονται οι περιορισμοί και η πρωτοτυπία της έρευνας, καθώς επίσης και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Τέλος, μετά το τελευταίο κεφάλαιο, περιέχεται η Βιβλιογραφία (Ξενόγλωσση και Ελληνόγλωσση) και στη συνέχεια τα παραρτήματα τα οποία περιλαμβάνουν τα εργαλεία της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, στα παραρτήματα περιέχονται τα φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας, τα φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας και οι «οδηγοί εξοικείωσης» των λογισμικών προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΕΥΤΕΡΟ

Ο εποικοδομισμός κατά τη διδασκαλία και μάθηση
της Φυσικής

2.1 Ο εποικοδομισμός κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Ο εποικοδομισμός στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αντιμετωπίζεται ως ένα σύνθετο θεωρητικό ρεύμα (Τσελφές,2002:20; Πατσαδάκης,2007:18). Στο πλαίσιο, λοιπόν, του Εποικοδομισμού οι απόψεις για τη μάθηση ποικίλουν από την ακραία εκδοχή του Ριζοσπαστικού Εποικοδομισμού που θεωρεί τη μάθηση ως εξατομικευμένη έως τη μάθηση ως αποτέλεσμα κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Βλάχος,2004:124).

Πιο αναλυτικά, ο Τσελφές (2002) αναφέρει ότι το θεωρητικό ρεύμα του Εποικοδομισμού εμφανίζει περισσότερες από μια μορφές και συγκεκριμένα τις εξής επτά (7): Ήπιος - προσωπικός εποικοδομισμός, Ριζοσπαστικός εποικοδομισμός, Κοινωνικός εποικοδομισμός, κοινωνικός κατασκευαστισμός, κριτικός εποικοδομισμός, πλαισιακός εποικοδομισμός και οικολογικός εποικοδομισμός (Πατσαδάκης,2007:19).

Παράλληλα, σύμφωνα με την πρόσφατη βιβλιογραφία οι σύγχρονες θεωρίες μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, όπως είναι ο εποικοδομισμός, φαίνεται ότι επηρεάζονται από τρεις θεωρητικές κατευθύνσεις, οι οποίες είναι: i) της εννοιολογικής αλλαγής, ii) των κοινωνικοπολιτισμικών προσεγγίσεων και iii) της κριτικής προσέγγισης (Anderson,2007; Χαλκιά,2010α). Οι δύο πιο κυρίαρχες στη διδακτική και έρευνα των Φυσικών Επιστημών είναι η εννοιολογική αλλαγή (ήπιος και ριζοσπαστικός) και οι κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις διότι σε αυτές βασίζονται πολλοί ερευνητές και φαίνεται να προσφέρουν ρεαλιστικές διδακτικές προτάσεις στην τυπική εκπαίδευση (Κόκκοτας & Πλακίτση,2005; Πλακίτση,2008; Χαλκιά,2010α:46).

Πρόδρομοι αυτών των δύο κατευθύνσεων είναι δύο εξελικτικοί ψυχολόγοι: ο Piaget J. και Vygotsky S.. Κοινή αφετηρία αυτών των κατευθύνσεων είναι ότι η γνώση κατασκευάζεται από κάθε άτομο δια μέσου προσωπικών (Kelly,1995) ή κοινωνικών (Vygotsky,1978, όπ. αναφ. στο Χαλκιά,2010α) δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια της προσπάθειας του να κατανοήσει τον κόσμο (Biggs,1996). Πιο συγκεκριμένα, και οι δύο προσπάθησαν να διερευνήσουν πως μαθαίνει το άτομο και κινήθηκαν σε δύο πόλους: το άτομο και την κοινωνία. Η διαφορά είναι ότι το κέντρο βάρους της θεωρίας μάθησης που πρότεινε ο καθένας τους πέφτει σε διαφορετικό πόλο: ο Piaget επικεντρώνεται στο άτομο χωρίς ωστόσο να παραγνωρίζει και τον καθοριστικό ρόλο της κοινωνίας, ενώ ο Vygotsky επικεντρώνεται στην κοινωνία

χωρίς ωστόσο να παραγνωρίζει και τον καθοριστικό ρόλο του ατόμου στην εσωτερίκευση της γνώσης (Χαλκιά,2010α:46-47; Scott et al.,2007).

Το εποικοδομητικό, λοιπόν, ρεύμα έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την «κατασκευή» της γνώσης από τους μαθητές, με βάση τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις (Καριώτογλου & Τσελφές,2000:24).

Σε όλη την ποικιλία των προσεγγίσεων που έχουν προταθεί από τους υποστηρικτές ή έχουν προσδιοριστεί από τους κριτές της Εποικοδόμησης μερικά κοινά σημεία μπορεί να θεωρηθούν τα εξής:

- i) η έμφαση στην προϋπάρχουσα γνώση και γνωστική στρατηγική
- ii) η μη μετάδοση, αλλά η κατασκευή της γνώσης
- iii) η εξέλιξη των γνώσεων
- iv) η αξιολόγηση των γνώσεων μέσα από τη χρονική διάρκεια κατά την οποία ικανοποιούν τις ανάγκες για τις οποίες παρήχθησαν

Ο σχηματισμός των εννοιών, η εννοιολογική αλλαγή και η μάθηση δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ταυτόσημες αλλά ως διαπλεκόμενες και κυρίως αλληλοεπηρεαζόμενες, ενώ σταδιακά εμπλουτίζονται με άλλα στοιχεία όπως πρόθεση, πεποιθήσεις, στάσεις, ενδιαφέροντα, προβλέψεις, καθώς μεταβαίνουμε από το σχηματισμό των εννοιών στην εννοιολογική δομή της και τελικά στη μάθηση (Βλάχος,2004:124 – 125).

Παράλληλα, πρέπει να υπογραμμισθεί ότι η έρευνα στη γνωστική επιστήμη έχει αποδείξει τη σπουδαιότητα της προγενέστερης γνώσης για την απόκτηση καινούριων γνώσεων. Στους τομείς της επιστήμης αυτή η προγενέστερη γνώση συχνά παρουσιάζεται με τη μορφή κάποιας διαισθητικής γνώσης. Η διαισθητική γνώση αντικατοπτρίζει την ερμηνεία του κόσμου που πηγάζει μέσα από την καθημερινή εμπειρία των ατόμων που δεν έχουν αποκτήσει επιστημονικές γνώσεις. Τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικοι λειτουργούν με βάση μια τέτοια διαισθητική αντίληψη του κόσμου, ισχυρή, η οποία φαίνεται να είναι πολύ δύσκολο να εξαλειφθεί (Βοσνιάδου,1989).

Σύμφωνα με την εποικοδομητική υπόθεση το κάθε άτομο, μαθητής ή επιστήμονας, κατασκευάζει τη δική του προσωπική γνώση, δηλαδή ερμηνεύει την πραγματικότητα με ένα δικό του τρόπο, ο οποίος εξαρτάται από τις ιδέες του και από τις νοητικές του δομές. Με άλλα λόγια, στη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης κεντρικό σημείο αποτελεί το γεγονός ότι οι άνθρωποι δεν κατανοούν τον κόσμο απευθείας, αλλά μέσω σχηματισμού ιδεών - αντιλήψεων, νοητικών αναπαραστάσεων και νοητικών

μοντέλων. Σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό τα παιδιά από τις πρώτες αισθητηριακές τους εμπειρίες έρχονται σε επαφή με το φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον και αναπτύσσουν εναλλακτικές ιδέες και αυθόρμητες εξηγήσεις - ερμηνείες για πολλά πράγματα και φαινόμενα που υπάρχουν ή συμβαίνουν γύρω μας. Οι προϋπάρχουσες αυτές ιδέες και ερμηνείες «ακολουθούν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές απόψεις (Driver et al., 1998:13; Σπυροπούλου, 1997; Σπυροπούλου - Κατσάνη, 2000:79).

Βασική, λοιπόν, αρχή του εποικοδομισμού (κονστрукτιβισμού) είναι ότι η γνώση οικοδομείται ενεργητικά από το άτομο, αφού η ευθεία μεταφορά γνώσεων από το δάσκαλο στο μαθητή είναι αδύνατη. Ο εποικοδομισμός δε δέχεται την ύπαρξη αντικειμενικής γνώσης. Η γνώση είναι ατομική γνώση, δεν υφίσταται ανεξάρτητα από το άτομο αλλά αναδύεται μέσα από ενεργητικές διαδικασίες. Δεν μπορεί φυσικά να μεταδοθεί από το δάσκαλο στο μαθητή, αλλά διευκολύνεται από ειδικού τύπου διαπροσωπικές σχέσεις δασκάλου – μαθητή σε ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου τα ενδιαφέροντα του μαθητή λαμβάνονται πολύ σοβαρά υπόψη, οι απόψεις του γίνονται σεβαστές και έχει εγκαθιδρυθεί ατμόσφαιρα αμοιβαίας εμπιστοσύνης (Καρανίκας, 1999:35). Σ' αυτό το περιβάλλον οι μαθητές αισθάνονται ελεύθεροι να εκφράσουν τις απόψεις τους αντί να τους επιβάλλεται η όποια άποψη. Κατά συνέπεια, μάθηση σύμφωνα με την εποικοδόμηση είναι η διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης με την κατασκευή και επεξεργασία νοητικών μοντέλων μέσα από βιωματικές εμπειρίες και γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι είναι συνήθως προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης στην οποία υποβάλλονται (Driver et al., 1998:13).

Συνοπτικά, η εποικοδομητική υπόθεση στη μάθηση θεωρεί ότι οι μαθητευόμενοι κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για το προς διδασκαλία γνωστικό αντικείμενο στηριζόμενοι τόσο στις προϋπάρχουσες αναπαραστάσεις (εναλλακτικές ιδέες) τους όσο και στη διδασκαλία (Καριώτογλου, 2006:34). Πιο αναλυτικά, στη βάση της εποικοδομητικής υπόθεσης για τη μάθηση βρίσκεται η άποψη ότι οι μαθητές μαθαίνουν όταν εποικοδομούν ενεργητικά τις νέες γνώσεις στις υπάρχουσες. Οι διαδικασίες που οδηγούν σε εποικοδόμηση είναι η αυτορύθμιση, η ικανότητα δηλαδή του μαθητή να λειτουργεί σαν δάσκαλος⁵ του εαυτού του και η μεταγνώση που αφορά κυρίως την αναθεώρηση της γνώσης. Εποικοδόμηση νέων γνώσεων σημαίνει

⁵ Σε κάθε σημείο του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος: «δάσκαλος», η αναφορά αφορά τόσο τον δάσκαλο όσο και την δασκάλα.

είτε επέκταση των προϋπαρχουσών γνώσεων μέσα από συσσώρευση των νέων γνώσεων που συνδέονται με τις προϋπάρχουσες, είτε με μικρή ή μεγάλη τροποποίηση της γνωστικής δομής στην περίπτωση που οι προϋπάρχουσες γνώσεις με τις νέες είναι ασύμβατες ή αντίθετες. Κατά συνέπεια, ο δάσκαλος δεν αρκεί να γνωρίζει καλά τη νέα γνώση ούτε να τη διδάξει «σωστά», αλλά κυρίως πρέπει να μπορεί να επεκτείνει τις γνώσεις των μαθητών ή να τροποποιεί τις παρανοήσεις τους (Ψύλλος κ.ά.,1993).

Τέλος, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτουν βασικά στοιχεία της εποικοδόμησης (από όλες τις εποικοδομητικές προοπτικές – προσεγγίσεις) για τη διδασκαλία και τη μάθηση της Φυσικής στη σχολική τάξη, τα οποία είναι (Widolo et al.,2002; Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Κόκκοτας,2006; Χαλκιά, 2010α; Σκουμιός,2011):

- Οι μαθητές έρχονται στις σχολικές αίθουσες με διαμορφωμένη άποψη για το φυσικό κόσμο και τη λειτουργία του, η οποία έχει σχηματιστεί μέσα από πολλά χρόνια εμπειρίας και μάθησης
- Στο σχολείο οι μαθητές όταν εμπλέκονται σε διάφορες δραστηριότητες συναντούν νέες πληροφορίες και έχουν νέες εμπειρίες. Όμως, η άποψη που έχουν ήδη διαμορφώσει για τη λειτουργία του κόσμου φιλτράρει όλες τις νέες εμπειρίες που αποκτούν και επηρεάζει τις παρατηρήσεις που κάνουν
- Οι μαθητές είναι συναισθηματικά προσκολλημένοι στις απόψεις που έχουν διαμορφώσει για τον κόσμο και γι' αυτό δεν τις εγκαταλείπουν εύκολα
- Η προϋπάρχουσα γνώση είναι καθοριστική για τη μάθηση των επιστημονικών εννοιών
- Οι μαθητές στα πλαίσια της εποικοδόμησης κατασκευάζουν ενεργητικά τη γνώση και η μάθηση είναι μια ενεργός διαδικασία οικοδόμησης νέας γνώσης που βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση
- Οι μαθησιακές εμπειρίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές
- Η μάθηση θεωρείται ως διαδικασία αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών

2.1.1 Οι αρχές της εποικοδόμησης κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Συνοπτικά, οι αρχές της εποικοδομητικής υπόθεσης για τη διδασκαλία και τη μάθηση είναι οι ακόλουθες (Driver & Bell,1986; Scott,1987; Σπυροπούλου,1997:24- 25; Σπυροπούλου – Κατσάνη, 2000:89 - 90; Κώτσης,2005; Σκοπετός, 2007):

i) *Τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν εξαρτώνται από το μαθησιακό περιβάλλον, αλλά και από αυτά που ήδη γνωρίζει ο μαθητής:* Σύμφωνα με την εποικοδόμηση τα

μαθησιακά αποτελέσματα δεν εξαρτώνται από το μαθησιακό περιβάλλον, αλλά και από τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις, ιδέες, στάσεις και αξίες των μαθητών. Με βάση τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις, οι μαθητές δημιουργούν αναπαραστάσεις των εκφάνσεων του φυσικού κόσμου, διότι ο τρόπος με τον οποίον οι μαθητές παρατηρούν, ενεργούν και ερμηνεύουν τα μαθησιακά υλικά εξαρτάται από αυτές.

Οι ενέργειες αυτές είναι διαφορετικές από αυτές που επιδιώκουν οι εκπαιδευτικοί δράσης, αλλά και οι αναμορφωτές των Αναλυτικών Προγραμμάτων (Α.Π.). Για το λόγο αυτό, όπως αναφέρουν και πολλοί ερευνητές (Driver & Easley, 1978; Arons, 1992), οι προϋπάρχουσες ιδέες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των Α.Π., στην επιλογή του περιεχομένου και των κατάλληλων διδακτικών έργων, καθώς επίσης και στη διατύπωση στόχων.

ii) Η μάθηση προϋποθέτει οικοδόμηση των εννοιών: Σύμφωνα με την εποικοδόμηση οι μαθητές οικοδομούν τη νέα γνώση μέσα από τις αλληλεπιδράσεις αυτών που ήδη γνωρίζουν από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον τους, αυτών που διδάσκονται στο σχολείο και αυτών που διαβάζουν τα βιβλία. Συνήθως, όμως, οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών δεν συμφωνούν με τις επιστημονικές απόψεις που διδάσκονται στο σχολείο.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τις νέες απόψεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση η γνώση είναι το αποτέλεσμα μιας εποικοδομητικής ενέργειας και δεν μεταφέρεται σε παθητικούς δέκτες από τα βιβλία και τους εκπαιδευτικούς.

iii) Η οικοδόμηση των νέων γνώσεων είναι μια συνεχής ενεργητική διαδικασία: Σύμφωνα με την εποικοδόμηση η μάθηση δεν προϋποθέτει μόνον οικοδόμηση των νέων γνώσεων, αλλά και αποδοχή αυτών. Οι δυσκολίες στη μάθηση προκύπτουν είτε από την οικοδόμηση είτε από την αποδοχή μιας νέας ιδέας. Η εποικοδόμηση της γνώσης είναι μια συνεχής διαδικασία, όπου οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά δημιουργώντας δεσμούς μεταξύ των προϋπαρχουσών ιδεών και των νέων εννοιών.

iv) Οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για τη δική τους μάθηση: Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας οι μαθητές, τις περισσότερες φορές, οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι η μάθηση είναι η αναζήτηση της σωστής απάντησης στην ερώτηση των δασκάλων. Όμως, σύμφωνα με την εποικοδόμηση οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για το τελικό προϊόν μιας ενεργητικής μάθησης, θέτοντας οι ίδιοι τις αξίες και ελέγχοντας τη μάθησή τους.

v) Οι προϋπάρχουσες (εναλλακτικές) ιδέες των μαθητών είναι κοινές: Ύστερα από πολλές έρευνες προέκυψε πλήθος εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές για

διάφορες έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Οι έρευνες αυτές αν και έγιναν σε χώρες με διαφορετικό πολιτιστικό επίπεδο και σε διάφορες ηλικίες μαθητικού πληθυσμού, έδειξαν ότι οι απόψεις των μαθητών έχουν πολλά κοινά σημεία (Driver et al.,1993; Driver et al.,1998). Με άλλα λόγια, η σημασία που αποδίδουν οι μαθητές σε έννοιες που αφορούν φυσικά φαινόμενα είναι κοινή. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να προκαλεί περιέργεια, αφού οι μαθητές έχουν πολλά κοινά ενδιαφέροντα και κοινές εμπειρίες από τη σχολική ζωή, τα έντυπα, από το φυσικό, το κοινωνικό και το τεχνολογικό περιβάλλον.

vi) Η εποικοδόμηση της γνώσης είναι μια προσπάθεια εννοιολογικής αλλαγής: Σύμφωνα με την εποικοδόμηση, η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι ένα απλό γεγονός πρόσθεσης ή επέκτασης των υπάρχουσών εννοιών, αλλά είναι δυνατόν να περιλαμβάνει εννοιολογικές αλλαγές. Η εποικοδόμηση της γνώσης μέσα από τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής είναι μια διαδικασία κατάκτησης των εννοιών των Φυσικών Επιστημών, δηλαδή μιας βαθμιαίας οικοδόμησης των εννοιών που συντελείται αρχικά στο επίπεδο της αποδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων και στη συνέχεια του σχηματισμού των νέων αντιλήψεων.

2.1.2 Οι εναλλακτικές ιδέες (αντιλήψεις) των μαθητών

Από πλήθος εμπειρικών ερευνών, που πραγματοποιούνται από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1970, καταδεικνύεται ότι σημείο κλειδί για την αποτελεσματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών φαίνεται πως είναι οι ιδέες των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών (Driver et al.,1993; Driver et al.,1998; Κόκκοτας,1998β; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου,2001α; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου,2001γ; Καριώτογλου,2006; Κώτσης,2006; Χαλκιά,2010α).

Πιο αναλυτικά, οι έρευνες έδειξαν ότι πολλοί μαθητές συναντούσαν σημαντικές δυσκολίες στην εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου για να προβλέψουν, να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα. Διαπιστώθηκε ότι ακόμη και οι μαθητές με υψηλούς βαθμούς στις εξετάσεις παρουσίαζαν ανάλογα προβλήματα. Τα παραπάνω συμπεράσματα οδήγησαν τους ερευνητές στην ποιοτική ανάλυση των «παρανοήσεων» των μαθητών, δηλαδή των λαθών που έκαναν όταν χρησιμοποιούσαν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών με μη επιστημονικό τρόπο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εγκαταλειφθεί η άποψη που επικρατούσε ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο χωρίς προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα και ιδέες για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες που πρόκειται να διδαχθούν ή τουλάχιστον ότι αυτές

αλλάζουν εύκολα με μια καλή διδασκαλία. Επιπρόσθετα, σήμερα η εποικοδομιστική προσέγγιση δέχεται όχι μόνο την προϋπάρχουσα γνώση, αλλά και ότι αυτή εμποδίζει ή διευκολύνει τη μάθηση της επιστημονικής γνώσης και ότι η γνώση που διδάσκεται δύσκολα αντικαθιστά την προϋπάρχουσα (Καριώτογλου,2006:19).

Με βάση την εποικοδομιστική προσέγγιση, τα παιδιά, αναπτυσσόμενα στο φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον, προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με μια σειρά διαμορφωμένων ιδεών για τον κόσμο που τα περιβάλλει. Οι ιδέες αυτές αποτελούν ένα σύνολο γνώσεων που προέρχονται από πολυσύνθετες άτυπες διαδικασίες μάθησης μέσα στην οικογένεια, στον κύκλο των συνομηλίκων ή αντλούνται από τα σύγχρονα μέσα ενημέρωσης και οι οποίες συγκροτούν με τη σειρά τους επεξηγηματικά πλαίσια τα οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι συμβατά με αυτά των ειδικών. Με άλλα λόγια, πρόκειται για δίκτυα σημασιών με σταθερούς κανόνες λειτουργίας και ισχυρά ερμηνευτικά συστήματα με βάση τα οποία «μεταφράζονται» οι εμπειρίες και αφομοιώνονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες (Ραβάνης,2002).

Παράλληλα, επισημαίνεται από ερευνητές ότι οι ιδέες αυτές είναι προϊόν της εμπειρίας των μαθητών και έχουν ως συνέπεια να επηρεάζουν τη διδασκαλία και τη μάθηση. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μαθητές δεν είναι παθητικοί δέκτες πληροφοριών, αλλά οικοδομούν τη γνώση τους και τις δεξιότητές τους πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις, συνήθως με την αναδιοργάνωση των νοητικών τους δομών. Ο κάθε μαθητής δηλαδή αξιοποιεί με ξεχωριστό τρόπο κάθε νέα πληροφορία, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια μοναδική ατομική γνωστική δομή (Αρβανιτάκης κ.ά.,2009).

Με άλλα λόγια, αυτές οι ιδέες των παιδιών για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα δεν είναι απλές παρανοήσεις, αλλά προέρχονται από τις παρατηρήσεις και τις ερμηνείες που δίνουν οι μαθητές στα φαινόμενα. Είναι ευλογοφανείς για τα ίδια τα παιδιά και είναι τόσο εδραιωμένες που δεν αλλάζουν ακόμη και με τη διδασκαλία. Έτσι, είναι δυνατόν οι μαθητές να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Ακόμη, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών δεν αποτελούν τα συνηθισμένα λάθη χωρίς ιδιαίτερη σημασία, αλλά νοητικές κατασκευές τις οποίες τα παιδιά χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Με αυτή την έννοια, οι ιδέες των παιδιών αποτελούν αυτοδύναμα σχήματα που όμως διαφέρουν από το επιστημονικό πρότυπο στο ότι ερμηνεύουν διαφορετικά τα φαινόμενα. Για

παράδειγμα, η Driver (1989) υποστηρίζει ότι ο τρόπος που οι μαθητές ερωτούν, παρατηρούν ή ερμηνεύουν τα διάφορα φαινόμενα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, επηρεάζεται από τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών (Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000).

Με βάση τα παραπάνω, είναι σαφές ότι οι μαθητές έρχονται στη σχολική τάξη με διαμορφωμένες αντιλήψεις για τις έννοιες και τα φαινόμενα που συνθέτουν το περιεχόμενο του γνωστικού αντικείμενου των Φυσικών Επιστημών, καθώς και ότι οι αντιλήψεις αυτές επηρεάζουν τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθητών. Οπότε, σε ένα σύγχρονο Αναλυτικό Πρόγραμμα υπάρχουν δύο τουλάχιστον δυνατότητες διαπραγμάτευσης των ιδεών των μαθητών, οι οποίες είναι οι εξής: α) να βρούμε έτοιμες τις ιδέες των μαθητών ως δηλωτική γνώση και να τις αξιοποιήσουμε διδακτικά, β) να προβλεφτεί μια διαδικασία διάγνωσης και δοκιμής μέσα στην τάξη της οποίας τα ευρήματα θα αξιοποιηθούν στη συνέχεια διδακτικά (Καριώτογλου & Τσελφές,2000:23).

Επιπρόσθετα, οι αρχικές ιδέες των μαθητών επηρεάζουν και τις παρατηρήσεις τους σε πραγματικά ή προσομοιωμένα πειράματα και τις ερμηνείες που δίνουν στα δεδομένα. Η δημιουργία των πειραμάτων με βάση μόνο τη θεωρία των Φυσικών Επιστημών είναι περιορισμένης αποτελεσματικότητας σχετικά με την κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών. Και αυτό διότι οι μαθητές είναι δυνατόν να διατυπώνουν εναλλακτικές ερμηνείες αποδεκτές γι' αυτούς. Για παράδειγμα, στο πείραμα του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μια λάμπα και δύο αμπερόμετρα πριν και μετά από αυτή μπορεί να παρατηρήσει κανείς τη σταθερότητα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος κατά μήκος κλειστού κυκλώματος, γεγονός το οποίο είναι σύμφωνο με το επιστημονικό πρότυπο. Όμως, οι μαθητές που έχουν την ιδέα ότι το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται στις λάμπες ερμηνεύουν κάπως διαφορετικά το αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, ισχυρίζονται ότι όντως καταναλώνεται αλλά η μπαταρία αναπληρώνει αυτή την απώλεια. Κατά συνέπεια, το πείραμα αυτό έχει διαφορετικό αποτέλεσμα στους μαθητές (που έχουν την άποψη ότι το ρεύμα καταναλώνεται) σε σχέση με τους επιστήμονες. Οπότε για να είναι αποτελεσματική η κλασική διδασκαλία είναι αναγκαία η τροποποίηση της ιδέας της «κατανάλωσης». Μια πρόταση, λοιπόν, που προτείνεται για την ανάδειξη, την αξιοποίηση και την τροποποίηση των ιδεών των μαθητών στη διδασκαλία είναι αυτή της πρόκλησης της γνωστικής σύγκρουσης. Πιο συγκεκριμένα, με την στρατηγική της γνωστικής σύγκρουσης αφού αποκαλυφθούν οι ιδέες των μαθητών για μια έννοια της Φυσικής,

σχεδιάζεται ένα πείραμα ή ομάδα πειραμάτων που να μην εξηγείται με τις ιδέες αυτών των μαθητών. Αυτό προκαλεί την αποσταθεροποίηση της σχετικής γνώσης των μαθητών και δημιουργεί την ανάγκη της παρέμβασης του δασκάλου. Τότε είναι η κατάλληλη στιγμή για να εισάγει ο δάσκαλος την νέα γνώση που πρέπει να είναι ευλογοφανής και οικεία στους μαθητές. Η νέα γνώση πρέπει να ερμηνεύει τόσο τα φαινόμενα και τα πειράματα που ερμηνεύει η αρχική γνώση όσο και αυτά που δεν ερμήνευσε (Καριώτογλου,2006:24 - 25).

Στο σημείο αυτό επιβάλλεται να τονισθεί ότι οι ιδέες ή οι αντιλήψεις που έχουν τα παιδιά φέρουν διάφορα ονόματα, ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο που δημιουργήθηκαν. Έτσι διακρίνουμε τις αντιλήψεις – ερμηνείες των διαφόρων φυσικών φαινομένων που έχουν σχηματίσει τα παιδιά από μόνα τους σε μικρή συνήθως ηλικία, χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού και οι οποίες ονομάζονται πρώιμες αντιλήψεις (preconceptions). Αυτές οι πρώιμες αντιλήψεις αργότερα, σε μεγαλύτερη ηλικία και παρά την παρέμβαση ίσως του εκπαιδευτικού, είναι δυνατόν να μην εξελιχθούν σε αντιλήψεις που ανταποκρίνονται στη φυσική πραγματικότητα, οπότε λέγονται παρανοήσεις ή εσφαλμένες αντιλήψεις (misconceptions) ή απλούστερα αντιλήψεις των παιδιών (conceptions). Ακόμη, αναλόγου περιεχομένου με τους τελευταίους όρους είναι οι λιγότερο χρησιμοποιούμενοι, όπως επιστήμη των παιδιών (Children's science), που έλκει την καταγωγή της από τη θεωρία του G. Kelly για τον άνθρωπο – επιστήμονα. Επίσης, χρησιμοποιείται ο όρος σχήματα (schema), που σχετίζεται με τον Piaget, ή πλαίσιο (frame), που προέρχεται από τη γνωστική ψυχολογία (Πατάπης,1995).

Ταυτόχρονα, οι ιδέες των παιδιών αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως προαντιλήψεις (preconceptions) ή ως προϋπάρχουσες (Σπυροπούλου – Κατσάνη, 2000). Ακόμη, αναφέρονται ως βιωματικές νοητικές παραστάσεις (Ραβάνης,2002; Κολιόπουλος,2006) ή ως πρακτικό – βιωματικές γνώσεις (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου,2001β; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου,2001γ; Σκουμιάς,2011). Σε άλλες περιπτώσεις, ο όρος που χρησιμοποιείται προσδιορίζεται με τη λέξη «εναλλακτικός» (alternative), όπως «εναλλακτική αντίληψη/ιδέα» (alternative framework), και έτσι δίνεται έμφαση στη διαφορά μεταξύ των ιδεών των παιδιών και της αποδεκτής επιστημονικής θεωρίας (Βοσνιάδου,2002; Driver et al.,1993:12).

Ωστόσο, ο επικρατέστερος όρος στον οποίο φαίνεται ότι συμφωνούν οι περισσότεροι ερευνητές στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών είναι ο όρος εναλλακτικές ιδέες (αντιλήψεις) που πρώτοι εισήγαγαν οι Driver και Easley (1978).

Πιο αναλυτικά, η Χαλκιά (2010α) αναφέρει χαρακτηριστικά: «ο όρος εναλλακτικές ιδέες⁶ προβάλλει το γεγονός ότι οι ιδέες των μαθητών είναι προσωπικές αντιλήψεις που κάνουν νόημα στους μαθητές εφόσον τους καθιστούν ικανούς να ερμηνεύουν με επάρκεια φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Οι αντιλήψεις δηλαδή των μαθητών που έχουν περιορισμένη εφαρμογή (ερμηνεύουν μια στενή περιοχή φαινομένων), είναι εναλλακτικές ως προς τις αντιλήψεις των επιστημόνων που έχουν γενικευμένη ισχύ (ερμηνεύουν μια ευρεία περιοχή φυσικών φαινομένων). Σε αντίθεση με άλλους όρους, ο συγκεκριμένος δεν προσδίδει στις αντιλήψεις των μαθητών – οι οποίες αντανakλούν σύνθετη γνωσιακή συμπεριφορά – αρνητική χροιά, όπως χαρακτηριστικά ο όρος λανθασμένες αντιλήψεις» (σελ. 85 – 86).

Τέλος, από τις έρευνες που έγιναν σε διάφορες χώρες σχετικά με τις ιδέες των παιδιών (Driver et al.,1985; Driver et al.,1993; Driver et al.,1994; Driver et al.,1998; Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου,2001α; Κόκκοτας κ.ά.,2002β; Μίχας,2003; Pfundt & Duit,2004; Αποστολάκης κ.ά,2006α; Καριώτογλου,2006; Χαλκιά,2010α; Σκουμιάς,2011) προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για τις εναλλακτικές ιδέες:

- ✓ Οι μαθητές πριν έρθουν στο σχολείο έχουν διαμορφώσει ιδέες, με βάση τις αισθητηριακές τους εμπειρίες από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι αρχικές ιδέες των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της επιστημονικής γνώσης και της σχολικής της εκδοχής
- ✓ Είναι νοητικές κατασκευές, με τις οποίες τα παιδιά ερμηνεύουν τον κόσμο που τους περιβάλλει
- ✓ Οι μαθητές παρατηρούν, ρωτούν, σκέφτονται και εργάζονται με βάση τις προϋπάρχουσες ιδέες τους
- ✓ Οι ιδέες είναι κοινές για όλα τα παιδιά, ανεξάρτητα από το κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον, και δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως συνηθισμένα λάθη
- ✓ Οι ιδέες των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο, οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές επειδή αποτελούν το σκελετό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων

⁶ Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται ο όρος εναλλακτικές ιδέες ή αντιλήψεις.

- ✓ Οι ιδέες 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
- ✓ Σε άλλες περιπτώσεις οι μαθητές μπορεί να διατηρούν μετά τη διδασκαλία τόσο την επιστημονική εξήγηση του δασκάλου για το φαινόμενο που διδάχθηκαν όσο και τις δικές τους προϋπάρχουσες ιδέες. Οι μαθητές χρησιμοποιούν την επιστημονική ερμηνεία που διδάχθηκαν συνήθως για να απαντούν σε ερωτήσεις που τους απευθύνονται στο σχολικό πλαίσιο (πχ. σε διαγωνίσματα), ενώ τις προϋπάρχουσες ιδέες τους τις διατηρούν για να ερμηνεύουν την εκτός σχολείου πραγματικότητα, δηλαδή τον «πραγματικό κόσμο»
- ✓ Μια άλλη πιθανή κατάσταση που μπορεί να προκύψει μετά τη διδασκαλία ενός θέματος στη Φυσική είναι να υπάρξει ένα είδος συγχώνευσης ή αλληλεπίδρασης των δύο συστημάτων ιδεών. Κατά συνέπεια, το αποτέλεσμα της διδασκαλίας είναι ένα αμάλγαμα των ήδη διαμορφωμένων ιδεών των μαθητών και εκείνων που διδάχθηκαν
- ✓ Με την επίδραση της διδασκαλίας αρκετοί μαθητές είναι δυνατόν να κατασκευάσουν ιδέες συνεπείς με τις επιστημονικές, συχετίζοντας τις με τα φαινόμενα του κόσμου στον οποίο ζουν
- ✓ Οι αρχικές ιδέες των παιδιών επιδρούν στην οικοδόμηση της νέας γνώσης

2.2 Η εννοιολογική αλλαγή κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Η διαπίστωση ότι οι μαθητές διαθέτουν εναλλακτικές ιδέες οδήγησε στη διαμόρφωση προτάσεων (κυρίως μέσα από ερευνητικές προσπάθειες) για την τροποποίηση και την αλλαγή τους, δηλαδή για την εννοιολογική αλλαγή. Η έννοια, λοιπόν, της εννοιολογικής αλλαγής είναι στενά συνδεδεμένη με τον εποικοδομητισμό.

Η έρευνα της προοπτικής της εννοιολογικής αλλαγής κατά τη δεκαετία του '80, αλλά και στη συνέχεια, διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του πεδίου των Φυσικών Επιστημών. Η επίδραση της προοπτικής της εννοιολογικής αλλαγής είναι εμφανής σε δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη είναι ότι η κάλυψη του Αναλυτικού Προγράμματος δεν γίνεται σε ικανοποιητικό βαθμό σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Η δεύτερη είναι η θεώρηση για το πώς αναπτύσσουν οι μαθητές τη

δική τους επιστημονική γνώση. Πιο συγκεκριμένα, η προοπτική της εννοιολογικής αλλαγής προτείνει την εξής ακολουθία βημάτων για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού Αναλυτικού Προγράμματος: α) τον καθορισμό των εννοιών που είναι καταλληλότερες για να διδαχθούν οι μαθητές συγκεκριμένων ηλικιών β) την αξιοποίηση των απόψεων των μαθητών και τη δημιουργία κατάλληλων έργων με βάση αυτές γ) τη διερεύνηση παρεμβάσεων με τις οποίες οι εμπειρίες και δραστηριότητες μπορούν να οργανωθούν και να διαταχθούν σε μια μαθησιακή ακολουθία (Κόκκοτας,2006:24).

Παράλληλα, είναι αναγκαίο να τονισθεί ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι ένας όρος που υποδηλώνει ότι οι εννοιολογικές δομές που σχηματίζουν οι μαθητευόμενοι δεν είναι στατικές, αλλά δυναμικές, δηλαδή αλλάζουν διαρκώς κατά την πορεία απόκτησης νέων γνώσεων. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη η κατανόηση τόσο του τρόπου με τον οποίο οργανώνεται και αναπαρίσταται η γνώση, όσο και του τρόπου με τον οποίο οι τρέχουσες γνωστικές δομές μεταβάλλονται κατά τη διαδικασία πρόσκτησης νέων γνώσεων (Καλκάνης κ.ά.,2008).

Η διδασκαλία με στόχο την εννοιολογική αλλαγή προϋποθέτει ότι οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν υπόψη την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών τους και στοχεύουν όχι μόνο στον εμπλουτισμό της αλλά και στην αναδιοργάνωσή της, έτσι ώστε τελικά να προκύψουν νέες εννοιολογικές δομές (Vosniadou & Ioannides,1998; Κουλαϊδής & Χατζηνικήτα,2001; Βοσνιάδου κ.ά.,2008:168). Επίσης, κατά τη διδασκαλία θα πρέπει να δοθούν στους μαθητές πειστικοί λόγοι για να θέσουν υπό αμφισβήτηση την αξία των υποθέσεων που έχουν σχηματίσει για τον φυσικό κόσμο από την καθημερινή τους εμπειρία, καθώς και σαφείς επεξηγήσεις των επιστημονικών θεωριών έτσι ώστε να γίνουν απόλυτα κατανοητές (Βοσνιάδου,2002:261).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον εποικοδομισμό ως εννοιολογική αλλαγή θεωρείται η τροποποίηση των υπαρχουσών δομών των μαθητών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (Ψύλλος κ.ά.,1993). Η εννοιολογική αλλαγή αφορά στην αναδόμηση της ήδη υπάρχουσας γνώσης, αφού οι ιδέες των παιδιών είναι πολλές φορές λανθασμένες. Όμως, για να πραγματοποιηθεί η εννοιολογική αλλαγή πρέπει να προηγηθεί η γνωστική σύγκρουση, δηλαδή να βρεθεί ο μαθητής αντιμέτωπος με μία ασυμφωνία ανάμεσα

στα αποτελέσματα μίας κατάστασης και στις προβλέψεις που έχει κάνει (Halford,1993; Vosniadou,1994a; Μπάκας κ.ά.,2005; Βοσνιάδου,2008).

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση εννοιολογικής αλλαγής (Rumelhart & Norman,1978; Σπυροπούλου,1997; Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000), σύμφωνα με την οποία μπορεί να επιτευχθεί «συμφωνία» των νοητικών δομών των μαθητών με τα επιστημονικά πρότυπα , στηρίζεται στους εξής τρόπους:

A) 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

B) Την εναρμόνιση υπάρχόντων 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, εργασιών πεδίου, κλπ.

Γ) 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.

Βέβαια, εκτός της παραπάνω προσέγγισης για την περιγραφή της τροποποίησης της γνωστικής δομής των μαθητών, προτείνονται και άλλες που διαφέρουν περισσότερο ή λιγότερο από την παραπάνω.

2.2.1 Τρόποι πρόκλησης της εννοιολογικής αλλαγής

Σύμφωνα με την Χαλκιά (2010α:57), οι Chinn και Brewer (1998) αναφέρουν ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι δυνατόν να προκληθεί με τους εξής τρόπους:

i) *Με νέα δεδομένα:* Ο όρος δεδομένα αναφέρεται σε πορίσματα πειραμάτων ή παρατηρήσεων σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Τα δεδομένα είτε παρουσιάζονται στον μαθητή από κάποιο πρόσωπο κύρους, όπως ο δάσκαλος, ο επιστήμονας είτε τα προσεγγίζει μόνος του επιλύοντας συγκεκριμένα προβλήματα. Φυσικά η σχέση που έχουν τα νέα δεδομένα με την τρέχουσα γνώση (τις ιδέες) του μαθητή αποδεικνύεται κρίσιμη για τη διδασκαλία (σε αυτό το στάδιο μπορεί να προκληθεί αναδόμηση των ιδεών του μαθητή). Κατά συνέπεια τα δεδομένα επιμερίζονται σε συνάρτηση με την υφιστάμενη γνώση του μαθητή στα εξής:

- *Μη αναμενόμενα (απρόβλεπτα) δεδομένα – δεδομένα που φέρνουν τον μαθητή σε αδιέξοδο σχετικά με τις προβλέψεις του:* Τα μη αναμενόμενα δεδομένα είναι εκείνα που έρχονται σε αντίθεση με τις ιδέες των μαθητών. Ένα

παράδειγμα που σχετίζεται με τα απρόβλεπτα δεδομένα έχουμε όταν οι μαθητές εκτελούν το πείραμα για το φαινόμενο του βρασμού. Σε αυτό το πείραμα τα δεδομένα, δηλαδή το γεγονός ότι το θερμόμετρο παραμένει σταθερό περίπου στους εκατό βαθμούς όταν το νερό αρχίζει να βράζει, έρχονται σε αντίθεση με μια εκ των εναλλακτικών ιδεών τους σύμφωνα με την οποία η θερμοκρασία θα συνεχίσει να ανεβαίνει και πάνω από τους εκατό βαθμούς καθώς βράζει το νερό. Το γεγονός αυτό ξαφνιάζει τους μαθητές και μπορεί να προκαλέσει εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή την υιοθέτηση ενός άλλου, πιο λειτουργικού ερμηνευτικού σχήματος για το φαινόμενο του βρασμού.

- *Ανεξήγητα δεδομένα:* Ανεξήγητα δεδομένα είναι εκείνα τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν με βάση την τρέχουσα γνώση. Παρά το γεγονός ότι αυτά τα δεδομένα δεν έρχονται σε αντίθεση με την τρέχουσα γνώση, η γνώση αυτή είναι ανεπαρκής για να δώσει μια πλήρη εξήγηση. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές αδυνατούν να δώσουν μια εξήγηση για τις κινήσεις της Σελήνης. Στο πλαίσιο της διαδικαστικής μάθησης, είναι ένα πρόβλημα το οποίο δεν μπορεί να λυθεί, είτε σωστά είτε λάθος. Δεδομένα αυτού του τύπου μπορεί να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για να αποκτήσουν την επιδιωκόμενη γνώση.
- *Συνεπή δεδομένα:* Τα συνεπή δεδομένα μπορεί να εξηγηθούν με βάση την υφιστάμενη γνώση. Ο τύπος αυτός εξήγησης δεν εμπεριέχεται στην υφιστάμενη γνώση, αλλά μπορεί να οικοδομηθεί με βάση αυτήν. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να οικοδομήσουν μια εξήγηση για ένα νέο κύκλωμα στο μάθημα της ηλεκτρονικής, το οποίο δεν είχαν συναντήσει ποτέ, προσθέτοντας στη συνέχεια τη νέα αυτή εξήγηση που παρήγαγαν στην υφιστάμενη γνώση τους. Το ισοδύναμο στο πλαίσιο της διαδικαστικής μάθησης είναι ένα πρωτότυπο πρόβλημα που μπορεί μεν να επιλυθεί, αλλά η στρατηγική επίλυσης του δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων, δηλαδή δεν συμπεριλαμβάνεται στην υφιστάμενη γνώση.
- *Δεδομένα που προκύπτουν με εφαρμογή της υφιστάμενης γνώσης:* Τα δεδομένα αυτά ταιριάζουν απόλυτα με την προηγούμενη γνώση. Αποτελούν την απλούστερη μορφή απόκτησης γνώσης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που ένας μαθητής αφού έχει κατανοήσει τη λειτουργία των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων που περιλαμβάνουν μια μπαταρία, αγωγούς και ένα λαμπάκι,

συναντήσει ένα παρόμοιο κύκλωμα με δύο λαμπάκια, τότε συναντά μια νέα περίπτωση στο πλαίσιο της παλαιάς γνώσης. Η νέα περίπτωση μπορεί να αποθηκευτεί στη μνήμη, αλλά η επεξηγηματική γνώση δεν αλλάζει.

ii) *Νέες αντιλήψεις:* Ο όρος νέες αντιλήψεις αναφέρεται σε κάθε είδος, εξωτερικά παρεχόμενης γνώσης, η οποία λειτουργεί ως επεξήγηση νέων δεδομένων. Με άλλα λόγια, οι νέες αντιλήψεις σχετίζονται με τις περιπτώσεις εκείνες όπου ο μαθητής δεν εμπλέκεται ο ίδιος σε δραστηριότητες κατασκευής νέας γνώσης – για παράδειγμα στην προσπάθεια ερμηνείας νέων δεδομένων – , αλλά το απαραίτητο ερμηνευτικό και εννοιολογικό σχήμα – νέες αντιλήψεις – για την ερμηνεία των δεδομένων του παρέχεται από εξωτερικούς παράγοντες. Οι νέες προσφερόμενες ιδέες είναι συμβατές με την επιστημονική γνώση. Αυτές οι αντιλήψεις παρουσιάζονται στους μαθητές από κάποιο πρόσωπο που μπορεί να είναι ο δάσκαλος, ένας φίλος ή ο συγγραφέας του σχολικού βιβλίου. Τέλος, αυτές οι νέες αντιλήψεις είτε μπορεί να έρχονται σε αντίθεση με την υφιστάμενη γνώση και να οδηγήσουν τους μαθητές στην αλλαγή των ιδεών τους είτε είναι συνεπείς με την υφιστάμενη γνώση.

iii) *Αναστοχασμός – συνειδητοποίηση:* Μερικές φορές η ίδια η επίγνωση της υφιστάμενης γνώσης μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για εννοιολογική αλλαγή. Αυτό συμβαίνει διότι οι άνθρωποι δεν διαθέτουν αυτόματη πρόσβαση σε πληροφορίες αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη ή αυτόματες διεργασίες για να επιλύουν τυχόν ασυνέπειες. Παρόμοια, μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σχετίζεται με το ότι οι μαθητές δεν έχουν επίγνωση των εναλλακτικών ιδεών τους. Η εννοιολογική αλλαγή των μαθητών μέσω αναστοχασμού μπορεί να ξεκινήσει από εσωτερικές ασυνέπειες μεταξύ των υφιστάμενων γνωσιακών σχημάτων τους και των δεδομένων που συναντούν. Ακόμη, μπορεί να ξεκινήσει από τη συνειδητοποίηση της αδικαιολόγητης πολυπλοκότητας των υφιστάμενων ιδεών τους ή της αδυναμίας τους να εξηγήσουν τα γνωστά δεδομένα.

2.2.2 Οι συνθήκες - προϋποθέσεις επίτευξης της εννοιολογικής αλλαγής

Οι Posner et al. (1982) (Hewson & Hewson, 1984; Καρανίκας, 1999:38; Σπυροπούλου – Κατσάνη, 2000:92; Καλκάνης κ.ά., 2008:83; Χαλκιά, 2010α:60) προτείνουν τέσσερις συνθήκες, οι οποίες οδηγούν σε εννοιολογική αλλαγή και συμβάλλουν στην αλλαγή των γνωστικών δομών των μαθητών. Αυτές οι συνθήκες – προϋποθέσεις επίτευξης εννοιολογικής αλλαγής είναι οι ακόλουθες:

I) *Η παλιά – προϋπάρχουσα γνώση να είναι μη ικανοποιητική:* Αν η παλιά – προϋπάρχουσα γνώση είναι μη ικανοποιητική θα απαιτηθεί η αλλαγή της. Με άλλα λόγια, θα πρέπει ο μαθητής να αισθανθεί δυσαρέσκεια με την προϋπάρχουσα γνώση επειδή δεν είναι πια λειτουργική. Για παράδειγμα, δεν του επιτρέπει να κάνει επιτυχείς προβλέψεις κατά την επίλυση προβλημάτων και δεν αρκεί για να εξηγήσει τα δεδομένα πειραμάτων και μια σειρά φαινομένων.

II) *Η νέα γνώση να είναι κατανοητή:* Ο μαθητής πρέπει να βρίσκει τη νέα ιδέα λογική και μη αντιφατική, να καταλαβαίνει πλήρως το νόημά της και να είναι σε θέση να περιγράψει και να ερμηνεύσει τις εμπειρίες του ή τα συγκεκριμένα φαινόμενα.

III) *Η νέα γνώση πρέπει να είναι αρχικά αληθοφανής και πειστική:* Ο μαθητής πρέπει εκτός από το να κατανοεί το νόημά της να τη βρίσκει ταιριαστή με άλλες ιδέες ή έννοιες που ήδη γνωρίζει, έτσι ώστε να πείθεται ότι περιγράφει καλά τον κόσμο και μπορεί να τον βοηθήσει στην επίλυση των προβλημάτων.

IV) *Η νέα γνώση πρέπει να είναι παραγωγική, γόνιμη:* Ο μαθητής πρέπει να θεωρεί τη νέα γνώση χρήσιμη για την επίλυση προβλημάτων και να του δίνει τη δυνατότητα για άνοιγμα νέων προοπτικών στην έρευνα, καθώς και την τεχνολογική ή και επεξηγηματική ισχύ τους.

2.3 Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και οι φάσεις διδασκαλίας του

Τις τελευταίες δεκαετίες ένα νέο μοντέλο διδασκαλίας, γνωστό με τους όρους, «εποικοδομητική διδασκαλία», «εποικοδομητική προσέγγιση», αναδείχτηκε κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Όπως προαναφέρθηκε, η μάθηση στο εποικοδομητικό μοντέλο - στην πιο ευρεία μορφή του - θεωρείται ως μια προσωπική υπόθεση του μαθητή, ο οποίος δομεί το δικό του νόημα μέσα από την εμπειρία του. Παράλληλα, ενώ η μάθηση είναι μια προσωπική διαδικασία, η διδασκαλία από την άλλη είναι μια κοινωνική διαδικασία, αφού συνεπάγεται διαπροσωπική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών καθώς και μεταξύ των μαθητών και του εκπαιδευτικού (Ψύλλος κ.ά.,1993; Σπύρτου,2002:22).

Με άλλα λόγια, το εποικοδομητικό μοντέλο αντιμετωπίζει τη διδασκαλία ως διαδικασία στην οποία ο μαθητής δομεί τη νέα γνώση με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Ο προσωπικός χαρακτήρας της μάθησης δεν έρχεται σε σύγκρουση με τον κοινωνικό χαρακτήρα της διδασκαλίας. Ο μαθητής στην εποικοδομητική διδασκαλία μαθαίνει ακολουθώντας -όχι ανεξέλεγκτα- το δικό του δρόμο

συλλογισμών για την οικοδόμηση της νέας γνώση. Αυτό σημαίνει ότι η εποικοδομητική διδασκαλία είναι τόσο μαθητοκεντρική όσο και κατευθυνόμενη από τον εκπαιδευτικό (Gunstone et al.,1993). Στο επίκεντρο της εποικοδομητικής διδασκαλίας δε βρίσκεται μόνο η νέα γνώση που διδάσκεται, αλλά και η μέθοδος με την οποία κατακτιέται η νέα γνώση.

Κατά συνέπεια, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι σύνθετος, γιατί δεν αρκεί να γνωρίζει μόνο την επιστημονικά ορθή γνώση αλλά και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Επιπρόσθετα, χρειάζεται να ακολουθήσει διαδικασίες που θα βοηθήσουν τον μαθητή να συνειδητοποιήσει τις εναλλακτικές ιδέες του, να δοκιμάσει την αποτελεσματικότητά των ιδεών του σε νέες εμπειρίες, να τις συγκρίνει με τις απόψεις των συμμαθητών του, να αναλογιστεί τη διαφορά μεταξύ των εναλλακτικών και των νέων απόψεων και να αξιολογήσει τις διεργασίες και τις δυσκολίες που συνάντησε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Με άλλα λόγια, μια διδασκαλία εποικοδομητικής κατεύθυνσης περιλαμβάνει δραστηριότητες που κινητοποιούν κυρίως γνωστικές δεξιότητες οργάνωσης, ανάλυσης και υπέρβασης δεδομένων. Επίσης, περιλαμβάνει μεταγνωστικές δραστηριότητες που βοηθούν το μαθητή να συνειδητοποιήσει τον τρόπο σκέψης που ανέπτυξε στη διάρκεια της διδασκαλίας (Σπύρτου,2002:23).

Τα τελευταία χρόνια, με βάση την εποικοδομητική υπόθεση, έχουν αναπτυχθεί αντιπροσωπευτικά μοντέλα διδασκαλίας εποικοδομητικού χαρακτήρα, τα οποία στοχεύουν στην εννοιολογική αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών. Για παράδειγμα, μερικά από αυτά είναι το διδακτικό μοντέλο τεσσέρων (4) φάσεων στο Primary School Teacher Science (PSTS) Project (Kruger et al.,1991), το μοντέλο τριών (3) φάσεων των Nussbaum και Novick (Osborne & Freyberg,1985), η προσέγγιση τεσσέρων (4) φάσεων στο Children's Learning in Science Project (Harlen,1992), το διδακτικό μοντέλο εποικοδομητικής προσέγγισης πέντε (5) φάσεων των Driver και Oldham (Driver et al.,1998:18-21). Στον ελληνικό χώρο έχει προταθεί το «Πρότυπο Εποικοδομητικής Διδακτικής Προσέγγισης» πέντε (5) φάσεων (Κουμαράς κ.ά.,1992). Ανεξάρτητα από τον αριθμό των φάσεων μπορούμε να κωδικοποιήσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στη σύνταξη μιας εποικοδομητικής διδασκαλίας (Σπύρτου, 2002:23 – 24) στα εξής στάδια κατά τη διδασκαλία:

Ι) Αρχή διδασκαλίας: Ο εκπαιδευτικός στοχεύει στην ανάδειξη των αρχικών ιδεών. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να εκφράσουν και να υποστηρίξουν τις υπάρχουσες ιδέες τους. Οι αντιδράσεις του εκπαιδευτικού είναι ουδέτερες απέναντι σε όλες τις ιδέες.

II) Ανάπτυξη διδασκαλίας: Ο εκπαιδευτικός στοχεύει στη δοκιμασία και την επαύξηση ή αλλαγή των αρχικών απόψεων, αναπτύσσονται πειραματικές δραστηριότητες που βοηθούν τους μαθητές να ελέγξουν αν οι αρχικές τους ιδέες έχουν ατέλειες και όπου χρειάζεται να τις αναδομήσουν ή να τις συμπληρώσουν.

III) Κλείσιμο διδασκαλίας: Ο εκπαιδευτικός στοχεύει στην εφαρμογή και την ανασκόπηση των ιδεών. Πιο συγκεκριμένα, προσφέρονται στους μαθητές νέα παραδείγματα έτσι ώστε να εξετάσουν αν οι νέες απόψεις παρέχουν επαρκέστερες ερμηνείες των φυσικών φαινομένων κι ενθαρρύνονται να αναλογιστούν τις διαφορές που έχουν οι αρχικές με τις νέες απόψεις, τους λόγους για τους οποίους άλλαξαν ή διατήρησαν τις αρχικές τους ιδέες, να περιγράψουν ποια σημεία του μαθήματος τους έκαναν περισσότερη εντύπωση ή τους δυσκόλεψαν.

Με βάση τα παραπάνω, αν και η διδασκαλία που βασίζεται στο μοντέλο της εποικοδομητικής μάθησης δεν είναι ποτέ μια γραμμική διαδικασία (Κολιόπουλος, 2001; Κολιόπουλος, 2006; Χαλκιά, 2010α), ένα χαρακτηριστικό διδακτικό μοντέλο εποικοδομητικού τύπου (στο οποίο στηρίζεται και η παρούσα έρευνα) είναι το «μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» των Ψύλλου κ.ά. (1993) (Κολιόπουλος, 2001; Μίχας, 2003; Καριώτογλου, 2006) που σχετίζεται με αυτό που πρότειναν οι Driver και Oldham (1986) (Driver et al, 1998; Σπυροπούλου - Κατσάνη, 2000; Κόκκοτας κ.ά., 2002β; Βλάχος, 2004; Χαλκιά, 2010α; Χαλκιά, 2010β) σε συνδυασμό με αυτό των Κουμαρά κ.ά. (1992) και Ψύλλου κ.ά. (1993). Το εποικοδομητικό αυτό μοντέλο αποτελείται από τις εξής πέντε (5) φάσεις:

1^η Φάση: Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών:

Αρχικά, ο δάσκαλος κατά τη φάση ανάδειξης των ιδεών επιλέγει τη μέθοδο, το έργο που θα χρησιμοποιήσει (πρακτική εξάσκηση, ερωτήσεις, ερωτηματολόγια, ατομικές εργασίες, εικόνες, παρουσίαση διαφορετικών απόψεων για το ίδιο θέμα, υποθετικά πειράματα, πρόβλεψη του αποτελέσματος ενός νοητικού πειράματος).

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και εργάζονται ατομικά (και ομαδικά) επάνω σε κατάλληλο έργο που τους δίνεται από το δάσκαλο, με στόχο να εκφράσουν τις ιδέες τους (Καριώτογλου, 2006).

Με άλλα λόγια, η ανάδειξη των ιδεών μπορεί να γίνει ζητώντας από τους μαθητές να προβλέψουν την εξέλιξη ενός πειράματος, να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών τους ή να ερμηνεύσουν κάποιο φαινόμενο γνωστό από την καθημερινή ζωή. Συνηθισμένη είναι η χρήση των ερωτήσεων του τύπου: «Τι θα συνέβαινε αν...» ή «Τι θα παρατηρήσουμε αν...» (Κόκκοτας κ.ά., 1995:513).

Στη συνέχεια, οι μαθητές καταγράφουν τις ιδέες στο σχετικό φύλλο εργασίας και τις ανακοινώνουν στην τάξη (Χαλκιά, 2010β). Είναι σημαντικό οι απαντήσεις τους να είναι γραπτές διότι με αυτόν τον τρόπο απαντούν με υπευθυνότητα, αξιοποιούν ή αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας με χρήση επιστημονικής ορολογίας. Όμως, το πιο σημαντικό είναι ότι στην 5^η φάση, της σύγκρισης των νέων ιδεών με τις αρχικές, αναστοχάζονται τις αλλαγές και τις αιτίες που τις προκάλεσαν, εποπτεύουν νοητικά τη προσωπική τους μαθησιακή πορεία (Βλάχος, 2004:174 – 175).

Μετά, ο δάσκαλος κατηγοριοποιεί τις ιδέες των μαθητών με την καταγραφή τους στον πίνακα.

Συμπερασματικά, η φάση αυτή έχει ως στόχο να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν πως σκέφτονται οι ίδιοι για ένα συγκεκριμένο θέμα στο πλαίσιο του καθημερινού κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντός τους (Χαλκιά, 2010α:113).

2^η Φάση: Δοκιμασία των ιδεών των μαθητών και καταγραφής των αποτελεσμάτων:

Στη φάση αυτή ο ρόλος του δασκάλου είναι καθοριστικός τόσο στην καθοδήγηση των μαθητών για το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων που θα τους βοηθήσουν να ελέγξουν τη λειτουργικότητα των ιδεών τους όσο και στη διαχείριση των ιδεών των μαθητών του ώστε να εισαχθεί ομαλά η νέα γνώση.

Πιο συγκεκριμένα, επιδίωξη του δασκάλου είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Κύριος στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να δυσαρεστηθούν από τις ιδέες που έχουν σχηματίσει και να οδηγηθούν σε αδιέξοδο διαπιστώνοντας τη διάσταση ανάμεσα σε εκείνο που αναμένουν και στο πραγματικό αποτέλεσμα (Κουμαράς κ.ά., 1992; Μίχας, 2003:74). Πιο αναλυτικά, αν στην προηγούμενη φάση ο δάσκαλος είχε ζητήσει να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητά να εκτελέσουν το πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την πρόβλεψη, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση.

Στη φάση αυτή, λοιπόν, ο δάσκαλος δίνει στους μαθητές, που είναι συνήθως σε ομάδες, υλικά για να πειραματιστούν και να ελέγξουν τις ιδέες τους (Καριώτογλου, 2006:36), καθώς επίσης και φύλλα εργασίας με τις οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν για να εκτελέσουν τα πειράματα. Τα μέλη της ομάδας απαντούν γραπτά στο χώρο εργασίας που υπάρχει στο φύλλο εργασίας, μετά από συζήτηση μεταξύ τους. Ο δάσκαλος δεν επεμβαίνει, παρά μόνο αν χρειαστεί και αυτό κυρίως

για να δώσει τεχνική βοήθεια στους μαθητές. Για παράδειγμα, βοηθά σε συναρμολόγηση πειραματικών διατάξεων, επιλύει προβλήματα λειτουργίας οργάνων και απαντά σε διευκρινιστικές ερωτήσεις (Κουμαράς,2003:54).

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων συλλέγονται και καταγράφονται στο φύλλο εργασίας. Στόχος αυτών των πειραμάτων – έργων είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε αδιέξοδο, έτσι ώστε παρατηρώντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς και το πειραματικό αποτέλεσμα να οδηγηθούν μ' αυτόν τον τρόπο σε ενδο-προσωπική σύγκρουση⁷. Αυτή η σύγκρουση θα τους κάνει να νιώθουν δυσανεστημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανόν σε εννοιολογική αλλαγή.

3^η Φάση: Εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου:

Η φάση αυτή περιλαμβάνει την εισαγωγή από τον δάσκαλο της νέας – επιστημονικής γνώσης, η οποία ερμηνεύει τα αποτελέσματα των πειραμάτων ελέγχου (ή τα αποδεικτικά πειράματα). Ο δάσκαλος θα πρέπει να δείξει την ανωτερότητα της νέας γνώσης (Καριώτογλου,2006:36).

Ειδικότερα, ο δάσκαλος ξεκινώντας από τις πειραματικές παρατηρήσεις που οδήγησαν σε αδιέξοδο τους μαθητές, προχωρεί στην εισαγωγή και στην ανάπτυξη του επιστημονικού προτύπου. Η παρουσίαση της νέας γνώσης γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατόν να κατανοηθεί (Κουμαράς κ.ά.,1992; Μίχας,2003:75).

4^η Φάση: Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου:

Στη φάση αυτή οι νέες ιδέες εφαρμόζονται σε φαινόμενα που είτε περιλαμβάνονται στο φύλλο εργασίας είτε θα προταθούν από το δάσκαλο ή τους μαθητές (Βλάχος, 2004:177).

Στη φάση αυτή οι μαθητές συσχετίζουν αυτό που έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που αποκτούν με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητα τους (Κόκκοτας κ.ά.,2002β).

⁷ Στην παρούσα έρευνα επιλέγεται το αποδεικτικό πείραμα (επιβεβαιωτικό ή απορριπτικό), που αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, ως μέσο πρόκλησης γνωστικής σύγκρουσης διότι είναι περισσότερο δύσκολο να αμφισβητηθούν τα πειραματικά δεδομένα, αφού υλοποιείται από τους ίδιους τους μαθητές (Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2007β; Καλκάνης,2007γ; Καλκάνης ,2009α; Καλκάνης,2009β; Καλκάνης, 2010).

Με άλλα λόγια, σε αυτή τη φάση πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος ή να ερμηνεύσουν κάποιο φαινόμενο εφαρμόζοντας τη νέα γνώση (Χαλκιά, 2010α).

5^η Φάση: Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου – Μεταγνωστική φάση:

Σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να του περιγράψουν την παλιά και τη νέα τους γνώση και να αντιληφθούν τις διαφορές της. Επίσης, τους ζητά να πουν ποιο στοιχείο της διδασκαλίας τους οδήγησε στην αλλαγή. Συνήθως οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις: «Τι έλεγες πριν;», «Τι νομίζεις τώρα;», «Γιατί άλλαξες γνώμη;». Με αυτόν τον τρόπο δεν μαθαίνουν μόνο τη νέα γνώση αλλά αντιλαμβάνονται και πως την έμαθαν. Με άλλα λόγια, συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και τη γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και ονομάζεται μεταγνώση. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα δύσκολο στις μικρές ηλικίες μαθητών (Ψύλλος κ.ά.,1993; Καριώτογλου,2006:36).

2.4 Η εργασία σε ομάδες (ομαδοσυνεργατική διδασκαλία) στην εκτέλεση πειραμάτων εποικοδομητικού τύπου

Οι όροι «εργασία σε ομάδες» ή «ομαδοσυνεργατική» ή «ομαδοκεντρική» ή «συνεργατική» ή «ομαδική» διδασκαλία και μάθηση (Ματσαγγούρας,2000α; Σταυρίδου,2000) θεωρούνται ουσιαστικά συνώνυμοι στην παιδαγωγική ορολογία και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη μέθοδο διδασκαλίας κατά την οποία οι μαθητές μιας τάξης οργανώνονται σκόπιμα σε ομάδες σχολικής εργασίας για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένους παιδαγωγικούς και διδακτικούς σκοπούς και στόχους.

Σύμφωνα με την Cohen (1994) μπορούμε να ορισθεί ως ομαδοσυνεργατική διδασκαλία η εργασία κατά την οποία οι μαθητές δουλεύουν μαζί σε μια μικρή ομάδα των 2 έως 5 ατόμων, όπου ο καθένας μπορεί να συμμετέχει σε μια συλλογική εργασία η οποία θα έχει καθοριστεί με σαφήνεια.

Όσον αφορά τον αριθμό των μελών της ομάδας αναφέρεται ότι είναι ορθό στις πρώτες τάξεις του δημοτικού, αλλά και στις μεγαλύτερες, όταν για πρώτη φορά εφαρμόζεται η εργασία σε ομάδες, ο δάσκαλος να αρχίζει με εταιρικές ομάδες των δύο μαθητών και σταδιακά να αυξάνει τον αριθμό των μελών. Αυτά τα εταιρικά

σχήματα που αποτελούνται από δύο μαθητές βασίζονται στο απλό σύστημα της αμφίδρομης, διπολικής επικοινωνίας (Ματσαγγούρας, 1999:503,508).

Παράλληλα, πρέπει να επισημανθεί ότι ένας βασικός διδακτικός λόγος που συνέβαλε στην εξάπλωση του ομαδοσυνεργατικού κινήματος είναι το γεγονός ότι η επιδίωξη του σύγχρονου σχολείου να εξασφαλίσει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία προωθείται με φυσικό και αβίαστο τρόπο στα πλαίσια της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας (Ματσαγγούρας,2000β).

Σύμφωνα με τον Ματσαγγούρα (2000β): «λέγοντας ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία η σύγχρονη διδακτική βιβλιογραφία περιγράφει άμεσα ή έμμεσα σχολικές τάξεις όπου οι μαθητές ερωτούν, εξηγούν, σχολιάζουν, επικοινωνούν, ανταλλάσσουν απόψεις και πληροφορίες, υποστηρίζουν και ελέγχουν την ακρίβεια των στοιχείων, αντιπαραθέτουν και ανταπαντούν διαλεκτικά στο σκεπτικό διαφορετικών θέσεων, υποθέτουν, ερευνούν, πειραματίζονται και, τέλος, καταλήγουν σε τεκμηριωμένες απόψεις, λύσεις και προτάσεις».

Υποστηρίζεται από μελετητές ότι η μάθηση μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική χρησιμοποιώντας τη δυναμική της μικρής ομάδας, χαρακτηριστικό της οποίας είναι ότι οι μαθητές περνούν μεγάλο μέρος του χρόνου τους συνεργαζόμενοι σε μικρές και ετερογενείς ομάδες (Ματσαγγούρας,2000α; Χρυσafiδης,2003). Στην εργασία σε ομάδες υπάρχει τόσο το ατομικό επίπεδο (στο οποίο ο κάθε μαθητής εργάζεται μόνος του) όσο και το ομαδικό επίπεδο (στο οποίο πλέον εργάζεται όλη η ομάδα).

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η έρευνα έχει αποδείξει ότι το μαθησιακό αποτέλεσμα που παράγεται με την εργασία σε ομάδες είναι πολυεπίπεδο. Οι μαθητές που ακολουθούν αυτή τη διαδικασία μάθησης εμφανίζουν τις ίδιες ή υψηλότερες επιδόσεις στο γνωστικό αντικείμενο από μαθητές που ακολουθούν άλλες μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, προάγεται η κριτική σκέψη και καλλιεργείται η ικανότητα επικοινωνίας και οι υγιείς διαπροσωπικές σχέσεις με τους συμμαθητές και τους δασκάλους τους (Hass,2000; Μπομπέτσης & Στεφανή,2004α). Ακόμη, η εργασία σε ομάδες προσφέρει στους συνεργαζόμενους μαθητές ευκαιρίες να περιγράφουν, να επεξηγούν και να αιτιολογούν τη σκέψη τους, γεγονός που αναπτύσσει το μεταγνωστικό επίπεδο (Ματσαγγούρας,1999:513).

Το εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα η εκτέλεση πειραμάτων αποτελεί ένα ιδανικό περιβάλλον για την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση. Οι μαθητές σε αυτό το περιβάλλον μαθαίνουν πώς να δομούν ουσιαστική γνώση, πώς

να ανταλλάσσουν τις προσωπικές τους ιδέες και πώς να σκέπτονται συλλογικά, ώστε να κατακτήσουν τη γνώση (Μπομπέτσης & Στεφανή,2004β).

Η εργασία σε ομάδες κατά τη διδασκαλία εξασφαλίζει δυνατότητες αυτενέργειας τόσο στη δράση όσο και στη σκέψη, με αποτέλεσμα να κάνει τους μαθητές να αισθάνονται υπεύθυνα και σημαντικά άτομα, ικανά να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα της σχολικής ζωής. Ακόμη, πολλοί μαθητές αποκτούν ενδιαφέρον ή αλλάζουν στάση ως προς κάποιο μάθημα, δημιουργώντας νέες αξίες, ενώ η αυτοεκτίμηση βελτιώνεται διότι παρατηρούν τις προσπάθειές τους για επιτυχία να ευοδώνονται (Μπομπέτσης & Στεφανή,2004β).

Οι γνωστικοί ψυχολόγοι αποδίδουν τις σημαντικές επιπτώσεις της εργασίας σε ομάδες στο ότι προσφέρει άρτιο πλαίσιο για την αναδιοργάνωση των ατελών εννοιών και αντιλήψεων, γεγονός το οποίο συμβάλλει στην ανάπτυξη της σκέψης και της μάθησης, με βάση όσα προτείνει η εποικοδομιστική προσέγγιση.

Σύμφωνα με τον Piaget και τους υποστηρικτές του, η ανάπτυξη καθοδηγείται από ένα σύστημα εσωτερικών δομών, που ενυπάρχουν εγγενώς στο παιδί και αναπτύσσονται ή εμποδίζονται, ανάλογα από την ποιότητα και την ποσότητα των επιδράσεων του περιβάλλοντος. Ωστόσο, κατά τον Vygotsky και τους υποστηρικτές του, το κοινωνικό πλαίσιο είναι εκείνο το οποίο καθορίζει το περιεχόμενο και την κατεύθυνση της ανάπτυξης. Επίσης, ένα ακόμη σημείο διαφοροποίησης αυτών των δύο θεωρήσεων είναι ότι οι υποστηρικτές της θεωρίας του Piaget αποδίδουν αναπτυξιακή δυνατότητα στη σύγκρουση του υπάρχοντος και του καινούριου, ενώ οι υποστηρικτές της θεωρίας του Vygotsky στη συνεργασία στο πλαίσιο της οποίας οι συμμαθητές πληροφορούν, εξηγούν και διαμεσολαβούν με υποστηρικτικό τρόπο τη νέα γνώση. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονοι μελετητές απορρίπτουν την άποψη ότι ο Piaget και ο Vygotsky εξέφρασαν αντίθετες θέσεις και θεωρούν ότι και οι δύο αναγνωρίζουν την κοινωνική γένεση της νοημοσύνης και της σκέψης. Αυτό σημαίνει ότι η σκέψη είναι κοινωνική δραστηριότητα που αρχικά εμφανίζεται κατά την επικοινωνία των μελών μιας κοινότητας και στη συνέχεια εσωτερικοποιείται από τα άτομα, έτσι ώστε να εμφανισθεί τελικά ως ατομικό επίτευγμα. Καθώς τα άτομα κινούνται μέσα στην ομαδική δράση και εκτός των ατομικών τους ορίων, εσωτερικεύουν και οικειοποιούνται τις νέες και ανώτερες των αρχικών δυνατοτήτων μορφές σκέψης και δράσης και μετά από ένα διάστημα συλλογικής δράσης τις κατακτούν και τις εκφράζουν τελικά ως ένα ατομικό επίτευγμα (Ματσαγγούρας, 2000α; Μπομπέτσης & Στεφανή,2004α).

Με άλλα λόγια, η εργασία των μαθητών σε ομάδες έχει ξεχωριστή σημασία στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και είναι κύριο χαρακτηριστικό της εποικοδομιστικής προσέγγισης. Στο επίπεδο της τάξης η λέξη «επικοινωνία» σημαίνει μοιράζομαι τις ιδέες μου με άλλους. Η κοινωνική διαδικασία της συζήτησης και του διαλόγου ενεργεί ως καταλύτης για τη σκέψη. Η ομάδα είναι ο μηχανισμός για συνεργατική και συναδελφική μάθηση και εξασφαλίζει την εξερεύνηση, την κατανόηση και την επίδραση πάνω στις ιδέες των μελών για μια συγκεκριμένη έννοια των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας,1998β; Harlen & Elstgeest,2005).

Παράλληλα, το μάθημα της Φυσικής, με τον ξεχωριστό ρόλο του πειράματος σε αυτό που αποτελεί ένα ισχυρό και αποτελεσματικό διδακτικό μέσο για την εννοιολογική αλλαγή, προσφέρεται για την ανάπτυξη της εργασίας σε ομάδες. Η εργασία σε ομάδες σε μια εποικοδομητικού τύπου διδασκαλία σχετίζεται άμεσα με την ενεργητική μάθηση και τον χειρισμό αντικειμένων και φύλλων εργασίας. Επίσης, η εργασία σε ομάδες προσανατολίζει το μάθημα της Φυσικής στον μαθητή με αποτέλεσμα να μετατοπίζει τη διδασκαλία από την αφηρημένη μετάδοση γνωστικών στοιχείων σε συναισθηματικά φορτισμένη βιωματική εμπειρία. Ακόμη, η εργασία σε ομάδες αποτελεί μια μέθοδο διδασκαλίας, η οποία μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην οικοδόμηση της γνώσης και στην ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων, ερμηνεία και πρόβλεψη γεγονότων) (Σάββας κ.ά.,2002). Άλλα οφέλη από την εργασία σε ομάδες είναι η εξομάλυνση αντιθέσεων, προσωπικών απόψεων, η σύγκλιση διαφορετικών απόψεων (ιδίως κατά τη συζήτηση), η υπακοή στις συν-αποφάσεις, η αλληλοσυμπλήρωση και αλληλεπίδραση των γνώσεων και των δεξιοτήτων (ιδίως κατά τον πειραματισμό), η αποδοχή συν-αποφάσεων (ιδίως στα συμπεράσματα), η αλληλοκάλυψη ή αλληλοσυμπλήρωση των μεταγνωστικών δεξιοτήτων, η κατανομή και ανάληψη ρόλων και υπευθυνοτήτων.

Ταυτόχρονα, έχει αποδειχτεί ότι παιδιά που δουλεύουν σε ζεύγη ή ομάδες παράγουν περισσότερο επαρκείς λύσεις απ' ό,τι τα παιδιά που δουλεύουν μόνα τους (Καλκάνης κ.ά.,2008). Όταν οι άνθρωποι συνεργάζονται στα πλαίσια μιας μικρής ομάδας τροποποιούν ευκολότερα τις απόψεις τους, όταν μάλιστα πρέπει να την αποδώσουν κάπως τυποποιημένη. Ιδιαίτερα για τις Φυσικές Επιστήμες, όπου κάθε μαθητής έχει και μια δική του αντίληψη για τα φυσικά φαινόμενα, η συνεργασία είναι απαραίτητη.

Σε προέκταση της παραπάνω άποψης, ερευνητές (Καρανίκας κ.ά.,1999) αναφέρουν ότι παρουσιάζονται σπουδαία μαθησιακά αποτελέσματα όταν τα πειράματα που θα χρησιμοποιηθούν στη διδακτική παρέμβαση απαιτούν τη συνεργασία των μελών μιας ομάδας. Για παράδειγμα, σε μια πειραματική παρέμβαση για το φαινόμενο του βρασμού ο ένας χρονομετρεί, ο άλλος θερμομετρεί, ο άλλος καταγράφει τις μετρήσεις κ.ο.κ.. Βέβαια, στη διάρκεια του πειράματος θεωρείται σκόπιμο να δίνεται η ευκαιρία ή να παροτρύνονται οι μαθητές να συζητούν και να διευκρινίζουν τα σημεία που δεν έχουν γίνει κατανοητά. Για αυτό, η εκτέλεση των πειραμάτων πρέπει να ακολουθείται πάντα από συζήτηση σε επίπεδο ομάδας και σε επίπεδο τάξης.

Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις η ομαδικά εργασία στη Φυσική αντιμετωπίζεται με λανθασμένο τρόπο διότι επιλέγεται ανάλογα με την υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή. Όμως, η κατανομή των μαθητών σε ομάδες κατά την εκτέλεση πειραμάτων δεν πρέπει απλά να εξυπηρετεί την αντιμετώπιση της έλλειψης των οργάνων για κάθε μαθητή χωριστά. Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι είναι πολύ ουσιαστικότερη ανάγκη να επιτευχθεί η καλλιέργεια της ικανότητας συνεργασίας και της ετοιμότητας συνδυασμού των ατομικών απόψεων με τις διαπιστώσεις των άλλων, καθώς επίσης και η συνείδηση ότι στην ομάδα υπάρχει κοινός στόχος στον οποίο θα καταλήξουν οι μαθητές συνθετικά. Όταν ,λοιπόν, οι μαθητές αλληλεπιδρούν ο ένας με τον άλλο, με έναν εκπαιδευτικό ή ακόμη και με νέες ιδέες - έννοιες, προσλαμβάνονται νέες πληροφορίες, μετασχηματίζονται και αποκτούν νόημα. Τέτοιες αλληλεπιδράσεις σχηματίζουν τα θεμέλια μιας κοινωνίας μαθητών. Κατά συνέπεια, εάν οι μαθητές αισθάνονται ως μέλη μιας κοινότητας, είναι πιθανότερο να έχουν κίνητρο για να αναζητούν λύσεις στα προβλήματά τους και να πετυχαίνουν τους στόχους τους (Σάββας κ.ά.,2002).

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω η εργασία σε ομάδες για να είναι αποδοτική απαιτούνται τα εξής:

- Να περιλαμβάνει δύο ή περισσότερα πρόσωπα με κοινούς στόχους.
- Τα μέλη της ομάδας να έχουν διαφορετικούς ρόλους που μοιράστηκαν με κοινή συμφωνία.
- Κάθε μέλος να έχει την ευκαιρία να προσφέρει στο κοινό έργο.
- Η ατμόσφαιρα να είναι τέτοια που κάθε μέλος μπορεί να μαθαίνει από τα υπόλοιπα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Ο εποικοδομισμός κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

- Τα μέλη να εργάζονται χρησιμοποιώντας το μέγιστο των δυνατοτήτων τους και να υπερβαίνουν τις αδυναμίες τους προάγοντας το έργο της ομάδας.
- Να ενθαρρύνεται ένα περιβάλλον εμπιστοσύνης και συνεργατικής ευθύνης.
- Τα παιδιά εργαζόμενα σε ομάδες να αισθάνονται πολύ πιο ενεργά και υπεύθυνα, βλέποντας τους κόπους τους να αποδίδουν (Καλκάνης κ.ά., 2008:92)

Συμπερασματικά, σύμφωνα με την υπόθεση της εποικοδομητικής μάθησης, όταν οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες:

- i) Έχουν την ευκαιρία να προτείνουν και να ανακοινώσουν τις ιδέες τους.
- ii) Διεγείρονται από τις προκλήσεις που δέχονται οι ιδέες τους και κατά αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζουν την ανάγκη να τις οργανώσουν ξανά και να τις αναθεωρήσουν.
- iii) Κατανοούν καλύτερα τις έννοιες όταν συνεργάζονται.
- iv) Ασκούνται στη διαδικασία της συζήτησης και του διαλόγου.
- v) Αποκτούν τη συνήθεια να επικοινωνούν και έτσι περιορίζεται η κοινωνική απομόνωση που είναι χαρακτηριστικό της σύγχρονης εποχής (Κόκκοτας κ.ά., 2002β:22 - 23).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΤΡΙΤΟ

Το πείραμα κατά τη διδασκαλία και μάθηση της
Φυσικής – Η επιστημονική/εκπαιδευτική
μεθοδολογία

3.1 Ο ρόλος, οι στόχοι, τα επίπεδα και τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

3.1.1 Ο ρόλος του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Αρχικά, είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι η σπουδαιότητα του πειράματος στη διδακτική πράξη δεν αναφέρεται μόνο από τους σύγχρονους ερευνητές, αλλά είχε αναγνωριστεί από παλαιότερα. Ο Edgeworths στο βιβλίο του *Essays on Practical Education* Johnson, London 1811 υποστηρίζει ότι οι μαθητές νιώθουν μεγάλη ικανοποίηση όταν αποκτούν πειραματικά τη γνώση και ότι τα πειράματα ταιριάζουν υπερβολικά στις ικανότητές τους. Ακόμη, υποστηρίζει ότι δεν αγαπούν μόνο να βλέπουν, αλλά και να κάνουν πειράματα (Κόκκοτας, 1998α:145; Κόκκοτας & Βλάχος, 1999:21; Κόκκοτας & Βλάχος, 2000:227).

Σύμφωνα με τη Σπυροπούλου (1997;2000) «η πειραματική διδασκαλία εισάγεται στις χώρες της Δύσης από το 1882 με την επίδειξη πειραμάτων από τον εκπαιδευτικό και αποτελούσε απαραίτητο στοιχείο της διδασκαλίας, διότι μεταξύ άλλων προκαλούσε το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών. Μετά από 100 χρόνια περίπου, άλλοι εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν ακόμη αυτή την άποψη και άλλοι θεωρούν το πείραμα επίδειξης χάσιμο χρόνου.

Ωστόσο, πριν το 1960 φαίνεται να επηρεάζει την εκπαίδευση η ψυχολογία της συμπεριφοράς με το γνωστό διπολικό μοντέλο ερέθισμα – ανταπόκριση και την τάση ότι «αφού το πείραμα είναι στοιχείο της μεθοδολογίας των Φυσικών Επιστημών, θα πρέπει να είναι και βασικό στοιχείο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών», δηλαδή να γίνεται στη διδακτική πράξη αυτό που γίνεται στις Φυσικές Επιστήμες.

Στις δεκαετίες του '60 αλλά και του '70 στα περισσότερα Αναλυτικά Προγράμματα των προηγμένων χωρών (Αγγλία, Γερμανία, ΗΠΑ) προάγονται οι πειραματικές ασκήσεις, οι οποίες σε άλλες χώρες εκτελούνται από τους μαθητές και σε άλλες από τους εκπαιδευτικούς ως πειράματα επίδειξης, και θεωρούνται ενδιαφέρουσες και αποτελεσματικές στη μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί θέτουν δυο ζητήματα, το οικονομικό κόστος και το χάσιμο χρόνου. Κατά την άποψη όμως μιας μερίδας εκπαιδευτικών ο χρόνος, ο οποίος απαιτείται για το πείραμα, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί πιο σωστά για την προετοιμασία των μαθητών στις εξετάσεις.

Οι αναμορφωτές, όμως, των Αναλυτικών Προγραμμάτων ισχυρίζονται ότι οι Φυσικές Επιστήμες είναι καθαρά πειραματικές επιστήμες και συνεπώς πρέπει να διδάσκονται με εργαστηριακές ασκήσεις, οι οποίες βοηθούν στην ανάπτυξη και αισθητοποίηση αφηρημένων εννοιών ξεκινώντας από συγκεκριμένες καταστάσεις.

Από το 1960 και μετά, μέσα στο γενικότερο κλίμα αμφισβήτησης των εκπαιδευτικών διαδικασιών, οι απόψεις του Piaget κερδίζουν έδαφος στην Δυτική Ευρώπη και Βόρεια Αμερική, όπου η επίδραση του Bruner είναι πολύ σημαντική. Οι απόψεις του Piaget και του Bruner λαμβάνονται υπόψη από τους αναμορφωτές στο σχεδιασμό των Αναλυτικών Προγραμμάτων.

Σύμφωνα με τις απόψεις αυτές ο μαθητής μαθαίνει και διατηρεί τη γνώση, όταν συμμετέχει ενεργά και ανακαλύπτει τη γνώση μέσα από συγκεκριμένες δραστηριότητες. Επίσης, θεωρείται ότι η συνεργασία των μαθητών σε μικρές ομάδες, ο πειραματισμός και η συζήτηση με τα μέλη της ομάδας, η επεξεργασία δεδομένων για την αποδοχή ή απόρριψη μιας υπόθεσης, και η άσκηση των μαθητών στη μεθοδολογία οδηγούν στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης.

Από τη δεκαετία του '80 μέχρι σήμερα, τα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι πιο επιτυχής, όταν λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών για τα φαινόμενα και τις αντίστοιχες έννοιες που τα περιγράφουν στο σχεδιασμό της πειραματικής διδασκαλίας και γενικότερα στις διδακτικές δραστηριότητες. Αρχικά, οι μαθητές καλούνται σε συνεντεύξεις ή στη συμπλήρωση ερωτηματολογίου και στη συνέχεια οι ερευνητές - εκπαιδευτικοί ταξινομούν τις απαντήσεις των μαθητών και σχεδιάζουν πειραματικές ασκήσεις με στόχο να προκαλέσουν «γνωστική σύγκρουση» μεταξύ των προϋπαρχουσών αντιλήψεων/ιδεών των μαθητών και της νέας γνώσης μέσα από παρατηρούμενα γεγονότα. Διαμορφώνεται μια νέα υπόθεση για την πειραματική διδασκαλία και μάθηση, η εποικοδομητική προσέγγιση ή εποικοδομισμός. Οι πειραματικές διαδικασίες αποκτούν άλλη διάσταση και ο ρόλος που αποδίδεται στο πείραμα, εκτός των άλλων, είναι να διακρίνουν οι μαθητές τις μη διαφοροποιημένες έννοιες με τις οποίες συχνά περιγράφουν ή ερμηνεύουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως προκύπτει και από διδακτορικές διατριβές στον ελληνικό χώρο, σχετικά με τις έννοιες τάση – ένταση (Κουμαράς,1989), πίεση – δύναμη (Καριώτογλου,1990), θερμοκρασία – θερμότητα (Καρανίκας,1996)» (σελ. 61 - 62; σελ. 46 – 48).

Με βάση, λοιπόν, τις τελευταίες αναφορές ο δάσκαλος έχει να «αντιμετωπίσει» τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες να συμβάλει στη γνωστική σύγκρουση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών με τις επιστημονικά ορθά ιδέες, ώστε να επέλθει η εννοιολογική αλλαγή προς την επιστημονική γνώση. Κυρίαρχο μέσο για να επιτευχθεί αυτό είναι το

πείραμα (Κώτσης,2001β:236). Με άλλα λόγια, κατά τη διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος ο μαθητής διευκολύνεται να τροποποιήσει ή να οικοδομήσει εκ νέου τις εναλλακτικές ιδέες του για έννοιες της Φυσικής προς μια επιστημονική αντίληψη των εννοιών αυτών (Κώτσης,2001α:223).

Γενικότερα, το πείραμα μετά από πολλές δεκαετίες στην εκπαιδευτική διαδικασία, εξακολουθεί να θεωρείται η πιο σημαντική διδακτική προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών (Τσελφές,2002:104). Αν και οι διδακτικοί ή εκπαιδευτικοί στόχοι της πειραματικής - εργαστηριακής διδασκαλίας άλλαζαν κατά περιόδους, η βασική υπόθεση μάθησης φαίνεται να είναι ότι με το πείραμα ο μαθητής εμπλέκεται προσωπικά και με όλες τις αισθήσεις και γενικότερα μαθαίνει καλύτερα επειδή ενεργεί (Τσελφές,2002:104; Πατσαδάκης,2007:17). Οι με κάθε τρόπο εμπλεκόμενοι στην εκπαίδευση είναι πεπεισμένοι ότι μέσα από πειραματικές δραστηριότητες οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν την επιστημονική γνώση και μεθοδολογία, να γίνουν ικανοί να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα, καθώς επίσης και ότι τους δίνονται ευκαιρίες να συνδέουν την επιστημονική θεωρία με την εμπειρία τους (Hodson,1993, όπ. αναφ. στο Τσελφές,2002:104 – 105). Ταυτόχρονα, ο Hodson (2001, όπ. αναφ. στο Hofstein & Lunetta,2004:38) ισχυρίζεται ότι τα τελευταία τριάντα (30) χρόνια τα κίνητρα για πρακτική εργασία έχουν παραμείνει αμετάβλητα, παρά το ότι σχετικές προτεραιότητες, έχουν κάπως μετατοπιστεί.

Με βάση τα παραπάνω, αλλά και όπως αναφέρουν σύγχρονοι ερευνητές στο χώρο της Διδακτικής της Φυσικής, το πείραμα είναι ένα οργανικό, αναπόσπαστο και αναντικατάστατο μέρος του μαθήματος της Φυσικής με πολύ μεγάλη αξία όταν εμπλέκονται σε αυτό οι ίδιοι οι μαθητές, καθώς επίσης αποτελεί και ένα πολύ ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο στα χέρια κατάλληλα εκπαιδευμένων δασκάλων (Arons,1992; Χαλκιά,2000; Τσελφές,2002; Καλκάνης,2003; Λεύκος κ.ά.,2009). Οι σύγχρονες, λοιπόν, τάσεις της διδακτικής μεθοδολογίας, στις οποίες κυριαρχεί η καθοδηγούμενη ανακάλυψη και η οικοδόμηση των φυσικών εννοιών και νόμων, θεωρούν το πείραμα ως το βασικότερο μέρος της διδακτικής πράξης (Καμπούρης & Παπαμιχάλης,1999).

Πιο αναλυτικά, το πείραμα αποτελεί βασική συνιστώσα της επιστημονικής έρευνας, αποτελεί ένα μοντέλο διαλεκτικής διαμεσολάβησης ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση. Οι λειτουργίες του πειράματος (Κόκκοτας κ.ά.,2002α) στην επιστήμη είναι συνοπτικά οι εξής: δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης, δοκιμάζεται συνολικά μια θεωρία, αναζητούνται νέα φαινόμενα που προβλέφθηκαν θεωρητικά, δημιουργούνται νέα υλικά ή νέα αντικείμενα. Ακόμη, πρέπει να επισημανθεί ότι το

πείραμα στοχεύει στην επιβεβαίωση ή απόρριψη μιας υπόθεσης (π.χ. το θαλασσινό νερό περιέχει αλάτι), στην ποσοτική διερεύνηση ενός φαινομένου (π.χ. ποιο από τα δυο σώματα θα βυθιστεί;) και όχι στην εκ των προτέρων γνώση που επιβεβαιώνεται με τη τυφλή εκτέλεση μιας συνταγής (Χαλκιά – Θεοδωρίδη,1993:34).

Με την πειραματική διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής μπορούμε να ξεπεράσουμε αρκετές αδυναμίες των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ο ρόλος του πειράματος είναι σημαντικός γιατί βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τις αφηρημένες έννοιες ξεκινώντας από τα συγκεκριμένα αντικείμενα, όπως είναι οι πειραματικές διατάξεις (Κόκκοτας,1998α; Σμυρναίου κ.ά.,2004; Κώτσης,2005).

Επιπρόσθετα, με την εκτέλεση πειραμάτων ο μαθητής έχει την ευκαιρία να παρατηρήσει μόνος του τα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Με την παρατήρηση, την ενεργό συμμετοχή, τις ανακαλυπτικές και ερευνητικές διαδικασίες ο μαθητής αποκτά πολύτιμη εμπειρία, η οποία είναι απαραίτητη για την κατανόηση εννοιών, αρχών και φαινομένων των Φυσικών Εννοιών. Με το πείραμα έχουμε αυξημένο βαθμό εποπτείας, αυτενέργειας και εξατομικευμένης διδασκαλίας.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το πείραμα δεν είναι μόνο μια δραστηριότητα. Πρέπει να έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που να κάνει δυνατή αυτή τη πειθάρχηση της θεωρίας και της εμπειρίας, της πρακτικο – βιωματικής εμπειρίας, στα επιστημονικά εργαλεία για να παράγει τη γνώση. Επομένως, το πείραμα δεν σχετίζεται μόνο με τη συλλογή παρατηρησιακών δεδομένων (Κουλαϊδής,2001:260).

Το πείραμα είναι ένα από τα κυριότερα διδακτικά μέσα που ενσωματώνει κι άλλες διδακτικές διαδικασίες. Μπορεί, λοιπόν, να ισχυριστεί κανείς ότι το πείραμα είναι ίσως η κυριότερη από τις επιστημονικές διαδικασίες και ενσωματώνει τις περισσότερες από αυτές, αλλά δεν θα πρέπει να θεωρείται πανάκεια⁸ στη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής (Σπυροπούλου,1997;2000).

Παράλληλα, η Sere (1994, όπ. αναφ. στο Καρανίκας,1996;2001) ισχυρίζεται ότι μεταξύ των διδασκόντων και των ερευνητών των Φυσικών Επιστημών υπάρχει ένα σημείο απόλυτης συμφωνίας: η διδασκαλία της Φυσικής πρέπει να είναι πειραματική. Όλοι συμφωνούν ότι η διδασκαλία της Φυσικής με τη βοήθεια πειραμάτων είναι κοινωνικά αποδεκτή και εκπαιδευτικά σημαντική, διότι είναι σύμφωνη με τη φύση

⁸ Υπάρχουν και ερευνητές που στέκονται κριτικά απέναντι στην επιμονή για διδασκαλία βασισμένη στην υπερεκμετάλλευση του πειράματος, όπως συμβαίνει στο αγγλικό εκπαιδευτικό σύστημα (Κουλαϊδής & Ogborn,1994; Καρανίκας,1996; Σπυροπούλου,1997; Κουμαράς, 2002; Τσελφές,2002; Hofstein & Lunetta,2004; Κώτσης,2005; Παππάς κ.ά.,2009; Τσαπαρλής, 2009).

του γνωστικού αντικειμένου, αλλά και με τις σύγχρονες ψυχοπαιδαγωγικές θεωρήσεις.

Επιπλέον, πολλοί ερευνητές (Καρανίκας,1996), πέρα από οποιαδήποτε κριτική για τη σπουδαιότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων, θεωρούν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι ένας ευχάριστος και παρωθητικός τρόπος εφαρμογής των θεωριών και μοντέλων.

Επί παραδείγματι, ο Bredderman (1984, όπ. αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:40) μελετά την έκταση της πρακτικής άσκησης στο μάθημα και διαπιστώνει τη θετική της επίδραση στον γνωστικό τομέα, στη φαντασία, στη μεθοδικότητα και στη στάση των μαθητών, ενώ οι Aho et al. (1993, όπ. αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:40) διαπιστώνουν την αποτελεσματικότερη κατανόηση των φαινομένων και τη γνωστική αφοσίωση σε Φιλανδούς μαθητές που διδάσκονται με έμφαση στην καλλιέργεια πρακτικών δεξιοτήτων και μάλιστα με τη χρήση απλών υλικών.

Παράλληλα, το πείραμα παρουσιάζεται στη σχολική πράξη με δυο μορφές, πολύ διαφορετικές: το φυσικό πείραμα και το λογικό μαθηματικό πείραμα. Ειδικότερα, το φυσικό πείραμα χαρακτηρίζεται από το να επιδρά κανείς πάνω στα αντικείμενα και να ανακαλύπτει χαρακτηριστικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, ζυγίζοντας τα αντικείμενα διαπιστώνουμε ότι τα πιο βαριά δεν είναι και τα πιο μεγάλα. Επίσης, το λογικό μαθηματικό πείραμα χαρακτηρίζεται από το να δρα κανείς πάνω στα αντικείμενα. Ωστόσο, αυτή τη φορά να αποκαλύπτει αφαιρετικά ιδιότητες, ξεκινώντας όχι από τα ίδια τα αντικείμενα, αλλά από τις δράσεις πάνω σ' αυτά.

Σε προέκταση των παραπάνω, η σύγχρονη ψυχολογία αναφέρει ότι για την παραγωγή της γνώσης είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση μεταξύ της δραστηριότητας και της σκέψης του ατόμου. Έτσι, ούτε ο απλός εμπειρισμός, αλλά ούτε και ο απλός ρασιοναλισμός είναι σε θέση να δώσουν αληθινή γνώση. Αν η γνώση παράγεται από τις πράξεις του δράντος ατόμου, τότε ο ρόλος του πειράματος είναι ουσιαστικός στη γνωστική διαδικασία (Κόκκοτας & Βλάχος,1999:23; Κόκκοτας & Βλάχος,2000:229).

Τα πορίσματα, λοιπόν, της Γνωστικής Ψυχολογίας μας «υποχρεώνουν» να δεχτούμε ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εκτελείται το πείραμα από το μαθητή. Ειδικότερα, όταν το πείραμα εκτελείται από τον μαθητή, τον ωθεί να αναπτύξει πρωτοβουλίες, να αναλάβει ευθύνες, να κάνει υποθέσεις, να επιλέξει τα μέσα που θα χρησιμοποιήσει, να παρατηρήσει, να κάνει μετρήσεις, να καταλήξει σε

συμπεράσματα που να μπορεί να τα επαληθεύσει. Με αυτόν τον τρόπο, συνηθίζει στην επιστημονική νοοτροπία και αποκτά επωφελείς συνήθειες, όπως επιμονή, υπομονή, θάρρος, εμπιστοσύνη στον εαυτό του, εντιμότητα, αντικειμενικότητα, ανοιχτό πνεύμα. Ακόμη, το πείραμα διεγείρει και διατηρεί το ενδιαφέρον του μαθητή, του προκαλεί την ευχαρίστηση που νιώθει ο δημιουργικά εργαζόμενος και του μαθαίνει να είναι αντικειμενικός (Κόκκοτας & Βλάχος,1999; Κόκκοτας & Βλάχος,2000; Κώτσης & Μπασιάκος,2009). Κατά συνέπεια, μέσα από αυτή τη διαδικασία εξελίσσονται οι μαθητές σε πολίτες που αντιμετωπίζουν ενεργά τα καθημερινά προβλήματα και δεν υιοθετούν παθητικά προκαθορισμένους από άλλους λύσεις.

Ταυτόχρονα, η εκτέλεση των πειραμάτων από τους ίδιους του μαθητές έχει και άλλα πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, απελευθερώνεται ο δάσκαλος από τη τήρηση πειθαρχίας, την υποχρέωση να μιλά ο ίδιος και βρίσκει το χρόνο για να δώσει οδηγίες, να επιβλέψει τη δουλειά κάθε μαθητή, ενώ παράλληλα υποχρεώνεται ο μαθητής να δουλέψει συνειδητά (Κόκκοτας & Βλάχος,1999; Κόκκοτας & Βλάχος,2000).

Τέλος, όπως προκύπτει και από τα παραπάνω, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι ο καλύτερος τρόπος για να αλληλεπιδράσει κανείς με τη νέα γνώση στη Φυσική, τις έννοιες και τα φυσικά φαινόμενα, είναι με το να εκτελεί ο ίδιος μόνος του ή ομαδικά τα πειράματα. Κατά συνέπεια, σε κάθε περίπτωση, ακόμη και σε πειράματα που παρουσιάζουν δυσκολίες εκτέλεσης για τους μαθητές, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο οι μαθητές να μπορούν να εμπλέκονται στην εκτέλεση κάποιου τμήματος του πειράματος ή στην επανάληψη του ή στην εκτέλεση τροποποιημένου πειράματος (Κώτσης,2005:134).

3.1.2 Οι στόχοι που επιτυγχάνονται με την εκτέλεση του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Μέσα από τη βιβλιογραφική μελέτη, αναφορικά με τους στόχους που επιτυγχάνονται μέσα από την εκτέλεση των πειραμάτων, πρέπει να επισημανθεί ότι από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα οι περισσότεροι στόχοι των πειραματικών δραστηριοτήτων διατηρήθηκαν. Αρκετοί απ' αυτούς προϋπήρχαν και το ρεύμα του εποικοδομισμού τους εμπλούτισε με νέους, όπως την εννοιολογική αλλαγή, τη γνωστική σύγκρουση, τη γεφύρωση των εναλλακτικών ιδεών με τις επιστημονικές, κλπ. Επίσης, νέους

στόχους πρόσθεσε στη συνέχεια (μετά το '90) το ακόμη νεότερο ρεύμα της επιστημονικής εγγραμματοσύνης (Πατσαδάκης,2007:22).

Σε προέκταση των παραπάνω, σύμφωνα με ερευνητές (Hofstein & Lunetta,1982; Παπαδημητρίου,κ.ά.,1992; Χαλκιά – Θεοδωρίδη,1993; Κουμαράς,2000; Κουμαράς,2002; Κουμαράς,2003; Hofstein & Lunetta,2004; Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Πατσαδάκης,2007; Κώτσης & Μπασιάκος,2009) μέσα από τα πειράματα είναι δυνατόν να επιτευχθούν διαφόρων ειδών στόχοι, όπως γνωστικοί, γνωστικής ανάπτυξης, ψυχοκινητικοί, συναισθηματικοί και κοινωνικοί στόχοι.

Πιο συγκεκριμένα, στη χώρα μας γνωστικοί στόχοι, δηλαδή στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση του περιεχομένου, επιδιώκονται κυρίως από τους εκπαιδευτικούς όταν κάνουν ή όταν σκέπτονται να κάνουν πειράματα. Έτσι, έρευνες (Χαλκιά,1995; Κουμαράς,2002; Κουμαράς,2003) δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί κάνουν ή κυρίως θα ήθελαν να κάνουν πειράματα ώστε οι μαθητές «...να μάθουν...», «...να κατανοήσουν...», «...να θυμούνται». Σπανίως, λοιπόν, σύμφωνα με αυτές τις έρευνες προβάλλονται στόχοι μάθησης της μεθοδολογίας της φυσικής. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια και με βάση τα νέα δεδομένα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκτός των παραπάνω γνωστικών στόχων, υπάρχουν και άλλοι στόχοι της πειραματικής διδασκαλίας στους οποίους δίνεται βαρύτητα από τους ερευνητές. Για παράδειγμα, μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκονται στόχοι γνωστικής ανάπτυξης, δηλαδή στόχοι που σχετίζονται μεν με τη μάθηση περιεχομένου ή μεθοδολογίας με σκοπό όμως όχι τη δημιουργία μελλοντικών επιστημόνων αλλά την ευρύτερη νοητική ανάπτυξη των μαθητών. Πιο αναλυτικά, επιδιώκεται για τους μαθητές: η ανάπτυξη ικανοτήτων αξιολόγησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων της πρακτικής εργασίας, η προαγωγή της διανοητικής ανάπτυξης, η ενίσχυση της μάθησης της επιστημονικής αντίληψης, η ανάπτυξη ικανοτήτων λύσης προβλημάτων, η ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών, η γεφύρωση εναλλακτικών και επιστημονικών ιδεών, η επίτευξη γνωστικής σύγκρουσης και εννοιολογικής αλλαγής, η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, η εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης στην καθημερινή ζωή. Όσον αφορά, τη μάθηση της επιστημονικής μεθοδολογίας, μπορεί κανείς να αναφέρει ότι μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκεται για τους μαθητές: η ανάπτυξη ικανοτήτων παρατήρησης και εγγραφής των παρατηρήσεων, να σχεδιάζουν πρακτικές διαδικασίες και τεχνικές για να λύσουν ιδιαίτερα προβλήματα, να κάνουν πειραματικούς σχεδιασμούς, να επιλέξουν τα μέσα που θα χρησιμοποιήσουν, να παρατηρήσουν

προσεκτικά, να κάνουν μετρήσεις, να ελέγξουν τις υποθέσεις, να καταλήξουν σε συμπεράσματα τα οποία και θα επαληθεύσουν, να ερμηνεύουν και να αξιολογούν τα προς διαπραγμάτευση φαινόμενα.

Παράλληλα, μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκεται να επιτευχθούν συναισθηματικοί στόχοι, δηλαδή επιδιώκεται να αναπτυχθεί στο μαθητή θετική στάση προς το μάθημα της φυσικής. Με άλλα λόγια, να ενδιαφερθεί ο μαθητής για το μάθημα και να ασχοληθεί με αυτό γιατί του αρέσει (εσωτερικά κίνητρα) και όχι για την όποια «αμοιβή». Πρέπει να αναφερθεί ότι η διαμόρφωση θετικής στάσης προς τις φυσικές επιστήμες είναι σημαντικός στόχος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης εξαιτίας της πρώτης οργανωμένης εμπειρίας του παιδιού με τις φυσικές επιστήμες. Ένας, λοιπόν, από τους παράγοντες που μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση αυτής της θετικής στάσης είναι η συσχέτιση των διδασκομένων στο σχολείο με την καθημερινή ζωή. Πιο συγκεκριμένα, στο μάθημα να παρουσιάζονται προβλήματα που ο ίδιος ο μαθητής τα αναγνωρίζει και τα δέχεται σαν προβλήματα με τα οποία έχει ενδιαφέρον και λόγους να ασχοληθεί (Κουμαράς, 2002; Κουμαράς, 2003).

Ακόμη, μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκεται να επιτευχθούν κοινωνικοί στόχοι, δηλαδή επιδιώκεται ο μαθητής κάνοντας πειράματα σε μικρές ομάδες να μαθαίνει να συνεργάζεται με τους άλλους, να συζητά τις απόψεις του και να τις υποστηρίζει, να αποδέχεται τις απόψεις των άλλων. Επίσης, επιδιώκεται να επιτευχθούν ψυχοκινητικοί στόχοι, δηλαδή η απόκτηση χειρωνακτικών δεξιοτήτων από τον μαθητή.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι οι παραπάνω στόχοι αλληλοπλέκονται, δηλαδή δεν μπορεί να απομονωθεί και να εξυπηρετηθεί ο κάθε ένας χωριστά. Αυτή η ταξινόμηση έχει μόνο το νόημα της καταγραφής δυνατοτήτων και προτεραιοτήτων (Κουμαράς, 2002; Κουμαράς, 2003).

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τη Χαλκιά (2000) «από τη σκοπιά της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τα πειράματα – μεταξύ άλλων – βοηθούν τους μαθητές:

- *Να κατακτήσουν τις απαραίτητες εμπειρίες για τη μελέτη των φαινομένων της Φυσικής:* Οι μαθητές όταν ασχολούνται με τη μελέτη και την υλοποίηση των πειραμάτων Φυσικής, αλληλεπιδρούν («συνομιλούν») με τα συγκεκριμένα φαινόμενα στα οποία αναφέρονται αυτά τα πειράματα. Έτσι, αποκτούν τις κατάλληλες εμπειρίες, με τις οποίες εμπλουτίζουν τις προσλαμβάνουσες

«παραστάσεις» που έχουν για τον κόσμο. Αυτές οι εμπειρίες θα αποτελέσουν τη βάση για μια πιο διεξοδική μελέτη αυτών των φαινομένων.

- *Να προσεγγίσουν «σε βάθος» τις έννοιες της Φυσικής:* Οι μαθητές όταν συμμετέχουν στη διαδικασία σχεδιασμού μιας πειραματικής διάταξης για τη διερεύνηση ενός φαινομένου υποχρεώνονται να μεταβάλλουν κάποιες μεταβλητές, να κρατήσουν σταθερές κάποιες άλλες και γενικά να μελετήσουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται σε αυτό το φαινόμενο. Μια τέτοια ελεγχόμενη θεώρηση ενός φαινομένου διευκολύνει τους μαθητές να τροποποιήσουν ή να οικοδομήσουν εκ νέου τις προαντιλήψεις τους για τις έννοιες της Φυσικής προς μια πιο επιστημονική - ανάλογα με την ηλικία τους - αντίληψη των εννοιών αυτών. Ταυτόχρονα, τα πειράματα Φυσικής συντελούν στην οικοδόμηση από τους μαθητές ενός ισχυρού εννοιολογικού πλαισίου των εννοιών της Φυσικής στο οποίο θα ενσωματώνονται αργότερα και νέες έννοιες Φυσικής
- *Να βελτιώσουν τις δεξιότητες της παρατήρησης και της μελέτης των φυσικών φαινομένων:* Τα πειράματα της Φυσικής όταν προγραμματίζονται με σαφείς εκπαιδευτικούς στόχους από το διδάσκοντα και υλοποιούνται από τους μαθητές συντελούν στην άσκηση δεξιοτήτων, όπως η διατύπωση ερωτημάτων που παραπέμπουν σε επιστημονικό τρόπο προσέγγισης του φυσικού κόσμου, ο σχεδιασμός κατάλληλων πειραματικών διατάξεων για τη διερεύνηση φυσικών φαινομένων, η συνειδητοποίηση της σημασίας αξιόπιστων μετρήσεων κατά τη διαδικασία του ελέγχου μιας υπόθεσης, κτλ.
- *Να διερευνούν και να επιλύουν καθημερινά προβλήματα:* Τα πειράματα Φυσικής ασκούν συστηματικά τους μαθητές στην εφαρμογή επιστημονικής μεθοδολογίας κατά τη διερεύνηση προβλημάτων που αφορούν φυσικά φαινόμενα. Οι μαθητές αυτοί αναπτύσσουν ως στάση ζωής την άσκηση της επιστημονικής μεθοδολογίας και σε άλλες καταστάσεις έξω από τη σχολική αίθουσα και πέρα από τα προβλήματα που συναντούν σε αυτήν. Κατ' αυτόν τον τρόπο συνηθίζουν να εφαρμόζουν τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες στην άσκηση της επιστημονικής μεθοδολογίας για την επίλυση προβλημάτων της καθημερινής τους ζωής
- *Να αναπτύξουν κοινωνικές δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας:* Οι μαθητές, συνήθως, κατά το σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων Φυσικής εργάζονται σε ομάδες. Με αυτόν τον τρόπο κατανοούν τη σημασία

της συνεργασίας και της επικοινωνίας μεταξύ των μελών μιας ομάδας για την εκτέλεση ενός στόχου» (σελ.12 – 13)

3.1.3 Τα επίπεδα σχεδιασμού του πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Το πείραμα ως διδακτικό μέσο στοχεύει κυρίως στην ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων και στην καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης.

Ο μαθητής μέσα από το πείραμα ελέγχει τις υποθέσεις του, τις ισχυροποιεί ή τις απορρίπτει. Σύμφωνα με την επιστημονική διαδικασία του πειραματισμού ο μαθητής πρέπει να οργανώνει μια πειραματική εργασία, να διακρίνει λύσεις και να επιλέγει την κατάλληλη πορεία για την επαλήθευση της υπόθεσης του.

Συνήθως η πορεία της διερεύνησης δίνεται με διατυπωμένη ή ημιδομημένη μορφή και αυτό που ζητείται από τους μαθητές είναι να συγκεντρώσουν στοιχεία, να περιγράψουν, να ερμηνεύσουν και να αντιστοιχίσουν τα στάδια της πειραματικής εργασίας με τα πραγματικά συμβάντα. Οι ενέργειες αυτές συντελούν στη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη, και του εργαστηρίου με τη φύση και τη καθημερινή ζωή (Σπυροπούλου,1997:79; Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000:36).

Σύμφωνα με τη Σπυροπούλου - Κατσάνη (2000) «τα επίπεδα σχεδιασμού ενός πειράματος για τους μαθητές είναι τα εξής: I) *Επίπεδο 1^ο*: Συζητούν τα αναγκαία υλικά και τις πηγές, προκειμένου να προσεγγιστεί η υπόθεση.

II) *Επίπεδο 2^ο*: Ελέγχουν τις μεταβλητές και τις μετρήσεις που πρέπει να γίνουν.

III) *Επίπεδο 3^ο*: Κάνουν τις αντιστοιχίες πειράματος και πραγματικότητας.

IV) *Επίπεδο 4^ο*: Εκτελούν το πείραμα και αναγνωρίζουν την ανάγκη ελέγχου του αποτελέσματος.

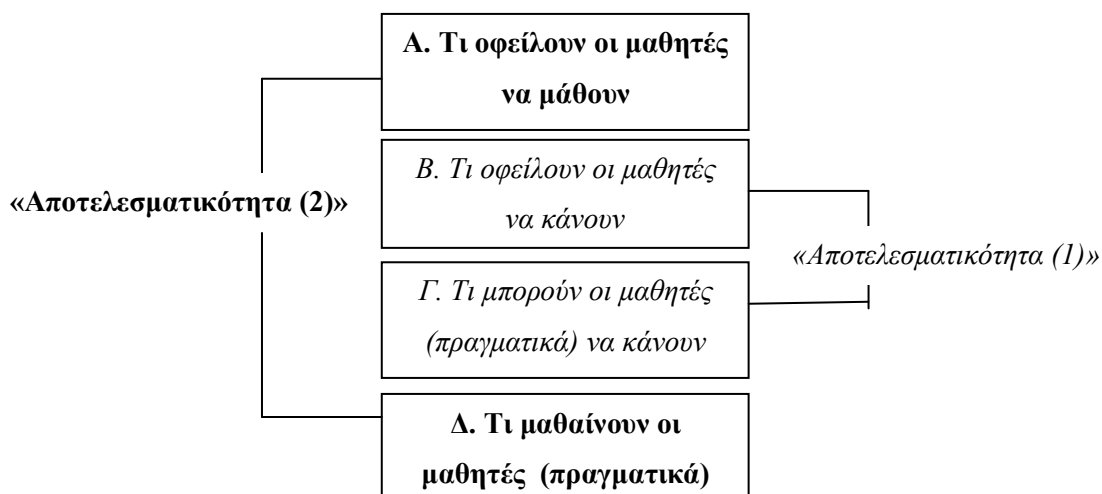
V) *Επίπεδο 5^ο*: Τροποποιούν το σχεδιασμό για την περαιτέρω πορεία, όταν προκύψουν νέα στοιχεία» (σελ.37).

3.1.4 Τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Σχετικά με τη χρήση του πειράματος στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών το κρίσιμο σημείο είναι πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Πιο συγκεκριμένα, το κρίσιμο ερώτημα για την αποτελεσματική χρήση του πειράματος στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι το «πώς μπορούμε να σχεδιάσουμε πειραματικές δραστηριότητες ώστε να είναι αποτελεσματικές». Για να απαντηθεί

αυτό το ερώτημα, είναι αναγκαίο να εστιαστεί η προσοχή μας στο πως αντιλαμβανόμαστε την αποτελεσματικότητα μιας πειραματικής δραστηριότητας. Πιο αναλυτικά, για να διευκολυνθεί η απάντηση του παραπάνω ερωτήματος, ο Σκουμιάς (2011:25) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι είναι χρήσιμο να μελετηθεί ολόκληρη η διαδικασία της συγκρότησης μιας πειραματικής δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα προτείνει την εργασία των Millar et al. (2002), η οποία μπορεί να συμβάλλει προς αυτή την κατεύθυνση.

Στην εργασία των Millar et al. (2002) (αλλά και στην εργασία του Millar,2004) αναφέρεται ένα πιθανό πρότυπο της διαδικασίας συγκρότησης μιας πειραματικής δραστηριότητας, το οποίο απεικονίζεται στο σχήμα (3.1).



Σχήμα 3.1: Η διαδικασία της ανάπτυξης και εφαρμογής μιας πειραματικής δραστηριότητας (Millar et al.,2002, όπ. αναφ. στο Σκουμιάς,2011:26; Millar,2004:13; Πατσαδάκης,2007:26)

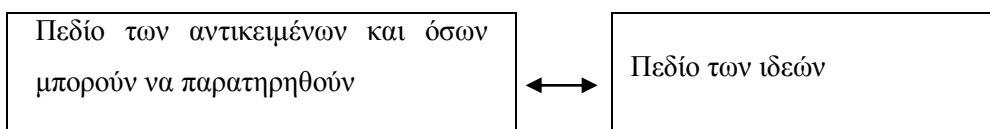
Ο Σκουμιάς (2011:26) αναφέρει ότι σύμφωνα με την εργασία των Millar et al. (2002) το πρώτο επίπεδο αποτελεσματικότητας έχει να κάνει με το εάν οι μαθητές είναι ικανοί να πραγματοποιούν αυτά που σκοπεύουμε να κάνουν όταν εκτελούν το πείραμα. Αυτό το επίπεδο προσδιορίζεται στο σχήμα (3.1) ως «αποτελεσματικότητα (1)». Στη συνέχεια, εάν αυτό επιτευχθεί, μπορεί έπειτα να υποβληθεί η ακόλουθη ερώτηση: «οι μαθητές μαθαίνουν από το πείραμα αυτά που σκοπεύουμε να μάθουν;». Στο σχήμα (3.1) αυτό το επίπεδο προσδιορίζεται ως «αποτελεσματικότητα (2)». Εάν δεν επιτευχθεί, είναι αναγκαίο να αναθεωρηθεί η πειραματική δραστηριότητα ή ακόμα και να επανεξετασθούν οι μαθησιακοί στόχοι που επιδιώκει. Η απόδοση του χαρακτηρισμού «αποτελεσματικότητα 2» σε μια πειραματική δραστηριότητα

προϋποθέτει τον απόλυτα σαφή προσδιορισμό των στόχων της. Αυτό είναι μια προφανής απαίτηση του ότι: «εάν δεν ξέρετε ακριβώς τι προσπαθείτε να κάνετε, κατόπιν δεν έχετε κανέναν τρόπο να ελέγξετε πόσο αποτελεσματικά το κάνετε».

Ταυτόχρονα, ο Σκουμιάς (2011:26) αναφέρει ότι οι μαθησιακοί στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο, κυρίως, άξονες:

i) τη μάθηση περιεχομένων φυσικών επιστημών και ii) τη μάθηση πτυχών της επιστημονικής μεθόδου.

Επιπρόσθετα, αναφέρει ότι ο θεμελιώδης σκοπός μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν τα δύο πεδία της γνώσης: το πεδίο των αντικειμένων και το πεδίο των ιδεών (σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Πειραματική δραστηριότητα: συνδέοντας τα δύο πεδία της γνώσης (Millar et al.,2002, όπ. αναφ. στο Σκουμιάς,2011:26; Millar,2004:8)

Οι πιθανοί στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας, που άπτονται του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, κωδικοποιούνται στον παρακάτω πίνακα (3.1) ως εξής:

Πίνακας 3.1: Πιθανοί στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας (Millar et al.,2002, όπ. αναφ. στο Σκουμιάς, 2011:26; Millar,2004:9)

	Να βοηθήσει τους μαθητές να:
Στόχος 1	αναγνωρίσουν τα αντικείμενα και τα φαινόμενα και να εξοικειωθούν με αυτά
Στόχος 2	μάθουν ένα γεγονός/φαινόμενο
Στόχος 3	μάθουν μια έννοια
Στόχος 4	μάθουν μια σχέση
Στόχος 5	μάθουν μια θεωρία/μοντέλο

Από τον πίνακα (3.1) καταδεικνύεται, εκτός των άλλων, ότι η αποτελεσματικότητα μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι συνάρτηση των μαθησιακών στόχων που εμπλέκει. Πιο συγκεκριμένα, σε ορισμένες πειραματικές δραστηριότητες, οι μαθησιακοί στόχοι σχετίζονται με το πεδίο των αντικειμένων. Με άλλα λόγια, ως στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας μπορεί να είναι οι μαθητές να

παρατηρήσουν ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο και ίσως να είναι ικανοί να το ανακαλέσουν στη μνήμη τους μετά από ορισμένο χρόνο. Αυτές οι πειραματικές δραστηριότητες εστιάζονται κυρίως στους στόχους 1 και 2 του Πίνακα (3.1). Τα ερευνητικά δεδομένα συγκλίνουν στη θέση ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που συνδέονται με τους στόχους 1 και 2, συνήθως, είναι αποτελεσματικές και προσιτές στους μαθητές (Millar et al.,1994, όπ. αναφ. στο Σκουμιός,2011:27).

Ωστόσο, σε άλλες πειραματικές δραστηριότητες είναι απαραίτητο ο μαθητής να κάνει συνδέσεις μεταξύ των δύο πεδίων γνώσης, δηλαδή του πεδίου των αντικειμένων και του πεδίου των ιδεών. Σε αυτή την περίπτωση, αυτές οι δραστηριότητες σχετίζονται με τους στόχους 3 έως 5 του Πίνακα (3.1). Πολλές φορές, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να πραγματώσουν τις συνδέσεις ανάμεσα στα δύο πεδία γνώσης. Ακόμα και όταν ο μαθητής εργαστεί αρκετά προσεκτικά και με επιμέλεια, οι ιδέες δεν αναδύονται «αυτόματα» από την ίδια τη δραστηριότητα. Το γεγονός αυτό είναι κάτι που συμβαίνει σπάνια στην πράξη (Millar et al.,2002, όπ. αναφ. στο Σκουμιός,2011:27).

Η αδυναμία σύνδεσης ανάμεσα στα δύο πεδία γνώσης εκ μέρους του μαθητή οφείλεται, κατά πάσα πιθανότητα, στο γεγονός ότι κατά τη σχεδίαση τέτοιων δραστηριοτήτων δεν λαμβάνεται υπόψη το πεδίο των ιδεών. Προκειμένου οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τους στόχους 3 έως 5 του Πίνακα (3.1) να είναι αποτελεσματικές, είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν ιδιαίτερα προσεκτικά, ενσωματώνοντας συγκεκριμένες στρατηγικές ώστε να προάγουν τη σκέψη των μαθητών προς την κατεύθυνση των ιδεών που εμπλέκουν. Μια στρατηγική που μπορεί να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση, περιλαμβάνει το τρίπτυχο «προβλέπω - παρατηρώ - εξηγώ» (White & Gunstone,1992, όπ. αναφ. στο Σκουμιός,2011:27). Σε αυτήν οι μαθητές καλούνται αρχικά να προβλέψουν τι αναμένουν να συμβεί σε μια δεδομένη κατάσταση και να το καταγράψουν, κατόπιν να εκτελέσουν τη πειραματική δραστηριότητα και να προβούν σε παρατηρήσεις, και τελικά να εξηγήσουν αυτά που έχουν διαπιστώσει (τα οποία μπορεί να είναι ίδια ή διαφορετικά από αυτά που προέβλεψαν).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που στοχεύουν να βοηθήσουν τους μαθητές να γνωρίσουν τα υλικά σώματα ή να περιγράψουν ένα φαινόμενο είναι, συνήθως, αποτελεσματικές.

Ωστόσο, οι πειραματικές δραστηριότητες που στοχεύουν να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν μια έννοια, μια σχέση ή μια θεωρία, απαιτούν από αυτούς να

κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στα δύο πεδία της γνώσης, δηλαδή στο πεδίο των αντικειμένων και στο πεδίο των ιδεών. Αυτές οι πειραματικές δραστηριότητες δεν είναι ,συνήθως, ιδιαίτερα αποτελεσματικές. Καταρχήν, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας τους είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να εκτιμήσουν ότι οι δραστηριότητες αυτές απαιτούν από τους μαθητές να κάνουν συγκεκριμένες συνδέσεις μεταξύ του πεδίου των αντικειμένων και του πεδίου των ιδεών και στη συνέχεια να σχεδιάσουν τις πειραματικές δραστηριότητες με τέτοιο τρόπο που να λαμβάνουν πλήρως υπόψη τους αυτές τις συνδέσεις, έτσι ώστε να παρέχουν την αναγκαία «σκαλωσιά» στους μαθητές που θα τους οδηγήσει να κάνουν τις συνδέσεις ανάμεσα στα δύο πεδία της γνώσης (πεδίο αντικειμένων, πεδίο ιδεών).

Συμπερασματικά, τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής (Millar,2004:18-19) κωδικοποιούνται στα εξής σημεία:

- οι επιδιωκόμενοι μαθησιακοί στόχοι πρέπει να είναι σαφείς
- η δραστηριότητα πρέπει να έχει έναν περιορισμένο αριθμό επιδιωκόμενων μαθησιακών στόχων
- εάν μια συγκεκριμένη ικανότητα - δεξιότητα είναι απαραίτητη για μια πειραματική δραστηριότητα, οι μαθητές πρέπει να την έχουν αναπτύξει σε ικανοποιητικό βαθμό εκ των προτέρων
- εάν η πειραματική δραστηριότητα απαιτεί από τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις μεταξύ του πεδίου των αντικειμένων και του πεδίου των ιδεών, η δομή της δραστηριότητας είναι απαραίτητο να καθοδηγεί και να υποστηρίζει τη σκέψη των μαθητών προς αυτή την κατεύθυνση

3.2 Ο ρόλος του πειράματος στον εποικοδομισμό

3.2.1 Ο ρόλος του πειράματος στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας

Οι υποστηρικτές της Εποικοδόμησης ασκούν κριτική στη διαδικασιοκεντρική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, συντασσόμενοι με τις επιστημονικές απόψεις που εκφράζονται στο ρεύμα του Υποθετικο – παραγωγικού συλλογισμού και του Συμφραστικού ρεύματος. Στα ρεύματα αυτά το πείραμα δεν δίνει την αλήθεια στα θεωρητικά ευρήματα, αλλά αντίθετα με αυτό επιδιώκεται η διάψευση των προβλέψεων προκειμένου να βελτιωθεί η διαθέσιμη γνώση. Τα πειράματα δεν είναι ουδέτερα αλλά είναι φορτισμένα από τη θεωρία και τις βασικές

αρχές του Παραδείγματος που επικρατεί. Κατά συνέπεια, ο αυστηρός διαχωρισμός των μαθησιακών περιβαλλόντων σε περιβάλλον «σχολική τάξη» όπου κυριαρχεί η διδασκαλία των θεωριών και σε περιβάλλον «εργαστήριο» όπου κυριαρχεί ο πειραματισμός, θα πρέπει να μην υφίσταται και να θεωρούνται με ενιαίο τρόπο στο σχεδιασμό των Αναλυτικών Προγραμμάτων και στο σχεδιασμό της διδακτικής στρατηγικής. Η κατασκευή της γνώσης, με αφετηρία την εμπειρία και τον στοχασμό πάνω σε αυτήν, αποτελεί βασική θέση της Εποικοδόμησης. Οι έννοιες και τα εννοιολογικά δίκτυα δομούνται από την αλληλεπίδραση μεταξύ της εμπειρίας και του στοχασμού (Βλάχος,2004:222).

Σε προέκταση των παραπάνω, διαπιστώνεται ότι στη βιβλιογραφία της τελευταίας εικοσιπενταετίας (μετά το 1980) εμφανίζεται πληθώρα ερευνών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, στις οποίες το πείραμα (και γενικότερα το διδακτικό εργαστήριο) αναδεικνύεται ως «κυρίαρχο» περιβάλλον της διδασκαλίας – μάθησης των Φυσικών Επιστημών, κυρίως γιατί μπορούν να αναπτυχθούν σχέσεις μεταξύ του θεωρητικού κόσμου (επιστημονικές έννοιες και ιδέες) και του πραγματικού κόσμου (φυσικά φαινόμενα, αντικείμενα) (Τσελφές,2002). Οι έρευνες αυτές καθοδηγούνται από το κυρίαρχο παράδειγμα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών που τοποθετείται μέσα στον «ευρύτερο» χώρο του «Εποικοδομισμού» (Πατσαδάκης,2007:18).

Με βάση, λοιπόν, τον εποικοδομισμό το πείραμα χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών με την πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης ή για την εισαγωγή μιας έννοιας στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες (Κόκκοτας κ.ά,2002β).

Χαρακτηριστικά οι ερευνητές (Driver et al.,1993) αναφέρουν ότι ο εποικοδομισμός δέχεται ότι ο πειραματισμός είναι χρήσιμος, μόνο αν προκαλεί γνωστική σύγκρουση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, που σαν αποτέλεσμα έχει τη μεταβολή του περιεχομένου των εννοιών και την ένταξή του στο επιστημονικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα, σε μια διδασκαλία εποικοδομητικού τύπου τα πειράματα σχεδιάζονται με στόχο να προβληματίσουν τους μαθητές για τις εναλλακτικές ιδέες τους και να προκαλέσουν γνωστική σύγκρουση ώστε να επιτευχθεί εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή αντικατάσταση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών με επιστημονικά έγκυρες ιδέες (Driver et al.,1998; Καρανίκας,1999; Κόκκοτας,2002; Κολιάδης,2005; Κώτσης,2005).

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι το πείραμα στο εποικοδομητικό μοντέλο δεν είναι ξέχωρο κομμάτι της διδασκαλίας, αλλά είναι οργανικά συνδεδεμένο με όλες τις φάσεις του εποικοδομητικού μοντέλου.

Ειδικότερα, στην εποικοδομητική διδασκαλία της Φυσικής το επίπεδο των φαινομένων και των εννοιών αλληλοπλέκονται. Το πείραμα χρησιμοποιείται για να δώσει την απαραίτητη εμπειρία, όπου ο δάσκαλος ξεκινώντας από τα δεδομένα της άμεσης εμπειρίας (ως βοηθός και καθοδηγητής) και μέσα από κατάλληλες ερωτήσεις και συζήτηση βοηθά τους μαθητές (Κουμαράς κ.ά.,1992; Κουμαράς,2003; Κώτσης, 2005):

- να εκφράσουν την τυχόν υπάρχουσα δική τους ερμηνεία (ιδέα)
- να ελέγξουν την ορθότητα της ερμηνείας τους
- να συνθέσουν τα εμπειρικά δεδομένα, να πεισθούν για την ανάγκη εισαγωγής εννοιών και να διερευνήσουν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών
- να εφαρμόσουν το επιστημονικό πρότυπο τόσο για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα πειράματος που δεν ερμηνεύονταν με την άποψή τους όσο και να ξανα-ερμηνεύσουν πειράματα που ερμήνευαν με την άποψή τους
- να συγκρίνουν την αρχική τους ερμηνεία (ιδέα) με την επιστημονική και να αντιληφθούν τους λόγους για τους οποίους η αρχική δική τους ερμηνεία έχει περιορισμένη ισχύ

Με άλλα λόγια, με βάση τα παραπάνω, με το πείραμα κατά τη διδασκαλία της Φυσικής πετυχαίνουμε:

- i) Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών
- ii) Δοκιμασία των ιδεών των μαθητών και καταγραφή των αποτελεσμάτων
- iii) Εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου
- iv) Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου
- v) Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου - Μεταγνωστική φάση (Κώτσης, 2005:135-136).

3.2.2 Ο ρόλος του πειράματος στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Στην εποικοδομητική υπόθεση για τη διδασκαλία και τη μάθηση απενοχοποιείται το λάθος, το οποίο έχει κυρίαρχη θέση στην αξιολόγηση του μαθητή στις δασκαλοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας, και το κέντρο βάρους μιας πειραματικής άσκησης μετατοπίζεται αφενός στον εντοπισμό των εναλλακτικών ιδεών των

μαθητών και αφετέρου στη γνωστική σύγκρουση με σκοπό την τροποποίηση τους.

Ένα σημαντικό εργαλείο εντοπισμού των εναλλακτικών ιδεών είναι το πείραμα, το οποίο μπορεί να παίξει έναν σημαντικό ρόλο προς την κατεύθυνση αυτή. Για την εποικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης απαιτούνται δύο παράμετροι: το εννοιολογικό και το μεθοδολογικό πλαίσιο.

Ταυτόχρονα, ο εργαστηριακός χώρος, κάτω από κατάλληλες προϋποθέσεις, βοηθά αρχικά στην ανίχνευση των ιδεών των παιδιών με τα νοητικά - υποθετικά πειράματα και τα αναλογικά πειράματα, ενώ τα δεύτερα παίζουν σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης και τροποποίησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000:99 – 100; Κώτσης,2001α:223; Κώτσης, 2001β:236).

Πιο αναλυτικά, σχετικά με τη γνωστική σύγκρουση πρέπει να αναφερθεί ότι είναι μια συνήθης και αποδεκτή σε μεγάλο βαθμό εποικοδομητική στρατηγική και χρησιμοποιείται ως διδακτική στρατηγική με σκοπό την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Καριώτογλου, 2006:35). Είναι μια ειδική διδακτική στρατηγική η οποία αποσκοπεί στη διάψευση προβλέψεων και εκτιμήσεων που κάνουν οι μαθητές όταν αντιμετωπίζουν προβληματικές καταστάσεις κατά τη διδασκαλία της Φυσικής (Ραβάνης,2001:253). Με άλλα λόγια, 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). Οι θετικές επιπτώσεις της χρήσης της γνωστικής σύγκρουσης στη διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής έχουν καταδειχθεί από σημαντικό αριθμό ερευνών (Posner et al.,1982; Hewson & Hewson,1984; Thorley & Treagust,1987; Niaz,1995; Druyan, 1997; Kwon,1997; Lee,1998; Σκουμιός,2011).

Ταυτόχρονα, σε μια προσπάθεια αποκωδικοποίησης του μηχανισμού γνωστικής σύγκρουσης και συγκεκριμενοποίησης του ρόλου της στη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, οι Lee και Kwon (2001) ανέπτυξαν το Μοντέλο της Διαδικασίας Γνωστικής Σύγκρουσης (Χατζηαχιλλέως & Βαλανίδης,2006:262 - 263). Σύμφωνα με το μοντέλο που προέκυψε μέσα από την εργασία των Lee και Kwon (2001), η διαδικασία της γνωστικής σύγκρουσης αποτελείται από τρία στάδια: i) Το

προκαταρκτικό στάδιο, κατά το οποίο το άτομο αναγνωρίζει μια κατάσταση ασύμβατη με τα υπάρχοντα γνωστικά του σχήματα

ii) Το στάδιο της σύγκρουσης, κατά το οποίο το άτομο βιώνει τη γνωστική σύγκρουση

iii) Το στάδιο της επίλυσης της γνωστικής σύγκρουσης, κατά το οποίο το άτομο καταλήγει στην αναδόμηση των αρχικών νοητικών του σχημάτων.

Παράλληλα, άλλοι ερευνητές που εφαρμόζουν τη συγκεκριμένη διδακτική πρακτική αναφέρουν ότι η γνωστική σύγκρουση αναπτύσσεται με τρεις κυρίως μεθοδολογικές προσεγγίσεις (Scott et al.,1991; Ραβάνης,1995; Ραβάνης,1997; Ραβάνης,2001:261; Ραβάνης,2002:161; Δέδες,2005:55):

A) Συγκρούσεις, στις οποίες έρχονται σε αντιπαράθεση προβλέψεις ή εκτιμήσεις του υποκειμένου πάνω σε μια δεδομένη πειραματική κατάσταση, με τις αισθητηριακές διαπιστώσεις που προκύπτουν από την εκτέλεση του πειράματος και οι οποίες διαψεύδουν τις υποθέσεις που έχουν προηγηθεί. Οι Hewson και Hewson (1984) προσδιόρισαν τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες οι διδασκόμενοι οδηγούνται στην αναγνώριση των γνωστικών συγκρούσεων και σχηματοποίησαν τα ενδεχόμενα αποτελέσματά τους. Για να είναι σε θέση να προσδιορίσουν ότι οι δύο συλλογισμοί βρίσκονται σε αντίθεση, είναι αναγκαίο: i) να κατανοούν τους συλλογισμούς αυτούς και ii) να έχουν συγκροτήσει στη σκέψη τους τις αναγκαίες παραμέτρους, οι οποίες να επιτρέπουν τη σύγκριση των δύο συγκρουόμενων συλλογισμών.

B) Διεργασιακές συγκρούσεις, όπου η οικοδόμηση των γνωστικών δομών εξετάζεται ως πορεία εσωτερικευμένων ανισορροπιών των νοητικών σχημάτων των υποκειμένων προς περισσότερο σταθερές μορφές ισορροπίας.

Γ) Κοινωνιογνωστικές συγκρούσεις, όπου η πηγή της ανισορροπίας που προκαλεί είναι ταυτόχρονα γνωστική, αφού συμβάλλει σε τροποποίηση των αντιλήψεων και κοινωνική, αφού πηγάζει από τις αντιτιθέμενες εξηγήσεις στο πλαίσιο μιας κατάστασης επικοινωνίας (Ames & Murray,1982; Doise & Mugny,1984; Doise et al., 1998; Skoumios & Hatzinikita,2005; Σκουμιάς,2011). Πιο συγκεκριμένα, η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση εμπεριέχει δύο είδη συγκρούσεων: στη μια περίπτωση έχουμε μια σύγκρουση ανάμεσα στα άτομα που προέρχεται από την αντίθεση των απαντήσεων στο πρόβλημα που έχει τεθεί και στην άλλη περίπτωση μια σύγκρουση ενδοατομική, γνωστικής φύσης, που συντελείται ακριβώς μόλις το άτομο συνειδητοποιήσει την αντιφατική απάντηση, προτρέποντάς το να αμφισβητήσει τη δική του. Η άμεση έκφραση και αντιπαράθεση των επιχειρημάτων στην κοινωνική

αλληλεπίδραση κάνουν τη γνωστική ενδοατομική σύγκρουση συγχρόνως πιο χειροπιαστή και πιο δυναμική. Σε ό,τι αφορά τους λόγους για τους οποίους η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε μια γνωστική ανάπτυξη, οι ερευνητές αναφέρουν τουλάχιστον τρεις (Doise & Mugny, 1984). Ειδικότερα, ο πρώτος λόγος σχετίζεται με τη συνειδητοποίηση από μέρους του ατόμου των απαντήσεων των άλλων ως διαφορετικών από τις δικές του. Τότε η σύγκρουση γίνεται πηγή ανισορροπίας που είναι ταυτόχρονα και κοινωνική και γνωστική. Ο δεύτερος λόγος είναι το ότι οι άλλοι δίνουν στο άτομο πληροφορίες - ιδέες που μπορεί να είναι κατάλληλες για τη μετάβαση σε έναν νέο τρόπο σκέψης. Τέλος, ένας τρίτος λόγος αναφέρεται στο ότι η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση αυξάνει την πιθανότητα να γίνει το άτομο γνωστικά δραστήριο, δηλαδή να εμπλακεί πιο ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία (Σκουμιός, 2011:29).

Επίσης, σύμφωνα με τους Αποστολάκη κ.ά. (2006β:32) ορισμένοι σημαντικοί τρόποι πρόκλησης της γνωστικής σύγκρουσης στην τάξη είναι οι παρακάτω:

- η πρόκληση έκπληξης, δηλαδή η ασυμφωνία μεταξύ του αναμενόμενου και της εμπειρίας. Για παράδειγμα, βάζοντας ένα φύλλο χαρτί επάνω από ένα ποτήρι γεμάτο νερό και γυρίζοντάς το ανάποδα παρατηρούμε ότι το νερό δε χύνεται, ενώ ο μαθητής ανέμενε ότι θα χυθεί
- η πρόκληση αμφιβολίας, δηλαδή η ασυμφωνία μεταξύ της παρατήρησης και των υπάρχουσών εμπειριών. Για παράδειγμα, ψύχοντας ένα κλειστό δοχείο με ζεστό νερό προκαλούμε βρασμό, σε αντίθεση με την «εμπειρική γνώση» που σχετίζεται με το ότι ο βρασμός προκαλείται με τη θέρμανση
- η πρόκληση αβεβαιότητας, όταν πολλές λύσεις φαίνονται δυνατές. Για παράδειγμα, η σωματιδιακή και κυματική φύση του φωτός
- η πρόκληση αντίφασης, όταν οι διαφορετικές απαιτήσεις σ' ένα πρόβλημα παρουσιάζουν αντιθέσεις. Για παράδειγμα, ένα αεροπλάνο πρέπει να είναι ελαφρύ αλλά ταυτόχρονα σταθερό. Πώς πρέπει να κατασκευαστεί;

Επιπρόσθετα, πρέπει να σημειωθεί ότι η γνωστική σύγκρουση είναι μια έντονη μαθησιακή εμπειρία, κατά την οποία ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος όχι με τις απόψεις των άλλων, αλλά με τη διάψευση των δικών του απόψεων ή των προβλέψεων που ο ίδιος κάνει στηριζόμενος σε αυτές. Σχετίζεται στενά με το σχήμα Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση που χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της αρχικής γνώσης των μαθητών, το οποίο θεωρείται ως βασικό εργαλείο για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση αυτής της

«σύγκρουσης» τόσο πιο μεγάλη διαταραχή θα επιφέρει στις αρχικές αντιλήψεις του μαθητή (Κόκκοτας κ.ά.,1995:522; Dreyfus et al.,1990; Βλάχος,2004:233 – 234). Τέλος, είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι η πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης μπορεί να είναι ωφέλιμη μόνο εφόσον χρησιμοποιείται με μέτρο και στο ευρύτερο πλαίσιο που θέτουν προσεκτικά σχεδιασμένα αναλυτικά προγράμματα και διδακτικές παρεμβάσεις (Βοσνιάδου κ.ά.,2008:168).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο σχεδιασμός μιας γνωστικής σύγκρουσης απαιτεί να γνωρίζουμε σε μεγάλο βαθμό τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για ένα συγκεκριμένο θέμα και τα συμπεράσματα που εξάγουν οι ίδιοι απ' αυτές. Ακόμη, η δραστηριότητα που θα τους οδηγήσει να καταλήξουν σε συμπεράσματα που να είναι σε καταφανή αντίθεση με τις εναλλακτικές του ιδέες, πρέπει να είναι για τους μαθητές ευλογοφανής και αξιόπιστη. Η σύγκρουση που θα προκύψει πρέπει να είναι κατανοητή και διαπραγματεύσιμη από τα ίδια τα παιδιά (Κόκκοτας κ.ά.,1995:522; Βλάχος,2004:234).

Σε αυτό το σημείο, ένα παράδειγμα γνωστικής σύγκρουσης που εντάσσεται σε μια στρατηγική για εννοιολογική αλλαγή στις έννοιες θερμότητα – θερμοκρασία είναι το εξής: Ερευνητές έδειξαν σε τεταρτοετείς φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος (παρόμοια εφαρμόζεται και σε μαθητές) την εικόνα ενός δοχείου με νερό το οποίο θερμαίνεται πάνω σε ένα ηλεκτρικό «μάτι». Η θερμοκρασία του νερού μετριέται με θερμόμετρο που μετρά θερμοκρασίες από – 10°C έως – 150°C. Τους πληροφόρησαν ότι η αρχική θερμοκρασία του νερού ήταν 25°C, έγινε 35°C σε μισό λεπτό και 45°C στο ένα λεπτό και τους ζήτησαν να συμπληρώσουν έναν πίνακα τιμών της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για 10 λεπτά θέρμανσης. Περισσότεροι από το 50% των φοιτητών συμπληρώνουν τον πίνακα ανεβάζοντας τη θερμοκρασία κατά 10°C για κάθε μισό λεπτό φτάνοντας στους 300°C, αγνοώντας το σημείο βρασμού του νερού. Άλλοι σταματούν την άνοδο της θερμοκρασίας στους 150°C, σχολιάζοντας ότι μετά το θερμόμετρο σπάει. Πολλοί ,βέβαια, είναι και εκείνοι που συμπληρώνουν ορθά την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι τους 100°C, ενώ μερικοί άλλοι θεωρούν ότι θα σταματήσει στους 95°C ή στους 105°C. Τους ζήτησαν να σχολιάσουν τις απαντήσεις τους στην ομάδα τους για 5 – 10 λεπτά. Στη συνέχεια, τους ζήτησαν να συναρμολογήσουν τη διάταξη της εικόνας, να ανάψουν το γκαζάκι και να συμπληρώσουν έναν παρόμοιο πίνακα με τις πραγματικές τιμές που δείχνει το θερμόμετρο. Για το 75% και πλέον των φοιτητών τα πειραματικά δεδομένα έρχονται σε σύγκρουση με τις προβλέψεις τους (Κόκκοτας κ.ά.,1995:523).

Άλλο ένα παράδειγμα γνωστικής σύγκρουσης με στόχο πάλι τη διαφοροποίηση στις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία υλοποιείται στη διάρκεια αλλαγής φάσης κατά τη διάρκεια του βρασμού του νερού. Σε αυτή τη φάση η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, ενώ το νερό απορροφά θερμότητα. Το βασικό σκεπτικό είναι: αφού η θερμότητα μεγαλώνει ή μικραίνει, ενώ η θερμοκρασία μένει σταθερή δεν μπορεί να είναι το ίδιο μέγεθος, αλλά έχουν σημαντικές διαφορές (Καριώτογλου, 2006:84).

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι τα πειράματα (όπως τα παραπάνω), που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να προκαλέσουν τη δυσaréσκεια του μαθητή με την αρχική του ιδέα και κατ' επέκταση τη γνωστική σύγκρουση, ονομάζονται κρίσιμα πειράματα. Σημαντικός παράγοντας για τη δημιουργία των κρίσιμων πειραμάτων, όπως προαναφέρθηκε, είναι η αρχική γνώση των μαθητών (Κουμαράς, 2003:40).

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι διδακτικές στρατηγικές, που διευκολύνουν την επιθυμητή διαδικασία της γνωστικής σύγκρουσης και στη συνέχεια της εννοιολογικής αλλαγής, εκτός από το πείραμα με πραγματικά αντικείμενα, τις αναλογίες, τις μεταφορές κ.ά., μπορεί να είναι και οι εργαστηριακές δραστηριότητες με τη χρήση υπολογιστών (Posner et al., 1982; Vosniadou & Brewer 1987). Πιο συγκεκριμένα, η γνωστική σύγκρουση είναι εφικτή και με την χρήση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη διδασκαλία της Φυσικής. Αυτό είναι δυνατόν να υλοποιηθεί όταν οι ΤΠΕ αξιοποιούνται ως γνωστικά εργαλεία διότι σύμφωνα με ερευνητές τα γνωστικά εργαλεία συνεισφέρουν στην οικοδόμηση της γνώσης και υποστηρίζουν, εκτός των άλλων, τη γνωστική σύγκρουση μέσω προσομοιώσεων, εικονικών πειραμάτων, σύγκρισης αιτίων – αποτελεσμάτων (Μικρόπουλος, 2006; Τζιμογιάννης, 2007; Μικρόπουλος, 2009; Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010).

Σε προέκταση των παραπάνω, διαπιστώνεται ότι, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, ο ουσιαστικός και σημαντικός ρόλος του πειράματος στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και στην προώθηση εννοιολογικής αλλαγής, ενισχύεται από πολλές έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, οι ερευνητές έχουν εντοπίσει ως βασικό πλεονέκτημα, τόσο του πραγματικού πειραματισμού όσο και του εικονικού πειραματισμού, το γεγονός ότι επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν πειραματικά με υλικά και μοντέλα (Windschitl, 2001; Hofstein & Lunetta, 2004). Με άλλα λόγια, παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να

διερευνήσουν το γεγονός που τους παρουσιάζεται αλλάζοντας πραγματικά ή εικονικά τις τιμές των παραμέτρων, ενεργοποιώντας διαδικασίες και παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ενεργειών τους. Οι μαθητές μπορούν με αυτό τον τρόπο να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών, όπως αυτά παρουσιάζονται μέσα από τα εικονικά ή πραγματικά πειράματα, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τις δικές τους αντιλήψεις, να διατυπώσουν και να διερευνήσουν υποθέσεις και να επιλύσουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες τους και σε αυτές που παρουσιάζονται στα πειράματα (Tao & Gunstone,1999; Hofstein & Lunetta,2004). Με βάση τα παραπάνω, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο συνδυασμός αυτών των δυνατοτήτων κάνει τόσο τον πραγματικό πειραματισμό όσο και τον εικονικό πειραματισμό ιδανικές μεθόδους για την πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής (Zacharia,2007; Ολυμπίου κ.ά, 2007).

3.3 Η επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

3.3.1 Η διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία

Στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση η διδασκαλία της Φυσικής δίνει έμφαση στις βασικές έννοιες και στους τρόπους με τους οποίους ελέγχονται εμπειρικά. Αυτό συμβαίνει διότι στους μαθητές της ηλικίας των 11 – 12 ετών απουσιάζει η ικανότητα της αφαιρετικής σκέψης που είναι αναγκαία για την περαιτέρω και σε βάθος κατανόηση της Φυσικής (Κώστης,2005:42).

Ταυτόχρονα, στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και ειδικότερα στις δυο τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου ο μαθητής έρχεται για πρώτη φορά σε επαφή με το «οργανωμένο» μάθημα των φυσικών επιστημών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αντιμετωπίζει για πρώτη φορά τα φυσικά φαινόμενα.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση δοκιμάζονται για πρώτη φορά οι πρώιμες αντιλήψεις ή εναλλακτικές ιδέες του μαθητή σε αντιδιαστολή με τις «φυσικές αλήθειες» του δασκάλου και του διδακτικού βιβλίου, καθώς και με τις εναλλακτικές ιδέες των συμμαθητών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το γνωστικό δυναμικό των μαθητών που βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λογικών πράξεων καθορίζει τη βαρύτητα της διδασκαλίας στο παρατηρησιακό επίπεδο. Ο μαθητής δεν αντιμετωπίζει πια τα καθημερινά φυσικά

φαινόμενα τυχαία, αλλά καλείται με μεθοδικό τρόπο να παρατηρήσει και να καταγράψει την εξέλιξή τους. Μαθαίνει να οργανώνει τις παρατηρήσεις του και να εκτελεί απλά πειράματα, που πολλές φορές δε διαφέρουν από τις καθημερινές δραστηριότητες ως προς το περιεχόμενο αλλά κυρίως ως προς τη μεθοδολογία. Για παράδειγμα, όταν καλείται να πειραματιστεί βράζοντας νερό, δεν κάνει τίποτα διαφορετικό ως προς το περιεχόμενο της εργασίας απ' όταν βράζει νερό για την εξυπηρέτηση των δικών του αναγκών. Αυτό που διαφέρει είναι ο στόχος της πράξης. Βράζει νερό παρατηρώντας κριτικά, για να μετρήσει τη θερμοκρασία βρασμού, να παρατηρήσει τις φυσαλίδες που δημιουργούνται, κ.ά. (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:19 – 20).

Στο σημείο αυτό πρέπει να υπογραμμισθεί ότι το πείραμα έχει ιδιαίτερη αξία για τους μαθητές του δημοτικού σχολείου τόσο γιατί δεν έχει αναπτυχθεί η αφαιρετική τους σκέψη αφού για να συλλαμβάνουν αφηρημένες έννοιες έχουν ανάγκη να βλέπουν, να παρατηρούν συγκεκριμένα πράγματα και να αποκτούν εμπειρίες από σχετικά φαινόμενα (Κώτσης,2001α:222) όσο και γιατί μέσα από τη διαδικασία του πειράματος οι μαθητές θα πάρουν απαντήσεις για ερωτήματα που έχουν για φυσικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:20).

Ταυτόχρονα, στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση η επιλογή του «παρατηρησιακού επιπέδου διδασκαλίας» εντοπίζει τη βαρύτητα της διδασκαλίας στην καλλιέργεια της μεθοδικότητας και στη συστηματική παρατήρηση των φαινομένων. Για παράδειγμα, στα σχολικά εγχειρίδια «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε' και ΣΤ' τάξης ο μαθητής καλείται με αυτόνομη πειραματική παρατήρηση να συνειδητοποιήσει ότι τα στερεά όταν θερμαίνονται διαστέλλονται, ότι ο πάγος επιπλέει στο νερό, ότι ο λαμπτήρας ακτινοβολεί, ότι όταν το κύκλωμα είναι κλειστό διαρρέεται από ρεύμα, κλπ.

Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι η έμφαση στην παρατήρηση δεν πρέπει να αποκλείει μία πρώτη ερμηνευτική προσέγγιση, σε αναφορά πάντα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών. Η ερμηνεία δεν επιδιώκεται σ' αυτό το στάδιο. Όμως, εάν η ενασχόληση του μαθητή με το φαινόμενο προκαλέσει την απορία του, ο δάσκαλος πρέπει να είναι έτοιμος να ικανοποιήσει τη γνωστική ανησυχία (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:20).

Πιο αναλυτικά, με την κάλυψη των θεματικών πεδίων της φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση σε παρατηρησιακό επίπεδο ο μαθητής πρέπει:

- να έχει συστηματοποιήσει την εργασία σύμφωνα με τα μεθοδολογικά πρότυπα των φυσικών επιστημών, να κάνει παρατηρήσεις, να διατυπώνει υποθέσεις, να τις ελέγχει
- με απλά πειράματα να καταγράφει τις παρατηρήσεις του και να εξάγει ποιοτικά συμπεράσματα
- να έχει παρατηρήσει συστηματικά τα φυσικά φαινόμενα, ώστε να μπορεί να τα ανακαλέσει αργότερα
- να έχει συνδέσει τα αντίστοιχα καθημερινά φαινόμενα με τις παρατηρήσεις του σχολικού εργαστηρίου, ώστε να ανακαλεί το γνωστικό υλικό σε τυχαίες επαναλήψεις. Για παράδειγμα, όταν παρατηρεί τα σύρματα της ΔΕΗ το καλοκαίρι, συνδέει την παρατήρηση αυτή με το πείραμα διαστολής στερεών στο εργαστήριο (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:20)

Παράλληλα, σύμφωνα με τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε' και ΣΤ' τάξης (Αποστολάκης κ.ά.,2006α), «χρέος» του μαθήματος των φυσικών επιστημών, εκτός των άλλων, είναι να οδηγήσει τους μαθητές στην κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας και μ' αυτόν τον τρόπο στην απομυθοποίηση του επιστήμονα. Η συνιστώσα αυτή του μαθήματος προδιαγράφεται γενικά και στα αναλυτικά προγράμματα, χωρίς ωστόσο να εξειδικεύεται το πώς είναι δυνατόν να επιτευχθεί.

Ο Bondi (1977,όπ.αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:24) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι: «αποστολή του επιστήμονα είναι με αφετηρία την ήδη υπάρχουσα γνώση να διατυπώσει υποθέσεις και θεωρίες και να εκτελέσει πειράματα που επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις νέες αυτές θεωρίες». Με βάση αυτή την αναφορά, η προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι δυνατή ακόμη και στο δημοτικό σχολείο. Σημασία δεν έχει τόσο το επίπεδο των πειραμάτων και η δυσκολία των φαινομένων, όσο η μεθοδολογική προσέγγιση με υπόθεση, πείραμα και συμπέρασμα, που επιβεβαιώνει ή απορρίπτει την υπόθεση. Σε προέκταση αυτής της διαπίστωσης, ο Hodson (1992,όπ. αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:25) ισχυρίζεται ότι: «η στροφή των αναλυτικών προγραμμάτων από τη διδασκαλία της επιστήμης ως ενός συνόλου κατεστημένης γνώσης στην κατεύθυνση της αντίληψης ότι η επιστήμη είναι η μέθοδος που παράγει και αξιολογεί γνώση είναι ίσως η σημαντικότερη αλλαγή το τελευταίο τέταρτο του αιώνα μας».

Επιπρόσθετα, η προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας πρέπει να έχει βιωματική διάσταση. Ο Sandford (1988, όπ. αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:25)

αναφέρει χαρακτηριστικά ότι: «η ιδέα πολλών προγραμμάτων είναι ότι ο μαθητής ο ίδιος πρέπει να έχει το ρόλο του επιστήμονα παρά να μαθαίνει για την επιστήμη».

Ακόμη, πρέπει να σημειωθεί ότι η συνέπεια και η μεθοδικότητα είναι αναγκαίο να καθορίζουν την εργασία του μαθητή και στο πιο απλό πείραμα. Ο Ward (1983,όπ. αναφ. στο Αποστολάκης κ.ά.,2006α:25) επισημαίνει ότι: «αν πιστεύουμε ότι το μάθημα στο δημοτικό σχολείο πρέπει να ανταποκρίνεται στην καθημερινή εμπειρία, το μάθημα των φυσικών επιστημών είναι ένα δυναμικό εργαλείο. Όχι τόσο γιατί μεταδίδει γνώσεις για το φυσικό κόσμο, όσο για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης που το χαρακτηρίζει. Είναι αυτονόητο ότι τα παιδιά ενδιαφέρονται για το σώμα τους, τον αέρα, τα υλικά γύρω τους, τα σώματα που κινούνται... Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν από το μάθημα. Αν αντιμετωπιστούν επιστημονικά, η κατάκτηση της επιστημονικής μεθοδολογίας από τα παιδιά είναι αυτονόητη».

Τέλος, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση των σχολικών εγχειριδίων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού η προσπάθεια μετάδοσης της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι εμφανής και συστηματική. Με άλλα λόγια, βασικός στόχος, εκτός των άλλων, της διδασκαλίας της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο είναι η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία, γεγονός το οποίο επιτρέπει στους μαθητές την αυτόνομη διεύρυνση του γνωστικού τους υπόβαθρου (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:25).

3.3.2 Η επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Με δεδομένο το γεγονός ότι η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, έχει (ή πρέπει να έχει) τόσο εκπαιδευτικό – γνωσιακό⁹ όσο και παιδευτικό – παιδαγωγικό χαρακτήρα¹⁰ και ρόλο, η εκπαιδευτική διαδικασία είναι απαραίτητο να αποβλέπει τόσο στην ανάπτυξη του γνωσιακού υποβάθρου στο αντικείμενο αυτό, όσο και στην ανάπτυξη του ορθολογικού τρόπου σκέψης και της κριτικής ικανότητας, αλλά και των

⁹ Ο εκπαιδευτικός – γνωσιακός χαρακτήρας σχετίζεται με την πληροφόρησή του μαθητή για τις επιστημονικές και τεχνολογικές κατακτήσεις του καιρού του και τη δυνατότητα διάκρισης των θεωριών από τις υποθέσεις, με την ανάπτυξη διερευνητικού πνεύματος και φιλομάθειας και την καλλιέργεια της δυνατότητας μετασχηματισμού της πληροφορίας σε γνώση, με τη διεύρυνση της γνωστικής του ικανότητας και του γνωσιακού αντικειμένου, με την απόκτηση μιας ευρύτερης –του γνωσιακού αντικειμένου – και πολύπλευρης μόρφωσης (Καλκάνης,2009γ).

¹⁰ Ο παιδευτικός – παιδαγωγικός χαρακτήρας σχετίζεται με την κοινωνικοποίηση και την εξοικείωση του μαθητή στη (συν)εργασία με άλλους, με την ανάπτυξη ορθολογικού τρόπου σκέψης και τη διατύπωση απροκατάληπτων υποθέσεων για κάθε πρόβλημα, με την απαίτηση και την αναζήτηση αποδεικτικών διαδικασιών για κάθε υπόθεση, με τη δημιουργία κριτικής ικανότητας και την απόρριψη παραεπιστημονικών/προκαταληπτικών απόψεων, με την ανάπτυξη δεξιοτήτων πρακτικής εφαρμογής της γνώσης και των τεχνολογιών (Καλκάνης,2009γ).

δεξιοτήτων του ατόμου (Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Καλκάνης,2007γ; Καλκάνης,2008α; Καλκάνης,2010).

Ως προέκταση των παραπάνω, οι πρωταρχικοί στόχοι της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευσης είναι η μεθοδολογική συγκρότηση των μαθητών, η δημιουργία ερευνητικής διάθεσης και δυνατότητας δραστηριοποίησης, η απαίτηση και αναζήτηση αποδεικτικών διαδικασιών, η ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας, αλλά και η ολοκλήρωση μιας πολύπλευρης και βαθιάς μόρφωσής τους. Δευτερεύων στόχος (σε αυτή τη βαθμίδα) είναι η ανάπτυξη του γνωσιακού υποβάθρου τους στις φυσικές επιστήμες, η οποία θα ολοκληρωθεί στις επόμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης (Γκικοπούλου & Καλκάνης,2007; Καλκάνης, 2007γ).

Σύμφωνα με τον Καλκάνη (2002; 2003; 2007α; 2007β; 2007γ; 2008; 2009α; 2009β; 2010) ως ο βέλτιστος τρόπος για την επίτευξη των στόχων αυτών έχει προταθεί και εφαρμόζεται η ιστορικά καταξιωμένη επιστημονική μεθοδολογία (με την οποία ο επιστήμονας, ο ερευνητής, ο άνθρωπος ερεύνησε και ερευνά το φυσικό κόσμο) και ως εκπαιδευτική μεθοδολογία.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η ερευνητική/επιστημονική μεθοδολογία – ιστορικά καταξιωμένη – σχηματοποιείται με αδρές γραμμές (Καλκάνης,2002; Καλκάνης, 2007α; Καλκάνης, 2010) στα εξής συγκεκριμένα βήματα:

- έναυσμα ενδιαφέροντος
- διατύπωση υποθέσεων
- αποδεικτικές διαδικασίες/ πειραματισμός
- διατύπωση συμπερασμάτων/θεωρίας
- συνεχής έλεγχος/γενίκευση/ερμηνείες

Από τα παραπάνω βήματα ο πειραματισμός είναι το αναντικατάστατο – και χαρακτηριστικό – στοιχείο της (Καλκάνης,2007α).

Στο σημείο αυτό ο Καλκάνης (2010) αναφέρει ότι: «η μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας – ειδικότερα της φυσικής επιστήμης -, η επιστημονική μέθοδος, είναι δεδομένη και – μάλιστα – αυτή (και όχι το γνωστικό αντικείμενο) διακρίνει τη φυσική επιστήμη από τα άλλα γνωστικά πεδία. Ο ερευνητής/επιστήμονας παρατηρώντας τον φυσικό κόσμο, με έναυσμα λογικά ερωτήματα για τα αίτια και την εξέλιξη ή τις συνέπειες φυσικών φαινομένων, εστιάζει το ενδιαφέρον του στη μελέτη τους και διατυπώνει ερωτήματα ή συνθέτει ένα πρόβλημα, διατυπώνει υποθέσεις ή πορείες επίλυσης του προβλήματος, εκτελεί

αποδεικτικές δραστηριότητες ή αποδεικτικούς πειραματισμούς για την επιβεβαίωση κάποιας από τις υποθέσεις και διάψευση των άλλων ή την επίλυση του προβλήματος, αναγορεύει την επιβεβαιωθείσα υπόθεση σε θεωρία και την εφαρμόζει/ελέγχει διαρκώς. Η θεωρία είναι αποδεκτή εφόσον δεν διαψεύδεται από καμία πειραματική διαδικασία. Όμως αρκεί και ένα μη συμβατό με αυτή πειραματικό αποτέλεσμα για να την καταρρίψει και να αναζητηθεί νέα υπόθεση προς επιβεβαίωση (με τη διαδικασία να επαναλαμβάνεται). Αυτή η διαδικασία/μεθοδολογία ονομάζεται ερευνητική/επιστημονική ή απλώς «επιστημονική μεθοδολογία».

Η μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διαδικασίας - προτείνεται να – είναι η ερευνητική/επιστημονική μεθοδολογία η οποία αξιοποιείται και ως επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία. Σύμφωνα με την – προτεινόμενη - σχηματοποίησή της ο εκπαιδευτικός προκαλεί με κάποιο έναυσμα στους εκπαιδευόμενους το ενδιαφέρον για το προς μελέτη θέμα, τους ενθαρρύνει να διατυπώσουν υποθέσεις, μετά δε από αποδεικτικό/επιβεβαιωτικό «πειραματισμό» τους οδηγεί να επιλέξουν τη σωστή υπόθεση και να διατυπώσουν «συμπεράσματα» (όπως, κατά την επιστημονική έρευνα, θα αναγόρευαν τη σωστή υπόθεση σε «θεωρία»). Στη συνέχεια εφαρμόζουν τα συμπεράσματα, τα γενικεύουν (όπως, κατά την επιστημονική έρευνα, επιβάλλεται ο συνεχής «έλεγχος» με πειραματισμό ή με περαιτέρω εφαρμογές), αλλά και τα ερμηνεύουν» (σελ.30).

Από τις παραπάνω αναφορές, διαπιστώνεται ότι η αξιοποίηση της επιστημονικής/ερευνητικής μεθόδου (και) ως εκ-παιδευτικής – είναι δυνατόν να – εξυπηρετεί και τους εκπαιδευτικούς και τους παιδευτικούς στόχους της εκπαίδευσης στις-με τις Φυσικές Επιστήμες, αναδεικνύοντας την αναλογία και εξασφαλίζοντας τη διασύνδεση μεταξύ της επιστημονικής έρευνας και της εκπαιδευτικής διαδικασίας των φυσικών επιστημών, αφού μεταφέρει βήμα προς βήμα το διερευνητικό – ανακαλυπτικό - αποδεικτικό πνεύμα της επιστήμης στην εκπαίδευση. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα μιας βέλτιστης βήμα προς βήμα επίτευξης των εκπαιδευτικών στόχων και τη δυνατότητα της δημιουργίας (για – από - τον εκπαιδευτικό της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) ιδεών, πρακτικών σχεδίασης - πραγματοποίησης και ένταξης στην εκπαιδευτική διαδικασία καινοτόμων δραστηριοτήτων (Καλκάνης,2009γ:26). Με άλλα λόγια, με βάση και την προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση των σχολικών εγχειριδίων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης (Αποστολάκης κ.ά.,2006α), που είναι η εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου, οι μαθητές ανακαλύπτουν τη γνώση, όχι με τυχαίες δράσεις αλλά με οργανωμένες

δραστηριότητες (εφαρμογή πέντε βημάτων) στις οποίες καταλήγουν ύστερα από προβληματισμό και διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων και μέσα από πειραματικές - ερευνητικές δραστηριότητες οδηγούνται στην απόδειξη ή διάψευσή τους (Δενδρινός & Πατρινόπουλος, 2009).

Πιο αναλυτικά, σε αυτό το σημείο περιγράφονται τα πέντε (5) βήματα της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης, 2002: 24-29; Καλκάνης, 2007α: 88-93; Καλκάνης, 2010: 30 – 33) ως εξής:

1^ο Βήμα: Έναυσμα ενδιαφέροντος – Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι:

- ✓ χρησιμοποιείται για την πρόκληση του ενδιαφέροντος του εκπαιδευτικού/μαθητή, σε αναλογία με την πρόκληση της περιέργειας του επιστήμονα/ερευνητή ανθρώπου για την έρευνα του φυσικού κόσμου
- ✓ στην επιστημονική έρευνα έναυσμα αποτέλεσε συχνά η παρατήρηση των φυσικών φαινομένων, αλλά και η μαθηματική πρόβλεψη ή η έμπνευση
- ✓ στην εκπαιδευτική διαδικασία αντλείται από το φυσικό περιβάλλον αλλά συχνά και από την επικαιρότητα, με τη μεθοδολογική πρόβλεψη να εμφανίζεται ως η αφόρμηση της συγκεκριμένης μελέτης

Πιο συγκεκριμένα, ως έναυσμα προτείνεται η αναφορά σε επίκαιρα ή ασυνήθιστα φυσικά φαινόμενα του τοπικού ή ευρύτερου κόσμου – περιβάλλοντος μας, σε επιστημονικές ανακοινώσεις ή προβλέψεις, σε παρουσιάσεις νέων τεχνολογικών εφαρμογών και προϊόντων, σε συμβάντα της τρέχουσας επικαιρότητας, στον τρόπο δημιουργίας ή την έμπνευση ή το σχετικό θέμα πνευματικών και καλλιτεχνικών δημιουργημάτων. Επίσης, εκτός του φυσικού μας περιβάλλοντος, πηγή άμεσης αναζήτησης, επιλογής και συγκέντρωσης πολύμορφης (κείμενα, εικόνες, ήχος...) αλλά και ενημερωμένης πληροφορίας που είναι δυνατό να αποτελέσει την ιδέα – έναυσμα μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας αποτελεί – και προτείνεται – το διαδίκτυο, εκτός βέβαια των όποιων άλλων πηγών, όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, οι εγκυκλοπαίδειες, οι συζητήσεις, κ.ά. Τέλος, ο τρόπος παρουσίασης της ιδέας ώστε να έχει το χαρακτήρα (τυχαίου, άρα και αποτελεσματικότερου για τη πρόκληση του ενδιαφέροντος) εναύσματος επαφίεται στη φαντασία και επινοητικότητα του εκπαιδευτικού – ερευνητή.

2^ο Βήμα: Διατύπωση Υποθέσεων – Προβληματίζομαι, Συζητώ, Υποθέτω:

- ✓ προβληματισμός για το συγκεκριμένο θέμα, όπως έχει προκύψει από την πρόκληση του εναύσματος, και συζήτηση που οδηγεί στη διατύπωση –

κατ'αρχήν – υποθέσεων για τα αίτια, τις αρχές λειτουργίας και τις παραμέτρους που το επηρεάζουν ή που επηρεάζονται απ' αυτό

- ✓ διερεύνηση των όποιων προαντιλήψεων των μαθητών ώστε στη συνέχεια, κατά τον πειραματισμό, να ενισχυθούν εποικοδομητικά οι ακριβείς προαντιλήψεις και να αρθούν οι εσφαλμένες
- ✓ διατύπωση – κατά το δυνατό ακριβέστερων – υποθέσεων για τη πληρέστερη και πλέον ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του θέματος, όπως απαιτεί η σφαιρικότερη – δυνατή – μελέτη του
- ✓ ως πρώτη και μεθοδευμένη απόπειρα γι' αυτό προτείνεται μια – αδρή, σχηματική – ανάλυση, τόσο όσον αφορά στις γενικές και θεμελιακές συνιστώσες του θέματος (θεματική ανάλυση) όσο και στις παραμέτρους και το βαθμό που το επηρεάζουν (συστημική ανάλυση). Απαραίτητη συνιστώσα ή παράμετρος του θέματος πρέπει να είναι οι επιστημονικές – φυσικές αρχές. Αυτές θα πρέπει να είναι η πρωταρχική και κυριαρχούσα παράμετρος στη μελέτη, έτσι ώστε η μελέτη να είναι μεν – κατά το δυνατό – διαθεματική αλλά και – απαραίτητα και κύρια – επιστημονοκεντρική
- ✓ η θεματική και η συστημική ανάλυση αποτελεί έναν ασφαλτο κωδικοποιημένο οδηγό που αποτρέπει την αμελή ή ελλιπή μελέτη του θέματος και του συγκεκριμένου συστήματος φαινομένου, συσχετίζοντας το θέμα – φαινόμενο με τις παραμέτρους που το επηρεάζουν – ή επηρεάζει – και παραπέμποντας διαδοχικά τόσο στις φυσικές αρχές και αιτίες όσο και σε άλλες παραμέτρους – διαδικασίες. Αυτή η προσέγγιση συνιστά μια διαθεματική επίσημοκεντρική αντιμετώπιση που – με τη σειρά της – δίνει ιδέες για ποικίλες δραστηριότητες σε πολλά πεδία

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι τόσο η θεματική όσο και η συστημική ανάλυση προετοιμάζονται από τον εκπαιδευτικό εκ των προτέρων, δεν εμφανίζονται όμως στους εκπαιδευόμενους αλλά εκμαιεύονται και συντίθεται – με διορθωτικές παρεμβάσεις του εκπαιδευτικού – από τους εκπαιδευόμενους κατά την αρχική συζήτηση.

3^ο Βήμα: Πειραματισμός – Ερευνώ, Ενεργώ, Πειραματίζομαι:

- ✓ η διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων και η διαμόρφωση της επιστημονοκεντρικής – διαθεματικής αντιμετώπισης του θέματος αναδεικνύει την αναγκαιότητα περαιτέρω μελέτης, η ποικιλότητα της οποίας επιβάλει –

συχνά – τον χωρισμό των μαθητών σε ομάδες και τον καταμερισμό (ή την εξειδίκευση) της εργασίας

- ✓ οι δραστηριότητες και ο πειραματισμός είναι βασικές συνιστώσες της όποιας πειραματικής εργασίας, είτε αφορά στην αναζήτηση πληροφοριών, είτε στην επικοινωνία με ειδικούς, είτε, κύρια και απαραίτητα, στην εκτέλεση πειραμάτων, είτε και στη λήψη μετρήσεων, καθώς επίσης και στην επεξεργασία – αξιολόγηση των δεδομένων και τελικά επιλογή και σύνθεσή τους
- ✓ η εργασία πεδίου, ο πειραματισμός, η μέτρηση, η στατιστική επεξεργασία, ο υπολογισμός σφαλμάτων και ανοχών, οι ποσοτικοί συσχετισμοί – όταν υπάρχουν ποσοτικές μετρήσεις –, η αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτελούν επίσης χαρακτηριστικά της επιστημονικής μεθοδολογίας, και φυσικά δεξιότητες που επιδιώκονται και επιτυγχάνονται με τη χρήση της, έστω και αν αυτά τα στοιχεία της μεθόδου δε χρησιμοποιούνται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
- ✓ ο συντονισμός των ομάδων που πειραματίζονται, ο χρονισμός και η τήρηση χρονοδιαγράμματος αλλά και η ανάδραση της πληροφορίας είναι βασικές συνιστώσες της επιτυχίας μιας συλλογικής προσπάθειας, στην οποία – με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού – ασκούνται οι εκπαιδευόμενοι μαθητές
- ✓ η εκτέλεση των πειραμάτων είναι δυνατόν να γίνεται στην αίθουσα διδασκαλίας ή στο εργαστήριο ή και σε εξωτερικούς χώρους που προσφέρονται για τη συγκεκριμένη διαδικασία. Προτείνεται η χρησιμοποίηση απλών μέσων και αυτοσχέδιων κατασκευών. Οι ομάδες των μαθητών φροντίζουν για τη συγκέντρωση των υλικών και επιχειρούν τις κατασκευές και τη λειτουργία τους

Τέλος, η υπαγωγή φυσικών φαινομένων και διαδικασιών σε υποκείμενες, λίγες και γενικές φυσικές αρχές και η ανάπτυξη του θέματος διαθεματικά με πλήθος γνωστικών αντικειμένων και παραμέτρων αναπτύσσει στους μαθητές τόσο την αναλυτική όσο και τη συνθετική σκέψη, το οποίο είναι ζητούμενο και αυτό της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

4^ο Βήμα: Διατύπωση Θεωρίας: Συμπεραίνω, Καταγράφω:

- ✓ την επεξεργασία, αξιολόγηση, επιλογή και σύνθεση του συγκεντρωθέντος υλικού, των πειραματικών παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των δεδομένων

- ✓ αλλά και τον όποιο ποσοτικό ή ποιοτικό συσχετισμό παραμέτρων, ακολουθεί (με ενεργοποίηση όλων των ομάδων, έχοντας ως συντονιστή τον εκπαιδευτικό) η διατύπωση των συμπερασμάτων της πειραματικής μελέτης
- ✓ τα συμπεράσματα είναι δυνατόν να διατυπωθούν και ως θεωρία, για τον τρόπο με τον οποίο οι συνιστώσες ή και οι παράμετροι επιδρούν στην εξέλιξη και στην κατάσταση που διαπιστώθηκε κατά την έρευνα του συγκεκριμένου θέματος – φαινομένου

5^ο Βήμα: Συνεχής Έλεγχος – Εμπεδώνω, Γενικεύω, Συσχετίζω, μικρο-Ερμηνεύω:

- ✓ μετά την εξαγωγή των συμπερασμάτων γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου
- ✓ γίνεται προσπάθεια συσχετισμού τους και με άλλες παρατηρήσεις – φαινόμενα – συμπεράσματα, ώστε με τη σύνθεσή τους να προκύψει η γενικότερη δυνατή θεωρία περιγραφής και ερμηνείας τους
- ✓ η επιλογή των επιπλέον φαινομένων για εφαρμογή και γενίκευση των συμπερασμάτων συνίσταται να γίνεται από θέματα της σύγχρονης ζωής και τεχνολογίας που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τους μαθητές, ώστε να αντιλαμβάνονται τη σκοπιμότητα της μελέτης των φυσικών φαινομένων

Τέλος, στο πέμπτο βήμα, όπου είναι εφικτό, ερμηνεύονται τα μακροσκοπικά φαινόμενα με τις δομές, τις αλληλεπιδράσεις, τις κινήσεις και τις διαδικασίες του μικρόκοσμου.

Με βάση τα παραπάνω πέντε (5) βήματα, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι απαραίτητο και αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας - και γενικότερα της εκπαιδευτικής διαδικασίας των φυσικών επιστημών - αποτελεί το τρίτο (3^ο βήμα) και ειδικότερα ο αποδεικτικός πειραματισμός (επιβεβαιωτικός ή απορριπτικός). Ο (αποδεικτικός) πειραματισμός ονομάζεται αποδεικτικός διότι πράγματι αποδεικνύει την αλήθεια ή μη των υποθέσεων, οι οποίες έχουν διατυπωθεί στο πλαίσιο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2010). Επίσης, διεξάγεται, κατά κανόνα, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και προσφέρεται ιδιαίτερα για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση διότι αναδεικνύει τόσο τον εκπαιδευτικό και γνωσιακό όσο και τον παιδευτικό και κριτικό χαρακτήρα και ρόλο των φυσικών επιστημών (Καλκάνης,2007γ).

Τέλος, ο (αποδεικτικός) πειραματισμός διεξάγεται όχι μόνο με απλά υλικά στην αίθουσα διδασκαλίας, αλλά και στο δομημένο ή ελεύθερο εκπαιδευτικό εργαστήριο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Το πείραμα – Η επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία

στο οποίο υπάρχουν συμβατικά αναλογικά όργανα ή και ψηφιακές τεχνολογίες όπως είναι τα λογισμικά προσομοίωσης (Μακρή – Μπότσαρη κ.ά,2006; Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2008β; Καλκάνης,2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΤΕΤΑΡΤΟ

Εννοιολογικοί προσδιορισμοί - Δυνατότητες και
περιορισμοί των πραγματικών και εικονικών
πειραμάτων

4.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός των πραγματικών πειραμάτων

Αποτελεί κοινή πεποίθηση ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι οι πλέον ουσιώδεις πτυχές της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και μάλιστα λόγω του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών συνιστούν ένα οργανικό, αναπόσπαστο και αναντικατάστατο μέρος του μαθήματος της Φυσικής (Hofstein & Lunetta,1982; Arons,1992; Χαλκιά,2000; Καλκάνης,2003; Hofstein & Lunetta,2004). Ωστόσο, το βασικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών είναι η γνώση και η κατανόηση του υλικού - φυσικού κόσμου, ώστε να εξηγηθούν τα φαινόμενα, οι νόμοι και οι αρχές που τον διέπουν, αλλά και το πώς εξηγούνται αυτά τα φαινόμενα και οι προβλέψεις που πραγματοποιούνται γι' αυτά (Κώτσης,2005:87). Παράλληλα, ο πρωταρχικός στόχος της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι οι μαθητές να οικοδομήσουν ορισμένα στοιχεία αυτής της γνώσης. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει με μεταφορά γνώσης από τον εκπαιδευτικό προς το μαθητή (Widolo et al.,2002). Κατά συνέπεια, ο μαθητής προκειμένου να οικοδομήσει τη γνώση είναι απαραίτητο να εμπλακεί ενεργά στη διδακτική διαδικασία αλληλεπιδρώντας με τα όργανα και τα υλικά (Duit,1991; Σκουμιός,2011).

Ως προέκταση των παραπάνω, δεν εκπλήσσει καθόλου το γεγονός ότι στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δίνεται προτεραιότητα στην εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες παρατήρησης, χειρισμού και επεξεργασίας υλικών και αντικειμένων – ενεργητική μάθηση – σε σχέση με την απλή περιγραφή φαινομένων και διαδικασιών του φυσικού κόσμου ή την επίδειξη εικόνων, κλπ. (Κώτσης,2005:87).

Η πρακτική, λοιπόν, εργασία κατέχει κεντρικό ρόλο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Κάνοντας λόγο για πρακτική εργασία εννοούνται όλες εκείνες οι διδακτικές και μαθησιακές δραστηριότητες των Φυσικών Επιστημών που εμπλέκουν με κάποιο τρόπο και ως ένα βαθμό τους μαθητές στο χειρισμό, την επεξεργασία ή την παρατήρηση αντικειμένων και υλικών. Αυτή η περιγραφή της πρακτικής εργασίας δε θέτει περιορισμούς για το χώρο στον οποίο μπορεί να διεξαχθεί. Αυτή μπορεί να λάβει χώρα στο εργαστήριο, στο πεδίο, σ' ένα μουσείο και φυσικά μέσα στην τάξη. Επίσης, η φράση «ως ένα βαθμό» στην περιγραφή της πρακτικής εργασίας υπονοεί ότι η πρακτική εργασία είναι όχι μόνο πρακτική αλλά και ουσιώδης πνευματική δραστηριότητα του υποκειμένου, ώστε η παρατήρηση ή ο χειρισμός των αντικειμένων να θεωρείται ως ένα μόνο από τα στοιχεία της (Κώτσης, 2005:88).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Εννοιολογικοί προσδιορισμοί – Δυνατότητες & περιορισμοί των πραγματικών & εικονικών πειραμάτων

Στην παρούσα έρευνα τα πραγματικά πειράματα σχετίζονται με εκείνα τα μαθησιακά έργα κατά τα οποία οι μαθητές (ανά δυάδες) με τα χέρια τους (ως ένα βαθμό) χειρίζονται, κινούν, τακτοποιούν τα πραγματικά αντικείμενα και τις συσκευές ή παρατηρούν τα πραγματικά αντικείμενα και τις συσκευές (Hodson,1990; Τσελφές, 2002; Τσαπαρλής,2009; Zacharia & Olymπίου,2011). Με άλλα λόγια, τα πραγματικά πειράματα σχετίζονται με εκείνη τη μαθησιακή εμπειρία που επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν μόνοι τους (ανά δυάδες) με τα πραγματικά αντικείμενα και τις συσκευές, με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση των εννοιών και φαινομένων της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός (Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004; Hofstein & Lunetta, 2004; Klahr et al.,2007; Κώτσης & Ευαγγέλου,2007; Ολυμπίου κ.ά.,2007; Zacharia, 2007; Zacharia et al.,2008; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Zacharia & Olymπίου,2011; Κώτσης & Ευαγγέλου,2011).

Για παράδειγμα, με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα κατά την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια και το φαινόμενο του βρασμού του νερού οι μαθητές της ομάδας ελέγχου με τα χέρια τους χειρίζονται, κινούν, τακτοποιούν τα πραγματικά αντικείμενα και ειδικότερα γεμίζουν το δοχείο ζέσης με νερό και το τοποθετούν πάνω στο γκαζάκι (εικόνα 4.1). Στη συνέχεια, τοποθετούν το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με το νερό και ανάβουν τη φλόγα - με τη βοήθεια του δασκάλου - στο γκαζάκι για ένα χρονικό διάστημα (το οποίο μετράνε με το χρονόμετρο) μέχρι να δείξει το θερμόμετρο την αναμενόμενη θερμοκρασία βρασμού του νερού (περίπου στους 100 °C).



Εικόνα 4.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού

Τέλος, στην παρούσα έρευνα οι μαθητές πραγματοποιούν τα παρακάτω πραγματικά πειράματα¹¹:

I) Σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, χρησιμοποιώντας τα εξής πραγματικά αντικείμενα: συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων, δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα, γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια), μια άσπρη και μια χρωματιστή κιμωλία.

II) Σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, χρησιμοποιώντας τα εξής πραγματικά αντικείμενα: γυάλινο δοχείο ζέσης 250 ml, γκαζάκι, ξύλινο μανταλάκι, θερμομέτρο οينوπνεύματος (-20 °C έως 110 °C), νερό, ρολόι (χρονόμετρο), θερμομονωτικά γάντια, αναπτήρας.

III) Σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, χρησιμοποιώντας τα εξής πραγματικά αντικείμενα: μπαταρία πλακέ 4,5V, λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), διακόπτη, τρία καλώδια (με κροκοδειλάκια).

IV) Σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, χρησιμοποιώντας τα εξής πραγματικά αντικείμενα: πηγή ακτινών λέιζερ, μικρός καθρέπτης (κάτοπτρο), μακετόχαρτο που υπάρχει πάνω του τυπωμένο Μοιρογνωμόνιο, χάρακας (σε περίπτωση που τον χρειαστούν οι μαθητές).

4.2 Εννοιολογικός προσδιορισμός των εικονικών πειραμάτων

Διευρύνοντας τον παραπάνω ορισμό της πρακτικής εργασίας ώστε να περιλαμβάνει αναπαραστάσεις πραγματικών αντικειμένων, που υλοποιούνται με τις προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, η πρακτική εργασία μπορεί να περιγραφεί ως μια εργασία που περιλαμβάνει όλες εκείνες τις μαθησιακές δραστηριότητες των Φυσικών Επιστημών που εμπλέκουν με κάποιο τρόπο και ως ένα βαθμό τους μαθητές στο χειρισμό, την επεξεργασία ή την παρατήρηση όχι μόνο των πραγματικών αντικειμένων αλλά και των εικονικών αντικειμένων που είναι πιστές αναπαραστάσεις των πραγματικών (προσομοιώσεις) (Κώτσης,2005:88; Μιχαηλίδης,2006). Σε αυτό συμβάλλει και η άποψη του Papert, ο οποίος αναφέρει ότι τα αντικείμενα δεν περιορίζονται μόνο στα πραγματικά αντικείμενα, αλλά και στα εικονικά, τα οποία μπορούν να προσομοιάζουν στις ιδιότητες και στη συμπεριφορά τα πραγματικά (Ψύλλος κ.ά.,2002). Επίσης, στην ίδια λογική επιχειρηματολογούν και άλλοι

¹¹ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

ερευνητές (Clements,1999; Clements & Sarama,2003; Triona & Klahr,2003; Klahr et al.,2007; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Başer & Durmuş,2010; Zacharia & Olympiou,2011) που επισημαίνουν πως τα εικονικά πειράματα μπορούν να παρέχουν αναπαραστάσεις οι οποίες για τους μαθητές είναι εξίσου ουσιώδεις με τα πραγματικά αντικείμενα.

Με άλλα λόγια, υπό μια εκτεταμένη έννοια, η πρακτική εργασία περιλαμβάνει και τις προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που προσομοιώνουν έναν μεγάλο αριθμό εργαστηριακών διατάξεων με μεγάλη πιστότητα ως προς τα πραγματικά αντικείμενα και σχετίζονται με δραστηριότητες που παρέχουν ευκαιρίες και επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδράσουν και να χειριστούν εικονικά αντικείμενα παρόμοια προς τα πραγματικά (Τσιχουρίδης & Βαβουγιός,2007; Τσαπαρλής, 2009).

Στην παρούσα, λοιπόν, έρευνα τα εικονικά πειράματα σχετίζονται με εκείνα τα μαθησιακά έργα κατά τα οποία οι μαθητές (ανά δυάδες) με το ποντίκι (ως ένα βαθμό) χειρίζονται, κινούν, τακτοποιούν τα εικονικά αντικείμενα και τις συσκευές ή παρατηρούν τα εικονικά αντικείμενα και τις συσκευές (Hodson,1990; Τσαπαρλής, 2009; Zacharia & Olympiou,2011). Με άλλα λόγια, τα εικονικά πειράματα σχετίζονται με εκείνη τη μαθησιακή εμπειρία που επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν μόνοι τους με τα εικονικά αντικείμενα και τις συσκευές, με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση εννοιών και φαινομένων της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός (Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004; Hofstein & Lunetta,2004; Klahr et al.,2007; Κώτσης & Ευαγγέλου,2007; Ολυμπίου κ.ά.,2007; Zacharia,2007; Zacharia et al., 2008; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Κώτσης & Ευαγγέλου,2011; Zacharia & Olympiou,2011).

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα κατά την πραγματοποίηση των εικονικών πειραμάτων¹² στον υπολογιστή γίνεται χρήση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης που περιλαμβάνει εικονικά αντικείμενα και συσκευές. Με τον όρο λογισμικό προσομοίωσης νοείται εκείνο το λογισμικό προσομοίωσης που επιτρέπει την εικονική αναπαράσταση ενός φαινομένου ή ενός πραγματικού συστήματος, κάτω από συνθήκες που προσεγγίζουν τις πραγματικές. Η προσομοίωση

¹² Παρόμοιος όρος είναι τα «εικονικά εργαστήρια». Τα «εικονικά εργαστήρια» προσομοιώνουν, με εικονικό και λειτουργικό τρόπο, εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, οντότητες και διαδικασίες, αντικείμενα, όργανα και πειράματα στην οθόνη του υπολογιστή (Ψύλλος,2007:31; Ψύλλος κ.ά., 2008α:386). Χαρακτηριστικά, ο Μιχαηλίδης (2007) αναφέρει ότι: «οι μέχρι τώρα γνωστές εφαρμογές εικονικού εργαστηρίου αφορούν προσομοίωση της εκτέλεσης κάποιου πειράματος».

ορίζεται ως εικονικός πειραματισμός¹³ (εικονικό πείραμα), όπου μέσω της δυναμικής αναπαράστασης μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του συστήματος (Καλκάνης,2002; Καλκάνης κ.ά.,2006; Μικρόπουλος,2006; Μιχαηλίδης, 2007; Καλκάνης κ.ά.,2008).

Με άλλα λόγια, όταν μιλάμε για προσομοιώσεις εννοούμε αναπαράσταση κατάστασης ή αντικειμένου μέσω λογισμικού, το οποίο παρέχει δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη (Μικρόπουλος,2002; Μικρόπουλος, 2006). Πρόκειται για μοντέλα αναπαράστασης διαφόρων φυσικών καταστάσεων, τις οποίες εξερευνά ο μαθητής. Τα μοντέλα δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία και παρουσιάζουν ένα πείραμα, ένα φαινόμενο ή μια φυσική διαδικασία (Τζιμογιάννης κ.ά.,1998; Τζιμογιάννης,1999α; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000; Τζιμογιάννης,2004; Τζιμογιάννης,2007). Οι προσομοιώσεις αποτελούν διδακτικά εργαλεία που προσφέρουν εντυπωσιακές δυνατότητες μάθησης και αναπτύσσονται δυναμικά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, βρίσκοντας εφαρμογή από την Πρωτοβάθμια μέχρι και την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,1998; Τζιμογιάννης,1999α). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εικονικού πειράματος είναι η προσομοίωση του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης που μπορεί να δημιουργηθεί με το εκπαιδευτικό λογισμικό «Interactive Physics» (Μικρόπουλος,2006).

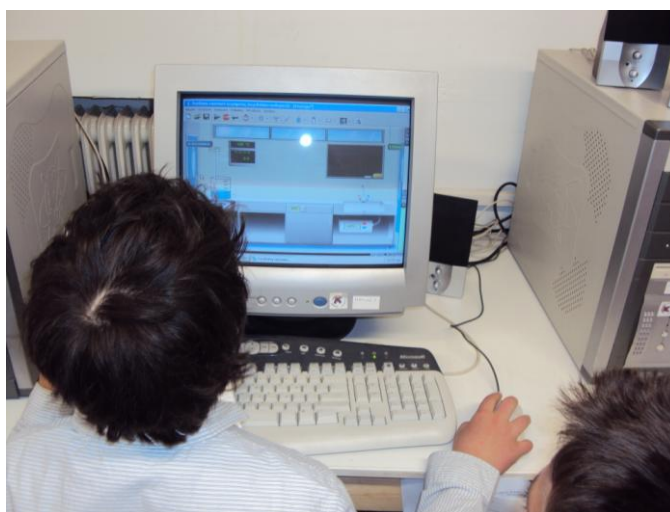
Παράλληλα, στη μαθησιακή διαδικασία η προσομοίωση θέτει το μαθητή σε καταστάσεις παρόμοιες με την πραγματικότητα που του παρέχουν ανάδραση σε πραγματικό χρόνο για αποφάσεις, δράσεις και ερωτήματα. Ταυτόχρονα, είναι απαραίτητα δυναμική, παρέχοντας επιλογή των μεταβλητών εκείνων που θεωρούνται σημαντικές σύμφωνα με τον απαιτούμενο διδακτικό μετασχηματισμό, παρέχει κίνητρα στο μαθητή με την αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων και καθιστά φανερό για το παιδί τη σχέση των επιδράσεων τους με την εξέλιξη του φαινομένου που προσομοιώνεται (Μικρόπουλος,2002:372; Μικρόπουλος,2006:50).

Για παράδειγμα, με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα κατά την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια και το φαινόμενο του βρασμού του

¹³ Σε αντιπαράθεση με τον «πραγματικό» πειραματισμό βρίσκεται ο «εικονικός» πειραματισμός, ο οποίος δεν συνίσταται παρά μόνο στις περιπτώσεις όπου είναι αδύνατος ο «πραγματικός» (Καλκάνης, 2007α:363; Καλκάνης,2010:34). Με άλλα λόγια, ο «εικονικός» πραγματισμός δεν αποτελεί πανάκεια στη μαθησιακή διαδικασία, αλλά ένα ισχυρό συμπληρωματικό εργαλείο για τη δημιουργική εργασία των μαθητών και την οικοδόμηση της γνώσης σε καταστάσεις που δεν είναι δυνατόν να υλοποιηθούν στο φυσικό κόσμο (Καλκάνης,2000; Μικρόπουλος,2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Εννοιολογικοί προσδιορισμοί – Δυνατότητες & περιορισμοί των πραγματικών & εικονικών πειραμάτων

νερού οι μαθητές της πειραματικής ομάδας με το ποντίκι χειρίζονται, κινούν, τακτοποιούν τα εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. (εικόνα 4.2) και ειδικότερα γεμίζουν το δοχείο ζέσης με νερό και το τοποθετούν πάνω στο λύχνο Bunsen (βγάζει φλόγα και μοιάζει με το γκαζάκι). Στη συνέχεια, τοποθετούν το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με το νερό και ανάβουν τη φλόγα - με τη βοήθεια του δασκάλου - στο γκαζάκι για ένα χρονικό διάστημα (το οποίο μετράνε με το χρονόμετρο) μέχρι να δείξει το θερμόμετρο την αναμενόμενη θερμοκρασία βρασμού του νερού (περίπου στους 100 °C).



Εικόνα 4.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού

Τέλος, στην παρούσα έρευνα οι μαθητές πραγματοποιούν τα παρακάτω εικονικά πειράματα που είναι τα ίδια ακριβώς με τα πραγματικά¹⁴:

- I) Σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics, στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά.
- II) Σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π., στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά.
- III) Σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition, στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά.

¹⁴ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

IV) Σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης M.A.Θ.H.M.A., στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά.

4.3 Οι (κοινές) δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εκπαίδευση των φυσικών επιστημών γίνεται ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να παρατηρούν, να έρχονται σε επαφή, να πειραματίζονται και να ανακαλύπτουν στρατηγικές για το αντικείμενο που μελετούν.

Με τον τρόπο αυτό, οι εμπειρίες βοηθούν τους μαθητές να ξεφύγουν από τους μηχανικούς τρόπους μάθησης και να προχωρήσουν στην ανάπτυξη στάσεων απέναντι στην έρευνα.

Ως προέκταση των παραπάνω, η θεωρητική διδασκαλία των φυσικών επιστημών ενισχύεται σημαντικά όταν οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν άμεσα με τις έννοιες που εξετάζουν, είτε σε ένα πραγματικό εργαστήριο, είτε σε ένα εικονικό περιβάλλον προσομοίωσης (Ronen & Eliahu,1999; Trumper,2003; Triona & Klahr, 2003; Klahr et al.,2007; Αρβανιτάκης & Κασκάλης,2009).

Ειδικότερα, σε πολλές έρευνες στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ερευνητές έχουν εντοπίσει μερικές (κοινές) δυνατότητες (πλεονεκτήματα) τόσο των εικονικών όσο και των πραγματικών πειραμάτων. Αυτές είναι οι εξής:

- επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με υλικά και μοντέλα και να κάνουν δοκιμές (Hofstein & Lunetta,2004; Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004; Ολυμπίου κ.ά.,2007; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011)
- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να διερευνούν το φαινόμενο που τους παρουσιάζεται μεταβάλλοντας πραγματικά ή εικονικά τις τιμές των παραμέτρων (Tao & Gunstone,1999; Hofstein & Lunetta,2004; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)
- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης (Triona & Klahr,2003; Σολομωνίδου, 2001; Σολομωνίδου,2007; Zacharia & Constantinou,2008; Chini et al.,2010)

- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ενεργοποιούν και να εφαρμόζουν διαδικασίες παρατηρώντας τα αποτελέσματα αυτών των δράσεων (Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)
- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ερμηνεύουν τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών, να διατυπώνουν και να διερευνούν υποθέσεις και να επιλύουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες τους και σε αυτές που παρουσιάζονται στα πειράματα (Tao & Gunstone,1999; Hofstein & Lunetta, 2004; Ολυμπίου κ.ά.,2007)
- ο συνδυασμός των παραπάνω δυνατοτήτων κάνει τα πραγματικά και εικονικά πειράματα ιδανικές μεθόδους για προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής (Jimoyiannis et al.,2000; Jimoyiannis & Komis,2001; Zacharia,2007; Ολυμπίου κ.ά., 2007)

4.4 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) και οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων

Παρότι, λοιπόν, υπάρχει μια αναγνώριση των πλεονεκτημάτων των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, ταυτόχρονα εντοπίζεται βιβλιογραφικά μια διάσταση απόψεων σχετικά με αυτές τις δύο μεθόδους πειραματισμού. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι μέσα από μια ενδελεχή βιβλιογραφική έρευνα έχει διαπιστωθεί, όπως προαναφέρθηκε, ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια συζήτηση, μια «διαμάχη» για αυτά τα δύο είδη πειραματισμού και ειδικότερα για την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα (Κώτσης & Ευαγγέλου,2007; Λεύκος κ.ά.,2009). Με άλλα λόγια, υπάρχουν αφενός ερευνητές που υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων έναντι των πραγματικών κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και αφετέρου ερευνητές που υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών (Κώτσης & Ευαγγέλου,2007; Λεύκος κ.ά.,2009; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Ευαγγέλου & Κώτσης,2009; Başer & Durmuş,2010; Chini et al., 2010; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011; Zacharia & Olympiou,2011). Μέσα από αυτή τη συζήτηση, τη «διαμάχη» των ερευνητών και από την ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτουν τόσο οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) όσο και οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων.

4.4.1 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, μέσα από την ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών και από τη συζήτηση, τη «διαμάχη» των ερευνητών για την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών, προκύπτουν οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων που είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν ως εξής:

- επιτρέπουν στους μαθητές να βιώνουν άμεσα τα φυσικά φαινόμενα (Hodson,1996; Kirschner & Huisman,1998; Chinn & Malhotra,2002; Hofstein & Lunetta,2004), να εμπλέκονται προσωπικά και με όλες τις αισθήσεις τους (Πατσαδάκης,2007) και τελικά να τα ερμηνεύουν (Hodson,1993; Κόκκοτας, 2002)
- επιτρέπουν στους μαθητές να αποκτούν εμπειρία με φυσικές επιστημονικές πρακτικές (Hodson,1996; Kirschner & Huisman,1998; Chinn & Malhotra,2002; Hofstein & Lunetta,2004) και ειδικότερα με το (χειρωνακτικό) χειρισμό των φυσικών αντικειμένων επιτρέπουν στους μαθητές να αποκτούν άμεσες εμπειρίες με φυσικά και πραγματικά υλικά και φαινόμενα που συμβάλλουν ουσιαστικά στη μάθηση (Alliance for Childhood,2000; Zacharia, 2007;Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011). Χαρακτηριστικά, ερευνητές (Corter et al.,2004) επισημαίνουν ότι οι φοιτητές πρέπει να εκτεθούν στη φυσική εμπειρία - και στις αβεβαιότητες (απροσδιοριστίες) – του υλικού κόσμου
- συμβάλλουν στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στο σύγχρονο άνθρωπο, όπως η σωστή χρησιμοποίηση συσκευών, η κατανόηση και η εκτέλεση οδηγιών, ειδικές δεξιότητες των χεριών, κλπ. (Κόκκοτας & Βλάχος,1999; Κόκκοτας & Βλάχος,2000; Σολομωνίδου & Κολοκοτρώνης, 2010)
- επιτρέπουν στους μαθητές να αποκτήσουν δεξιότητες για σχεδιασμό (Ma & Nickerson,2006)
- έρχονται αντιμέτωποι με πραγματικές συνθήκες (για παράδειγμα γνωρίζουν το πειραματικό σφάλμα και εκτιμούν το βαθμό ανοχής του συστήματος αξιολόγησης) που για να τις ερμηνεύσουν θα πρέπει να τροποποιήσουν ή να προσαρμόσουν την αντίστοιχη θεωρητική τους γνώση. Αυτή η εν μέρει δυσαρμονία ανάμεσα στη θεωρία και την πράξη τους βοηθάει να

κατανοήσουν καλύτερα το αντίστοιχο φαινόμενο (Hessami & Sillitoe,1992; Zacharia & Constantinou,2008; Δενδρινός & Πατρινόπουλος,2009)

- αποτελούν κεντρικό πολιτιστικό και επιστημολογικό εργαλείο της μάθησης και μάλιστα υποστηρίζεται από ερευνητές ότι η γένεση της επιστημονικής γνώσης προωθείται πρώτιστα μέσω του πραγματικού πειραματισμού (Reiner & Gilbert,2004)
- αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια μια εδραιωμένη πρακτική που ενεργοποιεί τους μαθητές και τους επιτρέπει όχι μόνο να αποκτήσουν χειριστικές δεξιότητες - π.χ. «στήσιμο» και εκτέλεση πειράματος, χειρισμός οργάνων και συσκευών -, αλλά και να αποκτήσουν γνώσεις, να κατανοήσουν φυσικά φαινόμενα και να εξοικειωθούν με την επιστημονική μεθοδολογία και τον τρόπο σκέψης (Μιχαλίδης,2007) Με άλλα λόγια, όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Αποστολάκης κ.ά. (2006α): «με τα πραγματικά πειράματα εξυπηρετείται ο στόχος της αναγωγής της μάθησης σε αυτόνομη βιωματική εμπειρία, με σκοπό τη σύνδεση του γνωστικού υλικού με την καθημερινότητα και την προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας» (σελ. 39)
- βοηθούν τους μαθητές όχι μόνο στη συλλογή πληροφοριών για το φυσικό κόσμο, αλλά παρέχουν και ευκαιρίες για την ανάπτυξη της κατανόησης των μαθητών ως προς την επιστημονική προσέγγιση στην έρευνα (Πατσαδάκης, 2007)
- δίνουν ευκαιρίες στους μαθητές να συνδέσουν την επιστημονική θεωρία με τη γνώση (Hodson,1993; Πατσαδάκης,2007)
- συντελούν στη μάθηση όχι μόνο των εννοιών αλλά και των διαδικασιών των Φυσικών Επιστημών (Πατσαδάκης,2007). Ειδικότερα, αποτελούν ένα σημαντικό μέσο για να κατανοήσουν οι μαθητές τη διαδικαστική (τυπική), την εννοιολογική γνώση και τις επιστημονικές διαδικασίες των Φυσικών Επιστημών (Zacharia,2007)
- επιτρέπουν στους μαθητές να απομυθοποιήσουν τη βεβαιότητα με την οποία, συνήθως, περιβάλλουν τις φυσικές επιστήμες και να συνειδητοποιήσουν ότι η ανακάλυψη στις επιστήμες αυτές δεν είναι χωρίς προβλήματα, ούτε οδηγεί πάντοτε σε αδιαμφισβήτητο αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια, οι μαθητές με την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων θα εκτιμήσουν την πολυπλοκότητα της πραγματικότητας και θα αντιληφθούν μαζί με τις διαδικασίες των φυσικών επιστημών, τη θετική τους συνεισφορά και τα όριά της έτσι ώστε να

συμμετέχουν και να δρουν ως ενεργοί πολίτες (Taraban et al., 2007; Zacharia & Constantinou, 2008; Λευκοπούλου, 2008)

4.4.2 Οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων

Μέσα από την ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών και από τη συζήτηση, τη «διαμάχη» των ερευνητών για την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών, προκύπτουν οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των πραγματικών πειραμάτων που είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν ως εξής:

- οι μαθητές, πολλές φορές, κατά την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων επικεντρώνονται και έρχονται αντιμέτωποι με δυσκολίες χειρισμού των πραγματικών οργάνων και διατάξεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργούνται σημαντικά εμπόδια στη σύνδεση των φυσικών φαινομένων με τις αντίστοιχες επιστημονικές θεωρίες και μοντέλα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας προς όφελος μιας μηχανιστικής προσέγγισης στις επιστημονικές γνώσεις και μεθοδολογίες (Niedderer et. al., 2003; Ψύλλος, 2007; Ταραμόπουλος κ.ά., 2010)
- οι συσκευές είναι δυνατόν να κάνουν πιο πολύπλοκη τη διδασκαλία κατά την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό ισχύει στις μελέτες για την κίνηση, όπου τα αποτελέσματα συγχέονται όπως συμβαίνει με την ποικιλία των τριβών (Marshall & Young, 2006)
- οι φοιτητές, όπως έδειξαν αρκετές έρευνες, απορροφώνται από τις τεχνικές και διαδικαστικές λεπτομέρειες, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου και της ενεργητικότητάς τους. Αυτή η ενασχόληση περιορίζει σημαντικά το χρόνο που θα αφιέρωναν στη νοητική έρευνα (Hofstein & Lunetta, 2004)
- τα φυσικά εργαστήρια, όπως αναφέρουν οι Corter et al. (2004), χρησιμοποιούν άσκοπα πολύτιμο χώρο και καταναλώνουν το χρόνο του φοιτητή στην πλήρως καθοδηγούμενη οργάνωση του πειράματος, καθώς επίσης κατά την εκτέλεση του ο φοιτητής συμμετέχει σε επίπονες διαδικασίες
- οι μαθητές μπορεί να μην είναι σε θέση να παρατηρήσουν το υπό διερεύνηση φαινόμενο (Snir et al., 1993; Hodson, 1996; Kirschner & Huisman, 1998; Chinn & Malhotra, 2002; Hofstein & Lunetta, 2004)

- η περιορισμένη δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών καταστάσεων, μέσω των οποίων είναι δυνατός ο ευέλικτος συνδυασμός πολλών μεταβλητών, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να διερευνήσουν τις φυσικές ποσότητες που επηρεάζουν την εξέλιξη των υπό μελέτη φαινομένων (Ψύλλος,2007:33)
- η αδυναμία των πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα να προσεγγίσουν τα φαινόμενα με συμβολικές αναπαραστάσεις και να αναπαραστήσουν τα αποτελέσματα με πολλαπλούς τρόπους περιορίζει τη δυνατότητα σύνδεσης των υπό μελέτη φαινομένων με τις επιστημονικές θεωρίες και τα μοντέλα (Ψύλλος & Μπισδικιάν,2004; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)

4.4.3 Οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων

Μέσα από την ενδεδεχρή βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών και από τη συζήτηση, τη «διαμάχη» των ερευνητών για την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών, προκύπτουν οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων) που είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν ως εξής:

- παρέχουν τη δυνατότητα μετασχηματισμού αφηρημένων εννοιών σε αντιληπτικές αναπαραστάσεις (Μικρόπουλος,2003), όπως εικόνες, προσομοιώσεις κίνησης, διανυσματικές και διαγραμματικές απεικονίσεις, αριθμητικές μετρήσεις, οι οποίες έχουν σημαντική παιδαγωγική αξία για την κατανόηση ή μελέτη φυσικών φαινομένων και διαδικασιών (Τζιμογιάννης,2004; Τσιχουρίδης & Βαβουγιός,2007; Zacharia et al.,2008; Chini et al.,2010). Για παράδειγμα, έννοιες όπως η κινητική ενέργεια ή η ορμή, που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα, μπορούν να αναπαρασταθούν με αντιληπτικές αναπαραστάσεις σε μια οθόνη υπολογιστή με τη σύγκρουση δύο σωμάτων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics (Marshall & Young,2006). Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στην οικοδόμηση των δύσκολων και αφηρημένων εννοιών, χτίζοντας πάνω στην εμπειρία τους και διαμορφώνοντας νέα νοήματα (Ράπτης & Ράπτη,2001)
- προσφέρουν τη δυνατότητα στους μαθητές διερεύνησης σύνθετων εννοιών (όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η κίνηση σε τροχιά, οι δυνάμεις κτλ.) σε περιβάλλον πιο εξατομικευμένο απ' ότι αν εργαζόταν με συνήθεις εκπαιδευτικές δυνατότητες (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α;

Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000β; Jimoyiannis & Komis, 2001; Παναγιωτακόπουλος κ.ά., 2004)

- παρέχουν αναπαραστάσεις οι οποίες είναι εξίσου ουσιώδεις με τα πραγματικά υλικά για τους μαθητές και ακόμη μπορεί να είναι ευκολότερες στη χρήση τους, πιο «καθαρές» και επεκτάσιμες από τα πραγματικά αντικείμενα που αντικαθιστούν (Clements,1999, όπ. αναφέρ. στο Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Zacharia & Olympiou,2011)
- διερευνούν και μελετούν φαινόμενα που δεν είναι άμεσα ορατά, όπως είναι η κίνηση των ηλεκτρονίων στο ηλεκτρικό κύκλωμα (Τζιμογιάννης κ.ά., 1995; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Παναγιωτακόπουλος κ.ά.,2004; Hofstein & Lunetta,2004; Finkelstein et al.,2005; Μικρόπουλος,2006; Wieman & Perkins,2005; Jaakkola & Nurmi,2008; Αρβανιτάκης & Κασκάλης,2009; Başer & Durmuş,2010)
- παρέχουν δυνατότητες μελέτης φυσικών φαινομένων που είναι χρονοβόρα, όπως είναι οι κινήσεις των πλανητών (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Καλογιαννάκης & Caillot,2003; Hofstein & Lunetta,2004; Τζιμογιάννης,2004; Κόμης,2004; Μιχαηλίδης,2007)
- η ενασχόληση των μαθητών σε κατάλληλες συνθήκες προσομοίωσης απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο και κόπο από την ενασχόληση τους σε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, με αποτέλεσμα να έχουν χρόνο για να επικεντρωθούν στο υπό μελέτη αντικείμενο και σε δραστηριότητες που απαιτούν υψηλό διανοητικά επίπεδο (Τζιμογιάννης κ.ά.,1995; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Σολομωνίδου,2001; Steinberg,2003; Hofstein & Lunetta,2004; Αρβανιτάκης & Κασκάλης,2009)
- περιορίζουν τον χρόνο εκμάθησης της χρήσης των διαφόρων οργάνων και συσκευών, των διαδικασιών επεξεργασίας και παρουσίασης των μετρήσεων, καθώς επίσης και της προετοιμασίας ενός πειράματος (οργάνωση και συγκέντρωση υλικών, ετοιμασία δειγμάτων, κτλ.) (Μιχαηλίδης,2007)
- δεν απαιτούνται από το χρήστη αναπτυγμένες δεξιότητες χειρισμού των οργάνων και των συσκευών, καθώς προσφέρουν τη δυνατότητα αυτόματης οπτικοποίησης και χρήσης διαφόρων αντικειμένων ή εργαλείων για την οργάνωση και την εικονική πραγματοποίηση των πειραμάτων (Σολομωνίδου κ.ά.,1997; Σολομωνίδου,2001), με αποτέλεσμα να μπορούν να ξεπεράσουν,

ως ένα βαθμό, τεχνικούς και διδακτικούς περιορισμούς του πραγματικού εργαστηρίου (Sassi,2001; Ψύλλος,2007; Ταραμόπουλος κ.ά.,2010)

- αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της έλλειψης μεγάλου αριθμού συσκευών, οργάνων και των χώρων που συνεπάγεται η άσκηση και ο πειραματισμός με τη λειτουργία των εργαστηριακών συσκευών (Μιχαηλίδης,2007)
- προσφέρουν δυνατότητες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το φυσικό μοντέλο μεταβάλλοντας ελεύθερα συνθήκες και παραμέτρους και παρατηρώντας τα αποτελέσματα της παρέμβασής τους στην οθόνη. Κατά συνέπεια, παρέχεται η ευκαιρία στους μαθητές να κάνουν προβλέψεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα, να καλλιεργήσουν τη φυσική διαίσθηση και την κριτική τους σκέψη (Τζιμογιάννης,1999α; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Jimoyiannis & Komis,2001; Τζιμογιάννης,2004)
- παρέχουν δυνατότητες μελέτης φυσικών φαινομένων που αναπαράγονται δύσκολα στο εργαστήριο, όπως είναι οι καταστάσεις χωρίς τριβές (Τζιμογιάννης,2004)
- παρέχουν δυνατότητες μελέτης φυσικών φαινομένων που έχουν μεγάλο κόστος και σε κανονικές συνθήκες θα ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθούν (Τζιμογιάννης,2004; Κόμης,2004; Αρβανιτάκης & Κασκάλης,2009)
- παρέχουν δυνατότητες μελέτης φυσικών φαινομένων που δύσκολα αναπαράγονται στο εργαστήριο (Τζιμογιάννης,1999α)
- παρέχουν δυνατότητες αντικατάστασης επικίνδυνων πειραμάτων, όπως είναι ο βρασμός, η διάσπαση ραδιενεργών πυρήνων, ο χειρισμός αεροπλάνου (Τζιμογιάννης,1999α; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α; Τζιμογιάννης, 2004; Κόμης,2004; Κόμης κ.ά.,2008)
- παρέχουν δυνατότητες μελέτης φυσικών φαινομένων που εξελίσσονται ταχύτατα (Τζιμογιάννης,2004)
- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές ή στους διδάσκοντες τροποποίησης του φυσικού περιβάλλοντος με αλλαγές σε ιδιότητες όπως βαρύτητα, αντίσταση του αέρα, ηλεκτροστατική δύναμη ή να ορίζουν οι ίδιοι δυνάμεις με τη μορφή αλληλεπιδράσεων πεδίων, όπως το μαγνητικό πεδίο, πεδίο αέρα ή ηλεκτρονικού πυροβόλου. Αυτές οι δυνατότητες υλοποιούνται, κυρίως, με το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics (Τζιμογιάννης,1999β)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Εννοιολογικοί προσδιορισμοί – Δυνατότητες & περιορισμοί των πραγματικών & εικονικών πειραμάτων

- παρέχουν άμεση ανάδραση στις ενέργειες του χρήστη, με αποτέλεσμα η παρέμβαση του ερευνητή στην προσέγγισή του να περιορίζεται στο ελάχιστο (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α)
- ενσωματώνονται κατά κανόνα ως ειδικά μέσα μετάδοσης πληροφοριών, κατά τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, οι διασυνδεδεμένες πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης ενός φαινομένου και οι συμβολικές γραφικές παραστάσεις των μεταβολών στα μεγέθη (Τζιμογιάννης,1999β; Kocijancic & O' Sullivan,2004; Ψύλλος,2007)
- δίνουν τη δυνατότητα επανάληψης του ίδιου φαινομένου κατά βούληση, ευκολότερα και γρηγορότερα σε σχέση με το πραγματικό (Zacharia,2007; Κόμης κ.ά.,2008)
- παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές για εύκολη διόρθωση και ελαχιστοποίηση των λαθών τους (Ronen & Eliahu,1999; Καλογιαννάκης, 2006; Zacharia & Olympiou,2011). Για παράδειγμα, το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition παρέχει άμεση ανατροφοδότηση (π.χ. διόρθωση των λαθών) σε όλη τη διαδικασία κατασκευής οποιουδήποτε κυκλώματος από τους μαθητές (Zacharia,2007)
- μπορούν να ενσωματώσουν και να επιδείξουν τα στοιχεία από τον πραγματικό κόσμο γρήγορα και με ακρίβεια. Αυτό επιβοηθά τους φοιτητές με την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων να κάνουν τη διασύνδεση μεταξύ των συγκεκριμένων στοιχείων στον πραγματικό κόσμο και των αφηρημένων αναπαραστάσεων της φυσικής (Redish,1993b).
- έχουν ιδιαίτερη αξία, γιατί ως ενδιάμεσο επίπεδο αφαίρεσης, ανάμεσα στο «πραγματικό» του φαινομένου και το «αφηρημένο» του μοντέλου, βοηθούν τους μαθητές να διαμορφώσουν μια πιο σαφή εικόνα της λειτουργίας του φαινομένου (Γρηγοριάδου,2002; Σαμαράκου κ.ά.,2004)

4.4.4 Οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων

Μέσα από την ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών και από τη συζήτηση, τη «διαμάχη» των ερευνητών για την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών, προκύπτουν οι περιορισμοί (μειονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων) που είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν ως εξής:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Εννοιολογικοί προσδιορισμοί – Δυνατότητες & περιορισμοί των πραγματικών & εικονικών πειραμάτων

- στερούν, πολλές φορές, την άμεση (ή χειρωνακτική) εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά, την άμεση παρατήρηση ή τον άμεσο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός πειράματος, τα οποία θεωρούνται ουσιαστικά στοιχεία για τη μάθηση (Clark,1994; Corter et al.,2004; Μιχαηλίδης,2006; Zacharia,2007; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011).
- οι μαθητές καλούνται να μάθουν με ένα διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τα αυθεντικά, πραγματικά περιβάλλοντα στα οποία υλοποιούνται τα πραγματικά πειράματα (Steinberg,2000; Zacharia,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)
- υπεραπλουστεύουν τα σύνθετα συστήματα και φαινόμενα (Μιχαηλίδης,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Δενδρινός & Πατρινόπουλος,2009), δίνοντας την εντύπωση στους μαθητές ότι οι μεταβλητές μπορούν εύκολα να ελεγχθούν (ή ανεξάρτητα) με αποτέλεσμα να παρουσιαστεί σύγχυση με την πραγματικότητα. Ταυτόχρονα, πολλές φορές, οι μαθητές δεν συνειδητοποιούν ότι οι προσομοιώσεις είναι στην ουσία αναπαραστάσεις της θεωρίας και ότι τα φαινόμενα αυτά καθαυτά δεν λαμβάνουν χώρα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που προβλέπονται από το μοντέλο (Δενδρινός & Πατρινόπουλος,2009). Τα μοντέλα στις προσομοιώσεις περιέχουν ένα βαθμό υποκειμενικότητας καθώς βασίζονται στις προσωπικές επιλογές των κατασκευαστών του προγράμματος. Είναι πιθανόν, λοιπόν, οι μαθητές που εκτελούν πολύπλοκα προσομοιωμένα πειράματα να ενδυναμώνουν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες από το να οδηγούνται πλησιέστερα στις παραδεκτές επιστημονικές θεωρίες (Κυριάκη, 1997; Δημητρακοπούλου,1999; Νικολοπούλου,2000; Βρατσάλης,2002; Κόμης κ.ά.,2008). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους Marshall και Young (2006) η έλλειψη κατανόησης για το πώς λειτουργεί το λογισμικό Interactive Physics είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν παρανοήσεις στους φοιτητές σχετικά με το υπό μελέτη φαινόμενο
- οι μαθητές δεν πιστεύουν ότι οι αρχές και οι νόμοι που προκύπτουν από τα εικονικά πειράματα ισχύουν και στον πραγματικό κόσμο (Couture,2004; Jaakkola & Nurmi,2008)
- προσφέρουν, με τη χρήση ορισμένων λογισμικών, δισδιάστατες και μη ρεαλιστικές αναπαραστάσεις (Μικρόπουλος,2003)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Εννοιολογικοί προσδιορισμοί – Δυνατότητες & περιορισμοί των πραγματικών & εικονικών πειραμάτων

- στην προσομοίωση ενός φυσικού φαινομένου παρατηρείται μια απεικόνιση της πραγματικότητας, λιγότερο ή περισσότερο καλή (ανάλογα με τον βαθμό επιτήδευσης της προσομοίωσης), ποτέ όμως πλήρης (Μιχαηλίδης,2007:61)
- προσφέρουν λιγότερες ευκαιρίες στους μαθητές να ερμηνεύσουν όλες τις πτυχές του φαινομένου που μελετούν σε σχέση με τις ευκαιρίες που τους δίνονται στο πραγματικό πείραμα. Πιο συγκεκριμένα, ο Steinberg (2003) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι: «όταν ο υπολογιστής είναι αρμόδιος για το σύνολο της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, οι φοιτητές μπορούν να αφεθούν χωρίς να ερμηνεύσουν την πειραματική αβεβαιότητα» (σελ.202-203)
- οι σχέσεις πρέπει να προγραμματίζονται εκ των προτέρων (Snir et al.,1993; Hodson,1996; Kirschner & Huisman,1998; Chinn & Malhotra,2002; Hofstein & Lunetta,2004). Πιο συγκεκριμένα, στην άμεση παρατήρηση (ή πείραμα) για να αντλήσει στοιχεία ο παρατηρητής είναι υποχρεωμένος να κάνει ένα «κοσκίνισμα» ως προς το τι είναι σημαντικό και (ή) σχετικό με το αντικείμενο μελέτης και τι όχι, να έχει κάποια ιδέα για άλλες παραμέτρους που θεωρεί ασήμαντες ή σταθερές από παρατήρηση σε παρατήρηση. Η «υποχρέωση» αυτή του παρατηρητή μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη σύνθετων γνωστικών δεξιοτήτων (αξιολόγηση – εκτίμηση κατά την ταξινομία του Bloom). Στις προσομοιώσεις, αυτή η ευκαιρία δεν υπάρχει καθόσον ο προγραμματιστής της εφαρμογής έχει ήδη κάνει αυτή την επιλογή παραλείποντας όσα θεωρεί ως άσχετα με το υπό μελέτη θέμα και κατά συνέπεια παρουσιάζεται μια αναπαράσταση της πραγματικότητας εστιασμένη μόνο στα σημεία που θεωρούνται σημαντικά (Μιχαηλίδης,2007:61)
- απαιτούν, μερικές φορές, σημαντικό χρόνο ανάπτυξης και μεγάλο κόστος (Κόμης κ.ά.,2008)
- φαίνεται να χρησιμοποιούνται οι δυνατότητες τους, σε πολλές περιπτώσεις, χωρίς επισταμένη μελέτη της σύνδεσης τους με τους επιδιωκόμενους στόχους μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, γίνονται πολλές φορές εντυπωσιακές πολυμεσικές εφαρμογές, με κίνηση, ήχο, βίντεο κ.α., οι οποίες κρατούν, ίσως, ζωνρό το ενδιαφέρον των μαθητών, χωρίς όμως αντίστοιχα υψηλά αποτελέσματα μάθησης (Μιχαηλίδης,2007:64)
- δεν εγγυώνται ότι θα οδηγήσουν στην καλύτερη δυνατή λύση (Κόμης κ.ά., 2008). Για παράδειγμα, οι Marshall και Young (2006) διαπίστωσαν ότι: «η θεώρηση του υπολογιστή ως αλάνθαστη πηγή πληροφοριών (πρότυπο)

οδήγησε σε προβλήματα όταν δεν ανταποκρινόταν στις προσδοκίες των φοιτητών. Πιο συγκεκριμένα, ένα μέλος της ομάδας θεωρούσε τον υπολογιστή ως μια αλάνθαστη πηγή πληροφοριών. Όταν τον «πρόδωσε», ορκίστηκε να μη τον χρησιμοποιήσει ποτέ στην τάξη του» (σελ. 934)

4.5 Ο εποικοδομισμός και η αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ειδικότερα των προσομοιώσεων ως γνωστικού εργαλείου κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής

Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται ότι οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ειδικότερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές βρίσκονται σε μια διαδικασία ενσωμάτωσής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία - σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης- των Φυσικών Επιστημών (Τζιμογιάννης,2010:295). Οι πρόσφατες εντυπωσιακές εξελίξεις στα υπολογιστικά εργαλεία - υλικό και λογισμικό - δίνουν πια τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των Νέων Τεχνολογιών με κυρίαρχο τον υπολογιστή ακόμα και σε μικρούς μαθητές, όπως είναι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου (Μπελεσιώτης & Γκυρτής,2003:122).

Παράλληλα, οι ΤΠΕ φαίνεται να αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την υποστήριξη της διδασκαλίας και μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, περιλαμβάνοντας και υλοποιώντας χαρακτηριστικά που απαιτούνται από τις Φυσικές Επιστήμες (Καλκάνης,2002:62; Μικρόπουλος,2003:22; Τζιμογιάννης,2004:244; Matthews,2007:7; Ψύλλος, 2007:31; Ψύλλος κ.ά.,2008:384). Πιο συγκεκριμένα, μπορεί κανείς να ισχυρισθεί ότι η Φυσική αποτελεί ένα γνωστικό αντικείμενο στο οποίο αναδεικνύονται με ιδιαίτερο τρόπο οι δυνατότητες των ΤΠΕ τόσο κατά τη διδασκαλία όσο κατά την πειραματική - εργαστηριακή πρακτική (Καλκάνης, 2002:44). Αυτό οφείλεται κυρίως στις νέες έννοιες και τα φυσικά μεγέθη, που τις περισσότερες φορές βρίσκονται εκτός του άμεσου πεδίου αντίληψης στο φυσικό περιβάλλον, καθώς και στην πειραματική της φύση. Επιπρόσθετα, στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση πραγματεύονται ποιοτικά βασικές αρχές και έννοιες, χωρίς να δίνεται έμφαση στην μαθηματική τυποποίηση (Μικρόπουλος,2006:150).

Είναι γεγονός, λοιπόν, ότι η εκπαίδευση και μάλιστα οι Φυσικές Επιστήμες έχουν επηρεασθεί από τις αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο των ΤΠΕ (Τζιμογιάννης,2010:296). 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 (Τζιμογιάννης κ.α.,1998). Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τα φύλλα εργασίας (spreadsheets), τα εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή (computer-based labs) και τις εφαρμογές πολυμέσων (multimedia), οι προσομοιώσεις (simulations) είναι ένα από πιο σημαντικά εργαλεία, με τα οποία εξοικειώνονται εύκολα οι μαθητές και μπορούν να εισαχθούν άμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνολογιών αυτών και ειδικότερα των προσομοιώσεων είναι ότι διαμορφώνουν μία ριζικά διαφορετική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία (Μικρόπουλος,2006; Τζιμογιάννης,2007).

Βέβαια, ένα σημαντικό ζήτημα σχετικά με τις ΤΠΕ και τις προσομοιώσεις κατά τη διδασκαλία της Φυσικής είναι το πως μπορούν να αξιοποιηθούν παιδαγωγικά και να συμβάλλουν στην οικοδόμηση της γνώσης. Η προβληματική, λοιπόν, για την ουσιαστική ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαίδευση δεν επικεντρώνεται στη βελτίωση της παραδοσιακής διδακτικής πρακτικής, αλλά στοχεύει στην αναμόρφωση του ευρύτερου παιδαγωγικού πλαισίου και στην ουσιαστική ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας (Μικρόπουλος,2002:371;Τζιμογιάννης,2007:310).

Τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη μια μεγάλη συζήτηση σχετικά με τη χρήση των υπολογιστών ως γνωστικά εργαλεία στο πλαίσιο εποικοδομιστικών και κοινωνικογνωστικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία και μάθηση (Jonassen,2000; Κόμης,2004; Βιτούλης,2005; Μικρόπουλος,2006; Τζιμογιάννης, 2007; Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010). Ειδικότερα, η προσέγγιση αυτή επηρεάζεται κυρίως από τις εποικοδομιστικές θεωρίες για τη μάθηση που δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη – οικοδόμηση γνωστικών δομών και εννοιολογικών μοντέλων. Η βασική ιδέα είναι ότι οι υπολογιστές δεν διδάσκουν άμεσα δεξιότητες σκέψης αλλά οι μαθητές κατά την εργασία τους με τον υπολογιστή εσωτερικοποιούν τον τρόπο λειτουργίας του υπολογιστή ως γνωστικό εργαλείο για δική τους χρήση. Ο Jonassen (2000) αναφέρει ότι ο καλύτερος τρόπος για να μάθει κανείς νέες γνώσεις είναι να οικοδομήσει ένα υπολογιστικό σύστημα που μοντελοποιεί τη γνωστική περιοχή – στόχο. Στην κατεύθυνση αυτή θεωρεί τις ΤΠΕ ως γνωστικά εργαλεία και προτείνει ότι η χρήση τους θα πρέπει να στοχεύει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων, στην υποστήριξη των μαθητών για την επίλυση προβλημάτων και στη μοντελοποίηση λύσεων. Επίσης, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι τα γνωστικά εργαλεία δεν μπορούν να λειτουργήσουν από μόνα τους και να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν. Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν το κίνητρο και την ετοιμότητα να αναζητήσουν νέες

γνώσεις, να έχουν ευκαιρίες παράθεσης επιχειρημάτων και να δεχθούν ανάδραση στις δικές τους μαθησιακές ενέργειες (Τζιμογιάννης,2007:318).

Σε προέκταση των παραπάνω, ως γνωστικά εργαλεία (mindtools) ορίζονται εφαρμογές λογισμικού που δημιουργούνται ή τροποποιούνται και χρησιμοποιούνται από το μαθητή για να αναπαραστήσει τις γνώσεις του και τον εμπλέκουν απαραίτητα σε διεργασίες κριτικής σκέψης σχετικά με ένα υπό μελέτη θέμα (Jonassen,2000; Μικρόπουλος,2006:29; Μικρόπουλος,2009:7; Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010:63). Με βάση τον ορισμό των γνωστικών εργαλείων, ο υπολογιστής μετατρέπεται σε «διανοητικό συνεργάτη» του μαθητή με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης (Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010:63).

Γενικότερα, λοιπόν, με τον υπολογιστή ως γνωστικό εργαλείο, η παιδαγωγική αξιοποίηση των ΤΠΕ περνά σε ένα άλλο επίπεδο. Από την τεχνοκεντρική προσέγγιση του πληροφορικού αλφαριθμητισμού και της υποβοηθούμενης από υπολογιστή διδασκαλίας, στην εποικοδομητική συμβολή των ΤΠΕ στη μάθηση.

Επιπρόσθετα, τα γνωστικά εργαλεία συνεισφέρουν στην οικοδόμηση της γνώσης για τους εξής λόγους (Μικρόπουλος,2006:39 - 40; Μικρόπουλος,2009:7; Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010:63 – 64):

- Υποστηρίζουν την κατασκευή γνώσης μέσω της αναπαράστασης των ιδεών των μαθητών, της οργάνωσης βάσεων γνώσης από τους μαθητές, της δημιουργίας πλαισίων διατεταγμένων κατηγοριών ανάλυσης και κατανόησης δεδομένων
- Υποστηρίζουν την αναζήτηση, εξερεύνηση, διερεύνηση για πρόσβαση σε δυναμική πληροφορία και για σύγκριση καταστάσεων, προσεγγίσεων, εκδοχών
- Υποστηρίζουν τη μάθηση μέσω ενεργειών, μέσω προσομοιώσεων πραγματικών καταστάσεων και φαινομένων, παρέχοντας ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον εργασίας
- Υποστηρίζουν τη γνωστική σύγκρουση μέσω προσομοιώσεων, εικονικών πειραμάτων, καθώς επίσης και μέσω σύγκρισης αιτίων – αποτελεσμάτων
- Υποστηρίζουν τη μάθηση με συνδιαλλαγή μέσω της συνεργασίας με άλλους, της συζήτησης, καθώς επίσης και της επιχειρηματολογίας και συναίνεσης μεταξύ των μελών κοινοτήτων μάθησης

- Υποστηρίζουν τη μάθηση μέσω αναστοχασμού, βοηθώντας το μαθητή να διατυπώσει με σαφήνεια και να αναπαραστήσει τις γνώσεις του, βοηθώντας τον στην απόδοση νοήματος σε φυσικά μεγέθη και καταστάσεις

Το παραπάνω πλαίσιο οικοδόμησης της γνώσης μέσω των ΤΠΕ ως γνωστικών εργαλείων συμφωνεί με τις επτά αρχές σχεδίασης εποικοδομητικών μαθησιακών περιβαλλόντων (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:64–65), οι οποίες είναι οι παρακάτω: i) Παροχή πολλαπλών αναπαραστάσεων της πραγματικότητας και αποφυγή υπεραπλούστευσης κατά τη διδασκαλία με στόχο την αναπαράσταση της φυσικής πολυπλοκότητας του φυσικού κόσμου

ii) Εστίαση στην οικοδόμηση και όχι στην αναπαραγωγή της γνώσης

iii) Δημιουργία αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων

iv) Δημιουργία περιβαλλόντων βασισμένες σε πραγματικές καταστάσεις – μελέτες περίπτωσης

v) Καλλιέργεια του αναστοχασμού

vi) Υποστήριξη της οικοδόμησης της γνώσης ενταγμένης σε συγκεκριμένο περιεχόμενο και πλαίσιο

vii) Υποστήριξη της συνεργατικής οικοδόμησης της γνώσης μέσα από κοινωνική διαπραγμάτευση

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια ο υπολογιστής ως γνωστικό – διερευνητικό εργαλείο προτείνεται ως ο σημαντικότερος άξονας ένταξης των ΤΠΕ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η προσέγγιση αυτή αφορά κυρίως τη χρήση ανοιχτού λογισμικού με στόχο τη δυνατότητα διερεύνησης από τους μαθητές πραγματικών ή μη καταστάσεων για την οικοδόμηση της γνώσης (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:60). Σε αυτό, λοιπόν, το πλαίσιο, όπως προαναφέρθηκε, τα λογισμικά προσομοίωσης (εικονικά πειράματα) μπορεί να αξιοποιηθούν ως γνωστικά εργαλεία στη μάθηση και διδασκαλία της Φυσικής σε μαθητές δημοτικών σχολείων, γεγονός το οποίο υλοποιείται στην παρούσα έρευνα αφού αποτελούν ένα από τα μέσα (το άλλο είναι τα πραγματικά πειράματα) με το οποίο θα υλοποιηθούν τα πειράματα με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης και ειδικότερα την πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής των εναλλακτικών ιδεών στις υπό διερεύνηση έννοιες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΕΜΠΤΟ

Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών

5.1 Η σκοπιμότητα - αναγκαιότητα της έρευνας μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση για την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση και ειδικότερα για τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων ανέδειξε ότι παρότι έχουν υλοποιηθεί σημαντικές έρευνες¹⁵, σχετικά με αυτό το σύγχρονο και ενδιαφέρον ζήτημα, δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά και εκτεταμένα η ερευνητική αντιμετώπισή του (και ιδιαίτερα σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης¹⁶).

Στην παραπάνω διαπίστωση συγκλίνουν και πολλοί ερευνητές, οι οποίοι στα συμπεράσματα των μελετών τους επισημαίνουν την αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα του συγκεκριμένου ζητήματος. Για παράδειγμα, υπάρχουν ερευνητές (Rosenquist et al., 2000) που τονίζουν ότι το ζήτημα της «ανταλλαξιμότητας» ή «αντικατάστασης» των πραγματικών πειραμάτων με τα εικονικά πειράματα κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής προκαλεί σύγχυση και προτείνουν περαιτέρω έρευνες που μπορούν να δώσουν πιο οριστικές απαντήσεις.

Στην ίδια λογική, ο Kocijancic (2002:32) επειδή διαπιστώνει ότι υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το είδος του πειράματος που είναι αποτελεσματικότερο προτείνει περαιτέρω έρευνα και πιο συγκεκριμένα επισημαίνει ότι πρέπει να προσδιοριστεί ποιοι στόχοι επιτυγχάνονται καλύτερα με το παραδοσιακό εργαστήριο και ποιοι με ένα βασισμένο σε υπολογιστή εργαστήριο.

Ταυτόχρονα, στα συμπεράσματα μιας μελέτης σχετικά με τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση Γάλλων Εκπαιδευτικών, οι Καλογιαννάκης και Caillot (2003) επισημαίνουν την αναγκαιότητα διερεύνησης του ζητήματος με την εξής χαρακτηριστική αναφορά: «μολονότι η ευρεία χρήση των πειραμάτων προσομοίωσης αποτελεί μια καινοτομία, παραμένει πάντα το ερώτημα για το πότε η προσομοίωση θα πρέπει να αντικαταστήσει ένα πείραμα» (σελ.67).

Παράλληλα, οι Triona και Klahr (2003) τονίζουν ότι μέχρι την υλοποίηση της έρευνάς τους δεν υπήρχε ούτε θεωρητικό ούτε εμπειρικό έδαφος για την πρόβλεψη

¹⁵ Ωστόσο, παρότι έχει υλοποιηθεί πλήθος ερευνών σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, ελάχιστες έρευνες συγκρίνουν αποκλειστικά την επίδραση μόνο των εικονικών πειραμάτων σε σχέση μόνο με τα πραγματικά και με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση.

¹⁶ Η έρευνα για το συγκεκριμένο θέμα σε πληθυσμούς μαθητών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι σχετικά περιορισμένη (Triona & Klahr, 2003; Jaakkola & Nurmi, 2004; Jaakkola & Nurmi, 2008) και μάλιστα μόνο στην έρευνα των Triona και Klahr (2003) μελετάται αποκλειστικά η σύγκριση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

σχετικά με το εάν η εικονική ή η φυσική παρουσίαση των εκπαιδευτικών αντικειμένων θα είναι αποτελεσματικότερη. Ειδικότερα, αναφέρουν ότι: «υπάρχουν εκπληκτικά λίγες μελέτες που αξιολογούν ευθέως την επίδραση της χρήσης υπολογιστή ή φυσικών αντικειμένων κατά την διάρκεια της διδασκαλίας» (σελ. 151). Στο τέλος της έρευνάς τους επισημαίνουν ότι υπάρχει χώρος για να γίνουν πολλές έρευνες, έτσι ώστε να εξεταστεί λεπτομερώς το ζήτημα της σύγκρισης των πραγματικών πειραμάτων σε σχέση με τα εικονικά πειράματα σε διαφορετικές θεματικές περιοχές και σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια.

Παρόμοιες αναφορές καταγράφονται και από άλλους ερευνητές. Πιο συγκεκριμένα, οι Ζαχαρία και Ευαγόρου (2004) τονίζουν ότι: «παρά τις πολλές έρευνες στη διδακτική των φυσικών επιστημών για αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και του τρόπου αξιοποίησης του πειραματισμού μέσω των αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων και του εργαστηριακού πειραματισμού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη για σύγκριση της επίδρασης των δύο αυτών μεθόδων πειραματισμού στη διαδικασία μάθησης και διδασκαλίας» (σελ.345). Ακόμη, στα συμπεράσματα της μελέτης τους σημειώνουν ότι: «επιβάλλεται η συνέχιση της συγκεκριμένης έρευνας, εάν θέλουμε να εφαρμόσουμε αποτελεσματικά τις δύο αυτές μεθόδους πειραματισμού στη διαδικασία μάθησης» (σελ. 349).

Επιπρόσθετα, ο Keller (2004) επισημαίνοντας την αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων, αναφέρει χαρακτηριστικά στα συμπεράσματα της εργασίας του ότι: «το καλύτερο που μπορούμε να κάνουμε είναι να εξετάσουμε τις προσομοιώσεις σε διάφορα περιβάλλοντα και να μελετήσουμε τι κερδίζουν και τι δεν κερδίζουν οι φοιτητές με τη χρήση τους» (σελ.8).

Ταυτόχρονα, οι Finkelstein et al. (2005) στη βιβλιογραφική ανασκόπηση του άρθρου τους αναφέρουν ότι έχουν βρει λίγες έρευνες που διερευνούν τα αποτελέσματα στη μάθηση μετά την αντικατάσταση των προσομοιώσεων μόνο με τα πραγματικά αντικείμενα. Το γεγονός αυτό πιστοποιεί το έλλειμμα έρευνας στο συγκεκριμένο ζήτημα και αναδεικνύει έναν ακόμη λόγο για τη σκοπιμότητα της υλοποίησης της παρούσας έρευνας.

Σε προέκταση της παραπάνω διαπίστωσης, σε μια άλλη έρευνα των Klahr et al. (2007) που αναφέρεται στη σχετική αποτελεσματικότητα φυσικών εναντίον των εικονικών αντικειμένων σε ένα πρόγραμμα σχεδίου εφαρμοσμένης μηχανικής από τους μαθητές μέσης εκπαίδευσης, οι ερευνητές θεωρούν ότι πρέπει να ερευνηθεί

περαιτέρω η αποτελεσματικότητα των φυσικών και εικονικών αντικειμένων στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής προκειμένου να προαχθεί η βέλτιστη χρήση τους (Klahr et al.,2007:185,199).

Παράλληλα, σε μια ομιλία του ο Ψύλλος (2007) σημειώνει το πρόσφατο και έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων και πιο συγκεκριμένα αναφέρει ότι: «πρόσφατα διενεργούνται έρευνες στις οποίες συγκρίνονται αποτελέσματα σχετικά με την κατανόηση των γνώσεων σε περιοχές όπως η θερμότητα και ο ηλεκτρισμός, καθώς και πειραματικών διαδικασιών από μαθητές οι οποίοι έχουν συμμετάσχει σε εργαστηριακές διδασκαλίες με πραγματικά και εικονικά εργαστήρια» (σελ. 39).

Επίσης, οι Ολυμπίου κ.ά. (2007) υπογραμμίζουν τη σημαντική ανάγκη για σύγκριση της επίδρασης του Πειραματισμού σε Πραγματικό Εργαστήριο και του Πειραματισμού σε Εικονικό Εργαστήριο.

Σε συνάφεια με τα παραπάνω, ο Zacharia (2007) στα συμπεράσματα της έρευνας του τονίζει χαρακτηριστικά τα εξής: «Μένουν πολλά να μάθουμε για τον αντίκτυπο που έχει ο Πραγματικός και Εικονικός Πειραματισμός σε διαφορετικούς τομείς και σε διαφορετικές διδακτικές καταστάσεις» (σελ. 129 – 130).

Οι Van Joolingen et al. (2007) συγκέντρωσαν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών σχετικά με τη χρήση αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων που στηρίζονται στην προσέγγιση της «έρευνας με διερώτηση» και υποστηρίζουν ότι η σύγκριση του πραγματικού με το εικονικό πείραμα είναι ένα πρόσφατο θέμα με αποτέλεσμα να υπάρχει μια ανάγκη για περισσότερες έρευνες που θα συγκρίνουν τα αληθινά με τα εικονικά εργαστηριακά πειράματα στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Σε μια άλλη εργασία (Zacharia & Constantinou,2008), στην οποία διερευνάται αποκλειστικά η σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα πραγματικά, οι ερευνητές αναφορικά με την αναγκαιότητα του ζητήματος της σύγκρισης αυτών των δύο ειδών πειραματισμού, επισημαίνουν ότι παραμένει ανοιχτό το ερώτημα σχετικά με κάτω από ποιες συνθήκες είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί το εικονικό ή πραγματικό πείραμα κατά τη διδασκαλία και μάθηση. Επίσης, προσθέτουν χαρακτηριστικά ότι: «Είναι ουσιαστικό να επεκταθεί η εμπειρική βάση μέσω παρόμοιας έρευνας για να εξετάσει περαιτέρω τις προοπτικές ενσωμάτωσης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, καθώς επίσης και για να στηρίξει τις θεωρητικές υποθέσεις

σχετικά με ένα πλαίσιο για τον τρόπο ενσωμάτωσης των φυσικών και εικονικών πειραμάτων μέσα στα μαθησιακά περιβάλλοντα φυσικής» (σελ. 428).

Παράλληλα, οι Zacharia et al. (2008:1032) αναφέρουν ότι παρότι στην εργασία τους προκύπτουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα με τη χρήση των εικονικών πειραμάτων, δεν μπορεί κανείς να ισχυρισθεί με απόλυτη βεβαιότητα ότι τα εικονικά πειράματα αντικαθιστούν αποτελεσματικότερα τα πραγματικά. Ωστόσο, επισημαίνουν ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα, για να επιβεβαιωθεί η ανωτερότητα των εικονικών πειραμάτων έναντι των πραγματικών.

Οι Ολυμπίου και Ζαχαρία (2009), επεκτείνοντας σε μεγαλύτερο βάθος το ζήτημα της σύγκρισης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, επισημαίνουν ορισμένες μεθοδολογικές αδυναμίες στις έρευνες που υλοποιήθηκαν σχετικά με τη σύγκριση των δύο ειδών πειραματισμού. Για παράδειγμα, προβαίνουν στις εξής επισημάνσεις: «οι πλείστες συγκρίσεις που έγιναν ανάμεσα στα εικονικά και τα πραγματικά εργαστήρια δεν διατηρούσαν σταθερή τη διδακτική προσέγγιση και τη μέθοδο διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε» (σελ.625). Με άλλα λόγια, μέσα από αυτές τις επισημάνσεις τονίζουν ότι υπάρχει σημαντικό έλλειμμα από έρευνες που θα συγκρίνουν τα εικονικά και πραγματικά πειράματα, με την προϋπόθεση όμως ότι θα ελέγχονται συνειδητά οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό και η προστιθέμενη αξία του κάθε μέσου πειραματισμού.

Ακόμη, μέσα από μια συναφή έρευνα (Ευαγγέλου & Κώτση,2009) προκύπτει ότι υλοποιούνται ελάχιστες έρευνες, σε διεθνές επίπεδο, με συμμετέχοντες μαθητές δημοτικών σχολείων και με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Μέσα από αυτή την έρευνα προτείνεται η συγκριτική μελέτη των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων και μάλιστα σε μαθητές δημοτικών σχολείων.

Επιπρόσθετα, μολονότι σε μια έρευνα που υλοποιήθηκε σε φοιτητές Πανεπιστημίου για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, προκύπτει ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι υψηλότερα μετά τη χρήση εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τη χρήση πραγματικών, ο ερευνητής επισημαίνει ότι δεν ερευνάται λεπτομερώς η αντικατάσταση των πραγματικών εργαστηρίων με τις προσομοιώσεις. Επειδή, μάλιστα, πρόκειται για ένα ζήτημα ζωτικής σημασίας είναι ενδεδειγμένο να υλοποιηθούν περαιτέρω μελέτες τόσο σε άλλες έννοιες του Ηλεκτρισμού όσο και σε άλλες θεματικές ενότητες της Φυσικής (Tarekegn,2009:514,516).

Στα συμπεράσματα πρόσφατης έρευνας (Ταραμόπουλος κ.ά,2010), στην οποία διερευνάται η επίδραση μόνο εικονικών πειραμάτων (χωρίς να γίνεται σύγκριση με τα πραγματικά) στη διδασκαλία Φυσικής, οι ερευνητές αναφέρουν ότι θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθεί στο μέλλον μία αναλυτική σύγκριση της εννοιολογικής βελτίωσης κατά τη διδασκαλία με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης που χρησιμοποίησαν (το Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον – ΑΜΑΠ που σχεδιάστηκε ως ένα πολύ – λειτουργικό λογισμικό εικονικού εργαστηρίου στο χώρο της Οπτικής και του Ηλεκτρισμού) σε σχέση με τη διδασκαλία με χρήση του παραδοσιακού εργαστηρίου.

Σε συνάφεια της παραπάνω πρότασης, οι Başer και Durmuş (2010) επισημαίνουν ότι: «η σύγκριση των εικονικών έναντι των πραγματικών πειραμάτων είναι ένα νέο θέμα – ζήτημα κατά τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών» (σελ. 50).

Τέλος, σε μια εντελώς πρόσφατη έρευνα, οι ερευνητές (Zacharia & Olympiou, 2011:329) αναφέρουν ότι από τα συμπεράσματα της έρευνάς τους προκύπτει ότι απαιτείται μια αναθεώρηση του πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες ώστε να περιλαμβάνει και τον εικονικό πειραματισμό. Ωστόσο, επισημαίνουν ότι αυτή η πρόκληση δημιουργεί την ανάγκη για τη δημιουργία ενός συγκεκριμένου πλαισίου ενσωμάτωσης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Με βάση, λοιπόν, αυτή την τελευταία διαπίστωσή τους θεωρούν αναγκαία μια περαιτέρω έρευνα που θα εξετάζει λεπτομερώς τις προοπτικές και τους τρόπους ενσωμάτωσης των δύο ειδών πειραματισμού στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Οι προτάσεις, λοιπόν, που τίθενται από τις παραπάνω ερευνητικές εργασίες τονίζουν την αναγκαιότητα και τη σκοπιμότητα, ώστε να υπάρξει μια περαιτέρω έρευνα που θα διερευνά σε βάθος την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση. Οι προτάσεις αυτές σε συνδυασμό με το γεγονός ότι από τη συνολική θεώρηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας δεν υπάρχουν σαφείς και ευδιάκριτες απαντήσεις σχετικά με τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας του εικονικού ή του πραγματικού πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής με στόχο την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών προς τις αντίστοιχες επιστημονικές, προβάλλουν επιτακτική την ανάγκη μιας εκτεταμένης μελέτης και ειδικότερα την εκπόνηση διδακτορικής διατριβής για τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής από μαθητές δημοτικών σχολείων.

Με άλλα λόγια, πρέπει να σημειωθεί ότι στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρά τις πολλές και αξιόλογες μελέτες για αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και του τρόπου αξιοποίησης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση της Φυσικής, η έρευνα έχει προχωρήσει μόνο ως ένα σημείο. Κατά συνέπεια, η εκπόνηση της παρούσας έρευνας είναι αναγκαία και απαραίτητη, έτσι ώστε να συμβάλλει σε μια βαθύτερη προσέγγιση αναφορικά με την αποτελεσματικότητα, την επίδραση και την αξιοποίηση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

5.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσα από μια εκτεταμένη αναζήτηση σε έντυπες και ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες και πηγές είχε ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό, τη συγκέντρωση και τη διεξοδική μελέτη τριάντα πέντε (35) ερευνών¹⁷, οι οποίες αναφέρονται στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας (επίδρασης) των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής και πιο συγκεκριμένα στη σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά από την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής.

Ένα κύριο ερώτημα που προέκυψε ήταν ο τρόπος ταξινόμησης - ομαδοποίησης αυτών των ερευνών, έτσι ώστε να μελετηθούν και να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για την περαιτέρω υλοποίηση της παρούσας έρευνας. Γι' αυτό το λόγο, οι έρευνες αυτές ταξινομήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που έχουν συναγάγει οι συγγραφείς τους (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2007; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009).

Επιπρόσθετα, μέσα από αυτή την ταξινόμηση επιδιώκεται να κατανοηθούν καλύτερα οι δυνατότητες των δύο ειδών πειραμάτων και η αποτελεσματική εφαρμογή και χρήση τους στη διδασκαλία της Φυσικής, για την κατανόηση βασικών εννοιών και για την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών ή των φοιτητών προς τις αντίστοιχες επιστημονικές.

¹⁷ Πιθανόν να υπάρχουν και κάποιες έρευνες που έχουν προκύψει μετά τη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής, με αποτέλεσμα να μην έχουν εντοπιστεί και να μην περιλαμβάνονται στην παρούσα διατριβή.

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω δημιουργούνται τέσσερις κατηγορίες ερευνών που είναι οι εξής:

I) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα είναι παρόμοια (δεν υστερούν) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Choi & Gennaro,1987; Arshadi,1992; Baxter,1995; Wilson,2001; Triona & Klahr,2003; Keller et al.,2005; Klahr et al.,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Başer & Durmuş,2010; Ταραμόπουλος κ.ά., 2011; Zacharia & Olympiou,2011)

II) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Ronen & Eliahu, 1999; Goldberg & Otero,2001; Zacharia & Anderson,2003; Zacharia,2003; Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004; Παναγιωτακόπουλος κ.ά.,2004; Jaakkola & Nurmi,2004; Keller,2004; Finkelstein et al.,2004; Finkelstein et al.,2005; Wieman & Perkins,2005; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008; Tarekegn,2009)

III) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε πραγματικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των εικονικών πειραμάτων (Steinberg, 2003; Marshall & Young,2006; Srinivasan et al.,2006)

IV) Έρευνες στις οποίες δε δίνονται οριστικές απαντήσεις για τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων (Rosenquist et al.,2000; Καλογιαννάκης & Caillot,2003; Kocijancic & O'Sullivan,2004; Marshall,2005; Chini et al.,2010)

Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι στην παραπάνω ταξινόμηση των ερευνών υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί. Πιο αναλυτικά:

α) η ηλικία των συμμετεχόντων δεν είναι η ίδια για όλες τις έρευνες. Για παράδειγμα, οι έρευνες αναφέρονται τόσο σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης όσο και σε φοιτητές της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης

β) η θεματική ενότητα των ερευνών ποικίλει. Για παράδειγμα, υπάρχουν έρευνες που αναφέρονται στον Ηλεκτρισμό, στη Μηχανική, στη Θερμότητα, κλπ.

γ) οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων δεν έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, σε αρκετές έρευνες οι ερευνητές χρησιμοποίησαν έτοιμα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) που δημιουργούνταν με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης, όπως το λογισμικό Circuit Construction Kit (CCK), το Virtual Labs Electricity, το Interactive Physics, το Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π. (ή ThermoLab), κ.ά, σε ορισμένες έρευνες τα

εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) κατασκευάστηκαν από τους ίδιους τους ερευνητές (Ιδιοκατασκευές) και σε ελάχιστες χρησιμοποιήσαν έτοιμα εικονικά πειράματα από προσομοιώσεις του Διαδικτύου

δ) σε ελάχιστες έρευνες αφαιρούνται οι επιπλέον δυνατότητες των λογισμικών προσομοίωσης. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλές έρευνες στις οποίες τα εικονικά πειράματα παρουσιάζονται να υπερέχουν των πραγματικών ως προς συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα λόγω των πρόσθετων δυνατοτήτων που μπορούν να προσφέρουν, όπως είναι η οπτική αναπαράσταση του μικρόκοσμου και ειδικότερα της ροής των ηλεκτρονίων (Keller,2004; Jaakkola & Nurmi,2004; Finkelstein et al.,2005; Tarekegn,2009; Başer & Durmuş,2010), οι γραφικές παραστάσεις (Zacharia,2007; Chini et al.,2010), η εξοικονόμηση χρόνου (Goldberg & Otero,2001; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008), κτλ.

ε) σε ελάχιστες έρευνες (Triona & Klahr,2003; Klahr et al.,2007; Zacharia & Constantinou, 2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011) ελέγχονται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό, ο ερευνητής και ο χρόνος υλοποίησης των πειραμάτων

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι οι βασικοί άξονες παρουσίασης και κριτικής ανάλυσης των ερευνών, οι οποίες περιγράφονται λεπτομερώς στις παρακάτω υποενότητες, είναι:

- i) τα περιγραφικά χαρακτηριστικά κάθε έρευνας (μέγεθος δείγματος, ηλικία μαθητών ή φοιτητών κ.ά.)
- ii) οι διδακτικές προσεγγίσεις που υποστήριζαν τα πειράματα
- iii) οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων
- iv) η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε (μέθοδοι συλλογής και ανάλυσης δεδομένων)
- v) τα ερευνητικά, τα μαθησιακά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που έχουν διατυπώσει οι συγγραφείς

5.2.1 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα είναι παρόμοια (δεν υστερούν) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων

Αρχικά, στην πρώτη κατηγορία, όπου τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα είναι παρόμοια (δεν υστερούν) σε σύγκριση

με αυτά των πραγματικών πειραμάτων, εντάσσεται η έρευνα των Choi και Gennaro (1987). Πρόκειται για μια σχετικά διευρυμένη έρευνα που πραγματοποίησαν οι Choi και Gennaro (1987) σε 128 μαθητές γυμνασίου (ηλικίας 14 ετών), που βάλλεται ωστόσο ως προς τη δειγματοληπτική αντιπροσωπευτικότητά της, καθώς τα υποκείμενα της έρευνας προέρχονταν από ένα μόνο σχολείο (Βιτούλης, 2005). Σε αυτή την έρευνα υποστηρίζεται το εφάμιλλο της αποτελεσματικότητας της μάθησης μέσω της χρησιμοποίησης εφαρμογών προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, με την αντίστοιχη μάθηση που πραγματοποιήθηκε σε πραγματικές συνθήκες εργαστηρίου. Με άλλα λόγια, οι ερευνητές συνέκριναν την αποτελεσματικότητα της εμπειρίας σε προσομοίωση με μικροϋπολογιστή με την εργαστηριακή εμπειρία με πραγματικά αντικείμενα αναφορικά με την έννοια του όγκου του υγρού που εκτοπίζεται και διαπίστωσαν ότι η προσομοίωση στον υπολογιστή ήταν τόσο αποτελεσματική όσο και η εργαστηριακή εμπειρία με πραγματικά αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές χωρίστηκαν τυχαία σε 2 ομάδες, στην ομάδα ελέγχου (πραγματικά αντικείμενα) και στην πειραματική ομάδα (προσομοίωση με μικροϋπολογιστή). Και οι δύο ομάδες διδάχθηκαν σε έξι ίδιες έννοιες που σχετίζονται με την έννοια του όγκου του υγρού που εκτοπίζεται. Σχεδιάστηκαν πέντε πειράματα με τα πραγματικά αντικείμενα παράλληλα με τα πέντε πειράματα προσομοίωσης στον μικροϋπολογιστή. Τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν ένα τεστ 20 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής και ένα μετατεστ. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).

Σε μια διδακτορική διατριβή (Arshadi, 1992) σχεδιάστηκε μια μελέτη με σκοπό να συγκρίνει και να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης της εργαστηριακής εκπαίδευσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή με την παραδοσιακή εργαστηριακή διδασκαλία (χρησιμοποιώντας πραγματικούς παράγοντες ηλεκτρονικής) για την εκπαίδευση φοιτητών πάνω στα ηλεκτρονικά κυκλώματα στερεάς κατάστασης. Στο πείραμα αυτής της μελέτης σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε μια ομάδα ελέγχου πριν και μετά τη δοκιμασία. Ο ερευνητής ανέθεσε τυχαία θέματα σε συγκεκριμένες ομάδες και πιο συγκεκριμένα στην πειραματική ομάδα (χρησιμοποίησε την προσομοίωση) και στην ομάδα ελέγχου (χρησιμοποίησε την παραδοσιακή εργαστηριακή διδασκαλία). Στους φοιτητές δόθηκαν προτεστ και μετατεστ για τη συλλογή δεδομένων. Τέλος, τα ευρήματα δεν έδειξαν σημαντική διαφορά μεταξύ της διδασκαλίας με προσομοίωση και της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας.

Ο Baxter (1995) συνέκρινε δύο μεθόδους πειραματισμού για το πώς 100 μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου μπορούν να λύσουν ένα πρόβλημα ηλεκτρικών κυκλωμάτων και ειδικότερα τις δραστηριότητες (φύλλο εργασιών) με τίτλο: «Ηλεκτρικά μυστήρια» («Electric Mysteries»). Τα «ηλεκτρικά μυστήρια» είναι μια διερεύνηση σχετικά με ηλεκτρικά κυκλώματα στα οποία οι μαθητές καθορίζουν το περιεχόμενο έξι «κιβωτίων μυστηρίου» με τη σύνδεση καλωδίων, μπαταριών και λαμπών στα κιβώτια. Η διερεύνηση αυτή πραγματοποιήθηκε με δύο μεθόδους πειραματισμού. Στη μία μέθοδο οι μαθητές χρησιμοποίησαν πραγματικά κιβώτια, με καλώδια και λάμπες που μπορούν να τα χειριστούν με φυσικό τρόπο και στην άλλη χρησιμοποίησαν μία προσομοίωση υπολογιστών με εικονικά κιβώτια, καλώδια και λάμπες που μπορούν να τα χειριστούν στην οθόνη του υπολογιστή χρησιμοποιώντας το ποντίκι.

Η μέθοδος συλλογής δεδομένων ήταν ένα φύλλο αξιολόγησης που δόθηκε σε κάθε μαθητή, ο οποίος έπρεπε να προσδιορίσει σωστά το περιεχόμενο ενός κιβωτίου και να σχεδιάσει το σωστό κύκλωμα που χρησιμοποίησε για να προσδιορίσει το περιεχόμενο. Η ανάλυση των δεδομένων (που προέκυψαν από το φύλλο αξιολόγησης) έγινε με ένα σύστημα πόντων (Shavelson et al., 1991, όπ. αναφ. στο Baxter, 1995), σύμφωνα με το οποίο κάθε μαθητής λαμβάνει ένα πόντο εάν απαντήσει ορθά για το περιεχόμενο κάθε κιβωτίου. Η βαθμολογία κυμαίνεται από μηδέν μέχρι ένα πόντο για κάθε κιβώτιο και το μέγιστο είναι έξι πόντοι (έξι κιβώτια) για όλη την έρευνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέση απόδοση των μαθητών ήταν περίπου ίση και για τις δύο μεθόδους πειραματισμού.

Σε μια διδακτορική διατριβή ο ερευνητής (Wilson, 2001) συνέκρινε, αξιοποιώντας φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, την εργαστηριακή προσομοίωση με την παραδοσιακή πρακτική εργαστηριακή διδασκαλία στην ενότητα της δυναμικής των ρευστών. Σε αυτήν τη διατριβή συμμετείχαν τέσσερα τμήματα, της ίδιας σειράς μαθημάτων κολεγίων, με συνολικά 70 φοιτητές. Μετά από την ίδια διάλεξη στον ίδιο χρόνο, οι φοιτητές χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες επεξεργασίας. Η ομάδα Β ολοκλήρωσε τις πρώτες δύο εργαστηριακές αναθέσεις χρησιμοποιώντας τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας δυναμικής των ρευστών, ενώ η ομάδα Α ολοκλήρωσε τις πρώτες δύο εργαστηριακές αναθέσεις χρησιμοποιώντας το αυτοματοποιημένο πρόγραμμα προσομοίωσης δυναμικής των ρευστών.

Ο ερευνητής για να καθορίσει τη σχέση των δύο μεθόδων χρησιμοποίησε ως μέσα συλλογής δεδομένων ένα γνωστικό γραπτό όργανο (τεστ) και ένα ψυχοκινητικό

όργανο επίδοσης (ψυχομετρικό τεστ). Όταν ολοκληρώθηκε η σειρά μαθημάτων, χορηγήθηκε η δοκιμασία Group Embedded Figures Test (ή GEFT) σε όλους τους φοιτητές για να καθοριστούν οι μορφές της γνωστικής μάθησης για κάθε θέμα. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το t – test.

Από τα συμπεράσματα της διατριβής προκύπτει ότι μπορούν να επιτευχθούν παρόμοια αποτελέσματα σε μια ψυχοκινητική αξιολόγηση απόδοσης (ψυχομετρικό τεστ) εάν η διδασκαλία γίνεται είτε με ένα αυτοματοποιημένο πρόγραμμα προσομοίωσης είτε με έναν παραδοσιακό εκπαιδευτή για να διδάξει τα βασικά στοιχεία κυκλώματος δυναμικής των ρευστών.

Οι Triona και Klahr (2003) συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα δύο διδακτικών περιπτώσεων που διαφέρουν μόνο στο μέσο με το οποίο παρουσιάστηκαν. Πιο συγκεκριμένα, 92 μαθητές δημοτικού σχολείου διδάχθηκαν στη μία περίπτωση χρησιμοποιώντας φυσικά, εύχρηστα αντικείμενα (αληθινά ελατήρια και βάρη). Αντίθετα, στην άλλη περίπτωση διδάχθηκαν χρησιμοποιώντας εικονικά, βασισμένα σε υπολογιστή, αντικείμενα που ήταν κατά τα άλλα παρόμοια με τα φυσικά αντικείμενα (τα ίδια αληθινά ελατήρια και βάρη απεικονίστηκαν στην οθόνη του υπολογιστή). Πρέπει να σημειωθεί ότι ελέγχθηκαν όλες οι άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως ο εκπαιδευτικός, το σχέδιο του μαθήματος, το διδακτικό σενάριο, ο χρόνος του μαθήματος, ο αριθμός και ο τύπος των παραδειγμάτων, οι τύποι των ερωτήσεων και η εξέταση από το δάσκαλο. Όπως προαναφέρθηκε, μόνο το μέσο της παρουσίασης - εικονικό ή φυσικό – ήταν διαφορετικό στις δύο περιπτώσεις.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο διαφορετικές περιπτώσεις βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομιστικής προσέγγισης.

Οι μαθητές εργάστηκαν με το πεδίο του ελατηρίου και στις φυσικές και εικονικές εκδοχές του. Και στις δύο καταστάσεις, οι μαθητές επέλεξαν από οκτώ διαφορετικά ελατήρια που ποίκιλλαν σε τρεις διαστάσεις (το καθένα είχε δύο επίπεδα): μήκος (μακρύ ή κοντό), πάχος (ευρύ ή στενό) και μέγεθος σύρματος (λεπτό ή παχύ). Η τέταρτη παράμετρος ήταν η μάζα του βαριδίου που μπορούσε να προσκολληθεί σε κάθε ελατήριο (βαρύ ή ελαφρύ).

Όλοι οι μαθητές συμμετείχαν σε 3 φάσεις: α) στο προτεστ και στην εκπαίδευση, β) στο μετατεστ και γ) στην μεταφορά. Αναλυτικότερα, στην πρώτη φάση με τη χρήση του προτεστ οι ερευνητές προσδιόρισαν την αρχική γνώση των μαθητών για το πεδίο

του ελατηρίου. Στη συνέχεια αυτής της φάσης, ένας εκπαιδευτής παρουσίασε τα είδη των ελατηρίων (είτε φυσικά είτε εικονικά αντικείμενα, ανάλογα με την κατάσταση) και εισήγαγε τις 4 παραμέτρους (μήκος, πάχος, μέγεθος σύρματος και βάρος). Επιπροσθέτως, τους παρουσιάστηκε η κλίμακα αξιοπιστίας σχετικά με τις απαντήσεις που θα έδιναν στις ερωτήσεις. Τέλος, σχεδίασαν και εκτέλεσαν τέσσερα πειράματα: δύο πειράματα που επικεντρώθηκαν στην επίδραση του μήκους του ελατηρίου και δύο που επικεντρώθηκαν στο πάχος του ελατηρίου.

Στην δεύτερη φάση, με το μετατεστ αξιολογήθηκε η άμεση επίδραση της εκπαίδευσης. Στην τρίτη φάση, και στις δύο καταστάσεις οι μαθητές εργάστηκαν με φυσικά υλικά, τους αναβατήρες (ή ράμπες) (Triona & Klahr, 2003:158-159).

Το όργανο συλλογής δεδομένων ήταν η συνέντευξη. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές έδωσαν συνέντευξη ξεχωριστά σε ένα ήσυχο δωμάτιο και όλες οι δραστηριότητες τους, μαζί με τα πειραματικά τους σχέδια και τις προφορικές επεξηγήσεις, καταγράφονταν σε βίντεο για περαιτέρω κωδικοποίηση και ανάλυση. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA), το στατιστικό κριτήριο χ^2 και το στατιστικό κριτήριο Paired Samples t-test.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, σύμφωνα με τους ερευνητές, προτείνουν ότι: «οι μαθητές της Τετάρτης και Πέμπτης τάξης δημοτικού σχολείου που διδάχθηκαν να σχεδιάζουν πειράματα, διδάχθηκαν εξίσου καλά είτε με τα εικονικά είτε με τα φυσικά υλικά» (Triona & Klahr, 2003:170). Με άλλα λόγια, οι μαθητές μπορούν με αντίστοιχη επιτυχία να μάθουν να σχεδιάζουν απλά πειράματα, είτε ασκηθούν με εικονικά είτε με πραγματικά (φυσικά) αντικείμενα.

Σε μια άλλη έρευνα οι Keller et al. (2005) συνέκριναν την απόδοση των φοιτητών χρησιμοποιώντας είτε μια διαδραστική προσομοίωση (Circuit Construction Kit, CCK) είτε τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό σχετικά με την κατανόηση των κυκλωμάτων συνεχούς τάσης. Η προσομοίωση διαθέτει εικονικό εξοπλισμό, όπως μπαταρίες, καλώδια, αντιστάσεις, λαμπτήρες, διακόπτες, αμπερόμετρο και βολτόμετρο, ο οποίος είναι ίδιος με τον πραγματικό εξοπλισμό. Ακόμη, η προσομοίωση δοκιμάστηκε από την ομάδα Physics Education Technology (PhET) στο Πανεπιστήμιο του Colorado.

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε 364 φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην πειραματική ομάδα (N=184 φοιτητές) που

χρησιμοποίησε την προσομοίωση και στην ομάδα ελέγχου (N=180 φοιτητές) που χρησιμοποίησε τον πραγματικό εξοπλισμό.

Ως μέσο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο διαγωνισμός Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA), ο οποίος περιείχε 31 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Η αξιολόγηση και η ανάλυση των στοιχείων για την εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών έγινε με βάση την βαθμολογία των φοιτητών σε τέσσερις διαγωνισμούς κατά τη διάρκεια εξαμήνου.

Με βάση τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαρκή ή περιοδική διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση μεταξύ των φοιτητών που χρησιμοποιούν είτε μια προσομοίωση υπολογιστών είτε τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό, υποθέτοντας ότι στα κατάλληλα πλαίσια, οι προσομοιώσεις μπορούν να είναι εξίσου παραγωγικές με τον πραγματικό εξοπλισμό.

Παρόμοια μαθησιακά αποτελέσματα βρίσκουν και οι ερευνητές Klahr et al. (2007) σε μια μελέτη που ερευνούν τη σχετική αποτελεσματικότητα της φυσικής και εικονικής διάστασης. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 56 μαθητές γυμνασίου. Οι ερευνητές ζήτησαν από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα αμαξίδιο με έλασμα, αφού διερευνήσουν τις πιθανές παραμέτρους στα πλαίσια συγκεκριμένων προδιαγραφών, με σκοπό να διανύσει («ταξιδέψει») τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση. Ταυτόχρονα είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι, όπως και στην έρευνα των Triona και Klahr (2003), ελέγχθηκαν όλες οι άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε τόσο στη φυσική όσο και στην εικονική διάσταση βασιζόταν στο ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πραγματικά αντικείμενα του αυτοκινήτου εμφανίζονται να είναι ακριβώς τα ίδια και στον υπολογιστή. Τα αντικείμενα είναι τα εξής: μεγάλη – λεπτή ρόδα, μεγάλη- παχιά ρόδα και μικρή ρόδα (μπροστινή και οπίσθια), παχύς και λεπτός άξονας, καθώς επίσης ένα κοντό και ένα μακρύ «αμάξωμα».

Οι μαθητές ορίστηκαν τυχαία σε τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις-ομάδες, ανάλογα με το εάν χειρίστηκαν τα φυσικά ή τα εικονικά αντικείμενα και το εάν θα είχαν έναν σταθερό αριθμό αυτοκινήτων για να κατασκευάσουν ή ένα σταθερό χρονικό διάστημα στο οποίο να έπρεπε να τα κατασκευάσουν. Ειδικότερα, στη φυσική κατάσταση των αντικειμένων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα (μέρη) και «έτρεξαν» τα αυτοκίνητα σε ένα διάδρομο στο σχολείο τους,

ενώ στον εικονικό όρο των αντικειμένων χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα υπολογιστών και «έτρεξαν» τα αυτοκίνητα στην οθόνη του υπολογιστή.

Επίσης, πριν και μετά την συναρμολόγηση των αυτοκινήτων οι μαθητές αξιολογήθηκαν με ένα σχεδόν ίδιο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης γνώσης (ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη μελέτη αποτελείται από τρεις φάσεις: i) Προετοιμασία και προτεστ, ii) Συναρμολόγηση και δοκιμή των αυτοκινήτων και iii) Μετατεστ και απόσταση αυτοκινήτου.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια του προτεστ ο στόχος ήταν να βρουν οι μαθητές ποιος συνδυασμός των μερών του αυτοκινήτου θα οδηγούσε στην κατασκευή ενός αυτοκινήτου που θα διάνυε την μέγιστη απόσταση. Στη συνέχεια, αφού οι μαθητές είδαν ένα αυτοκίνητο να συναρμολογείται από τα φυσικά τμήματά του, τους ζητήθηκε να αναφέρουν πώς θα έφτιαχναν τα αυτοκίνητα με τη χρησιμοποίηση των φυσικών αντικειμένων ή με τη χρησιμοποίηση του υπολογιστή.

Στη δεύτερη φάση, λοιπόν, οι μαθητές κατευθύνθηκαν είτε στα φυσικά μέρη των αυτοκινήτων είτε στον υπολογιστή. Πέρα από τις άλλες δραστηριότητες, τους ζητήθηκε, σε περιορισμένο χρόνο, να συναρμολογήσουν και να δοκιμάσουν σε 20 λεπτά όσο περισσότερα αυτοκίνητα ήταν δυνατόν. Ταυτόχρονα, τους ζητήθηκε, χωρίς τον περιορισμό του χρόνου, να συναρμολογήσουν και να δοκιμάσουν 6 διαφορετικά αυτοκίνητα.

Στη τρίτη φάση, ενώ οι μαθητές τελείωσαν τον πειραματισμό, τους δόθηκε ένα μετατεστ, υπενθυμίζοντάς τους ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν όλα τα αποτελέσματα από τα φύλλα δεδομένων για να απαντήσουν σε οποιαδήποτε από τις ερωτήσεις. Με την ολοκλήρωση του μετατεστ, όλα τα παιδιά κλήθηκαν να υλοποιήσουν μία δραστηριότητα (ανοιχτή ερώτηση) και πιο συγκεκριμένα να φτιάξουν ένα φυσικό αυτοκίνητο που πίστευαν ότι θα διάνυε την μεγαλύτερη απόσταση (Klahr et al., 2007:192-193).

Τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές ήταν το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης για τις γνώσεις των μαθητών (πριν και μετά την συναρμολόγηση), οι συνεντεύξεις, τα προτεστ και μετατεστ και μια τελική ανοιχτή ερώτηση – δραστηριότητα. Ακόμη, η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) και το στατιστικό κριτήριο χ^2 .

Σε μια άλλη έρευνα οι Jaakkola και Nurmi (2008), παρότι ο κύριος σκοπός της έρευνας τους είναι να διαπιστώσουν εάν θα ήταν ευεργετικότερο να συνδυαστούν τα

πραγματικά και εικονικά πειράματα αντί να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά για τη διδασκαλία των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων, διερευνούν και τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μεταξύ των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Σε αυτή την έρευνα συμμετείχαν 66 μαθητές δημοτικού σχολείου (ηλικίας 10-11 χρονών). Πιο αναλυτικά, με βάση τις αποδόσεις των μαθητών σε ένα προτεστ που τους χορηγήθηκε, έγινε ο διαχωρισμός τους σε τρία διαφορετικά μαθησιακά περιβάλλοντα. Αυτά τα μαθησιακά περιβάλλοντα ήταν τα εξής: α) Το εργαστηριακό περιβάλλον (22 μαθητές) στο οποίο οι μαθητές που τοποθετήθηκαν ασχολούνταν με δραστηριότητες σε ηλεκτρικά κυκλώματα με την χρησιμοποίηση πραγματικών αντικειμένων (μπαταρίες, λάμπες, καλώδια, διακόπτες και πολύμετρο), β) Το περιβάλλον προσομοίωσης (22 μαθητές) στο οποίο οι μαθητές τοποθετήθηκαν σε μια ακολουθία υπολογιστών και ασχολούνταν με δραστηριότητες σε ηλεκτρικά κυκλώματα με την προσομοίωση Electricity Exploration Tool. Η απεικόνιση της προσομοίωσης είναι ημι-ρεαλιστική διότι εμφανίζει τα κυκλώματα σε παραστατικό (σχηματικό) επίπεδο. Με την προσομοίωση οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν εύκολα κυκλώματα σύροντας με το ποντίκι μπαταρίες, λάμπες, καλώδια και διακόπτες. Ακόμη, η προσομοίωση απεικονίζει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα και γ) Το περιβάλλον συνδυασμού προσομοίωσης και εργαστηρίου (22 μαθητές) στο οποίο οι μαθητές χρησιμοποίησαν στις δραστηριότητές του και την προσομοίωση και τα πραγματικά αντικείμενα.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα μαθησιακά περιβάλλοντα βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομιστικής προσέγγισης.

Τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές ήταν τα εξής:

I) Αρχικά δόθηκε ένα προτεστ στους μαθητές χωρισμένο σε δύο τεστ: α) Στο τεστ του Raver (1958, όπ. αναφ. στο Jaakkola και Nurmi, 2008) με τίτλο Standard Progressive Matrices (Sets A-E) test, το οποίο μετρούσε τη γενική εκπαιδευτική ικανότητα και β) Στο τεστ αξιολόγησης προϋπάρχουσων γνώσεων (ερωτηματολόγιο γνώσης) σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα

II) Στη συνέχεια δόθηκε ένα μετατεστ (ερωτηματολόγιο γνώσης) στους μαθητές με τις ίδιες ερωτήσεις με το προτεστ, αλλά και με την προσθήκη άλλων τεσσάρων (4) δυσκολότερων ερωτήσεων

III) Με την ολοκλήρωση του μετατεστ, για να αυξηθεί η εγκυρότητα των ερμηνειών των απαντήσεων των μαθητών στο μετατεστ, επιλέχθηκαν τυχαία 20 μαθητές για

συνέντευξη ανάκλησης, στην οποία κλήθηκαν να εξηγήσουν και να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους.

Παράλληλα, η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA).

Τέλος, οι ερευνητές υλοποίησαν τρεις (3) συγκρίσεις των μαθησιακών περιβαλλόντων σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων από τους μαθητές. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκρίσεις που υλοποιήθηκαν ήταν οι εξής: i) Το περιβάλλον συνδυασμού προσομοίωσης και εργαστηρίου εναντίον του εργαστηριακού περιβάλλοντος, ii) Το περιβάλλον συνδυασμού προσομοίωσης και εργαστηρίου εναντίον του περιβάλλοντος της προσομοίωσης και iii) Το περιβάλλον προσομοίωσης εναντίον του εργαστηριακού περιβάλλοντος. Από τη σύγκριση μεταξύ προσομοίωσης και εργαστηριακού περιβάλλοντος διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μαθητών των δύο περιβαλλόντων σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Με άλλα λόγια, από αυτή τη σύγκριση προέκυψαν παρόμοια μαθησιακά αποτελέσματα.

Οι Zacharia και Constantinou (2008) συγκρίνουν την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, σε προπτυχιακούς φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος, αναφορικά με την εννοιολογική κατανόηση της θερμότητας και θερμότητας. Στην έρευνα συμμετείχαν 68 προπτυχιακοί φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος, οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία στην πειραματική ομάδα (34 φοιτητές) και στην ομάδα ελέγχου (34 φοιτητές). Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποιούσε πραγματικά αντικείμενα (π.χ. θερμόμετρο) για την εκτέλεση πειραμάτων στο εργαστήριο, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποιούσε το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. και ειδικότερα το Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π. ή ThermoLab (Hatzikraniotis et al., 2000, όπ. αναφ. στο Zacharia & Constantinou, 2008) για την εκτέλεση των ίδιων πειραμάτων (τα εικονικά αντικείμενα είναι ίδια με τα πραγματικά) στο εικονικό εργαστήριο. Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έρευνα ελέγχθηκαν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό, ο χρόνος πραγματοποίησης των πειραμάτων και η προστιθέμενη αξία του κάθε είδους πειραματισμού (εικονικού ή πραγματικού).

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στις δύο ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της προσέγγισης «Φυσική με διερώτηση» (McDermott 1996, όπ. αναφ. στο Zacharia & Constantinou, 2008).

Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση εννοιολογικών (πειραματικών) τεστ πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση της κάθε ομάδας. Και στις δύο ομάδες χορηγήθηκαν τα ίδια προπείραματικά και μεταπειραματικά εννοιολογικά τεστ. Το περιεχόμενο των προπείραματικών και μεταπειραματικών εννοιολογικών τεστ ήταν πανομοιότυπο.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one- way ANCOVA) και το στατιστικό κριτήριο Paired Samples t-test. Από την ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε ότι δεν υπήρξε στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Με άλλα λόγια, τα δύο είδη πειράματος είναι εξίσου αποτελεσματικά στην εννοιολογική κατανόηση των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

Σε παρόμοια έρευνα οι Ολυμπίου και Ζαχαρία (2009) συγκρίνουν την επίδραση του Πειραματισμού σε Πραγματικό Εργαστήριο και του Πειραματισμού σε Εικονικό Εργαστήριο στην εννοιολογική κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών στο συγκεκριμένο της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 182 προπτυχιακοί φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος, οι οποίοι χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: την ομάδα ελέγχου (56 φοιτητές), την πειραματική ομάδα 1 (59 φοιτητές), την πειραματική ομάδα 2 (33 φοιτητές) και την πειραματική ομάδα 3 (34 φοιτητές). Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποιούσε πραγματικά υλικά (π.χ. θερμόμετρο) σε εργαστήριο για την εκτέλεση των πειραμάτων. Η πειραματική ομάδα 1 χρησιμοποιούσε το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. και ειδικότερα το Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π. ή ThermoLab (Psilos et al.,2000, όπ. αναφ. στο Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009) για την εκτέλεση των ίδιων πειραμάτων (τα εικονικά αντικείμενα είναι ίδια με τα πραγματικά) στο εικονικό εργαστήριο. Οι πειραματικές ομάδες 2 και 3 χρησιμοποίησαν συνδυασμό πραγματικών και εικονικών υλικών, σε πραγματικό και εικονικό εργαστήριο αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, η πειραματική ομάδα 2 χρησιμοποίησε αρχικά Πειραματισμό σε Πραγματικό Εργαστήριο και μετά Πειραματισμό σε Εικονικό Εργαστήριο, ενώ η πειραματική ομάδα 3 χρησιμοποίησε αρχικά Πειραματισμό σε Εικονικό Εργαστήριο και μετά Πειραματισμό σε Πραγματικό Εργαστήριο.

Παράλληλα, είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι σύμφωνα με τους ερευνητές τα μέσα εργαστηριακού πειραματισμού που επιλέχθηκαν (εικονικό και πραγματικό περιβάλλον) παρείχαν τις ίδιες δυνατότητες πειραματισμού στους φοιτητές. Επιπρόσθετα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έρευνα ελέγχθηκαν όλοι οι

παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό και η προστιθέμενη αξία του κάθε είδους πειραματισμού (εικονικού ή πραγματικού).

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της προσέγγισης «Φυσική με διερώτηση» (McDermott 1996, όπ. αναφ. στο Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009).

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση πειραματικών δοκιμίων πριν, κατά και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one-way ANCOVA) και το στατιστικό κριτήριο Paired Samples t-test. Η ανάλυση έδειξε πως οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα 1 βελτίωσαν, στον ίδιο βαθμό, την εννοιολογική κατανόηση τους στο συγκεκριμένο της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας.

Ο σκοπός της έρευνας των Başer και Durmuş (2010) ήταν να συγκριθεί η εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρικού κυκλώματος σε εικονικά περιβάλλοντα (VLE – Virtual Laboratory environment) και σε αληθινές εργαστηριακές συνθήκες (RLE – Real Laboratory Environment) μεταξύ προπτυχιακών φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος. Στην έρευνα συμμετείχαν 80 φοιτητές, οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία στην πειραματική ομάδα (42 φοιτητές) και στην ομάδα ελέγχου (38 φοιτητές). Τα μέλη της πειραματικής ομάδας χρησιμοποίησαν τη διαδραστική προσομοίωση Circuit Construction Kit (CCK) για να εκτελέσουν συγκεκριμένες δραστηριότητες, ενώ τα μέλη της ομάδας ελέγχου χρησιμοποίησαν αληθινά εργαστηριακά εργαλεία. Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν τις πειραματικές δραστηριότητες όλοι οι μαθητές συμπλήρωσαν ένα προτεστ με τίτλο: «Direct Electric Circuits Concepts Test» (DIRECT). Η ανάλυση των δεδομένων του προτεστ έδειξε ότι δεν υπήρχε σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρικού κυκλώματος.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομιστικής προσέγγισης.

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση μετατεστ, το οποίο ήταν πανομοιότυπο με το προτεστ. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) και το στατιστικό κριτήριο t - test. Τα αποτελέσματα έδειξαν

ότι και οι δύο ομάδες παρουσίασαν τα ίδια μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρικού κυκλώματος.

Ταυτόχρονα, σε μια πολύ πρόσφατη έρευνα οι Ταραμόπουλος κ.ά. (2011) συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας ως προς την εννοιολογική βελτίωση, όταν αυτή ακολουθεί διερευνητική προσέγγιση και αξιοποιεί τις παρεχόμενες δυνατότητες των σύγχρονων εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων και όταν χρησιμοποιεί τις δυνατότητες του πραγματικού εργαστηρίου ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Πραγματοποιήθηκε μια διδακτική εφαρμογή διερευνητικής προσέγγισης σε μαθητές Τρίτης Γυμνασίου στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, η οποία πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο σε δυο διαφορετικά τμήματα. Πιο συγκεκριμένα, συμμετείχαν 32 μαθητές της Τρίτης Γυμνασίου οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία σε δυο τμήματα των 16 ατόμων το καθένα. Στο ένα τμήμα η διδασκαλία διεξήχθη με τα εικονικά όργανα του εργαστηρίου του ΑΜΑΠ (Ανοιχτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος) στο εργαστήριο Πληροφορικής (πειραματικό τμήμα, εικονικό εργαστήριο) και στο άλλο με τα πραγματικά όργανα του εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών (τμήμα ελέγχου, πραγματικό εργαστήριο).

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο ομάδες βασιζόταν στην καθοδηγούμενη διερεύνηση. Οι μαθητές καθοδηγούνταν διακριτικά από τον διδάσκοντα, εργάζονταν σε ομάδες των δυο ατόμων και συμπλήρωναν ατομικά τα κατάλληλα φύλλα εργασίας.

Η συλλογή δεδομένων και πιο συγκεκριμένα η μελέτη της βελτίωσης της γνώσης των μαθητών στο αντικείμενο έγινε με τη σύγκριση των απαντήσεών τους σε πέντε ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία των ενοτήτων και μετά από αυτή (pre – test, post – test αντίστοιχα). Οι ερωτήσεις ήταν ίδιες στα δυο τεστ και πιο συγκεκριμένα ήταν ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών.

Η ανάλυση των δεδομένων και ειδικότερα ο έλεγχος για διαφορές στις επιδόσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα των pre – test και των post – test έγινε με έλεγχο t για ζευγαρωτά δείγματα (paired samples t – test), ενώ ο έλεγχος για διαφορές ανάμεσα στις επιδόσεις των δυο τμημάτων έγινε με έλεγχο t ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t – test). Τα ευρήματα φανερώνουν ότι στο αντικείμενο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και στα πλαίσια διδασκαλίας διερευνητικής προσέγγισης η χρήση των οργάνων του εικονικού εργαστηρίου επιφέρει στους μαθητές παρόμοιες εννοιολογικές βελτιώσεις με τη χρήση των οργάνων του πραγματικού εργαστηρίου.

Τέλος, σε μια πάρα πολύ πρόσφατη έρευνα - παρόμοια με την έρευνα των Ολυμπίου και Ζαχαρία (2009) - οι ερευνητές (Zacharia & Olympiou, 2011) συγκρίνουν την επίδραση του φυσικού και εικονικού χειρισμού κατά τον πειραματισμό σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών παιδαγωγικού τμήματος στις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 234 προπτυχιακοί φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος, οι οποίοι χωρίστηκαν σε μια ομάδα ελέγχου (52 φοιτητές) και σε τέσσερις πειραματικές ομάδες (182 φοιτητές). Στην ομάδα ελέγχου η διδασκαλία έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο (μέσω διαλέξεων) και οι φοιτητές δεν χειρίστηκαν ούτε τα φυσικά ούτε τα εικονικά αντικείμενα. Οι τέσσερις πειραματικές ομάδες επιμερίζονται ως εξής: α) στην πειραματική ομάδα 1 (56 φοιτητές) όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν μόνο τα πραγματικά αντικείμενα (π.χ. θερμόμετρο) σε εργαστήριο για την εκτέλεση των πειραμάτων

β) στην πειραματική ομάδα 2 (59 φοιτητές) όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν μόνο το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. και ειδικότερα το Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π. ή ThermoLab (Hatzikraniotis et al., 2000, όπ. αναφ. στο Zacharia & Olympiou, 2011) για την εκτέλεση των ίδιων πειραμάτων (τα εικονικά αντικείμενα είναι ίδια με τα πραγματικά) στο εικονικό εργαστήριο

γ) στην πειραματική ομάδα 3 (33 φοιτητές) όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν και τα δύο είδη πειραματισμού και πιο συγκεκριμένα πρώτα τα εικονικά και μετά τα πραγματικά

δ) στην πειραματική ομάδα 4 (34 φοιτητές) όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν και τα δύο είδη πειραματισμού και πιο συγκεκριμένα πρώτα τα πραγματικά και μετά τα εικονικά

Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έρευνα καταβλήθηκε προσπάθεια να υπάρχει το ίδιο εκπαιδευτικό πλαίσιο σε όλες τις ομάδες και ειδικότερα ελέγχθηκαν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό, ο χρόνος υλοποίησης των πειραμάτων και η προστιθέμενη αξία του κάθε είδους πειραματισμού (εικονικού ή πραγματικού).

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της προσέγγισης «Φυσική με διερώτηση» (McDermott 1996, όπ. αναφ. στο Zacharia & Olympiou, 2011).

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση εννοιολογικών τεστ πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την

ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one- way ANCOVA) και με την ανάλυση διακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one- way ANOVA). Η ανάλυση έδειξε πως οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα 1 όπου χρησιμοποιούσαν τα πραγματικά αντικείμενα σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα 2 όπου χρησιμοποιούσαν το λογισμικό προσομοίωσης βελτίωσαν, στον ίδιο βαθμό, την εννοιολογική κατανόηση τους στις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας, με την προϋπόθεση ότι τα πραγματικά και εικονικά πειράματα εκτελούνται στο ίδιο εκπαιδευτικό πλαίσιο.

5.2.2 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων

Σε μια μελέτη των Ronen και Eliahu (1999) διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης στη διδασκαλία της Φυσικής. Αυτή η πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε σ' ένα αστικό σχολείο μέσης εκπαίδευσης, όπου οι περισσότεροι εκ των μαθητών είχαν προσωπικούς υπολογιστές (περίπου 75%). Το δείγμα ήταν 71 μαθητές (30 αγόρια και 41 κορίτσια). Όλοι μαθητές είχαν ολοκληρώσει μαθήματα βασικής εκπαίδευσης στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Πρέπει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιήθηκε ένα λογισμικό γνωστό ως DC-Kid που σχεδιάστηκε ειδικά για τις δραστηριότητες προσομοίωσης σε ηλεκτρικά κυκλώματα. Το DC-Kid είναι ένα λογισμικό ανοικτού τύπου όπου ο μαθητής μπορεί να φτιάξει και να ενεργοποιήσει μοντέλα οποιουδήποτε συνεχούς κυκλώματος χρησιμοποιώντας μπαταρίες, πηγές, αντιστάσεις, λάμπες, διακόπτες και όργανα μέτρησης.

Τα μέσα συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: α) ένα ερωτηματολόγιο συμπληρωμένο από όλους τους μαθητές μετά από το τέλος της μελέτης, β) προσωπικές συνεντεύξεις με έξι μαθητές, γ) συνεντεύξεις με τους δασκάλους πριν από το πείραμα, κατά τη διάρκεια του πειράματος και μετά από το πείραμα και δ) ένας τελικός διαγωνισμός που εστίασε στα ζητήματα που είναι προβληματικά για τους μαθητές και σχετίζονται με την κατανόηση της λειτουργίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Εκτός των παραπάνω, πρέπει να επισημάνουμε ότι προκύπτουν σημαντικά ευρήματα από ένα ανοιχτό ερώτημα που έθεσαν οι ερευνητές στους μαθητές αναφορικά με τις διαφορές μεταξύ της προσομοίωσης και των πραγματικών κυκλωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το ανοιχτό ερώτημα διατυπώθηκε ως εξής:

«Περιγράψτε όσες διαφορές μπορείτε μεταξύ της προσομοίωσης και των πραγματικών κυκλωμάτων». Έτσι, σχετικά με τα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων το 35% των μαθητών απάντησε ότι με τη χρήση των προσομοιώσεων δεν προκαλείται καμία ζημιά στα συστατικά στοιχεία των κυκλωμάτων και ότι δεν υπάρχει περιορισμός όπως στο εργαστήριο. Ακόμη, το 52% των μαθητών απάντησε ότι με την προσομοίωση είναι δυνατόν κάποιος να δει τις τιμές χωρίς να χρησιμοποιηθούν όργανα μέτρησης, να κατασκευάσει και να εξετάσει πολλά κυκλώματα με οποιεσδήποτε τιμές και φυσικά να διορθώνει τα λάθη αμέσως. Αντίθετα, όσον αφορά τα μειονεκτήματα των προσομοιώσεων το 6% των μαθητών θεωρεί ότι με την χρήση της προσομοίωσης ασχολούνται μόνο με την εικονική διάσταση, με το μη πραγματικό και το 10% θεωρεί ότι το κύκλωμα φαίνεται διαφορετικό σε σχέση με το πραγματικό.

Ταυτόχρονα, οι ερευνητές υπογραμμίζουν το εξής: «φαίνεται ότι δεν υπάρχει κανένας πραγματικός κίνδυνος ότι οι μαθητές μπορούν να συγχύσουν μια προσομοίωση με την πραγματικότητα» (Ronen & Eliahu,1999:267).

Τα συμπεράσματα, λοιπόν, αυτής της μελέτης αποκαλύπτουν ότι οι περισσότεροι μαθητές τάσσονται υπέρ της χρησιμοποίησης της προσομοίωσης ως οικιακό μαθησιακό περιβάλλον και το βρίσκουν πιο ενδιαφέρον και αποτελεσματικό από τις άλλες δραστηριότητες εργασίας.

Άλλο ένα άρθρο εκθέτει δύο μελέτες, μια προκαταρκτική και μια αναλυτική, που υλοποιήθηκαν σε ένα μάθημα Στατικού Ηλεκτρισμού στο οποίο συμμετείχαν Φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων των ΗΠΑ (Goldberg & Otero,2001).

Στη προκαταρκτική μελέτη μια ομάδα φοιτητών εξετάστηκε σε δύο ώρες αναφορικά με τη κατανόηση του φαινομένου της πόλωσης. Στην αναλυτική μελέτη, που η διάρκεια της ήταν πέντε εβδομάδες, καταγράφηκαν οι προσπάθειες δύο ομάδων φοιτητών να αναπτύξουν εννοιολογικά μοντέλα με τα οποία θα μπορούν να εξηγούν μια ποικιλία φαινομένων Στατικού Ηλεκτρισμού.

Οι φοιτητές έκαναν προβλέψεις, πραγματοποίησαν πειράματα χρησιμοποιώντας απλές εργαστηριακές συσκευές (και αντικείμενα) και τις προσομοιώσεις, καθώς επίσης κατέγραψαν τις προβλέψεις, τις παρατηρήσεις και τις εξηγήσεις τους στον υπολογιστή.

Οι προσομοιώσεις για Στατικό Ηλεκτρισμό (και Μαγνητισμό) προέρχονται από το πρόγραμμα «Constructing Physics Understanding Project» (Goldberg,1997; Hickman et. al., 1999, όπ. αναφ. στο Goldberg & Otero,2001). Τα πραγματικά αντικείμενα

είναι το καλαμάκι, το μαλλί, το μεταλλικό κουτί, η κούπα και το χρυσόχαρτο. Ο προσομοιωτής του Στατικού Ηλεκτρισμού παρείχε αντικείμενα (ηλεκτρικά στοιχεία) που συμπεριφέρονταν όμοια με τα αντίστοιχα αντικείμενα του πραγματικού εργαστηρίου, επιτρέποντας στους φοιτητές να κατασκευάσουν ανάλογα πειράματα.

Από τα δεδομένα της προκαταρκτικής μελέτης διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές δεν έδειξαν μεγάλη πρόοδο στην κατανόηση του φαινομένου της πόλωσης όταν εκτελούσαν μόνο τα εργαστηριακά πειράματα. Από τα δεδομένα της αναλυτικής μελέτης φάνηκε ότι στις πρώτες δραστηριότητες η ομάδα όταν πραγματοποιήσει τα πειράματα με τον προσομοιωτή ξόδεψε περισσότερο χρόνο σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα. Η κατάσταση αντιστράφηκε κατά την διάρκεια των τελευταίων δραστηριοτήτων.

Στα συμπεράσματα οι Goldberg και Otero (2001) αναφέρουν ότι: «όταν ο προσομοιωτής συνδυάζεται με τα εργαστηριακά πειράματα, οι ρόλοι του εργαστηρίου και του προσομοιωτή φαίνονται να αλλάζουν όσον αφορά την εννοιολογική κατανόηση του Στατικού Ηλεκτρισμού. Στις αρχικές δραστηριότητες ο προσομοιωτής φαίνεται να εξυπηρετεί έναν παραγωγικό ρόλο, ενώ ο εργαστηριακός ρόλος τείνει να είναι επικυρωτικός. Κατά τη διάρκεια του τελευταίου μέρους της μεθόδου, όταν τα εξελισσόμενα πρότυπα των φοιτητών γίνουν πιο αναπτυγμένα, τα εργαστηριακά πειράματα εξυπηρετούν έναν πιο παραγωγικό ρόλο, ενώ οι φοιτητές μπορούν να δουν τα πειράματα προσομοιωτών ως επικυρωτικά» (σελ.3).

Με άλλα λόγια, σε αυτή την έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή βοηθούν τους χρήστες να εκτελούν πιο γρήγορα τα εικονικά πειράματα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα στο εργαστήριο Φυσικής. Οι Goldberg και Otero (2001) θεωρούν ότι οι προσομοιώσεις παρέχουν ένα δυναμικό πλαίσιο που βοηθά τους φοιτητές να αναπτύξουν και να δοκιμάσουν τις ιδέες τους. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι προσομοιώσεις αυτές αναπτύχθηκαν με βάση τη γνώση των ερευνητών και χωρίς να διερευνηθούν ή να ληφθούν υπόψη οι αρχικές ιδέες των φοιτητών, με αποτέλεσμα να μην χαρακτηρίζονται ως εποικοδομητικού τύπου (Σολομωνίδου & Κολοκοτρώνης, 2010).

Σε άλλη έρευνα οι συγγραφείς (Zacharia & Anderson, 2003) ερευνούν τα αποτελέσματα των διαδραστικών προσομοιώσεων που παρουσιάζονται πριν από τα ερευνητικά εργαστηριακά πειράματα για την εννοιολογική κατανόηση της μηχανικής, της κυματικής οπτικής και της θερμοδυναμικής φυσικής από τους φοιτητές.

Οι συμμετέχοντες σ' αυτήν την έρευνα ήταν 13 μεταπτυχιακοί φοιτητές. Οι φοιτητές ορίστηκαν τυχαία είτε στην πειραματική ομάδα (συνθήκες προσομοίωσης) είτε στην ομάδα ελέγχου (με επιπλέον προβλήματα από εγχειρίδια και με συνθήκες χωρίς προσομοίωση), σ' ένα εναλλασσόμενο σχέδιο με ακολουθία 12 επιμέρους θεμάτων (υποθεμάτων).

Οι προσομοιώσεις επιλέχθηκαν με βάση ορισμένα κριτήρια από το Διαδίκτυο και πιο συγκεκριμένα σχετίζονταν με έννοιες όπως είναι η μάζα ενός σώματος και η βαρύτητα, ο δεύτερος και ο τρίτος Νόμος του Νεύτωνα και γενικά η μηχανική, η κυματική, η οπτική και η θερμοδυναμική. Ταυτόχρονα, τα πειράματα επιλέχθηκαν από δύο βιβλιογραφικές πηγές: i) το εγχειρίδιο της L. C. McDermott (1996, όπ. αναφ. στο Zacharia & Anderson, 2003), με τίτλο *Physics by Inquiry* και ii) το εγχειρίδιο των L. C. McDermott, Peter S. Shaffer, & the Physics Education Group at the University of Washington (2002, όπ. αναφ. στο Zacharia & Anderson, 2003), με τίτλο *Tutorials in Introductory*. Πρέπει να επισημάνουμε ότι οι δραστηριότητες της έρευνας (δραστηριότητες των προσομοιώσεων και των πραγματικών πειραμάτων) έδιναν έμφαση στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών.

Η συλλογή των δεδομένων προήλθε από εννοιολογικά τεστ που δόθηκαν στους φοιτητές (είτε συλλέχθηκαν στην τάξη με τη συμπλήρωσή τους από τους φοιτητές είτε συλλέχθηκαν ως φύλλα εργασίας μέσω Διαδικτύου), με στόχο να αξιολογηθεί η εννοιολογική κατανόηση τους αναφορικά με τα επιμέρους θέματα. Η ίδια μορφή του τεστ δόθηκε τρεις (3) φορές για κάθε επιμέρους θέμα ως εξής: i) προτεστ πριν την εισαγωγική δραστηριότητα, ii) ενδιάμεσο τεστ (inter-test) μετά την εισαγωγική δραστηριότητα και iii) μετατεστ μετά το πείραμα.

Τα ενδιάμεσα τεστ και τα μετατεστ ομαδοποιήθηκαν βασισμένα στις ομάδες και αναλύθηκαν στατιστικά για να προσδιοριστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Τα τεστ βαθμολογήθηκαν με βάση την αριθμητική κλίμακα από το μηδέν (0) έως το εκατό (100). Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το t – test.

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν δύο ημι - δομημένες συνεντεύξεις για να ερευνηθούν οι προβλέψεις και οι εξηγήσεις των φοιτητών σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα των πειραμάτων. Για την εκτίμηση της ποιότητας των απαντήσεων χρησιμοποιήθηκε μια αριθμητική κλίμακα από το μηδέν (0) έως το δύο (2), στην οποία το μηδέν (0) ήταν η ελάχιστη ακριβής απάντηση, το ένα (1) ήταν η μερικώς

ακριβής απάντηση και το δύο (2) ήταν η πιο ακριβής απάντηση. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο $t - test$.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση των προσομοιώσεων βελτίωσε την ικανότητα των φοιτητών να κάνουν αποδεκτές προβλέψεις και εξηγήσεις των φαινομένων στα πειράματα. Επίσης, η χρήση των προσομοιώσεων ενθάρρυνε μια σημαντική εννοιολογική αλλαγή στις περιοχές φυσικής που μελετήθηκαν.

Παρόμοια έρευνα με την παραπάνω υλοποίησε ο Zacharia (2003) στην οποία εξέτασε τα αποτελέσματα των αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων (ICBS) στη δυνατότητα του φοιτητή να δώσει τις «επιστημονικά αποδεκτές» εξηγήσεις σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα στη μηχανική, τα κύματα, την οπτική και την θερμοδυναμική. Η έρευνα αυτή χρησιμοποιεί το ίδιο μεθοδολογικό και διδακτικό πλαίσιο με την παραπάνω, καταλήγοντας στα ίδια αποτελέσματα με αυτά που διατύπωσαν οι Zacharia και Anderson (2003).

Επιπρόσθετα, δύο ερευνητές (Ζαχαρία & Ευαγόρου, 2004) υλοποίησαν μια έρευνα με σκοπό τη σύγκριση της επίδρασης του πειραματισμού μέσω των αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων και του εργαστηριακού πειραματισμού στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών του δεύτερου κανόνα του Kirchhoff στα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 88 προπτυχιακοί φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος. Οι φοιτητές κατανεμήθηκαν σε δύο ισοδύναμες ομάδες, την πειραματική ομάδα (45 φοιτητές) και την ομάδα ελέγχου (43 φοιτητές), με βάση την επίδοσή τους στην ενδιάμεση εξέταση του μαθήματος.

Οι δύο ομάδες της έρευνας χρησιμοποίησαν διαφορετική μέθοδο πειραματισμού. Η ομάδα ελέγχου συναντιόταν στο Εργαστήριο και χρησιμοποιούσε πραγματικά υλικά, ενώ η πειραματική ομάδα εργάστηκε στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών για να εκτελέσει τα ίδια πειράματα μέσω του λογισμικού Virtual Labs Electricity, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων.

Ο σχεδιασμός της έρευνας συμπεριλάμβανε τη χρήση του ίδιου διδακτικού υλικού και για τις δύο ομάδες. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το Κεφάλαιο (8) από τα ηλεκτρικά κυκλώματα του εγχειριδίου «Φυσική με διερώτηση» (McDermott 1996, όπ. αναφ. στο Ζαχαρία & Ευαγόρου, 2004). Επίσης, ο ερευνητικός σχεδιασμός συμπεριλάμβανε τη χορήγηση διαγνωστικών δοκιμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση της κάθε ομάδας. Και στις δύο ομάδες χορηγήθηκαν τα ίδια προπειραματικά και μεταπειραματικά δοκίμια. Το περιεχόμενο των προπειραματικών

και μεταπειραματικών δοκιμίων ήταν πανομοιότυπο (Ζαχαρία & Ευαγόρου, 2004:345 - 346).

Για τη συλλογή, λοιπόν, των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν διαγνωστικά δοκίμια τα οποία αναπτύχθηκαν και εγκυροποιήθηκαν από το Physics Education Group του Πανεπιστημίου της Washington.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσα από τα διαγνωστικά δοκίμια αναλύθηκαν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Αρχικά όλα τα δοκίμια βαθμολογήθηκαν από τους δύο ερευνητές με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, τα οποία προκαθορίστηκαν. Για σκοπούς εγκυρότητας, το 25% των δοκιμίων βαθμολογήθηκαν από έναν τρίτο ανεξάρτητο ερευνητή (το ποσοστό συμφωνίας ήταν μεγαλύτερο από 90%). Οι βαθμολογίες που προέκυψαν μέσα από τη βαθμολόγηση των προπειραματικών και μεταπειραματικών δοκιμίων καταχωρήθηκαν στο πακέτο στατιστικής ανάλυσης SPSS και αναλύθηκαν με βάση τα στατιστικά κριτήρια Independent Samples t-test και Paired Samples t-test.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η σύγκριση ανάμεσα στον πειραματισμό μέσω των αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων και τον εργαστηριακό πειραματισμό φανέρωσε πως η πρώτη μέθοδος πειραματισμού αποδεικνύεται αποτελεσματικότερη από τη δεύτερη ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής.

Ταυτόχρονα, σε μια μελέτη (Παναγιωτακόπουλος κ.ά., 2004) γίνεται μια προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση της προσομοίωσης στη διδασκαλία της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης σε σχέση με συμβατικές πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά με τον ίδιο στόχο, σε ένα πλαίσιο διδασκαλίας ενταγμένο σ' αυτό του αναλυτικού προγράμματος της Γ' γυμνασίου. Στην έρευνα συμμετείχαν 168 μαθητές (δύο Γυμνασίων) της Γ' γυμνασίου. Οι μαθητές διαχωρίστηκαν σε δύο ισοσταθμισμένες ομάδες από πλευράς αρχικών γνώσεων σχετικά με την έννοια της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης. Πιο συγκεκριμένα, στην ομάδα ελέγχου (84 μαθητές) έγινε διδασκαλία με τη χρήση συμβατικών μέσων διδασκαλίας (δοκιμαστικοί σωλήνες, χάρακες, χρονόμετρα, κτλ.), ενώ στην πειραματική ομάδα (84 μαθητές) χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία της ίδιας έννοιας το πακέτο λογισμικού Interactive Physics (2000, version 5.1), με τη βοήθεια του οποίου έγιναν προσομοιώσεις κίνησης φυσαλίδας εντός δοκιμαστικού σωλήνα, η κλίση του οποίου ήταν ρυθμιζόμενη.

Όσον αφορά τα μέσα συλλογής δεδομένων πρέπει να σημειωθεί ότι όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης, αφού

ολοκληρώθηκε η διδασκαλία της έννοιας της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε βάση την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως υπήρξε στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Ειδικότερα, τα μέσα διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική ομάδα, δηλαδή το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics, επέδρασαν σημαντικά (ήταν αποτελεσματικότερα) στην κατανόηση της έννοιας της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης σε σχέση με τα συμβατικά μέσα της ομάδας ελέγχου.

Οι Jaakkola και Nurmi (2004) πραγματοποίησαν μια πειραματική μελέτη που διερεύνησαν τόσο την επίδραση που έχει ο συνδυασμός της προσομοίωσης με το πραγματικό εργαστήριο στην εννοιολογική κατανόηση των απλών κυκλωμάτων συνεχούς τάσης όσο και τη σύγκριση της απόδοσης των μαθητών μεταξύ της ομάδας που χρησιμοποίησε την προσομοίωση (The Electricity Exploration Tool) και της ομάδας που χρησιμοποίησε τα πραγματικά κυκλώματα με τις μπαταρίες, τις λάμπες, τα καλώδια, τους διακόπτες και μετρημένο ρεύμα με ένα πολύμετρο (εργαστηριακή ομάδα) στην εννοιολογική κατανόηση των απλών κυκλωμάτων συνεχούς τάσης. Στη μελέτη συμμετείχαν 66 μαθητές δημοτικών σχολείων (ηλικίας 10 – 11 χρονών). Στην αρχή της μελέτης, δόθηκε στους μαθητές προτεστ, στο οποίο κλήθηκαν να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια ηλεκτρισμού και τα τεστ του Raven (Raven 1958, όπ. αναφ. στο Jaakkola και Nurmi, 2004).

Με βάση τα αποτελέσματα του προτεστ, οι μαθητές αντιστοιχίστηκαν σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις - ομάδες: i) στην εργαστηριακή ομάδα (24 μαθητές), όπου οι μαθητές δημιούργησαν τα πραγματικά κυκλώματα με πραγματικά αντικείμενα ii) στην ομάδα προσομοίωσης (20 μαθητές), όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν την προσομοίωση «The Electricity Exploration Tool» iii) στη μικτή ομάδα (22 μαθητές), όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο προσομοίωσης και τα πραγματικά κυκλώματα

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο διαφορετικές περιπτώσεις βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομιστικής προσέγγισης.

Στην μελέτη αυτή έγιναν τρεις διαφορετικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων, μία εκ των οποίων ήταν η σύγκριση της ομάδας προσομοίωσης με την εργαστηριακή ομάδα.

Σε κάθε κατάσταση - ομάδα οι μαθητές διαιρέθηκαν σε δύο υποομάδες (10-12 μαθητές σε κάθε υποομάδα). Σε αυτές τις υποομάδες οι μαθητές εργάζονταν ανά

ζευγάρια. Ο ίδιος δάσκαλος δίδασκε κάθε ομάδα. Τα ζευγάρια σε κάθε κατάσταση έλαβαν ακριβώς την ίδια οδηγία.

Μια ημέρα μετά από τις δραστηριότητες χορηγήθηκε το μετατεστ. Περιλάμβανε τα ίδια τέσσερα τμήματα με το προτεστ, αλλά είχε τέσσερα πρόσθετα τμήματα με δυσκολότερες ερωτήσεις. Όλες οι ερωτήσεις στο τεστ είχαν ως σκοπό να είναι εξίσου δίκαιες για κάθε κατάσταση – ομάδα. Επίσης, αν και οι μαθητές εργάστηκαν ανά ζευγάρια, ολοκλήρωσαν όλα τα τεστ χωριστά.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για το προτεστ και για το μετατεστ με την μέθοδο της ανάλυσης περιεχομένου και με την ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA). Και για το προτεστ και για το μετατεστ χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος του McNemar (McNemar test). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης η προσομοίωση κατάφερε να βελτιώσει τα αποτελέσματα της μάθησης σε σχέση με την εργαστηριακή δουλειά (Jaakkola & Nurmi, 2004:7).

Σε μια άλλη μελέτη ο ερευνητής (Keller,2004) εξέτασε το πώς μία ιδιαίτερη προσομοίωση υπολογιστών, γνωστή ως Circuit Construction Kit (CCK), είχε επιπτώσεις στην κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε φοιτητές Φυσικής, έναντι των συμφοιτητών τους που χρησιμοποίησαν τον πραγματικό εξοπλισμό. Οι 1120 φοιτητές χωρίστηκαν στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου.

Αρχικά, στην μελέτη αυτή διερευνήθηκε αν οι φοιτητές τόσο της πειραματικής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου έχουν το ίδιο επίπεδο κατανόησης των συνεχών κυκλωμάτων, πριν από οποιαδήποτε παρέμβαση. Έτσι, πριν οι φοιτητές λάβουν οδηγίες, δόθηκε σε όλη την τάξη ένα προτεστ, το ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA), το οποίο περιέχει τριάντα μία (31) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής για διάφορα θέματα, από τις οποίες έξι (6) είναι σχετικές με τα συνεχή κυκλώματα. Μετά από στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι δεν υπάρχει καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων σε όλες τις ερωτήσεις.

Μετά από τέσσερις εβδομάδες έγινε ένας διαγωνισμός BEMA που περιείχε δεκαπέντε (15) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και δύο (2) ανοικτές ερωτήσεις. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τον έλεγχο Fischer (Fischer test).

Με βάση τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές που χρησιμοποίησαν προσομοίωση υπολογιστών απέδωσαν καλύτερα στην απάντηση των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής του διαγωνισμού Brief Electricity and Magnetism Assessment

(BEMA), σε σχέση με τους φοιτητές παρόμοιου επιπέδου που χρησιμοποίησαν μόνο τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό.

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι ερευνητές Finkelstein et al. (2005) που εξέτασαν τα αποτελέσματα της αντικατάστασης μιας προσομοίωσης υπολογιστών με τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό (πραγματικοί ηλεκτρικοί λαμπτήρες, μετρητές και καλώδια) στο δεύτερο εξάμηνο μιας μεγάλης κλίμακας εισαγωγικής σειράς μαθημάτων φυσικής. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 231 φοιτητές Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Συγκρίθηκαν, λοιπόν, δύο ομάδες φοιτητών. Πιο συγκεκριμένα, η μια ομάδα ήταν αυτή που χρησιμοποίησε τον πραγματικό εξοπλισμό (TRAD, traditional conditions) και αποτελούνταν από 132 φοιτητές και η άλλη ομάδα ήταν αυτή που χρησιμοποίησε την προσομοίωση υπολογιστών (CCK, Circuit Construction Kit) και αποτελούνταν από 99 φοιτητές.

Όσον αφορά τη διαδικασία – μέθοδο που ακολουθήθηκε πρέπει να σημειώσουμε ότι το εργαστήριο συνεχών κυκλωμάτων ήταν σχεδόν ίδιο για τις δύο ομάδες. Η γραπτή εισαγωγή στο φυσικό εξοπλισμό ήταν η ίδια και για τις δύο ομάδες. Ακόμη, δόθηκαν πρόσθετες οδηγίες στην ομάδα της προσομοίωσης (CCK) σχετικά με τη λειτουργία της. Οι φοιτητές εργάζονταν σε ομάδες από δύο έως πέντε άτομα.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία: α) σημειώσεις από την παρατήρηση των συνεδριών

β) στοιχεία συγχρονισμού (για παράδειγμα πόσο χρόνο πήρε στους φοιτητές να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα ως ομάδα)

γ) η επίδοση στην τελική εξέταση για τις τρεις ερωτήσεις στα συνεχή κυκλώματα.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την βαθμολογία των φοιτητών στις ερωτήσεις που τους δόθηκαν. Οι απαντήσεις αξιολογήθηκαν με βάση την αριθμητική κλίμακα μηδέν (0) έως τρία (3). Ειδικότερα, μηδέν (0) έλαβαν οι φοιτητές που οι απαντήσεις τους δεν έδειχναν ορθή επιστημονική γνώση και τρία (3) οι φοιτητές που οι απαντήσεις τους έδειχναν ορθή επιστημονική γνώση.

Σε συνάφεια με την παραπάνω έρευνα (βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα) οι ερευνητές Finkelstein et al. (2004) εξετάζουν, πάλι, τα αποτελέσματα της αντικατάστασης των προσομοιώσεων υπολογιστών (CCK, Circuit Construction Kit) αντί του πραγματικού εργαστηριακού εξοπλισμού στο δεύτερο εξάμηνο μιας εισαγωγικής σειράς μαθημάτων φυσικής (Finkelstein et al., 2004). Η έρευνα αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά και είναι πανομοιότυπη με την έρευνα των Finkelstein et al. (2005), η οποία παρουσιάζεται παραπάνω με λεπτομερή τρόπο.

Επιπρόσθετα, δύο άλλοι ερευνητές σε μια βιβλιογραφική τους έρευνα (Wieman & Perkins, 2005) εξετάζουν την αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων στη διδασκαλία Φυσικής. Ειδικότερα, αναφέρουν ότι η ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου του Κολοράντο (Physics Education Technology – Colorado, <http://phet.colorado.edu>.) έχει δημιουργήσει και έχει μελετήσει την αποτελεσματικότητα περίπου σαράντα πέντε (45) προσομοιώσεων και πιο συγκεκριμένα έχει ερευνηθεί η χρήση τους ως εργαστηριακές αντικαταστάσεις με τον πραγματικό εξοπλισμό. Στο συγκεκριμένο άρθρο παρουσιάζεται μια προσομοίωση κατασκευής κυκλωμάτων, γνωστή ως «Circuit Construction Kit simulation». Αυτή η προσομοίωση επιτρέπει σε κάποιον να φτιάξει κυκλώματα που περιλαμβάνουν τις αντιστάσεις, τους ηλεκτρικούς λαμπτήρες (ακόμα και αναμμένους), τα καλώδια, τις μπαταρίες, τους διακόπτες, τους μετρητές τάσεων και τα ρεύματα με τους μετρητές.

Στα συμπεράσματά τους οι ερευνητές (Wieman & Perkins, 2005) αναφέρουν ότι: «οι μελέτες έχουν βρει ότι αυτή η προσομοίωση βοηθά τους φοιτητές να καταλάβουν τις βασικές έννοιες του ηλεκτρικού ρεύματος και της τάσης και όταν αντικαθίσταται από ένα ισοδύναμο εργαστήριο με τα πραγματικά εξαρτήματα βελτιώνεται τόσο πολύ η μάθηση με αποτέλεσμα οι φοιτητές να μπορούν να φτιάξουν και να εξηγήσουν τα πραγματικά κυκλώματα» (σελ. 7).

Παράλληλα, σε μια σχετικά πρόσφατη έρευνα (Zacharia, 2007), μολονότι ο αρχικός σκοπός ήταν να ερευνηθεί η αξία του συνδυασμού του πραγματικού πειραματισμού με τον εικονικό πειραματισμό όσον αφορά στις αλλαγές στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, ερευνήθηκαν και οι διαφορές στην απόδοση μεταξύ εκείνων των φοιτητών που χρησιμοποίησαν τον πραγματικό πειραματισμό και εκείνων που χρησιμοποίησαν τον εικονικό πειραματισμό.

Οι συμμετέχοντες σε αυτή την έρευνα ήταν 88 προπτυχιακοί φοιτητές Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης που παρακολουθούσαν μια σειρά μαθημάτων Φυσικής για δασκάλους δημοτικών σχολείων. Οι φοιτητές ορίστηκαν τυχαία σε μια πειραματική ομάδα (45 φοιτητές) και μια ομάδα ελέγχου (43 φοιτητές).

Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησαν τον Πραγματικό πειραματισμό για να πραγματοποιήσουν τα πειράματα της μελέτης, ενώ οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα χρησιμοποίησαν στα δύο πρώτα μέρη της μελέτης τον συνδυασμό του Πραγματικού και του εικονικού πειραματισμού και στο τρίτο (τελευταίο) μέρος τον εικονικό πειραματισμό.

Ο πραγματικός πειραματισμός περιλάμβανε τη χρήση των πραγματικών συσκευών και αντικειμένων σε ένα συμβατικό εργαστήριο φυσικής, ενώ ο εικονικός πειραματισμός περιλάμβανε τη χρήση εικονικών συσκευών και αντικειμένων για να πραγματοποιηθούν τα πειράματα της μελέτης σ' έναν υπολογιστή. Σ' αυτή την έρευνα, το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Virtual Laboratories Electricity (Riverdeep Interactive Learning 2003, όπ. αναφ. στο Zacharia,2007). Το λογισμικό αυτό είναι ένα ανοικτό περιβάλλον στο οποίο οι φοιτητές μπορούν να σχεδιάσουν και να δοκιμάσουν ηλεκτρικά κυκλώματα, χρησιμοποιώντας τα ίδια τμήματα των κυκλωμάτων όπως χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές της ομάδας ελέγχου.

Όσον αφορά τη διδακτική προσέγγιση, πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι και οι δύο ομάδες χρησιμοποίησαν την ίδια εκπαιδευτική οδηγία (μέθοδο έρευνας) και το ίδιο πρόγραμμα σπουδών αναφορικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το οποίο στηρίζεται στο ερευνητικό πρόγραμμα «Φυσική με διερώτηση» (McDermott & The Physics Education Group 1996, όπ. αναφ. στο Zacharia,2007). Σύμφωνα με αυτό το πρόγραμμα, οι φοιτητές και στις δύο ομάδες ορίστηκαν τυχαία σε υποομάδες των τριών.

Για τη συλλογή των δεδομένων διανεμήθηκαν εννοιολογικά τεστ και στις δύο ομάδες, με στόχο την αξιολόγηση των φοιτητών στην εννοιολογική κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, πριν από την διδακτική παρέμβαση, κατά τη διάρκειά της και μετά την υλοποίησή της. Αυτά περιείχαν ανοικτές ερωτήσεις που απαιτούσαν από τους φοιτητές να εξηγήσουν τους συλλογισμούς τους. Το υλικό που περιλαμβάνονταν στα εννοιολογικά τεστ αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε σε προηγούμενες ερευνητικές μελέτες από την ερευνητική ομάδα Φυσικής του Πανεπιστημίου της Ουάσιγκτον (McDermott & Shaffer,1992, όπ. αναφ. στο Zacharia,2007).

Για το τρίτο (τελευταίο) μέρος του προγράμματος που έγινε η σύγκριση ανάμεσα στον Πραγματικό και Εικονικό Πειραματισμό η ανάλυση δεδομένων έγινε ποιοτικά και ποσοτικά. Η ποσοτική ανάλυση έγινε με βάση την ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one- way ANCOVA) και το στατιστικό κριτήριο one sample t-test. Για την ποιοτική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φαινομενογραφίας.

Στα συμπεράσματα της έρευνας (Zacharia,2007) αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι: «από μια περαιτέρω ανάλυση σ' εκείνο το μέρος του προγράμματος σπουδών στο οποίο η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε τον εικονικό πειραματισμό και η ομάδα ελέγχου τον πραγματικό πειραματισμό προέκυψε ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ήταν υπέρ του εικονικού πειραματισμού» (σελ. 129).

Ταυτόχρονα, σε μια παρόμοια έρευνα οι Zacharia et al. (2008) ερευνούν τόσο την αξία του συνδυασμού του πραγματικού πειραματισμού με τον εικονικό πειραματισμό σε σύγκριση με την αξία του πραγματικού πειραματισμού όσο και τις διαφορές στην απόδοση μεταξύ εκείνων των φοιτητών που χρησιμοποίησαν μόνο τον πραγματικό πειραματισμό και εκείνων που χρησιμοποίησαν μόνο τον εικονικό πειραματισμό, σχετικά με τις αλλαγές στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών για τις έννοιες της θερμοκρασίας και θερμότητας.

Σε αυτή την έρευνα συμμετείχαν 62 προπτυχιακοί φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος. Οι φοιτητές ορίστηκαν τυχαία σε μια πειραματική ομάδα (31 φοιτητές) και μια ομάδα ελέγχου (31 φοιτητές).

Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησαν πραγματικά αντικείμενα (π.χ. θερμόμετρο) για να πραγματοποιήσουν τα πειράματα της μελέτης, ενώ οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα χρησιμοποίησαν στο πρώτο μέρος της μελέτης τα πραγματικά πειράματα και στο δεύτερο μέρος χρησιμοποίησαν το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. και ειδικότερα το Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π. ή ThermoLab (Hatzikraniotis et al.,2001; Lefkos et al., 2005; Petridou et al.,2005, όπ. αναφ. στο Zacharia et al.,2008).

Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έρευνα ελέγχθηκαν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση (όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό), εκτός από την προστιθέμενη αξία του εικονικού πειραματισμού που σχετίζεται με τη γρηγορότερη υλοποίηση του πειράματος σε σχέση με τον πραγματικό πειραματισμό.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της προσέγγισης «Φυσική με διερώτηση» (McDermott & The Physics Education Group,1996, όπ. αναφ. στο Zacharia et al.,2008) και στην εποικοδομητική αλληλουχία: «Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση (POE)».

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση εννοιολογικών τεστ πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one- way ANCOVA) και με το στατιστικό κριτήριο paired sample t – test. Η ανάλυση έδειξε πως οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα όπου χρησιμοποιούσαν το λογισμικό προσομοίωσης είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου όπου χρησιμοποίησαν τα πραγματικά

αντικείμενα, σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση στις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας.

Τέλος, σε μια πρόσφατη έρευνα (Tarekegn,2009) διερευνάται η αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων, σε δύο ειδών προσεγγίσεις όπως είναι η δασκαλοκεντρική και η μαθητοκεντρική, στην περίπτωση που αντικαθιστούν τα πραγματικά αντικείμενα (εργαστηριακό εξοπλισμό), σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Στην έρευνα συμμετείχαν 64 φοιτητές, οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες: i) στην πρώτη ομάδα (21 φοιτητές), όπου χρησιμοποίησαν πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων (REL group – Real Equipment Laboratory group)

ii) στη δεύτερη ομάδα (21 φοιτητές), όπου ο δάσκαλος εκτελούσε τα πειράματα (δασκαλοκεντρική προσέγγιση) χρησιμοποιώντας την προσομοίωση κατασκευής κυκλωμάτων, γνωστή ως «Circuit Construction Kit» (STC group – Simulation Teacher Centered group)

iii) στη τρίτη ομάδα (22 φοιτητές), όπου οι φοιτητές εκτελούσαν τα πειράματα (μαθητοκεντρική προσέγγιση) χρησιμοποιώντας την προσομοίωση κατασκευής κυκλωμάτων, γνωστή ως «Circuit Construction Kit» (SSC group – Simulation Student Centered group)

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση του τεστ «Determining and Interpreting Resistive Electric circuit Concepts Test (DIRECT). Το τεστ περιείχε είκοσι εννέα (29) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση το στατιστικό κριτήριο t – test.

Πραγματοποιήθηκαν δύο διαφορετικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα των φοιτητών. Πιο συγκεκριμένα: α) συγκρίθηκε η δεύτερη ομάδα όπου ο δάσκαλος εκτελούσε τα πειράματα (δασκαλοκεντρική προσέγγιση) χρησιμοποιώντας την προσομοίωση κατασκευής κυκλωμάτων, γνωστή ως «Circuit Construction Kit» (STC group – Simulation Teacher Centered group), σε σχέση με την πρώτη ομάδα όπου οι φοιτητές εκτελούσαν τα πειράματα χρησιμοποιώντας τα πραγματικά αντικείμενα (REL group – Real Equipment Laboratory group) και β) συγκρίθηκε η τρίτη ομάδα όπου οι φοιτητές εκτελούσαν τα πειράματα (μαθητοκεντρική προσέγγιση) χρησιμοποιώντας την προσομοίωση κατασκευής κυκλωμάτων, γνωστή ως «Circuit Construction Kit» (SSC group – Simulation Student Centered group), σε σχέση με την πρώτη ομάδα όπου οι φοιτητές

εκτελούσαν τα πειράματα χρησιμοποιώντας τα πραγματικά αντικείμενα (REL group – Real Equipment Laboratory group). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση των προσομοιώσεων, τόσο με τη δασκαλοκεντρική όσο και με τη μαθητοκεντρική προσέγγιση, είναι αποτελεσματικότερη σε σύγκριση με τη χρήση των πραγματικών αντικειμένων για την εκτέλεση πειραμάτων, σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

5.2.3 Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε πραγματικά πειράματα υπερέχουν σε σύγκριση με αυτά των εικονικών πειραμάτων

Ο Steinberg (2003) σε μια έρευνα του διερεύνησε με ποια μέθοδο πειραματισμού οι φοιτητές διαφορετικών τμημάτων Φυσικής πραγματοποιούν αποτελεσματικότερα το ίδιο πείραμα, αναφορικά με την κίνηση των σωμάτων (απόσταση, ταχύτητα, επιτάχυνση). Η μια μέθοδος πειραματισμού που χρησιμοποίησε ήταν οι μικροϋπολογιστές (microcomputer-based laboratories, MBL) και οι αισθητήρες κίνησης, ενώ η άλλη μέθοδος ήταν ο πραγματικός εξοπλισμός (χάρακας για μέτρηση αποστάσεων και μπάλες).

Στην έρευνα συμμετείχαν 323 φοιτητές από έξι διαφορετικά τμήματα Φυσικής. Τα τέσσερα τμήματα χρησιμοποίησαν πραγματικό εξοπλισμό (139 φοιτητές) και τα άλλα δύο χρησιμοποίησαν τους μικροϋπολογιστές και τους αισθητήρες κίνησης (184 φοιτητές).

Για τη συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις στα έξι τμήματα (με δείγμα φοιτητών από κάθε τμήμα).

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της έρευνας ο Steinberg (2003) επισημαίνει το γεγονός ότι επειδή υπάρχουν διαφορετικοί πληθυσμοί είναι πολύ δύσκολο να γίνουν λεπτομερείς συγκρίσεις. Ωστόσο, αναφέρει χαρακτηριστικά ότι: «τα τμήματα των φοιτητών που χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα φάνηκαν να ξεπερνούν τα τμήματα που χρησιμοποίησαν το Εργαστήριο Μικροϋπολογιστών σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της κίνησης» (σελ. 200).

Τέλος, στα συμπεράσματα της έρευνας του τονίζει ότι: «με τη χρησιμοποίηση μικροϋπολογιστών στα εργαστήρια η δυνατότητα αυτών των φοιτητών να ερμηνεύσουν τα πραγματικά φυσικά στοιχεία μπορεί να γίνει αδύναμη μετά από την διδασκαλία. Για παράδειγμα, όταν ο μικροϋπολογιστής είναι αρμόδιος για το σύνολο

της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, οι φοιτητές μπορούν να αφεθούν χωρίς να ερμηνεύσουν την πειραματική αβεβαιότητα» (σελ. 202-203).

Οι Marshall και Young (2006) υλοποίησαν μια μελέτη σε υποψήφιους καθηγητές θετικών επιστημών με στόχο να εξερευνήσουν τις στάσεις τους σχετικά με τις κρούσεις σωμάτων, χρησιμοποιώντας φυσικά αντικείμενα (μπάλες του χόκεϋ) και προσομοίωση υπολογιστών (λογισμικό Interactive Physics).

Σε αυτή την έρευνα οι φοιτητές εργάζονταν σε ατομικές ομάδες των τριών. Σε κάθε ομάδα ένας φοιτητής ορίστηκε ως ο «σχεδιαστής του πειράματος» που αποφάσιζε τι πειράματα θα εκτελεστούν, ο άλλος ως ο «χειριστής» που θα πραγματοποιούσε τα πειράματα και τις συνδέσεις με τον εξοπλισμό και ο τρίτος ως ο «γραμματέας» που θα κατέγραφε τα αποτελέσματα. Αυτοί οι ρόλοι εναλλάσσονταν κατά διαστήματα στην διάρκεια της δραστηριότητας.

Πρέπει να αναφερθεί ότι αυτή η έρευνα εστίασε σε τρεις φοιτητές που εργάζονταν σε μια ομάδα. Αυτό έγινε διότι: α) αυτή η ομάδα ήταν ένα «βολικό» δείγμα που επιλέχθηκε τυχαία με βάση τους περιορισμούς που προέκυψαν από τη βιντεοσκόπηση (δεν έδωσαν όλοι οι φοιτητές την άδεια για να βιντεοσκοπηθούν) και β) η πληθώρα των πληροφοριών που προέκυπτε από την καταγραφή των δραστηριοτήτων των μελών μιας ομάδας απαγόρευσε την καταγραφή παραπάνω από μιας ομάδας. Ταυτόχρονα, επισημαίνεται από τους ερευνητές ότι ένας περιορισμός της έρευνας είναι ότι αυτή η ομάδα δεν είναι αντιπροσωπευτική. Ωστόσο, υπογραμμίζουν ότι: «δεν υπάρχει κανένας λόγος που να πιστεύουμε ότι οι φοιτητές αυτής της ομάδας δεν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά όπως οι άλλοι που φοιτούν στο ίδιο Πανεπιστημιακό τμήμα» (Marshall & Young, 2006:912).

Οι δραστηριότητες της έρευνας ξεκίνησαν με συζήτηση με όλη την τάξη για τις κρούσεις. Στη συνέχεια, δόθηκε στους φοιτητές μια δραστηριότητα για το σπίτι ζητώντας τους να παρακολουθήσουν μια βιντεοταινία μιας τάξης λυκείου που πραγματοποιεί την ίδια δραστηριότητα, έτσι ώστε να καταγράψουν τόσο τους συλλογισμούς των δικών τους εμπειριών όσο και των μαθητών λυκείου.

Στην επόμενη φάση, η τάξη εργάστηκε σε μικρές ομάδες, χρησιμοποιώντας φυσικά αντικείμενα και μετά το λογισμικό Interactive Physics. Τα φυσικά αντικείμενα ήταν μπάλες του χόκεϋ που γλιστρούσαν σε ένα κηρωμένο πάγκο εργαστηρίου ή στο πάτωμα. Όσον αφορά την προσομοίωση δόθηκε η δυνατότητα στους φοιτητές να έχουν πρόσβαση στο λογισμικό Interactive Physics και σε έναν συνοπτικό οδηγό λειτουργίας του, καθώς επίσης τους δόθηκε ένα φύλλο εργασίας για

να καταγράφουν τις παραμέτρους και τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποίησαν. Επιπλέον, όσον αφορά τη χρήση του λογισμικού πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εκτέλεση μιας δραστηριότητας (π.χ. μιας ανελαστικής κρούσης), τις παραμέτρους για τη δημιουργία της προσομοίωσης (μάζες, ταχύτητες, κατεύθυνση) έπρεπε να τις ρυθμίζουν οι φοιτητές. Τέλος, χορηγήθηκε μέσα στην τάξη ένα μετατεστ.

Όσον αφορά τη συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων πρέπει να αναφερθεί ότι βιντεοσκοπήθηκε ολόκληρη η συζήτηση μέσα στην τάξη σχετικά με τη δραστηριότητα και ειδικότερα η ομάδα – στόχος των τριών φοιτητών που εργάζονταν μαζί. Ακόμη, απομαγνητοφωνήθηκαν οι διάλογοι, κωδικοποιήθηκαν όλες οι δηλώσεις των μελών της ομάδας και αναλύθηκαν με βάση το μοντέλο «θεωρίες της δράσης» («theories-in-action») των ερευνητών Karmiloff-Smith και Inhelder (1975, όπ. αναφ. στο Marshall & Young, 2006). Επιπλέον, ένας τρίτος ερευνητής κωδικοποίησε και αυτός τα δεδομένα και συμφώνησε με τους ερευνητές.

Οι ερευνητές στα συμπεράσματα τους αναφέρουν ορισμένα αρνητικά σημεία της αποτελεσματικότητας της προσομοίωσης σε σχέση με τα πραγματικά αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα: α) Διαπίστωσαν ότι η ομάδα που μελετήθηκε κατανάλωσε δύο φορές περισσότερο χρόνο όταν χρησιμοποίησε την προσομοίωση σε σχέση με τα πραγματικά αντικείμενα

β) Βρήκαν ότι τα περιβάλλοντα προσομοίωσης δεν ανταποκρίνονται απαραίτητα στην προσδοκία ότι θα επιτρέψουν στους χρήστες να μεταβάλλουν τις παραμέτρους, να λάβουν μετρήσεις και να επιδείξουν τα αποτελέσματα γρηγορότερα, ευκολότερα και ακριβέστερα σε σχέση με αυτά που θα μπορούσαν να επιτύχουν με τα φυσικά πειράματα

γ) Διαπίστωσαν ότι οι φοιτητές είχαν τη δυσκολία στη χρήση αυτού του συστήματος προσομοίωσης, παρά τη γενική ικανότητά τους και τον ενθουσιασμό που επέδειξαν στη λειτουργία των υπολογιστών

δ) Παρατήρησαν ότι η προσομοίωση λειτούργησε ως ένα εργαλείο που εφιστά όλη την προσοχή επάνω του και μακριά από το στόχο της εξερεύνησης

ε) Οι ερευνητές (Marshall & Young, 2006) αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι: «ο υπολογιστής θα μπορούσε να έχει βοηθήσει δύο μέλη της ομάδας σχετικά με την ορμή των σωμάτων στις κρούσεις, αλλά η δυσκολία στη πραγματοποίηση της προσομοίωσης το απέκλεισε» (σελ. 934)

στ) Διαπίστωσαν ότι: «η θεώρηση του υπολογιστή ως αλάνθαστη πηγή πληροφοριών (πρότυπο) οδήγησε σε προβλήματα όταν δεν ανταποκρινόταν στις προσδοκίες των φοιτητών. Ειδικότερα, ένα μέλος της ομάδας θεωρούσε τον υπολογιστή ως μια αλάνθαστη πηγή πληροφοριών. Όταν τον «πρόδωσε», ορκίστηκε να μη τον χρησιμοποιήσει ποτέ στην τάξη του» (σελ. 934).

Επιπρόσθετα, στα συμπεράσματα προκύπτει ότι η προσομοίωση υπολογιστών προκαλεί προβλήματα στους φοιτητές όσον αφορά στην κατανόηση των κρούσεων και οι ερευνητές (Marshall & Young, 2006) επισημαίνουν χαρακτηριστικά ότι: «οι καλύτερες πρακτικές θα περιλάμβαναν πρώτα τη χρήση των φυσικών αντικειμένων για να παρακινήσουν την ανάγκη για τις κατάλληλες προϋποθέσεις του προσομοιωμένου περιβάλλοντος και να προωθήσουν την αποδοχή των περιορισμών του» (σελ. 935).

Τέλος, σε μια άλλη έρευνα οι Srinivasan et al. (2006) συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα των φυσικών εξαρτημάτων σε σχέση με το λογισμικό (MATLAB) σε μεταπτυχιακά μαθήματα της ηλεκτρολογίας μηχανικής. Οι ποιοτικές αναλύσεις από τις συνεντεύξεις που πήραν οι ερευνητές από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές έδειξαν ότι οι φοιτητές μπορούν να κερδίσουν περισσότερα από τις φυσικές δραστηριότητες παρά από τις προσομοιωμένες. Στα συμπεράσματα αυτής της έρευνας οι Srinivasan et al. (2006) αναφέρουν ότι οι περισσότεροι φοιτητές που έδωσαν συνέντευξη αντιλήφθηκαν τις προσομοιώσεις του λογισμικού ως «ψεύτικες».

5.2.4 Έρευνες στις οποίες δε δίνονται οριστικές απαντήσεις για τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων

Οι Rosenquist et al. (2000) υλοποίησαν μια έρευνα με σκοπό να αξιολογηθεί η απόδοση των μαθητών σχετικά με την «ανταλλαξιμότητα» των εμπράγματων και προσομοιούμενων (χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή) δραστηριοτήτων για τη γνωστική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και ειδικότερα των δραστηριοτήτων (φύλλο εργασιών) με τίτλο: «Ηλεκτρικά μυστήρια» (αναφέρονται και στο Baxter, 1995).

Πρωταρχικά, σε αυτή την έρευνα εξετάστηκαν 40 μαθητές γυμνασίου σε δύο τάξεις Φυσικής που είχαν ολοκληρώσει μια ενότητα στον ηλεκτρισμό. Ένας τυχαίος αριθμός (κατά το ήμισυ) εκτέλεσε πρώτα την εμπράγματη έκδοση των «Ηλεκτρικών Μυστηρίων» και περίπου δύο εβδομάδες αργότερα ο άλλος μισός αριθμός ατόμων

εκτέλεσε την προσομοίωση υπολογιστών. Η αλληλουχία της κάθε μεθόδου ισορροπήθηκε για τις δύο τάξεις.

Στη συνέχεια, η έρευνα έγινε και σε 56 μαθητές Πέμπτης και Έκτης δημοτικού σχολείου στην περιοχή της Αριζόνα. Σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές εξετάστηκαν και στις δύο μεθόδους πειραματισμού (που χωρίζονται μεταξύ τους από ένα μήνα).

Η συλλογή των δεδομένων προήλθε από δύο φύλλα αξιολόγησης που χορηγήθηκαν στους μαθητές. Βέβαια, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι τα φύλλα αξιολόγησης ήταν ίδια τόσο για την εμπράγματη δραστηριότητα όσο και για τη δραστηριότητα με υπολογιστή.

Ειδικότερα, το πρώτο φύλλο αξιολόγησης περιλάμβανε δραστηριότητες σχετικά με το περιεχόμενο κάθε κιβωτίου και το σχεδιασμό κάθε κυκλώματος που υπήρχε σε αυτό. Για τη βαθμολόγηση του πρώτου φύλλου αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα πόντων των Shavelson et al. (1991, όπ. αναφ. στο Rosenquist et al., 2000), το οποίο προαναφέρθηκε παραπάνω στην έρευνα του Baxter (1995).

Στη συνέχεια, στο δεύτερο φύλλο αξιολόγησης (παρόμοιο περίπου με το πρώτο), οι μαθητές έπρεπε για το περιεχόμενο κάθε κιβωτίου να συμπληρώσουν 4 κατηγορίες δραστηριοτήτων, οι οποίες σχετίζονταν με το περιεχόμενο κάθε κιβωτίου, με τον σχεδιασμό του σωστού κυκλώματος, με την παρατήρηση αναφορικά με την ένταση του φωτός της λάμπας που υπήρχε στο κύκλωμα κάθε κιβωτίου και τέλος με την επεξήγηση από πλευράς των μαθητών αναφορικά με τη σχέση της παρατήρησης που έκαναν και της απάντησης που έδωσαν για το περιεχόμενο κάθε κιβωτίου. Στο δεύτερο φύλλο αξιολόγησης για κάθε κατηγορία η μέγιστη βαθμολογία ήταν δύο πόντοι και κατ' επέκταση οκτώ πόντοι για κάθε κιβώτιο. Για τη συνολική αξιολόγηση η μέγιστη βαθμολογία ήταν 48 πόντοι.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το ερώτημα της «ανταλλαξιμότητας» των δύο μεθόδων πειραματισμού παραμένει αναπάντητο (Rosenquist et al., 2000).

Ταυτόχρονα, οι Καλογιαννάκης και Caillot (2003) πραγματοποίησαν μια έρευνα για να επισημάνουν την δυναμική των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην εκπαιδευτική διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποίησαν δώδεκα ημικατευθυνόμενες συνεντεύξεις με καθηγητές Φυσικής, χρήστες των νέων τεχνολογιών στην τάξη, καθώς και δύο συνεντεύξεις με δύο νεοδιόριστους καθηγητές. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο της ανάλυσης περιεχομένου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, εκτός των άλλων ερωτήσεων που έθεσαν στην ερευνά τους, διατύπωσαν και την εξής ερώτηση σχετικά με το πείραμα: «Ποια είναι η σχέση πειράματος - ΤΠΕ και τι πιστεύετε για τη συνύπαρξή τους; Η πειραματική διαδικασία αντικαθίσταται από τις ΤΠΕ;». Στη συνέχεια, στα συμπεράσματα της έρευνας τους επισημαίνουν τα εξής: «Η ευρεία χρήση των πειραμάτων προσομοίωσης αποτελεί μια καινοτομία αν και παραμένει πάντα το ερώτημα πότε η προσομοίωση θα πρέπει να αντικαταστήσει ένα πείραμα» (σελ. 67). Κατά συνέπεια, και σε αυτή την έρευνα δεν δίνεται οριστική απάντηση για το αν τα εικονικά πειράματα είναι αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα.

Ταυτόχρονα, οι Kocijancic και O'Sullivan (2004) πραγματοποίησαν μια μελέτη σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με τίτλο: «Πραγματικά ή εικονικά εργαστήρια στη διδασκαλία της επιστήμης; Είναι αυτό πραγματικά ένα δίλημμα;».

Σε αυτή την μελέτη, με τη χρήση του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου μελετώνται ο ήχος (τα κύματα και η ταχύτητα του) και η κίνηση ενός μικρού αυτοκινήτου σε μια διάσταση (η ταχύτητα και η επιτάχυνση του). Το πραγματικό εργαστήριο περιλαμβάνει πείραμα στον πάγκο εργασίας χρησιμοποιώντας συστήματα καταγραφής δεδομένων, ενώ το εικονικό εργαστήριο περιλαμβάνει τις διαδραστικές προσομοιώσεις και τις κινούμενες εικόνες. Χρησιμοποιούνται από τους μαθητές τα δύο εργαστήρια, συμπληρώνοντας το ένα το άλλο, κατά την διάρκεια των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Για τη συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν οι συνεντεύξεις (συζητήσεις) με τους μαθητές.

Στο τέλος της μελέτης οι ερευνητές (Kocijancic & O'Sullivan, 2004) σημειώνουν χαρακτηριστικά ότι: «μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι δεν αποτελεί ερώτηση το εάν είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθούν τα πραγματικά πειράματα ή το εικονικό εργαστήριο στη διδασκαλία της επιστήμης δεδομένου ότι και οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν με έναν συμπληρωματικό τρόπο για να συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη ενεργή μάθηση» (σελ.248).

Άλλο ένα άρθρο (Marshall,2005) περιγράφει μια μελέτη (υπό εξέλιξη) που σχεδιάστηκε με σκοπό να συγκρίνει τα αποτελέσματα της χρήσης φυσικών ή εικονικών αντικειμένων στη μάθηση για το θέμα: «ισορροπία ζυγαριάς», μέσα από τη συνεργασία και την ανακάλυψη.

Πιο συγκεκριμένα, ο ερευνητής ζητά από το μαθητή να προβλέψει και να εξηγήσει την κατεύθυνση κίνησης (είτε αριστερά κάτω, δεξιά κάτω, είτε παραμένοντας στην

ισορροπία) μιας κλίμακας ισορροπίας με διαφορετικά βάρη που τοποθετούνται είτε σε μία είτε σε πολλές θέσεις σε κάθε πλευρά του υπομόχλιου.

Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν αρχικά ένα προτεστ, το οποίο περιλάμβανε είκοσι επτά (27) θέματα διαφορετικών τύπων σχετικά με την ισορροπία ζυγαριάς.

Στη συνέχεια, ανά ζευγάρια, τους δόθηκαν τριάντα λεπτά για να καθορίσουν τον κανόνα με βάση τον οποίο η ζυγαριά θα ισορροπούσε, θα έγερνε προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Τα ζευγάρια εργάστηκαν είτε με φυσικές είτε με εικονικές εκδόσεις των ίδιων συσκευών. Ειδικότερα, η φυσική ζυγαριά ισορροπίας κατασκευάστηκε από ξύλο και τα βάρη κατασκευάστηκαν από μεταλλικά κουτιά πλαστικών ταινιών γεμισμένα με μόλυβδο. Η εικονική ζυγαριά κατασκευάστηκε στο πρόγραμμα Macromedia Director, χρησιμοποιώντας τις φωτογραφίες των φυσικών συσκευών.

Οι συμμετέχοντες βιντεοσκοπήθηκαν σε όλη τη τριαντάλεπτη πειραματική φάση της συνεδρίας. Τέλος, συμπλήρωσαν ξεχωριστά ένα μετατεστ, το οποίο περιλάμβανε είκοσι επτά (27) νέα θέματα διαφορετικών τύπων σχετικά με την ισορροπία ζυγαριάς.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης πρέπει να αναφερθεί ότι δεν ανακοινώθηκαν στο παρόν άρθρο.

Τέλος, οι Chini et al. (2010) συγκρίνουν τα αποτελέσματα των πραγματικών (φυσικών) έναντι των εικονικών χειρισμών σχετικά με την κίνηση αντικειμένων σε κεκλιμένο επίπεδο (σε ράμπες).

Στην έρευνα συμμετείχαν 150 φοιτητές Φυσικού Τμήματος. Οι φοιτητές ήταν χωρισμένοι σε πέντε τμήματα. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο τμήμα συμμετείχαν 29 φοιτητές και χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα για να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και ύψος». Στο δεύτερο τμήμα συμμετείχαν 23 φοιτητές και χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα για να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και τριβή». Στο τρίτο τμήμα συμμετείχαν 31 φοιτητές και χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα για να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και τριβή». Στο τέταρτο τμήμα συμμετείχαν 37 φοιτητές και χρησιμοποίησαν λογισμικό προσομοίωσης για να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και ύψος». Στο πέμπτο τμήμα συμμετείχαν 30 φοιτητές και χρησιμοποίησαν λογισμικό προσομοίωσης για να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και τριβή». Στα πρώτα τρία τμήματα οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν πραγματικά

αντικείμενα, όπως ξύλινες σανίδες με διαφορετικά μήκη, τούβλα για αύξηση του ύψους, γυαλόχαρτο για την αλλαγή της επιφάνειας της σανίδας, δυναμόμετρο, κλπ.. Στα δύο τελευταία τμήματα οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν μια προσομοίωση, η οποία τους έδινε τη δυνατότητα να ρυθμίζουν τόσο το μήκος και το ύψος του κεκλιμένου επιπέδου όσο και την τιμή της δύναμης της τριβής. Ταυτόχρονα, οι φοιτητές εργάζονταν σε ομάδες των δύο έως τεσσάρων ατόμων συμπληρώνοντας φύλλα εργασίας.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έρευνα ελέγχθηκαν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση (όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό, ο χρόνος υλοποίησης των πειραμάτων), εκτός από την προστιθέμενη αξία των προσομοιώσεων που σχετίζεται με τις γραφικές παραστάσεις.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομιστικής προσέγγισης.

Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τη χορήγηση εννοιολογικών τεστ, τα οποία περιείχαν δεκαέξι (16) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την ανάλυση συνδιακύμανσης μίας (ή μονής) κατεύθυνσης (one-way ANCOVA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε καμιά διαφορά μεταξύ των φοιτητών είτε χρησιμοποίησαν πραγματικά είτε εικονικά αντικείμενα (προσομοίωση) στην περίπτωση που ολοκλήρωσαν τις πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και τριβή». Ωστόσο, στην περίπτωση που ολοκλήρωσαν τις πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν τις έννοιες «μήκος και ύψος», οι φοιτητές που χρησιμοποίησαν την προσομοίωση είχαν υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους φοιτητές που χρησιμοποίησαν τα πραγματικά αντικείμενα. Με άλλα λόγια, σε αυτή την έρευνα δεν προκύπτει μια σαφής απάντηση σχετικά με το ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΚΤΟ

Μεθοδολογία – Σχεδιασμός της έρευνας

6.1 Οι φάσεις υλοποίησης της έρευνας - Η ταυτότητα της έρευνας

Οι φάσεις στις οποίες υλοποιήθηκε η παρούσα έρευνα κωδικοποιούνται στις εξής τέσσερις:

I) Στην πρώτη φάση περιλαμβάνεται η ανάπτυξη της «επιστημονικής» και «παιδαγωγικής» διάστασης (Καμίδου κ.ά.,2007; Μολοχίδης κ.ά.,2007) των σεναρίων διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών περαμάτων¹⁸. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την «επιστημονική» διάσταση, αξιοποιήθηκαν τα πορίσματα της βιβλιογραφίας που σχετίζονται με τον τρόπο με τον οποίο διαπραγματεύονται την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων για τις έννοιες και τα φαινόμενα της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Όσον αφορά την «παιδαγωγική» διάσταση, μελετήθηκαν οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές για το περιεχόμενο των υπό διαπραγμάτευση εννοιών και φαινομένων, καθώς επίσης και προτάσεις για τη διδακτική τους αξιοποίηση.

II) Λαμβάνοντας υπόψη τα πορίσματα της πρώτης φάσης της έρευνας υλοποιήθηκε η δεύτερη φάση της έρευνας που σχετίζεται με το διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, δηλαδή με το σχεδιασμό και τη δομή των σεναρίων διδασκαλίας στα οποία εμπεριέχονται τα φύλλα εργασίας με τα διδακτικά – μαθησιακά έργα (εικονικά και πραγματικά πειράματα). Η δομή των σεναρίων διδασκαλίας στηρίζεται στις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και στις αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, η διδασκαλία για την εκτέλεση των πειραμάτων υλοποιείται με την εφαρμογή ενός συνδυασμού των πέντε (5) φάσεων του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» (Ψύλλος κ.ά.,1993; Καριώτογλου,2006) και των πέντε (5) βημάτων της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2007β; Καλκάνης, 2007γ; Καλκάνης,2009α; Καλκάνης,2009β; Καλκάνης,2010).

III) Στην τρίτη φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε η πιλοτική εφαρμογή των σεναρίων διδασκαλίας στα οποία εμπεριέχονται τα φύλλα εργασίας με τα διδακτικά – μαθησιακά έργα (εικονικά και πραγματικά πειράματα).

IV) Στην τέταρτη φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε η κύρια έρευνα.

¹⁸ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Έβδομο, Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

6.2 Οι ερευνητικοί στόχοι της έρευνας

Οι ερευνητικοί στόχοι της παρούσας έρευνας είναι οι ακόλουθοι:

- I. Η πραγματοποίηση ενδελεχούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης, έτσι ώστε να κωδικοποιηθούν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα ερευνών αναφορικά με την επίδραση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση.
- II. Η επιλογή των συγκεκριμένων εννοιών και φαινομένων της Φυσικής στα οποία θα πειραματιστούν οι μαθητές. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκαν: η δύναμη της τριβής, ο βρασμός του νερού, το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και η ανάκλαση του φωτός.
- III. Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας για τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και ειδικότερα η καταγραφή και διερεύνηση των ιδεών των μαθητών για τις παραπάνω έννοιες που επιλέχθηκαν¹⁹.
- IV. Ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου από το επίπεδο του επιστημονικού μοντέλου σε κατάλληλη γνώση έτσι ώστε να διδαχθεί στους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου.
- V. Η αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για την οργάνωση και σχεδίαση σεναρίων διδασκαλίας. Ειδικότερα, η οργάνωση και η σχεδίαση καινοτομικών πειραματικών δραστηριοτήτων είτε με εικονικά είτε με πραγματικά αντικείμενα, καθώς επίσης και φύλλων εργασίας που στηρίζονται στις αρχές της εποικοδόμησης και στις αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.
- VI. Η υλοποίηση πιλοτικής έρευνας σε μαθητές δημοτικού σχολείου, έτσι ώστε να σχεδιαστεί η κύρια έρευνα με μεγαλύτερη βεβαιότητα και να εντοπιστούν πιθανές απροσδόκητες δυσκολίες σχετικά με οποιαδήποτε πλευρά της κύριας έρευνας.
- VII. Η υλοποίηση της κύριας έρευνας σε μαθητές δημοτικών σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων.
- VIII. Η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών με βάση την ταξινομία SOLO²⁰.
- IX. Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας και της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων Φυσικής έναντι των πραγματικών στη μάθηση σε μαθητές

¹⁹ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

²⁰ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Έκτο Κεφάλαιο.

δημοτικών σχολείων και ειδικότερα η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (εννοιολογική κατανόηση) που προκύπτουν μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Χ. Ο προσδιορισμός κριτηρίων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για το πότε και με ποιον τρόπο πρέπει να χρησιμοποιούνται τα εικονικά και πραγματικά πειράματα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη εφαρμογή και χρήση τους στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

6.3 Ο σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση των εννοιών και φαινομένων της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της έρευνας είναι να συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα (εννοιολογική κατανόηση) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων που εκτελούν πραγματικά πειράματα με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων που εκτελούν εικονικά πειράματα σχετικά με τις παραπάνω έννοιες.

Με άλλα λόγια, μέσα από την παρούσα έρευνα, επιδιώκεται να συγκριθεί η διδακτική αποτελεσματικότητα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής. Πιο αναλυτικά, διερευνάται το είδος του πειράματος που είναι αποτελεσματικότερο στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής και ειδικότερα στην τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών προς τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις σχετικά με τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες.

Τέλος, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι κατά τη διάρκεια αυτής της σύγκρισης, οι δύο ομάδες των μαθητών (πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου) που συμμετέχουν στην έρευνα δέχονται την ίδια ακριβώς μεταχείριση ως προς τους στόχους, το περιεχόμενο και το χρόνο διδασκαλίας. Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια της έρευνας ελέγχονται συγκεκριμένοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το λεκτικό πλαίσιο διδασκαλίας, το μαθησιακό περιβάλλον, το διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας, υλικό για πειράματα) και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Για παράδειγμα, όσον αφορά την προστιθέμενη αξία στα εικονικά πειράματα αυτή σχετίζεται με δραστηριότητες που απεικονίζουν το μικρόκοσμο (π.χ. ροή του ηλεκτρικού

ρεύματος), με δραστηριότητες της αστρονομίας, με δραστηριότητες που υλοποιούνται ταχύτατα, ενώ στα πραγματικά πειράματα η προστιθέμενη αξία σχετίζεται με δραστηριότητες που απαιτούν αποκλειστικά φυσικό χειρισμό και την αίσθηση της αφής, όπως είναι οι ανατομές (Zacharia et al.,2008; Zacharia & Constantinou,2008).

6.4 Τα (δι)ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας

Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και την πιλοτική έρευνα διαπιστώνεται ότι δεν είναι εφικτή η πρόβλεψη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων της έρευνας, έτσι ώστε να διατυπωθούν συγκεκριμένες ερευνητικές υποθέσεις. Κατά συνέπεια, επειδή δεν είναι εφικτό να γίνουν εύλογες προβλέψεις για τα αναμενόμενα αποτελέσματα διατυπώνονται (δι)ερευνητικά ερωτήματα, στα οποία αποτυπώνονται οι συγκεκριμένοι στόχοι της έρευνας απλώς ως τα ζητούμενα να ερευνηθούν, χωρίς να γίνεται καμιά αναφορά στα αναμενόμενα αποτελέσματα (Παρασκευόπουλος,1993α: 89 - 90).

Με βάση, λοιπόν, τα θεωρητικά και τα ερευνητικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν, τα (δι)ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται στην παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

- ✓ Πρώτο (δι)ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής;»
- ✓ Δεύτερο (δι)ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού;»
- ✓ Τρίτο (δι)ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος;»
- ✓ Τέταρτο (δι)ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της

Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός;»

6.5 Η πιλοτική έρευνα

Πριν την υλοποίηση της κύριας έρευνας πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική²¹ έρευνα για να χρησιμοποιηθούν τα ευρήματά της ως καθοδηγητική βάση, έτσι ώστε να σχεδιαστεί η κύρια έρευνα με μεγαλύτερη βεβαιότητα και να εντοπιστούν πιθανές απροσδόκητες δυσκολίες σχετικά με οποιαδήποτε πλευρά της κύριας έρευνας (Παρασκευόπουλος,1993α:133; Cohen & Manion,2000:243; Robson,2007).

Παράλληλα, η πιλοτική έρευνα διασφαλίζει ότι τα θέματα που θα διερευνηθούν κατά την κύρια έρευνα δεν αποτελούν αυθαίρετες επιλογές του ερευνητή. Ακόμη, οι αδυναμίες που θα επισημανθούν στο σχεδιασμό και τη διαδικασία υλοποίησής της θα χρησιμεύσουν στον καλύτερο σχεδιασμό και υλοποίηση της κύριας έρευνας.

6.5.1 Οι στόχοι της πιλοτικής έρευνας

Μέσα από αυτή την πιλοτική έρευνα ελέγχθηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες και τα φύλλα εργασίας ως προς τους παρακάτω στόχους:

- i) τη δυνατότητα υλοποίησης από πλευράς των μαθητών των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων και ειδικότερα την καταλληλότητα των πραγματικών αντικειμένων και των λογισμικών προσομοιώσεων που επιλέχθηκαν για να εκτελεστούν τα πειράματα που σχετίζονται με τις έννοιες της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός
- ii) τη δυνατότητα υλοποίησης των πειραμάτων από ομάδα δύο μαθητών
- iii) την εξασφάλιση του κατάλληλου επιπέδου στην έκφραση και στη δυσκολία των ερωτήσεων και γενικότερα στην αναγνωσιμότητά τους
- iv) τις δυνατότητες άνετης συμπλήρωσης των φύλλων εργασίας
- v) τον έλεγχο της χρονικής διάρκειας που απαιτούνταν για τις πειραματικές δραστηριότητες και τη συμπλήρωση των φύλλων εργασίας (ο επιδιωκόμενος στόχος ήταν να υλοποιηθούν αυτές οι ενέργειες σε ένα διδακτικό δίωρο, δηλαδή σε ενενήντα λεπτά)

²¹ Η πιλοτική έρευνα συναντάται στη μεθοδολογία και ως προκαταρκτική έρευνα.

- vi) τη δυνατότητα κατηγοριοποίησης των απαντήσεων των μαθητών με βάση την ταξινομία SOLO, η οποία αναλύεται εκτενώς παρακάτω
- vii) την εγκυρότητα και αξιοπιστία τους μετά από την κρίση τους από έξι εκπαιδευτικούς (Χαλκιά,1995:118; Χαλκιά,1999) του δημοτικού σχολείου που υλοποιήθηκε η πιλοτική έρευνα, οι οποίοι διέθεταν μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία Φυσικής σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου

6.5.2 Μεθοδολογία της πιλοτικής έρευνας

6.5.2.1 Οι συνθήκες διεξαγωγής και το δείγμα της πιλοτικής έρευνας

Η πιλοτική έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης του δημοτικού σχολείου Κατσικάς Ιωαννίνων από τις αρχές Οκτωβρίου έως τέλος Νοεμβρίου 2009. Τα υποκείμενα της πιλοτικής έρευνας βρισκόταν στο φυσικό τους περιβάλλον, στην τάξη.

Στην πιλοτική έρευνα συμμετείχαν συνολικά 70 μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές της Πέμπτης ήταν 34 και οι μαθητές της Έκτης 36. Στη συνέχεια χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ισοδύναμες ομάδες και ειδικότερα στην Πέμπτη τάξη σε 17 μαθητές στην πειραματική ομάδα και σε 17 στην ομάδα ελέγχου, ενώ στην Έκτη σε 18 μαθητές και στις δύο ομάδες.

6.5.2.2 Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της πιλοτικής έρευνας

Ο σχεδιασμός της πιλοτικής έρευνας υλοποιείται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως με αυτόν της κύριας, παρότι το δείγμα είναι πολύ μικρότερο συγκριτικά με αυτό της κύριας έρευνας (Παρασκευόπουλος,1993α).

Πιο αναλυτικά, το δείγμα διαχωρίστηκε σε κάθε τάξη σε δύο ισοδύναμες ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Ο χωρισμός των δύο ομάδων σε κάθε τάξη ήταν εντελώς τυχαίος, αφού έγινε με τη διαδικασία της τυχαίας δειγματοληψίας. Πιο συγκεκριμένα, σχηματίστηκε ένας κατάλογος για την Πέμπτη και ένας για την Έκτη με την αλφαβητική σειρά των επιθέτων και στη συνέχεια η επιλογή των δύο ομάδων έγινε τυχαία με τη διαδικασία της κλήρωσης, παρουσία των μαθητών. Όπως προαναφέρθηκε, στην Πέμπτη τάξη συμμετείχαν 17 μαθητές στην πειραματική ομάδα και 17 στην ομάδα ελέγχου, ενώ στην Έκτη 18 μαθητές και στις δύο ομάδες.

Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε τη σχολική τάξη και έκανε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε το εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών για να εκτελέσει τα ίδια πειράματα με τη χρήση

λογισμικών προσομοίωσης.

Οι δύο ομάδες έτυχαν της ίδιας ακριβώς μεταχείρισης ως προς τους στόχους, το περιεχόμενο, τη διδακτική προσέγγιση, τα φύλλα εργασίας, το χρόνο διδασκαλίας και την προστιθέμενη αξία του κάθε είδους πειράματος, με μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό μέσο (πραγματικά αντικείμενα ή λογισμικά προσομοίωσης) σε κάθε ομάδα για να εκτελεστούν τα πραγματικά και εικονικά πειράματα.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την υλοποίηση της πιλοτικής έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού σχολείου δεν είχαν διδαχθεί τις ερευνώμενες έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

Οι μαθητές τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα εργάστηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων και πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα και τα λογισμικά προσομοίωσης.

Συνοπτικά, στο σχεδιασμό της πιλοτικής έρευνας χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική έρευνα με τρία στάδια: α) αρχικό φύλλο εργασίας (προτεστ ή pre – test), β) πειραματικές – διδακτικές δραστηριότητες (αφορά τις προβλέψεις - υποθέσεις πριν από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων) και την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, γ) τελικό φύλλο εργασίας (μετατεστ ή post – test).

Τέλος, μέσα από την πιλοτική έρευνα, εκτός από την υλοποίηση των παραπάνω στόχων που προαναφέρθηκαν, επιχειρείται να γίνει σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου μετά από την εκτέλεση των εικονικών (πειραματική ομάδα) και πραγματικών πειραμάτων (ομάδα ελέγχου). Στην πιλοτική έρευνα, όπως και στην κύρια έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια πραγματικά αντικείμενα και τα λογισμικά προσομοίωσης, καθώς επίσης μελετήθηκαν και οι ίδιες έννοιες οι οποίες είναι: η δύναμη της τριβής, ο βρασμός του νερού, το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και η ανάκλαση του φωτός.

6.5.3 Μέσα συλλογής δεδομένων της πιλοτικής έρευνας

Στην πιλοτική έρευνα χρησιμοποιήθηκαν, όπως και στην κύρια, ως μέσα συλλογής δεδομένων φύλλα εργασίας τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι). Αυτά τα φύλλα εργασίας χαρακτηρίζονται από μια σταθερή μεθοδολογική δομή που στηρίζεται τόσο στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») όσο και στην επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα φύλλα εργασίας που διανεμήθηκαν και στις δύο ομάδες είναι πανομοιότυπα ως προς τις ερωτήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες που εκτελούν οι μαθητές, ενώ διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούν τα πειράματα οι ομάδες των μαθητών.

Ειδικότερα, το κάθε φύλλο εργασίας που διανεμήθηκε σε κάθε μαθητή χωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους φύλλα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), τα οποία είναι τα εξής:

Α) *Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ ή pre-test)*: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις ανοικτού τύπου και στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής»), καθώς επίσης και στο βήμα «έναυσμα ενδιαφέροντος» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Β) *Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις*: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις προβλέψεων – υποθέσεων πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων και στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής»), καθώς επίσης και στο βήμα «διατύπωση υποθέσεων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Γ) *Φύλλο εργασίας (3) - Πειράματα*: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οδηγίες εκτέλεσης των πειραμάτων, ερωτήσεις παρατήρησης, ερωτήσεις κατανόησης, διατύπωσης συμπερασμάτων των πειραμάτων και στηρίζεται στις φάσεις «Δοκιμασίας των ιδεών των μαθητών, καταγραφής των αποτελεσμάτων» και «Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής»), καθώς επίσης και στα βήματα «(Αποδεικτικός) Πειραματισμός» και «Εξαγωγή συμπερασμάτων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Δ) *Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ ή post-test)*: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οι ίδιες ακριβώς ερωτήσεις ανοικτού τύπου με το αρχικό φύλλο εργασίας (1) και στηρίζεται στη φάση «Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου» της

εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») ,καθώς επίσης και στα βήματα «Εφαρμογές» και «Γενίκευση» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων δόθηκε σε όλες τις ομάδες το αρχικό φύλλο εργασίας (προτεστ) που ήταν πανομοιότυπο με το τελικό φύλλο εργασίας (μετατεστ) που δόθηκε μετά από την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση, την κατηγοριοποίηση και τη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων (μαθησιακών αποτελεσμάτων) των μαθητών με βάση την ταξινόμια SOLO, η οποία επιμερίζεται σε πέντε επίπεδα: το Προδομικό, το Μονοδομικό, το Πολυδομικό, το Συσχετιστικό και το Εκτεταμένης αφαίρεσης.

Έχοντας, λοιπόν, ως κριτήριο την ταξινόμια SOLO, όπως και στην κύρια έρευνα, κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών, τόσο πριν όσο και μετά από τα πειράματα, στα τέσσερα πρώτα ιεραρχικά επίπεδα, με βάση το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι στο πέμπτο επίπεδο δεν βρέθηκαν απαντήσεις των μαθητών.

6.5.4 Αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας

Λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων στην πιλοτική έρευνα δεν υπάρχει η δυνατότητα της σύγκρισης των δύο ομάδων και του στατιστικού ελέγχου για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών και την εννοιολογική αλλαγή για τις έννοιες που ερευνώνται.

Παρόλα αυτά, παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μέσοι όροι των απαντήσεων των μαθητών, με βάση την ταξινόμια SOLO, για τις ερωτήσεις των αρχικών φύλων εργασίας (1) (προτεστ) και των φύλλων εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ) όλων των εννοιών που μελετήθηκαν στην πιλοτική έρευνα.

6.5.4.1 Αποτελέσματα για την έννοια της δύναμης της τριβής

Τα αποτελέσματα για τις ερωτήσεις των αρχικών φύλων εργασίας (1) (προτεστ) και των φύλλων εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ) σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I₁ και I₂) δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.1: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1): «Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,82	2,12
	Έκτη	1,89	2,39
	Total	1,86	2,26
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,88	2,88
	Έκτη	2,00	3,28
	Total	1,94	3,09

Πίνακας 6.2: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2): «Στην παρακάτω εικόνα ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο: «Αδύνατο να το σπρώξουμε». Ο συμμαθητής του απαντά: «Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο. Όταν ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, η τριβή είναι μικρή». Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,35	3,18
	Έκτη	1,33	3,11
	Total	1,34	3,14
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,35	1,59
	Έκτη	1,33	2,22
	Total	1,34	1,91

Πίνακας 6.3: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3): «Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,29	1,76
	Έκτη	1,06	1,61
	Total	1,17	1,69
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,29	2,41
	Έκτη	1,06	3,00
	Total	1,17	2,71

Πίνακας 6.4: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4): «Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,29	2,06
	Έκτη	1,28	1,50
	Total	1,29	1,77
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,18	2,35
	Έκτη	1,39	2,56
	Total	1,29	2,46

Πίνακας 6.5: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (5): «Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»: α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε άσφαλο. β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο. γ) Δεν γνωρίζω. Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	2,00	2,65
	Έκτη	1,94	2,50
	Total	1,97	2,57
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	2,00	2,88
	Έκτη	2,11	3,33
	Total	2,06	3,11

Πίνακας 6.6: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (6): «Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο: α) Όταν είναι άδειο. β) Όταν είναι φορτωμένο. γ) Δεν γνωρίζω. Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,94	2,41
	Έκτη	1,67	2,33
	Total	1,80	2,37
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,71	2,59
	Έκτη	1,72	2,89
	Total	1,71	2,74

6.5.4.2 Αποτελέσματα για την έννοια του βρασμού του νερού

Τα αποτελέσματα για τις ερωτήσεις των αρχικών φύλων εργασίας (1) (προτεστ) και των φύλλων εργασίας (4) – Εφαρμογές (μετατεστ) σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I₃ και I₄) δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.7: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1): «Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε την κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,76	2,35
	Έκτη	1,56	2,22
	Total	1,66	2,29
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,76	2,88
	Έκτη	1,50	2,61
	Total	1,63	2,74

Πίνακας 6.8: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2): «Η ποσότητα του νερού που βάζουμε αρχικά στην κατσαρόλα για να μαγειρέψουμε ένα φαγητό είναι ίδια ή διαφορετική με την ποσότητα του νερού μετά το βρασμό; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,41	2,12
	Έκτη	1,78	2,33
	Total	1,60	2,23
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,29	2,41
	Έκτη	1,67	2,61
	Total	1,49	2,51

Πίνακας 6.9: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3): «Έχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε. Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δύο δοχεία; Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δύο θερμόμετρα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,29	2,06
	Έκτη	1,11	2,11
	Total	1,20	2,09

ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,29		2,88
	Έκτη	1,06		3,06
	Total	1,17		2,97

Πίνακας 6.10: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4): «Έχουμε δύο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο. Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)). Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δύο δοχεία. Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δύο δοχεία; Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δύο θερμόμετρα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,24		2,12
	Έκτη	1,11		1,83
	Total	1,17		1,97
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,12		2,88
	Έκτη	1,11		2,72
	Total	1,11		2,80

6.5.4.3 Αποτελέσματα για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Τα αποτελέσματα για τις ερωτήσεις των αρχικών φύλων εργασίας (1) (προτεστ) και των φύλλων εργασίας (4) – Εφαρμογές (μετατεστ) σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I₅ και I₆) δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.11: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1) (α): «Στην εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα. Μπορείς να εξηγήσεις πως συνδέεται η λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε να ανάβει;»

ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,12		2,29
	Έκτη	1,50		2,44
	Total	1,31		2,37
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,06		2,24
	Έκτη	1,50		2,33
	Total	1,29		2,29

Πίνακας 6.12: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1) (β): «Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,53	2,24
	Έκτη	1,50	2,33
	Total	1,51	2,29
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,47	2,18
	Έκτη	1,61	2,22
	Total	1,54	2,20

Πίνακας 6.13: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1) (γ): «Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,59	2,24
	Έκτη	1,89	2,61
	Total	1,74	2,43
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,47	2,06
	Έκτη	1,94	2,78
	Total	1,71	2,43

Πίνακας 6.14: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2): «Η έκφραση «κλείσε το φως», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, αναφέρεται στο κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα που πετυχαίνουμε με τους διακόπτες;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,47	2,47
	Έκτη	1,94	2,56
	Total	1,71	2,51
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,35	2,59
	Έκτη	2,00	2,06
	Total	1,69	2,31

Πίνακας 6.15: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3): «Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε στα καλώδια της ΔΕΗ;»

ΠΡΙΝ			META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean	Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,24	1,94
	Έκτη	1,33	2,56

	Total	1,29		2,26
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,29		2,00
	Έκτη	1,33		2,11
	Total	1,31		2,06

Πίνακας 6.16: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4): «Πως πιστεύεις ότι δουλεύει ένας φακός και ανάβει η λάμπα του;»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,71		2,35
	Έκτη	2,06		2,39
	Total	1,89		2,37
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,65		2,29
	Έκτη	2,17		2,39
	Total	1,91		2,34

6.5.4.4 Αποτελέσματα για την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Τα αποτελέσματα για τις ερωτήσεις των αρχικών φύλων εργασίας (1) (προτεστ) και των φύλλων εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ) σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I₇ και I₈) δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.17: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (1) : «Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέφτη του αυτοκινήτου;»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,76		1,94
	Έκτη	2,17		2,67
	Total	1,97		2,31
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,65		2,82
	Έκτη	2,06		3,17
	Total	1,86		3,00

Πίνακας 6.18: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (2) : «Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά στα ήρεμα νερά της λίμνης στην εικόνα;»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,94		2,06
	Έκτη	1,78		2,22
	Total	1,86		2,14

ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	2,00		2,53
	Έκτη	1,72		2,61
	Total	1,86		2,57

Πίνακας 6.19: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (3) : «Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος;»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,59		2,35
	Έκτη	1,56		2,33
	Total	1,57		2,34
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,35		2,18
	Έκτη	1,61		2,39
	Total	1,49		2,29

Πίνακας 6.20: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (4) : «Στην εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί. Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,47		2,24
	Έκτη	1,61		2,11
	Total	1,54		2,17
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,24		2,65
	Έκτη	1,67		2,33
	Total	1,46		2,49

Πίνακας 6.21: Μέσοι όροι της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου πριν και μετά τα εικονικά και πραγματικά πειράματα της πιλοτικής έρευνας στην ερώτηση (5) : «Το βράδυ όταν ένας οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει πίσω του άλλο ένα αυτοκίνητο με αναμμένα τα φώτα στην πιο μεγάλη «σκάλα» (στην πιο μεγάλη ένταση φωτός) υπάρχει περίπτωση όταν στρέψει τα μάτια του προς τον καθρέπτη του αυτοκινήτου του να μην μπορεί να δει καθαρά για να οδηγήσει; Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;»

ΠΡΙΝ				META
Είδος_ομάδας	Τάξη	Mean		Mean
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	Πέμπτη	1,76		2,06
	Έκτη	1,94		2,22
	Total	1,86		2,14
ΕΛΕΓΧΟΥ	Πέμπτη	1,76		2,59
	Έκτη	1,94		2,72
	Total	1,86		2,66

6.5.5 Συμπεράσματα της πιλοτικής έρευνας

Μετά το τέλος της πιλοτικής έρευνας ελέγχθηκαν οι στόχοι που τέθηκαν πριν από την υλοποίηση της. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα ακόλουθα:

- i) διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να υλοποιήσουν (χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες) τα πραγματικά και εικονικά πειράματα, καθώς επίσης και ότι τα πραγματικά αντικείμενα και τα λογισμικά προσομοίωσης ήταν ρεαλιστικά, κατανοητά και ελκυστικά για τους μαθητές
- ii) διαπιστώθηκε ότι ο τρόπος εργασίας των μαθητών σε δυνάδες ήταν αποτελεσματικός για την εκτέλεση των πειραμάτων και την οικοδόμηση των υπό μελέτη εννοιών
- iii) διαπιστώθηκε ότι οι ερωτήσεις των φύλλων εργασίας ήταν κατανοητές ως προς την αναγνωσιμότητά τους και αντιστοιχούσαν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, καθώς επίσης και στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών
- iv) διαπιστώθηκε ότι τόσο στην τάξη όσο και στο εργαστήριο υπολογιστών υπήρχαν δυνατότητες άνετης συμπλήρωσης των φύλλων εργασίας. Επίσης, οι μαθητές συμπλήρωναν πρόθυμα τα φύλλα εργασίας διότι δεν τους απορροφούσε μέρος του προσωπικού τους χρόνου, αφού η διαδικασία γινόταν στα πλαίσια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών
- v) διαπιστώθηκε ότι, με ορισμένες τροποποιήσεις και περικοπές, οι πειραματικές δραστηριότητες και η συμπλήρωση των φύλλων εργασίας, για κάθε έννοια ξεχωριστά, υλοποιούνται μέσα σε ένα διδακτικό δίωρο (ενενήντα λεπτά)
- vi) διαπιστώθηκε η δυνατότητα εφαρμογής της ταξινομίας SOLO στην κατηγοριοποίηση των απαντήσεων
- vii) διαπιστώθηκε ότι λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων στην πιλοτική έρευνα δεν υπάρχει η δυνατότητα της σύγκρισης των δύο ομάδων και του στατιστικού ελέγχου για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών και την εννοιολογική αλλαγή για τις έννοιες που ερευνώνται
- viii) διαπιστώθηκε η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των πειραματικών δραστηριοτήτων και των φύλλων εργασίας, καθώς επίσης έγιναν και οι απαραίτητες παρατηρήσεις που συνέβαλαν καθοριστικά ώστε να γίνουν οι τελικές διορθώσεις για την κύρια έρευνα.

Πιο συγκεκριμένα, μετά το τέλος της πιλοτικής έρευνας έγινε συζήτηση όχι μόνο μεταξύ του ερευνητή και των μαθητών, αλλά και μεταξύ του ερευνητή και των τεσσάρων εκπαιδευτικών που δίδασκαν στις τάξεις και παρακολούθησαν με προθυμία

την ερευνητική διαδικασία. Επιπρόσθετα, έγινε συζήτηση και μεταξύ του ερευνητή και άλλων δύο εκπαιδευτικών του σχολείου που είχαν μεγάλη διδακτική εμπειρία στη διδασκαλία Φυσικής στην Πέμπτη και Έκτη τάξη δημοτικού σχολείου. Στόχος αυτής της συζήτησης ήταν η αξιολόγηση της ερευνητικής διαδικασίας, των πειραματικών δραστηριοτήτων και των φύλλων εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές.

Η συζήτηση περιελάμβανε, εκτός από τη διαδικασία εκτέλεσης των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, τις απόψεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών για τη διατύπωση, το βαθμό δυσκολίας, την κατανόηση αλλά και τα χρονικά περιθώρια που αφορούσαν τις ερωτήσεις των φύλλων εργασίας. Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψη τόσο τις παραπάνω απόψεις όσο και τις δυσκολίες κατηγοριοποίησης των απαντήσεων των φύλλων εργασίας της πιλοτικής έρευνας διαμορφώθηκε η τελική μορφή των φύλλων εργασίας της κύριας έρευνας για κάθε έννοια ξεχωριστά (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II).

Ειδικότερα, οι βελτιώσεις – τροποποιήσεις που έγιναν στα φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την έννοια της δύναμης της τριβής, έτσι ώστε να πάρουν την τελική τους μορφή (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₁ και II₂) είναι οι ακόλουθες: Α) Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) που είναι ίδιο με το τελικό φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ), τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, οι ερωτήσεις (1), (3), (4), (5) και (6) παραμένουν ως έχουν. Μόνο στην ερώτηση (2) προστέθηκαν μερικά επιπλέον στοιχεία για να είναι πιο κατανοητή

Β) Στο φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, όλες οι ερωτήσεις παραμένουν ως έχουν

Γ) Στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, απαλείφθηκαν τρεις πίνακες (συνολικά) που ζητούσαν τη συμπλήρωση παραγόντων – μεταβλητών των πειραμάτων και βρίσκονταν στις δραστηριότητες μετά από την εκτέλεση των τριών συνολικά πειραμάτων.

Οι βελτιώσεις – τροποποιήσεις που έγιναν στα φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την έννοια του βρασμού του νερού, έτσι ώστε να πάρουν την τελική τους μορφή (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₃ και II₄) είναι οι ακόλουθες: Α) Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) που είναι ίδιο με το τελικό φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ), τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, η ερώτηση (1) παραμένει ως έχει. Η ερώτηση (2) διαγράφηκε και προστέθηκε άλλη ερώτηση πάλι με το νούμερο (2). Η ερώτηση (3) άλλαξε θέση σε ερώτηση (4) με πολύ μικρές διευκρινήσεις. Η ερώτηση (4) άλλαξε θέση σε ερώτηση (5) με πολύ μικρές διευκρινήσεις. Ακόμη, προστέθηκε μια νέα ερώτηση στη θέση (3)

Β) Στο φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, απαλείφθηκε η Πρόβλεψη (IV)

Γ) Στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, απαλείφθηκαν οι δραστηριότητες μετά από την εκτέλεση του δεύτερου και τρίτου πειράματος. Ακόμη, έγινε προσθήκη μιας γραμμής στον πίνακα καταγραφής της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση του δεύτερου πειράματος, προσθήκη δύο γραμμών στον πίνακα καταγραφής της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση του τρίτου πειράματος και απαλείφθηκε ολόκληρο το τέταρτο πείραμα.

Οι βελτιώσεις – τροποποιήσεις που έγιναν στα φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, έτσι ώστε να πάρουν την τελική τους μορφή (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆) είναι οι ακόλουθες: Α) Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) που είναι ίδιο με το τελικό φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ), τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, η ερώτηση (1) (α), (β) και (γ) άλλαξε θέση σε ερώτηση (2) (α), (β) και (γ). Η ερώτηση (2) άλλαξε θέση και διατυπώθηκε πιο αναλυτικά με δύο ερωτήματα στα νούμερα (3) (α) και (β). Η ερώτηση (3) άλλαξε θέση σε ερώτηση (4) με πολύ μικρές προσθήκες. Η ερώτηση (4) απαλείφθηκε. Προστέθηκε μια νέα ερώτηση στη θέση (1) (Α), (Β) και (Γ)

Β) Στο φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, στην 1^η δραστηριότητα της Πρόβλεψης (I) προστέθηκε μια νέα ερώτηση που ζητούσε να σχεδιάσουν οι μαθητές καλώδια σε μια φωτογραφία και απαλείφθηκε η δεύτερη που αναφερόταν στο ρόλο της μπαταρίας, έτσι ώστε να προστεθεί στη θέση της μια νέα ερώτηση που να έχει άμεση σχέση με το κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στην Πρόβλεψη (I) η 2^η δραστηριότητα απαλείφθηκε και στη θέση της μπήκε η τελευταία ερώτηση της 1^{ης} δραστηριότητας σχετικά με το εάν ένα λαμπάκι μπορεί να ανάψει μόνο με ένα καλώδιο. Στην Πρόβλεψη (II) προστέθηκε μια νέα ερώτηση που ζητούσε να σχεδιάσουν οι μαθητές καλώδια σε μια φωτογραφία. Ακόμη, βελτιώθηκαν και εμπλουτίστηκαν οι υπόλοιπες ερωτήσεις της

Γ) Στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, στο πρώτο πείραμα απαλείφθηκε η δεύτερη ερώτηση που αναφερόταν στο ρόλο της μπαταρίας για να προστεθεί στη θέση της μια νέα ερώτηση που να έχει άμεση σχέση με το κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα. Η τελευταία ερώτηση που αναφερόταν στο εάν ένα λαμπάκι μπορεί να ανάψει μόνο με ένα καλώδιο εμφανίζεται ως 2^η δραστηριότητα του πρώτου πειράματος. Στο δεύτερο

πείραμα βελτιώθηκαν και εμπλουτίστηκαν τόσο οι οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος όσο και οι υπόλοιπες ερωτήσεις που υπήρχαν μετά την εκτέλεσή του.

Οι βελτιώσεις – τροποποιήσεις που έγιναν στα φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την έννοια της ανάκλασης του φωτός, έτσι ώστε να πάρουν την τελική τους μορφή (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₇ και II₈) είναι οι ακόλουθες:

A) Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) που είναι ίδιο με το τελικό φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ), τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, οι ερωτήσεις (1), (2) και (4) παραμένουν ως έχουν. Η ερώτηση (3) άλλαξε και διατυπώθηκε πιο αναλυτικά με δύο ερωτήματα με νούμερα (3) (α) και (β). Η ερώτηση (5) απαλείφθηκε

B) Στο φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, οι Προβλέψεις (I) και (II) εμπλουτίζονται με επιπλέον στοιχεία που σχετίζονται με τον καθορισμό συγκεκριμένης γωνίας με την οποία φωτίζουμε τον καθρέπτη. Η Πρόβλεψη (III) απαλείφθηκε

Γ) Στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα, τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα, τα δύο πρώτα πειράματα συνοψίζονται σε ένα με αναλυτικότερες οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος. Το τρίτο πείραμα μετονομάστηκε σε δεύτερο πείραμα με αναλυτικότερες οδηγίες εκτέλεσης του.

6.6 Η κύρια έρευνα

6.6.1 Οι ερευνητικοί άξονες της κύριας έρευνας

Λαμβάνοντας υπόψη τα εξής χρήσιμα στοιχεία της έρευνας: i) τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου για τις υπό μελέτη έννοιες, ii) την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφική ανασκόπηση και iii) τα συμπεράσματα της πιλοτικής έρευνας, οι ερευνητικοί άξονες της κύριας έρευνας περιγράφονται ως εξής:

I) Πρώτος ερευνητικός άξονας: Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας της δύναμης της τριβής.

II) Δεύτερος ερευνητικός άξονας: Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του βρασμού του νερού.

III) Τρίτος ερευνητικός άξονας: Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

IV) Τέταρτος ερευνητικός άξονας: Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας της ανάκλασης του φωτός.

6.6.2 Το δείγμα και οι συνθήκες διεξαγωγής της κύριας έρευνας– Η μέθοδος δειγματοληψίας

6.6.2.1 Το δείγμα και οι συνθήκες διεξαγωγής της κύριας έρευνας

Το δείγμα της έρευνας προέκυψε από τους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων.

Η επιλογή του δείγματος, που αποτελείται συνολικά από τρία (3) δημοτικά σχολεία, έγινε μέσα από ένα κατάλογο των είκοσι επτά (27) δημοτικών σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων με την «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία.

Η κύρια έρευνα πραγματοποιήθηκε από τις αρχές Ιανουαρίου έως το τέλος Μαΐου 2010 σε μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης δημοτικού στα εξής δημοτικά σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων: 1^ο, 3^ο και 18^ο Δημοτικό Σχολείο.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 222 μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικών σχολείων²². Οι 110 ήταν μαθητές της Πέμπτης τάξης και οι 112 μαθητές της Έκτης.

Πιο αναλυτικά, στο 1^ο Δημοτικό Σχολείο υπήρχαν 34 μαθητές στην Πέμπτη τάξη και 38 στην Έκτη. Οι μαθητές διαχωρίστηκαν, όπως φαίνεται στον Πίνακα (6.22), τυχαία σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες. Στην πειραματική ομάδα της Πέμπτης τάξης συμμετείχαν 17 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 17 μαθητές. Στην πειραματική ομάδα της Έκτης τάξης συμμετείχαν 19 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 19 μαθητές.

²² Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι οι 222 μαθητές συμμετείχαν στην ερευνητική διαδικασία και των τεσσάρων εννοιών που διερευνώνται στην παρούσα έρευνα, με αποτέλεσμα να έχουν συγκεντρωθεί στο τέλος της έρευνας 888 συμπληρωμένα φύλλα εργασίας.

Πίνακας 6.22: Σύνθεση της Πειραματικής και της ομάδας Ελέγχου ανά τάξη και σχολείο

	ΠΕΜΠΤΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ		ΕΚΤΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ	
ΣΧΟΛΕΙΟ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	ΕΛΕΓΧΟΥ
1ο	17	17	19	19
3ο	19	20	17	17
18ο	19	18	20	20
ΣΥΝΟΛΟ	55	55	56	56

Στο 3^ο Δημοτικό Σχολείο υπήρχαν 39 μαθητές στην Πέμπτη τάξη και 34 στην Έκτη. Οι μαθητές διαχωρίστηκαν τυχαία σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες. Στην πειραματική ομάδα της Πέμπτης τάξης συμμετείχαν 19 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 20 μαθητές. Στην πειραματική ομάδα της Έκτης τάξης συμμετείχαν 17 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 17 μαθητές.

Στο 18^ο Δημοτικό Σχολείο υπήρχαν 37 μαθητές στην Πέμπτη τάξη και 40 στην Έκτη. Οι μαθητές διαχωρίστηκαν τυχαία σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες. Στην πειραματική ομάδα της Πέμπτης τάξης συμμετείχαν 19 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 18 μαθητές. Στην πειραματική ομάδα της Έκτης τάξης συμμετείχαν 20 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 20 μαθητές.

Το δείγμα ,συνολικά, διαχωρίστηκε σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Στην πειραματική ομάδα της Πέμπτης τάξης συμμετείχαν 55 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 55 μαθητές (πίνακας 6.22). Στην πειραματική ομάδα της Έκτης τάξης συμμετείχαν 56 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου 56 μαθητές. Ειδικότερα, ο διαχωρισμός των δυο ομάδων σε κάθε τάξη έγινε με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Στη συνέχεια, η εξίσωση - ισοδυναμία των δυο ομάδων ελέγχθηκε και ως προς το γνωστικό επίπεδο. Η ισοδυναμία των δυο ομάδων διαπιστώθηκε ως προς το γνωστικό επίπεδο με προ-έλεγχο από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές σε ίδιες ερωτήσεις (φύλλα εργασίας (1) - προτεστ) πριν από την εκτέλεση τόσο των εικονικών όσο και των πραγματικών πειραμάτων. Ο έλεγχος της ισοδυναμίας των δυο ομάδων έγινε με το στατιστικό κριτήριο ελέγχου Tukey HSD για όλες τις ερωτήσεις των υπό μελέτη εννοιών²³.

Ταυτόχρονα, όσον αφορά το φύλο στους 110 μαθητές της Πέμπτης τάξης υπήρχαν 58 αγόρια (53%) και 52 κορίτσια (47%) και στους 112 μαθητές της Έκτης υπήρχαν 56 αγόρια (50%) και 56 κορίτσια (50%). Δεδομένου ότι μέσα από τη στατιστική ανάλυση δεν εμφανίστηκαν συσχετίσεις των επιλογών με το φύλο των μαθητών και μαθητριών,

²³ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

κρίθηκε ότι δεν θα ενδιέφερε μια αναλυτικότερη παρουσίαση αυτού του χαρακτηριστικού του δείγματος.

Τέλος, όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, κρίνεται αρκετά ικανοποιητικό, διότι υπερβαίνει τον αριθμό 30 και έτσι θεωρείται στατιστικά σημαντικό δείγμα. Επίσης, για έρευνες που συγκρίνουν τους μέσους όρους δύο ή περισσότερων ομάδων, καλό είναι τα υποκείμενα για κάθε συγκρινόμενη ομάδα να μην είναι λιγότερα από 30. Επιπλέον, είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό 50 που σύμφωνα με την βιβλιογραφία θεωρείται μια καλή βάση για έρευνες που συγκρίνουν τους μέσους όρους δύο ή περισσότερων ομάδων (Παρασκευόπουλος, 1993β:50; Cohen & Manion,2000:131).

6.6.2.2 Αιτιολογία επιλογής της μεθόδου «κατά συστάδες» τυχαίας δειγματοληψίας

Για τη συγκρότηση του δείγματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία, επειδή το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε καταλόγους των συστάδων (σχολείων) και όχι μεμονωμένων στοιχείων (μαθητές) τους, που είναι σχεδόν ακατόρθωτο να βρεθούν (Παρασκευόπουλος,1993β:25; Φαρμάκης,2002:153).

Με την «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία μπορεί να επιλεγεί στην τύχη ένας συγκεκριμένος αριθμός σχολείων (ή τάξεων), οι μαθητές των οποίων θα αποτελέσουν το δείγμα για την πραγματοποίηση της έρευνας (Παρασκευόπουλος,1993β:25; Βάμβουκας,1998:164; Cohen & Manion,2000:129).

Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα, είναι πολύ πιο απλό να γίνει ένας κατάλογος με τα σχολεία και τις τάξεις τους, παρά ένας κατάλογος όλων των μαθητών της πόλης των Ιωαννίνων (Φίλιας,1998:414; Φαρμάκης,2002:153).

6.6.3 Η πειραματική έρευνα

6.6.3.1 Η αναγκαιότητα υλοποίησης της πειραματικής έρευνας και του διαχωρισμού του δείγματος σε πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου

Με βάση τους ερευνητικούς άξονες της κύριας έρευνας επιχειρείται η συγκριτική μελέτη της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στην εννοιολογική κατανόηση των εννοιών της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Όμως, για

να επιτευχθεί αυτή η συγκριτική μελέτη είναι αναγκαία η εφαρμογή της πειραματικής έρευνας (Παρασκευόπουλος,1993α:36; Cohen & Manion,2000:229) ή συγκριτικού πειράματος (Φίλιας,1998:43) ή «αληθινού» πειραματικού σχεδίου (Cohen & Manion,2000:233; Robson,2007:147).

Πιο αναλυτικά, για να δοκιμαστεί πειραματικά η αποτελεσματικότητα των δύο ειδών πειραμάτων, πρέπει να φέρουμε σε συσχέτιση δυο μεταβλητές: το πείραμα (ανεξάρτητη μεταβλητή – δύο επίπεδα, δύο είδη πειράματος) και την επίδραση στη μάθηση (μαθησιακά αποτελέσματα) των μαθητών (εξαρτημένη μεταβλητή). Θα πρέπει, λοιπόν, να μεταβάλουμε - εφαρμόσουμε συνειδητά και σκόπιμα, αλλά με τρόπο ελεγχόμενο, το πείραμα – δυο είδη - (ανεξάρτητη μεταβλητή), για να διαπιστώσουμε ποιες συνέπειες θα επιφέρει στη μάθηση – επίδοση (μαθησιακά αποτελέσματα) των μαθητών (εξαρτημένη μεταβλητή) (Παρασκευόπουλος, 1993α:119; Βάμβουκας,1998:114; Πυργιωτάκης,2000:127).

Ταυτόχρονα, για να εφαρμοστεί σωστά η πειραματική έρευνα, πρέπει:

- i) Να κρατηθούν σταθερές και αμετάβλητες όλες οι άλλες μεταβλητές (μαθητές, δάσκαλοι, ενότητα διδασκαλίας, χρόνος διδασκαλίας κλπ.)
- ii) Να πραγματοποιηθούν και τα δυο είδη πειραμάτων
- iii) Να ελεγχθεί η επίδραση στη μάθηση (επίδοση) των μαθητών και να συγκριθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα των πραγματικών πειραμάτων με τα αποτελέσματα των εικονικών πειραμάτων.

Ωστόσο, είναι σαφές ότι δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση πειραμάτων από τους ίδιους μαθητές δυο φορές και ειδικότερα πρώτα με πραγματικό τρόπο και μετά με εικονικό. Είναι εμφανές ότι τα αποτελέσματα τη δεύτερη φορά θα ήταν πολύ διαφορετικά, αφού οι μαθητές θα είχαν ήδη πραγματοποιήσει πειράματα για την ίδια έννοια με άλλον τρόπο.

Κατά τον ίδιο τρόπο δεν είναι δυνατή η αλλαγή της εξεταζόμενης έννοιας, διότι ο βαθμός δυσκολίας των δύο εννοιών θα πρέπει να είναι ο ίδιος.

Για να ξεπεραστεί η δυσκολία αυτή, δημιουργούνται δύο ομάδες. Στη μια από αυτές, τα πειράματα θα πραγματοποιούνται με εικονικά αντικείμενα, ενώ στην άλλη ομάδα θα γίνονται με πραγματικά αντικείμενα (Πυργιωτάκης,2000:127; Εμβαλωτής κ.ά.,2006:50).

Η πρώτη ομάδα που χρησιμοποιεί εικονικά αντικείμενα ονομάζεται «πειραματική ομάδα» και η δεύτερη που χρησιμοποιεί πραγματικά αντικείμενα ονομάζεται «ομάδα ελέγχου» (Παρασκευόπουλος,1993α:36; Βάμβουκας,1998:172; Πυργιωτάκης,

2000:127; Cohen & Manion,2000:248; Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004:345; Keller 2004:3; Παναγιωτακόπουλος κ.ά.,2004:62; Robson,2007:147; Zacharia,2007:122; Zacharia & Constantinou,2008:426).

Όμως, για να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα της έρευνας, πρέπει οι δυο ομάδες να είναι ισοδύναμες μεταξύ τους. Διαφορετικά, αν στη μια ομάδα συγκεντρωθούν, για παράδειγμα, όλοι οι καλοί μαθητές και στην άλλη μείνουν οι αδύνατοι, είναι ξεκάθαρο ότι η διαφορά των επιδόσεων πρέπει να αποδοθεί στο επίπεδο των μαθητών και όχι στα δύο είδη των πειραμάτων.

6.6.3.2 Συγκρότηση (σχηματισμός) πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου με τη διαδικασία της τυχαίας δειγματοληψίας

Οι μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης κάθε δημοτικού σχολείου χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με τη διαδικασία της τυχαίας δειγματοληψίας (Παρασκευόπουλος, 1993α:36; Cohen & Manion,2000:233) ή της τυχαιοποίησης υποκειμένων (Βάμβουκας, 1998:174,177,187; Φίλιας,1998:45; Πυργιωτάκης,2000:127) ή του τυχαίου κατακερματισμού (Robson,2007:150) ή της τυχαιοθέτησης (Κατσίλλης,2006:96).

Ο συνήθης τρόπος είναι να καταγραφούν όλα τα υποκείμενα της έρευνας σε έναν απλό ονομαστικό κατάλογο, όχι όμως με βάση κάποιες μετρήσεις ή εκτιμήσεις χαρακτηριστικών, αλλά τυχαία.

Στην περίπτωση αυτή, ο συνηθέστερος τρόπος για το σχηματισμό του καταλόγου είναι η αλφαβητική σειρά των ονομάτων. Ο τρόπος αυτός ακολουθήθηκε και στην παρούσα έρευνα.

Στη συνέχεια κατατάχθηκαν τα υποκείμενα σε δυο ομάδες, με τυχαίο τρόπο, με τη διαδικασία της κλήρωσης, παρουσία των μαθητών. Η πρώτη ονομάζεται «πειραματική ομάδα» (εικονικά αντικείμενα) και η δεύτερη «ομάδα ελέγχου» (πραγματικά αντικείμενα) (Πυργιωτάκης,2000:131; Robson,2007:147).

Με τον τρόπο αυτό υποθέτουμε ότι τα υποκείμενα με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κατανέμονται πάντα με την ίδια συχνότητα στη μία ή την άλλη ομάδα και ότι οι πιθανές διαφορές εξισορροπούνται τελικά από μόνες τους (Πυργιωτάκη,2000:131). Πιο συγκεκριμένα, με τον αμερόληπτο αυτόν τρόπο συγκρότησης των δυο ομάδων βεβαιωνόμαστε ότι οι ομάδες ως σύνολα είναι ισότιμες ως προς όλα τα χαρακτηριστικά των μελών τους (νοημοσύνη, μορφωτικό – οικονομικό επίπεδο της οικογένειας, σωματική και ψυχική υγεία κλπ.). Με τον τρόπο

αυτό εξισώνονται οι ομάδες ως προς τους άλλους, τους «τρίτους» παράγοντες, με αποτέλεσμα να έχουν εξουδετερωθεί οι επιδράσεις τους στις δυο ομάδες (Παρασκευόπουλος,1993α:36).

Με άλλα λόγια, η τυχαία δειγματοληψία διασφαλίζει τη μεγαλύτερη πιθανότητα ισοδυναμίας, δηλαδή την ίση αναλογία μεταξύ των πειραματικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου όλων των άλλων παραγόντων και χαρακτηριστικών των υποκειμένων, τα οποία πιθανόν θεωρητικά επηρεάζουν τις πειραματικές μεταβλητές, για τις οποίες ενδιαφέρεται ο ερευνητής (Cohen & Manion,2000:233 – 234). Αυτό σημαίνει ότι η επιτυχής «εξίσωση» της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου με την τυχαιοποίηση αυξάνει την ευαισθησία του πειράματος με το να μειώσει το μέγεθος των διαφορών μεταξύ των δυο ομάδων που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε τυχαία γεγονότα (Φίλιας,1998:45).

Τέλος, η τυχαία συγκρότηση των ομάδων με κλήρωση είναι ο καλύτερος τρόπος. Κατά συνέπεια, αν η εκλογή των υποκειμένων της έρευνας και η κατανομή τους σε ομάδες γίνουν με αυστηρούς στατιστικούς κανόνες της τυχαίας δειγματοληψίας, οι δύο ομάδες μπορούν να θεωρούνται συγκρίσιμες ως προς το μέσο όρο, γιατί οι παράγοντες (μεταβλητές) που σχετίζονται με την εξαρτημένη μεταβλητή έχουν ίσες πιθανότητες να παρεμβαίνουν στη μια και στην άλλη ομάδα (Βάμβουκας,1998:177).

6.6.3.3 Διαδικασία ελέγχου της ισοδυναμίας των δυο ομάδων μέσω ελέγχου του γνωστικού επιπέδου των μαθητών

Για να γίνει ένας επιπλέον έλεγχος της ισοδυναμίας των δυο ομάδων, πραγματοποιείται ο έλεγχος του γνωστικού επιπέδου των δυο ομάδων με τη χορήγηση αρχικών φύλλων εργασίας – προτεστ (pre-test), πριν από τη διαδικασία των πειραματικών δραστηριοτήτων σε θέματα που σχετίζονται με τις υπό διερεύνηση έννοιες της κύριας έρευνας.

Στη συνέχεια, γίνεται η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και με την κατάλληλη στατιστική μέθοδο και ανάλυση πραγματοποιείται ο έλεγχος σχετικά με το εάν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μαθητών των δύο ομάδων.

6.6.4 Οι μεταβλητές της έρευνας

Στη συγκεκριμένη έρευνα εξετάζονται η σχέση και οι επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή (Χαλκιά,2010α).

Πιο συγκεκριμένα, έχουμε: α) την ανεξάρτητη μεταβλητή, την οποία ο ερευνητής χειρίζεται (μεταβάλλει), για να καταγράψει τις επιπτώσεις αυτού του χειρισμού. Στη συγκεκριμένη έρευνα, η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η χρήση του πειράματος. Ουσιαστικά, η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μια διαδικασία παρέμβασης προς τους μαθητές που στην ομάδα ελέγχου ενσαρκώνεται με την εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα και στην πειραματική ομάδα ενσαρκώνεται με την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοιώσεων.

β) την εξαρτημένη μεταβλητή που είναι η επίδοση των μαθητών, δηλαδή τα μαθησιακά αποτελέσματα (ή η εννοιολογική κατανόηση) των μαθητών. Στη συγκεκριμένη έρευνα, η εξαρτημένη μεταβλητή καταγράφεται στα άτομα των δυο ομάδων μέσω των προτεστ (πριν την παρέμβαση), έτσι ώστε να γίνει έλεγχος της ισοδυναμίας των δύο ομάδων. Στη συνέχεια, τα άτομα της πειραματικής ομάδας εκτίθεται στο εικονικό πείραμα και τα άτομα της ομάδας ελέγχου στο πραγματικό πείραμα. Τέλος, η εξαρτημένη μεταβλητή καταγράφεται μετά το τέλος του εικονικού και πραγματικού πειράματος στα άτομα και των δυο ομάδων. Στην τελευταία περίπτωση, η εξαρτημένη μεταβλητή αφορά την επίδοση των μαθητών στο μετατεστ (τα μαθησιακά αποτελέσματα).

Επιπρόσθετα, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι σε αυτή την πειραματική έρευνα γίνεται σκόπιμη παρέμβαση του ερευνητή, ώστε οι δυο συγκρινόμενες ομάδες να είναι ισότιμες ως προς τις άλλες μεταβλητές, εκτός των δύο υπό μελέτη μεταβλητών, δηλαδή της ανεξάρτητης μεταβλητής που θεωρείται το αίτιο (στην παρούσα έρευνα είναι το πραγματικό και εικονικό πείραμα) και της εξαρτημένης μεταβλητής που θεωρείται το αποτέλεσμα (στην παρούσα έρευνα είναι τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών).

Κατά συνέπεια, οι ενδεχόμενες διαφορές των δύο ομάδων, μετά τον πειραματισμό, μπορούν να αποδοθούν στην παρέμβαση, δεδομένου ότι έχει ελεγχθεί αρχικά η ισοδυναμία των δυο ομάδων τόσο με τον τυχαίο χωρισμό τους όσο και με την καταγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής που βοηθά να προχωρήσουμε σε στατιστικό έλεγχο της ισοδυναμίας των δύο ομάδων.

6.6.5 Το πειραματικό σχέδιο και η διαδικασία της παρέμβασης

6.6.5.1 Το πειραματικό σχέδιο

Η έρευνα συνδέεται με την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου αντίστοιχα, με σκοπό να ελεγχθεί η διαφοροποίηση των δύο ομάδων.

Η πειραματική παρέμβαση περιελάμβανε το χωρισμό του δείγματος με την μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας σε δυο ισοδύναμες ομάδες, οι οποίες ακολούθησαν το πειραματικό σχέδιο «προ – έλεγχου – μετα – έλεγχου (pre – test post - test) τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής (Βάμβουκας,1998:187; Robson, 2007:150). Τα πλεονεκτήματα αυτού του σχεδίου είναι ότι ενσωματώνει τον προ –έλεγχο πριν τον πειραματικό χειρισμό και ότι υπάρχει ένας άμεσος έλεγχος του τυχαίου καταμερισμού (τυχαίας κατανομής), έτσι ώστε να παράγει ομάδες που είναι ισοδύναμες στη μέτρηση που επιλέχθηκε.

Το πειραματικό σχέδιο διπλής μέτρησης (προ και μετά) επί μιας ομάδας μπορεί να αναπαρασταθεί σχηματικά (σχήμα 6.1) ως εξής:

Είδος ομάδας	Πειραματικό σχέδιο		
1 ^η : Πειραματική Ομάδα	O _{1A}	X _A	O _{2A}
2 ^η : Ομάδα Ελέγχου	O _{1B}	X _B	O _{2B}

Σχήμα 6.1: Στάδια της πειραματικής παρέμβασης στις δυο ομάδες

Στη σχηματική περιγραφή των σχεδίων έρευνας ακολουθείται η παρακάτω χρήση συμβόλων και συμβάσεων (Campbell & Stanley,1963; Cohen & Manion,2000; Γεωργόπουλος,2010):

1. X: Έκθεση της ομάδας στην αντίστοιχη πειραματική μεταβλητή.
2. O: Διαδικασία μέτρησης.
3. Τα X και τα O σε μια δεδομένη στιγμή εφαρμόζονται στα ίδια πρόσωπα.
4. Η σειρά από τα αριστερά προς τα δεξιά φανερώνει χρονική αλληλουχία.

Αναλυτικότερα:

O_{1A} = Προ – έλεγχος της Πειραματικής Ομάδας

X_A = Πειραματικός χειρισμός 1: Εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων από τους μαθητές και πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης με στόχο την εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή την αντικατάσταση των εναλλακτικών ιδεών με επιστημονικά έγκυρες απόψεις.

O_{2A} = Μετα – έλεγχος της Πειραματικής Ομάδας

O_{1B} = Προ – έλεγχος της Ομάδας Ελέγχου

X_B = Πειραματικός χειρισμός 2: Εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων από τους μαθητές και πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης με στόχο την εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή την αντικατάσταση των εναλλακτικών ιδεών με επιστημονικά έγκυρες απόψεις.

O_{2A} = Μετα – έλεγχος της Ομάδας Ελέγχου

6.6.5.2 Η διαδικασία της πειραματικής παρέμβασης

Στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της πειραματικής παρέμβασης, στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε μία πειραματική μέθοδος (Cohen & Manion, 2000; Klahr et al., 2007) που επιμερίζεται σε τρία στάδια:

- A) *το προτεστ*: χορηγήθηκε στους μαθητές το αρχικό φύλλο εργασίας (1) ως προτεστ
 B) *τις πειραματικές δραστηριότητες*: αυτό το στάδιο χωρίζεται σε δυο υποστάδια. Αυτά περιλαμβάνουν: i) τις προβλέψεις - υποθέσεις του φύλλου εργασίας (2) και ii) την επιβεβαίωση ή την απόρριψη των προβλέψεων – υποθέσεων με την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων (αποδεικτικός πειραματισμός) και τη χρήση του φύλλου εργασίας (3) - Πειράματα
 Γ) *Μετατεστ*: χορηγήθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές ως μετατεστ.

Η υλοποίηση των τριών παραπάνω σταδίων διήρκησε ένα διδακτικό δίωρο για κάθε ομάδα ξεχωριστά, χωρίς καμία διακοπή στη διαδικασία της ερευνητικής παρέμβασης, και στηρίχθηκε στη θεωρία της εποικοδόμησης και στη μεθοδολογική προσέγγιση της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο στάδιο χορηγήθηκε το ίδιο προτεστ και στις δύο ομάδες. Μέσα από αυτό το στάδιο αναδείχθηκαν οι ιδέες των μαθητών σχετικά με τις υπό μελέτη έννοιες και αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις των δύο ομάδων, έτσι ώστε να ελεγχθεί η ισοδυναμία τους ως προς το γνωστικό τους επίπεδο.

Στο δεύτερο στάδιο, όπως φαίνεται και από το πειραματικό σχέδιο, κατά τη διάρκεια των πειραματικών παρεμβάσεων - δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε η πειραματική μέθοδος στην οποία σε δύο εξισωμένες - ισοδύναμες ομάδες εφαρμόζεται διαφορετική πειραματική διαχείριση. Με άλλα λόγια, οι δύο ομάδες της έρευνας χρησιμοποίησαν διαφορετική μέθοδο πειραματισμού.

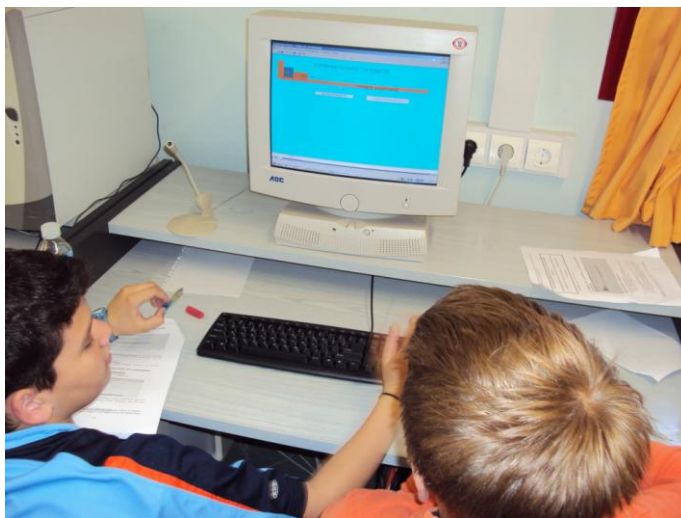
Ειδικότερα, η ομάδα ελέγχου εργάστηκε στην τάξη και χρησιμοποίησε τα πραγματικά αντικείμενα, με τα οποία εκτέλεσε τα πραγματικά πειράματα (Εικόνα 6.1). Η πειραματική ομάδα εργάστηκε στο εργαστήριο υπολογιστών ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών και χρησιμοποίησε τα λογισμικά προσομοιώσεων για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων (Εικόνα 6.2). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποίησε το λογισμικό Interactive Physics²⁴ για την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, το λογισμικό Σ.Ε.Π. για

²⁴ Στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε όλα τα λογισμικά προσομοίωσης, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, το λογισμικό Crocodile clips 3 elementary edition για την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και το λογισμικό M.A.Θ.H.M.A. για την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Με άλλα λόγια, η πειραματική παρέμβαση περιελάμβανε διαφορετικά μέσα πειραματισμού για κάθε ομάδα, αλλά με τη χρήση του ίδιου - πανομοιότυπου διδακτικού υλικού (φύλλα εργασίας) και για τις δύο ομάδες.



Εικόνα 6.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής



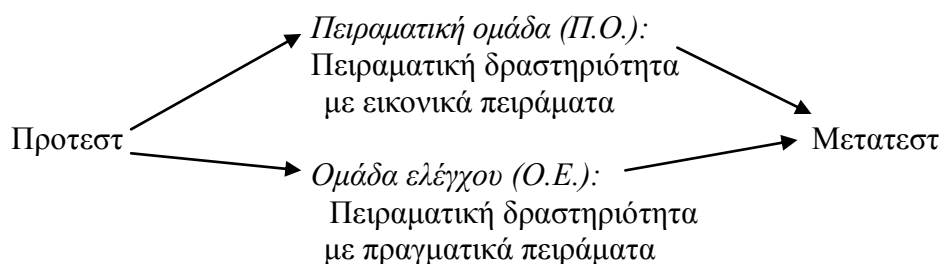
Εικόνα 6.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics των μαθητών της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Επιπρόσθετα, πρέπει να σημειωθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες πραγματοποιούνταν από τους ίδιους τους μαθητές, οι οποίοι βρίσκονταν και εργάζονταν ανά δυάδες στη τάξη και στο εργαστήριο υπολογιστών ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών, ενώ συμπλήρωναν τα φύλλα εργασίας ατομικά.

Ακόμη, ο ερευνητής – δάσκαλος, κατά την εκτέλεση της πειραματικής παρέμβασης, είχε το ρόλο του συμβούλου και καθοδηγούσε, όπου χρειαζόταν, τους μαθητές στην πραγματοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Στο τρίτο στάδιο, ο πειραματικός σχεδιασμός ολοκληρώνεται με τη χορήγηση του μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές) στους μαθητές, το οποίο οι μαθητές το συμπληρώνουν ατομικά. Ταυτόχρονα, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν όλα τα αποτελέσματα από τα φύλλα δεδομένων, για να απαντήσουν σε οποιαδήποτε από τις ερωτήσεις του μετατεστ (Klahr et al.,2007:192-193). Στη συνέχεια, με τις απαντήσεις των μετατεστ, με την κατάλληλη στατιστική μέθοδο και ανάλυση, αξιολογούνται και συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών και των δύο ομάδων, έτσι ώστε να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής (Παρασκευόπουλος,1993α:36). Τέλος, στο τελευταίο πεντάλεπτο – δεκάλεπτο γίνεται μια ανασκόπηση (φάση ανασκόπησης και σύγκρισης των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου – μεταγνωστική φάση) μεταξύ ερευνητή και μαθητών, με στόχο οι μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές εναλλακτικές τους ιδέες με τις νέες και να εξηγήσουν τους λόγους που τους οδήγησαν στην εγκατάλειψη των αρχικών εναλλακτικών ιδεών τους.

Μια σχηματική παρουσίαση (σχήμα 6.2) της πειραματικής παρέμβασης είναι η ακόλουθη:



Σχήμα 6.2: Η διαδικασία της πειραματικής παρέμβασης

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πραγματικά αντικείμενα και τα λογισμικά προσομοίωσης για κάθε διερευνώμενη έννοια είχαν τις αναγκαίες αντιστοιχίες με βάση τις οποίες η σύγκριση των διαδικασιών στις Πειραματικές Ομάδες και τις Ομάδες Ελέγχου είναι θεμιτή.

Παράλληλα, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας, οι μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί τις υπό διερεύνηση

έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης Δημοτικού τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

Ταυτόχρονα, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας, στην εξοικείωση των μαθητών της πειραματικής ομάδας με τα λογισμικά προσομοίωσης Interactive Physics, Σ.Ε.Π., Crocodile clips 3 elementary και M.A.Θ.H.M.A.. Ιδιαίτερα για την εξοικείωση με τα λογισμικά προσομοίωσης σχεδιάστηκαν και χορηγήθηκαν στους μαθητές «Οδηγοί εξοικείωσης» για ορθή χρήση κάθε λογισμικού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ ΙΙΙ,ΙV, V,VI). Παράλληλα, και οι μαθητές της ομάδας ελέγχου εξοικειώθηκαν με τα αντικείμενα και τις συσκευές (π.χ. συσκευή εκτίναξης για την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της τριβής) που θα χρησιμοποιούνταν για τη διεξαγωγή των πραγματικών πειραμάτων. Τέλος, μία εβδομάδα, πριν από τη διδακτική παρέμβαση, ο ερευνητής ήλθε σε επαφή με τους εκπαιδευτικούς των σχολείων και εγκατέστησε τα λογισμικά στους υπολογιστές με τους οποίους θα εργάζονταν οι μαθητές.

6.6.6 Η εσωτερική και εξωτερική εγκυρότητα της πειραματικής παρέμβασης

Η εγκυρότητα σχετίζεται με τον έλεγχο των συνθηκών της πειραματικής παρέμβασης που μπορούν να επισκιάσουν τις πραγματικές επιδράσεις των ανεξάρτητων στις εξαρτημένες μεταβλητές. Στην εκπαιδευτική έρευνα, κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ μετρήσεων πριν και μετά από την παρεμβολή της διδακτικής – πειραματικής παρέμβασης, πραγματοποιούνται γεγονότα ανεξάρτητα των πειραματικών διεργασιών, τα οποία μπορεί να αποδοθούν στις διαφορές των πειραματικών χειρισμών. Οι εξωτερικές αυτές επιδράσεις αποκαλούνται συνθήκες επισκίασης και συνιστούν απειλές για την εγκυρότητα της έρευνας και των αποτελεσμάτων (Cohen & Manion,2000:237). Η εγκυρότητα διακρίνεται σε εσωτερική και εξωτερική. Ο όρος εσωτερική εγκυρότητα αναφέρεται στο ερώτημα εάν οι παρατηρούμενες διαφορές οφείλονται στην πειραματική παρέμβαση, ενώ ο όρος εξωτερική εγκυρότητα αναφέρεται στο ερώτημα εάν τα αποτελέσματα της έρευνας στο δείγμα που μελετήθηκε μπορούν να γενικευθούν σε μεγαλύτερους πληθυσμούς (Cohen & Manion,2000:237).

6.6.6.1 Οι απειλές στην εσωτερική εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην κύρια έρευνα

Για τα σύντομα εργαστηριακά πειράματα - όπως είναι η παρούσα έρευνα - σε αντιδιαστολή με τις παρατεταμένες εκπαιδευτικές μελέτες, οι απειλές της εσωτερικής εγκυρότητας που λήφθηκαν υπόψη και περιορίστηκαν κατά τον ερευνητικό σχεδιασμό είναι οι ακόλουθες:

- *Ιστορία*: Ο όρος «ιστορία» είναι η απειλή της εσωτερικής εγκυρότητας που αναφέρεται σε γεγονότα εκτός της πειραματικής παρέμβασης που μπορεί να έχουν παρεμβληθεί μεταξύ των μετρήσεων O_1 και O_2 και τα οποία μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Κατά συνέπεια, στο σχεδιασμό του παρόντος πειραματικού σχεδίου, για να αντιμετωπισθεί αυτή η απειλή, λήφθηκαν τα εξής μέτρα: i) Η ελαχιστοποίηση του χρονικού διαστήματος που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μετρήσεων O_1 και O_2 . Ειδικότερα, στην παρούσα έρευνα, το χρονικό διάστημα ήταν ένα διδακτικό δίωρο (ενενήντα λεπτά) και μάλιστα ήταν το ελάχιστο δυνατό που επέτρεπε την διεξαγωγή της πειραματικής παρέμβασης. Ο χρόνος αυτός είναι τόσο μικρός που το ενδεχόμενο να συνέβησαν γεγονότα που να επηρέασαν την πειραματική ομάδα ή την ομάδα ελέγχου είναι αδύνατο. Άλλωστε, η ίδια η παρουσία του ερευνητή σε αυτό το δίωρο απέτρεψε την παρεμβολή τέτοιων γεγονότων
- ii) Δεν δόθηκε η δυνατότητα στους μαθητές να συμβουλευτούν κανένα βιβλίο από τη σχολική τάξη ούτε να αντιγράψουν ο ένας από τον άλλον, αφού τους κατέσται σαφές πως δεν ενδιέφερε η επίδοσή τους στις δραστηριότητες, αλλά ο τρόπος σκέψης τους
- *Χρήση επιστημονικών εργαλείων*: Αναξιόπιστα τεστ ή εργαλεία μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά λάθη στα πειράματα. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα έρευνα, όχι μόνο χρησιμοποιήθηκαν φύλλα εργασίας και πραγματικά και εικονικά (λογισμικά προσομοίωσης) αντικείμενα που στηρίζονταν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του δημοτικού σχολείου, αλλά και ελέγχθηκαν ως προς την εγκυρότητά τους τόσο από τη διενέργεια πιλοτικής έρευνας όσο και από έξι εκπαιδευτικούς με μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στο δημοτικό σχολείο (Χαλκιά, 1995; Χαλκιά, 1999)
- *Επιλογή*: Ο όρος αναφέρεται στον τρόπο επιλογής των δύο ομάδων. Εάν η επιλογή των συμμετεχόντων δεν πραγματοποιηθεί με σωστό τρόπο, μπορεί να δημιουργήσει αποκλίσεις στα αποτελέσματα που δεν θα οφείλονται στην

πειραματική παρέμβαση. Ταυτόχρονα, αποτελεί τη μεγαλύτερη απειλή εσωτερικής εγκυρότητας για ερευνητικά σχέδια που χρησιμοποιούν πολλαπλές ερευνητικές ομάδες. Στην παρούσα έρευνα, η συγκρότηση των δύο ομάδων έγινε τόσο με την μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας όσο και με τον (προ)έλεγχο του γνωστικού επιπέδου των δύο ομάδων πριν από την πειραματική παρέμβαση με τη χορήγηση του προτεστ

- *Πειραματική θνησιμότητα:* Ο όρος αναφέρεται στη διαρροή των συμμετεχόντων στα πλαίσια της έρευνας, με αποτέλεσμα οι δύο ομάδες να μην είναι πλέον ισοδύναμες. Στην παρούσα έρευνα δόθηκε ιδιαίτερη φροντίδα σε αυτή την απειλή, αφού ενημερώθηκαν έγκαιρα οι μαθητές για τους σκοπούς, τους όρους διεξαγωγής και τη χρονική διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας. Επίσης, το γεγονός ότι η έρευνα διεξαγόταν τόσο σε ώρες υποχρεωτικού ωραρίου όσο και σε γνωστικό αντικείμενο που ήταν ενδιαφέρον για τους μαθητές, είχε ως αποτέλεσμα ακόμη και αυτοί οι δυο παράγοντες να περιορίσουν αυτή την απειλή. Κατά συνέπεια, αυτές οι ενέργειες είχαν ως αποτέλεσμα να μην παρουσιαστεί καθόλου το φαινόμενο της πειραματικής θνησιμότητας, αφού και οι 222 μαθητές συμμετείχαν σε όλες τις πειραματικές δραστηριότητες και των τεσσάρων εννοιών που διερευνήθηκαν
- *Διάχυση χειρισμών:* Ο όρος αναφέρεται στην περίπτωση κατά την οποία οι γνώσεις που αποκτούνται στο πλαίσιο της έρευνας διαχέονται μεταξύ των δύο ομάδων (Robson,2007). Στην παρούσα έρευνα λήφθηκε υπόψη αυτή η απειλή, αφού τα υποκείμενα των δύο ομάδων συμμετείχαν στις δραστηριότητες σε διαφορετικές ημέρες. Επιπρόσθετα, τους επισημάνθηκε ότι κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους στην έρευνα δεν πρέπει να συζητούν οι δύο ομάδες μεταξύ τους σχετικά με τις γνώσεις που αποκτούν και τη διαδικασία των δραστηριοτήτων
- *Ωρίμανση:* Ο όρος αναφέρεται στις μεταβολές που μπορεί να συμβούν στα ίδια τα υποκείμενα της έρευνας λόγω της ωρίμανσής τους ως άτομα. Το πρόβλημα της ωρίμανσης είναι περισσότερο οξύ στις παρατεταμένες εκπαιδευτικές μελέτες και όχι σε σύντομα εργαστηριακά πειράματα. Κατά συνέπεια, είναι φυσιολογικό να μην υφίσταται στο συγκεκριμένο σχεδιασμό της παρούσας έρευνας που είναι ένα πολύ σύντομο χρονικά εργαστηριακό πείραμα

6.6.6.2 Οι απειλές στην εξωτερική εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην κύρια έρευνα

Μια πειραματική έρευνα θεωρείται εσωτερικά έγκυρη στο βαθμό κατά τον οποίο μέσα στα δικά της όρια, τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα. Ωστόσο, τα αποτελέσματα για να είναι χρήσιμα πρέπει να είναι γενικεύσιμα πέρα από τα όρια του συγκεκριμένου πειράματος. Αυτή η δυνατότητα αξιόπιστης γενίκευσης σε μεγαλύτερους πληθυσμούς αποτελεί την εξωτερική εγκυρότητα. Οι απειλές ως προς την εξωτερική εγκυρότητα περιορίζουν το βαθμό γενίκευσης από τις συγκεκριμένες πειραματικές συνθήκες σε άλλους πληθυσμούς ή περιβάλλοντα (Cohen & Manion, 2000).

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι, παρότι η παρούσα έρευνα αποτελεί ουσιαστικά μελέτη περίπτωσης και δεν προτείνεται γενίκευση των αποτελεσμάτων της, έγιναν οι απαιτούμενες διαδικασίες που σχετίζονται με την εξωτερική εγκυρότητα.

Πιο συγκεκριμένα, οι απειλές της εξωτερικής εγκυρότητας που ελήφθησαν υπόψη και περιορίστηκαν κατά τον ερευνητικό σχεδιασμό είναι οι ακόλουθες:

- *Αποτυχία σαφούς περιγραφής των ανεξάρτητων μεταβλητών:* Η μη ύπαρξη σαφούς περιγραφής των ανεξάρτητων μεταβλητών της έρευνας έχει ως συνέπεια την αδυναμία για ακριβή – επανάληψη της πειραματικής εργασίας. Στην παρούσα έρευνα ορίσθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή έρευνα, η χρήση του πειράματος, το οποίο εμφανίζεται σε δύο επίπεδα. Στο ένα επίπεδο έχουμε την ανεξάρτητη μεταβλητή ως εικονικό πείραμα που εκτελούν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και στο άλλο επίπεδο έχουμε την ανεξάρτητη μεταβλητή ως πραγματικό πείραμα που εκτελούν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου
- *Έλλειψη αντιπροσωπευτικότητας των διαθέσιμων πληθυσμών και των πληθυσμών στους οποίους απευθύνεται η έρευνα:* Ο όρος αναφέρεται στην περίπτωση που οι συμμετέχοντες στο πείραμα δεν είναι αντιπροσωπευτικοί ενός διαθέσιμου πληθυσμού, στον οποίο ο ερευνητής επιδιώκει να γενικεύσει τα ευρήματά του. Για την αντιμετώπιση αυτής της απειλής, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού που ενδιαφέρει την έρευνα και ο πληθυσμός έχει να κάνει με τους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου της πόλης των Ιωαννίνων
- *Ανεπαρκής λειτουργικός ορισμός των εξαρτημένων μεταβλητών:* Ο λειτουργικός ορισμός μιας έρευνας πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε αν χρησιμοποιηθεί εκτός των πλαισίων της έρευνας, για να μετρήσει τις ίδιες μεταβλητές, να υπάρχει η ίδια

εγκυρότητα και αξιοπιστία. Χρησιμοποιώντας τα φύλλα εργασίας που είναι ένα μέσο αξιολόγησης δοκιμασμένο σε πιλοτική έρευνα και αξιολογημένο από έξι δασκάλους με μεγάλη διδακτική εμπειρία στη διδασκαλία Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού, εξασφαλίστηκε ο επαρκής λειτουργικός ορισμός στο μεγαλύτερο βαθμό και για τις περισσότερες εξαρτημένες μεταβλητές της παρούσας έρευνας. Επίσης, το γεγονός ότι ο σχεδιασμός των φύλλων εργασίας στηρίχθηκε στα θεωρητικά και στα ερευνητικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην βιβλιογραφική ανασκόπηση, στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις υπό διερεύνηση έννοιες, στη θεωρία της εποικοδόμησης και στη μεθοδολογική προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας, απομακρύνεται ακόμη περισσότερο η απειλή της μειωμένης εξωτερικής εγκυρότητας από ανεπαρκή λειτουργικό ορισμό των εξαρτημένων μεταβλητών

- *Διαθεσιμότητα συμμετεχόντων:* Για να εξασφαλιστεί αφενός η διαθεσιμότητα των συμμετεχόντων και αφετέρου η καλή συνεργασία και η πλήρης συμμετοχή τους (τέσσερις δίωρες συναντήσεις) πραγματοποιήθηκαν οι εξής ενέργειες: i) Μετά από εποικοδομητική συζήτηση με τους διευθυντές των σχολείων και τους εκπαιδευτικούς της Πέμπτης και Έκτης τάξης των τριών σχολείων που επιλέχθηκαν για την έρευνα, αποφασίστηκε οι πειραματικές δραστηριότητες να γίνουν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων του υποχρεωτικού ωραρίου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές να νιώθουν πιο άνετα ως προς τη συμμετοχή τους στην έρευνα, διότι δεν θα έχαναν χρόνο από άλλες δραστηριότητές, αλλά και διότι θα αποκόμιζαν γνώσεις από ένα γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται υποχρεωτικά στους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης
- ii) Έγινε ενημέρωση στους μαθητές για τους σκοπούς, τους όρους διεξαγωγής και τη χρονική διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας. Το γεγονός αυτό λειτούργησε θετικά προς τους μαθητές, αφού όλοι συμφώνησαν να συμμετέχουν στην έρευνα, επιπροσθέτως, το ενδιαφέρον για την πρωτοτυπία και την ελκυστικότητα των συγκεκριμένων πειραματικών δραστηριοτήτων

6.6.7 Εργαλεία – μέσα συλλογής δεδομένων της κύριας έρευνας

Ένας από τους κύριους στόχους του σχεδιασμού της έρευνας ήταν να εξασφαλιστεί ένα αξιόπιστο και έγκυρο μέσο συλλογής δεδομένων, με το οποίο θα μετρούνταν η εξαρτημένη μεταβλητή (μαθησιακά αποτελέσματα) σε όλα τα υποκείμενα στο τέλος του πειράματος (Παρασκευόπουλος 1993α:119; Cohen & Manion,2000).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, για τον έλεγχο της εννοιολογικής κατανόησης και ειδικότερα για τη σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μια γνωστική περιοχή, προτείνονται και χρησιμοποιούνται σε έρευνες ,συνήθως, τα εξής μέσα συλλογής δεδομένων: i) τεστ πολλαπλής επιλογής (Keller,2004; Keller et al.,2005; Jaakkola & Nurmi,2004; Marshall,2005; Jaakkola & Nurmi,2008)

ii) φύλλα εργασίας – αξιολόγησης (Baxter,1995; Rosenquist et al.,2000; Ronen & Eliahu,2000; Jaakkola & Nurmi,2004; Finkelstein et.al,2005; Klahr et al.,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Chini et al.,2010) ή αλλιώς διαγνωστικά - πειραματικά δοκίμια (εννοιολογικά τεστ) με ανοιχτού τύπου ερωτήσεις (Zacharia & Anderson, 2003; Ζαχαρία & Ευαγόρου,2004; Marshall & Young,2006; Zacharia,2007; Zacharia & Constantinou,2008; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011) και

iii) συνέντευξη (Ronen & Eliahu,1999; Goldberg & Otero,2001; Steinberg,2003; Triona & Klahr,2003; Zacharia & Anderson,2003; Klahr et al.,2007).

Σε σχέση με τα παραπάνω μέσα συλλογής δεδομένων πρέπει να αναφερθεί ότι η τεχνική της συνέντευξης είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο που χρησιμοποιείται ευρέως και έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικό λόγω του βάθους της εξέτασης που οδηγεί (Cohen & Manion,2000; Robson,2007).

Τα φύλλα εργασίας ή αλλιώς διαγνωστικά δοκίμια (εννοιολογικά τεστ) με ανοιχτού τύπου ερωτήσεις πλησιάζουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό τη δομημένη συνέντευξη και χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε έρευνες που πραγματοποιούνται πειραματικές δραστηριότητες.

Τα τεστ πολλαπλής επιλογής είναι ένα σύνηθες μέσο συλλογής δεδομένων σε πολλές έρευνες, διότι παρέχουν το πλεονέκτημα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων σε μεγάλο δείγμα πληθυσμού με αντικειμενικά βαθμολογημένες ερωτήσεις, παρέχοντας τη δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων. Ωστόσο, υστερούν ως προς το βαθμό εμβάθυνσης σε μελέτες που χρησιμοποιείται η συνέντευξη.

Με βάση τα παραπάνω καταλήξαμε σε μια εναλλακτική προσέγγιση, που είναι μια σύνθεση των παραπάνω μέσων συλλογής δεδομένων και η οποία συνδυάζει τη δυναμική και των τριών ειδών μέσων συλλογής δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί ως μέσα συλλογής δεδομένων - τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα – φύλλα εργασίας, τα οποία στην πλειοψηφία τους περιέχουν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Ωστόσο, υπάρχουν και ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, οι οποίες, όμως, απαιτούν την αιτιολόγηση της απάντησης. Ειδικότερα, υπάρχουν δύο ερωτήσεις τέτοιας μορφής στα φύλλα εργασίας που μελετάται η έννοια της δύναμης της τριβής και δύο ερωτήσεις στα φύλλα εργασίας που μελετάται η έννοια του βρασμού του νερού.

Τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα αποτελούν σημαντικό στοιχείο του διδακτικού σχεδιασμού, αναφέρονται σε όλη τη διάρκεια της δίωρης διδασκαλίας και ένα μέρος τους χρησιμοποιείται για την εκτέλεση πειραμάτων από μαθητές. Ακόμη, πρέπει να τονισθεί ότι προϋποθέτουν νοητικές διαδικασίες, αλλά και χειρισμό αντικειμένων. Επίσης, έχουν ως κύριο στόχο την ανάδειξη, τη διάγνωση των ιδεών των μαθητών (προτεστ) και τέλος την αξιολόγησή τους (προτεστ και μετατεστ) (Καριώτογλου,2006:18).

Παράλληλα, τα φύλλα εργασίας της έρευνας - τόσο για τα εικονικά όσο και για τα πραγματικά πειράματα - χαρακτηρίζονται από μια σταθερή μεθοδολογική δομή που στηρίζεται στις βασικές αρχές της θεωρίας της εποικοδόμησης και στις βασικές αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Με άλλα λόγια, τα φύλλα εργασίας περιέχουν τα κατάλληλα μαθησιακά έργα με στόχο να αναδείξουν αυτά που πραγματικά έχουν στο μυαλό τους οι μαθητές, οδηγώντας τους σε δραστηριότητες προβληματισμού (ένανσμα), περιγραφής, πρόβλεψης, δοκιμασίας των ιδεών τους, παρατήρησης, αποδεικτικού πειραματισμού, γνωστικής σύγκρουσης, εξήγησης, σύνθεσης και αξιολόγησης (Κόκκοτας, 2004:28). Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες επιδιώκεται οι μαθητές να φανερώσουν σημαντικές πλευρές του τρόπου σκέψης τους και να διαπιστωθεί ποιο από τα δύο είδη πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην τροποποίηση των τυχόν εναλλακτικών ιδεών τους προς τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις (Driver et al.,1993; Κόκκοτας,2002; Κώτσης,2005; Καριώτογλου,2006).

Επιπρόσθετα, πρέπει να αναφερθεί ότι τα φύλλα εργασίας ελέγχθηκαν ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία τους αφενός από τη διενέργεια πιλοτικής έρευνας

και αφετέρου από έξι εκπαιδευτικούς με μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο.

Ταυτόχρονα, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι τα φύλλα εργασίας που διανεμήθηκαν και στις δυο ομάδες είναι πανομοιότυπα ως προς τις ερωτήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες που εκτελούν οι μαθητές και διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούν τα πειράματα οι ομάδες των μαθητών.

Ειδικότερα, το κάθε φύλλο εργασίας²⁵ που διανεμήθηκε σε κάθε μαθητή χωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους φύλλα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II), τα οποία είναι τα εξής:

A) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις (σχεδόν όλες) ανοικτού τύπου και ειδικότερα αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «ένανσμα ενδιαφέροντος» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, υπάρχουν έξι (6) ερωτήσεις. Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, υπάρχουν πέντε (5) ερωτήσεις. Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, υπάρχουν τέσσερις (4) ερωτήσεις από τις οποίες οι δυο πρώτες έχουν τρία υποερωτήματα και η τρίτη δύο. Στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, υπάρχουν τέσσερις (4) ερωτήσεις από τις οποίες η τρίτη έχει δυο υποερωτήματα.

B) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις –Υποθέσεις: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις προβλέψεων και διατύπωσης υποθέσεων (εικόνα 6.3) πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων και ειδικότερα αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «διατύπωση υποθέσεων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

²⁵ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Έβδομο Κεφάλαιο.



Εικόνα 6.3: Μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις πριν από την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Πιο συγκεκριμένα, στο φύλλο εργασίας (2), σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, υπάρχουν τρεις (3) διαφορετικές περιπτώσεις προβλέψεων και διατύπωσης υποθέσεων. Στο φύλλο εργασίας (2), σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, υπάρχουν τρεις (3) διαφορετικές περιπτώσεις προβλέψεων και διατύπωσης υποθέσεων. Στο φύλλο εργασίας (2), σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, υπάρχουν δύο (2) διαφορετικές περιπτώσεις προβλέψεων και διατύπωσης υποθέσεων. Στο φύλλο εργασίας (2), σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, υπάρχουν δύο (2) διαφορετικές περιπτώσεις προβλέψεων και διατύπωσης υποθέσεων.

Γ) Φύλλο εργασίας (3) - Πειράματα: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οδηγίες εκτέλεσης των πειραμάτων, ερωτήσεις παρατήρησης, ερωτήσεις κατανόησης, διατύπωσης συμπερασμάτων των πειραμάτων και ειδικότερα αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στις φάσεις «Δοκιμασίας των ιδεών των μαθητών, καταγραφής των αποτελεσμάτων» και «Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στα βήματα «(Αποδεικτικός) Πειραματισμός» και «Εξαγωγή συμπερασμάτων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, στο φύλλο εργασίας (3), σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, ζητείται από τους μαθητές να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν (αποδεικτικός πειραματισμός) τις τρεις παραπάνω προβλέψεις - υποθέσεις εκτελώντας τρία (3) αντίστοιχα πειράματα. Στο φύλλο εργασίας (3), σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, υπάρχουν τρία (3) πειράματα. Στο φύλλο εργασίας (3), σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος,

υπάρχουν δύο (2) πειράματα. Στο φύλλο εργασίας (3), σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, υπάρχουν δύο (2) πειράματα.

Δ) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οι ίδιες ακριβώς ερωτήσεις με το αρχικό φύλλο εργασίας (1) για όλες τις υπό διερεύνηση έννοιες και ειδικότερα αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στα βήματα «Εφαρμογές» και «Γενίκευση» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων δόθηκε σε όλες τις ομάδες το αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) που ήταν πανομοιότυπο με το φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ) που δόθηκε μετά από την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας (προτεστ και μετατεστ) χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση, την κατηγοριοποίηση και τη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων (μαθησιακών αποτελεσμάτων) των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, στην κύρια έρευνα συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων και ειδικότερα το είδος του πειράματος που επέδρασε αποτελεσματικότερα στη μάθηση και στην εννοιολογική αλλαγή (κατανόηση) των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στις υπό διερεύνηση έννοιες και φαινόμενα.

Ταυτόχρονα, λαμβάνοντας υπόψη τόσο το γεγονός ότι στις απαντήσεις που προέκυψαν στα φύλλα εργασίας πριν και μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, υπάρχουν τα στοιχεία και οι παράγοντες που διευκολύνουν την απάντηση, όσο και το γεγονός ότι η συσχέτιση των ανωτέρω παραγόντων και οι τρόποι συσχέτισης βοηθούν τους μαθητές να καταλήξουν στο συμπέρασμά τους, προτείνεται ως καταλληλότερη μέθοδος για την καταγραφή των μαθησιακών αποτελεσμάτων η ταξινομία SOLO. Και αυτό διότι το πεδίο εφαρμογής της ταξινομίας SOLO στο χώρο της εκπαίδευσης είναι εξαιρετικά μεγάλο και θεωρείται ένα αξιόπιστο εργαλείο αξιολόγησης που μπορεί να συνυπάρξει αρμονικά με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης (Γεωργόπουλος,2010).

6.6.8 Εργαλεία ανάλυσης δεδομένων της κύριας έρευνας

6.6.8.1 Η αξιολόγηση της μάθησης και η ταξινόμια SOLO

Σύμφωνα με τις σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση, η γνώση είναι τρόπος κατανόησης ενός φαινομένου και η μάθηση μια διαδικασία αλλαγής αυτού του τρόπου κατανόησης. Η παραδοσιακή άποψη σύμφωνα με την οποία η γνώση είναι μετρήσιμη και μπορεί να περιγραφεί με ποσοτικούς όρους, με την έννοια ότι μπορεί κάποιος να υπολογίσει συνολικά το ποσό των σωστών απαντήσεων, έχει αντικατασταθεί. Στη θέση αυτής της άποψης, οι ειδικοί στο χώρο της εκπαίδευσης προτείνουν η γνώση να περιγράφεται με ποιοτικούς όρους, οι οποίοι εστιάζουν στο γνωστικό περιεχόμενο των απαντήσεων και όχι στην ποσότητα των σωστών αποτελεσμάτων (Μπέλλου, 2003α; Γεωργόπουλος, 2010).

Γύρω απ' αυτόν τον άξονα θεώρησης της γνώσης διεξάγονται πολλές έρευνες, με σκοπό να διερευνηθεί ο βαθμός κατανόησης του νοήματος της γνώσης, η οποία έχει οικοδομηθεί. Στο πλαίσιο αυτό δίνεται στους μαθητές ένα αντικείμενο, το οποίο μπορεί να είναι ένα γραπτό κείμενο (όπως στην παρούσα έρευνα είναι τα φύλλα εργασίας), ένα βίντεο, μια συζήτηση ή κάποιο άλλο είδος παρουσίασης πληροφοριών, όπως μια σειρά εικόνων, μια οπτικοποίηση ή μια υπερμεσική εφαρμογή, από το οποίο μαθαίνουν κάποια στοιχεία, γεγονότα, δεξιότητες, έννοιες ή στρατηγικές λύσης προβλημάτων. Στη συνέχεια, ζητείται να χρησιμοποιήσουν τις παραπάνω αποκτηθείσες δεξιότητες για να εξηγήσουν τι έχουν μάθει, να διεκπεραιώσουν μια δραστηριότητα, να λύσουν ένα πρόβλημα ή να κάνουν κάποια κρίση (Μπέλλου, 2003α).

Η αξιολόγηση των απαντήσεων από τέτοιου είδους έρευνες δείχνει ότι είναι δυνατό να βρεθούν ομάδες μαθητών με το ίδιο επίπεδο κατανόησης του εξεταζόμενου αντικειμένου, όπως επίσης και ομάδες μαθητών ίδιας ηλικίας που ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα κατανόησης, τα οποία τελικά συνθέτουν μια ιεραρχία επιπέδων. Ο αριθμός των επιπέδων της ιεραρχίας εξαρτάται από το χαρακτήρα του αντικειμένου και τον τρόπο που παρουσιάζεται. Αυτός ο τρόπος αξιολόγησης ονομάζεται ταξινόμια SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) και εφαρμόστηκε στην επιστημονική έρευνα και κυρίως στα Μαθηματικά και τις Φυσικές επιστήμες από το 1982 που δημιουργήθηκε από τους Biggs και Collis (Μπέλλου, 2003α; Μπέλλου, 2003β).

Πιο συγκεκριμένα, η ταξινόμια SOLO των Biggs και Collins (1982) αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας ενός

ατόμου μέσω γραπτών ή προφορικών απαντήσεων του και κατά συνέπεια ένα εργαλείο αξιολόγησης της μαθησιακής και διδακτικής διαδικασίας. Για το διδάσκοντα αυτό σημαίνει ότι έχει στη διάθεση του αφ' ενός μεν ένα εργαλείο αξιολόγησης του βαθμού της κατανόησης, εκ μέρους των μαθητών, εννοιών και θεωριών και της δυνατότητας επίλυσης προβλημάτων, αφετέρου δε ένα εργαλείο σχεδιασμού τεκμηριωμένων διδακτικών προτάσεων (Collis & Romberg,1991; Γεωργόπουλος,2010).

Παράλληλα, η θεωρία πάνω στην οποία στηρίζεται η ταξινομία SOLO (Biggs & Collins, 1982) υποστηρίζει ότι η γνώση δομείται σε επίπεδα. Στη SOLO η εξέλιξη της κατανόησης των μαθητών δεν θεωρείται ότι συντελείται σε στάδια τα οποία σχετίζονται με κάποια λογική δομή που ενυπάρχει στο μυαλό των μαθητών. Η κατανόηση στη SOLO θεωρείται ότι αποτελεί ένα ατομικό χαρακτηριστικό το οποίο καθορίζεται ταυτόχρονα από το περιεχόμενο και το γενικό πλαίσιο στο οποίο αναφερόμαστε. Κατά συνέπεια, το ποσό της πληροφορίας που συγκρατείται και τα χαρακτηριστικά στοιχεία του θέματος στο οποίο αναφερόμαστε, αποτελούν σημαντικές και καθοριστικές μεταβλητές. Η εξελικτική διαδικασία εξαρτάται από τη φύση της αφαίρεσης που απαιτεί το θέμα (στάδιο νοητικής λειτουργίας) και την ικανότητα και τις δεξιότητες του μαθητή να χειριστεί - με αυξημένη επιτήδευση- σχετικές ενδείξεις που υποβοηθούν την πορεία επίλυσης (επίπεδο ανταπόκρισης) (Μπαρκάτσας κ.ά., 2000, όπ. αναφ. στο Γεωργόπουλος, 2010).

Η Ταξινομία SOLO μας παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τις απαντήσεις του κάθε μαθητή στις Φυσικές Επιστήμες, αξιοποιώντας τη δομή του παρατηρούμενου μαθησιακού προϊόντος. Μια απάντηση η οποία αποτελεί το υπό παρατήρηση μαθησιακό προϊόν προκαλείται και ενεργοποιείται από μία ερώτηση που εμπεριέχει κάποια δεδομένα. Η ερώτηση και τα δεδομένα αποτελούν ταυτόχρονα ενδείξεις για την απάντηση. Στη συνέχεια, οι έννοιες και οι διαδικασίες που θεωρεί ο μαθητής ορθές εφαρμόζονται σε αυτές τις ενδείξεις, με το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης να αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο της δυσκολίας της ερώτησης και της γνωστικής ικανότητας του μαθητή. Ειδικότερα, μια απάντηση εντάσσεται σε ένα από τα παρακάτω πέντε (5) ιεραρχικά επίπεδα (Μπέλλου,2003α; Μπέλλου,2003β; Αγγέλης & Μικρόπουλος,2007; Σαλπγιγίδου κ.ά.,2007; Γεωργόπουλος κ.ά.,2009; Γεωργόπουλος,2010; Padiotis & Mikropoulos,2010) της ταξινομίας SOLO:

1. Πρώτο επίπεδο: πρώιμο – Προδομικό (Prestructural): Ο στόχος δεν προσεγγίζεται κατάλληλα και ο μαθητής δεν έχει κατανοήσει το σημείο. Κατά συνέπεια, ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- ✓ είτε αποφεύγει την ερώτηση (άρνηση, απόκρουση)
- ✓ είτε μεταφέρει την ερώτηση καταφατικά (ταυτολογία)
- ✓ είτε κάνει έναν άσχετο συνειρμό βασισμένο σε προσωπικά δεδομένα
- ✓ δεν εξετάζει τους διάφορους παράγοντες και έννοιες που έχουν σχέση με το θέμα και δεν προβαίνει σε κανένα συσχετισμό τους
- ✓ χρησιμοποιεί μόνο λίγες από τις διαθέσιμες πληροφορίες και σπάνια καταλήγει σε συμπέρασμα

2. Δεύτερο επίπεδο: μονο-παραγοντικό - Μονο-δομικό (Unistructural): Αναφέρεται στις λίγες πτυχές του στόχου που επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν (κατανόηση κατ' όνομα). Κατά συνέπεια, ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- ✓ επιλέγει ένα από τα σχετικά στοιχεία της παρουσίας και επικεντρώνεται σ' αυτό
- ✓ ανταποκρίνεται με περιορισμένο τρόπο, σπάνια συνδέει τμήματα πληροφοριών και δεν δίνει εξηγήσεις
- ✓ δεν καταλήγει σε συμπέρασμα ή το συμπέρασμα προκύπτει βιαστικά από λίγα στοιχεία

3. Τρίτο επίπεδο: πολύ-παραγοντικό, παραθετικό – Πολυ-δομικό (Multistructural): Έχουν κατανοηθεί διάφορες πτυχές του στόχου, αλλά δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν σαν ενιαίο σύνολο (κατανόηση σαν σχετική γνώση). Κατά συνέπεια, ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- ✓ επιλέγει δύο ή περισσότερα στοιχεία από την παρουσίαση και τα παραθέτει, αναφέροντάς τα απλώς με μία σειρά, αγνοώντας τις σχέσεις τους
- ✓ δε χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και δεν επιχειρεί να κάνει συσχετισμούς
- ✓ δεν καταλήγει, συνήθως, σε συμπέρασμα ή οδηγείται σε εναλλακτικό συμπέρασμα ή ακόμα μπορεί να αναφέρει το αναμενόμενο συμπέρασμα αποσπασματικά, χωρίς αυτό να προκύπτει από τα δεδομένα και τη λογική που παρουσίασε πριν
- ✓ ο τόνος στο λόγο του παρουσιάζεται περιγραφικός, δηλωτικός

4.Τέταρτο επίπεδο: συνδυαστικό, συνθετικό – Συσχετιστικό (Relational): Στην περίπτωση αυτή οι συνιστώσες ενσωματώνονται σε ένα ολοκληρωμένο σύνολο, κάθε

μέρος του οποίου συνεισφέρει στη συνολική έννοια (κατανόηση ως συνδυασμός σχέσεων). Κατά συνέπεια, ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- ✓ χρησιμοποιεί τις περισσότερες ή όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, τις συνδέει με συνεπή τρόπο και τις ενσωματώνει σε ένα εννοιολογικό σχήμα, με το οποίο αντιμετωπίζει και τις αντικρουόμενες καταστάσεις
- ✓ αρχίζει να δίνει εξηγήσεις συνδυάζοντας τα στοιχεία και αναζητώντας σχέσεις αιτίου –αποτελέσματος. Έτσι παράγει ένα επιχείρημα και δεν αρκείται απλώς σε μια παράθεση σχετικών στοιχείων
- ✓ η διαδικασία της επαγωγής οδηγεί σε ένα επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα. Ως εκ τούτου δεν αναφέρεται καμιά εναλλακτική λύση
- ✓ ο τόνος στο λόγο του είναι επεξηγηματικός

5.Πέμπτο επίπεδο: θεωρητικής γενίκευσης - Εκτεταμένης θεώρησης (Extended abstract): Στην περίπτωση αυτή το ολοκληρωμένο σύνολο του συσχετιστικού επιπέδου είναι αντιληπτό σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, το οποίο επιτρέπει τη γενίκευση σε μια νέα θεματική περιοχή ή την επιστροφή στο ίδιο (από το γενικό στο ειδικό – κατανόηση ως μεταφορά γνώσης και η οποία συμπεριλαμβάνει τη μεταγνώση). Κατά συνέπεια, ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- ✓ χρησιμοποιεί πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα, γενικευμένες επιστημονικές αρχές που δείχνουν ότι το παράδειγμα είναι μια μόνο πιθανή περίπτωση ενός φαινομένου μεγάλης εμβέλειας, που επεκτείνεται σε άλλες περιπτώσεις
- ✓ κάνει νέες υποθέσεις που βασίζονται σε προηγούμενα λογικά αιτιολογημένα συμπεράσματα
- ✓ δεν επιδιώκει να προσδιορίσει ένα ορισμένο ή περιορισμένο συμπέρασμα, αλλά δοκιμάζει, υποθέτει και κρίνει άλλες πιθανές απαντήσεις που θα ταίριαζαν στο ερώτημα
- ✓ ο τόνος στο λόγο του εμφανίζεται συμπερασματικός

Με βάση τα παραπάνω, τα επίπεδα ταξινόμησης SOLO παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (6.23):

Πίνακας 6.23: Επίπεδα ταξινόμιας SOLO των Biggs και Collins (1982, όπ. αναφ. στο Γεωργόπουλος,2010:88)

1 ^ο Προδομικό	❖ οι μαθητές αποκτούν τμήματα μη συνδεδεμένων πληροφοριών ❖ δεν υπάρχει οργάνωση ❖ δεν υπάρχει αιτιολόγηση
2 ^ο Μονοδομικό	❖ οι μαθητές κάνουν απλές και προφανείς συνδέσεις ❖ δεν καταδεικνύεται (δηλώνεται) η σημασία των συνδέσεων
3 ^ο Πολυδομικό	❖ οι μαθητές κάνουν διάφορες συνδέσεις ❖ δεν καταδεικνύεται (δηλώνεται) η σημασία της σχέσης μεταξύ των συνδέσεων
4 ^ο Συσχετιστικό	❖ οι μαθητές καταδεικνύουν (δηλώνουν) τη σχέση μεταξύ των συνδέσεων ❖ οι μαθητές καταδεικνύουν (δηλώνουν) τη σχέση μεταξύ των συνδέσεων και του συνόλου
5 ^ο Εκτεταμένης αφαίρεσης	❖ οι μαθητές κάνουν συνδέσεις εκτός θεματικής περιοχής ❖ οι μαθητές γενικεύουν και μεταφέρουν τους νόμους – σχέσεις από το συγκεκριμένο στο γενικό (αφαιρετικό)

Στην παραπάνω κατηγοριοποίηση είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι τα τρία τελευταία επίπεδα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το τρίτο (Πολυδομικό) διαφοροποιείται σε σχέση με τα δυο πρώτα (Προδομικό – Μονοδομικό) γιατί οι μαθητές κατανοούν επεξηγηματικά (δεδομένου ότι μπορούν να συζητούν με σημασία το περιεχόμενο), γνωρίζουν ένα λογικό τμήμα του περιεχομένου μάθησης, αλλά δεν μπορούν να το μεταφέρουν ή να το εφαρμόσουν εύκολα (Biggs,1996; Γεωργόπουλος, 2010). Παράλληλα, σχετικά με τα δυο ανώτερα επίπεδα είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι το τέταρτο (Συσχετιστικό) προϋποθέτει την ικανότητα συσχετισμού των επιμέρους επιπέδων σε ένα συνεκτικό «όλο» όπου κάθε μέρος συνεισφέρει στο συνολικό νόημα και το πέμπτο (Εκτεταμένης αφαίρεσης) όπου το «όλο» επαναπροσδιορίζεται νοηματικά σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης με τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται γενίκευση και ανατροφοδότηση στα πλαίσια μιας μετα – γνωστικής διαδικασίας (Γεωργόπουλος, 2010).

Τα ανωτέρω επίπεδα και ειδικότερα τα μαθησιακά αποτελέσματα²⁶ που προκύπτουν από τις απαντήσεις των μαθητών χαρακτηρίζουν την αποτελεσματική μάθηση και αξιολογούν τις δυο διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις, το εικονικό και πραγματικό πείραμα. Για παράδειγμα, αν κατά τον έλεγχο μιας προτεινόμενης πειραματικής προσέγγισης καταγράφονται τα υψηλότερα επίπεδα SOLO, αυτό σημαίνει ότι η προτεινόμενη πειραματική προσέγγιση είναι αποτελεσματικότερη για την οικοδόμηση της γνώσης σε σύγκριση με την αντίστοιχη που εμφανίζονται χαμηλότερα επίπεδα.

Σε προέκταση της παραπάνω διαπίστωσης, πριν προχωρήσουμε στην αναλυτική περιγραφή των απαντήσεων των μαθητών, πρέπει να σημειώσουμε ότι στην εποικοδομητική προσέγγιση αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων σημαίνει:

i) Μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών μιας ομάδας (πειραματικής ή ομάδας ελέγχου) μαθαίνει περισσότερα και ii) Περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μιας ομάδας (πειραματικής ή ομάδας ελέγχου) πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (Σπυροπούλου, 1997). Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι, στην παρούσα έρευνα, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών εντάσσονται και εμφανίζονται, συνήθως, στο προδομικό επίπεδο και σε μερικές περιπτώσεις στο μονοδομικό επίπεδο της ταξινομίας SOLO. Στο πολυδομικό επίπεδο εντάσσονται απαντήσεις που προσεγγίζουν το επιστημονικό πρότυπο και στο συσχετιστικό επίπεδο εντάσσονται απαντήσεις που είναι απόλυτα ορθές και ταυτίζονται απόλυτα με το επιστημονικό πρότυπο (το πέμπτο επίπεδο, της εκτεταμένης αφαίρεσης δεν έχει εντοπιστεί στην παρούσα έρευνα όπως αναφέρεται και παρακάτω).

Με βάση, τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα, διερευνάται εάν τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν με τα εικονικά πειράματα (πειραματική ομάδα) είναι σαφώς ανώτερα (ή παρόμοια) αυτών που επιτεύχθηκαν με τα πραγματικά πειράματα (ομάδα ελέγχου) ή αντίστροφα. Πιο γενικευμένα, η συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών και ειδικότερα των μαθησιακών αποτελεσμάτων στα προτεστ και μετατεστ αναμένεται να αναδείξει την αναμενόμενη εννοιολογική αλλαγή (Μπάκας κ.ά., 2005).

²⁶ Με βάση το μοντέλο της εποικοδόμησης της γνώσης τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα σχετίζονται με τρεις άξονες: α) οικοδόμηση εννοιών, β) Αναδιοργάνωση – Τροποποίηση των αρχικών εναλλακτικών ιδεών και γ) Μεταγνώση (Σπύρτου, 2002).

6.6.8.2 Η επιλογή της ταξινομίας SOLO

Η επιλογή της ταξινομίας SOLO (Μπέλλου,2003β; Γεωργόπουλος,2010) στην παρούσα έρευνα οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά της:

- i) Το πεδίο εφαρμογής της, όπως φαίνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία, στο χώρο της εκπαίδευσης είναι εξαιρετικά μεγάλο (Μπέλλου,2003β; Γεωργόπουλος,2010)
- ii) Η μεγάλη εμβέλεια της ενισχύεται και από το γεγονός ότι μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γνωστικού αντικειμένου. Σύμφωνα με τον Jackson (1998, όπ. αναφ. στο Μπέλλου, 2003β) η ταξινομία SOLO στοχεύει και εφαρμόζει επιτυχώς την περιγραφή μιας ευρείας κλίμακας γνωστικών επιδόσεων των μαθητών και η ισχύς της βρίσκεται στη γενικότητά της, δηλαδή στο ότι είναι ανεξάρτητη περιεχομένου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στα πλαίσια διαφόρων γνωστικών περιοχών
- iii) Θεωρείται από τους ερευνητές στο χώρο της διδακτικής ως ένα αξιόπιστο εργαλείο αξιολόγησης (τουλάχιστον για τους συγκεκριμένους στόχους των θεωρητικών της προδιαγραφών), παρέχοντας μια ποιοτική και σε βάθος ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων. Σύμφωνα με τον Keeves (2002), η ταξινομία SOLO αποτέλεσε, σε όσες έρευνες χρησιμοποιήθηκε, ένα πολύ καλό ερμηνευτικό εργαλείο για διαδικασίες όπως είναι η επίλυση προβλημάτων, οι ανώτερου επιπέδου συλλογισμοί, κλπ.
- iv) Ως εργαλείο αξιολόγησης μπορεί να συνυπάρξει αποτελεσματικά με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης (που αποτελεί μια από τις δυο κυρίαρχες προσεγγίσεις στην παρούσα έρευνα) και πιο συγκεκριμένα συμβάλλει αποτελεσματικά στον έλεγχο της κατασκευής του νοήματος από τους μαθητές (Biggs, 1996).

Κατά συνέπεια, με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, η ταξινομία SOLO αποτελεί το κατάλληλο εργαλείο για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των προτεστ (αρχικά φύλλα εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλα εργασίας (4) – Εφαρμογές).

6.6.8.3 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

Στην παρούσα έρευνα, μέσα από μια ποιοτική ανάλυση και αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών καταλήγουμε σε τέσσερα επίπεδα, τα οποία εκφράζουν την εξελικτική πορεία της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης και τα οποία βασίζονται

στην ταξινόμια SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα οι απαντήσεις των μαθητών περιορίζονται στα παρακάτω τέσσερα (4) επίπεδα της ταξινόμιας SOLO:

- I) 1^ο Προδομικό
- II) 2^ο Μονοδομικό
- III) 3^ο Πολυδομικό
- IV) 4^ο Συσχετιστικό

Παράλληλα, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι απαντήσεις που ανήκουν στο πέμπτο επίπεδο της ταξινόμιας SOLO, δηλαδή στο επίπεδο της εκτεταμένης αφαίρεσης, δεν παρατηρήθηκαν και δεν σημειώθηκαν κατά την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών σε κανένα από τα ερωτήματα που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας όλων των υπό διαπραγμάτευση εννοιών της έρευνας. Το γεγονός αυτό είναι συνηθισμένο σε θέματα αξιολόγησης στις θετικές επιστήμες διότι για να φτάσει ένας μαθητής στο επίπεδο της εκτεταμένης αφαίρεσης, πρέπει να έχει ολοκληρωμένη άποψη για τα υπό μελέτη θέματα, ώστε να μπορεί να κάνει γενικεύσεις (Αγγέλης & Μικρόπουλος, 2007). Για παράδειγμα, το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί και στη διεθνή βιβλιογραφία, όπου μαθητές 12-15 ετών δεν παρουσίασαν ευχέρεια γενικεύσεων σε θέματα εξέλιξης γεωμορφών με παροχή πληροφορίας οπτικού τύπου (Schee et al., 1992).

Ταυτόχρονα, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι στις απαντήσεις των προτεστ και μετατεστ καταγράφονται οι επιδόσεις των μαθητών πριν και μετά από την πειραματική παρέμβαση, χρησιμοποιώντας την αιτιολόγηση της απάντησης που περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις συνιστώσες (Μπέλλου, 2003α; Μπέλλου, 2003β; Γεωργόπουλος, 2010):

1. τον εντοπισμό και την αναφορά των στοιχείων - παραγόντων που διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στην υπό μελέτη έννοια (και φαινόμενο)
2. τους συσχετισμούς των δεδομένων (στοιχείων ή παραγόντων)
3. την εξαγωγή τεκμηριωμένου συμπεράσματος, σύμφωνα με τα προηγούμενα

Τέλος, με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα κατηγοριοποίησης των απαντήσεων στο αντίστοιχο επίπεδο της ταξινόμιας SOLO. Οι απαντήσεις αυτές που αντιστοιχούν στις ερωτήσεις των προτεστ και μετατεστ (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II) αναλύονται στις παρακάτω υποεντότητες 6.6.8.3.1, 6.6.8.3.2, 6.6.8.3.3, 6.6.8.3.4.

6.6.8.3.1 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

Με βάση την ταξινομία SOLO, η ταξινόμηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₁ και Π₂), φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.24: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το είδος (φύση) επιφάνειας των παπουτσιών (λεία ή τραχιά επιφάνεια) που πρέπει να φορέσουμε όταν κάνουμε ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει ώστε να είναι μικρότερος ο κίνδυνος να ολισθήσουμε (γλιστρήσουμε).
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το είδος (φύση) επιφάνειας των παπουτσιών (λεία ή τραχιά επιφάνεια) που πρέπει να φορέσουμε όταν κάνουμε ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει ώστε να είναι μικρότερος ο κίνδυνος να ολισθήσουμε (γλιστρήσουμε), επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος (φύση) επιφάνειας των παπουτσιών (λεία ή τραχιά επιφάνεια) ή στη δύναμη της τριβής ή στη λεία επιφάνεια (χιονισμένη) που ακουμπούν τα παπούτσια.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι η δύναμη της τριβής είναι μεγαλύτερη όταν φοράμε παπούτσια με σόλα από τραχιά επιφάνεια από όταν φοράμε παπούτσια με σόλα από λεία επιφάνεια με αποτέλεσμα ο κίνδυνος να ολισθήσουμε (γλιστρήσουμε) να είναι μικρότερος.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.25: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το εάν η ιδέα του μαθητή να γυρίσουν το ξύλινο κιβώτιο όρθιο ώστε να το σπρώξουν πιο εύκολα είναι ορθή ή λανθασμένη.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το εάν η ιδέα του μαθητή να γυρίσουν το ξύλινο κιβώτιο όρθιο ώστε να το σπρώξουν πιο εύκολα είναι ορθή ή λανθασμένη επικεντρώνεται σε ένα

	παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο μέγεθος επιφάνειας (πλευρά) του ξύλινου κιβωτίου ή στη δύναμη της τριβής ή στο βάρος του ξύλινου κιβωτίου.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι η ιδέα του μαθητή είναι λανθασμένη γιατί η τριβή είναι η ίδια και δεν εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του ξύλινου κιβωτίου που ακουμπά (εφάπτεται) στο έδαφος (καθώς και ότι το βάρος του στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν αλλάζει και δεν επηρεάζει τη δύναμη της τριβής).
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.26: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (3) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για ποιο λόγο τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια και τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για ποιο λόγο τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια και τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας των λάστιχων ή στο ότι τα λάστιχα είναι καινούρια (ή παλιά) ή στη δύναμη της τριβής.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούρια γιατί η επιφάνειά τους είναι τραχιά με αποτέλεσμα να μην ολισθαίνει (γλιστράει) λόγω της μεγάλης τριβής και όταν είναι παλιά η επιφάνειά τους είναι λεία με αποτέλεσμα να ολισθαίνει (γλιστράει) λόγω της μικρής τριβής.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.27: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για ποιο λόγο όταν χιονίζει πρέπει να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για ποιο λόγο όταν χιονίζει πρέπει να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις

	που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας των λάστιχων (με ή χωρίς τις αλυσίδες) ή στη δύναμη της τριβής ή στην επιφάνεια του εδάφους (η οποία είναι ίδια και χιονισμένη είτε με αλυσίδες είτε χωρίς αλυσίδες).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι επιβάλλεται η τοποθέτηση αλυσίδων όταν χιονίζει γιατί χάρη σε αυτές η επιφάνεια του λάστιχου γίνεται πιο τραχιά και η τριβή αυξάνεται με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να μην ολισθαίνει (γλιστράει) στη χιονισμένη επιφάνεια του δρόμου.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.28: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (5) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας του εδάφους ή στη δύναμη της τριβής ή στο είδος επιφάνειας των λάστιχων (εννοείται ότι είναι καινούρια τα λάστιχα και έχουν τραχιά επιφάνεια είτε κινείται στην άσφαλτο είτε στον πάγο).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής όταν ένα αυτοκίνητο (με λάστιχα καινούρια με τραχιά επιφάνεια) κινείται σε άσφαλτο γιατί η άσφαλτος είναι τραχιά επιφάνεια σε σχέση με τον πάγο που είναι λεία.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.29: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (6) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το πότε ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το πότε ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο βάρος του αυτοκινήτου ή στη δύναμη της τριβής ή στο είδος επιφάνειας του δρόμου (η οποία είναι

	ίδια είτε είναι άδειο είτε είναι φορτωμένο).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια στον (ίδιο) παγωμένο δρόμο όταν είναι φορτωμένο διότι λόγω του μεγαλύτερου βάρους αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

6.6.8.3.2 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

Με βάση την ταξινομία SOLO, η ταξινόμηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ ΙΙ₃ και ΙΙ₄), φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.30: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό σχετικά με το τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας, επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στη δημιουργία φυσαλίδων σε όλο το νερό και ότι το νερό αρχίζει να βράζει ή στην μετατροπή (αλλαγή φυσικής κατάστασης) του νερού σε αέριο (υδρατμοί) ή στη μείωση της στάθμης του νερού.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες – στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρεί μακροσκοπικά ότι το νερό αρχίζει να βράζει αφού σχηματίζονται φυσαλίδες σε όλη τη μάζα του, μετά αρχίζει να μετατρέπεται σε αέριο και τελικά η στάθμη του μειώνεται.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.31: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το τι συμβαίνει με τη στάθμη του νερού αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το τι συμβαίνει με τη στάθμη του νερού αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους δυο που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στη στάθμη του νερού (ανεβαίνει ή κατεβαίνει ή παραμένει σταθερή) ή στη μετατροπή (αλλαγή φυσικής κατάστασης) του νερού από υγρό σε αέριο (υδρατμοί) σε όλη του τη μάζα (γενικά στο φαινόμενο του βρασμού).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι κατά το βρασμό του νερού η στάθμη του μειώνεται γιατί το νερό μετατρέπεται σιγά σιγά από υγρό σε αέριο.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.32: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (3) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το τι συμβαίνει με τη θερμοκρασία του νερού αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε (ή αυξήσουμε) απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το τι συμβαίνει με τη θερμοκρασία του νερού αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε (ή αυξήσουμε) απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας, επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στη θερμοκρασία του νερού (θα μεγαλώσει ή θα μικρύνει ή θα παραμείνει η ίδια στους 100 °C) ή στην ποσότητα θερμότητας που παρέχεται ή στη μετατροπή (αλλαγή φυσικής κατάστασης) του νερού από υγρό σε αέριο (υδρατμοί) σε όλη του τη μάζα (γενικά στο φαινόμενο του βρασμού).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι κατά το βρασμό του νερού η θερμοκρασία του παραμένει η ίδια (στοιχείο 100°C) , χωρίς να ανεβαίνει, όσο και να αυξήσουμε την ποσότητα θερμότητας που δέχεται. Αυτό

	συμβαίνει γιατί η πρόσθετη ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο νερό, χρησιμεύει για να μετατραπεί το νερό από υγρό σε αέριο.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.33: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το αν είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία που περιέχουν διαφορετικές ποσότητες.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το αν είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία που περιέχουν διαφορετικές ποσότητες επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στη θερμοκρασία βρασμού του νερού (θα είναι ίδια ή διαφορετική) ή στην ποσότητα (μάζα) του νερού που υπάρχει σε κάθε δοχείο ή στην ποσότητα θερμότητας που παρέχεται (είναι ίδια στα δυο γκαζάκια).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι κατά το βρασμό η θερμοκρασία που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε κάθε δοχείο που θερμαίνεται με την ίδια ποσότητα θερμότητας θα είναι ίδια ανεξάρτητα από την ποσότητα του νερού που υπάρχει σε κάθε δοχείο.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.34: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (5) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το αν είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο ίδια δοχεία (σε όγκο) αφού θερμαίνουμε το ένα με χαμηλή παροχή θερμότητας και το άλλο με υψηλή.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το αν είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο ίδια δοχεία (σε όγκο) επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από του τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στη θερμοκρασία του νερού (θα είναι ίδια ή διαφορετική) ή στην ποσότητα θερμότητας που παρέχεται ή στη μετατροπή (αλλαγή φυσικής κατάστασης) του νερού από υγρό σε αέριο (υδρατμοί) σε όλη του τη μάζα (γενικά στο φαινόμενο του βρασμού).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους

	παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι κατά το βρασμό του νερού η θερμοκρασία που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε κάθε δοχείο που θερμαίνεται με διαφορετική ποσότητα θερμότητας θα είναι ίδια. Αυτό συμβαίνει γιατί η πρόσθετη ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο νερό, χρησιμεύει για να μετατραπεί το νερό από υγρό σε αέριο.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

6.6.8.3 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

Με βάση την ταξινομία SOLO, η ταξινόμηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆) φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.35: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 1) Α), Β), Γ) σύμφωνα με την ταξινομία SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για τον τρόπο που πρέπει να συνδεθεί το λαμπάκι ώστε να ανάψει.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για τη σωστή ή μη συνδεσμολογία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος για να ανάψει η λάμπα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στα καλώδια ή στους δυο πόλους της μπαταρίας και στις δυο επαφές της λάμπας ή στον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, υιοθετώντας το επιστημονικά σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού ρεύματος που περιλαμβάνει μπαταρία, λάμπα και δυο καλώδια τα οποία συνδέουν τους δυο πόλους της μπαταρίας με τις δυο επαφές της λάμπας
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.36: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) α) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το πως δημιουργείται το κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα με την ύπαρξη μόνο ενός καλωδίου.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το πως δημιουργείται το κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα με την ύπαρξη μόνο ενός καλωδίου επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στα καλώδια (είτε στο ένα που φαίνεται είτε στα δυο χωριστά καλώδια στο εσωτερικό του περιβλήματος) ή στο ρόλο της πρίζας ή στο τρόπο σύνδεσης του καλωδίου με τις επαφές της πρίζας και της λάμπας.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας το ρόλο του δεύτερου καλωδίου στο κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα και ειδικότερα ότι το καλώδιο της λάμπας του γραφείου έχει στο εσωτερικό του δυο καλώδια που συνδέονται με τις δυο επαφές της λάμπας και της πρίζας για να δημιουργηθεί απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.37: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) β) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το ρόλο που παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το ρόλο που παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στην ηλεκτρική ενέργεια (παίζοντας το ρόλο της μπαταρίας) ή στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή στη δημιουργία απλού κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας το ρόλο που παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου με τη δημιουργία κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος και τη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας (που είναι αποθηκευμένη) ώστε να υπάρξει ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.38: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 2) γ) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το ρόλο που παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το ρόλο που παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο διακόπτη (κλειστός ή ανοιχτός) ή στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή στο κύκλωμα (κλειστό ή ανοιχτό).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας το ρόλο που παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο σχετικά με τη δημιουργία κλειστού ή ανοιχτού κυκλώματος και με τη διακοπή (ή μη) της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.39: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) α), β) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το τι γίνεται στο ηλεκτρικό κύκλωμα ή στον διακόπτη όταν «κλείσουμε το φως».
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το πότε είναι κλειστό και πότε είναι ανοιχτό το ηλεκτρικό κύκλωμα ή ο διακόπτης επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο διακόπτη (κλειστός ή ανοιχτός) ή στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή στο κύκλωμα (κλειστό ή ανοιχτό)
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, υιοθετώντας την επιστημονικά ορθή άποψη σύμφωνα με την οποία όταν «κλείσουμε το φως» ανοίγουμε τον διακόπτη και το ηλεκτρικό κύκλωμα είναι ανοιχτό με αποτέλεσμα να μην περνάει από αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα (διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος).
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.40: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το λόγο για τον οποίο σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το λόγο για τον οποίο σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στα καλώδια ή στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή στο κύκλωμα (κλειστό ή ανοιχτό).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι τα πουλιά σκοτώνονται γιατί όταν ακουμπούν σε δυο διαφορετικά καλώδια δημιουργείται κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα με αποτέλεσμα να τα διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα και να πεθαίνουν από ηλεκτροπληξία.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

6.6.8.3.4 Παραδείγματα ταξινόμησης των απαντήσεων στις ερωτήσεις σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

Με βάση την ταξινόμια SOLO, η ταξινόμηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₇ και II₈), φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.41: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (1) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για ποιο λόγο το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε στην περίπτωση που το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για ποιο λόγο το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε στην περίπτωση που το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας του καθρέπτη (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης (αλλαγή πορείας της φωτεινής ακτίνας) ή στον τρόπο που φθάνουν οι

	φωτεινές ακτίνες του ήλιου στο μάτι μας (πηγή (ήλιος) – αντικείμενο (καθρέπτης) – μάτι).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι το φως του ήλιου πέφτοντας πάνω στο καθρέπτη του αυτοκινήτου (που είναι λεία και στιλπνή επιφάνεια) ανακλάται (αλλάζει πορεία) φθάνοντας στο μάτι μας με αποτέλεσμα, πολλές φορές, να τυφλωνόμαστε.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.42: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (2) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας που υπάρχει στα ήρεμα νερά της λίμνης (λεία και γυαλιστερή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης ή στο φαινόμενο της διάχυσης φωτεινών ακτίνων στις επιφάνειες των βουνών και των δέντρων.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης διότι οι φωτεινές ακτίνες που διαχέονται από τα βουνά και τα δέντρα πέφτουν στα ήρεμα νερά της λίμνης και ανακλώνται στο μάτι επειδή τα ήρεμα νερά της λίμνης παίζουν το ρόλο του καθρέπτη αφού η επιφάνειά τους είναι λεία και γυαλιστερή.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.43: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) α) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, στην περίπτωση που πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το τι παθαίνει μια δέσμη φωτός στην περίπτωση που πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια επικεντρώνεται σε ένα

	παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας της γυάλινης βιτρίνας (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης (αλλαγή πορείας της δέσμης φωτός) ή στον τρόπο που φθάνει η δέσμη φωτός του ήλιου στο μάτι μας (πηγή (δέσμη φωτός) – αντικείμενο (γυάλινη βιτρίνα) – μάτι).
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, κατανοώντας ότι μια δέσμη φωτός του ήλιου όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια ανακλάται και φθάνει στο μάτι μας επειδή η γυάλινη βιτρίνα είναι λεία και γυαλιστερή.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.44: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση 3) β) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το εάν μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια στην περίπτωση που στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το εάν μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια στην περίπτωση που στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου επικεντρώνεται σε έναν από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας της γυάλινης βιτρίνας (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης (αλλαγή πορείας της δέσμης φωτός) ή στο φαινόμενο της διάχυσης της δέσμης φωτός στις επιφάνειες των κτιρίων.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι οι φωτεινές ακτίνες που διαχέονται πέφτουν στη γυάλινη βιτρίνα (που είναι λεία και γυαλιστερή) και ανακλώνται προς το μάτι μας, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια γιατί στη βιτρίνα του καταστήματος εκτός από τα παπούτσια βλέπουμε και τα κτίρια που βρίσκονται στην απέναντι μεριά του δρόμου.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Πίνακας 6.45: Παράδειγμα ταξινόμησης των απαντήσεων στην ερώτηση (4) σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
1 ^ο Προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το αν η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος.
2 ^ο Μονοδομικό	Στην απάντησή του για το αν η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας του καθρέπτη (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης (αλλαγή πορείας της φωτεινής ακτίνας) ή στο νόμο της ανάκλασης όπου η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.
3 ^ο Πολυδομικό	Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους.
4 ^ο Συσχετιστικό	Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη γιατί οι ακτίνες που πέφτουν πάνω στο Γιάννη διαχέονται προς τον καθρέπτη (που είναι λεία και γυαλιστερή επιφάνεια) και ανακλώνται με μια γωνία (γωνία ανάκλασης) που είναι ίση με τη γωνία που πέφτουν (γωνία πρόσπτωσης) στον καθρέπτη, με αποτέλεσμα να φαίνεται ο Γιάννης στον καθρέπτη παρόλο που τους χωρίζει ο τοίχος.
5 ^ο Εκτεταμένης Θεώρησης	Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΒΔΟΜΟ

Μαθησιακό περιβάλλον και κριτήρια επιλογής των
εννοιών της έρευνας – Σενάρια διδασκαλίας

7.1 Το προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον

Στην παρούσα έρευνα επιδιώκεται η δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που στηρίζεται τόσο στην εποικοδομητική προσέγγιση²⁷, ακολουθώντας σε γενικές γραμμές τις πέντε (5) φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» που έχει προταθεί από τους Ψύλλο κ.ά. (1993), Καριώτογλου (2006), όσο και στη μεθοδολογική προσέγγιση της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας²⁸, ακολουθώντας τα πέντε (5) βήματα που προτείνονται από τον Καλκάνη (2003; 2007α; 2007β; 2007γ; 2009α; 2009β; 2010).

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την εποικοδομητική προσέγγιση κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση διαδραματίζουν οι ιδέες των μαθητών ώστε η επιδιωκόμενη γνώση να προκύψει από «γνωστική σύγκρουση». Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι ένα απλό διδακτικό μοντέλο, αλλά ένα φάσμα διδακτικών απόψεων που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Για παράδειγμα, υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά ακραίες περιπτώσεις αυτής της προσέγγισης, οι οποίες είναι: α) η προσωπική εποικοδόμηση που βρίσκεται στο ένα άκρο, υποστηρίζεται από την Πιαζετική σχολή και οδηγεί το μαθητή σε ενδοπροσωπική σύγκρουση και β) οι κοινωνιογνωστικές προσεγγίσεις που βρίσκονται στο άλλο άκρο, υποστηρίχθηκαν κυρίως από τον Vygotski και οδηγούν σε διαπροσωπική σύγκρουση και ευνοούνται από την κοινωνική αλληλεπίδραση. Παρόλα αυτά, είναι παραδεκτό ότι στην πράξη η σχολιοποιημένη διδασκαλία περιλαμβάνει την κοινωνική αλληλεπίδραση της τάξης αλλά και το ότι η μάθηση έχει ένα προσωπικό στοιχείο, ένα προσωπικό «φίλτρο» εμπειριών και πεποιθήσεων της μάθησης, που διαμορφώνουν τα προσωπικά νοήματα (Καριώτογλου, 2002; Καριώτογλου, 2006:37). Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, η παρούσα έρευνα κινείται ανάμεσα σε αυτές τις δύο ακραίες περιπτώσεις της εποικοδομητικής προσέγγισης.

Όσον αφορά την επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία αποτελεί μια παιδαγωγική προσέγγιση της ιστορικά καταξιωμένης επιστημονικής ερευνητικής μεθόδου, της μεθόδου με την οποία ο επιστήμονας, ο ερευνητής, ο άνθρωπος ερευνά και ερευνά το φυσικό κόσμο. Πρόκειται για μια εκπαιδευτική διαδικασία η οποία χαρακτηρίζεται ως διερευνητική - ανακαλυπτική εκπαιδευτική διαδικασία. Η γνώση κατά τη διεξαγωγή της επιδιώκεται με τη διερεύνηση του φυσικού κόσμου και

²⁷ Το «μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής», που έχει προταθεί από τους Ψύλλο κ.ά. (1993) & Καριώτογλου (2006), παρουσιάζεται αναλυτικά στο Δεύτερο Κεφάλαιο.

²⁸ Η επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία (Καλκάνης, 2010) παρουσιάζεται αναλυτικά στο Τρίτο Κεφάλαιο.

με τις αλληλεπιδραστικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες (επιβεβαιωτικές ή απορριπτικές) των υποθέσεων οι οποίες διατυπώνονται από τους εμπλεκόμενους. Με άλλα λόγια, ο αποδεικτικός (επιβεβαιωτικός ή απορριπτικός) πειραματισμός, που ονομάζεται αποδεικτικός διότι αποδεικνύει την αλήθεια ή μη των υποθέσεων που έχουν διατυπωθεί στο πλαίσιο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, αποτελεί το βασικό και αναπόσπαστο στοιχείο της μεθόδου διότι αναδεικνύει τόσο τον εκπαιδευτικό και γνωσιακό όσο και τον παιδευτικό και κριτικό χαρακτήρα και ρόλο των φυσικών επιστημών (Καλκάνης,2003; Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2007β; Καλκάνης,2007γ; Καλκάνης,2009α; Καλκάνης,2009β; Καλκάνης,2010).

Ταυτόχρονα, πρέπει να επισημανθεί ότι αυτές οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις δεν έχουν μόνο πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα στην εφαρμογή τους (Καλκάνης,2010). Κατά συνέπεια, στην παρούσα έρευνα δεν αποτελούν μια αυστηρά συνεκτική - γραμμική θεωρία της μάθησης, παρέχουν ωστόσο ένα σύνολο παραδοχών - υποθέσεων εργασίας, που επιτρέπουν την επεξεργασία καινοτομικών διδακτικών προσεγγίσεων με την υλοποίηση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα για τη διαμόρφωση κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος αντλήθηκαν από αυτές τις δύο παραπάνω προσεγγίσεις τα εξής χρήσιμα στοιχεία:

1. Λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή της παρούσας έρευνας οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οι οποίες αποτελούν βασικό στοιχείο της εποικοδομιστικής προσέγγισης
2. Η εκπαιδευτική διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι «ενεργητική» (δηλαδή προβλέφθηκε η διεξαγωγή εκπαιδευτικών «δραστηριοτήτων» - «δράσεων», η εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων). Η «ενεργητική» εκπαιδευτική διαδικασία προβλέπεται και στις δύο προσεγγίσεις
3. Οι προβλεπόμενες δραστηριότητες (πραγματικά και εικονικά πειράματα) είναι αποδεικτικές²⁹ (επιβεβαίωση ή απόρριψη των προβλέψεων και υποθέσεων ή αποδεικτικός πειραματισμός). Αυτές αποτελούν βασικό και αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Επιπρόσθετα, πρέπει να επισημανθεί ότι σε αυτό το προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον της παρούσας έρευνας, ο δάσκαλος – ερευνητής γίνεται συντονιστής,

²⁹ Στην εποικοδομητική εκπαιδευτική διαδικασία οι προβλεπόμενες δραστηριότητες, μερικές φορές, στηρίζονται και στον επιδεικτικό πειραματισμό (Καλκάνης, 2010:26).

προγραμματιστής, καθοδηγητής, οργανωτής καταστάσεων μάθησης, αλλά κυρίως «εμπυχωτής» (δίκαιος και αμερόληπτος κριτής όταν απαιτείται, αλλά και ισότιμος συνεργάτης με τα μέλη της ομάδας) (Καλκάνης,2010:28). Δεν χρειάζεται να κάνει πειράματα για να δουν οι μαθητές, αλλά με τη δική του επίβλεψη οι μαθητές πειραματίζονται με πραγματικά ή εικονικά αντικείμενα και οικοδομούν τη γνώση. Με άλλα λόγια, ο δάσκαλος αλλάζει ρόλο και δεν αποτελεί την πηγή των γνώσεων, αλλά καθίσταται διαμεσολαβητής μεταξύ μαθητή και γνώσης. Με αυτό τον τρόπο προάγεται η οικοδόμηση της γνώσης, αφού επιτρέπεται στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με το πληροφοριακό υλικό (φύλλα εργασίας) και να συμμετέχουν ενεργά στην οικοδόμηση της δικής τους γνώσης με ρυθμούς που προσδιορίζονται από τους ίδιους.

Παράλληλα, εκτός των άλλων, για τη διαμόρφωση του μαθησιακού περιβάλλοντος λήφθηκαν υπόψη και μερικές αρχές, οι οποίες αντλούν πολλά στοιχεία από την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου³⁰ (Καριώτογλου,2006; Μολοχίδης κ.ά.,2007) και την Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου³¹ (Τζιμογιάννης,2010). Αυτές οι αρχές είναι οι εξής:

- Ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου από το επίπεδο του επιστημονικού μοντέλου σε κατάλληλη γνώση έτσι ώστε να διδαχθεί στους μαθητές των δημοτικών σχολείων
- Η διδακτική αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητευομένων, γεγονός που προϋποθέτει την ταξινόμηση και την μοντελοποίησή τους
- Τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα διδαχθούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν τόσο την υλοποίηση των διδακτικών στόχων όσο και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου
- Ο συνδυασμός διδακτικών μοντέλων για την υλοποίηση της διδασκαλίας. Στην παρούσα έρευνα, όπως προαναφέρθηκε, το μαθησιακό περιβάλλον διαμορφώθηκε τόσο στα πλαίσια της εποικοδόμησης της γνώσης όσο και στα πλαίσια της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

³⁰ Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου είναι συνδυασμός ειδικού γνωστικού περιεχομένου (π.χ. Φυσικών Επιστημών) και παιδαγωγικών αρχών και πρακτικών. Περιλαμβάνει το σώμα της γνώσης που αφορά στην αναπαράσταση, περιγραφή και μετασχηματισμό των επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών, σε προϋπάρχουσες γνώσεις ή γνωστικές δυσκολίες των μαθητών, σε παιδαγωγικές στρατηγικές και τεχνικές που είναι αποτελεσματικές στην πράξη, κλπ (Καριώτογλου, 2006).

³¹ Η Τεχνολογική Γνώση Παιδαγωγικού Περιεχομένου δεν αντιμετωπίζει ανεξάρτητα τις τρεις συστατικές συνιστώσες (Τεχνολογία, Περιεχόμενο, Παιδαγωγική) αλλά εστιάζει στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις στο πλαίσιο που διαμορφώνουν τα διάφορα μαθησιακά περιβάλλοντα των ΤΠΕ (Τζιμογιάννης, 2010).

- Ο σχεδιασμός των διδακτικών σεναρίων και των μαθησιακών δραστηριοτήτων βασισμένων στις ΤΠΕ και ειδικότερα στις προσομοιώσεις (αλλά και στα πραγματικά πειράματα) εδράζονται σε ένα σαφές παιδαγωγικό υπόβαθρο
- Ο υπολογιστής και ειδικότερα το λογισμικό προσομοίωσης χρησιμοποιείται στη μαθησιακή διαδικασία και ειδικότερα κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων ως γνωστικό εργαλείο
- Οι μαθητές εκτελούν τα εικονικά πειράματα με μια διαδικασία παρόμοια με αυτή που εκτελούν τα πραγματικά
- Στο μαθησιακό περιβάλλον τα εικονικά αντικείμενα είναι όμοια με τα πραγματικά, αφού σύμφωνα με τον Papert τα αντικείμενα δεν περιορίζονται μόνο στα πραγματικά αντικείμενα, αλλά και στα εικονικά, που μπορούν να προσομοιάζουν στις ιδιότητες και στη συμπεριφορά τα πραγματικά (Ψύλλος κ.ά.,2002)

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι το μαθησιακό περιβάλλον χρειάζεται κατάλληλους χειρισμούς από την πλευρά του ερευνητή – δασκάλου, ώστε να οδηγήσει τους μαθητές στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Στο προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον και σύμφωνα με τις αντιλήψεις για την εννοιολογική αλλαγή μέσω της διδασκαλίας των επιστημών, η μάθηση αντιμετωπίζεται ως διαδικασία όπου οι μαθητές αντικαθιστούν εναλλακτικές ιδέες με αυτές που θεωρούνται επιστημονικά σωστές. Ωστόσο, τα μαθησιακά περιβάλλοντα για να θεωρούνται επιτυχημένα ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (Vosniadou et al.,2001; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009) θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα εξής στοιχεία,τα οποία λήφθηκαν υπόψη και στην παρούσα έρευνα:

Α) τις ιδέες των μαθητών πριν βρεθούν στην τάξη διδασκαλίας, οι οποίες στην παρούσα έρευνα έχουν διερευνηθεί βιβλιογραφικά και έχουν καταγραφεί από τον ερευνητή αποτελώντας την αφετηρία για τον σχεδιασμό των σεναρίων διδασκαλίας, των φύλλων εργασίας και για τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση

Β) τη δημιουργία δυνατοτήτων διατύπωσης και ελέγχου υποθέσεων και προβλέψεων, οι οποίες στην παρούσα έρευνα επιτυγχάνονται μέσα από τα κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα εργασίας και με τη συμβολή του σχήματος (ή του τρίπτυχου): «Πρόβλεψη – Παρατήρηση (αποδεικτικός πειραματισμός: επιβεβαίωση/απόρριψη) – Εξήγηση»

Γ) την υποστήριξη διαδικασιών ενεργητικής μάθησης, οι οποίες στην παρούσα έρευνα σχετίζονται με τα πραγματικά και τα εικονικά πειράματα από τους ίδιους τους μαθητές

Δ) τη συνεργατική μάθηση, η οποία επιτυγχάνεται στην παρούσα έρευνα με την εργασία των μαθητών σε δυάδες

Ταυτόχρονα, ένα αποτελεσματικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στην παρούσα έρευνα για να συμβεί η εννοιολογική αλλαγή είναι οι στρατηγικές γνωστικής σύγκρουσης (Duit,1999). Αν και υποδεικνύονται διαφορετικές μέθοδοι και τεχνικές, όλες περιλαμβάνουν τέσσερα βασικά στάδια, τα οποία υλοποιούνται και στην παρούσα έρευνα. Αυτά τα τέσσερα βασικά στάδια, τα οποία προτείνονται από τους Nussbaum και Novick (1982) (Davis, 2001), είναι τα ακόλουθα:

- i) Ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών
- ii) Συζήτηση και αξιολόγηση αυτών
- iii) Δημιουργία γνωστικής σύγκρουσης με αυτές (μέσω των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων)
- iv) Ενθάρρυνση και καθοδήγηση για την εννοιολογική αναδόμηση (εννοιολογική αλλαγή)

Σε προέκταση των παραπάνω, μια στρατηγική που μπορεί να βοηθήσει προς την γνωστική σύγκρουση και την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής και η οποία χρησιμοποιείται στην παρούσα έρευνα μέσα από τα φύλλα εργασίας σχετίζεται με το σχήμα³²: «Πρόβλεψη – Παρατήρηση (αποδεικτικός πειραματισμός: επιβεβαίωση/απόρριψη) – Εξήγηση» (Dreyfus et al.,1990; White & Gunstone,1992; Lemeignan & Weil – Barais,1997; Κουλαϊδής & Ρογκάκος,1999; Sassi,2001; Hofstein & Lunetta,2004; Βλάχος,2004; Λεύκος κ.ά.,2005; Τσεχερίδης & Μπελιώκας,2006; Πατσαδάκης,2007; Ψύλλος κ.ά.,2008α; Ψύλλος κ.ά.,2008β; Zacharia et al.,2008; Ζουπίδης κ.ά., 2009). Ειδικότερα, σε αυτό οι μαθητές καλούνται πριν την εκτέλεση των πειραμάτων να προβλέψουν τι αναμένουν να συμβεί σε μια δεδομένη κατάσταση και να το καταγράψουν (στην παρούσα έρευνα τους χορηγείται το φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις που βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II), κατόπιν να εκτελέσουν τις πειραματικές δραστηριότητες (αποδεικτικό πείραμα) και να προβούν σε παρατηρήσεις και τέλος να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν αυτά

³² Συναντάται και ως τρίπτυχο ή εποικοδομητική αλληλουχία. Επίσης, στηρίζεται και στις βασικές αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

που προέβλεψαν (στην παρούσα έρευνα τους χορηγείται το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα που βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II).

Επιπρόσθετα, μια άλλη στρατηγική που χρησιμοποιείται στο προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον είναι αυτή της ενίσχυσης των ιδεών των μαθητών, όταν αυτές είναι σχετικά κοντά στις επιστημονικές. Για παράδειγμα, ένας τέτοιος τρόπος είναι η πειραματική τους επιβεβαίωση, όπου ένας μαθητής σε ένα πείραμα θα μπορούσε να πει: «...αφού μετράω την πίεση, άρα υπάρχει...». Ακόμη, η ενίσχυση μπορεί να στηριχθεί σε συζήτηση σχετικών παραδειγμάτων (Καριώτογλου, 2006:35).

Παράλληλα, επειδή όπως αναφέρουν διάφοροι ερευνητές (Hofstein & Lunetta 1982; Hofstein & Lunetta, 2004; Ευαγόρου, 2004), η χρήση πειράματος μπορεί να συμβάλλει στη μάθηση στις φυσικές επιστήμες κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, όπως είναι η ενεργή εμπλοκή και ο οικοδομιστικός σχεδιασμός του μαθήματος, στο προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον δίνεται μεγάλη έμφαση στον ενεργό ρόλο των μαθητών και στη συνεργασία, με στόχο την ανάπτυξη νοήματος μέσα από διαδικασίες πειραματισμού, απόκτησης εμπειρίας και κατάλληλης καθοδήγησης. Ειδικότερα, στο προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον υλοποιείται μια μαθητοκεντρική εκπαιδευτική διαδικασία στην οποία οι μαθητές «δρουν», (αυτό)ενεργούν, αλλά και συμμετέχουν συνειδητά στη διαμόρφωση και τη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας (αυτο) – «νοούντες» (στις προβλέψεις - υποθέσεις και τα συμπεράσματα), (αυτο) – «ποιούντες» (στον πειραματισμό και τις δραστηριότητες) και (αυτό-) «τεχνούντες» (με τα πραγματικά αντικείμενα και τα εικονικά αντικείμενα - λογισμικά προσομοίωσης) (Καλκάνης, 2010:29).

Η εκτέλεση, λοιπόν, των πειραμάτων δεν γίνεται από τον ερευνητή, αλλά από τους ίδιους τους μαθητές. Και αυτό διότι η σύγχρονη ψυχολογία διδάσκει ότι για την παραγωγή της γνώσης είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση μεταξύ της δραστηριότητας και της σκέψης του ατόμου. Αν, λοιπόν, η γνώση παράγεται από τις πράξεις του δρώντος ατόμου, τότε ο ρόλος του πειράματος από τον ίδιο τον μαθητή είναι ουσιαστικός στη γνωστική διαδικασία (Vosniadou, 1994b; Κόκκοτας, 2002). Με άλλα λόγια, πρέπει να σημειωθεί ότι η εργασία σε ομάδες, η εκτέλεση των πειραμάτων από τους μαθητές και η ενεργή συμμετοχή των μαθητών επιτρέπουν την ανάδειξη και καλλιέργεια των ιδιαίτερων ικανοτήτων όλων των μαθητών, ακόμα και αυτών που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες και στα άλλα γνωστικά αντικείμενα είναι «οι παραμελημένοι» αντιμετωπίζοντας σοβαρές δυσκολίες ένταξης, ενώ στο χώρο του εργαστηρίου αναδεικνύουν ικανότητες που δεν έχουν εντοπιστεί στην

υπόλοιπη εκπαιδευτική τους πορεία. Η εργασία σε ομάδες δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να συνεργαστούν αναλαμβάνοντας ρόλους και υλοποιώντας τους στόχους που τίθενται κάθε φορά στα πλαίσια της ομάδας, ακολουθώντας τις αρχές της ομαδοσυνεργατικής μάθησης (Δενδρινός & Πατρινόπουλος, 2009).

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα οι μαθητές κατά τη διάρκεια των πειραματικών δραστηριοτήτων εργάζονται σε δυάδες τόσο στην ομάδα ελέγχου που εκτελούν πραγματικά πειράματα με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων (εικόνα 7.1) όσο και στην πειραματική ομάδα που εκτελούν εικονικά πειράματα με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης (εικόνα 7.2).



Εικόνα 7.1: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων με χρήση πραγματικών αντικειμένων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 7.2: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Η εργασία σε δυνάδες, εκτός από τα πρακτικά οφέλη στο σχεδιασμό των πειραμάτων, ακολουθεί το γενικότερο σχεδιασμό της έρευνας (με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση και την προσέγγιση της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας) καθώς εντάσσεται στα πλαίσια της δημιουργίας ενός ενεργού ρόλου για τους μαθητές που θα πρέπει να εργαστούν ως πειραματιστές. Η συνεργασία σε δυνάδες³³ είναι καθιερωμένη πρακτική στη συντριπτική πλειοψηφία εργαστηριακών μαθημάτων (είτε στην τάξη είτε στο εργαστήριο υπολογιστών), ανεξαρτήτως βαθμίδας εκπαίδευσης και κλάδου σπουδών, και η αξία της θεωρείται δεδομένη (Ματσαγγούρας,1999; Zacharia & Anderson,2003; Jaakkola & Nurmi,2004; Marshall,2005; Finkelstein et al.,2005; Chini et al.,2010). Επιπρόσθετα, η συγκρότηση σε δυνάδες στηρίζεται και στο γεγονός ότι αυτός ο μικρός αριθμός της ομάδας δίνει τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να χειριστούν με ευκολία το πειραματικό υλικό, διασφαλίζοντας την ομοιογένεια στις συνθήκες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το πειραματικό υλικό.

Με άλλα λόγια, επειδή η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο να αξιολογήσει και να συγκρίνει την εννοιολογική αλλαγή (κατανόηση) των μαθητών μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων διαμορφώθηκε ένα μαθησιακό περιβάλλον, έτσι ώστε να υποστηρίξει την οικοδόμηση γνώσης από τους μαθητές. Ειδικότερα, σε αυτό το μαθησιακό περιβάλλον ενθαρρύνεται η ενεργή νοερή εμπλοκή των ατόμων σε διεργασίες επεξεργασίας τεκμηρίων – παρατηρήσεων, δεδομένων (οι οποίες οδηγούν στη μεθοδική οικοδόμηση μοντέλων με τη δυνατότητα της προβλεψιμότητας, ώστε να είναι εφικτή η πειραματική θεμελίωση), η ενεργή συμμετοχή των μαθητών, λαμβάνονται υπόψη και αξιοποιούνται οι εναλλακτικές τους ιδέες, καθώς επίσης τους παρέχονται ερεθίσματα μέσα από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων που προκαλούν εννοιολογικές – γνωστικές συγκρούσεις και τους προβληματίζουν για την εγκυρότητα των ιδεών τους και τους ενθαρρύνουν να υιοθετήσουν επιστημονικά έγκυρες ιδέες επιτυγχάνοντας την εννοιολογική αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της δώορης διδακτικής παρέμβασης πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων και αφού έχουν συμπληρώσει το αρχικό φύλλο εργασίας (1), οι μαθητές καλούνται μέσα από φύλλα εργασίας (2) να κάνουν προβλέψεις και να διατυπώσουν υποθέσεις για το τι θα συμβεί σε ένα υποθετικό

³³ Γίνεται αναλυτική αναφορά στο Δεύτερο Κεφάλαιο και ειδικότερα στην ενότητα 2.4.

πείραμα που θα υλοποιηθεί αργότερα. Στη συνέχεια, εκτελούνται από τους ίδιους τους μαθητές τα (αποδεικτικά) πειράματα, είτε εικονικά είτε πραγματικά, που αποτελούν το κύριο μέσο που θα προκαλέσει γνωστική σύγκρουση και στη συνέχεια την εννοιολογική αλλαγή. Για αυτό το λόγο, επιλέχθηκαν κατάλληλα τόσο τα πειράματα όσο και τα φύλλα εργασίας (3) που τα συνοδεύουν, ώστε να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και να τους πείσουν να υιοθετήσουν το επιστημονικό πρότυπο (εννοιολογική αλλαγή). Μέσα, λοιπόν, από τη συγκεκριμένη δομή των φύλλων εργασίας - που στηρίζεται στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και στην επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία - επιχειρείται να διαπιστωθεί ποιο από τα δύο είδη πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην τροποποίηση των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, μέσω της γνωστικής τους σύγκρουσης, προς τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις.

Ένα παράδειγμα υλοποίησης πειραμάτων³⁴ που διεξήχθησαν στην παρούσα έρευνα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₃ και II₄), σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού (εικόνα 4.1 και εικόνα 4.2³⁵), περιγράφεται ως εξής:

Αρχικά, αφού οι μαθητές εκτέλεσαν το πρώτο πείραμα που σχετίζεται με το ότι θερμόμετρο παραμένει σταθερό περίπου στους εκατό (100) βαθμούς Κελσίου όταν το νερό αρχίζει να βράζει, συνεχίζουν στο δεύτερο πείραμα. Στο δεύτερο πείραμα η διαδικασία, που είναι ανάλογη με το πρώτο πείραμα, υλοποιείται αναλυτικά ως εξής: Δίνεται στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας πάνω στο οποίο απεικονίζεται ένα υποθετικό πείραμα που περιλαμβάνει ένα γκαζάκι. Πάνω στο γκαζάκι υπάρχει ένα δοχείο με νερό που βράζει και ένα θερμόμετρο που δείχνει ότι η θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 100 βαθμοί Κελσίου (στο εικονικό πείραμα απεικονίζεται το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. με τα αντίστοιχα εικονικά αντικείμενα). Ρωτούνται οι μαθητές να προβλέψουν τι θα δείξει το θερμόμετρο αν αυξηθεί απότομα η φλόγα στο γκαζάκι, ενώ βράζει το νερό. Τους ζητείται να γράψουν την άποψή τους, την πρόβλεψή, την υπόθεσή τους και να τη δικαιολογήσουν (Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις). Με τον τρόπο αυτό αντλούνται οι ιδέες τους και ειδικότερα αναδεικνύονται και οι εναλλακτικές τους ιδέες για την κατανόηση του συγκεκριμένου φαινομένου. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές υποστηρίζουν ότι αν

³⁴ Στηρίζονται στις βασικές αρχές της εποικοδόμησης της γνώσης και στις βασικές αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

³⁵ Η εικόνα 4.1 βρίσκεται στη σελ.69 και η εικόνα 4.2 στη σελ.73.

δυναμώσουμε τη φλόγα του καμινέτου η ένδειξη του θερμομέτρου θα αυξηθεί και δίνουν διάφορες εξηγήσεις.

Στη συνέχεια, τους δίνονται τα αντικείμενα και τους ζητείται να πραγματοποιήσουν το (αποδεικτικό) πείραμα με τη χρήση κατάλληλων φύλλων εργασίας (Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα). Οι περισσότεροι μαθητές διαπιστώνοντας ότι η θερμοκρασία δε μεταβάλλεται, διαψεύδουν τις προβλέψεις – υποθέσεις τους, έρχονται σε γνωστική σύγκρουση (υπάρχουν και μερικοί που τις επιβεβαιώνουν), δοκιμάζουν και αναθεωρούν τις εναλλακτικές τους ιδέες και τελικά δέχονται την επιστημονική άποψη (εννοιολογική αλλαγή).

Συνοπτικά, στην παρούσα έρευνα το μαθησιακό πλαίσιο περιλαμβάνει τα εξής:

- I) Τη βιβλιογραφική διερεύνηση και την καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών για τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες και φαινόμενα, καθώς και τη σύγκρισή τους με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που αναδείχθηκαν κατά την διεξαγωγή της πιλοτικής έρευνας.
- II) Το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση σεναρίων διδασκαλίας που περιέχουν τα ανάλογα φύλλα εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.
- III) Την υλοποίηση (αποδεικτικών) πειραμάτων (εικονικών και πραγματικών) με στόχο την πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής.
- IV) Την εφαρμογή του τρίπτυχου: «Πρόβλεψη – Παρατήρηση (αποδεικτικός πειραματισμός: επιβεβαίωση/απόρριψη) – Εξήγηση», το οποίο βοηθά τους μαθητές να αντιπαραβάλουν την αρχική τους γνώση με τα πειραματικά δεδομένα.
- V) Το συγκριτικό έλεγχο των μαθησιακών αποτελεσμάτων (εννοιολογική κατανόηση) των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, με την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων τους στα προτεστ και μετατεστ που τους χορηγήθηκαν.

7.2 Κριτήρια επιλογής των εννοιών και φαινομένων που διερευνώνται στην έρευνα

Μετά από την αναδίφηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των ερευνών, που ασχολούνται με τη σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά από την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, διερευνούν μεμονωμένες έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής (Κώτσης & Ευαγγέλου,

2007). Για το λόγο αυτό επιχειρήθηκε να μελετηθούν «κρίσιμα» θέματα που να καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα των θεματικών ενότητων της Φυσικής. Ως «κρίσιμα» θέματα εννοούνται έννοιες και σε μερικές περιπτώσεις φαινόμενα και ερμηνείες που συνήθως δημιουργούν εννοιολογικές δυσκολίες στους μαθητές, όπως είναι η δυσκολία διαφοροποίησης των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία (Καριώτογλου, 2006:11). Βέβαια, ήταν αδύνατο να διερευνηθούν όλες οι θεματικές ενότητες της Φυσικής διότι αυτό θα οδηγούσε σε μια ιδιαίτερα εκτενή μελέτη πέρα από τα πλαίσια που θέτει μια διδακτορική διατριβή.

Κατά συνέπεια, με στόχο να καλυφθούν, όσο είναι εφικτό, οι θεματικές ενότητες της Μηχανικής, της Θερμότητας – Θερμοκρασίας, του Ηλεκτρισμού και του Φωτός, οι έννοιες και τα φαινόμενα που επιλέχθηκαν για να μελετηθούν είναι αντίστοιχα: η δύναμη της τριβής, ο βρασμός του νερού, το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και η ανάκλαση του φωτός.

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες έννοιες είναι τα εξής:

- Οι μαθητές να αντιμετωπίζουν (έντονες) δυσκολίες στην κατανόηση των συγκεκριμένων εννοιών. Για παράδειγμα, σε διάφορες έρευνες οι ερευνητές χρησιμοποιούν αυτό το κριτήριο για έννοιες, όπως η διαφοροποίηση μεταξύ των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας (Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Καριώτογλου, 2006), ο ηλεκτρισμός και τα ηλεκτρικά κυκλώματα (Jaakkola & Nurmi, 2004; Jaakkola & Nurmi, 2008; Başer & Durmuş, 2010), ο όγκος υγρού (Choi & Gennaro, 1987), κλπ.
- Οι μαθητές να έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις για αυτές τις έννοιες. Για παράδειγμα, σε διάφορες έρευνες οι ερευνητές χρησιμοποιούν αυτό το κριτήριο για έννοιες, όπως η διαφοροποίηση μεταξύ των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας (Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009), ο ηλεκτρισμός και τα ηλεκτρικά κυκλώματα (Jaakkola & Nurmi, 2004; Zacharia, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008; Başer & Durmuş, 2010), η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (Παναγιωτακόπουλος κ.ά., 2004), κ.ά.
- Οι έννοιες να προσφέρουν δυνατότητες εκτέλεσης τόσο εικονικού όσο και πραγματικού πειράματος (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011). Επιπρόσθετα, οι έννοιες να δίνουν τη δυνατότητα, μεθοδολογικά, να οργανωθούν ομάδες ελέγχου και πειραματικές ομάδες για συγκριτικές διδασκαλίες πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, όπως για

παράδειγμα η έννοια της θερμότητας (Μπισδικιάν,2000; Κώτσης & Ευαγγέλου,2011)

- Να κατέχουν σημαντική θέση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών του δημοτικού σχολείου
- Να προσφέρονται για εποικοδομητικού τύπου προσέγγιση και κατ' επέκταση για την εννοιολογική αλλαγή των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Zacharia,2007; Jaakkola & Nurmi,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)
- Με αυτές τις έννοιες να μην έχουν γίνει παρόμοιας έκτασης έρευνες στην Ελλάδα, αλλά και στο διεθνή χώρο να είναι περιορισμένος ο αριθμός τους (Καρανίκας,1996)
- Η επιλογή των εννοιών λαμβάνει υπόψη το γνωστικό επίπεδο και την ηλικία των μαθητών. Για παράδειγμα, δεν είναι σκόπιμο να υποστηριχθεί πειραματικά η έννοια της διαφοράς δημοτικού στο δημοτικό σχολείο, κατασκευάζοντας πολύπλοκα ηλεκτρικά κυκλώματα. Το πείραμα αυτό μπορεί να παρουσιασθεί θαυμάσια σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, που μπορούν να κατανοήσουν την παρουσία ηλεκτρικής τάσης ως αναγκαία προϋπόθεση για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όμως, στο δημοτικό σχολείο μπορεί να γίνει κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και να διερευνηθούν τα αποτελέσματα της ροής του ρεύματος
- Οι έννοιες θα πρέπει να προσφέρονται για την υλοποίηση των πειραμάτων σε μακροσκοπικό επίπεδο, έτσι ώστε για μεθοδολογικούς σκοπούς να υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ των δύο ειδών πειράματος. Οπότε κατά τη διάρκεια του εικονικού πειραματισμού είναι αναγκαίο να αφαιρεθούν οι δυνατότητες (πλεονεκτήματα) των εικονικών πειραμάτων (όπως είναι η πρόσβαση στον μικρόκοσμο) που δεν είναι διαθέσιμες κατά την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων (Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009)
- Να έχουν πολλές εφαρμογές στην καθημερινή ζωή και τεχνολογία (Φέγγου κ.ά.,2002) και γενικότερα να καταστούν ενεργούς πολίτες τους μαθητές (Κόκκοτας & Βλάχος, 2001)

7.3 Τα σενάρια διδασκαλίας

7.3.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός του σεναρίου διδασκαλίας

Το σενάριο διδασκαλίας³⁶ (ή εκπαιδευτικό σενάριο ή διδακτικό σενάριο) συνιστά ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό πλαίσιο, έναν δομημένο τρόπο οργάνωσης της διδασκαλίας που περιλαμβάνει διαδοχικά στάδια με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:73). Πιο συγκεκριμένα, το σενάριο διδασκαλίας συνιστά μια πλήρη διδακτική παρέμβαση, είναι η περιγραφή ενός μαθησιακού πλαισίου με εστιασμένο γνωστικό (ή γνωστικά) αντικείμενο (ή αντικείμενα), με συγκεκριμένη παιδαγωγική προσέγγιση, με συγκεκριμένους και σαφώς διατυπωμένους διδακτικούς στόχους. Αξιοποιεί συγκεκριμένα «συμβατικά μέσα» (όπως είναι τα πραγματικά αντικείμενα για εκτέλεση πειραμάτων) και στην περίπτωση που υποστηρίζεται από τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αξιοποιεί συγκεκριμένα εκπαιδευτικά εργαλεία (όπως είναι τα λογισμικά προσομοίωσης για εκτέλεση εικονικών πειραμάτων) ή άλλες ψηφιακές τεχνολογίες (Καλκάνης κ.ά., 2008; Ψύλλος κ.ά., 2008α; Κόμης κ.ά., 2010; Πήλιουρας κ.ά., 2010; Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010; Δαγδιλέλης κ.ά., 2011; Σκουμιάς, 2011).

Με άλλα λόγια, ένα σενάριο διδασκαλίας περιγράφει τη διαδικασία σχεδίασης ενός μαθήματος. Συνδέει τους σκοπούς, τους στόχους και το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών με την καθημερινή διδακτική πράξη (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:73). Το σενάριο διδασκαλίας, συνήθως, αποσκοπεί στη διδασκαλία και τη μάθηση μιας ή περισσότερων βασικών εννοιών ενός γνωστικού αντικειμένου μέσα από το υφιστάμενο πρόγραμμα σπουδών (Κόμης κ.ά., 2010). Ακόμη, ένα διδακτικό σενάριο μπορεί να έχει διάρκεια περισσότερων από μία διδακτικών ωρών (Δαγδιλέλης κ.ά., 2011). Ωστόσο, το τελικό αποτέλεσμα του σεναρίου διδασκαλίας είναι η εκπόνηση φύλλων εργασίας, τα οποία με το υποστηρικτικό υλικό και τα μέσα θα συγκροτήσουν μια πλήρη διδακτική πρόταση (Ψυχάρης κ.ά., 2006; Καλκάνης κ.ά., 2008).

Παράλληλα, στην παρούσα έρευνα, στο στάδιο των μαθησιακών δραστηριοτήτων τα σενάρια διδασκαλίας βασίζονται κυρίως στην αξιοποίηση των πραγματικών ή εικονικών αντικειμένων (λογισμικά προσομοίωσης). Οι μαθησιακές δραστηριότητες αποτελούν αυτόνομες δραστηριότητες με τα λογισμικά προσομοίωσης ή με τα

³⁶Μια συγγενική έννοια που χρησιμοποιείται βιβλιογραφικά είναι το «σχέδιο μαθήματος/διδασκαλίας» (Μπελιώκας, 2006; Καριώτογλου, 2006; Χαλκίδης, 2009; Χαλκιά, 2010β). Στη σύγχρονη Διδακτική, οι δυο όροι τείνουν να ταυτιστούν (Δαγδιλέλης κ.ά., 2011).

πραγματικά αντικείμενα, τις οποίες υλοποιεί ο μαθητής με βάση το φύλλο εργασίας και τις οδηγίες που δίνονται από τον δάσκαλο (Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010).

Το σενάριο διδασκαλίας, συνήθως, περιέχει τα εξής βασικά σημεία (Καριώτογλου, 2006; Κόμης κ.ά.,2010; Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010; Τζιμογιάννης, 2010; Χαλκιά, 2010β):

- οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς
- την ανάλυση του περιεχομένου (διδακτικό μετασχηματισμό) για να προκύψουν τα στοιχεία που είναι κατάλληλα και μπορούν να διδαχθούν
- τους διδακτικούς στόχους της δραστηριότητας με βάση τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος
- το θεωρητικό πλαίσιο μέσα στο οποίο εντάσσεται η προβληματική του
- τη διδακτική και παιδαγωγική προσέγγιση, την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί (μέθοδος διδασκαλίας)
- την επισήμανση των σημαντικότερων εναλλακτικών ιδεών συνήθως μέσα από τη βιβλιογραφία
- τα απαιτούμενα υλικά υλοποίησής του (λογισμικά προσομοίωσης, πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση πειραμάτων)
- κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές (όπως η γνωστική σύγκρουση) που αποσκοπούν στην αναθεώρηση, αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών προς τις επιστημονικά ορθές (εννοιολογική αλλαγή)
- φύλλα εργασίας για τους μαθητές και
- άλλο υλικό (αρχεία λογισμικών κτλ.)

Κατά συνέπεια, το σενάριο διδασκαλίας υλοποιείται μέσα από μια σειρά διδακτικών δραστηριοτήτων (Σπύρτου,2002; Κόμης κ.ά.,2008). Ωστόσο, για να είναι επιτυχημένο στο σχεδιασμό ένα σενάριο, είναι αναγκαίο να συντελεί στη συνεργασία μαθητών – εκπαιδευτικού, να θέτει στόχους οι οποίοι μπορούν να επιτευχθούν μέσα από τις περιλαμβανόμενες δραστηριότητες, να εξασφαλίζει καθοδήγηση με μια λογική ακολουθία ενεργειών και δραστηριοτήτων και να ενισχύει την κρίση των μαθητών (Χαλκίδης,2009).

Συμπερασματικά, το σενάριο αποτελεί μια εκ βαθέων διείσδυση στη διδακτική πρακτική. Μέσω αυτού γίνεται ανάλυση της παιδαγωγικής μεθόδου και της στρατηγικής σύμφωνα με την οποία προτείνεται να εφαρμοστεί το σύνολο των σχεδιασμένων δραστηριοτήτων ατομικά, αλλά κυρίως συλλογικά και στους προτεινόμενους ρόλους που καλούνται να παίξουν οι συμμετέχοντες (μαθητές,

δάσκαλος). Το σενάριο πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει παρέμβαση και αλλαγή από μέρους του μαθητή και δασκάλου, καθώς επίσης και δημιουργική χρήση του σεναρίου σε πολλαπλές περιπτώσεις. Παράλληλα, πρέπει να έχει τη δυνατότητα επέκτασης (ή αντικατάστασης τμημάτων του) ανάλογα με τον αριθμό των μαθητών που παίρνουν μέρος (Καλκάνης κ.ά,2008).

7.3.2 Η δομή των σεναρίων διδασκαλίας της έρευνας

Κάθε σενάριο διδασκαλίας στην παρούσα έρευνα αποτελείται από δύο διακριτά μέρη:

A) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και B) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών.

Ειδικότερα, στον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας αναλύεται η συνολική σχεδίαση του σεναρίου (παιδαγωγική προσέγγιση, εναλλακτικές ιδέες, διδακτικοί στόχοι, οργάνωση διδασκαλίας, κλπ.), παρουσιάζονται οι πειραματικές – μαθησιακές δραστηριότητες και δίνονται οδηγίες και διδακτικές υποδείξεις προς τους δασκάλους (πιθανό σενάριο διδασκαλίας) για την εφαρμογή τους στην σχολική τάξη. Με άλλα λόγια, στην παρούσα έρευνα (και σε κάθε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί) αποτελεί έναν οδηγό του δασκάλου - ερευνητή για την εφαρμογή του σεναρίου και των φύλλων εργασίας στη σχολική τάξη.

Στην παρούσα έρευνα, η δομή³⁷ του οδηγού οργάνωσης διδασκαλίας περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα (Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010):

1.Τίτλος: Περιγράφει συνοπτικά το θέμα του σεναρίου.

2.Εμπλεκόμενα γνωστικά αντικείμενα: Παρουσιάζονται ένα ή περισσότερα γνωστικά αντικείμενα στα οποία αναφέρεται το σενάριο.

3.Πρωτοτυπία: Περιγράφονται καινοτομίες ή στοιχεία πρωτοτυπίας που αξιοποιεί το σενάριο. Αυτά μπορεί να αφορούν το διαφορετικό τρόπο παρουσίασης του θέματος και αφορούν κυρίως καινοτομικά στοιχεία που εισάγονται με τις πειραματικές δραστηριότητες τα οποία θα πρέπει να συσχετιστούν – αντιπαρατεθούν με την παραδοσιακή πρακτική τόσο σχετικά με τη διδασκαλία των πραγματικών πειραμάτων και όσο με τη διδασκαλία των εικονικών πειραμάτων. Για παράδειγμα, σχετικά με τα εικονικά πειράματα ο Τζιμογιάννης (2010) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι: «πολλοί εκπαιδευτικοί ακόμη και όταν χρησιμοποιούν ΤΠΕ, έχουν την τάση να προσαρμόσουν τα νέα εργαλεία στο παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό σχήμα διδασκαλίας με το οποίο αισθάνονται ασφάλεια. Για παράδειγμα, κάνουν επίδειξη

³⁷ Σε παρόμοια δομή αναφέρονται και οι Ψύλλος κ.ά. (2008α), Καλκάνης κ.ά. (2008), Κόμης κ.ά. (2010), Τζιμογιάννης (2010).

προσομοιώσεων υποστηρίζοντας την παράδοση του μαθήματος και δεν εμπλέκουν τους μαθητές σε κατάλληλες δραστηριότητες βασισμένες σε ΤΠΕ» (σελ.296).

4. Τάξεις στις οποίες απευθύνεται: Αναφέρεται η τάξη ή οι τάξεις στις οποίες απευθύνεται το σενάριο.

5. Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Γίνεται σαφής σύνδεση των διδακτικών στόχων του σεναρίου με σημεία του Αναλυτικού Προγράμματος.

6. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: Παρουσιάζονται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα που μελετώνται.

7. Διδακτικοί στόχοι: Περιγράφονται με σαφήνεια οι διδακτικοί στόχοι του σεναρίου και ειδικότερα παρουσιάζονται οι στόχοι ως προς τη μαθησιακή διαδικασία και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

8. Εκτιμώμενη διάρκεια: Αναφέρεται η συνολική (εκτιμώμενη) χρονική διάρκεια του σεναρίου.

9. Παιδαγωγική προσέγγιση: Αναφέρεται η παιδαγωγική προσέγγιση στην οποία βασίζεται το σενάριο. Η δομή των σεναρίων διδασκαλίας και η μαθητοκεντρική τους προσέγγιση με συγκεκριμένους ρόλους για τους μαθητές και τον εκπαιδευτικό υποδηλώνουν, συνήθως, κάποιον τύπο των θεωριών οικοδόμησης της γνώσης (κονστрукτιβιστικές θεωρίες) (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:76). Στην παρούσα έρευνα το σενάριο διδασκαλίας βασίζεται τόσο στις αρχές της εποικοδομιστικής προσέγγισης όσο και στις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας στις Φυσικές Επιστήμες.

10. Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Πραγματικά (ή εικονικά) αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Περιγράφονται τα πραγματικά (ή εικονικά) αντικείμενα με τα οποία εκτελούνται τα πειράματα, καθώς επίσης και η απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή.

10.2 Ο ρόλος και ο τρόπος εργασίας των μαθητών (ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα): Περιγράφεται ο τρόπος εργασίας (εξατομικευμένη ή σε ομάδες μαθητών), ο ρόλος και οι ενέργειες των μαθητών. Στην παρούσα έρευνα, οι μαθητές κατά τη διάρκεια των πειραματικών δραστηριοτήτων εργάζονται σε δυάδες τόσο στην πειραματική ομάδα που εκτελούν εικονικά πειράματα με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης όσο και στην ομάδα ελέγχου που εκτελούν πραγματικά πειράματα με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων.

10.3 Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή: Περιγράφεται ο ρόλος και οι ενέργειες του δασκάλου – ερευνητή.

11.Η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας – Οι φάσεις διδασκαλίας:

Παρουσιάζεται η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας καθώς και οι φάσεις διδασκαλίας που βασίζονται τόσο στις αρχές της εποικοδομιστικής προσέγγισης όσο και στις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας στις Φυσικές Επιστήμες.

12.Πειράματα (πραγματικά ή εικονικά) – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Παρουσιάζονται τα πειράματα (πραγματικά ή εικονικά) και οι μαθησιακές δραστηριότητες των μαθητών για τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες και τα φαινόμενα.

13. Αξιολόγηση: Δημιουργούνται φύλλα αξιολόγησης τόσο για τους μαθητές όσο και για τους δασκάλους. Στην παρούσα έρευνα περιγράφονται μόνο οι διαδικασίες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί ο βαθμός επίτευξης των στόχων που είχαν τεθεί αρχικά (φύλλο εργασίας (1) - προτεστ και φύλλο εργασίας (4) - μετατεστ). Επιπρόσθετα, η αξιολόγηση του σεναρίου μετά την υλοποίησή του απαιτεί από τον ίδιο τον δάσκαλο να καταγράψει σύντομες παρατηρήσεις τόσο για τη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας όσο και για τη χρήση και αξιοποίηση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων. Η τελευταία διαδικασία υλοποιήθηκε από το δάσκαλο – ερευνητική κατά τη διάρκεια της πιλοτικής έρευνας. Ωστόσο, είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι η αξιολόγηση αυτής της μορφής του σεναρίου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη τόσο για την επόμενη φορά που πιθανόν θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο σενάριο από άλλο δάσκαλο ή σε άλλους μαθητές, όσο και για τη βελτίωση των σεναρίων που θα δομήσει στο μέλλον ο ίδιος δάσκαλος.

14. Επεκτασιμότητα: Παρουσιάζονται προτάσεις επέκτασης του σεναρίου. Αυτές οι προεκτάσεις μπορεί να αφορούν διαφορετικούς διδακτικούς στόχους, νέες μαθησιακές δραστηριότητες, διαφορετικά θέματα του γνωστικού ή των γνωστικών αντικειμένων. Επίσης, μπορεί να σχετίζονται με την υλοποίηση άλλων μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη χρήση διαφορετικών πραγματικών αντικειμένων και λογισμικών προσομοίωσης.

Στη συνέχεια, το δεύτερο διακριτό μέρος του σεναρίου διδασκαλίας είναι τα φύλλα εργασίας, τα οποία παρουσιάζονται εκτενώς παρακάτω και υπάρχουν αυτούσια στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I και II. Τα φύλλα εργασίας είναι αυτά που θα χρησιμοποιήσουν οι μαθητές και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διδακτικής πρότασης της παρούσας έρευνας διότι μέσω αυτών οι μαθητές θα οδηγηθούν σε συμπεράσματα, τα οποία στη συνέχεια σταδιακά θα τους οδηγήσουν στην εννοιολογική αλλαγή. Θα πρέπει, λοιπόν, να είναι γραμμένα σε γλώσσα κατάλληλη

για την ηλικία των μαθητών στους οποίους απευθύνονται, να δίνουν πρωτοβουλία και ευχέρεια κινήσεων ώστε οι μαθητές να ασκούν τη διερευνητική τους ικανότητα και να αναπτύσσουν το μηχανισμό κριτικής αποτίμησης της πληροφορίας, να περιέχουν σαφείς και περιεκτικές οδηγίες, καθώς επίσης και όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται για την ομαλή υλοποίηση των δραστηριοτήτων, όπως λεπτομερή περιγραφή προς τον μαθητή των βημάτων που θα ακολουθήσει, κλπ.. Στην παρούσα έρευνα, κάθε προτεινόμενο σενάριο αποτελείται από τέσσερα φύλλα εργασίας μαθητή, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν ένα μάθημα διάρκειας δύο (2) διδακτικών ωρών (ενενήντα λεπτά).

7.4 Τα φύλλα εργασίας

7.4.1 Η επιλογή και η αναγκαιότητα των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα φύλλα εργασίας αποτελούν το δεύτερο διακριτό μέρος των σεναρίων διδασκαλίας (Ψύλλος κ.ά.,2008α; Καλκάνης κ.ά.,2008; Κόμης κ.ά.,2010; Πήλιουρας κ.ά.,2010; Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010; Δαγδιλέλης κ.ά.,2011; Σκουμιός,2011). Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να αναφερθεί ότι τα φύλλα εργασίας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας αφορούν το σύνολο των ερωτήσεων και των γραπτών κατευθύνσεων του δασκάλου προς τους μαθητές οι οποίες πρέπει να εκτελεστούν όσο είναι εφικτό με ακρίβεια από αυτούς, ώστε να πετύχουν συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους, οι οποίοι δεν αναγράφονται στο φύλλο εργασίας (Μπελιώκας,2006). Επίσης, τα φύλλα εργασίας αντανakλούν τις παιδαγωγικές απόψεις αυτού που τα συντάσσει και πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες των μαθητών του (Κουμαράς,2002).

Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι δυνατόν οι μαθητές με την εκτέλεση των πειραμάτων να οικοδομήσουν εντελώς μόνοι τους τις έννοιες και τα φαινόμενα, με αποτέλεσμα να απαιτείται μια συστηματική καθοδήγηση και διαμεσολάβηση που επιτυγχάνεται με τη χρήση των φύλλων εργασίας. Τα φύλλα εργασίας μπορούν να υποστηρίξουν σύνθετες νοητικές διαδικασίες που απαιτούνται κατά τις δραστηριότητες εκτέλεσης των πειραμάτων (Ορφανός,2007).

Τα φύλλα εργασίας αποτελούν σημαντικό στοιχείο του διδακτικού σχεδιασμού και μπορεί να αναφέρονται σε όλη τη διάρκεια της ωριαίας διδασκαλίας ή σε ένα μέρος της και χρησιμοποιούνται για ομαδική ή και ατομική εργασία των μαθητών. Μπορεί

να προϋποθέτουν χειρισμό υλικών ή μόνο νοητικές διαδικασίες και περιέχουν ανοιχτές, κλειστές ή και μικτού τύπου ερωτήσεις (Καριώτογλου,2006:18). Με άλλα λόγια, τα φύλλα εργασίας είναι εργαλεία που καθοδηγούν τους μαθητές καθώς αυτοί σχεδιάζουν και εκτελούν το πείραμα, αναλύουν τα δεδομένα και εξάγουν συμπεράσματα (Σκουμιάς,2010).

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω τα φύλλα εργασίας αποτελούν βασικό στοιχείο για τη διαπραγμάτευση του πειράματος (Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000:53; Χαλκιά,2000:17; Σπύρτου,2002:54; Κώτσης,2005:161; Καριώτογλου,2006:18; Αποστολάκης κ.ά., 2006α; Καλκάνης,2007α:366; Καλκάνης,2010:41-59).

Παράλληλα, η χρήση των φύλλων εργασίας βοηθά τους μαθητές να συζητήσουν μεταξύ τους, να αλληλεπιδράσουν, να υποστηρίξουν τις απόψεις τους και να αντικρούσουν τις απόψεις των άλλων. Το γεγονός αυτό ενθαρρύνει τους μαθητές να διατυπώσουν προσεγγίσεις συμβατές ή μη προς τις επιστημονικές απόψεις, να κατασκευάσουν ερμηνείες, να δοκιμάσουν τις ιδέες τους. Ακόμη και το καλύτερο πείραμα δεν θα προσέφερε διδακτικά αν δεν συνοδευόταν από κατάλληλη διδακτική αξιοποίηση και πιο συγκεκριμένα αν οι μαθητές δεν οδηγηθούν στην επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από τη συζήτηση (Καριώτογλου,2006:18).

Τέλος, η αναγκαιότητα των φύλλων εργασίας (Κουμαράς,2003; Δημητρακοπούλου,2004; Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Αποστολάκης κ.ά.,2006β; Αποστολάκης κ.ά.,2006γ; Καριώτογλου,2006; Μακρή – Μπότσαρη κ.ά.,2006; Χατζηγεοφύτου,2006; Ιωάννου,2007; Ορφανός,2007; Καλκάνης,2010; Σκουμιάς 2011) μπορούμε να πούμε ότι επικεντρώνεται στα εξής σημεία:

1. Παρέχουν σαφείς, περιεκτικές οδηγίες και όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται για την ομαλή υλοποίηση των δραστηριοτήτων
2. Οι μαθητές έχουν περιθώρια για αυτενέργεια και πειραματισμό
3. Δίνουν στους μαθητές ένα πλαίσιο για ενασχόλησή τους με: (α) συναρμολόγηση πειραματικών συσκευών, (β) παρατηρήσεις, (γ) αριθμητικά αποτελέσματα, (δ) διαγράμματα και γραφικές παρατηρήσεις, (ε) απαντήσεις ερωτήσεων
4. Δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα για πρωτοβουλία και ευχέρεια κινήσεων ώστε να ασκούν τη διερευνητική τους ικανότητα και να αναπτύσσουν το μηχανισμό κριτικής αποτίμησης της πληροφορίας
5. Βοηθούν τους μαθητές να εργάζονται στο δικό τους ρυθμό χωρίς να αισθάνονται ψυχολογικά πιεσμένοι

6. Βοηθούν τους μαθητές να σκέπτονται οι ίδιοι για την πειραματική εργασία που κάνουν και να βγάζουν συμπεράσματα από τις παρατηρήσεις τους
7. Οι μαθητές καλούνται να καταγράφουν τις προβλέψεις, παρατηρήσεις και εξηγήσεις τους, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από κάθε ενέργεια
8. Επιβοηθούν στην εστίαση της προσοχής σε επιλεγμένα σημεία, στο εντοπισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, στην καλλιέργεια αναστοχασμού και μεταγνωστικών δεξιοτήτων, καθώς επίσης καθοδηγούν και αξιολογούν δυναμικά τη διδακτική πορεία
9. Δίνουν τη δυνατότητα για οικοδόμηση νέων γνώσεων ή για ανακάλυψη νόμων
10. Βοηθούν τους διδάσκοντες – ερευνητές να έχουν μια αναφορά σχετικά με το τι έμαθαν οι μαθητές τους και με τις δυσκολίες που συνάντησαν κατά τη διδασκαλία

7.4.2 Η χρησιμότητα των φύλλων εργασίας για τους μαθητές και τους δασκάλους – ερευνητές

Τα φύλλα εργασίας είναι χρήσιμα τόσο για τους μαθητές όσο και για τους δασκάλους - ερευνητές. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τους μαθητές η χρησιμότητα επικεντρώνεται στα εξής:

- (i) Απαλή καθοδήγηση, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων οικοδόμησης της γνώσης, που δεν είναι οικείες στους μαθητές και συχνά απαιτούν σύνθετες νοητικές διεργασίες
- (ii) Γνωστική υποστήριξη του μαθητή, λαμβάνοντας το ρόλο γνωστικού εργαλείου
- (iii) Υποστήριξη μεταγνωστικών διαδικασιών. Για παράδειγμα, οι μαθητές χάρη στις σημειώσεις τους στα φύλλα εργασίας, έχουν τη δυνατότητα να επανέλθουν και να επανεξετάσουν πρότερες απαντήσεις τους και ενδεχόμενα να τις τροποποιήσουν.

Όσον αφορά τους δασκάλους - ερευνητές η χρησιμότητα επικεντρώνεται στα εξής:

- (i) Χρονική διαχείριση της μελέτης και οικοδόμησης της έννοιας και του φαινομένου (Η μελέτη και οικοδόμηση της έννοιας και του φαινομένου χωρίζεται σε μικρότερες ενότητες, ώστε να υπάρχουν σαφή σημεία αναφοράς της διεργασίας των μαθητών)
- (ii) Εργαλείο διάγνωσης των μαθητών: Τα φύλλα εργασίας, καταγράφοντας, σχετικά αναλυτικά, την πορεία σκέψης κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και πειραμάτων, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης των δυσκολιών, των εναλλακτικών ιδεών αλλά και των δυνατοτήτων των μαθητών
- (iii) Αποτίμηση του μαθησιακού οφέλους των πειραμάτων

(iv) Πηγή συγκέντρωσης υλικού για τον εκπαιδευτικό, και κυρίως τον ερευνητή-εκπαιδευτικό, που εργάζεται για τη διαρκή βελτίωση των διδακτικών εργαλείων, όπως είναι στην παρούσα έρευνα τα εικονικά και πραγματικά πειράματα (Ορφανός & Δημητρακοπούλου, 2004; Ορφανός, 2007).

7.4.3 Οι αρχές σχεδίασης των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής

Οι γενικές αρχές που χαρακτηρίζουν τα φύλλα εργασίας της παρούσας έρευνας είναι οι αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και οι αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Τα φύλλα εργασίας στην παρούσα έρευνα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διδακτικής πρότασης διότι μέσω αυτών οι μαθητές θα οδηγηθούν σε συμπεράσματα, τα οποία θα τους οδηγήσουν στην εννοιολογική αλλαγή.

Με βάση τις παραπάνω αρχές πρέπει να σημειωθεί ότι ο σχεδιασμός των φύλλων εργασίας δομείται αρχικά σε δύο διαστάσεις, στην «επιστημονική» και στην «παιδαγωγική» (Καμίδου κ.ά., 2007; Μολοχίδης κ.ά., 2007). Η «επιστημονική» διάσταση αφορά τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τον υλικό κόσμο, όπως είναι η ανάλυση του περιεχομένου της διδασκαλίας, το διδακτικό μετασχηματισμό του, κλπ.. Η «παιδαγωγική» διάσταση αφορά τη σχέση του δασκάλου – ερευνητή με τους μαθητές, όπως είναι η διδακτική μέθοδος που εφαρμόζεται για την υλοποίηση του σεναρίου διδασκαλίας, ο ρόλος του εκπαιδευτικού και των μαθητών (Καμίδου κ.ά., 2007:167). Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα όσον αφορά την «επιστημονική» διάσταση αξιοποιήθηκαν τα πορίσματα της βιβλιογραφίας που σχετίζονται με τον τρόπο με τον οποίο διαπραγματεύονται την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων για τις έννοιες και τα φαινόμενα της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Όσον αφορά την «παιδαγωγική» διάσταση μελετήθηκαν οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές για το περιεχόμενο των παραπάνω υπό διαπραγμάτευση εννοιών και φαινομένων, καθώς επίσης και προτάσεις για τη διδακτική τους αξιοποίηση.

Πιο αναλυτικά, οι αρχές σχεδίασης των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής, αντλώντας στοιχεία από την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (Μολοχίδης, 2005; Καριώτογλου, 2006; Μολοχίδης κ.ά., 2007), την Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

(Τζιμογιάννης, 2010) και από τα φύλλα εργασίας που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κ.ά., 2006β; Αποστολάκης κ.ά., 2006β; Καλκάνης, 2010), επικεντρώνονται στα εξής σημεία:

- Ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου, όλων των υπό διαπραγμάτευση εννοιών και φαινομένων, από το επίπεδο του επιστημονικού μοντέλου σε κατάλληλη γνώση έτσι ώστε να διδαχθεί στους μαθητές των δημοτικών σχολείων. Πιο συγκεκριμένα, στο επίπεδο αυτό επισημαίνονται γνωστά στοιχεία του γνωστικού περιεχομένου από τη βιβλιογραφία, που λειτουργούν ως εμπόδια και δυσκολεύουν την κατανόηση εννοιών από μη ειδικούς, οδηγώντας σε μετα- αναγνώση της επιστημονικής γνώσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου επηρεάζει τόσο την καταγραφή των ιδεών των μαθητών όσο και την επιλογή των πειραμάτων (αρχές οι οποίες αναφέρονται παρακάτω)
- Η προσαρμογή των φύλλων εργασίας στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών
- Η συμβατότητα του περιεχομένου των φύλλων εργασίας με τους σκοπούς και τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος
- Η διδακτική αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητευομένων για τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες. Στην παρούσα έρευνα σημαντική συνιστώσα του σχεδιασμού των φύλλων εργασίας αποτελούν οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές. Για αυτό το λόγο έγινε η βιβλιογραφική διερεύνηση, η καταγραφή και η ταξινόμηση των εναλλακτικών ιδεών³⁸. Με βάση, λοιπόν, τις εναλλακτικές ιδέες υλοποιήθηκε ο σχεδιασμός των φύλλων εργασίας για τις πειραματικές δραστηριότητες
- Οι (αποδεικτικές) πειραματικές δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν στα φύλλα εργασίας δεν επιλέχθηκαν τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων και ειδικότερα την τροποποίηση και την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, κυρίως μέσω της γνωστικής σύγκρουσης, προς τις επιστημονικά αποδεκτές
- Η έμφαση στην πειραματική μεθοδολογία. Ειδικότερα, πρέπει να σημειωθεί ότι σημαντικό στοιχείο του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, εκτός των εννοιών και των φαινομένων, αποτελούν τα μεθοδολογικά τους χαρακτηριστικά, δηλαδή διαδικασίες από τις οποίες παράγονται ορισμένα

³⁸ Οι εναλλακτικές ιδέες περιγράφονται ταξινομημένες σε κάθε σενάριο διδασκαλίας για κάθε υπό μελέτη έννοια στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο.

στοιχεία της επιστημονικής γνώσης. Γι' αυτό, στην παρούσα έρευνα και ειδικότερα στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων προτείνονται και ορισμένα στοιχεία πειραματικής μεθοδολογίας, όπως η διαδικασία ανάδειξης των εμπειρικών νόμων ή η βαθμονόμηση των επιστημονικών οργάνων (π.χ. θερμόμετρο). Αυτά θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά για τους μικρούς μαθητές του δημοτικού σχολείου διότι αποφορτίζουν τη διδασκαλία από γνώσεις για απομνημόνευση και παράλληλα τους εξοικειώνουν με σημαντικές διαδικασίες των επιστημονικών μεθόδων, όπως η παρατήρηση, η μέτρηση, η εξαγωγή σχέσεων κτλ.

- Ο συνδυασμός διδακτικών μοντέλων για την υλοποίηση της διδασκαλίας. Στην παρούσα έρευνα, όπως προαναφέρθηκε, τα φύλλα εργασίας σχεδιάστηκαν στηριζόμενα τόσο στα πλαίσια της εποικοδόμησης της γνώσης όσο και στα πλαίσια της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Επιπρόσθετα, οι επιμέρους διδακτικές στρατηγικές που πραγματοποιούνται με τα φύλλα εργασίας, με βάση τις παραπάνω προσεγγίσεις, είναι: το τρίπτυχο (ή σχήμα): «Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση», ο αποδεικτικός πειραματισμός (επιβεβαίωση ή απόρριψη), η γνωστική σύγκρουση και η ενίσχυση (ή εμπλουτισμός) των ιδεών των μαθητών που είναι κοντά στις επιστημονικές
- Ο σχεδιασμός των μαθησιακών δραστηριοτήτων που περιέχονται στα φύλλα εργασίας και που βασίζονται στις ΤΠΕ και ειδικότερα στις προσομοιώσεις (αλλά και στα πραγματικά πειράματα) εδράζεται σε ένα σαφές παιδαγωγικό υπόβαθρο. Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογιστής και ειδικότερα το λογισμικό προσομοίωσης χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα φύλλα εργασίας και ειδικότερα κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιείται ως γνωστικό εργαλείο
- Η υιοθέτηση καθοδηγητικού κειμένου ιδιαίτερα στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Το καθοδηγητικό κείμενο επιτυγχάνεται τόσο με την υιοθέτηση προσιτού, φιλικού ύφους με χρήση λεξιλογίου και σύνταξης κατάλληλα για μαθητές δημοτικού σχολείου όσο και με κατάλληλη οργάνωση του κειμένου ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα οι βασικές ιδέες και έννοιες του κειμένου και να παρακολουθείται εύκολα από τον αναγνώστη

- Η υιοθέτηση της ενεργού μάθησης³⁹, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση δραστηριοτήτων (στον όρο δραστηριότητες περιλαμβάνονται και οι ερωτήσεις). Βασικός στόχος των πειραματικών δραστηριοτήτων είναι η τροποποίηση και η αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών προς τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι στα φύλλα εργασίας περιλαμβάνονται και δραστηριότητες που διευκολύνουν τον μαθητή να συνδέσει τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις με τις εναλλακτικές ιδέες. Είναι σημαντικό ο μαθητής πριν από την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων να φέρει στην εργαζόμενη μνήμη του σχετικές γνώσεις και εμπειρίες του, όπου θα οικοδομήσει τη νέα γνώση. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ερωτήσεων (αρχικό φύλλο εργασίας (1) – προτεστ) πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων και με πρόσκληση, μέσω δραστηριοτήτων, σε προβλέψεις - υποθέσεις και αιτιολογήσεις των υπό διαπραγμάτευση εννοιών και φαινομένων (φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις)
- Χρήση εφαρμογών από την καθημερινή ζωή. Πιο συγκεκριμένα, στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) και στο φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές, τα οποία είναι πανομοιότυπα, λαμβάνονται υπόψη και εφαρμογές από την καθημερινή ζωή
- Η λειτουργία των εικόνων στα φύλλα εργασίας δεν είναι διακοσμητική. Αντίθετα, οι εικόνες χρησιμοποιούνται λειτουργικά στο κείμενο με σαφείς οδηγίες που βοηθούν τους μαθητές για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα έρευνα το φωτογραφικό υλικό για τα πραγματικά πειράματα στηρίζεται στις φωτογραφίες που έχουν ληφθεί από τον ερευνητή, ενώ στα εικονικά στηρίζεται στα λογισμικά προσομοίωσης. Επιπρόσθετα, σχετικά με το εικονιστικό υλικό πρέπει να σημειωθεί ότι στην αρχή κάθε φύλλου εργασίας υπάρχει από ένα εικονίδιο. Πιο συγκεκριμένα, στο αρχικό φύλλο εργασίας (1) υπάρχει το εξής εικονίδιο:

³⁹ Και στην εποικοδομιστική προσέγγιση και στην επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία η εκπαιδευτική μεθοδολογία είναι «ενεργητική» - και όχι παθητική – υπό την έννοια ότι προβλέπεται και στις δύο προσεγγίσεις η διεξαγωγή εκπαιδευτικών «δραστηριοτήτων» - «δράσεων» (Καλκάνης, 2010:26).



Εικόνα 7.3: Εικονίδιο του αρχικού φύλλου εργασίας (1)

Πιο αναλυτικά, η εικόνα (7.3) συμβολίζει δύο μαθητές, ένα αγόρι και ένα κορίτσι. Συμβολίζει την ισοτιμία ανάμεσα στα δύο φύλα, καθοδηγεί τους μαθητές να συμπληρώσουν σε διπλανό κουτάκι το φύλο τους και τέλος τους δίνει το έναυσμα να αρχίζουν να προβληματίζονται και να απαντούν στο φύλλο εργασίας (1).

Στο φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις υπάρχει το εξής εικονίδιο:



Εικόνα 7.4: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις

Πιο αναλυτικά, η εικόνα (7.4) συμβολίζει το γεγονός ότι οι μαθητές θα πρέπει να προβληματιστούν, να κάνουν προβλέψεις και να διατυπώσουν υποθέσεις σε υποθετικά πειράματα.

Στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα υπάρχει το εξής εικονίδιο:



Εικόνα 7.5: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (3) – Πειράματα

Πιο αναλυτικά, η εικόνα (7.5) συμβολίζει τους μαθητές να πειραματίζονται.

Στο φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές υπάρχει το ίδιο εικονίδιο με το αρχικό φύλλο εργασίας (1):



Εικόνα 7.6: Εικονίδιο του φύλλου εργασίας (4) – Εφαρμογές

Πιο αναλυτικά, η εικόνα (7.6) συμβολίζει ότι οι μαθητές σκέφτονται και απαντούν στο φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές.

Τέλος, ο πλήρης σχεδιασμός των φύλλων εργασίας ολοκληρώθηκε με την διεξαγωγή της πιλοτικής έρευνας. Πρέπει να σημειωθεί ότι τις περισσότερες φορές καθοριστικό ρόλο στη τελική διαμόρφωση των φύλλων εργασίας διαδραματίζουν οι πιλοτικές δοκιμές τους (Ορφανός & Δημητρακοπούλου, 2004; Ορφανός, 2007). Ειδικότερα, εντοπίζονται τα θέματα που είναι κατανοητά στους μαθητές, ποια μπορούν να διαπραγματευθούν και σε ποια σημεία χρειάζεται μεγαλύτερη έμφαση. Επίσης, δοκιμάζεται η καταλληλότητα των εκφράσεων των ερωτημάτων και των υποδείξεων, καθώς και το κατά πόσο υποστηρίζουν τους μαθητές ή τους καθοδηγούν με περιοριστικό τρόπο.

7.4.4 Η δομή των φύλλων εργασίας για την εκτέλεση πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής

Στην παρούσα έρευνα τα φύλλα εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, είναι δομημένα με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και τις αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, η δομή των φύλλων εργασίας υλοποιείται με την εφαρμογή ενός συνδυασμού των πέντε (5) φάσεων του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» (Ψύλλος κ.ά., 1993; Καριώτογλου, 2006) και των πέντε (5) βημάτων της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης, 2003; Καλκάνης, 2007α; Καλκάνης, 2007β; Καλκάνης, 2007γ; Καλκάνης, 2009α; Καλκάνης, 2009β; Καλκάνης, 2010).

Συνοπτικά, οι πέντε (5) φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» είναι: i) Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών, ii) Δοκιμασία των ιδεών των μαθητών και καταγραφή των αποτελεσμάτων, iii) Εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου, iv) Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου και Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου - Μεταγνωστική φάση. Ταυτόχρονα, τα πέντε (5) βήματα της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας είναι: i) έναυσμα ενδιαφέροντος (Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι), ii) διατύπωση υποθέσεων (Προβληματίζομαι, Συζητώ, Υποθέτω), iii) (Αποδεικτικός) Πειραματισμός (Ερευνώ, Ενεργώ, Πειραματίζομαι), iv) Διατύπωση θεωρίας (Συμπεραίνω, Καταγράφω), v) Συνεχής Έλεγχος – (Εμπεδώνω, Γενικεύω, Συσχετίζω, μικρο-Ερμηνεύω)

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω στην παρούσα έρευνα τα φύλλα εργασίας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Ι, ΙΙ) επιμερίζονται στα εξής τέσσερα (4) φύλλα εργασίας⁴⁰:

1. Αρχικό φύλλο εργασίας (1)(προτεστ – pre-test):

Αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «ένανσμα ενδιαφέροντος» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Πιο συγκεκριμένα, δίνει τη δυνατότητα στο δάσκαλο – ερευνητή να δώσει ένα ένανσμα στους μαθητές ώστε να τους προσανατολίσει και να τους προκαλέσει για να ενδιαφερθούν για την έννοια και το φαινόμενο που θα διαπραγματευθούν. Περιέχει, συνήθως, ερωτήσεις που σχετίζονται με εφαρμογές από την καθημερινή ζωή και ειδικότερα με φυσικά φαινόμενα, ανθρώπινες δραστηριότητες, τεχνολογικές διαδικασίες ή προϊόντα, κλπ. (Καλκάνης, 2010:42). Με άλλα λόγια, η δομή του αρχικού φύλλου εργασίας (1) έχει ως στόχο να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν πως σκέφτονται οι ίδιοι για ένα συγκεκριμένο θέμα στο πλαίσιο του καθημερινού κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντός τους (Χαλκιά, 2010α:113).

Οι μαθητές καλούνται από το δάσκαλο να συμπληρώσουν ατομικά αυτό το φύλλο εργασίας καταγράφοντας τις εναλλακτικές (ή μη) ιδέες τους για την υπό διαπραγμάτευση έννοια (Καριώτογλου, 2006). Είναι σημαντικό για το δάσκαλο – ερευνητή οι απαντήσεις τους να είναι γραπτές διότι με αυτόν τον τρόπο απαντούν με υπευθυνότητα, αξιοποιούν ή αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας με χρήση επιστημονικής ορολογίας. Επίσης, εκτός των άλλων, είναι σημαντικό διότι στη τελευταία φάση της διδασκαλίας (5^η φάση του σεναρίου διδασκαλίας), δηλαδή της σύγκρισης των νέων ιδεών με τις αρχικές, αναστοχάζονται τις αλλαγές και τις αιτίες που τις προκάλεσαν και εποπτεύουν νοητικά τη προσωπική τους μαθησιακή πορεία (Βλάχος, 2004:174 – 175).

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το αρχικό φύλλο εργασίας (1) διανέμεται ακριβώς το ίδιο τόσο στους μαθητές που εκτελούν τα πραγματικά πειράματα (ομάδα ελέγχου) όσο και στους μαθητές που εκτελούν τα εικονικά πειράματα (πειραματική ομάδα). Τέλος, χρησιμοποιείται ως προτεστ (pretest), πριν από την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων, για να ελεγχθεί η ισοδυναμία των δύο ομάδων ως προς το γνωστικό επίπεδο.

⁴⁰ Τα φύλλα εργασίας είναι πανομοιότυπα τόσο για την εκτέλεση των πραγματικών όσο και των εικονικών πειραμάτων. Η μόνη διαφορά είναι ότι στη μια περίπτωση γίνεται χρήση πραγματικών αντικειμένων, ενώ στην άλλη εικονικών αντικειμένων (λογισμικών προσομοίωσης).

2.Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις:

Αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «διατύπωση υποθέσεων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, με τα φύλλα εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις μέσα από υποθετικά πειράματα, ζητείται από τους μαθητές να προβλέψουν, να διατυπώσουν υποθέσεις για τις αιτίες, τη λειτουργία, την εξέλιξη και τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων φαινομένων και πειραμάτων που περιγράφονται (Καλκάνης, 2002; Ραβάνης, 2002; Κόκκοτας κ.ά., 2002α; Ψύλλος κ.ά., 2002; Λεύκος κ.ά., 2005; Κολιάδης, 2005; Πατσαδάκης, 2007; Ψύλλος κ.ά., 2008α; Ψύλλος κ.ά., 2008β; Ζουπίδης κ.ά., 2009; Καλκάνης, 2010). Με αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις, μέσω των οποίων σκοπός είναι να αναδειχθούν οι εναλλακτικές ιδέες τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ζητούνται προβλέψεις και υποθέσεις από τους μαθητές πάνω σε συγκεκριμένα γεγονότα και φαινόμενα (Χαλκιά, 2010α). Μια χαρακτηριστική ερώτηση στα φύλλα εργασίας (2) της παρούσας έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού είναι η εξής: «Μπορείς να προβλέψεις ποια είναι η θερμοκρασία του νερού όταν αρχίζει να βράζει το νερό;». Επίσης, άλλη μια χαρακτηριστική ερώτηση είναι η εξής: «Αν αυξήσουμε απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι ενώ βράζει το νερό, τι προβλέπεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;» (Καλκάνης, 2002; Φέγγου κ.ά., 2002).

Με άλλα λόγια, με τη διατύπωση προβλέψεων και υποθέσεων φέρνουμε αντιμέτωπους τους μαθητές με τις εναλλακτικές τους ιδέες (Καλκάνης, 2002; Φέγγου κ.ά., 2002; Αποστολάκης κ.ά., 2006α; Χαλκιά, 2010α). Σε αυτή την φάση οι μαθητές χρησιμοποιούν τις παρατηρήσεις τους ή προηγούμενες ανακαλύψεις και κάνουν προβλέψεις και υποθέσεις για ερωτήσεις του τύπου: «Τι θα συμβεί αν» ή «Πως νομίζεις ότι θα γίνει αυτό...» ή «Μπορείς να προβλέψεις...», συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες και δεν είναι παθητικοί δέκτες των πεπραγμένων μέσα στην τάξη (Σπυροπούλου, 1997; Σπυροπούλου - Κατσάνη, 2000; Καλκάνης, 2002; Δημόπουλος, 2007; Χαλκιά, 2010α). Στη συνέχεια και στην επόμενη φάση με το αποδεικτικό πείραμα (οι πειραματικές δραστηριότητες βρίσκονται στο επόμενο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα) προβαίνουν στον έλεγχο τους (οι προβλέψεις και υποθέσεις επαληθεύονται ή διαψεύδονται με το αποδεικτικό πείραμα) και προκαλείται η γνωστική σύγκρουση και η επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Είναι

σαφές ότι οι προβλέψεις και οι υποθέσεις που διατυπώνονται στα φύλλα εργασίας (2) διευκολύνουν την εκτέλεση των πειραμάτων που βρίσκονται στα φύλλα εργασίας (3) (Βρυώνη – Καλλίδη & Βαλανίδης, 2002; Ψύλλος κ.ά., 2002; Καλκάνης, 2003).

Γενικότερα, λοιπόν, η στρατηγική που υλοποιείται με το να ζητείται από τους μαθητές να κάνουν ρητές προβλέψεις και να τις δικαιολογήσουν, πριν χειριστούν τα αντικείμενα, βοηθά τους μαθητές να μπορέσουν να συνειδητοποιήσουν τόσο τις δικές τους αναπαραστάσεις και ειδικότερα τις εναλλακτικές τους ιδέες όσο και των άλλων (αναπαραστάσεις που αρχικά ήταν μη συνειδητές). Στη συνέχεια, ίσως, προχωρήσουν πιο αποτελεσματικά σε προσωπικές αναδιοργανώσεις των εναλλακτικών τους ιδεών, ενόψει μεταγενέστερων διαπιστώσεων από τα πειραματικά δεδομένα του αποδεικτικού πειράματος (Lemeignan & Weil – Barais, 1997:55; Δαπόντες, 2005).

Με βάση τα παραπάνω, με τα φύλλα εργασίας (2) επιδιώκεται οι μαθητές:

- (i) Να διατυπώσουν και να αναγνωρίσουν τις ιδέες που έχουν για το υπό μελέτη φαινόμενο.
- (ii) Να επαναδιατυπώσουν τις ιδέες τους ως προβλέψεις και υποθέσεις προς πειραματικό έλεγχο.

Στη φάση αυτή δεν γίνεται συζήτηση για το ποιες απόψεις είναι σωστές ή λάθος. Αυτή η κρίση θα προκύψει από τη συζήτηση κατά τη φάση της διατύπωσης συμπερασμάτων στα επόμενα φύλλα εργασίας.

Ταυτόχρονα, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας (2) και ειδικότερα την πρόβλεψη και τη διατύπωση υποθέσεων πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία της πρόβλεψης είναι ένας συμπερασματικός συλλογισμός και αναφέρεται σε μελλοντικά γεγονότα και καταστάσεις. Βέβαια, είναι μια διαδικασία υψηλού επιπέδου, όπου οι μαθητές καλούνται να συνθέσουν πληροφορίες από διάφορες έννοιες που πηγάζουν από τις διαδικασίες της παρατήρησης, της ερμηνείας, των χωροχρονικών σχέσεων, κλπ.

Η πρόβλεψη έχει ως βάση μια υπόθεση ή προηγούμενη γνώση.

Πιο αναλυτικά:

- α) Χρησιμοποιούνται πρόσφατα ή παλιότερα αποδεικτικά στοιχεία εκθέτοντας τι θα μπορούσε να συμβεί σε μια κατάσταση
- β) Δικαιολογείται τι θα μπορούσε να συμβεί στηριζόμενοι σε προηγούμενες ή πρόσφατες αποδείξεις
- γ) Αιτιολογείται μια εφαρμογή κάνοντας εκτιμήσεις από ένα εύρος αποδεικτικών στοιχείων
- δ) Διαχωρίζεται η πρόβλεψη από το μάντεμα

Επιπρόσθετα, η διατύπωση προβλέψεων μπορεί να θεωρηθεί ως απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατύπωση υποθέσεων, διότι μια πρόβλεψη οδηγεί προς την κατεύθυνση μιας υπόθεσης. Η πρόβλεψη που δικαιολογείται με τον αιτιολογικό σύνδεσμο «επειδή», συχνά δίνει το έναυσμα για τη διατύπωση μιας υπόθεσης.

Η διατύπωση υπόθεσης είναι δηλώσεις που γενικεύουν τα ερωτήματα, τα οποία δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων και διατυπώνονται με τρόπο που να μπορούν να επαληθευτούν πειραματικά.

Πιο συγκεκριμένα, στη διατύπωση μιας υπόθεσης μπορεί να:

- i) Προτείνεται μια εξήγηση η οποία είναι συνεπής με την απόδειξη ή να προτείνεται μια εξήγηση η οποία είναι σύμφωνη με μια επιστημονική έννοια ή αρχή
- ii) Αναζητείται μια εξήγηση ως εφαρμογή της προηγούμενης γνώσης ή αναζητούνται περισσότερες από μια πιθανές εξηγήσεις ενός φαινομένου
- iii) Αναζητείται μια εξήγηση πιο συνεπής από την ανιχνευτική/δοκιμαστική

Η υπόθεση, συνήθως, διατυπώνει μια πιθανή σχέση ή ένα αποτέλεσμα και αποβλέπει στο σχεδιασμό ενός πειράματος που θα την επαληθεύσει ή θα την απορρίψει. Συνήθως, οι υποθέσεις είναι δηλώσεις του τύπου: «Αν...τότε...».

Τα επίπεδα διατύπωσης προβλέψεων και υποθέσεων είναι τα εξής τέσσερα:

Επίπεδο 1^ο: Οι μαθητές οδηγούνται με καθοδήγηση σε προβλέψεις με βάση τη διαίσθησή τους και με αυτόν τον τρόπο έρχονται στο φως οι εναλλακτικές τους ιδέες

Επίπεδο 2^ο: Οι μαθητές κάνουν προβλέψεις που βασίζονται στις αισθητηριακές τους εντυπώσεις ή εισηγούνται μια πιθανή απάντηση που συνήθως είναι εναλλακτική

Επίπεδο 3^ο: Οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις και εισηγούνται πειραματικούς τρόπους επαλήθευσης ή απόρριψης των υποθέσεών τους, συνήθως, με καθοδήγηση

Επίπεδο 4^ο: Οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μια εξηγήσεις (για παράδειγμα στη μελέτη του φαινομένου της εξάτμισης) (Σπυροπούλου,1997:73 - 74; Σπυροπούλου - Κατσάνη, 2000:29 - 30).

Τέλος, είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι τόσο στην εποικοδομητική διδασκαλία (Μπισδικιάν & Ψύλλος,1998) όσο και στην εκπαιδευτική – επιστημονική μεθοδολογία (Καλκάνης,2002; Φέγγου κ.ά.,2002), η πρόβλεψη και η διατύπωση των υποθέσεων θεωρείται ένα από τα εργαλεία με τα οποία ο δάσκαλος - ερευνητής μπορεί να συναγάγει τις ιδέες των μαθητών, καθώς αυτοί προβλέπουν το αποτέλεσμα ενός προτεινόμενου (υποθετικού) πειράματος αξιοποιώντας καθετί σχετικό που γνωρίζουν. Ωστόσο, στις παραδοσιακού τύπου διδακτικές προσεγγίσεις, οι μαθητές, συνήθως, δεν έχουν την ευκαιρία να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους, με αποτέλεσμα να

τους φαίνονται ασήμαντες. Αν όμως τους ζητηθεί, όπως γίνεται στην παρούσα έρευνα, να κάνουν προβλέψεις και να διατυπώσουν υποθέσεις, τότε είναι απαραίτητο να τις χρησιμοποιήσουν (Μίχας,2003; Πετρίδου κ.ά.,2009).

3.Φύλλα εργασίας (3) – Πειράματα:

Αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στις φάσεις «Δοκιμασίας των ιδεών των μαθητών, καταγραφής των αποτελεσμάτων» και «Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στα βήματα «(Αποδεικτικός) Πειραματισμός» και «Εξαγωγή συμπερασμάτων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, στα φύλλα εργασίας (3) – Πειράματα, που δίνονται στους μαθητές, παρατίθενται αναλυτικά οι πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες θα εμπλακούν (στα φύλλα εργασίας (2) υπήρχαν ως «υποθετικά» πειράματα), με στόχο είτε την πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και την επιθυμητή εννοιολογική, είτε την ενίσχυση (ή τον εμπλουτισμό) των εναλλακτικών (ή μη) ιδεών τους και την περαιτέρω ανάπτυξη των εννοιολογικών δομών τους (Χαλκιά,2010β). Ο στόχος των (αποδεικτικών) πειραμάτων είναι οι μαθητές να έρθουν αντιμέτωποι με τις εναλλακτικές (ή μη) ιδέες τους και να απορρίψουν ή να επιβεβαιώσουν τις προβλέψεις και υποθέσεις τους. Επομένως, οι πειραματικές δραστηριότητες εμπεριέχουν προβλήματα τα οποία θα οδηγήσουν σε ρήξη ή σε εμπλουτισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Με αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας (3), που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των πειραματικών δραστηριοτήτων, ζητείται από τους μαθητές να εκτελέσουν ανά δύο τα πειράματα με βάση τα εικονιζόμενα στιγμιότυπα, τα υπάρχοντα αντικείμενα (πραγματικά ή εικονικά) και τις προτεινόμενες υποδείξεις – οδηγίες (Καλκάνης, 2010:42).

Αφού οι μαθητές εκτελέσουν τα πειράματα, ο δάσκαλος - ερευνητής τους ζητά, με βάση τα φύλλα εργασίας (3), να περιγράψουν αυτό που παρατήρησαν. Για παράδειγμα, υπάρχουν στα φύλλα εργασίας οι ερωτήσεις: «Τι παρατηρείτε;» ή «Τι παρατηρείτε στο εικονικό ή πραγματικό πείραμα ;» ή «Πως συμβαίνει αυτό;».

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι η παρατήρηση⁴¹ ως επιστημονική διαδικασία προϋποθέτει την ενεργοποίηση και τη χρήση όλων των αισθήσεων. Η παρατήρηση και το πείραμα αποτελούν βασικές συνιστώσες της σύγχρονης μεθόδου έρευνας στις

⁴¹ Παρατηρώ σημαίνει εξετάζω προσεχτικά, ερευνώ.

Φυσικές Επιστήμες, αρκεί να υπάρχει σαφής στόχος και προγραμματισμός. Για τη σχολική πράξη, η παρατήρηση σαν αφετηρία της γνώσης είναι μία διαδικασία πολύ σημαντική. Όταν οι μαθητές ασκούνται στην παρατήρηση μπορούν και συγκεντρώνουν περισσότερες ενδείξεις, μπορούν και περιγράφουν καλύτερα αυτό που συμβαίνει. Η πιο σπουδαία λειτουργία της παρατήρησης είναι ότι βοηθάει στην κριτική θεώρηση μιας υπόθεσης. Είναι, λοιπόν, σπουδαίο οι μαθητές όχι μόνο να παρατηρούν, αλλά και να περιγράφουν με κάθε λεπτομέρεια αυτό που παρατήρησαν. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές γίνονται ολοένα και πιο ικανοί να διαχωρίζουν την παρατήρηση από την ερμηνεία ή και από το συμπέρασμα (Σπυροπούλου,1997; Σπυροπούλου - Κατσάνη,2000; Βρυώνη – Καλλίδη & Βαλανίδης,2002; Κόκκοτας κ.ά., 2002α; Κουμαράς,2003).

Μετά την καταγραφή των παρατηρήσεων, υπάρχουν ερωτήσεις που ζητούν τη διατύπωση ενός συμπεράσματος (ζητείται και η αιτιολόγηση της απάντησης) για την κατανόηση της έννοιας και του φαινομένου που μελετήθηκε. Πριν την καταγραφή του συμπεράσματος, εκτελείται σχολαστικός έλεγχος προβλέψεων, υποθέσεων - πειραματικών αποτελεσμάτων και ειδικότερα οι μαθητές ανατρέχουν στις προβλέψεις - υποθέσεις που διατύπωσαν στο φύλλο εργασίας (2) και τις ελέγχουν, με βάση τα όσα μελέτησαν πειραματικά, επιβεβαιώνοντας ή απορρίπτοντας τις. Ακόμη, μέσα από συζήτηση οι μαθητές σχολιάζουν, επαναδιατυπώνουν, συμπληρώνουν ή διορθώνουν τις προβλέψεις και τις υποθέσεις τους στα φύλλα εργασίας (2) (Αποστολάκης κ.ά., 2006α; Ψύλλος κ.ά.,2008α; Ψύλλος κ.ά.,2008β; Καλκάνης,2010). Τέλος, αναμένεται ότι μέσα από αυτή τη διαδικασία κάποιοι μαθητές θα οδηγηθούν σε γνωστική σύγκρουση ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες και στα νέα δεδομένα και κατά συνέπεια στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή.

Συμπερασματικά, μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες των φύλλων εργασίας (3) οι μαθητές οδηγούνται σε συμπεράσματα, που τελικά θα τους βοηθήσουν να αναιρέσουν ή να τροποποιήσουν ή να ενισχύσουν τις αρχικές τους ιδέες και να υιοθετήσουν τις νέες ιδέες που είναι συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (Χαλκιά,2010β).

4.Φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές(μετατεστ - post- test):

Αυτό το φύλλο εργασίας στηρίζεται στη φάση «Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στα βήματα «Εφαρμογές» και «Γενίκευση» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Οι ερωτήσεις αυτού του φύλλου εργασίας είναι πανομοιότυπες με τις ερωτήσεις του αρχικού φύλλου εργασίας (1), γεγονός το οποίο βοηθά στο να διαπιστωθεί ποιοι μαθητές έχουν τροποποιήσει ή ενισχύσει τις αρχικές τους ιδέες και έχουν υιοθετήσει τις νέες ιδέες που είναι συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα, με αυτό το φύλλο εργασίας ζητείται από τους μαθητές να εφαρμόσουν και να ελέγξουν (ή να επιβεβαιώσουν) τα συμπεράσματα τους (που προέκυψαν από την εκτέλεση των πειραμάτων) στις ίδιες ερωτήσεις που τους τέθηκαν ως έναυσμα ενδιαφέροντος (Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Καλκάνης,2010:43).

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές διανέμεται ακριβώς το ίδιο τόσο στους μαθητές που εκτελούν τα πραγματικά πειράματα (ομάδα ελέγχου) όσο και στους μαθητές που εκτελούν τα εικονικά πειράματα (πειραματική ομάδα). Τέλος, το φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές, στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε ως μετατεστ (post- test) για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΟΓΔΟΟ

Ερευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για
την έννοια της δύναμης της τριβής

8.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων είναι πανομοιότυπο με το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής. Ωστόσο, διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούνται τα πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, στα πραγματικά πειράματα γίνεται χρήση πραγματικών αντικειμένων (όπως είναι η συσκευή εκτίναξης αντικειμένων, δυο ξύλινα παραλληλεπίπεδα, κλπ.), ενώ στα εικονικά πειράματα γίνεται χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics (ως γνωστικού εργαλείου). Τόσο για τα πραγματικά όσο και για τα εικονικά πειράματα (και αντικείμενα) γίνεται αναλυτική αναφορά στο παρόν κεφάλαιο.

8.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₁).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

1.Τίτλος: Η δύναμη της τριβής και οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται.

2.Εμπλεκόμενα γνωστικά αντικείμενα: Φυσική.

3.Πρωτοτυπία: Η εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων (ή εικονικών) με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και τις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, καθώς επίσης και η αυτοσχέδια κατασκευή (ιδιοκατασκευή) της συσκευής (μηχανισμός) εκτίναξης των πραγματικών αντικειμένων (εικόνα 8.1) (ή των εικονικών αντικειμένων με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics).

4. Τάξεις στις οποίες απευθύνεται: Το συγκεκριμένο σενάριο και τα πειράματα αφορούν μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου (περίπου την ηλικία των 11 – 12 ετών). Να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί τις υπό διερεύνηση έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

5. Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Το σενάριο καλύπτει τους στόχους του μαθήματος όπως αυτοί περιγράφονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, στο Α.Π.Σ. της Πέμπτης τάξης αναφέρεται η έννοια της δύναμης της τριβής και ειδικότερα στην Ενότητα 2: Κίνηση και δύναμη (Δ.Ε.Π.Π.Σ. & Α.Π.Σ., 2003:510). Οι διδακτικοί στόχοι που περιγράφονται στο Α.Π.Σ. είναι οι εξής:

- Οι μαθητές να αναγνωρίζουν μέσα από δραστηριότητες τη δύναμη της τριβής και τις επιδράσεις της
- Οι μαθητές να αναφέρουν καταστάσεις από την καθημερινή τους ζωή όπου ασκείται η δύναμη της τριβής και να τις εξηγούν με απλά λόγια
- Να αναφέρουν και να αναλύουν διαδικασίες μείωσης ή αύξησης της τριβής

6. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: Για το πρόβλημα της κατανόησης της τριβής ολίσθησης⁴² έχει πραγματοποιηθεί ένας μικρός αριθμός ερευνών (Θεοδωρόπουλος κ.ά.,1997; Πατρινόπουλος κ.ά.,2002; Πατρινόπουλος κ.ά.,2003; Ραβάνης,2002; Ravanis et al.,2004). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με μαθητές 9-13 ετών στην Αγγλία διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά των ηλικιών αυτών αναγνωρίζουν εύκολα το βάρος ως μεταβλητή από την οποία εξαρτάται η τριβή (Κανάρη & Millar,2000).

Σε άλλη έρευνα επιδιώχθηκε η επίτευξη γνωστικών μετασχηματισμών μαθητών 10-11 για τις μεταβολές από τις οποίες εξαρτάται η τριβή στα πλαίσια μιας ειδικής διδακτικής παρέμβασης (Tsagliotis,1997; Τσαγλιώτης,1998).

Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα του Τσαγλιώτη (1998) αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι: «μαθητές της Πέμπτης δημοτικού, πριν από τη διδακτική παρέμβαση, θεωρούν ότι η «δύναμη του βάρους» είναι η κύρια αιτία που συγκρατεί ακίνητα στη θέση τους τα διάφορα αντικείμενα ή που επιβραδύνει την κίνησή τους. Έτσι, οι μαθητές φαίνεται να αποδίδουν στη «βαρύτητα» ή στο «βάρος» κάποια «χαρακτηριστικά τριβής», προκειμένου να εξηγήσουν ή να ερμηνεύσουν διάφορα σχετικά φαινόμενα (π.χ. το σταθερό βιβλίο πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο ή το σταμάτημα της κίνησης του ποδηλάτου). Με αυτόν τον τρόπο φαίνεται να χρησιμοποιούν προϋπάρχουσες συλλήψεις με τις οποίες αισθάνονται πιο άνετα προκειμένου να δημιουργήσουν ερμηνευτικά σχήματα ή τουλάχιστον φαίνεται να χρησιμοποιούν πιο οικεία και καθημερινή ορολογία για να περιγράψουν τις ιδέες

⁴² Στην εκπαίδευση η ανάπτυξη της τριβής ολίσθησης μελετάται, συνήθως, σε σχέση με δυο παράγοντες: την κάθετη δύναμη και τη φύση των επαπτόμενων επιφανειών. Όταν, μάλιστα, το πρόβλημα περιορίζεται στην κίνηση ενός αντικειμένου σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο, τότε η ασκούμενη δύναμη από το επίπεδο στο σώμα είναι ίση με το βάρος του αντικειμένου με αποτέλεσμα να θεωρείται ως παράγοντας το ίδιο το βάρος του κινούμενου σώματος (Θεοδωρόπουλος κ.ά.,1997; Ραβάνης & Κολιόπουλος,2006).

τους. Παρ' όλα αυτά, η σύλληψη σχετικά με τη λειτουργία της βαρυτικής δύναμης φαίνεται να συνεχίζει να υπάρχει και μετά από τη διδακτική παρέμβαση, με τη διαφορά ότι οι μαθητές της αποδίδουν ένα «βοηθητικό ρόλο» για τη «δημιουργία» της δύναμης της τριβής» (σελ. 373,374).

Ακόμη, στη συγκεκριμένη έρευνα στις συνεντεύξεις πριν από τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις λέξεις «πιάσιμο», «γράπωμα» ή ακόμα και «τρίψιμο» για να περιγράψουν διάφορες επιδράσεις των επιφανειών, χωρίς όμως να τους αποδίδουν χαρακτηριστικά μιας δύναμης (π.χ. τράβηγμα ή σπρώξιμο). Μοιάζουν να είναι «φυσικές» ιδιότητες των επιφανειών οι οποίες επιδρούν πάνω σε περιστάσεις τριβής ή τουλάχιστον χρησιμοποιούνται ως τέτοιες για να εξηγήσουν σχετικά φαινόμενα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, που ήταν συμβατά με αυτά των Stead και Osborne (1981), έδειξαν ότι οι μαθητές οδηγήθηκαν από μια διαισθητική προσέγγιση του βάρους και της φύσης των επιφανειών, που είχαν πριν από τη διδακτική παρέμβαση, σε μια προσέγγιση, μετά από τη διδακτική παρέμβαση, που αναγνωρίζει τις δύο αυτές παραμέτρους ως αποφασιστικής σημασίας μεταβλητές για την εμφάνιση της δύναμης της τριβής.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με παιδιά προσχολικής ηλικίας καταγράφηκαν τα γνωστικά εμπόδια των παιδιών με αντικείμενο την κατανόηση των παραγόντων του βάρους και της φύσης των επιφανειών επαφής, στους οποίους αποδίδεται η ανάπτυξη της τριβής σε σώματα κινούμενα σε οριζόντιο επιφάνεια (Αποστολίδου κ. ά.,1998). Στην έρευνα αυτή, βρέθηκε ότι το 1/3 περίπου των νηπίων προβλέπει και αποδίδει στη μεταβολή του βάρους την αλλαγή στη διανυόμενη απόσταση κινούμενων σωμάτων, ενώ λιγότερα από 1 στα 20 αναγνωρίζουν έναν αντίστοιχο ρόλο στη μεταβαλλόμενη φύση των εφραπτόμενων επιφανειών.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε μια παρόμοια έρευνα με 18 παιδιά ηλικίας 5 – 6 ετών που είχε ως στόχο την ανίχνευση των γνωστικών εμποδίων των παιδιών και τη μελέτη των συλλογισμών των παιδιών για το ρόλο αυτών των δύο παραγόντων (Ραβάνης κ.ά.,2002; Ραβάνης,2002), χρησιμοποιήθηκε μια απλή συσκευή εκτίναξης αντικειμένων (Μίχας,2003; Ραβάνης & Κολιόπουλος,2006). Αυτή η συσκευή χρησιμοποιήθηκε διότι κατά τη διάρκεια μιας προ – έρευνας που πραγματοποίησαν οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι αρκετά παιδιά απέδιδαν τις διαφορές των αποστάσεων τις οποίες διανύουν τα σώματα όταν τα ωθούμε στη διαφορετική αρχική δύναμη που δέχονται. Είναι γνωστό (και από άλλες έρευνες) ότι η διαισθητική σκέψη οδηγεί

ακόμα και πολύ μεγαλύτερα παιδιά σε ένα συλλογισμό σύμφωνα με τον οποίο :«η ποσότητα της κίνησης είναι ανάλογη με την ποσότητα της δύναμης». Όταν χρησιμοποιείται αυτή η συσκευή όλα τα παιδιά δέχονται ότι ασκείται η ίδια αρχική δύναμη στο κινούμενο σώμα.

Στην έρευνα των Stead και Osborne (1981) σε μια ομάδα μαθητών ηλικίας 12 έως 13 ετών, το 50% των μαθητών ηλικίας 13 ετών που άνηκε σε αυτή την ομάδα, βρέθηκε ότι συνέδεε την τριβή με το τρίψιμο (rubbing).

Ερευνητές σε μια μελέτη με 47 μαθητές ηλικίας 11- 16 ετών σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονταν βρήκαν ότι οι 9 από αυτούς είχαν συσχετίσει τη δύναμη της τριβής με την αντίδραση. Οι αντιλήψεις των παραπάνω μαθητών αναφορικά με τη τριβή είναι οι ακόλουθες:

- Η τριβή είναι μια δύναμη (16 μαθητές)
- Η τριβή είναι το ίδιο πράγμα με την αντίδραση (9 μαθητές)
- Η τριβή εξαρτάται από την κίνηση (17 μαθητές)
- Η τριβή συνδέεται με την ενέργεια και ειδικότερα με την θερμότητα (6 μαθητές)
- Η τριβή εμφανίζεται μόνο σε στερεά σώματα (12 μαθητές)
- Η τριβή εμφανίζεται μόνο στα υγρά, αλλά όχι στα αέρια σώματα (10 μαθητές)
- Η τριβή προκαλεί ηλεκτρισμό (οι περισσότεροι μαθητές)
- Η τριβή «κάνει» αυτό κι εκείνο, σαν να ήταν κάποιο αντικείμενο
- Η τριβή προσπαθεί να κάνει αυτό κι εκείνο

Η τριβή δεν αναγνωρίστηκε ως δύναμη από τους μαθητές εκείνους που θεωρούσαν ότι οι δυνάμεις μόνο «θέτουν τα πράγματα σε κίνηση» και όχι ότι τα «σταματούν». Ακόμη, ορισμένοι μαθητές θεώρησαν την τριβή ως μια αντίσταση στην κίνηση που δεν εφαρμόζεται σε κάποια κατεύθυνση και την διαχώρισαν από μια δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση (Driver et al.,1998; Κόκκοτας κ.ά.,2002α).

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον Arons (1992) πολλοί μαθητές σχηματίζουν τη λανθασμένη αντίληψη ότι η κάθετη δύναμη N είναι πάντοτε ίση με mg . Η αντίληψη αυτή δημιουργείται επειδή για πρώτη φορά συναντούν την κάθετη δύναμη σε περιπτώσεις όπου ένα σώμα ηρεμεί πάνω στο τραπέζι ή στο δάπεδο. Οπότε πάνω του δεν ασκείται άλλη κατακόρυφη δύναμη εκτός από το βάρος του που ισούται με mg . Θεωρούν, λοιπόν, ότι κάθε δύναμη τριβής ισούται με nmg , ανεξάρτητα από την πραγματική τιμή της κάθετης δύναμης.

Τέλος, οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι η τριβή είναι πάντοτε ανεπιθύμητη και δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι σε πάρα πολλές περιπτώσεις η τριβή είναι επιθυμητή (Κώτσης,2002α; Κώτσης,2002β; Κώτσης,2002γ; Κώτσης κ.ά.,2002; Κώτσης,2003; Κώτσης κ.ά.,2004; Αποστολάκης κ.ά.,2006α).

7.Διδακτικοί στόχοι: Σε αυτό το σενάριο οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής που ασκείται σε ένα κινούμενο σώμα (αντικείμενο) εξαρτάται από το είδος (φύση) της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται το σώμα (αντικείμενο)
- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής εξαρτάται από το βάρος του σώματος που κινείται πάνω σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο
- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν (μέγεθος) της επιφάνειας με την οποία ακουμπά το σώμα πάνω στο σταθερό οριζόντιο επίπεδο (ή είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του εμβαδού των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή)
- Να κάνουν προβλέψεις - υποθέσεις, παρατηρήσεις, πειραματικούς ελέγχους των προβλέψεων και υποθέσεων μέσω του αποδεικτικού πειραματισμού και να μπορούν να διατυπώνουν συμπεράσματα
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια της δύναμης της τριβής (εννοιολογική αλλαγή).
- Να ενισχύσουν τις ιδέες τους που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο
- Να οικοδομήσουν την έννοια της δύναμης της τριβής
- Να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγήσουν τα αποτελέσματα της δύναμης της τριβής σε διάφορες περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή

8. Εκτιμώμενη διάρκεια: Η συνολική διάρκεια του σεναρίου εκτιμάται στις δύο (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά).

9.Παιδαγωγική προσέγγιση: Το σενάριο ακολουθεί τόσο τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης όσο και τις αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Παράλληλα, οι επιμέρους διδακτικές στρατηγικές που πραγματοποιούνται με βάση τις παραπάνω προσεγγίσεις είναι: το τρίπτυχο: «Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση», ο αποδεικτικός πειραματισμός (επιβεβαίωση ή απόρριψη), η γνωστική σύγκρουση και η ενίσχυση (ή ο εμπλουτισμός) των ιδεών των μαθητών που είναι κοντά στις επιστημονικές.

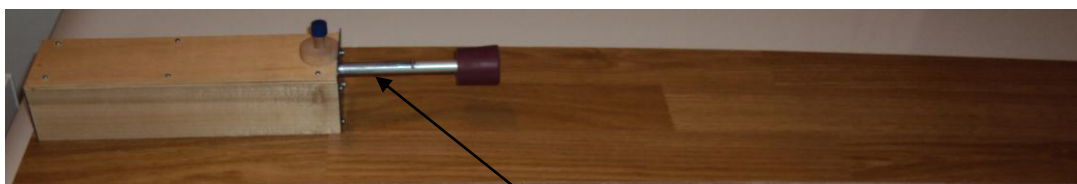
10.Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Πραγματικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα. Τα πειράματα πραγματοποιούνται πάνω στα θρανία όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Τα πραγματικά αντικείμενα που απαιτούνται για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων είναι τα παρακάτω:

1.Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων



Εικόνα 8.1: Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων

Η συσκευή αποτελείται από δύο μέρη:

A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός μεταλλικού άξονα με ελατήριο.

Στο άκρο του άξονα υπάρχει ένα ελαστικό πώμα, στο οποίο φέρουμε σε επαφή το ξύλινο παραλληλεπίπεδο (ή οποιοδήποτε αντικείμενο).

Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας προς τα κάτω το μπλε κορμπι που βρίσκεται πάνω στη συσκευή.



B) Από ένα λείο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.

Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Αναφορικά με τη συσκευή εκτίναξης (εικόνα 8.1) πρέπει να σημειωθεί ότι αποτελεί μια αυτοσχέδια κατασκευή - ιδιοκατασκευή (κατασκευάστηκε από τον ερευνητή) και βοηθά τους μαθητές να δεχθούν ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε αντικείμενο (σώμα) που εκτινάσσεται, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η εμφάνιση εναλλακτικών ιδεών σχετικά με την κίνηση των αντικειμένων. Για παράδειγμα,

αρκετοί μαθητές αποδίδουν τις διαφορές των αποστάσεων τις οποίες διανύουν τα σώματα όταν τα ωθούμε στη διαφορετική αρχική δύναμη που δέχονται. Είναι γνωστό ότι η διαισθητική σκέψη οδηγεί ακόμα και μαθητές των δυο τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου σε ένα συλλογισμό σύμφωνα με τον οποίο: «η ποσότητα της κίνησης είναι ανάλογη με την ποσότητα της δύναμης». Όταν, λοιπόν, χρησιμοποιείται αυτή η συσκευή όλοι οι μαθητές δέχονται ότι ασκείται η ίδια αρχική δύναμη στο κινούμενο σώμα.

2. Δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα

3. Γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια)

4. Μια άσπρη και μια χρωματιστή κιμωλία

10.2 Ο ρόλος και ο τρόπος εργασίας των μαθητών: Οι μαθητές εργάζονται στην τάξη σε δυάδες για την εκτέλεση των πραγματικών (ή εικονικών) πειραμάτων. Αρχικά, εκφράζουν ελεύθερα τις εναλλακτικές τους ιδέες (αρχικό φύλλο εργασίας⁴³ (1)). Στη συνέχεια, με τη στρατηγική του τρίπτυχου: «Πρόβλεψη – Παρατήρηση (αποδεικτικός πειραματισμός: επιβεβαίωση/απόρριψη) – Εξήγηση», διατυπώνουν τις προβλέψεις, τις υποθέσεις και τις ελέγχουν μέσα από διαδικασίες του αποδεικτικού πειραματισμού (φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις και φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα). Μέσα από αυτή τη διαδικασία προκαλούνται εννοιολογικές – γνωστικές συγκρούσεις που προβληματίζουν τους μαθητές για την εγκυρότητα των ιδεών τους και τους οδηγούν να τις τροποποιήσουν και να τις αλλάξουν, έτσι ώστε να υιοθετήσουν τις επιστημονικά έγκυρες ιδέες επιτυγχάνοντας την εννοιολογική αλλαγή (ή να τις ενισχύσουν στην περίπτωση που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο).

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη διάρκεια των πειραμάτων συλλέγουν, επεξεργάζονται, αναλύουν, συγκρίνουν, γενικεύουν, ερμηνεύουν δεδομένα, υιοθετώντας μια ποικιλία στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων από την απλή δοκιμή και πλάνη μέχρι τον πιο σύνθετο αφαιρετικό συλλογισμό, ενώ ωθούνται σε συνεχή αυτοπαρατήρηση και αναστοχασμό.

10.3 Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή: Ο δάσκαλος – ερευνητής γίνεται συντονιστής, προγραμματιστής, καθοδηγητής, οργανωτής καταστάσεων μάθησης, αλλά κυρίως «εμψυχωτής». Ταυτόχρονα, γίνεται τόσο δίκαιος και αμερόληπτος κριτής όταν απαιτείται όσο και ισότιμος συνεργάτης με τα μέλη της ομάδας. Παίζει

⁴³ Βρίσκονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.

το ρόλο του συμβούλου παιδαγωγού και συνερευνητή μέσα στη διδακτική – μαθησιακή διαδικασία και πράξη. Δεν χρειάζεται να κάνει πειράματα για να δουν οι μαθητές, αλλά με τη δική του επίβλεψη οι μαθητές πειραματίζονται με πραγματικά (ή εικονικά) αντικείμενα και οικοδομούν τη γνώση. Επικουρεί και ενθαρρύνει τις προσπάθειες των μαθητών, τους παροτρύνει σε αυτενέργεια και πειραματισμό, καλλιεργώντας ταυτόχρονα και δεξιότητες συνεργατικής μάθησης. Εξελίσσεται σταδιακά από διαμεσολαβητή σε συνδιαμορφωτή καινοτομικών παρεμβάσεων.

11.Η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας – Οι φάσεις διδασκαλίας:

Με βάση τόσο τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης⁴⁴ και ειδικότερα τις πέντε (5) φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» όσο και τις αρχές της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας⁴⁵ και ειδικότερα τα πέντε (5) βήματα της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, μια προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας διακρίνεται στις παρακάτω πέντε (5) φάσεις:

1^η Φάση: Έναυσμα ενδιαφέροντος - Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών:

Η 1^η Φάση διδασκαλίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «έναυσμα ενδιαφέροντος» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος – ερευνητής δίνει το έναυσμα στους μαθητές, μέσω γενικών ερωτήσεων αλλά και ερωτήσεων που περιέχονται στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), ώστε να τους προσανατολίσει και να τους προκαλέσει το ενδιαφέρον για την έννοια της δύναμης της τριβής.

Στη συνέχεια, τους προτρέπει να απαντήσουν ατομικά στις ερωτήσεις του αρχικού φύλλου εργασίας (1) (προτεστ), καταγράφοντας με αυτόν τον τρόπο και τις πιθανές εναλλακτικές τους ιδέες. Το φύλλο αυτό περιέχει έξι (6) ερωτήσεις που σχετίζονται με εφαρμογές από την καθημερινή ζωή και ειδικότερα με φυσικά φαινόμενα, ανθρώπινες δραστηριότητες, τεχνολογικές διαδικασίες ή προϊόντα που σχετίζονται με την έννοια της δύναμης της τριβής (Καλκάνης,2010).

Μέσα από αυτό το αρχικό φύλλο εργασίας (1) ο δάσκαλος - ερευνητής έχει ως στόχο να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν πως σκέφτονται οι ίδιοι για ένα συγκεκριμένο θέμα στο πλαίσιο του καθημερινού κοινωνικοπολιτισμικού

⁴⁴ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Δεύτερο Κεφάλαιο.

⁴⁵ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Τρίτο Κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής περιβάλλοντός τους, αναδεικνύοντας τις εναλλακτικές τους ιδέες (Χαλκιά, 2010α:113).

Είναι σημαντικό για το δάσκαλο – ερευνητή οι απαντήσεις τους να είναι γραπτές διότι με αυτόν τον τρόπο απαντούν με υπευθυνότητα, αξιοποιούν ή αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας με χρήση επιστημονικής ορολογίας, κλπ.. Επίσης, εκτός των άλλων, είναι σημαντικό διότι στη τελευταία φάση της διδασκαλίας (5^η φάση του σεναρίου διδασκαλίας), δηλαδή της σύγκρισης των νέων ιδεών με τις αρχικές, ανατρέχουν στο φύλλο εργασίας (1), αναστοχάζονται τις αλλαγές και τις αιτίες που τις προκάλεσαν και εποπτεύουν νοητικά τη προσωπική τους μαθησιακή πορεία (Βλάχος,2004:174 – 175).

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το αρχικό φύλλο εργασίας (1) χρησιμοποιείται ως προτεστ (pretest), πριν από την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να ελεγχθεί η ισοδυναμία των δύο ομάδων ως προς το γνωστικό επίπεδο.

Τέλος, στην παρούσα έρευνα ο χρόνος που απαιτείται για την υλοποίηση της 1^{ης} φάσης είναι το 15% περίπου του διδακτικού δώρου (ενενήντα λεπτά) που διαρκεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

2^η Φάση: Προβλέψεις – Υποθέσεις - Ανάδειξη των ιδεών:

Η 2^η Φάση διδασκαλίας στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στο βήμα «διατύπωση υποθέσεων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος – ερευνητής, μέσα από συζήτηση και με τα φύλλα εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις που δίνει στους μαθητές, ζητά από τους μαθητές μέσα από υποθετικά πειράματα να προβλέψουν και να διατυπώσουν υποθέσεις για τις αιτίες, τη λειτουργία, την εξέλιξη και τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων φαινομένων και πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής (Καλκάνης,2002; Ραβάνης,2002; Κόκκοτας κ.ά., 2002α; Ψύλλος κ.ά.,2002; Λεύκος κ.ά.,2005; Κολιάδης,2005; Ψύλλος κ.ά.,2008α; Ψύλλος κ.ά.,2008β; Ζουπίδης κ.ά.,2009; Καλκάνης,2010). Με αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις, μέσω των οποίων θα αναδειχθούν οι εναλλακτικές ιδέες τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ζητούνται προβλέψεις και υποθέσεις από τους μαθητές πάνω σε συγκεκριμένα γεγονότα και φαινόμενα (Χαλκιά,2010α). Ειδικότερα, σε αυτό το φύλλο εργασίας (2)

αποτυπώνονται τρία (3) διαφορετικά υποθετικά πειράματα, με βάση τα οποία ζητείται από τους μαθητές να προβλέψουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της τριβής.

Με άλλα λόγια, με τη διατύπωση προβλέψεων και υποθέσεων φέρουμε αντιμέτωπους τους μαθητές με τις εναλλακτικές τους ιδέες (Καλκάνης,2002; Φέγγου κ.ά.,2002; Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Χαλκιά,2010α). Σε αυτή τη φάση οι μαθητές χρησιμοποιούν τις παρατηρήσεις τους ή προηγούμενες ανακαλύψεις και κάνουν προβλέψεις και υποθέσεις για ερωτήσεις του τύπου: «Τι θα συμβεί αν» ή «Πως νομίζεις ότι θα γίνει αυτό...» ή «Μπορείς να προβλέψεις...», συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες και δεν είναι παθητικοί δέκτες των πεπραγμένων μέσα στην τάξη (Σπυροπούλου,1997; Σπυροπούλου - Κατσάνη,2000; Καλκάνης,2002; Δημόπουλος,2007; Χαλκιά,2010α). Στην επόμενη φάση, με το αποδεικτικό πείραμα προβαίνουν στον έλεγχο τους (οι προβλέψεις και υποθέσεις επαληθεύονται ή διαψεύδονται με το αποδεικτικό πείραμα) και προκαλείται η γνωστική σύγκρουση και η επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Είναι σαφές ότι οι προβλέψεις και οι υποθέσεις που διατυπώνονται σε αυτή τη 2^η φάση διευκολύνουν την εκτέλεση των πειραμάτων που υλοποιούνται στην 3^η φάση διδασκαλίας (Lemeignan & Weil – Barais,1997; Βρυώνη – Καλλίδη & Βαλανίδης,2002; Ψύλλος κ.ά.,2002; Καλκάνης,2003; Δαπόντες,2005).

Με βάση τα παραπάνω, στη 2^η φάση διδασκαλίας επιδιώκεται οι μαθητές:

- i) Να διατυπώσουν και να αναγνωρίσουν τις ιδέες που έχουν για την έννοια της δύναμης της τριβής
- ii) Να επαναδιατυπώσουν τις ιδέες τους ως προβλέψεις και υποθέσεις προς πειραματικό έλεγχο

Στη φάση αυτή δεν γίνεται συζήτηση για το ποιες απόψεις είναι σωστές ή λάθος. Αυτή η κρίση θα προκύψει από τη συζήτηση κατά τη φάση της διατύπωσης συμπερασμάτων στην επόμενη φάση.

Τέλος, στην παρούσα έρευνα ο χρόνος που απαιτείται για την υλοποίηση της 2^{ης} φάσης είναι το 25% περίπου του διδακτικού δώρου (ενενήντα λεπτά) που διαρκεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

3^η Φάση: Δοκιμασία των ιδεών, καταγραφή των αποτελεσμάτων και εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου – (Αποδεικτικός) Πειραματισμός και Εξαγωγή Συμπερασμάτων: Η 3^η Φάση διδασκαλίας στηρίζεται στις φάσεις «Δοκιμασίας των ιδεών των μαθητών, καταγραφής των αποτελεσμάτων» και «Εισαγωγής του

επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής»), καθώς επίσης στα βήματα «(Αποδεικτικός) Πειραματισμός» και «Εξαγωγή συμπερασμάτων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος - ερευνητής, μετά από τη διατύπωση των προβλέψεων και υποθέσεων (αλλά και των εναλλακτικών ιδεών) των μαθητών για την έννοια της δύναμης της τριβής, ενεργοποιεί τους μαθητές να εκτελέσουν αποδεικτικά (επιβεβαιωτικά ή απορριπτικά) πειράματα, ώστε στη συνέχεια να διατυπώσουν και να αξιολογήσουν τις παρατηρήσεις τους.

Στη φάση αυτή ο ρόλος του δασκάλου είναι καθοριστικός τόσο στην καθοδήγηση των μαθητών για το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων που θα τους βοηθήσουν να ελέγξουν τη λειτουργικότητα των ιδεών τους όσο και στη διαχείριση των ιδεών των μαθητών του ώστε να εισαχθεί ομαλά η νέα γνώση.

Πιο συγκεκριμένα, επιδίωξη του δασκάλου είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Κύριος στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να δυσανεστηθούν από τις ιδέες που έχουν σχηματίσει και να οδηγηθούν σε αδιέξοδο διαπιστώνοντας τη διάσταση ανάμεσα σε εκείνο που αναμένουν και στο πραγματικό αποτέλεσμα (Κουμαράς κ.ά.,1992; Μίχας,2003:74). Πιο αναλυτικά, αν στην προηγούμενη φάση ο δάσκαλος – ερευνητής είχε ζητήσει να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητά να εκτελέσουν το (αποδεικτικό) πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την πρόβλεψη και την υπόθεση, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση και εννοιολογική αλλαγή.

Στη φάση αυτή, λοιπόν, ο δάσκαλος - ερευνητής δίνει στους μαθητές, που είναι σε δυνάδες, αντικείμενα για να πειραματιστούν και να ελέγξουν τις ιδέες τους (Καριώτογλου,2006:36), καθώς επίσης και τα φύλλα εργασίας (3) που περιέχουν τις οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν για να εκτελέσουν τα πειράματα. Με αυτά, λοιπόν, τα φύλλα εργασίας (3), που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των πειραματικών δραστηριοτήτων, ζητείται από τους μαθητές να εκτελέσουν τρία (3) πειράματα για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της τριβής, με βάση τα εικονιζόμενα στιγμιότυπα, τα υπάρχοντα αντικείμενα και τις προτεινόμενες υποδείξεις – οδηγίες (Καλκάνης,2010:42).

Παράλληλα, πρέπει να τονισθεί ότι επιλέγεται το αποδεικτικό πείραμα (επιβεβαιωτικό ή απορριπτικό), που αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, ως μέσο πρόκλησης γνωστικής σύγκρουσης διότι είναι περισσότερο δύσκολο να αμφισβητηθούν τα πειραματικά δεδομένα, αφού υλοποιείται από τους ίδιους τους μαθητές (Καλκάνης,2007α; Καλκάνης,2007β; Καλκάνης,2007γ; Καλκάνης,2009α; Καλκάνης,2009β; Καλκάνης, 2010).

Κατά τη εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων ο δάσκαλος δεν επεμβαίνει, παρά μόνο αν χρειαστεί και αυτό κυρίως για να δώσει τεχνική βοήθεια στους μαθητές. Για παράδειγμα, να βοηθήσει σε συναρμολόγηση πειραματικών διατάξεων, να επιλύσει προβλήματα λειτουργίας οργάνων και να απαντήσει σε διευκρινιστικές ερωτήσεις (Κουμαράς, 2003:54).

Στη συνέχεια, αφού οι μαθητές εκτελέσουν τα πειράματα, ο δάσκαλος - ερευνητής τους ζητά ,με βάση τα φύλλα εργασίας (3), να περιγράψουν αυτό που παρατήρησαν. Για παράδειγμα, υπάρχουν στα φύλλα εργασίας οι ερωτήσεις του τύπου: «Τι παρατηρείτε;» ή «Τι παρατηρείτε στο πείραμα;» ή «Πως συμβαίνει αυτό;».

Μετά από την καταγραφή των παρατηρήσεων, υπάρχουν ερωτήσεις που ζητούν τη διατύπωση ενός συμπεράσματος (ζητείται και η δικαιολόγηση της απάντησης) για την κατανόηση της έννοιας της δύναμης της τριβής. Πριν από την καταγραφή του συμπεράσματος, εκτελείται σχολαστικός έλεγχος προβλέψεων, υποθέσεων - πειραματικών αποτελεσμάτων και ειδικότερα οι μαθητές ανατρέχουν στις προβλέψεις - υποθέσεις που διατύπωσαν στο φύλλο εργασίας (2) και τις ελέγχουν, με βάση τα όσα μελέτησαν πειραματικά, επιβεβαιώνοντας ή απορρίπτοντας τες. Ακόμη, μέσα από συζήτηση οι μαθητές σχολιάζουν, επαναδιατυπώνουν, συμπληρώνουν ή διορθώνουν τις προβλέψεις και τις υποθέσεις τους στα φύλλα εργασίας (2) (Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Ψύλλος κ.ά.,2008α; Ψύλλος κ.ά.,2008β; Καλκάνης,2010). Τέλος, αναμένεται ότι μέσα από αυτή τη διαδικασία κάποιοι μαθητές να οδηγηθούν σε γνωστική σύγκρουση ανάμεσα στις εναλλακτικές ιδέες και στα νέα δεδομένα και στη συνέχεια στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή.

Ταυτόχρονα, στο σημείο αυτό η 4^η φάση περιλαμβάνει την εισαγωγή από τον δάσκαλο της νέας – επιστημονικής γνώσης, η οποία ερμηνεύει τα αποτελέσματα των (αποδεικτικών) πειραμάτων. Ο δάσκαλος θα πρέπει να δείξει την ανωτερότητα της νέας γνώσης (Καριώτογλου,2006:36). Ειδικότερα, ο δάσκαλος ξεκινώντας από τις πειραματικές παρατηρήσεις που οδήγησαν σε αδιέξοδο τους μαθητές, προχωρεί στην

εισαγωγή και στην ανάπτυξη του επιστημονικού προτύπου. Η παρουσίαση της νέας γνώσης γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατόν να κατανοηθεί (Κουμαράς κ.ά.,1992; Μίχας,2003:75).

Συμπερασματικά, μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες των φύλλων εργασίας (3) οι μαθητές οδηγούνται σε συμπεράσματα, που τελικά θα τους βοηθήσουν να αναιρέσουν ή να τροποποιήσουν ή να ενισχύσουν τις αρχικές τους ιδέες και να υιοθετήσουν τις νέες ιδέες που είναι συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (Χαλκιά, 2010β).

Τέλος, στην παρούσα έρευνα ο χρόνος που απαιτείται για την υλοποίηση της 3^{ης} φάσης είναι το 40% περίπου του διδακτικού δίωρου (ενενήντα λεπτά) που διαρκεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

4^η Φάση: Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου – Γενίκευση:

Η 4^η Φάση διδασκαλίας στηρίζεται στη φάση «Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης («μοντέλο εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής») και στα βήματα «Εφαρμογές» και «Γενίκευση» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος – ερευνητής καλεί τους μαθητές να εξηγήσουν τα αποτελέσματα των τριών (3) πειραμάτων που εκτέλεσαν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, εφαρμόζοντας τη νέα γνώση.

Ο δάσκαλος – ερευνητής καλεί τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές. Οι έξι (6) ερωτήσεις αυτού του φύλλου εργασίας είναι πανομοιότυπες με τις ερωτήσεις του αρχικού φύλλου εργασίας (1), γεγονός το οποίο βοηθά στο να διαπιστωθεί ποιοι μαθητές έχουν τροποποιήσει ή ενισχύσει τις αρχικές τους ιδέες και έχουν υιοθετήσει τις νέες ιδέες που είναι συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο. Ειδικότερα, με αυτό το φύλλο εργασίας ο δάσκαλος - ερευνητής ζητά από τους μαθητές να εφαρμόσουν και να ελέγξουν (ή να επιβεβαιώσουν) τα συμπεράσματα τους, που προέκυψαν από την εκτέλεση των πειραμάτων, στις ίδιες ερωτήσεις που τους τέθηκαν ως έναυσμα ενδιαφέροντος (Αποστολάκης κ.ά.,2006α; Καλκάνης,2010:43).

Σε αυτή τη φάση, η δυνατότητα που αποκτούν οι μαθητές με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των ιδεών αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητα τους (Κόκκοτας κ.ά.,2002β).

Τέλος, στην παρούσα έρευνα ο χρόνος που απαιτείται για την υλοποίηση της 4^{ης} φάσης είναι το 15% περίπου του διδακτικού δώρου (ενενήντα λεπτά) που διαρκεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

5^η Φάση: Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου – Μεταγνωστική φάση - Εμπέδωση:

Σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος - ερευνητής ζητά από τους μαθητές να του περιγράψουν την παλιά και τη νέα τους γνώση και να αντιληφθούν τις διαφορές της. Επίσης, τους ζητά να πουν ποιο στοιχείο της διδασκαλίας τους οδήγησε στην αλλαγή. Συνήθως οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις: «Τι έλεγες πριν;», «Τι νομίζεις τώρα;», «Γιατί άλλαξες γνώμη;». Με αυτόν τον τρόπο δεν μαθαίνουν μόνο τη νέα γνώση αλλά αντιλαμβάνονται και πως την έμαθαν. Με άλλα λόγια, συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και τη γνωστική πορεία της αλλαγής (μεταγνώση). Βέβαια, αυτό, είναι ιδιαίτερα δύσκολο στις μικρές ηλικίες μαθητών (Ψύλλος κ.ά.,1993; Καριώτογλου,2006:36).

Τέλος, στην παρούσα έρευνα ο χρόνος που απαιτείται για την υλοποίηση της 5^{ης} φάσης είναι το 5% περίπου του διδακτικού δώρου (ενενήντα λεπτά) που διαρκεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

Με βάση τις παραπάνω φάσεις, περιγράφεται συνοπτικά, στον παρακάτω πίνακα (8.1), μια (πιθανή) πορεία διδασκαλίας με τις προτεινόμενες διδακτικές ενέργειες και τις δραστηριότητες των μαθητών (Σπυροπούλου – Κατσάνη,2000:105; Καριώτογλου,2006:90) για την έννοια της δύναμης της τριβής:

Πίνακας 8.1: Η συνοπτική (πιθανή) πορεία διδασκαλίας και οι φάσεις της για την εκτέλεση πειραμάτων (εικονικών ή πραγματικών) σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Φάσεις διδασκαλίας		Διδακτικές ενέργειες	Δραστηριότητες των μαθητών
1^η Φάση	Έναυσμα Ενδιαφέροντος Ανάδειξη των ιδεών	- Ο δάσκαλος αρχικά εξοικειώνει και προσανατολίζει τους μαθητές σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής και τους προτρέπει να απαντήσουν στις ερωτήσεις του αρχικού φύλλου εργασίας (1) (προτεστ).	Οι μαθητές συμπληρώνουν το αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προτεστ) και εκφράζουν τις εναλλακτικές τους ιδέες.
2^η Φάση	Προβλέψεις	- Ο δάσκαλος προκαλεί	Οι μαθητές κάνουν

	Υποθέσεις - Ανάδειξη των ιδεών	συζήτηση και προβληματίζει τους μαθητές. Στη συνέχεια τους καλεί (μέσα από υποθετικά πειράματα) να προβλέψουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της τριβής και να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις.	προβλέψεις - υποθέσεις και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις.
3^η Φάση	Δοκιμασία των ιδεών, καταγραφή των αποτελεσμάτων και εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου – (Αποδεικτικός) Πειραματισμός και Εξαγωγή Συμπερασμάτων	Ο δάσκαλος ενεργοποιεί τους μαθητές να εκτελέσουν αποδεικτικά (επιβεβαιωτικά ή απορριπτικά) πειράματα, ώστε στη συνέχεια να ελέγξουν τις προβλέψεις και τις υποθέσεις τους. Μετά, τους καλεί να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας (3) - Πειράματα. Σε αυτή τη φάση οι πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές στοχεύουν στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή (ή στην ενίσχυση των ιδεών των μαθητών που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο). Σε αυτή τη φάση περιλαμβάνεται και η εισαγωγή από τον δάσκαλο της νέας – επιστημονικής γνώσης, η οποία ερμηνεύει τα αποτελέσματα των αποδεικτικών πειραμάτων.	Οι μαθητές σε δυνάδες εκτελούν τα πραγματικά (ή εικονικά) πειράματα. Καταγράφουν τις παρατηρήσεις, τα συμπεράσματα τους και απαντούν στο φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα. Οι μαθητές απορρίπτουν ή επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις και τις υποθέσεις τους Οι μαθητές δοκιμάζουν την αξιοπιστία των ιδεών τους. Οι μαθητές συγκρίνουν τις ιδέες τους με τις επιστημονικές.

		Ο δάσκαλος θα πρέπει να δείξει την ανωτερότητα της νέας γνώσης.	
4^η Φάση	Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου – Γενίκευση	Ο δάσκαλος καλεί τους μαθητές να εξηγήσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος ή να ερμηνεύσουν κάποιο φαινόμενο εφαρμόζοντας τη νέα γνώση, με τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας (4) – Εφαρμογές (μετατεστ).	Οι μαθητές εφαρμόζουν και γενικεύουν αυτά που διαπίστωσαν, συμπληρώνοντας το φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετατεστ).
5^η Φάση	Ανασκόπηση των ιδεών των μαθητών – Μεταγνώση - Εμπέδωση	Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές την τοποθέτησή τους πάνω στη νέα γνώση σε σύγκριση με την παλιά. Ο δάσκαλος οδηγεί τους μαθητές, μέσα από συζήτηση, σε μεταγνωστικές διαδικασίες.	Οι μαθητές συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους. Οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις: «Τι έλεγες πριν;» «Τι νομίζεις τώρα;» «Γιατί άλλαξες γνώμη;».

12.Πραγματικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα πραγματικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής είναι τρία (3). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεστούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής που ασκείται σε ένα κινούμενο σώμα (αντικείμενο) εξαρτάται από το είδος (φύση) της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται το σώμα (αντικείμενο)».

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (*με τη χρωματιστή κιμωλία*) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, κάλυψε όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της παραπάνω συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε πάλι πάνω σε αυτόν το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

2^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής εξαρτάται από το βάρος του σώματος που κινείται πάνω σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο».

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

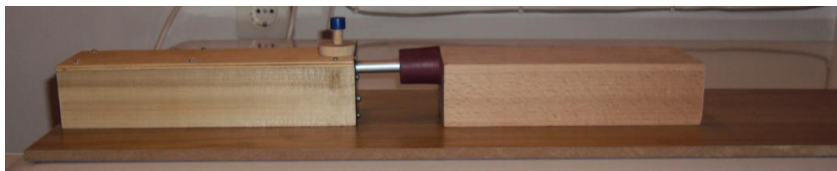
Πάλι έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ **Πρώτη περίπτωση:**

1^ο Βήμα:

Στη πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το *κουμπί της συσκευής εκτίναξης*, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν *σταματήσει*, παρατήρησε και σημείωσε (*με τη χρωματιστή κιμωλία*) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ **Δεύτερη περίπτωση:**

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και αύξησε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε τα δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίδα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσουν, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησαν τα δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα;

.....
Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ένα ή τα δύο ξύλινα παραλληλεπίπεδα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;
.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- **είδος επιφάνειας** επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- **βάρος** αντικειμένου
- **δύναμη** με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- **επιφάνεια (πλευρά)** αντικειμένου
- **απόσταση** που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

12.3 Τρίτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το τρίτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν (μέγεθος) της επιφάνειας με την οποία ακουμπά το σώμα πάνω στο σταθερό οριζόντιο επίπεδο (ή είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του εμβαδού των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή)».

Στο τρίτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

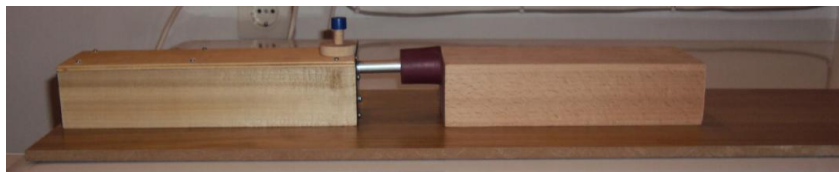
Έχεις στη διάθεση σου την ίδια συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη ενέργεια, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στο διάδρομο με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- **είδος επιφάνειας** επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- **βάρος** αντικειμένου
- **δύναμη** με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- **επιφάνεια** (πλευρά) αντικειμένου
- **απόσταση** που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα πραγματικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια της τριβής απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 8.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής



Εικόνα 8.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής



Εικόνα 8.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής

13. Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση του σεναρίου αφορά κυρίως την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Για την αξιολόγηση χορηγήθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ).

14. Επεκτασιμότητα: Το σενάριο μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους διδακτικούς στόχους. Για παράδειγμα, μέσα από δραστηριότητες οι μαθητές να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγούν περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή στις οποίες η τριβή είναι επιθυμητή και περιπτώσεις στις οποίες είναι ανεπιθύμητη. Πιο αναλυτικά, αυτό μπορεί να γίνει υλοποιώντας πειραματικές δραστηριότητες βάζοντας λάδι (ή νερό) ανάμεσα στις επιφάνειες που τρίβονται. Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές κατανοούν γιατί είναι επιθυμητή η μείωση της τριβής που επιτυγχάνεται με το λάδι, όταν το βάζουμε στον κινητήρα του αυτοκινήτου ή στους μεντεσέδες στις πόρτες.

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₁ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

8.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Εισαγωγικά, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού με στόχο τη βέλτιστη αξιοποίησή του στη διδακτική πράξη, χωρίς ωστόσο να επιτευχθούν από ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα ως προς την υλοποίηση μαθησιακών αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, αυτές οι κατηγοριοποιήσεις σχετίζονται:

- α) με τη θεωρητική προσέγγιση – παιδαγωγική θεώρηση στην οποία βασίζεται η σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού
- β) με τις τεχνολογίες τις οποίες αξιοποιεί και διαχειρίζεται το λογισμικό
- γ) με το βαθμό παρέμβασης και δράσης του χρήστη (Μικρόπουλος, 2004; Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:74)

Παρόλα αυτά, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010), προκύπτει ότι: «η κατηγοριοποίηση ή η ταξινόμηση του εκπαιδευτικού λογισμικού ως προς οποιαδήποτε παράμετρο θεώρησής του δεν έχει να προσφέρει σημαντικά στοιχεία στη μαθησιακή διαδικασία. Η ουσιαστική προσφορά εντοπίζεται στον τρόπο χρήσης κατά την αξιοποίησή του στη διδακτική πράξη. Ο τύπος των μαθησιακών δραστηριοτήτων που σχεδιάζει ο εκπαιδευτικός και υλοποιεί ο μαθητής με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό περιλαμβάνει την παιδαγωγική, αλλά και τεχνολογική θεώρηση του εκπαιδευτικού. Ωστόσο, είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι εκπαιδευτικά προϊόντα λογισμικού εποικοδομητικού τύπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται με συμπεριφοριστικό τρόπο ή – αντίθετα - ανοικτά υπερμεσικά περιβάλλοντα να αξιοποιούνται μόνο για την πρόσκτηση της υπάρχουσας έτοιμης πληροφορίας» (σελ.75).

Αυτοί οι περιορισμοί έχουν ως αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η σχεδίαση και η ανάπτυξη μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη συνδρομή των ΤΠΕ και ειδικότερα των λογισμικών προσομοιώσεων ως γνωστικών εργαλείων στο πλαίσιο σεναρίων διδασκαλίας για συγκεκριμένο θέμα και με συγκεκριμένους στόχους. Αυτή η διαδικασία προσφέρει ευελιξία στον εκπαιδευτικό και τον μαθητή για τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού με χαρακτηριστικά των γνωστικών εργαλείων και κύριο στόχο την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και την οικοδόμηση της γνώσης (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010:75).

Με άλλα λόγια, ένα εκπαιδευτικό λογισμικό και ειδικότερα ένα λογισμικό προσομοίωσης μετατρέπεται σε κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον εφόσον υπάρχουν

κατάλληλα σενάρια και δραστηριότητες, οι οποίες βοηθούν τελικά τους μαθητές να εποικοδομήσουν τις γνώσεις τους και να αποκτήσουν στοιχεία επιστημονικής μεθοδολογίας (Ψύλλος κ.ά.,2008α). Επομένως, ένα λογισμικό προσομοίωσης μπορεί να συμβάλλει στην εκπαιδευτική διαδικασία όχι μόνο με τις ποικίλες δυνατότητες που προσφέρει στους μαθητές και στο διδάσκοντα, αλλά και με τον κατάλληλο παιδαγωγικό σχεδιασμό των συνοδευτικών μαθησιακών δραστηριοτήτων, δηλαδή ποιοι είναι οι μαθησιακοί στόχοι, ποιες είναι οι μαθησιακές στρατηγικές και μεθοδολογίες, ποιες οι ενέργειες των μαθητών και ο βαθμός ενεργοποίησής τους, ποιος ο ρόλος του εκπαιδευτικού, κλπ.. Κατά συνέπεια, οι μαθησιακές δραστηριότητες αποτελούν όχι μόνο ουσιαστικό συνοδευτικό στοιχείο ενός λογισμικού προσομοίωσης, αλλά τον πυρήνα ενός σεναρίου που επιτρέπει και προάγει τη διδακτική του αξιοποίηση για τη διερεύνηση, την ενεργητική μάθηση και την οικοδόμηση των επιστημονικών γνώσεων (Τζιμογιάννης,2010).

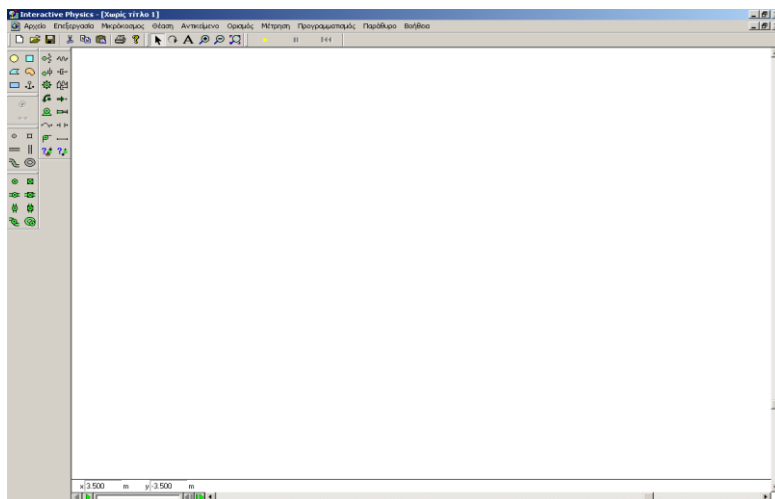
Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκαν εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοίωσης τα οποία εντάχθηκαν στη διδακτική πράξη ως γνωστικά εργαλεία⁴⁶, μέσα από κατάλληλα σενάρια διδασκαλίας και κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες, που στηρίζονται στις αρχές της εποικοδόμησης της γνώσης και της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Εκτός των τελευταίων κριτηρίων, επιδιώχθηκε τα λογισμικά προσομοίωσης που επιλέχθηκαν: α) να ενσωματώνουν, με βάση τις αρχές του εποικοδομητισμού, δυνατότητες και δραστηριότητες που θα αντιμετωπίζουν τη μάθηση ως εννοιολογική αλλαγή (Τζιμογιάννης,2004:244) και β) να προσομοιώνουν έναν μεγάλο αριθμό εργαστηριακών διατάξεων και οργάνων με μεγάλη πιστότητα ως προς τα πραγματικά αντικείμενα και να επιτρέπουν την πλήρη αλληλεπίδραση με το εικονικό αλληλεπιδραστικό περιβάλλον, δίνοντας τη δυνατότητα στο μαθητή να εργάζεται πάνω σε αντικείμενα παρόμοια ως προς τα πραγματικά. Και αυτό διότι σύμφωνα με τον Papert τα αντικείμενα δεν περιορίζονται μόνο στα πραγματικά αντικείμενα, αλλά και στα εικονικά τα οποία μπορούν να προσομοιάζουν στις ιδιότητες και στη συμπεριφορά με τα πραγματικά (Ψύλλος κ.ά.,2002; Τσιχουρίδης & Βαβουγιός,2007; Ψύλλος κ.ά.,2008β).

Ειδικότερα, με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για το

⁴⁶ Προϋπόθεση για την αξιοποίηση των γνωστικών εργαλείων από τον μαθητή και τον εκπαιδευτικό είναι ορισμένες βασικές τεχνικές δεξιότητες. Η ευχρηστία, η φιλικότητα, η ευελιξία, η συνέργεια με άλλα προϊόντα λογισμικού, η επαναχρησιμοποίηση διαδικασιών, τύπων δεδομένων και πληροφοριών, καθώς και η επεκτασιμότητα αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την επιλογή ενός λογισμικού ως γνωστικού εργαλείου (Μικρόπουλος & Μπέλλου,2010:65).

σχεδιασμό και την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής.

Πιο αναλυτικά, στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης φυσικών φαινομένων Interactive Physics και ειδικότερα η έκδοση του 2005 (εικόνα 8.5) για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής. Ο εξελληνισμός και η προσαρμογή του εκπαιδευτικού λογισμικού Interactive Physics στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα υλοποιήθηκε το 2002 στο πλαίσιο της «Κίρκης» (έργο της Δράσης ΙΙ: «Εκπαιδευτικό Λογισμικό», της ενέργειας «Οδύσσειας» ΕΠΕΑΕΚ / Β΄ ΚΠΣ) και είναι πιστοποιημένο από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (Μικρόπουλος,2006; Καλκάνης κ.ά.,2006; Καλκάνης κ.ά.,2008; Ψύλλος κ.ά.,2008α).



Εικόνα 8.5 : Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics 2005

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με ερευνητές (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,1998:317; Τζιμογιάννης κ.ά.,1998:1-6; Τζιμογιάννης,1999β:111 – 112; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α:121-122; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000β:128; Τζιμογιάννης,2004:245 - 246; Τζιμογιάννης,2007:322) με αυτό το λογισμικό παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός πλήρους εικονικού εργαστηρίου Φυσικής στον υπολογιστή, το οποίο υποστηρίζεται από ένα ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης σε χώρο δύο διαστάσεων. Ο χρήστης έχει στη διάθεσή του διάφορα εργαλεία και μπορεί, με απλούς χειρισμούς, να δημιουργήσει το πείραμά του στην οθόνη. Στη συνέχεια, εισάγει τις αρχικές συνθήκες και τιμές των φυσικών μεγεθών και το λογισμικό προσομοιώνει την εξέλιξη του πειράματος, εμφανίζοντας άμεσα το τελικό αποτέλεσμα στην οθόνη. 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 - διεπαφής (interface) και ενσωματώνει μία σειρά από δυνατότητες, οι οποίες διαμορφώνουν ένα εναλλακτικό εργαστήριο Φυσικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους:

- ✓ ως μέσο παρουσίασης και επίδειξης προσομοιώσεων πειραμάτων από το δάσκαλο - ερευνητή
- ✓ ως ένα εικονικό εργαστήριο για την υλοποίηση και εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές
- ✓ ως μέσο εξάσκησης και ανάπτυξης μοντέλων από τους ίδιους μαθητές για την επίλυση προβλημάτων

Η εκτέλεση των εφαρμογών του λογισμικού μπορεί να γίνει σε δύο τρόπους λειτουργίας: α) *λειτουργία σύνταξης (edit mode)*: Ο μαθητής έχει πρόσβαση σε όλα τα εργαλεία και τις εντολές του πακέτου, έχοντας τη δυνατότητα αλλαγής ή τροποποίησης των παραμέτρων του πειράματος

β) *λειτουργία εκτέλεσης (player mode)*: Ο μαθητής έχει πρόσβαση μόνο (όπως και στην παρούσα έρευνα) στις εντολές εκτέλεσης (RUN), διακοπής (STOP), επαναφοράς (RESET) και τους ελέγχους που έχει ορίσει ο δημιουργός της εφαρμογής όπως ρύθμιση της επιτάχυνσης βαρύτητας (BAPYTHTA), της ταχύτητας (TAXYTHTA) κτλ., επιλέγοντας τα αντίστοιχα πλήκτρα. Η κατάσταση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, ειδικότερα στα εισαγωγικά μαθήματα, καθώς θωρακίζονται οι διάφορες εντολές του προγράμματος καθιστώντας απλούστερο το περιβάλλον προσομοίωσης για τους μαθητές.

Η επιλογή του πακέτου Interactive Physics 2005 οφείλεται ,κυρίως, σε τρεις λόγους:

- ✓ στη φιλικότητα και ευελιξία του περιβάλλοντος επικοινωνίας χρήστη-υπολογιστή
- ✓ στο ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης (είναι κατάλληλο ακόμη και για τη στροβοσκοπική μελέτη φυσικών φαινομένων με βάση τους νόμους της Μηχανικής)
- ✓ στην ιδιαιτερότητα των προσομοιώσεων που θέλαμε να κατασκευάσουμε σχετικά με τους παράγοντες από τους εξαρτάται η δύναμη της τριβής

Ο δάσκαλος - ερευνητής 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, λοιπόν, τις δυνατότητες του Interactive Physics ο δάσκαλος - ερευνητής μπορεί:

- να εισάγει ή να τροποποιεί τις συνθήκες του πειράματος, έχοντας τη δυνατότητα να καθορίζει τις τιμές μεγεθών όπως είναι η μάζα, πυκνότητα, θέση, ταχύτητα, τριβή, ελαστικότητα, φορτίο ή ροπή αδράνειας των σωμάτων
- να τροποποιεί το φυσικό περιβάλλον (workspace) του πειράματος έχοντας τη δυνατότητα αλλαγών σε ιδιότητες όπως είναι η βαρύτητα, αντίσταση αέρα, ηλεκτροστατική δύναμη ή να ορίζει ο ίδιος δυνάμεις με τη μορφή αλληλεπιδράσεων πεδίων (μαγνητικό πεδίο, πεδίο αέρα ή ηλεκτρονικού πυροβόλου)
- 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 καταγράφει τα ίχνη της κίνησης σωμάτων στην οθόνη, δυνατότητα που παρέχει μία στροβοσκοπική εικόνα παρατήρησης και μελέτης του πειράματος
- να παρατηρεί τα πειράματα του από διάφορα αδρανειακά συστήματα αναφοράς που συνδέονται με το κέντρο μάζας οποιουδήποτε σώματος
- να τροποποιεί το περιβάλλον διεπαφής (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 εξάγει τα δεδομένα του πειράματος σε άλλα πακέτα λογισμικού για παραπέρα 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 μεγέθη του πακέτου, εισάγοντας την κατάλληλη συνάρτηση στο πεδίο που περιγράφει την έξοδο του οργάνου. Μια συνάρτηση δημιουργείται εύκολα συνδυάζοντας ή δρώντας στις τιμές των προκαθορισμένων μεγεθών με τους κατάλληλους μαθηματικούς ή λογικούς τελεστές, κατ' αναλογία με τα

πακέτα φύλλων εργασίας

Ταυτόχρονα, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα με απλούς χειρισμούς:

- να εκτελεί πειράματα και να επιλύει προβλήματα, βλέποντας άμεσα 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 διαπιστώνει τις αντιφάσεις του και να αποκτά γνώση των εναλλακτικών ιδεών του για φαινόμενα, νόμους και διαδικασίες της Φυσικής
- να αλληλεπιδρά δυναμικά με το περιβάλλον της προσομοίωσης, καθώς μπορεί να τροποποιεί τις αρχικές συνθήκες ή παραμέτρους του πειράματος, να κάνει προβλέψεις και να οδηγηθεί σε συμπεράσματα

Ωστόσο, οι περιορισμοί του πακέτου προέρχονται μόνο από τις αριθμητικές μεθόδους ολοκλήρωσης που χρησιμοποιεί. Έτσι, δεν μπορεί να χειριστεί καταστάσεις υλικού σημείου ή δεν δίνει άριστα αποτελέσματα προσομοίωσης σε οριακές καταστάσεις πολύ υψηλών ταχυτήτων ή επιταχύνσεων. Οι περιορισμοί αυτοί μπορούν να ξεπεραστούν στη πλειονότητα των παραδειγμάτων, ώστε να μην αποτελούν σοβαρό μειονέκτημα για την αξιοποίηση του Interactive Physics στη διδασκαλία της Φυσικής.

Συμπερασματικά, μερικοί από τους γενικούς διδακτικούς στόχους του λογισμικού (Ψύλλος κ.ά.,2008α) είναι:

- Να ασκηθούν οι μαθητές στην περιγραφή, στην ερμηνεία και στην πρόβλεψη φαινομένων
- Να ασκηθούν στη διαδικασία μοντελοποίησης φαινομένων ή καταστάσεων
- Να καλλιεργήσουν νοητικές δεξιότητες για την αντιμετώπιση προβλημάτων

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές ερευνητικές εργασίες με τη βοήθεια του συγκεκριμένου λογισμικού, οι οποίες εστιάζουν κυρίως σε έννοιες της Μηχανικής και πιο συγκεκριμένα σε έννοιες:

- ❖ της κινηματικής σε μαθητές Λυκείου (Τζιμογιάννης κ.ά.,1998; Jimoyiannis et al.,2000; Jimoyiannis & Komis,2001), αλλά και σε φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,1998; Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος,2000α;2000β)
- ❖ της αδράνειας σε μαθητές γυμνασίου (Λουκά κ.ά.,2002)

- ❖ της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης σε μαθητές γυμνασίου (Παναγιωτακόπουλος κ.ά.,2004)
- ❖ της ελεύθερης πτώσης σε μαθητές δημοτικού σχολείου (Μικρόπουλος,2006)
- ❖ της κρούσης σε μαθητές λυκείου (Αγγελής & Μικρόπουλος,2007)
- ❖ της ταχύτητας σε μαθητές δημοτικού σχολείου (Σισσαμπέρη & Φύττας,2009)

8.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₂).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων, σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, είναι πανομοιότυπος με τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, εκτός από τα τμήματα 10.1, 12, 12.1, 12.2 και 12.3. Αυτά τα τμήματα του οδηγού οργάνωσης των εικονικών πειραμάτων περιλαμβάνουν τα εξής:

10.Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

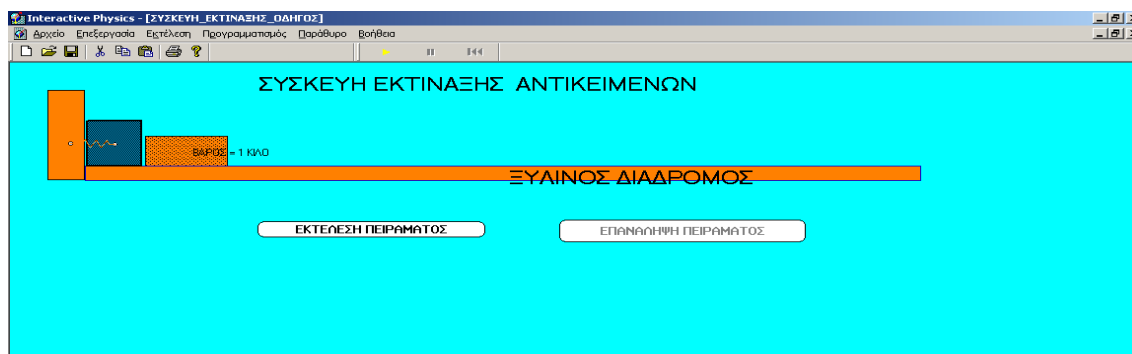
10.1 Εικονικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης. Για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων απαιτείται η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics.

Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν την από τη διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics. Για την εξοικείωση με το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics σχεδιάστηκε και χορηγήθηκε στους μαθητές «Οδηγός εξοικείωσης» για ορθή χρήση του λογισμικού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III).

Τα πειράματα πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών) όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics (στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά) απεικονίζεται παρακάτω (εικόνα 8.6):



Εικόνα 8.6: Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων στην οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics

Η συσκευή που απεικονίζεται στην εικόνα (8.6) αποτελείται από δύο μέρη:

A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός σώματος με ελατήριο.

Αρχικά, *συσπειρώνουμε το ελατήριο* και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας το κουμπί Εκτέλεση πειράματος.

B) Από ένα ξύλινο διάδρομο, στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.

Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Αναφορικά με τη συσκευή εκτίναξης πρέπει να σημειωθεί ότι αποτελεί μια αυτοσχέδια κατασκευή - ιδιοκατασκευή (κατασκευάστηκε από τον ερευνητή) με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics (Νιτσόπουλος & Ζιάκη – Τσαμπίκα, 2008) και βοηθά τους μαθητές να δεχθούν ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε αντικείμενο (σώμα) που εκτινάσσεται, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η εμφάνιση εναλλακτικών ιδεών σχετικά με την κίνηση των αντικειμένων. Για παράδειγμα, αρκετοί μαθητές αποδίδουν τις διαφορές των αποστάσεων τις οποίες διανύουν τα σώματα όταν τα ωθούμε στη διαφορετική αρχική δύναμη που δέχονται. Είναι γνωστό ότι η διαισθητική σκέψη οδηγεί ακόμα και μαθητές των δυο τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου σε ένα συλλογισμό σύμφωνα με τον οποίο: «η ποσότητα της κίνησης είναι ανάλογη με την ποσότητα της δύναμης». Όταν, λοιπόν, χρησιμοποιείται αυτή η συσκευή όλοι οι μαθητές δέχονται ότι ασκείται η ίδια αρχική δύναμη στο κινούμενο σώμα.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics σχεδιάστηκαν από τον ίδιο τον δάσκαλο - ερευνητή οι προσομοιώσεις σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής. Στη συνέχεια, εγκαταστάθηκαν ως αρχεία στην επιφάνεια εργασίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών για να εκτελεστούν τα εικονικά πειράματα από τους μαθητές.

12.Εικονικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα εικονικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής είναι τρία (3). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεσθούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής που ασκείται σε ένα κινούμενο σώμα (αντικείμενο) εξαρτάται από το είδος (φύση) της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται το σώμα (αντικείμενο)».

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:

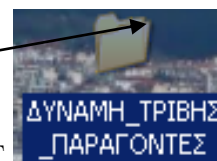


ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Πήγαινε στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

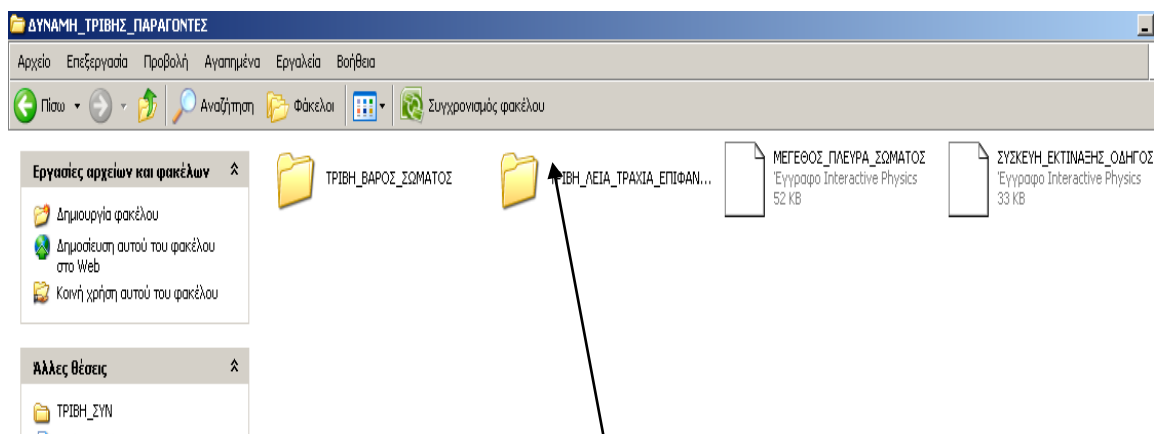
κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:

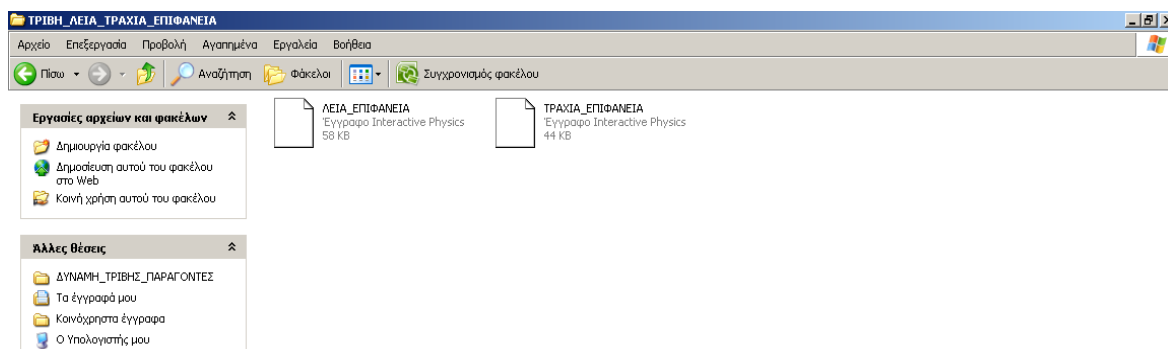
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: *ΤΡΙΒΗ_ΛΕΙΑ_ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



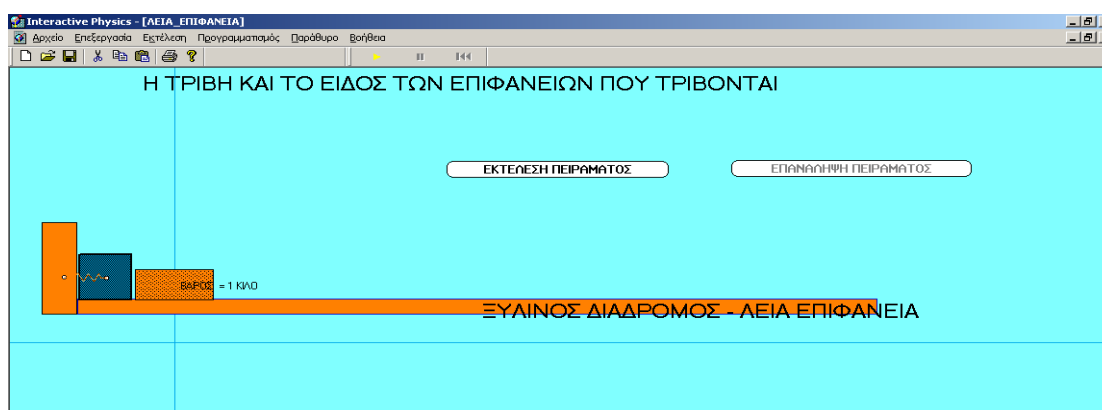
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποιήσε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση - ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην πρώτη περίπτωση με τη λεία επιφάνεια, τοποθετήσαμε ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

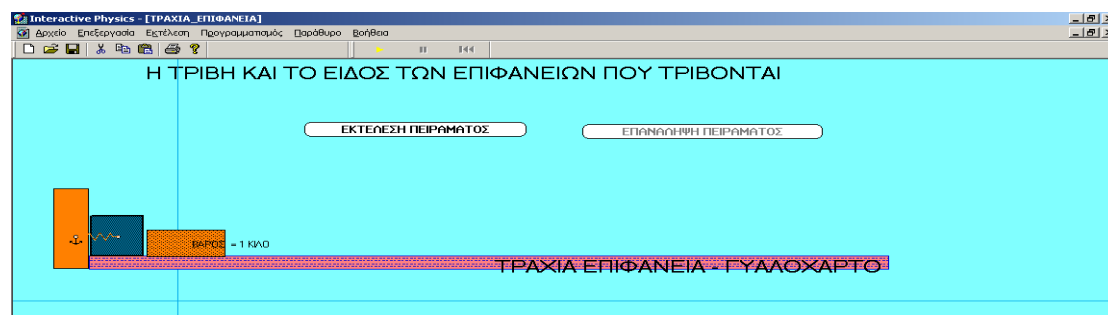
ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

❖ Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ: 7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ,

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην δεύτερη περίπτωση με τη τραχιά επιφάνεια, τοποθετήσαμε το ίδιο ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στην τραχιά επιφάνεια (γυαλόχαρτο).

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στην τραχιά επιφάνεια.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

12.2Δεύτερο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής εξαρτάται από το βάρος του σώματος που κινείται πάνω σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο».

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

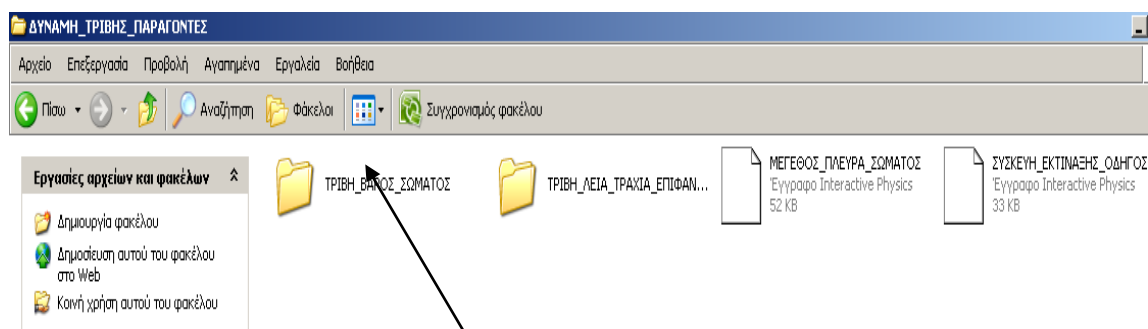
Αφού κλείσεις τα αρχεία του πρώτου πειράματος,
πήγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και



κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

2^ο Βήμα:

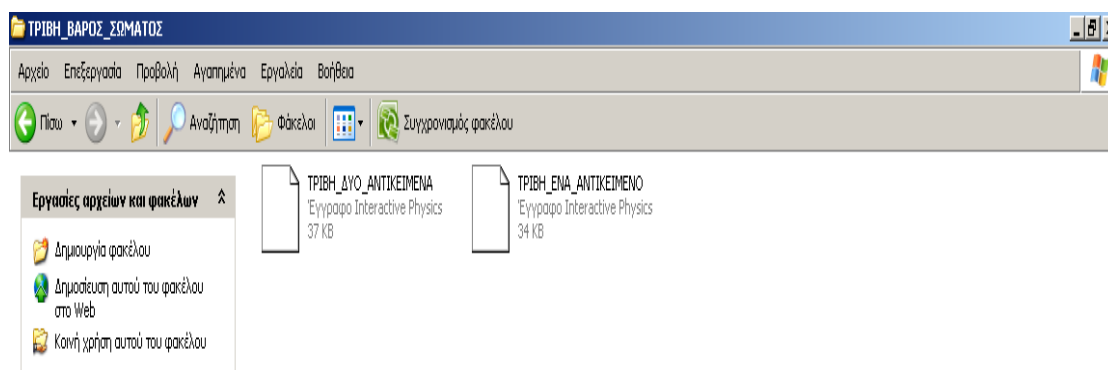
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΤΡΙΒΗ_ΒΑΡΟΣ_ΣΩΜΑΤΟΣ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



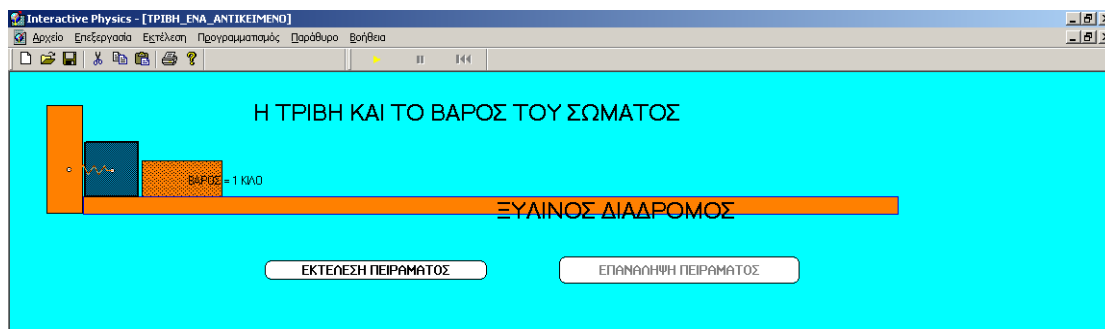
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποιήσε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τοποθετήσαμε πάλι ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

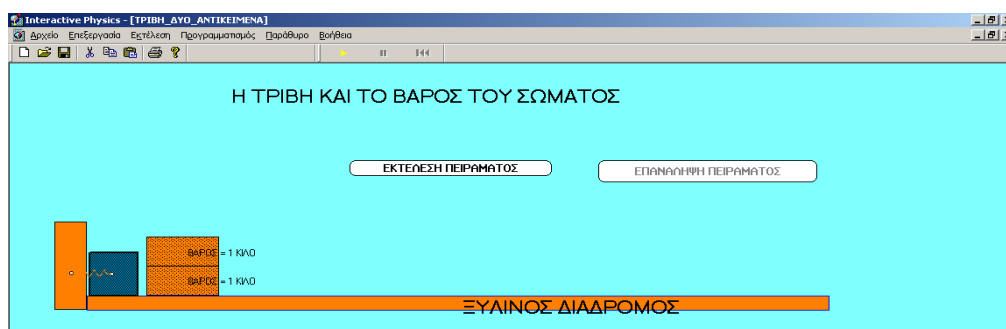
❖ **Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ:**

7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο *ΤΡΙΒΗ_ENA_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ*.

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΤΡΙΒΗ_ΔΥΟ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, αυξήσαμε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο αντικείμενο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο αντικείμενο στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δύο ίδια ξύλινα αντικείμενα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα δύο ίδια ξύλινα αντικείμενα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΔΥΟ ΙΔΙΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο αντικείμενο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δύο ίδια ξύλινα αντικείμενα;

.....
Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ένα ή τα δύο ξύλινα αντικείμενα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;
.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

12.3 Τρίτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης *Interactive Physics*:

Το τρίτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν (μέγεθος) της επιφάνειας με την οποία ακουμπά το σώμα πάνω στο σταθερό οριζόντιο επίπεδο (ή είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του εμβαδού των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή)».

Στο τρίτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

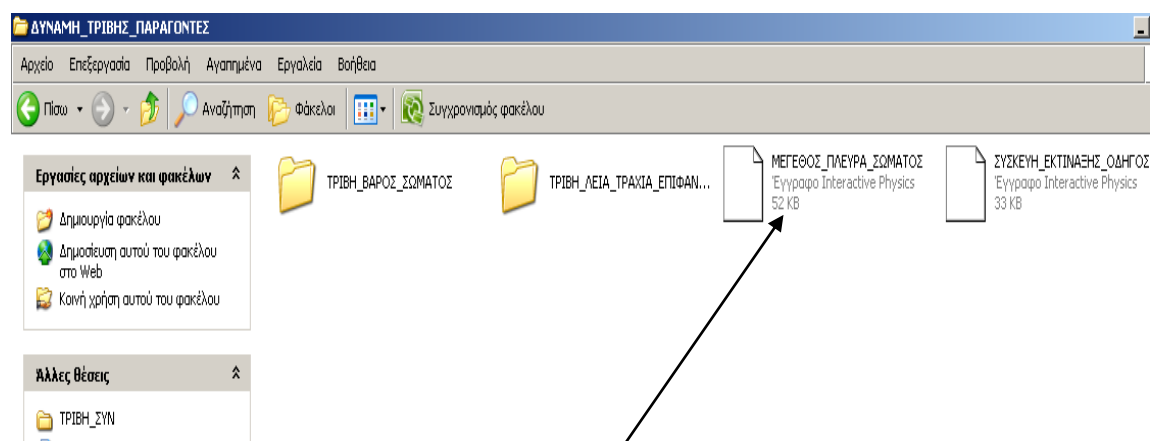
Αφού κλείσεις τα αρχεία του δεύτερου πειράματος, πήγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

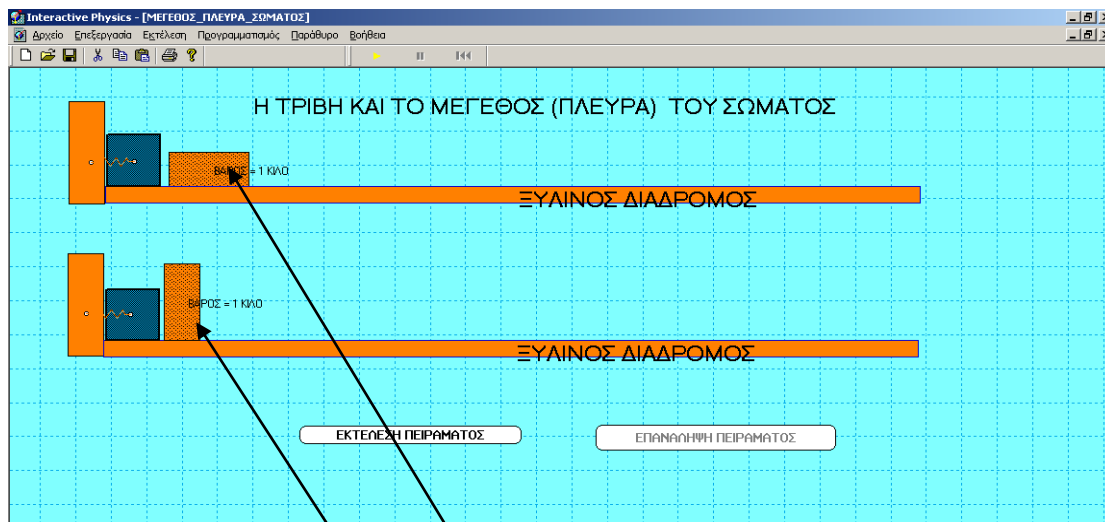
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΜΕΓΕΘΟΣ_ΠΛΕΥΡΑ_ΣΩΜΑΤΟΣ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη, όπου έχουμε δύο περιπτώσεις πειραμάτων:



❖ **Πρώτη περίπτωση:**

Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του.

❖ **Δεύτερη περίπτωση:**

Στη δεύτερη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια).

4^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δύο ξύλινα αντικείμενα (στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση) να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν το καθένα πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα ξύλινα αντικείμενα και στις δύο περιπτώσεις.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ, ΠΕΡΙΠΟΥ, ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....
Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;
.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

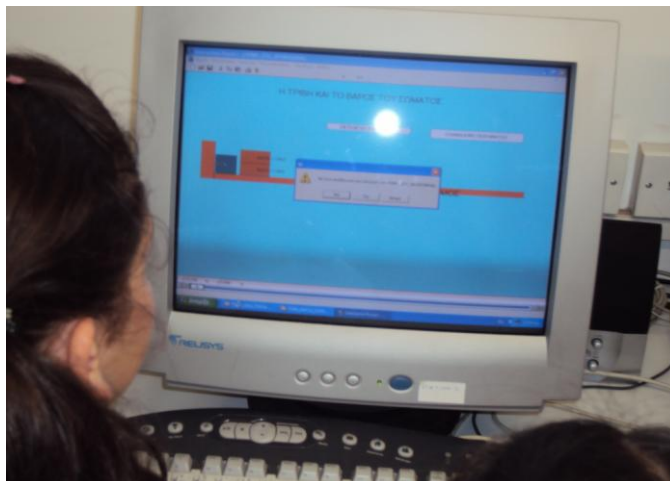
3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα εικονικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια της τριβής απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 8.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής



Εικόνα 8.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής



Εικόνα 8.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₂ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

8.2 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας – Στατιστική ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Τα αποτελέσματα, που προκύπτουν από τις απαντήσεις των μαθητών πριν (αρχικό φύλλο εργασίας (1) – προτεστ) και μετά⁴⁷ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές - μετατεστ) από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, παρουσιάζονται και αναλύονται στο παρόν Κεφάλαιο για την έννοια της δύναμης της τριβής (αλλά και για τις υπόλοιπες έννοιες στο Ένατο, Δέκατο και Ενδέκατο Κεφάλαιο αντίστοιχα), λαμβάνοντας υπόψη τα εξής:

1. Τον υπολογισμό της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) ανά ερώτηση (πριν – μετά) και την παρουσίασή τους υπό μορφή πινάκων ανά τάξη και είδος ομάδας.
2. Τον υπολογισμό μέσων τιμών ανά ερώτηση (πριν – μετά) και το στατιστικό έλεγχο μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) ανά ερώτηση και την παρουσίαση τους υπό μορφή πινάκων και γραφημάτων ανά τάξη και είδος ομάδας.
3. Την καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) ανά ερώτηση των γνωστικών επιπέδων κατά την ταξινομία SOLO (πριν – μετά) και την παρουσίασή τους υπό μορφή πινάκων ανά τάξη και είδος ομάδας. Επιπρόσθετα, μετά από αυτή την καταγραφή παρουσιάζονται ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών με βάση την ταξινομία SOLO.

Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν γενικά γραμμικά μοντέλα και για την ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των κατηγοριών των ανεξάρτητων μεταβλητών που καταγράφηκαν διεξάχθηκαν έλεγχοι πολλαπλών συγκρίσεων Tukey's HSD. Σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα με παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha < 0.05$ θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικά. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο στατιστικό πακέτο STATISTICA 8.0.

8.2.1 Η «Μηδενική» και η «εναλλακτική» στατιστική υπόθεση

Πριν από την αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, για την έννοια της δύναμης της τριβής αλλά και για τις άλλες τρεις έννοιες που έχουν μελετηθεί στην

⁴⁷ Τα φύλλα εργασίας (προτεστ και μετατεστ) για την έννοια της δύναμης της τριβής βρίσκονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₁ και II₂.

παρούσα έρευνα, διατυπώνονται η «μηδενική» και η αντίστοιχη εναλλακτική στατιστική υπόθεση (Παρασκευόπουλος,1993α:93; Κατσίλλης,2006:83; Εμβαλωτής κ.ά.,2006:54), οι οποίες είναι οι ίδιες και για τις τέσσερις υπό μελέτη έννοιες.

Πιο αναλυτικά, η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έχει ως εξής:

I) Ορίσθηκε η μηδενική υπόθεση (H_0).

Η μηδενική υπόθεση (H_0), η οποία είναι αντίθετη με το (δι)ερευνητικό ερώτημα, είναι η εξής:

H_0 : $\mu_\pi = \mu_\epsilon$,

όπου μ_π είναι ο μέσος όρος της πειραματικής ομάδας και μ_ϵ ο μέσος όρος της ομάδας ελέγχου.

Κατά συνέπεια, η μηδενική υπόθεση αναφέρει ότι ο μέσος όρος της πειραματικής ομάδας είναι ίσος με τον μέσο όρο της ομάδας ελέγχου.

II) Ορίσθηκε η εναλλακτική υπόθεση (H_1).

Η εναλλακτική υπόθεση (H_1), η οποία είναι αντίθετη από τη μηδενική και περίπου ίδια με το (δι)ερευνητικό ερώτημα⁴⁸, είναι η εξής:

H_1 : $\mu_\pi \neq \mu_\epsilon$

Κατά συνέπεια, η εναλλακτική υπόθεση αναφέρει ότι ο μέσος όρος της πειραματικής ομάδας είναι διαφορετικός με τον μέσο όρο της ομάδας ελέγχου.

III) Ορίσθηκε το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας σε $\alpha = 0,05$.

IV) Από τα αποτελέσματα της υπολογιστικής ανάλυσης βρίσκεται η τιμή p (p – value)

V) Συγκρίνεται το στατιστικό (p) με το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (α) για να διαπιστωθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αριθμητικών μέσων των δύο ομάδων.

Πιο συγκεκριμένα, αν το $p > \alpha$, αποτυγχάνεται η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (H_0) και συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

⁴⁸ Για παράδειγμα, το πρώτο από τα τέσσερα διερευνητικά ερωτήματα (τα οποία διαφέρουν μόνο ως προς την έννοια που διερευνάται), διατυπώνεται ως εξής: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής;».

Αν $p < \alpha$, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0) και συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

8.2.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

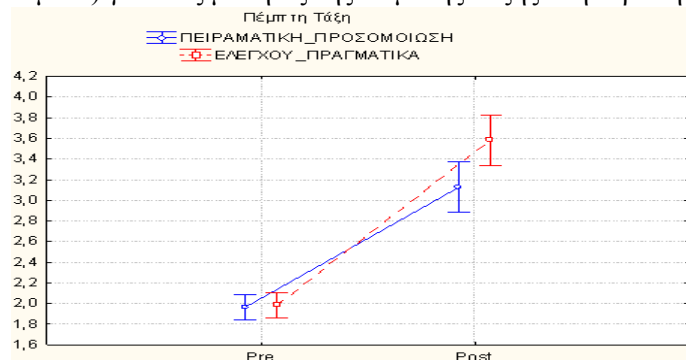
Από την επεξεργασία των προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₁ και Π₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.2).

Πίνακας 8.2: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1): «Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

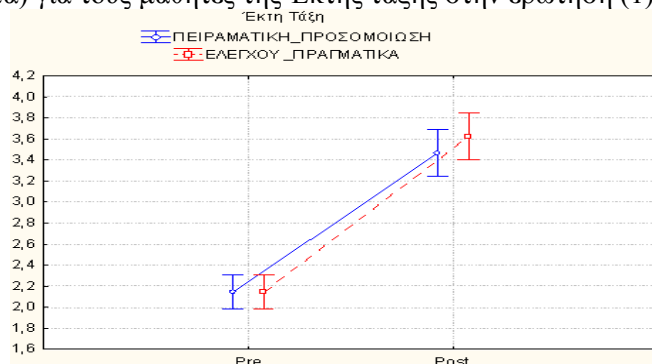
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,96	,47	3,13	1,02
			Έκτη	2,14	,62	3,46	,89
			Σύνολο	2,05	,55	3,30	,97
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,98	,45	3,58	,81
			Έκτη	2,14	,62	3,62	,78
			Σύνολο	2,06	,54	3,60	,79
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,97	,46	3,35	,94
			Έκτη	2,14	,61	3,54	,84
			Σύνολο	2,06	,55	3,45	,89

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.1), (8.2) και στον πίνακα (8.3).

Γράφημα 8.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1)



Γράφημα 8.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1)



Πίνακας 8.3: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,53479, df=422,14									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,9636	3,1273	2,1429	3,4643	1,9818	3,5818	2,1429	3,6250
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,902540	0,000032	1,000000	0,000032	0,902540	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,227845	0,000032	0,024733	0,000032	0,008102
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,902540	0,000032		0,000032	0,943073	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,227845	0,000032		0,000032	0,990370	0,000032	0,942325
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,943073	0,000032		0,000032	0,943073	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,024733	0,000032	0,990370	0,000032		0,000032	0,999986
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,902540	0,000032	1,000000	0,000032	0,943073	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,008102	0,000032	0,942325	0,000032	0,999986	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,5818 και για την πειραματική ομάδα 3,1273 (Πίνακας 8.3, Γράφημα 8.1). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,024733<0,05$] (Πίνακας 8.3). Κατά συνέπεια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις

(καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 3 μαθητές της ομάδας ελέγχου (5,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.4) όπου σε αυτό το τελευταίο επίπεδο εντάσσονται οι απολύτως ορθές απαντήσεις. Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 44 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 80%. Πιο συγκεκριμένα, η απάντηση από 1 μαθητή (1,8%) κατατάχθηκε στο Πολυδομικό επίπεδο και οι απαντήσεις από 43 (78,2%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 74,6%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου⁴⁹ πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,6250 και για την πειραματική ομάδα 3,4643 (Πίνακας 8.3, Γράφημα 8.2). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,942325>0,05$] (Πίνακας 8.3). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,5%) και από 7 μαθητές της πειραματικής ομάδας (12,5%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.5). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 46 μαθητές της ομάδας ελέγχου (82,2%) και από 41 μαθητές της πειραματικής ομάδας (73,2%) κατατάχθηκαν στα

⁴⁹ Οι εναλλακτικές ιδέες εντάσσονται, κατά κύριο λόγο, στο Προδομικό επίπεδο αλλά και μερικές φορές στο Μονοδομικό.

δύο αυτά ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 69,7% για την ομάδα ελέγχου και 60,7% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.4),(8.5).

Πίνακας 8.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Πέμπτη τάξη									
Επίπεδο	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	6	10,9	5	9,1		1	1,8	0	,0
Μονοδομικό	46	83,6	47	85,5		22	40,0	11	20,0
Πολυδομικό	2	3,6	2	3,6		1	1,8	1	1,8
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8		31	56,4	43	78,2

Πίνακας 8.5: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	3	5,4	3	5,4		0	,0	0	,0
Μονοδομικό	46	82,1	46	82,1		15	26,8	10	17,9
Πολυδομικό	3	5,4	3	5,4		0	,0	1	1,8
Συσχετιστικό	4	7,1	4	7,1		41	73,2	45	80,4

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M⁵⁰2

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα διάλεγα παπούτσια με τραχιά επιφάνεια στις σόλες για να μην γλιστρώ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Με τραχιά επιφάνεια γιατί θα έχουμε μεγαλύτερη τριβή με το έδαφος και δε θα γλιστράμε.

Όνομα: M5

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Αν πήγαινα για ορειβασία θα διάλεγα παπούτσια με τραχιά επιφάνεια. Γιατί αυτά τα παπούτσια φέρουν αντίσταση στη λεία επιφάνεια και δεν γλιστράμε.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα έπαιρνα τα παπούτσια με την τραχιά επιφάνεια γιατί με αυτά θα υπάρχει μεγαλύτερη τριβή και δεν θα γλιστράμε.

Όνομα: M19

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα επέλεγα τα παπούτσια με τη τραχιά επιφάνεια γιατί το χιόνι είναι λεία επιφάνεια και έτσι δεν θα γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα επέλεγα τα παπούτσια με τη τραχιά επιφάνεια γιατί το χιόνι είναι λεία επιφάνεια και έτσι δεν θα γλιστράει.

Όνομα: M92

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Παπούτσια με λείες σόλες γιατί έτσι τα παπούτσια κρατούνται καλύτερα στο χιόνι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Παπούτσια με τραχιά επιφάνεια γιατί θα υπάρχει μεγαλύτερη τριβή με το χιόνι που είναι λείο και έτσι δεν γλιστράμε.

Όνομα: M109

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα επέλεγα παπούτσια που οι σόλες τους να έχουν τραχιά επιφάνεια γιατί αν επιλέξω παπούτσια που οι σόλες τους έχουν λεία επιφάνεια θα γλιστρώ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό

⁵⁰ Όπου Μ εννοούμε τον μαθητή ή την μαθήτρια που συμμετείχε στην έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Απάντηση	Θα φορέσω παπούτσια που οι σόλες θα έχουν τραχιά επιφάνεια γιατί η τριβή είναι πιο μεγάλη.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M37

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Σόλες οι οποίες έχουν τραχιά επιφάνεια για να μη γλιστράμε.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Αν βάλουμε παπούτσια με τραχιά επιφάνεια η τριβή με το χιόνι θα είναι μεγαλύτερη και δεν θα γλιστρήσουμε.

Όνομα: M66

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα παίρναμε τραχιά παπούτσια γιατί δεν γλιστράνε και γι' αυτό είναι κατάλληλα για την ορειβασία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα παπούτσια πρέπει να είναι τραχιά γιατί η τριβή είναι μεγάλη. Και αν δεν φορούσαμε τραχιά παπούτσια θα γλιστρούσαμε.

Όνομα: M131

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα επέλεγα τα παπούτσια με την τραχιά επιφάνεια γιατί το χιόνι είναι λείο και γλιστράει. Με τα παπούτσια αυτά όμως δεν θα γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα πάρω τα τραχιά παπούτσια για να έχουμε μεγαλύτερη τριβή για να μη γλιστράμε στη λεία επιφάνεια του χιονιού.

Όνομα: M200

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Παπούτσια με τραχιά επιφάνεια για να μην γλιστράει. Επειδή το χιόνι είναι λείο και αν είναι και τα παπούτσια θα γλιστράει πολύ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα τραχιά γιατί είναι μεγαλύτερη η τριβή με το χιόνι που είναι λεία επιφάνεια και δεν γλιστράμε.

Όνομα: M215

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό

Απάντηση	Πρέπει να είναι τραχιά (ανώμαλη).
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Να έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια γιατί η τριβή με το χιόνι είναι μεγαλύτερη από όταν φοράμε παπούτσια με λείες σόλες.

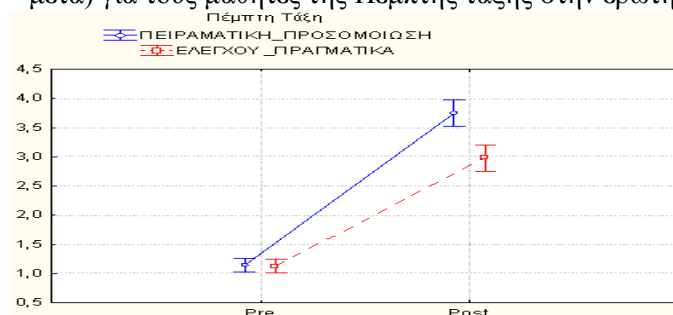
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₁ και II₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.6).

Πίνακας 8.6: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2): «Στην παρακάτω εικόνα ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο: «Αδύνατο να το σπρώξουμε». Ο συμμαθητής του απαντά: «Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο..... Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

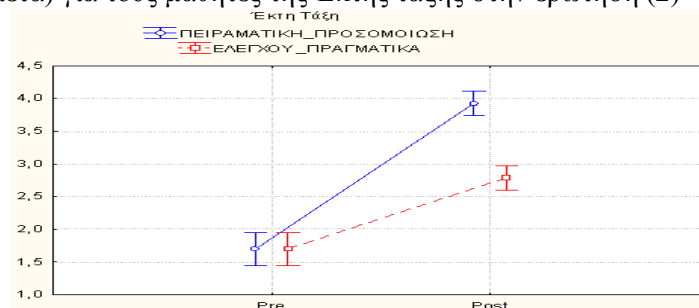
ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ		
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,15	,45	3,75	,58
			Έκτη	1,70	,95	3,93	,32
			Σύνολο	1,42	,79	3,84	,48
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,13	,43	2,98	1,05
			Έκτη	1,70	,95	2,79	,93
			Σύνολο	1,41	,79	2,88	,99
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,14	,44	3,36	,93
			Έκτη	1,70	,95	3,36	,90
			Σύνολο	1,42	,79	3,36	,91

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.3), (8.4) και στον πίνακα (8.7).

Γράφημα 8.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2)



Γράφημα 8.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2)



Πίνακας 8.7: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 2	Tukey HSD test; Pooled MSE=,57611, df=435,22							
				{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,1455	3,7455	1,6964	3,9286	1,1273	2,9818	1,6964	2,7857
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,003306	0,000032	1,000000	0,000032	0,003306	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,909707	0,000032	0,000035	0,000032	0,000032
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,003306	0,000032		0,000032	0,002007	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,909707	0,000032		0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,002007	0,000032		0,000032	0,002007	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000035	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	0,874891
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,003306	0,000032	1,000000	0,000032	0,002007	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,874891	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,9818 και για την πειραματική ομάδα 3,7455 (Πίνακας 8.7, Γράφημα 8.3). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000035<0,05$] (Πίνακας 8.7). Με άλλα λόγια, η πειραματική ομάδα έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η ομάδα ελέγχου μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 2 μαθητές της πειραματικής ομάδας (3,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 8.8). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 51 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 92,7%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 6 μαθητές (10,9%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 43 (81,8%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε

ποσοστό 89,1%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή με την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,7857 και για την πειραματική ομάδα 3,9286 (Πίνακας 8.7, Γράφημα 8.4). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000032<0,05$] (Πίνακας 8.7). Με άλλα λόγια, η πειραματική ομάδα έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η ομάδα ελέγχου μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 9 μαθητές της πειραματικής ομάδας (16%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 8.9). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 55 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 98,2%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 2 μαθητές (3,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 53 (94,6%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 82,2%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή με την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.8),(8.9).

Πίνακας 8.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Πέμπτη τάξη									
	PIPIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	49	89,1	50	90,9		0	,0	5	9,1
Μονοδομικό	4	7,3	3	5,5		4	7,3	15	27,3
Πολυδομικό	2	3,6	2	3,6		6	10,9	11	20,0
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		45	81,8	24	43,6

Πίνακας 8.9: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Έκτη τάξη									
	PIPIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	31	55,4	31	55,4		0	,0	4	7,1
Μονοδομικό	16	28,6	16	28,6		1	1,8	19	33,9
Πολυδομικό	4	7,1	4	7,1		2	3,6	18	32,1
Συσχετιστικό	5	8,9	5	8,9		53	94,6	15	26,8

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι σωστή γιατί η τριβή θα είναι μικρότερη.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί δεν παίζει ρόλο η πλευρά παρά η επιφάνεια και η δύναμη.

Όνομα: M2

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη. Δεν θα αλλάξει τίποτε γιατί η τριβή θα είναι η ίδια.

Όνομα: M8

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Η ιδέα του μαθητή είναι ορθή γιατί θα έχει λιγότερο βάρος.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η ιδέα του μαθητή είναι ορθή γιατί δεν αλλάζει η τριβή αφού δεν εξαρτάται από το μέγεθος της πλευράς του κιβωτίου.

Όνομα: M17

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Συμφωνώ με το συμμαθητή να σηκώσουμε όρθιο το κιβώτιο γιατί θα είναι πιο μικρή η επιφάνειά του.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί η τριβή παραμένει η ίδια και δεν επηρεάζεται αν γυρίσουμε όρθιο το κιβώτιο.

Όνομα: M18

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Είναι πιο εύκολο να το μετακινήσουμε όρθιο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Λάθος, γιατί όπως και να το τοποθετήσουμε η τριβή και το βάρος παραμένουν ίδια.

Όνομα: M19

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί δεν παίζει ρόλο στη τριβή η πλευρά που ακουμπά το κιβώτιο και έχει το ίδιο βάρος.

Όνομα: M21

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Είναι το ίδιο γιατί είναι το ίδιο σώμα και όπως και να το βάλουμε πάλι βαρύ είναι.

Όνομα: M27

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη. Γιατί έχουν το ίδιο βάρος σε όποια πλευρά και αν το ακουμπήσουμε.

Όνομα: M156

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Συμφωνώ με το μαθητή γιατί όσο πιο μικρό είναι το μήκος του τόσο πιο εύκολα κινείται το κιβώτιο.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί το βάρος του σώματος είναι ίδιο, άρα έχουμε την ίδια τριβή.

Όνομα: M168

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η ιδέα του παιδιού είναι λάθος. Δεν μπορούμε να το μετακινήσουμε γιατί δεν έχει μικρή τριβή, αλλά είναι ίδια με όποια πλευρά και αν το ακουμπήσουμε.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M37

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν θυμάμαι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί στη τριβή δεν παίζει ρόλο από ποια πλευρά είναι γυρισμένο το αντικείμενο και ακόμη το βάρος του δεν αλλάζει.

Όνομα: M43

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν γνωρίζω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί δεν παίζει ρόλο η πλευρά που ακουμπά το κιβώτιο.

Όνομα: M44

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Είναι λάθος γιατί θα παραμείνει ίδιο το βάρος.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λάθος γιατί σε όποια πλευρά και αν τοποθετήσουμε το κιβώτιο το βάρος μένει ίδιο και το ίδιο και η τριβή.

Όνομα: M50

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Είναι ορθή γιατί μειώνεται η τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λάθος γιατί όποια επιφάνεια (πλευρά) και αν ακουμπά η τριβή θα είναι ίδια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Όνομα: M62

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Η ιδέα του είναι λανθασμένη γιατί άμα το σηκώσουμε όρθιο τότε θα είναι πιο δύσκολο. Από τη δύναμη θα πέφτει πάλι κάτω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη γιατί όπως και να βάλουμε το κιβώτιο η τριβή θα είναι ίδια.

Όνομα: M125

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Είναι λανθασμένη διότι έχει το ίδιο βάρος και από τις δύο πλευρές.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Είναι λάθος γιατί η τριβή είναι ίδια και στις δύο πλευρές που το ακουμπούμε.

Όνομα: M139

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Είναι ορθή γιατί αφού είναι όρθιο θα έχει λιγότερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Είναι λάθος γιατί δεν αλλάζουμε τίποτε. Έχει ίδια τριβή.

Όνομα: M205

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ορθή γιατί κουνιέται πιο εύκολα και γιατί έχει μικρότερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Λάθος γιατί και στις 2 περιπτώσεις και επιφάνειες η τριβή θα είναι ίδια.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₁ και II₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.10).

Πίνακας 8.10: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3): «Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;»

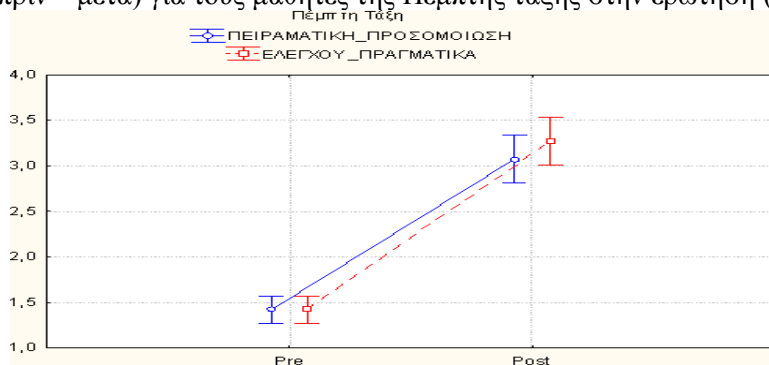
ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,42	,57	3,07
			Έκτη	1,84	,80	2,96
						1,00
						,93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

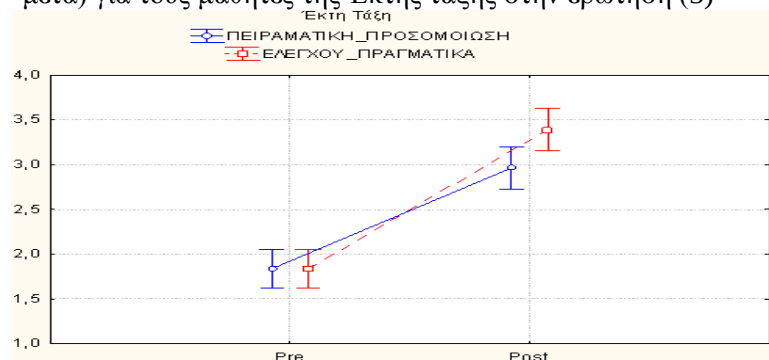
	Ελέγχου	Τάξη	Σύνολο	1,63	,73		3,02	,96
			Πέμπτη	1,42	,57		3,27	,97
			Έκτη	1,84	,80		3,39	,87
	Σύνολο	Τάξη	Σύνολο	1,63	,73		3,33	,92
			Πέμπτη	1,42	,56		3,17	,98
			Έκτη	1,84	,80		3,18	,92
			Σύνολο	1,63	,72		3,18	,95

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.5), (8.6) και στον πίνακα (8.11).

Γράφημα 8.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)



Γράφημα 8.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)



Πίνακας 8.11: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)

Tukey HSD test; Pooled MSE=,68756, df=421,02											
Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,4182	3,0727	1,8393	2,9643	1,4182	3,2727	1,8393	3,3929
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,130147	0,000032	1,000000	0,000032	0,130147	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,997305	0,000032	0,911768	0,000032	0,458872
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,130147	0,000032		0,000032	0,130147	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,997305	0,000032		0,000032	0,509641	0,000032	0,112185
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,130147	0,000032		0,000032	0,130147	0,000032

6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,911768	0,000032	0,509641	0,000032		0,000032	0,994885
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,130147	0,000032	1,000000	0,000032	0,130147	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,458872	0,000032	0,112185	0,000032	0,994885	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2727 και για την πειραματική ομάδα 3,0727 (Πίνακας 8.11, Γράφημα 8.5). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,911768>0,05$] (Πίνακας 8.11). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 2 μαθητές της ομάδας ελέγχου (3,6%) και από 2 μαθητές της πειραματικής ομάδας (3,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.12). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 41 μαθητές της ομάδας ελέγχου (74,6%) και από 38 μαθητές της πειραματικής ομάδας (69,1%) κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 71% για την ομάδα ελέγχου και 65,5% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,3929 και για την πειραματική ομάδα 2,9643 (Πίνακας 8.11, Γράφημα 8.6). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,112185>0,05$] (Πίνακας 8.11). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 10 μαθητές της ομάδας ελέγχου (17,9%) και από 10 μαθητές της πειραματικής ομάδας (17,9%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.13). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 42 μαθητές της ομάδας ελέγχου (75%) και από 37 μαθητές της πειραματικής ομάδας (66,1%) κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 57,1% για την ομάδα ελέγχου και 48,2% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.12),(8.13).

Πίνακας 8.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	34	61,8	34	61,8	4	7,3	3	5,5
Μονοδομικό	19	34,5	19	34,5	13	23,6	11	20,0
Πολυδομικό	2	3,6	2	3,6	13	23,6	9	16,4
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	25	45,5	32	58,2

Πίνακας 8.13: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	21	37,5	21	37,5	3	5,4	0	,0
Μονοδομικό	25	44,6	25	44,6	16	28,6	14	25,0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Πολυδομικό	8	14,3	8	14,3		17	30,4	6	10,7
Συσχετιστικό	2	3,6	2	3,6		20	35,7	36	64,3

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Το αυτοκίνητο θα γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Αν είναι παλιά τα λάστιχα η επιφάνεια τους είναι λεία και η τριβή θα είναι μικρή και το αυτοκίνητο θα γλιστράει. Ενώ αν τα λάστιχα είναι καινούρια η επιφάνειά τους είναι τραχιά και η τριβή μεγαλύτερη.

Όνομα: M6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Τα παλιά λάστιχα γλιστρούν, ενώ τα καινούρια δεν γλιστρούν.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα καινούρια λάστιχα έχουν πιο τραχιά επιφάνεια από τα παλιά και έτσι δεν γλιστράει το αυτοκίνητο γιατί έχουμε πιο μεγάλη τριβή.

Όνομα: M14

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Στα καινούρια λάστιχα η τριβή είναι μεγάλη και στα παλιά είναι μικρή.

Όνομα: M17

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί τα παλιά λάστιχα δεν θα έχουν τραχιά επιφάνεια όπως τα καινούρια και θα γλιστράνε πιο εύκολα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί όταν είναι καινούρια έχουν τραχιά επιφάνεια και δεν γλιστράνε ενώ όταν είναι παλιά έχουν λεία και γλιστράνε.

Όνομα: M25

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν έχουν λεία επιφάνεια γλιστράνε τα λάστιχα και είναι πολύ επικίνδυνο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό

Απάντηση	Πρέπει να είναι καινούργια για να είναι τραχιά και να έχουν μεγάλη τριβή. Γι' αυτό δεν γλιστράνε. Τα παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια είναι επικίνδυνα γιατί έχουν μικρή τριβή.

Όνομα: M181

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Αν έχουμε παλιά λάστιχα θα έχουμε ατύχημα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Αν έχουμε καινούρια λάστιχα με τραχιά επιφάνεια η τριβή με το έδαφος θα είναι μεγάλη και δεν θα γλιστράει. Αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια η τριβή θα είναι μικρή και έτσι θα γλιστράει.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M37

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Για να μη γλιστράει το αυτοκίνητο πρέπει να έχει καινούρια λάστιχα με τραχιά επιφάνεια. Ενώ γλιστράει με τα παλιά.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα λάστιχα πρέπει να είναι καινούρια και όχι παλιά γιατί θα έχουν τραχιά επιφάνεια και θα είναι μεγαλύτερη η τριβή από ότι στα παλιά με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να μην γλιστρά.

Όνομα: M43

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι καινούρια υπάρχει τριβή, ενώ με τα παλιά δεν μπορεί να φρενάρει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι καινούρια τα λάστιχα είναι τραχιά επιφάνεια και υπάρχει τριβή. Στα παλιά λάστιχα με τη λεία επιφάνεια ελαχιστοποιείται η τριβή με αποτέλεσμα να γλιστράμε.

Όνομα: M204

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όταν τα λάστιχα παλιώσουν δεν θα έχουν τραχιά επιφάνεια όπως όταν ήταν καινούρια αλλά λεία και έτσι το αυτοκίνητο θα γλιστράει στο δρόμο πιο εύκολα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό

Απάντηση	Όταν τα λάστιχα λιώσουν η τριβή θα είναι μικρότερη και το αυτοκίνητο θα γλιστράει γιατί τα λάστιχα θα έχουν λεία επιφάνεια και όχι τραχιά όπως όταν ήταν καινούρια.

Όνομα: M216

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Αν είναι παλιά τα λάστιχα το αυτοκίνητο δεν προχωρά.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Πρέπει τα λάστιχα να είναι καινούρια γιατί η τριβή με το έδαφος πρέπει να είναι μεγάλη. Όταν είναι παλιά είναι μικρή η τριβή.

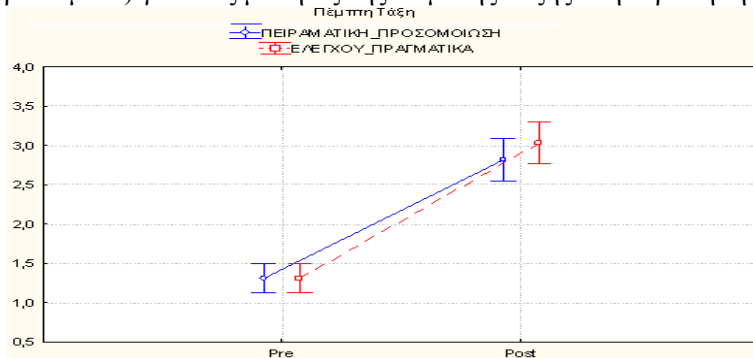
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₁ και Π₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.14).

Πίνακας 8.14: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4): «Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων;»

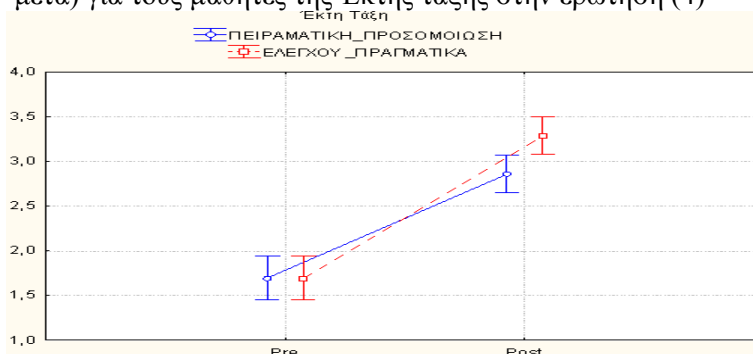
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,69	2,82	1,04
			Έκτη	1,70	,93	2,86	,90
			Σύνολο	1,50	,84	2,84	,97
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,69	3,04	,98
			Έκτη	1,70	,93	3,29	,65
			Σύνολο	1,50	,84	3,16	,84
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,69	2,93	1,01
			Έκτη	1,70	,93	3,07	,81
			Σύνολο	1,50	,84	3,00	,92

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.7), (8.8) και στον πίνακα (8.15).

Γράφημα 8.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4)



Γράφημα 8.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4)



Πίνακας 8.15: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)

Tukey HSD test; Pooled MSE=,74671, df=422,68											
Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 4	{1} 1,3091	{2} 2,8182	{3} 1,6964	{4} 2,8571	{5} 1,3091	{6} 3,0364	{7} 1,6964	{8} 3,2857
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,260693	0,000032	1,000000	0,000032	0,260693	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,999998	0,000032	0,889988	0,000032	0,083108
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,260693	0,000032		0,000032	0,260693	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,999998	0,000032		0,000032	0,958573	0,000032	0,147058
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,260693	0,000032		0,000032	0,260693	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,889988	0,000032	0,958573	0,000032		0,000032	0,796898
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,260693	0,000032	1,000000	0,000032	0,260693	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,083108	0,000032	0,147058	0,000032	0,796898	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,0364 και για την πειραματική ομάδα 2,8182 (Πίνακας 8.15, Γράφημα 8.7). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,889988 > 0,05$] (Πίνακας 8.15). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,7%) και από 7 μαθητές της πειραματικής ομάδας (12,7%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 8.16). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 46 μαθητές της ομάδας ελέγχου (83,6%) και από 38 μαθητές της πειραματικής ομάδας (69,1%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 70,9% για την ομάδα ελέγχου και 56,4% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2857 και για την πειραματική ομάδα 2,8571 (Πίνακας 8.15, Γράφημα 8.8). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,147058>0,05$] (Πίνακας 8.15). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 16 μαθητές της ομάδας ελέγχου (28,6%) και από 16 μαθητές της πειραματικής ομάδας (28,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 8.17). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 50 μαθητές της ομάδας ελέγχου (89,3%) και από 43 μαθητές της πειραματικής ομάδας (76,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 60,7% για την ομάδα ελέγχου και 48,2% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.16),(8.17).

Πίνακας 8.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	45	81,8	45	81,8	9	16,4	8	14,5
Μονοδομικό	3	5,5	3	5,5	8	14,5	1	1,8
Πολυδομικό	7	12,7	7	12,7	22	40,0	27	49,1
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	16	29,1	19	34,5

Πίνακας 8.17: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	34	60,7	34	60,7	7	12,5	0	,0
Μονοδομικό	6	10,7	6	10,7	6	10,7	6	10,7
Πολυδομικό	15	26,8	15	26,8	31	55,4	28	50,0
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8	12	21,4	22	39,3

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί έτσι η επιφάνεια θα είναι τραχιά και η τριβή μεγαλύτερη.

Όνομα: M2

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Για να μην γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η τριβή θα είναι μεγαλύτερη και έτσι το

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

	αυτοκίνητο δεν θα γλιστράει.

Όνομα: M5

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Για να μην γλιστρήσουμε.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Για να είναι τα λάστιχα πιο τραχιά και να μην γλιστράνε τα αυτοκίνητα.

Όνομα: M8

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί το χιόνι είναι λεία επιφάνεια και έτσι τα λάστιχα θα γλιστρήσουν.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η επιφάνεια των λάστιχων γίνεται πιο τραχιά και έτσι έχουμε πιο μεγάλη τριβή με το χιόνι και δεν γλιστράμε.

Όνομα: M21

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί το χιόνι γλιστρά και η επιφάνεια είναι λεία . Γι' αυτό αν βάλουμε αλυσίδες η επιφάνεια θα είναι τραχιά και δεν θα γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Κάνουμε πιο τραχιά την επιφάνεια με τις αλυσίδες.

Όνομα: M22

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Επειδή το χιόνι γλιστράει πολύ τα λάστιχα είναι τραχιά αλλά δεν φτάνουν έτσι προσθέτουμε τις αλυσίδες που είναι τραχιές.

Όνομα: M75

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί το αυτοκίνητο γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί κάνουν τα λάστιχα του αυτοκινήτου να έχουν πιο τραχιά επιφάνεια και μεγάλη τριβή με το χιόνι και έτσι το αυτοκίνητο δεν γλιστράει.

Όνομα: M80

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Για να μη γλιστράει το αυτοκίνητο γιατί το

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

	χιόνι είναι λεία επιφάνεια.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Για να μη γλιστράει το αυτοκίνητο γιατί το χιόνι είναι λεία επιφάνεια.

Όνομα: M105

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Για να μην γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί η τριβή είναι μικρότερη και γλιστράει.

Όνομα: M165

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί η επιφάνεια στο λάστιχο θα είναι πιο τραχιά, θα έχει μεγαλύτερη τριβή με το χιόνι και δεν θα γλιστράει.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M35

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Βάζουμε αλυσίδες για να μην γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Με τις αλυσίδες μεγαλώνουμε την τριβή και δεν γλιστράμε.

Όνομα: M42

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Άμα δεν είχε θα γλιστρούσαμε.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Για να μεγαλώσουμε την τριβή και για να γίνει η ρόδα πιο τραχιά και να μην γλιστράει.

Όνομα: M44

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Οι αλυσίδες βοηθάνε στο να γίνει τριβή και να μη γλιστράει το αυτοκίνητο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν χιονίζει η επιφάνεια του δρόμου είναι λεία και χρειαζόμαστε μια πιο τραχιά επιφάνεια για να είναι η τριβή μεγαλύτερη και να μη γλιστράμε.

Όνομα: M46

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Για να υπάρχει τριβή και να μη γλιστράμε.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Για να μεγαλώσουμε την τριβή επειδή το χιόνι είναι λεία επιφάνεια.

Όνομα: M120

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Για να είναι πιο τραχιά η επιφάνεια του λάστιχου και να μην γλιστράμε στη λεία επιφάνεια του χιονιού.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Για να γίνει ακόμα πιο τραχιά η επιφάνεια και η τριβή με το χιόνι θα είναι μεγαλύτερη και δε θα γλιστράμε.

Όνομα: M200

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Για να μην γλιστράνε οι ρόδες επειδή το χιόνι είναι πολύ λείο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί έτσι μεγαλώνει η τριβή αφού η ρόδα γίνεται πιο τραχιά και δεν γλιστράμε.

Όνομα: M221

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί αν δεν βάζουμε το αυτοκίνητο θα κυλίσει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί οι αλυσίδες έχουν τραχιά επιφάνεια και θα υπάρχει μεγάλη τριβή με το χιόνι.

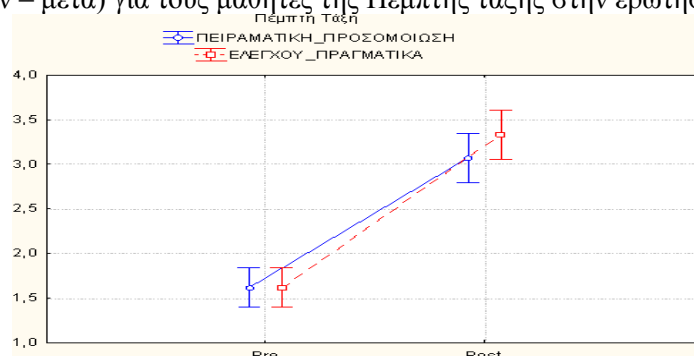
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₁ και II₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.18).

Πίνακας 8.18: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (5): «Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής: α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε άσφαλτο, β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο, γ) Δεν γνωρίζω. Δικαιολόγησε την απάντησή σου:».

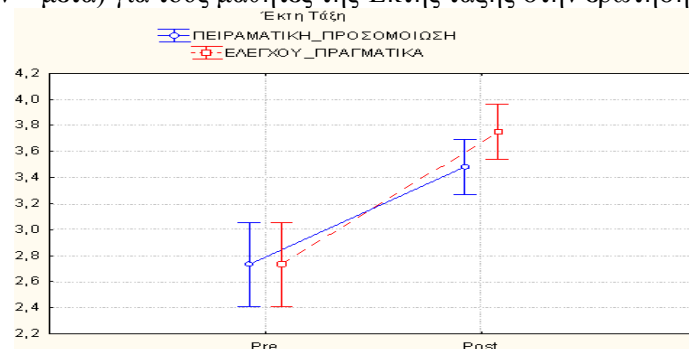
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,83	3,07	1,03
			Έκτη	2,73	1,21	3,48	,91
			Σύνολο	2,18	1,18	3,28	,99
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,83	3,33	1,02
			Έκτη	2,73	1,21	3,75	,67
			Σύνολο	2,18	1,18	3,54	,88
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,82	3,20	1,03
			Έκτη	2,73	1,21	3,62	,81
			Σύνολο	2,18	1,17	3,41	,95

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.9), (8.10) και στον πίνακα (8.19).

Γράφημα 8.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5)



Γράφημα 8.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5)



Πίνακας 8.19: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (5)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 5	Tukey HSD test; Pooled MSE=,96383, df=406,23							
				{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,6182	3,0727	2,7321	3,4821	1,6182	3,3273	2,7321	3,7500
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,000032	0,000032	1,000000	0,000032	0,000032	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,601216	0,353559	0,000032	0,875441	0,601216	0,006781
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,000032	0,601216		0,000087	0,000032	0,030545	1,000000	0,000033
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,353559	0,000087		0,000032	0,991393	0,001379	0,836844
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	0,000032	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,875441	0,030545	0,990370	0,991393		0,030545	0,311318
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,000032	0,601216	1,000000	0,001379	0,000032	0,030545		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,006781	0,000033	0,836844	0,000032	0,311318	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (5) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,3273 και για την πειραματική ομάδα 3,0727 (Πίνακας 8.19, Γράφημα 8.9). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,875441>0,05$] (Πίνακας 8.19). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (5) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 4 μαθητές της ομάδας ελέγχου (7,3%) και από 4 μαθητές της πειραματικής ομάδας (7,3%) κατατάχθηκαν στο Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.20). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 39 μαθητές της ομάδας ελέγχου (70,9%) και από 30 μαθητές της πειραματικής ομάδας (54,5%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα σε ποσοστό 63,6% για την ομάδα ελέγχου και 47,2% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (5) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,7500 και για την πειραματική ομάδα 3,4821 (Πίνακας 8.19, Γράφημα 8.10). Η διαφορά

αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,836844>0,05$] (Πίνακας 8.19). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (5) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 26 μαθητές της ομάδας ελέγχου (46,4%) και από 26 μαθητές της πειραματικής ομάδας (46,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 8.21). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 49 μαθητές της ομάδας ελέγχου (87,5%) και από 42 μαθητές της πειραματικής ομάδας (75%) κατατάχθηκαν στο Συσχετιστικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς το Συσχετιστικό επίπεδο. Ειδικότερα, σε ποσοστό 41,1% για την ομάδα ελέγχου και 28,6% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.20),(8.21).

Πίνακας 8.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)

Πέμπτη τάξη									
	IPIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	
Προδομικό	29	52,7	29	52,7	1	1,8	3	5,5	
Μονοδομικό	22	40,0	22	40,0	24	43,6	13	23,6	
Πολυδομικό	0	,0	0	,0	0	,0	2	3,6	
Συσχετιστικό	4	7,3	4	7,3	30	54,5	37	67,3	

Πίνακας 8.21: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	PIIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	10	17,9	10	17,9		1	1,8	0	,0
Μονοδομικό	20	35,7	20	35,7		13	23,2	7	12,5
Πολυδομικό	1	1,8	1	1,8		0	,0	0	,0
Συσχετιστικό	25	44,6	25	44,6		42	75,0	49	87,5

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M2

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε ασφαλτο γιατί η τριβή είναι μεγαλύτερη.

Όνομα: M4

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε ασφαλτο γιατί είναι τραχιά επιφάνεια.

Όνομα: M80

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο. Γιατί ο πάγος γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε ασφαλτο γιατί η επιφάνεια είναι τραχιά.

Όνομα: M157

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε ασφαλτο γιατί τα λάστιχα τρίβονται στην ασφαλτο ενώ στον πάγο γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν κινείται σε ασφαλτο γιατί η ασφαλτος είναι τραχιά και έχουμε μεγαλύτερη τριβή.

Όνομα: M182

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό

Απάντηση	Δεν γνωρίζω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Η τραχιά επιφάνεια της ασφάλτου με την επιφάνεια του λάστιχου κάνει μεγάλη τριβή.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M40

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί και τα λάστιχα και ο δρόμος είναι τραχιές επιφάνειες και έτσι δημιουργείται περισσότερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί και τα λάστιχα και η ασφαλτος είναι τραχιές επιφάνειες και έτσι αναπτύσσεται μεγαλύτερη τριβή.

Όνομα: M184

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί στον πάγο δεν υπάρχει τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί η ασφαλτος είναι τραχιά επιφάνεια οπότε υπάρχει μεγαλύτερη τριβή.

Όνομα: M188

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί όταν έχει πάγο η επιφάνεια είναι λεία ενώ στην ασφαλτο είναι τραχιά. Έτσι υπάρχει περισσότερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί όταν έχει πάγο η επιφάνεια είναι λεία ενώ στην ασφαλτο είναι τραχιά. Έτσι υπάρχει περισσότερη τριβή.

Όνομα: M204

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο. Γιατί η ασφαλτος έχει τραχιά επιφάνεια οπότε αν είναι και οι ρόδες του αυτοκινήτου τραχιές θα προκαλείται μεγαλύτερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό

Απάντηση	Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτό. Γιατί η ασφαλτός έχει τραχιά επιφάνεια και οι ρόδες του αυτοκινήτου είναι τραχιές οπότε θα δημιουργηθεί μεγαλύτερη τριβή.

Όνομα: M210

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Επειδή οι αλυσίδες πατούν στη μεγαλύτερη επιφάνειά του στο δρόμο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Επειδή η ρόδα με τις αλυσίδες γίνεται πιο τραχιά και μεγαλώνει η τριβή με το χιόνι.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₁ και II₂, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (6), όπως φαίνεται στον πίνακα (8.22).

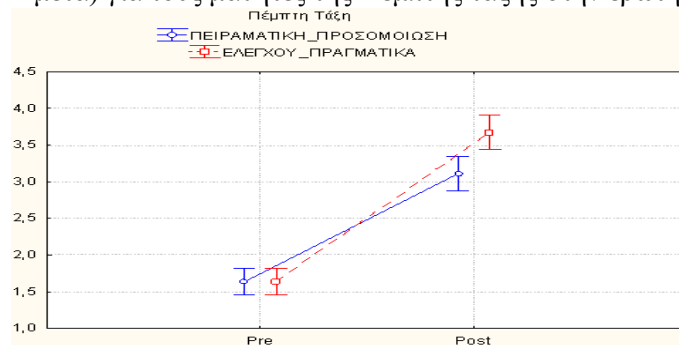
Πίνακας 8.22: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (6): «Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο: α) Όταν είναι άδειο, β) Όταν είναι φορτωμένο, γ) Δεν γνωρίζω. Δικαιολόγησε την απάντησή σου».

ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,64	,68	3,11	1,01
			Έκτη	2,14	1,17	3,27	1,05
			Σύνολο	1,89	,98	3,19	1,03
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,64	,68	3,67	,70
			Έκτη	2,14	1,17	3,62	,80
			Σύνολο	1,89	,98	3,65	,75
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,64	,67	3,39	,91
			Έκτη	2,14	1,16	3,45	,95
			Σύνολο	1,89	,98	3,42	,93

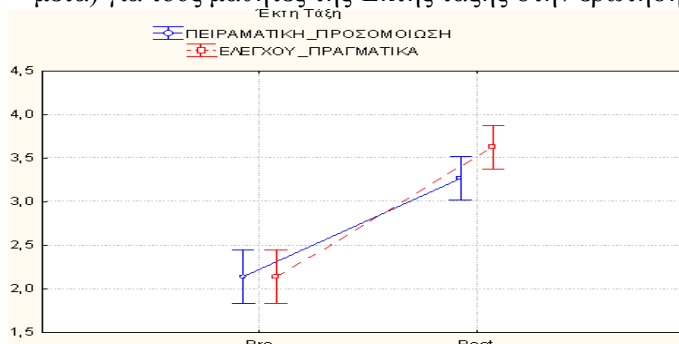
Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (6), όπως φαίνεται στα γραφήματα (8.11), (8.12) και στον πίνακα (8.23).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Γράφημα 8.11: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (6)



Γράφημα 8.12: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (6)



Πίνακας 8.23: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (6)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,53479, df=422,14									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 6	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,6364	3,1091	2,1429	3,2679	1,6364	3,6727	2,1429	3,6250
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,078699	0,000032	1,000000	0,000032	0,078699	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000033	0,786175	0,000032	0,031859	0,000033	0,067958
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,078699	0,000033		0,000032	0,078699	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,986175	0,000032		0,000032	0,296545	0,000032	0,459305
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,078699	0,000032		0,000032	0,078699	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,031859	0,000032	0,295545	0,000032		0,000032	0,999995
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,078699	0,000033	1,000000	0,000032	0,078699	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,067958	0,000032	0,459305	0,000032	0,999995	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (6) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,6727 και για την πειραματική ομάδα 3,1091 (Πίνακας 8.23, Γράφημα 8.11). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,031859<0,05$] (Πίνακας 8.23). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (6) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 4 μαθητές της ομάδας ελέγχου (7,3%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 8.24). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 48 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 87,3%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 4 μαθητές (7,3%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 44 μαθητές (80%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 80%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (6) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά τα πειράματα, είναι 3,6250 και για την πειραματική ομάδα 3,2679 (Πίνακας 8.23, Γράφημα 8.12). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,459305>0,05$] (Πίνακας 8.23). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (6) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 16 μαθητές της ομάδας ελέγχου (28,6%) και από 16 μαθητές της πειραματικής ομάδας (28,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 8.25). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 47 μαθητές της ομάδας ελέγχου (84%) και από 37 μαθητές της πειραματικής ομάδας (66,1%) κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 55,4% για την ομάδα ελέγχου και 37,5% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (6), όπως φαίνεται στους πίνακες (8.24),(8.25).

Πίνακας 8.24: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (6)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	25	45,5	25	45,5	1	1,8	0	,0
Μονοδομικό	26	47,3	26	47,3	22	40,0	7	12,7
Πολυδομικό	3	5,5	3	5,5	2	3,6	4	7,3
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8	30	54,5	44	80,0

Πίνακας 8.25: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (6)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	21	37,5	21	37,5	3	5,4	1	1,8
Μονοδομικό	19	33,9	19	33,9	16	28,6	8	14,3
Πολυδομικό	3	5,4	3	5,4	0	,0	2	3,6
Συσχετιστικό	13	23,2	13	23,2	37	66,1	45	80,4

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (6) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ4

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο γιατί όσο μεγαλύτερο βάρος έχει τόσο μεγαλύτερη τριβή έχει και δεν γλιστράει.

Όνομα: Μ17

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί όλο το βάρος του πηγαίνει κάτω και το διευκολύνει να προχωράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί τότε έχει μεγαλύτερη τριβή και δεν γλιστράει.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί θα έχει βάρος και δεν θα γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί με το πολύ βάρος έχουμε μεγάλη τριβή και δεν θα γλιστράει.

Όνομα: M74

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όταν είναι άδειο. Γιατί όταν είναι φορτωμένο με το βάρος του τρίβεται πιο πολύ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί όταν έχεις περισσότερο βάρος η τριβή γίνεται μεγαλύτερη.

Όνομα: M152

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Το φορτίο βοηθάει το αυτοκίνητο να πατάει καλύτερα στον πάγο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί το φορτίο μεγαλώνει την τριβή με τον παγωμένο δρόμο.

Όνομα: M182

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν γνωρίζω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Το μεγάλο βάρος κάνει και μεγάλη τριβή με τον παγωμένο δρόμο οπότε δεν γλιστράμε.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (6) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M37

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί είναι πιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής

	σταθερό.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί η τριβή επηρεάζεται από το βάρος και εδώ η τριβή όπου είναι φορτωμένο το αυτοκίνητο είναι μεγαλύτερη και θα γλιστράει λιγότερο στον πάγο.

Όνομα: M42

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν γνωρίζω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί έχει περισσότερο βάρος και έτσι γλιστράει λιγότερο.

Όνομα: M46

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο γιατί δεν γλιστράει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο γιατί μεγαλώνει το βάρος και η τριβή και δεν γλιστράμε.

Όνομα: M60

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί υπάρχει καλύτερη τριβή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί η τριβή είναι μεγάλη, γιατί έχουμε πιο πολύ βάρος.

Όνομα: M123

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο γιατί είναι πιο βαρύ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί άμα έχει μεγαλύτερο βάρος έχει και μεγαλύτερη τριβή και δεν γλιστράει.

Όνομα: M188

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όταν είναι άδειο. Επειδή έτσι κινείται πιο εύκολα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν είναι φορτωμένο. Γιατί έχει πολύ βάρος και έτσι έχει μεγαλύτερη τριβή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΝΑΤΟ

Ερευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για
την έννοια του βρασμού του νερού

9.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων είναι πανομοιότυπο με το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού. Ωστόσο, διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούνται τα πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, στα πραγματικά πειράματα γίνεται χρήση πραγματικών αντικειμένων (όπως είναι το γκαζάκι, το γυάλινο δοχείο ζέσης 250ml, το θερμόμετρο οινόπνευματος, κλπ.), ενώ στα εικονικά πειράματα γίνεται χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. (ως γνωστικού εργαλείου). Τόσο για τα πραγματικά όσο και για τα εικονικά πειράματα (και αντικείμενα) γίνεται αναλυτική αναφορά στο παρόν κεφάλαιο.

9.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₃).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

1.Τίτλος: Ο βρασμός του νερού.

2.Εμπλεκόμενα γνωστικά αντικείμενα: Φυσική.

3.Πρωτοτυπία: Η εκτέλεση των πραγματικών (ή εικονικών) πειραμάτων με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και τις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

4. Τάξεις στις οποίες απευθύνεται: Το συγκεκριμένο σενάριο και τα πειράματα αφορούν μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου (περίπου την ηλικία των 11 – 12 ετών). Να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί τις υπό διερεύνηση έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

5.Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Το σενάριο καλύπτει τους στόχους του μαθήματος όπως αυτοί περιγράφονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, στο Α.Π.Σ. της Πέμπτης τάξης αναφέρεται η έννοια του βρασμού

του νερού και ειδικότερα στην Ενότητα 3: Ενέργεια (θερμότητα και υλικά σώματα) (Δ.Ε.Π.Π.Σ. & Α.Π.Σ., 2003:511). Οι διδακτικοί στόχοι που περιγράφονται στο Α.Π.Σ. είναι οι εξής: Οι μαθητές να περιγράφουν με απλά λόγια τα χαρακτηριστικά των αλλαγών της κατάστασης (μεταφορά θερμότητας, σταθερότητα στη θερμοκρασία).

6. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: Οι ιδέες των μαθητών σχετικά με τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και ειδικότερα το βρασμό του νερού αποτέλεσαν, τα τελευταία χρόνια, αντικείμενο έρευνας της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στις περισσότερες χώρες του κόσμου (Driver et al.,1993; Driver et al.,1998; Τσιχουρίδης κ.ά.,2009). Πιο συγκεκριμένα, ο Καρανίκας (1996) σχετικά με το θερμικό φαινόμενο του βρασμού αναφέρει ότι οι μαθητές μέχρι την ηλικία των 10 χρόνων το γνωρίζουν από την καθημερινή εμπειρία, αλλά έχουν δυσκολία να το ερμηνεύσουν.

Σε μια μελέτη του Tiberghien et al. (1983,όπ. αναφ. στο Driver et al.,1993) οι περισσότεροι μαθητές, ηλικίας 10 έως 13 ετών, δεν γνωρίζουν σχετικά με τη σταθερότητα της θερμοκρασίας μεταβολής της κατάστασης του νερού ή του πάγου, εκτός εάν ήδη το έχουν διδαχθεί. Σε αυτή τη μελέτη το 20% και λιγότερο γνώριζε ή μπορούσε να δώσει τη θερμοκρασία στην οποία βράζει το νερό. Ακόμη, σε άλλη έρευνα οι περισσότεροι αναγνωρίζουν ότι αυτό που εξατμίζεται είναι νερό ή υδρατμός, δυσκολεύονται όμως να ερμηνεύσουν την αλλαγή κατάστασης (Καριώτογλου,2006; Κατσανούλη,1998).

Ταυτόχρονα, σε έρευνα της Κατσανούλη (1998) αναφέρεται ότι στο φαινόμενο του βρασμού, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αγνοεί ότι το σημείο βρασμού του νερού είναι 100 °C και θεωρεί ότι μεταβάλλεται ανάλογα με την παροχή θερμότητας, ιδέα που εμφανίζεται σε ανάλογο ποσοστό μαθητών και στην έρευνα του Erickson (1993). Ένας στους τρεις μαθητές συσχετίζει τη μείωση της μάζας του νερού, που συμβαίνει κατά τη διάρκεια του φαινομένου, με μείωση της θερμοκρασίας του.

Παράλληλα, άλλοι ερευνητές (Κόκκοτας κ.ά.,2002α:165) έχουν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους κατά πόσο οι μαθητές κατανοούν ότι το σημείο βρασμού μιας καθαρής ουσίας (σε συγκεκριμένη πίεση) είναι ορισμένο και δε μεταβάλλεται ούτε σε συνάρτηση με το χρόνο που το υλικό βράζει, ούτε από την ενέργεια που του προσφέρεται.

Ειδικότερα, ο Anderson (1980, όπ. αναφ. στο Driver et al.,1998:189) ερευνήσε τις ιδέες Σουηδών μαθητών γύρω από τη θερμοκρασία στην οποία βράζει το νερό ενός

δοχείου, όταν αυτό τοποθετηθεί πάνω σε μια σόμπα. Αρχικά, τους ζήτησε να προβλέψουν τι θα συνέβαινε αν το νερό συνέχιζε να θερμαίνεται για 5 λεπτά επιπλέον. Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι το 40% των δωδεκάχρονων μαθητών απάντησε ότι η θερμοκρασία θα ήταν μεγαλύτερη των 100 °C. Με άλλα λόγια, αυτοί οι μαθητές πιστεύουν ότι η θερμοκρασία και επομένως η ένδειξη του θερμομέτρου αυξάνει όταν το νερό συνεχίσει να βράζει (Καλαμπούκας κ.ά.,2008α). Ακόμη, από τα παιδιά που υποστήριζαν ότι η θερμοκρασία θα παρέμενε στους 100 °C, το 25% αυτών (ηλικίας 12 – 13 ετών) εξήγησαν τις απαντήσεις τους με όρους, όπως: «ο αριθμός που δείχνει ο διακόπτης της κουζίνας καθορίζει τη θερμοκρασία του νερού».

Στη συνέχεια, ο Anderson ζήτησε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί εάν η ένδειξη του διακόπτη της σόμπας αυξανόταν. Σ' αυτή την περίπτωση, το 90% των μαθητών ηλικίας 12 ετών, σκέφτηκε ότι η θερμοκρασία θα αυξανόταν πάνω από τους 100 °C.

Κατά συνέπεια, με βάση τα παραπάνω, προκύπτουν δύο κυρίαρχες εναλλακτικές ιδέες (Driver et al.,1998; Ραβάνης,1998; Σκουμιός,2011) για την έννοια και το φαινόμενο του βρασμού: I) Η θερμοκρασία του νερού που βράζει, αυξάνεται όταν αυξήσουμε απότομα την ποσότητα θερμότητας (φλόγα) ή συνεχίζουμε να το θερμαίνουμε για μερικά λεπτά ακόμα, II) Η θερμοκρασία (ή το σημείο) βρασμού του νερού εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που θερμαίνεται, δηλαδή μεγαλύτερη ποσότητα νερού θα βράσει σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και το αντίστροφο. Με άλλα λόγια, η θερμοκρασία του νερού που βράζει μεταβάλλεται και εξαρτάται από τη μάζα του.

Ακόμη, ο Harkiewicz (1992) έκανε ανασκόπηση δεδομένων που προέκυψαν από έρευνες για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία και διαπίστωσε ότι οι μαθητές που έβλεπαν τη θερμοκρασία να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του βρασμού πίστευαν ότι «κάτι δεν πάει καλά».

Επίσης, από έρευνα των Paik et al. (2007) σε μαθητές ηλικίας 4-11 ετών σχετικά με το φαινόμενο του βρασμού, διαπιστώθηκε ότι τετράχρονα παιδιά είχαν υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας από μεγαλύτερα. Παρότι μεγαλύτεροι μαθητές προσπαθούσαν να ασχοληθούν με επιστημονικές έννοιες, συχνά κατέληγαν σε λάθος απαντήσεις.

Παράλληλα, έγιναν έρευνες για τις εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την έννοια και το φαινόμενο του βρασμού και σε πρωτοετείς φοιτητές (Costu et al.,2007). Ακόμη και σε πρωτοετείς φοιτητές διαπιστώθηκε μια σειρά εναλλακτικών ιδεών, εκ των οποίων οι βασικότερες είναι: α) η θερμοκρασία ενός υγρού που βρίσκεται σε βρασμό

αυξάνεται, όταν συνεχιστεί η παροχή θερμότητας και β) ο βρασμός λαμβάνει χώρα μόνο πάνω στην επιφάνεια του υγρού.

Τέλος, το γεγονός ότι πολλοί μαθητές έχουν εναλλακτικές ιδέες για το φαινόμενο του βρασμού πιστοποιείται και από πρόσφατη έρευνα (Καλαμπούκας, 2008β:598), στην οποία αναφέρονται τα εξής: «μια άλλη παράμετρος που θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί και προέκυψε από την καθολική αποτυχία στην ερώτηση για το φαινόμενο του βρασμού, θα ήταν ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης για την εννοιολογική αλλαγή στην κατανόηση της έννοιας του βρασμού με τη βοήθεια προσομοιωμένων, αλλά και πραγματικών πειραματικών διατάξεων». Ταυτόχρονα, άλλες έρευνες, προτείνουν και υλοποιούν διδακτικές παρεμβάσεις για την εννοιολογική αλλαγή στην κατανόηση της έννοιας του βρασμού με τη βοήθεια είτε πραγματικών πειραματικών διατάξεων είτε προσομοιωμένων είτε συνδυασμό τους (Harrison et al.,1999; Μακαρατζής,2000; Φέγγου κ.ά.,2002; Boo,2006; Καριώτογλου, 2006:84; Costu et al.,2007; Paik et al.,2007; Πατρινόπουλος & Καλκάνης, 2007; Μακαρατζής,2009; Σκουμιός,2011).

7.Διδακτικοί στόχοι: Σε αυτό το σενάριο οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι το νερό βράζει σε συγκεκριμένη θερμοκρασία
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την παροχή θερμότητας
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την ποσότητα (ή την μάζα) του νερού που υπάρχει στο δοχείο και θερμαίνεται
- Να κάνουν προβλέψεις - υποθέσεις, παρατηρήσεις, πειραματικούς ελέγχους των προβλέψεων μέσω του αποδεικτικού πειραματισμού και να μπορούν να διατυπώνουν συμπεράσματα
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια του βρασμού του νερού (εννοιολογική αλλαγή).
- Να ενισχύσουν τις ιδέες τους που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο
- Να οικοδομήσουν μακροσκοπικά⁵¹ (σε παρατηρησιακό επίπεδο) την έννοια (φαινόμενο) του βρασμού του νερού

⁵¹ Οι μαθητές να είναι σε θέση να αναφέρουν ότι το νερό βράζει όταν σχηματίζονται φυσαλίδες σε όλη του τη μάζα (ποσότητα) του νερού, φτάνουν στην επιφάνεια του νερού, εκεί σπάζουν δημιουργώντας

- Να μπορούν να αναφέρουν και να εξηγούν φαινόμενα και καταστάσεις της καθημερινής ζωής που σχετίζονται με την έννοια του βρασμού του νερού

8. Εκτιμώμενη διάρκεια: Η συνολική διάρκεια του σεναρίου εκτιμάται στις δύο (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά).

9. Παιδαγωγική προσέγγιση: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

10. Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Πραγματικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα. Τα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν, με πολλή προσοχή, πάνω στα θρανία όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Τα πραγματικά αντικείμενα που απαιτούνται για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων είναι τα παρακάτω (εικόνα 9.1):

1. Γυάλινο δοχείο ζέσης 250 ml
2. Ένα γκαζάκι
3. Ξύλινο μανταλάκι
4. Θερμόμετρο Οينوπνεύματος⁵² (-20 °C έως 110 °C)
5. Νερό⁵³
6. Ρολόι (χρονόμετρο)
7. Θερμομονωτικά γάντια
8. Αναπτήρας



Εικόνα 9.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

σε αυτή αναταραχή (Φέγγου κ.ά., 2002) και μετά από λίγο το νερό αρχίζει να μετατρέπεται (αλλαγή φυσικής κατάστασης) από υγρό σε αέριο (υδρατμοί).

⁵² Στα πειράματα οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν θερμόμετρα οينوπνεύματος διότι η χρήση των θερμομέτρων υδραργύρου δεν ενδείκνυται από τους μαθητές επειδή αν σπάσει κάποιο θερμόμετρο ελευθερώνονται ατμοί υδραργύρου οι οποίοι είναι τοξικοί (Αποστολάκης κ.ά., 2006α:124).

⁵³ Επειδή το νερό βρύσης περιέχει άλατα, σπάνια η θερμοκρασία βρασμού του είναι ακριβώς 100 °C . Για το λόγο αυτό, αν υπάρχει η δυνατότητα, χρησιμοποιούμε (όπως και στη παρούσα έρευνα) αποσταγμένο νερό (νερό για σίδερο ατμού) του οποίου η θερμοκρασία είναι πλησιέστερα στους 100 °C (Αποστολάκης κ.ά., 2006α:125).

10.2 Ο ρόλος και ο τρόπος εργασίας των μαθητών: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

10.3 Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

11.Η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας – Οι φάσεις διδασκαλίας:

Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1). Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στο παρόν σενάριο δίνονται στους μαθητές τα φύλλα εργασίας που αφορούν την έννοια του βρασμού του νερού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₃).

12.Πραγματικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα πραγματικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού είναι τρία (3). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεστούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (αλλά και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι το νερό βράζει σε συγκεκριμένη θερμοκρασία».

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Βάλε το δοχείο ζέσεως πάνω στο γκαζάκι.

Τοποθέτησε και στήριξε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με ένα ξύλινο μανταλάκι.



Προσοχή!!! Τοποθέτησε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με τέτοιο τρόπο ώστε το άκρο του να μην ακουμπά στα τοιχώματα και στον πυθμένα του δοχείου ζέσεως.

2^ο Βήμα

Γέμισε το δοχείο ζέσεως με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

3^ο Βήμα

Άναψε το γκαζάκι με μια σταθερή και σχετικά χαμηλή φλόγα, έτσι ώστε το νερό να αρχίζει να ζεσταίνεται.

4^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

❖ Μόλις συμπληρώσεις τον παραπάνω πίνακα, σταμάτησε το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP) περίπου στο 5^ο λεπτό.

Σε ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;

..... °C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την παροχή θερμότητας».

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι (αύξηση παροχής θερμότητας) και συνέχιζε να ζεσταίνεις το νερό.

2^ο Βήμα

Ενεργοποίησε πάλι το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP).

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.
7 ^ο λεπτό (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.
8 ^ο λεπτό (3 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.

Τώρα ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμοόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

- Στη συνέχεια σβήσε το γκαζάκι.
- Ακούμπησε το δοχείο, με τη βοήθεια του δασκάλου και με χρήση θερμομονωτικών γαντιών, στο θρανίο.
- Περίμενε λίγο να κρνώσει το νερό.
- **Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;**

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).
- β) Μειώθηκε.
- γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;.....

12.3 Τρίτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το τρίτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την ποσότητα (ή την μάζα) του νερού που υπάρχει στο δοχείο και θερμαίνεται».

Στο τρίτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :

1^ο Βήμα:

Αδειασε το νερό από το δοχείο (του προηγούμενου πειράματος).

2^ο Βήμα:

Γέμισε το δοχείο που βρίσκεται πάνω στο θρανίο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και άναψε το με την ίδια περίπου φλόγα, όπως και όταν το δοχείο ήταν γεμάτο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

4^ο Βήμα

Αφού μηδενίσεις το χρονόμετρο,

παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.
9 ^ο λεπτό	°C.
10 ^ο λεπτό	°C.

Ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα πραγματικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 9.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού



Εικόνα 9.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού



Εικόνα 9.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού

13. Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση του σεναρίου αφορά κυρίως την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Για την αξιολόγηση χορηγήθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ).

14. Επεκτασιμότητα: Το σενάριο μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους διδακτικούς στόχους. Για παράδειγμα, οι μαθητές μέσα από δραστηριότητες να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από το χρόνο που θερμαίνεται. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να εκτελέσουν την εξής πειραματική δραστηριότητα: «Έχουμε τρία δοχεία ζέσης 250 ml. Στο κάθε δοχείο βάζουμε 200ml νερό και τοποθετούμε στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο. Θερμαίνουμε τα δοχεία ταυτόχρονα. Όταν αρχίζει να βράζει το νερό και στα τρία δοχεία, στο πρώτο δοχείο συνεχίζουμε να παρέχουμε θερμότητα ακόμη για 1 λεπτό και μετά διακόπτουμε την παροχή θερμότητας. Στο δεύτερο δοχείο

συνεχίζουμε να παρέχουμε θερμότητα για 2 λεπτά ακόμη και μετά διακόπτουμε την παροχή θερμότητας. Στο τρίτο δοχείο συνεχίζουμε να παρέχουμε θερμότητα για 4 λεπτά ακόμη και μετά διακόπτουμε την παροχή θερμότητας. Ζητάμε από τους μαθητές να παρατηρήσουν την ένδειξη του θερμομέτρου σε κάθε δοχείο, τη στιγμή που διακόπτουμε την παροχή θερμότητας».

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₃ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

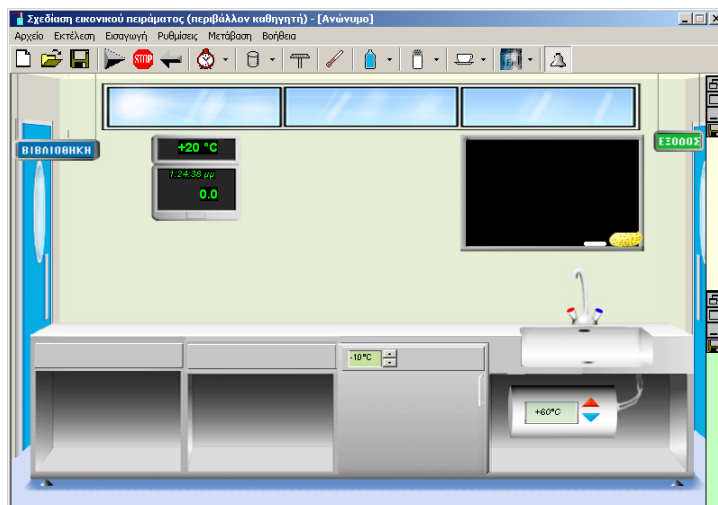
- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

9.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια επιλογής που αναφέρθηκαν στο Όγδοο Κεφάλαιο (στην υποενότητα 8.1.2), στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για το σχεδιασμό και την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού.

Το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον) είναι ένα λογισμικό που επιτρέπει μέσω προσομοιώσεων τον πειραματισμό στα θέματα θερμοδυναμικής και θερμότητας. Αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου ΝΑΥΣΙΚΑ / ΕΠΕΑΕΚ με επιστημονικό υπεύθυνο τον κ. Δ. Ψύλλο και οι φορείς που συνεργάστηκαν για τη σχεδίαση, την υλοποίηση και τη διδακτική αξιοποίηση του λογισμικού είναι: το Ι.Τ.Υ., το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ., το Τμήμα Πληροφορικής του Α.Π.Θ. και η Εταιρεία παραγωγής λογισμικού LaserLock (Ψύλλος κ.ά.,2008α). Αποτελεί ένα ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον που οπτικά προσομοιώνει το χώρο ενός πραγματικού σχολικού εργαστηρίου με τα απαραίτητα όργανα και διατάξεις (εικόνα 9.5) και προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα σύνθεσης εικονικών πειραματικών διατάξεων με ένα αληθοφανή τρόπο άμεσου χειρισμού των αντικειμένων αλλά και εκτέλεσης των αντίστοιχων πειραμάτων, σχετικά με θέματα φυσικής της θερμότητας (βρασμός, θερμικές ισορροπίες, ειδική θερμότητα, θερμοχωρητικότητα, νόμος ακτινοβολίας,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού (αγωγιμότητα, κλπ.) και της θερμοδυναμικής (όλες τις μεταβολές των αερίων) (Ψύλλος κ.ά.,2000; Ψύλλος κ.ά.,2002; Λεύκος κ.ά.,2005).



Εικόνα 9.5: Η οθόνη του Εργαστηρίου θερμότητας του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.

Κύριο χαρακτηριστικό του Σ.Ε.Π. (Ψύλλος κ.ά.,2000:333; Ψύλλος κ.ά.,2008α:47) είναι η υπολογιστική μηχανή που το συνοδεύει και η οποία διαχειρίζεται στο σύνολο του και με υψηλό βαθμό επιστημονικής ακρίβειας με βάση τα αποδεκτά επιστημονικά μοντέλα, το σύνθετο πρόβλημα των θερμικών ανταλλαγών. Με τον τρόπο αυτό, ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής έχουν στη διάθεσή τους ένα ολοκληρωμένο μικρόκοσμο θερμικών φαινομένων που διαχειρίζεται το πεδίο θερμότητας και θερμοδυναμικής και το οποίο τους επιτρέπει να συνθέτουν πειράματα. Για παράδειγμα, σε ένα εικονικό πείραμα ο εκπαιδευτικός μπορεί να καθορίσει το είδος του δοχείου (μέγεθος, υλικό) αλλά και την πιστότητα του φαινομένου (ιδανικό δοχείο, δυνατότητα να ακτινοβολεί, κλπ).

Το λογισμικό σχεδιάστηκε ακολουθώντας τις αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Έτσι, όλα τα όργανα (στατικά, μετακινούμενα και επιφάνεια εργασίας) υλοποιήθηκαν σαν αντικείμενα, με εσωτερική κατάσταση και μεθόδους αλληλεπίδρασης. Για την ανάπτυξη του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον της Microsoft Visual Basic6.0, σε λειτουργικό σύστημα Windows 98 και Windows NT. Για την ανάπτυξη του πολυμεσικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα επεξεργασίας εικόνας (Photoshop), κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων (3D Studio), επεξεργασίας βίντεο, κλπ.. Η σύνθεση του πολυμεσικού υλικού έγινε σε ιστοσελίδες (HTML pages) (Ψύλλος κ.ά.,2000:333 - 334).

Ταυτόχρονα, το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. (Ψύλλος κ.ά.,2000:335; Ψύλλος κ.ά.,2002:4; Ψύλλος κ.ά.,2008α:46) αποτελείται από δύο ανοιχτά εικονικά εργαστήρια: το «Εργαστήριο θερμότητας» και το «Εργαστήριο θερμοδυναμικής». Παράλληλα, με τα εργαστήρια αυτά, προσφέρεται μια επιλεγμένη σειρά θεμάτων, σε πολυμεσική παρουσίαση, που άπτονται της τεχνολογίας και των καθημερινών εφαρμογών. Στο πλαίσιο του λογισμικού, τα εικονικά πειράματα και το πολυμεσικό υλικό είναι διαρθρωμένα, νοηματικά και οπτικά, σε τρεις διακριτούς χώρους:

- A) Το εικονικό εργαστήριο θερμότητας
- B) Το εικονικό εργαστήριο θερμοδυναμικής
- Γ) Την εικονική βιβλιοθήκη που περιέχει το πολυμεσικό υλικό

Κάθε ένα από τα δύο εικονικά εργαστήρια αποτελούν και ένα προσομοιωμένο μικρόκοσμο της φυσικής επιστήμης. Το κάθε εικονικό εργαστήριο εξαρτάται στον τρόπο λειτουργίας του από τον εκπαιδευτικό ή τον μαθητή. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμενο στον εκπαιδευτικό διατίθεται όλο το υλικό (όργανα, συσκευές, κλπ) για τη σύνθεση του εικονικού πειράματος. Ο εκπαιδευτικός επιλέγει τα εικονικά όργανα και είτε συνθέτει ο ίδιος την πειραματική διάταξη είτε απλώς διαθέτει τα εικονικά όργανα στον μαθητή, ώστε ο τελευταίος να συνθέσει την εικονική διάταξη. Έτσι, ο μικρόκοσμος, δεν είναι προκατασκευασμένος, ούτε αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί είτε από τον εκπαιδευτικό είτε και από το μαθητή, εφόσον ο εκπαιδευτικός το επιθυμεί, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις που προσδίδει στη διδασκαλία. Ιδιαίτερο βάρος στο εικονικό εργαστήριο αποδίδεται στη δημιουργία και την ερμηνεία από τον μαθητή των γραφικών παραστάσεων. Από την άποψη της οπτικής απεικόνισης του, των χειρισμών και των λειτουργιών στο εσωτερικό του, το εικονικό εργαστήριο προσφέρει αξιοπιστία κατά την αναπαραγωγή των φυσικών φαινομένων και σε μεγάλο βαθμό πιστότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων και ρεαλιστική απόδοσή τους (Ψύλλος κ.ά.,2002; Ψύλλος κ.ά.,2008α).

Λόγω του θέματος, αλλά κυρίως εξαιτίας της ακρίβειας που παρουσιάζει, το λογισμικό Σ.Ε.Π. μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρέχοντας στον εκπαιδευτικό την ευχέρεια να καθορίσει ο ίδιος την πολυπλοκότητα είτε των φαινομένων τα οποία θα μελετήσουν οι μαθητές, είτε των πειραμάτων που θα εκτελέσουν. Ακόμη, προσφέρει δυνατότητες πειραματικού τύπου προσέγγισης των θεμάτων, δίνοντας την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να εκμεταλλευτεί αφενός τη γρήγορη εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων και αφετέρου τη συγχρονική απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων. Επίσης, το εικονικό εργαστήριο διατηρεί αρκετές από τις ιδιότητες ενός

«πραγματικού» εργαστηρίου, κυρίως όσες σχετίζονται με την καλλιέργεια του πειραματικού τρόπου σκέψης των μαθητών.

Παράλληλα, το περιβάλλον είναι σε άμεση αλληλεπίδραση (interactively) με τον χρήστη, ο οποίος παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα, δημιουργεί την γραφική αναπαράσταση των μεταβολών, έχει πρόσβαση σε πηγές γνώσης και επικοινωνεί με άλλους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τη μορφή του εικονικού εργαστηρίου (που έχει προ-επιλέξει ο εκπαιδευτικός), ο χρήστης - μαθητής έχει στη διάθεσή του είτε μια προ-κατασκευασμένη πειραματική διάταξη (κλειστό ή παραμετρικό πείραμα), είτε μια ελεύθερη διάταξη που μπορεί ο ίδιος να συνθέσει από τα διαθέσιμα σ' αυτόν όργανα (δοχεία διαφόρων ειδών), συσκευές (θερμόμετρα, λύχνοι Bunsen, θερμοθάλαμος) και υλικά (υγρά, μεταλλικοί κύβοι, ουσίες). Οι πειραματικές διατάξεις υλοποιούνται πάνω σε πάγκο εργασίας (εικόνα 9.5). Όλα τα αντικείμενα, στατικά και μετακινούμενα, είναι λειτουργικά, ενώ ο χειρισμός τους γίνεται με απλές διαισθητικές κινήσεις του ποντικιού. Το περιβάλλον βοηθά τον χρήστη στους διάφορους χειρισμούς και διαδικασίες, εμφανίζοντας κατάλληλα μηνύματα, αλλάζοντας τον δείκτη του ποντικιού, κλπ. (Ψύλλος κ.ά.,2000).

Επιπρόσθετα, έχει τη δυνατότητα ένταξης σε πολλαπλά διδακτικά μοντέλα (π.χ μεταφοράς γνώσης, εποικοδομητικής προσέγγισης) σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες. Το μεγάλο πλεονέκτημα του λογισμικού είναι η δυνατότητα που παρέχεται στον εκπαιδευτικό να συνθέσει νέα δικά του πειράματα ή να τροποποιήσει τα ήδη υπάρχοντα, ανάλογα με το διδακτικό σχεδιασμό και τη προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες της κάθε τάξης. Ακόμη, η επιστημονική ομάδα υλοποίησης του Σ.Ε.Π. προσφέρει, ως συνοδευτικό υλικό, μια σειρά εικονικών πειραμάτων με τα αντίστοιχα εγχειρίδια που περιέχουν τα φύλλα εργασίας για τον μαθητή και ανάλυση-επεξήγηση των φύλλων εργασίας για τον εκπαιδευτικό. Τα προτεινόμενα φύλλα εργασίας για τις ομάδες πειραμάτων θερμότητας και θερμοδυναμικής, εξυπηρετούν συγκεκριμένους κάθε φορά στόχους. Συνοπτικά, η δομή τους περιλαμβάνει επί μέρους φάσεις όπως: πρόβλεψη – υπόθεση (όπως «αν διπλασιάσω την ποσότητα νερού σε πόσο χρόνο θα βράσει;»),εκτέλεση και επανάληψη πειράματος με παραμετροποίηση μεταβλητών (όπως «να επαναληφθεί το πείραμα με διαφορετική ποσότητα νερού»), σύγκριση - εξαγωγή συμπερασμάτων (όπως «ποια η σχέση μεταξύ ποσότητας νερού και χρόνου βρασμού με την ίδια παροχή;»), επεξεργασία γραφικών παραστάσεων (Ψύλλος κ.ά.,2000).

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείται το Εργαστήριο της θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, στο Εργαστήριο της θερμότητας ο χρήστης - μαθητής έχει στη διάθεσή του είτε μια προ-κατασκευασμένη πειραματική διάταξη (κλειστό ή παραμετρικό πείραμα) είτε μπορεί να επιλέξει και να συνθέσει μια ελεύθερη διάταξη, στηριζόμενος στα διαθέσιμα σ' αυτόν όργανα, συσκευές και υλικά. Οι πειραματικές διατάξεις υλοποιούνται πάνω σε πάγκο εργασίας (εικόνα 9.5). Ο πάγκος έχει ενσωματωμένες πηγές θέρμανσης (λύχνος bunsen). Ο δείκτης στο ποντίκι αποκτά χαρακτηριστικά σχήματα, που υποβοηθούν την οπτικοποίηση των χειρισμών, όπως «παλάμη» όταν μετακινείται ένα αντικείμενο, βρύση όταν μεταγγίζεται υγρό, κλπ..

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί, σύμφωνα με ερευνητές (Ψύλλος,2007:32), ότι ένα από τα στοιχεία του Εργαστηρίου της θερμότητας που συντελεί στην κατανόηση από τους μαθητές των φαινομένων είναι η αληθοφάνεια τόσο του χώρου και των οργάνων όσο και των χειρισμών και διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα, η αληθοφάνεια υπάρχει στην αναπαράσταση τόσο του χώρου του εργαστηρίου (υπάρχει ο πάγκος εργασίας, τα αποθηκευτικά ντουλάπια, η μπάρα εργαλείων) όσο και των οργάνων (γκαζάκι, φλόγα, θερμόμετρο, δοχεία). Οι διαδικασίες για το στήσιμο της πειραματικής διάταξης είναι ανάλογες με τις πραγματικές. Για παράδειγμα, για να ανάψεις το γκαζάκι πρέπει να πατήσεις ένα κουμπί, για να βάλεις το θερμόμετρο μέσα στο δοχείο πρέπει να το σηκώσεις και να το σύρεις μέχρι το δοχείο.

Επίσης, από τη χρήση του Σ.Ε.Π. σε έρευνες (Ψύλλος,2007:33) και πιο συγκεκριμένα από τη συστηματική παρατήρηση των μαθητών στην τάξη, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές μπορούσαν να αντιληφθούν την άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος που θερμαινόταν από την ψηφιακή ένδειξη του θερμομέτρου, την κίνηση του υδραργύρου στο θερμόμετρο και την κατασκευή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι τα ,τελευταία χρόνια, υλοποιούνται αρκετές έρευνες με τη χρήση του Σ.Ε.Π. για τη μελέτη των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας (Λεύκος κ.ά.,2005; Ολυμπίου κ.ά.,2007; Καλαμπούκας κ.ά.,2008α; Καλαμπούκας κ.ά., 2000β; Zacharia et al.,2008; Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Μακαρατζής,2009; Zacharia & Olympiou,2011).

9.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₄).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων, σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού, είναι πανομοιότυπος με τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, εκτός από τα τμήματα 10.1, 12, 12.1, 12.2 και 12.3. Αυτά τα τμήματα του οδηγού οργάνωσης των εικονικών πειραμάτων περιλαμβάνουν τα εξής:

10. Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

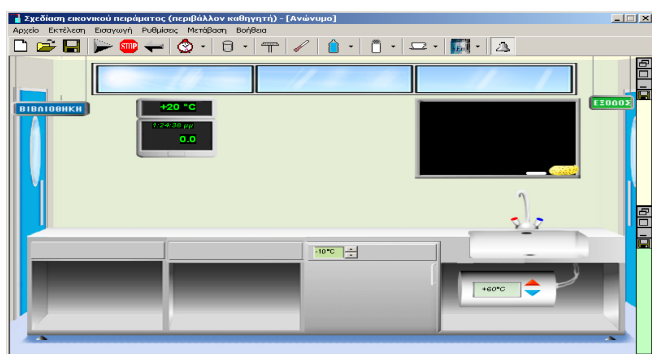
10.1 Εικονικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης. Για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων απαιτείται η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον).

Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π.. Για την εξοικείωση με το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. σχεδιάστηκε και χορηγήθηκε στους μαθητές «Οδηγός εξοικείωσης» για ορθή χρήση του λογισμικού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV).

Τα πειράματα πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών) όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Το λογισμικό προσομοίωσης Σ.Ε.Π. και ειδικότερα το εργαστήριο Θερμότητας (στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά), απεικονίζεται παρακάτω (εικόνα 9.6):



Εικόνα 9.6: Το εργαστήριο Θερμότητας του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.

12.Εικονικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα εικονικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού είναι τρία (3). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεσθούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (αλλά και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι το νερό βράζει σε συγκεκριμένη θερμοκρασία».

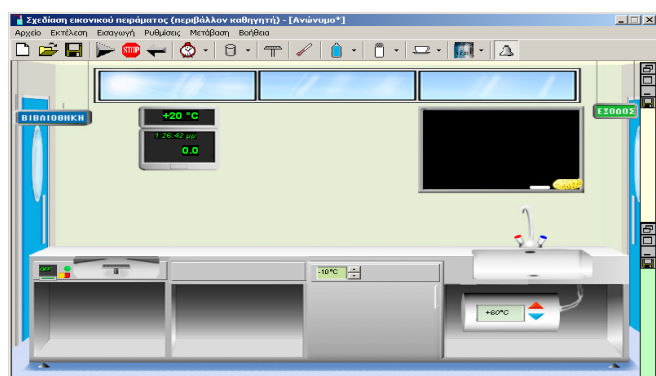
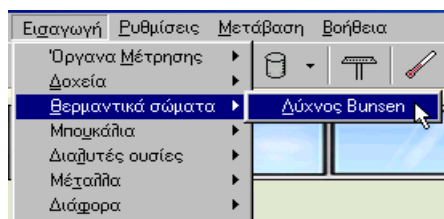
Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

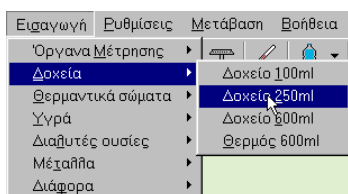
1^ο Βήμα

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας έναν λύχνο Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι ή γκαζάκι), επιλέγοντας **Εισαγωγή > Θερμαντικά σώματα > Λύχνος Bunsen**,

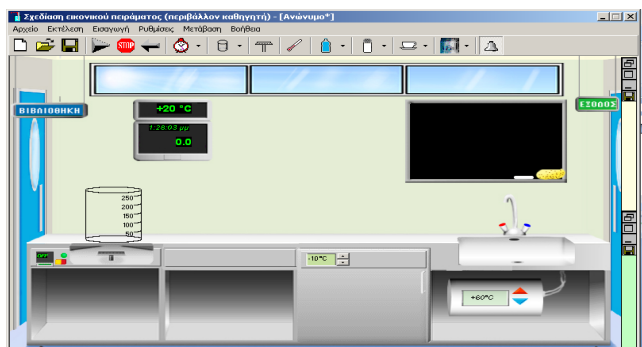


2^ο Βήμα – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΟΧΕΙΟΥ 250 ml

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας **δοχείο των 250 ml** (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή > Δοχεία > Δοχεία 250 ml**

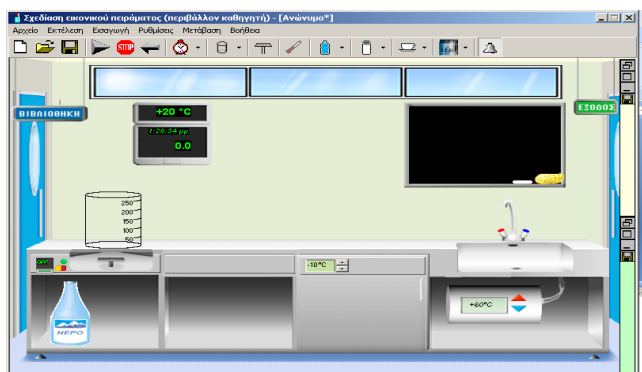
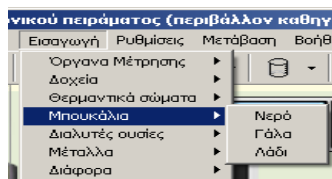


Στη συνέχεια μετακίνησε με το ποντίκι το δοχείο πάνω στο λύχνο Bunsen, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:

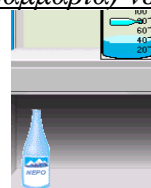


3^ο Βήμα – ΜΠΟΥΚΑΛΙ ΜΕ ΝΕΡΟ (ΓΕΜΙΣΜΑ ΜΕΧΡΙ ΤΑ 100ml)

Τοποθέτησε στο κάτω μέρος του πάγκου εργασίας μπουκάλι νερού, χρησιμοποιώντας το μενού το μενού **Εισαγωγή > Μπουκάλια>Νερό**



- Στη συνέχεια κάνοντας αριστερό κλικ στο Μπουκάλι με το νερό, το ποντίκι παίρνει τη μορφή **μικρού μπλε μπουκαλιού**.
- Τέλος, οδήγησε τον κέρσορα του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό:



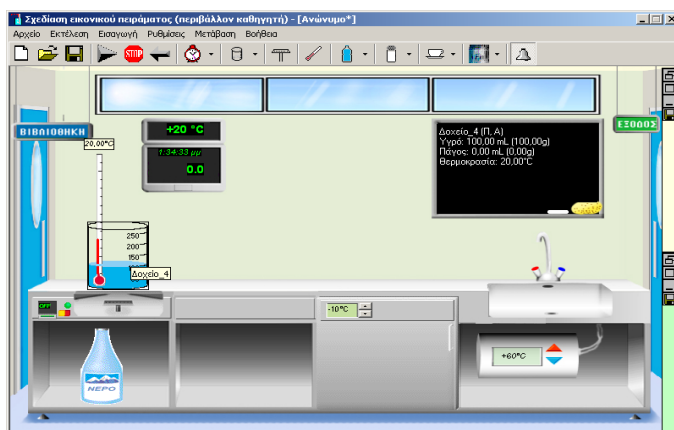
4^ο Βήμα

Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας **Εισαγωγή** ➤ **Όργανα μέτρησης** ➤ **Θερμόμετρο**



Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.

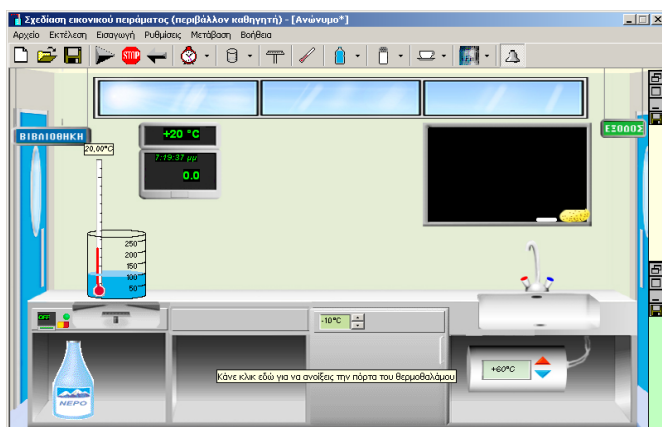
Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

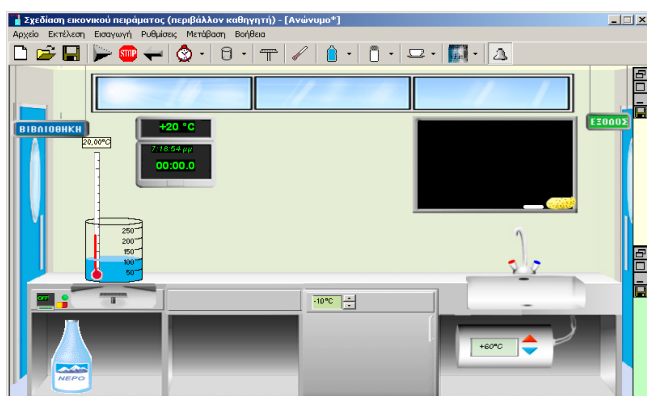
5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στον πίνακα με τον χρόνο που έχει τη μορφή 0.0 (δευτερόλεπτα:δέκατα):



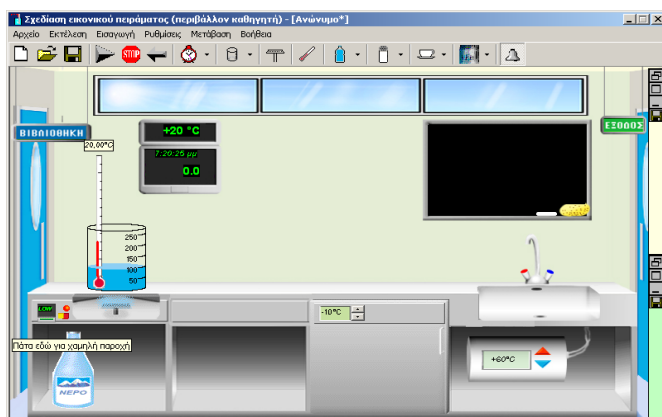
Τότε ο χρόνος θα εμφανίζεται στην οθόνη με τη μορφή λεπτά:δευτερόλεπτα:δέκατα ως εξής:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού



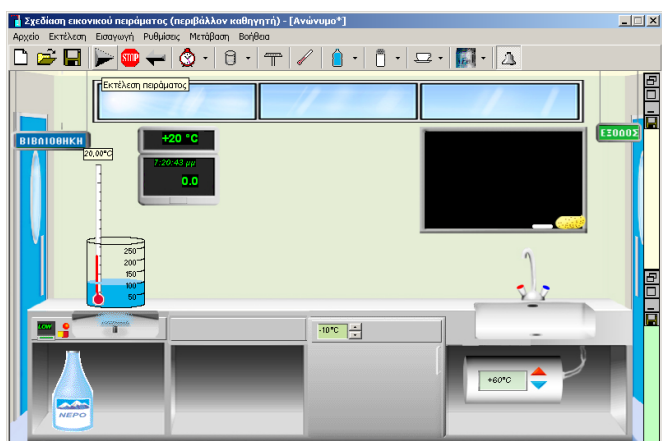
6^ο Βήμα – ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ LOW)

Άναψε το Λύχνο στη *χαμηλή παροχή* θερμότητας (θα εμφανιστεί δίπλα από το **κίτρινο κουμπί** η λέξη: **LOW**), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κουμπί.



7^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



Στη συνέχεια το νερό αρχίζει να ζεσταίνεται.

8^ο Βήμα

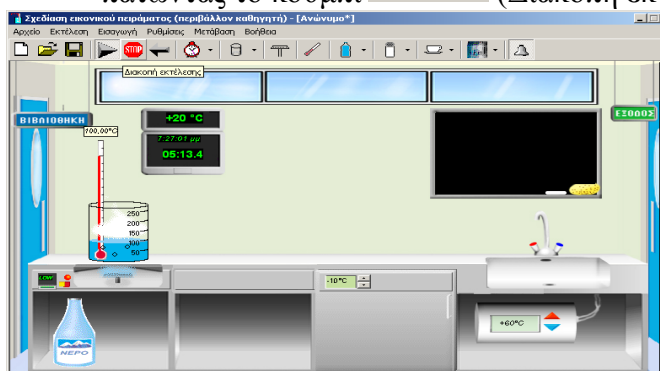
Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

➤ Τέλος, πριν απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις, σταμάτησε το πείραμα



πατώντας το κουμπί (Διακοπή εκτέλεσης)



Σε ποια θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;

..... °C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την παροχή θερμότητας».

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:

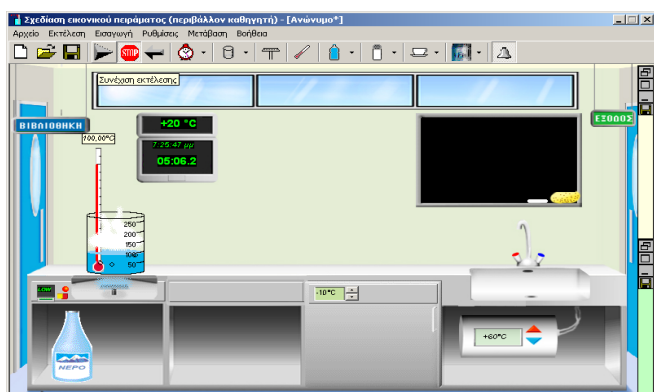


ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα



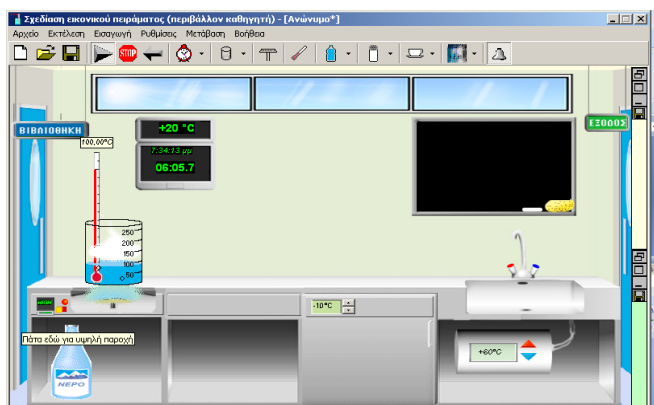
Πάτησε ξανά το κουμπί (εκτέλεση πειράματος) για να συνεχίσει το πείραμα στο οποίο βράζει το νερό.



2^ο Βήμα – ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΟΚΚΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ: HIGH)

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα το λύχνο θέρμανσης στην υψηλή παροχή θερμότητας(μεγαλύτερη φλόγα), πατώντας με αριστερό κλικ το κόκκινο κουμπί (θα εμφανιστεί δίπλα από το κουμπί η λέξη: HIGH)

Το νερό συνεχίζει να ζεσταίνεται.



3^ο Βήμα

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό – (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.
7 ^ο λεπτό – (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.
8 ^ο λεπτό – (3 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.

Τώρα ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμοόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

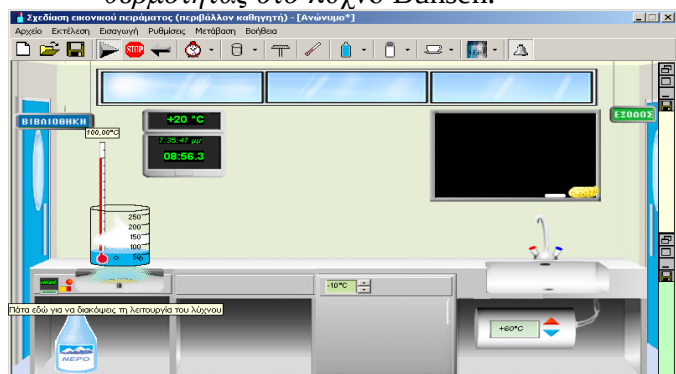
α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

- Στη συνέχεια σβήσε το λύχνο Bunsen (το ηλεκτρικό μάτι), πατώντας αρχικά με αριστερό κλικ την ένδειξη: HIGH(στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης), έτσι ώστε να εμφανιστεί η ένδειξη OFF που σημαίνει ότι διακόπτεται η παροχή θερμότητας στο λύχνο Bunsen.



- Τέλος πάτησε το κουμπί  (Διακοπή εκτέλεσης)
- Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).

β) Μειώθηκε.

γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

12.3 Τρίτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π.:

Το τρίτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τον εξής διδακτικό στόχο: «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από την ποσότητα (ή την μάζα) του νερού που υπάρχει στο δοχείο και θερμαίνεται».

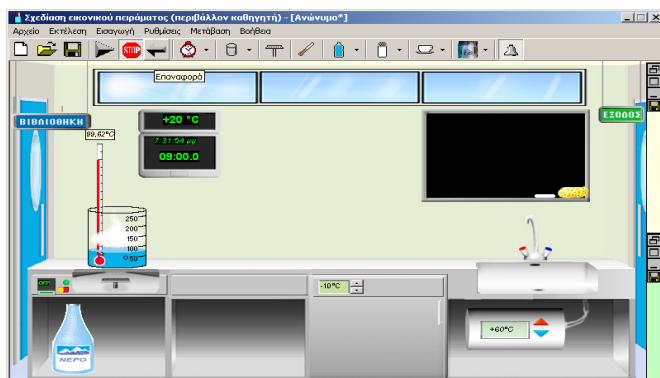
Στο τρίτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :

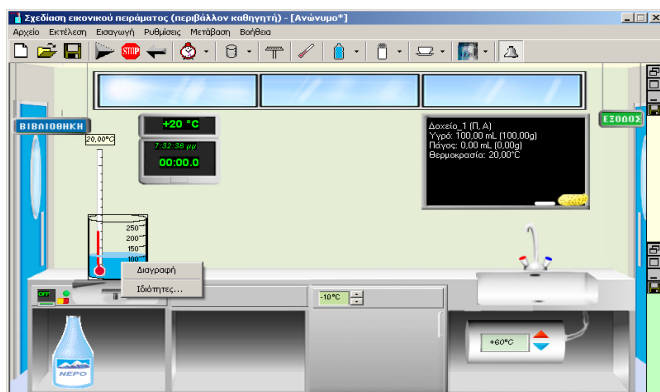
1^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί  (επαναφορά)



2^ο Βήμα:

Επέλεξε με το ποντίκι το δοχείο και κάνε δεξί κλικ για να εμφανιστεί το παρακάτω εικονίδιο:

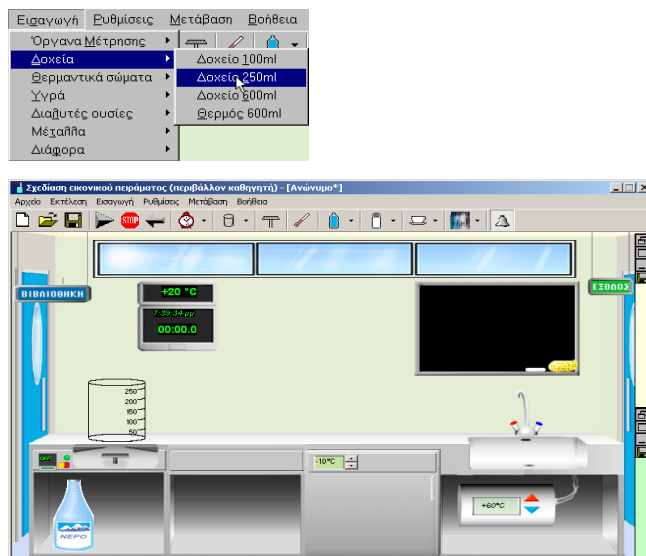


3^ο Βήμα:

Επέλεξε διαγραφή του δοχείου

4^ο Βήμα

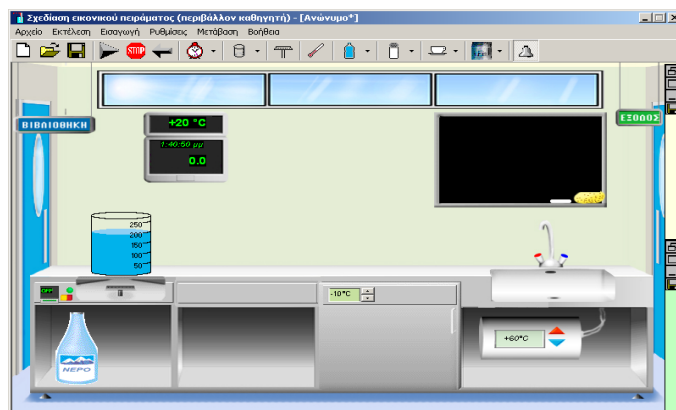
Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας δοχείο των 250 ml (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας το μενού Εισαγωγή ➤ Δοχεία ➤ Δοχεία 250 ml



5^ο Βήμα – Γέμισμα Δοχείου με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml

Κάνε αριστερό κλικ στο Μπουκάλι με το νερό, έτσι ώστε το ποντίκι να πάρει τη μορφή μικρού μπουκαλιού.

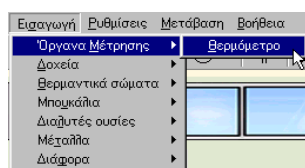
Τέλος, οδήγησε τον κέρσορα του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με διπλάσια ποσότητα σε σχέση με τα προηγούμενα πειράματα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό



Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

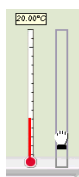
6^ο Βήμα

Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας Εισαγωγή ➤ Όργανα μέτρησης ➤ Θερμόμετρο

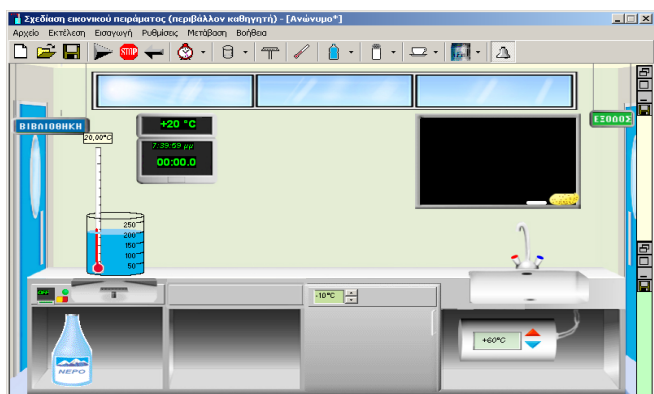


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.

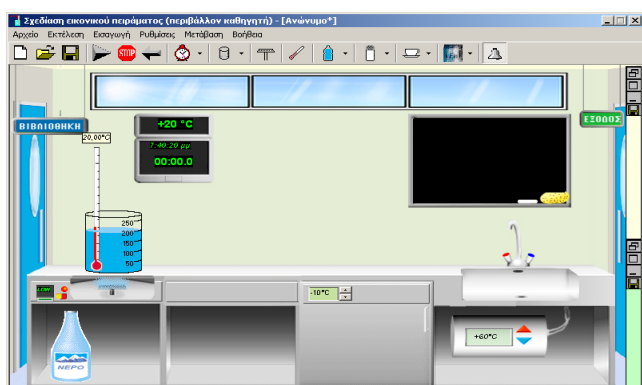


Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



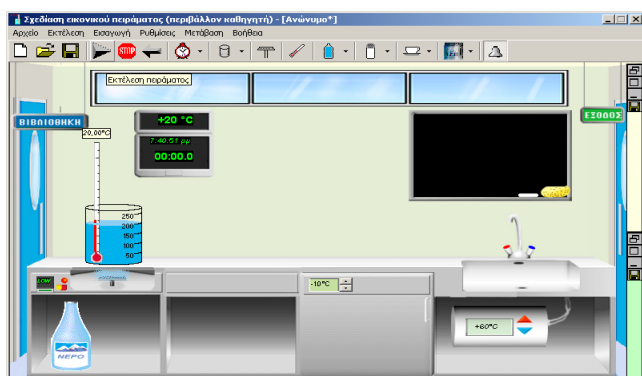
7^ο Βήμα – ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ: LOW)

Άναψε το Λύχνο στη χαμηλή παροχή (θερμότητας), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κουμπί.



8^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



9^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψει, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.
9 ^ο λεπτό	°C.
10 ^ο λεπτό	°C.

Ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα εικονικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 9.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού



Εικόνα 9.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού



Εικόνα 9.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του βρασμού του νερού

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού,

πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₄ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)

II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις

III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα

IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

9.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Με βάση τις αναφορές στο Όγδοο Κεφάλαιο (ενότητα 8.2) σχετικά με τη στατιστική ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων, σε αυτή την ενότητα γίνεται η παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.

Από την επεξεργασία των προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₃ και Π₄, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στον πίνακα (9.1).

Πίνακας 9.1: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1): «Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;»

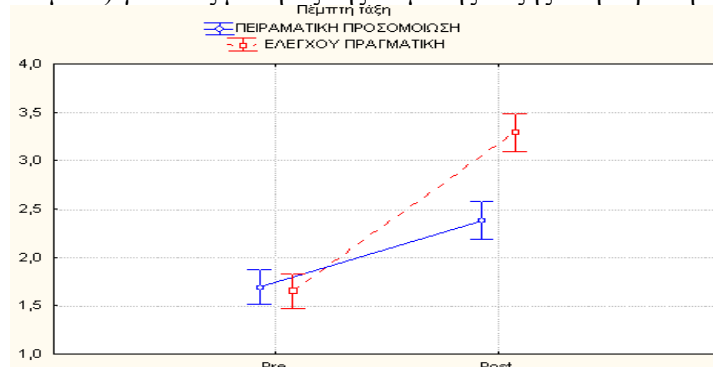
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,69	,66	2,38	,65
			Έκτη	1,96	,66	2,20	,44
			Σύνολο	1,83	,67	2,29	,56
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,65	,67	3,29	,79
			Έκτη	1,96	,66	3,29	,73
			Σύνολο	1,81	,68	3,29	,76
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,67	,67	2,84	,85
			Έκτη	1,96	,66	2,74	,81
			Σύνολο	1,82	,68	2,79	,83

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο

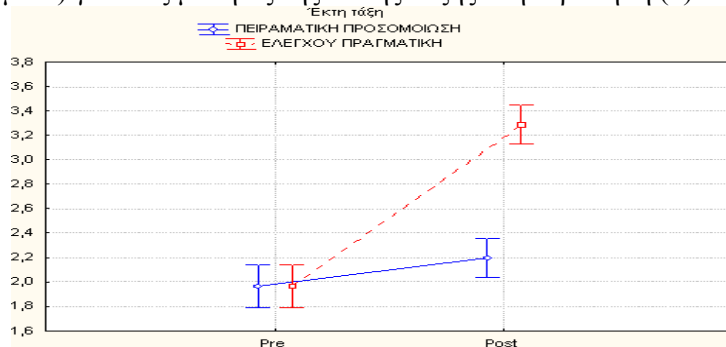
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στα γραφήματα (9.1), (9.2) και στον πίνακα (9.2).

Γράφημα 9.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1)



Γράφημα 9.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1)



Πίνακας 9.2: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,44182, df=416,25									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,6909	2,3818	1,9643	2,1964	1,6545	3,2909	1,9643	3,2857
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,372262	0,001599	0,999992	0,000032	0,372262	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,021061	0,824011	0,000032	0,000032	0,021061	0,000032
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,372262	0,021061		0,421593	0,215252	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,001599	0,824011	0,421593		0,000483	0,000032	0,586952	0,000032
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999992	0,000032	0,215252	0,000483		0,000032	0,215252	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	1,000000
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,372262	0,021061	1,000000	0,586952	0,215252	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	1,000000	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2909 και για την πειραματική ομάδα 2,3818 (Πίνακας 9.2, Γράφημα 9.1). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD,

προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000032<0,05$] (Πίνακας 9.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 6 μαθητές της ομάδας ελέγχου (10,9%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.3). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 44 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 80%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 17 μαθητές (30,9%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 27 (49,1%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 69,1%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2857 και για την πειραματική ομάδα 2,1964 (Πίνακας 9.2, Γράφημα 9.2). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000032<0,05$] (Πίνακας 9.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 11 μαθητές της ομάδας ελέγχου (19,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.3). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 47 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 83,9%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 22 μαθητές (39,3%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 25 (44,6%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

ποσοστό 64,3%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στους πίνακες (9.3),(9.4).

Πίνακας 9.3: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	PIIN				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	23	41,8	25	45,5	2	3,6	0	,0
Μονοδομικό	26	47,3	24	43,6	33	60,0	11	20,0
Πολυδομικό	6	10,9	6	10,9	17	30,9	17	30,9
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	3	5,5	27	49,1

Πίνακας 9.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	PIIN				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	13	23,2	13	23,2	0	,0	0	,0
Μονοδομικό	32	57,1	32	57,1	46	82,1	9	16,1
Πολυδομικό	11	19,6	11	19,6	9	16,1	22	39,3
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	1	1,8	25	44,6

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M7

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ζεσταίνεται και θα αρχίζει να βράζει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Το νερό αρχίζει να βράζει και η στάθμη του θα μειωθεί.

Όνομα: M13

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Το νερό θα βράσει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το νερό θα βράσει, η θερμοκρασία του θα φθάσει στους 100 °C και θα μείνει σταθερή και η στάθμη του νερού θα μειωθεί.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα βράσει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα βγάλει φυσαλίδες, θα βράσει και θα μειωθεί.

Όνομα: M33

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα αρχίζει να ξεχυθεί.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα αρχίζει το νερό να βγάξει φυσαλίδες, θα βράσει περίπου στους 100 °C και θα μειωθεί η στάθμη του.

Όνομα: M82

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ανεβαίνει η στάθμη του νερού.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Βράζει. Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και βγάξει φυσαλίδες που γίνονται ατμός.

Όνομα: M92

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Το νερό θα βράσει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα αρχίζει να βράσει και μετά θα έχει φυσαλίδες, θα εξατμίζεται και η στάθμη του θα κατέβει.

Όνομα: M104

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα χυθεί το νερό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα βγάλει φυσαλίδες και θα βράσει.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M44

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα βράσει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα βγάζει μπουρμπουλίδες, θα βράσει και θα γίνεται σιγά σιγά υδρατμοί.

Όνομα: M55

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα βράσει και το νερό θα μειωθεί.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα βράσει και το νερό θα μειωθεί.

Όνομα: M124

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα αρχίζει να ζεσταίνεται, θα βράζει και θα βγάζει μπουρμπουλίδες.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα αρχίζει να ζεσταίνεται, θα βράζει και θα βγάζει μπουρμπουλίδες και θα μειωθεί το νερό.

Όνομα: M134

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα θερμανθεί και θα βγάζει ατμούς.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα βράζει, θα βγάζει φυσαλίδες, θα βγάζει ατμούς και θα μειωθεί.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₃ και Π₄, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στον πίνακα (9.5).

Πίνακας 9.5: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2): «Η στάθμη του νερού, αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά: α) ανεβαίνει, β) κατεβαίνει, γ) παραμένει σταθερή. Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

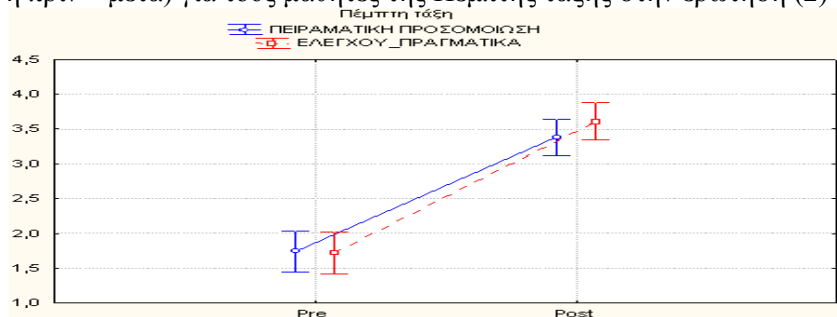
ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,75	1,09	3,38	1,10
			Έκτη	2,29	1,42	3,77	,76
			Σύνολο	2,02	1,29	3,58	,96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

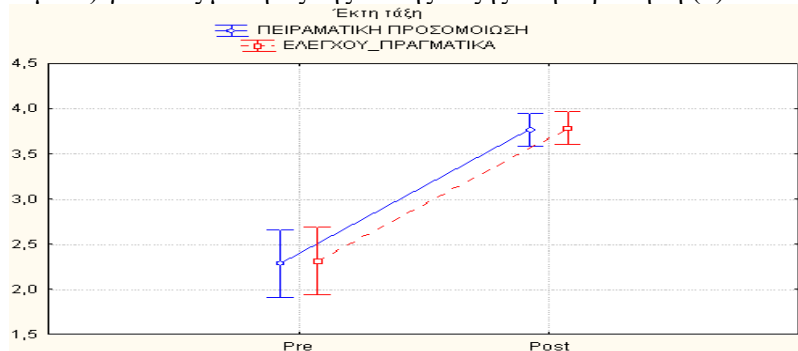
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,71	1,10	3,62	,83
			Έκτη	2,34	1,43	3,79	,62
			Σύνολο	2,03	1,31	3,70	,73
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,73	1,09	3,50	,97
			Έκτη	2,31	1,42	3,78	,69
			Σύνολο	2,02	1,30	3,64	,85

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στα γραφήματα (9.3), (9.4) και στον πίνακα (9.6).

Γράφημα 9.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2)



Γράφημα 9.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2)



Πίνακας 9.6: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2)

Tukey HSD test; Pooled MSE=1,1704, df=424,49											
Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 2	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,7455	3,3818	2,2857	3,7679	1,7222	3,6111	2,3158	3,7895
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,144908	0,000032	1,000000	0,000032	0,097618	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000034	0,564993	0,000032	0,955673	0,000036	0,486140
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,144908	0,000034		0,000032	0,113311	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,564993	0,000032		0,000032	0,995027	0,000032	1,000000
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,113311	0,000032		0,000032	0,074727	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,955673	0,000032	0,995027	0,000032		0,000032	0,988806

7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,097618	0,000036	1,000000	0,000032	0,074727	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,486140	0,000032	1,000000	0,000032	0,988806	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,6111 και για την πειραματική ομάδα 3,3818 (Πίνακας 9.6, Γράφημα 9.3). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,955673>0,05$] (Πίνακας 9.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 9 μαθητές της ομάδας ελέγχου (16,4%) και από 9 μαθητές της πειραματικής ομάδας (16,4%) κατατάχθηκαν στο Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 9.7). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 45 μαθητές της ομάδας ελέγχου (81,8%) και από 41 μαθητές της πειραματικής ομάδας (74,5%) κατατάχθηκαν στο Συσχετιστικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς το Συσχετιστικό επίπεδο. Ειδικότερα, σε ποσοστό 65,4% για την ομάδα ελέγχου και 58,1% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,7895 και για την πειραματική ομάδα 3,7679 (Πίνακας 9.6, Γράφημα 9.4). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=1,000000>0,05$] (Πίνακας 9.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 23 μαθητές της ομάδας ελέγχου (41,1%)

και από 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας (39,3%) κατατάχθηκαν στο Συσχετιστικό επίπεδο (Πίνακας 9.8). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 50 μαθητές της ομάδας ελέγχου (89,3%) και από 51 μαθητές της πειραματικής ομάδας (91,1%) κατατάχθηκαν στα ανώτερα επίπεδα και συγκεκριμένα μόνο στο Συσχετιστικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς το Συσχετιστικό επίπεδο. Ειδικότερα, σε ποσοστό 48,2% για την ομάδα ελέγχου και 51,8% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στους πίνακες (9.7),(9.8).

Πίνακας 9.7: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	32	58,2	34	61,8	6	10,9	1	1,8
Μονοδομικό	14	25,5	12	21,8	8	14,5	9	16,4
Πολυδομικό	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
Συσχετιστικό	9	16,4	9	16,4	41	74,5	45	81,8

Πίνακας 9.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	28	50,0	27	48,2	3	5,4	0	,0
Μονοδομικό	6	10,7	6	10,7	2	3,6	6	10,7
Πολυδομικό	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
Συσχετιστικό	22	39,3	23	41,1	51	91,1	50	89,3

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M7

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ανεβαίνει. Γιατί το νερό ζεσταίνεται και έτσι ανεβαίνει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει. Γιατί το νερό βράζει και γίνεται ατμός.

Όνομα: M82

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ανεβαίνει. Γιατί φουσκώνει και ανεβαίνει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει. Γιατί έχει βράσει για αρκετά λεπτά και γίνεται ατμός.

Όνομα: M105

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ανεβαίνει. Διαστέλλεται με τη ζέση.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει. Γιατί βράζει και γίνεται ατμός.

Όνομα: M147

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Κατεβαίνει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η στάθμη του νερού κατεβαίνει γιατί έχει βράσει αρκετά λεπτά και γιατί το νερό γίνεται ατμός.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M40

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει γιατί το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει γιατί το νερό μετατρέπεται από υγρό σε υδρατμούς.

Όνομα: M56

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει. Επειδή από την πολλή ζέση το νερό γίνεται υδρατμός.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει. Επειδή το νερό γίνεται υδρατμός.

Όνομα: M135

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Κατεβαίνει γιατί θα ζεσταθεί.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Κατεβαίνει γιατί το νερό γίνεται ατμός.

Όνομα: M191

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ανεβαίνει. Γιατί το νερό καθώς βράζει ανεβαίνει η στάθμη του από τη θερμότητα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η στάθμη του νερού κατεβαίνει επειδή το νερό γίνεται αέριο.

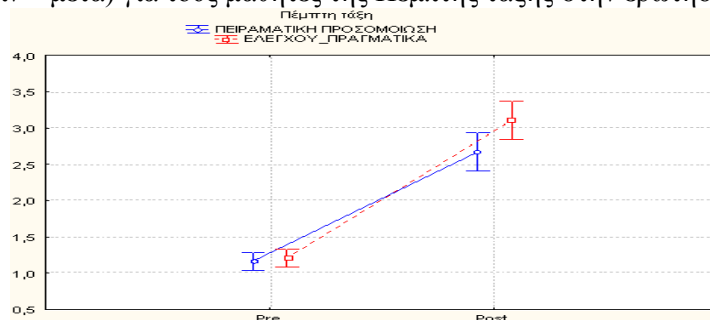
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₃ και Π₄, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στον πίνακα (9.9).

Πίνακας 9.9: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3): «Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε ή αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας (για παράδειγμα τη φλόγα στο γκαζάκι ή την ένδειξη στο ηλεκτρικό μάτι), η θερμοκρασία του νερού: α) θα μεγαλώσει, β) θα μικρύνει, γ) θα παραμείνει η ίδια. Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

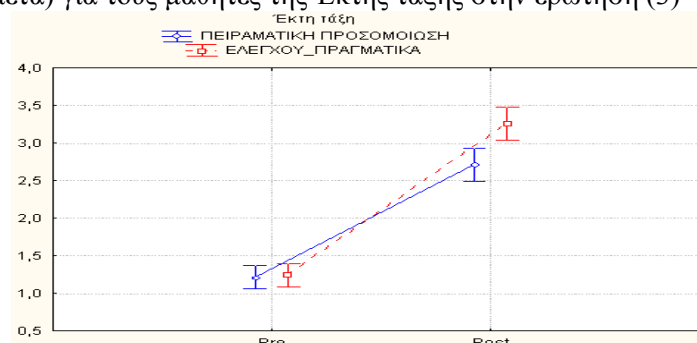
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,16	,42	2,67	1,09
			Έκτη	1,21	,59	2,71	,85
			Σύνολο	1,19	,51	2,69	,97
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,20	,49	3,13	,84
			Έκτη	1,25	,58	3,25	,84
			Σύνολο	1,23	,53	3,19	,84
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,18	,45	2,90	,99
			Έκτη	1,23	,58	2,98	,88
			Σύνολο	1,21	,52	2,94	,94

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στα γραφήματα (9.5), (9.6) και στον πίνακα (9.10).

Γράφημα 9.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)



Γράφημα 9.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)



Πίνακας 9.10: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,55092, df=435,64									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,1636	2,6727	1,2143	2,7143	1,2037	3,1111	1,2456	3,2632
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,999964	0,000032	0,999993	0,000032	0,999064	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,999991	0,000032	0,042840	0,000032	0,000692
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,999964	0,000032		0,000032	1,000000	0,000032	0,999999	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,999991	0,000032		0,000032	0,094114	0,000032	0,002172
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999993	0,000032	1,000000	0,000032		0,000032	0,999990	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,042840	0,000032	0,094114	0,000032		0,000032	0,961328
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,999064	0,000032	0,999999	0,000032	0,999990	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000692	0,000032	0,002172	0,000032	0,961328	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,1111 και για την πειραματική ομάδα 2,6727 (Πίνακας 9.10, Γράφημα 9.5). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,042840 < 0,05$] (Πίνακας 9.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 2 μαθητές της ομάδας ελέγχου (3,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.11). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 39 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 70,9%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 16 μαθητές (29,1%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 23 (41,8%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 67,3%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2632 και για την πειραματική ομάδα 2,7143 (Πίνακας 9.10, Γράφημα 9.6). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,002172<0,05$] (Πίνακας 9.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 4 μαθητές της ομάδας ελέγχου (7,1%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.12). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 42 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 75%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 14 μαθητές (25%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 28 (50%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 67,9%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3), όπως φαίνεται στους πίνακες (9.11),(9.12).

Πίνακας 9.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	47	85,5	46	83,6	9	16,4	0	,0
Μονοδομικό	7	12,7	7	12,7	17	30,9	16	29,1
Πολυδομικό	1	1,8	2	3,6	12	21,8	16	29,1
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	17	30,9	23	41,8

Πίνακας 9.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	48	85,7	46	82,1	4	7,1	0	,0
Μονοδομικό	5	8,9	6	10,7	18	32,1	14	25,0
Πολυδομικό	2	3,6	4	7,1	24	42,9	14	25,0
Συσχετιστικό	1	1,8	0	,0	10	17,9	28	50,0

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ11

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια. Γιατί θα είναι 100 °C.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια. Γιατί η δυνατότερη φλόγα βοηθά στο να γίνει το νερό αέριο.

Όνομα: Μ12

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει. Γιατί μεγαλώνει και η φλόγα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια. Γιατί η επιπλέον φλόγα βοηθάει το νερό να γίνει πιο γρήγορα αέριο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

	και να εξατμιστεί.

Όνομα: M18

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει. Όσο μεγαλύτερη είναι η φλόγα τόσο περισσότερο θερμαίνεται το νερό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί η θερμοκρασία βρασμού είναι 100 °C όσο κι αν δυναμώσουμε τη φλόγα.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει γιατί θα υπάρχει μεγαλύτερη φλόγα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί δεν παίζει ρόλο η φλόγα όταν βράζει το νερό αφού βράζει στους 100 °C και η παραπάνω φλόγα το κάνει να γίνει αέριο.

Όνομα: M32

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο πόσο δυνατή θα είναι η φλόγα. Αυτή βοηθά μόνο το νερό να εξατμιστεί.

Όνομα: M74

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια. Απλά θα βοηθήσει η απότομη αύξηση της φλόγας στο να γίνει το νερό ατμός.

Όνομα: M84

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει. Δεν γνωρίζω γιατί.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια. Δεν παίζει ρόλο η φλόγα, η θερμοκρασία του νερού είναι ίδια. Η μεγάλη φλόγα κάνει το νερό να εξατμίζεται πιο γρήγορα.

Όνομα: M98

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια στους 100 °C.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί όσο και να μεγαλώσουμε τη φλόγα η θερμοκρασία θα μείνει το ίδιο.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M38

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει γιατί η φλόγα θα αρχίσει να ζεσταίνει πιο πολύ.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί κατά τη διάρκεια του βρασμού δεν παίζει ρόλο η φλόγα. Αυτή βοηθά να γίνει το νερό υδρατμός.

Όνομα: M46

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μεγαλώσει γιατί θα ανέβει και η θερμοκρασία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί κατά τη διάρκεια του βρασμού δεν παίζει ρόλο η φλόγα γιατί κάνει το νερό αέριο.

Όνομα: M55

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα μικρύνει. Γιατί όσο πιο πολύ κάθεται το νερό για βρασμό τόσο πιο πολύ θα μειώνεται.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα παραμείνει η ίδια γιατί η φλόγα βοηθάει στο να εξατμιστεί το νερό.

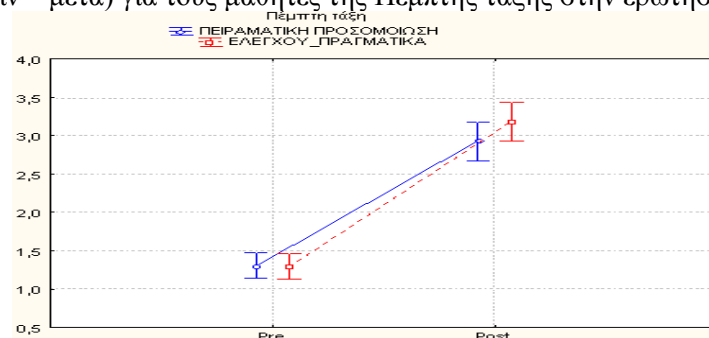
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₃ και II₄, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στον πίνακα (9.13).

Πίνακας 9.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4): «Έχουμε ένα μεγάλο (250 ml) και ένα μικρό δοχείο (100 ml), τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε με δύο ίδια γκαζάκια (με την ίδια παροχή θερμότητας – ίδια φλόγα). Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δύο δοχεία; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

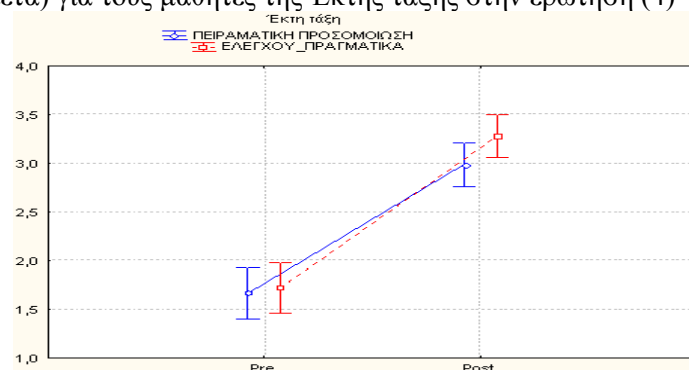
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,60	2,93	1,03
			Έκτη	1,66	,98	2,98	,88
			Σύνολο	1,49	,83	2,95	,96
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,29	,60	3,20	,83
			Έκτη	1,73	1,00	3,27	,80
			Σύνολο	1,51	,85	3,23	,81
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,30	,60	3,06	,94
			Έκτη	1,70	,98	3,13	,85
			Σύνολο	1,50	,84	3,09	,89

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στα γραφήματα (9.7), (9.8) και στον πίνακα (9.14).

Γράφημα 9.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4)



Γράφημα 9.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4)



Πίνακας 9.14: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 4	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,3091	2,9273	1,6607	2,9821	1,2963	3,1852	1,7193	3,2807
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,373805	0,000032	1,000000	0,000032	0,180440	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,999976	0,000032	0,766724	0,000032	0,360988
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,373805	0,000032		0,000032	0,332162	0,000032	0,999961	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,999976	0,000032		0,000032	0,918795	0,000032	0,582884
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,332162	0,000032		0,000032	0,154848	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,766724	0,000032	0,918795	0,000032		0,000032	0,999029
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,180440	0,000032	0,999961	0,000032	0,154848	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,360988	0,000032	0,582884	0,000032	0,999029	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,1852 και για την πειραματική ομάδα 2,9273 (Πίνακας 9.14, Γράφημα 9.7). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,766724>0,05$] (Πίνακας 9.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 4 μαθητές της ομάδας ελέγχου (7,3%) και από 4 μαθητές της πειραματικής ομάδας (7,3%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.15). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 41 μαθητές της ομάδας ελέγχου (74,6%) και από 34 μαθητές της πειραματικής ομάδας (61,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 67,3% για την ομάδα ελέγχου και 54,5% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2807 και για την πειραματική ομάδα 2,9821 (Πίνακας 9.14, Γράφημα 9.8). Η διαφορά

αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,582884>0,05$] (Πίνακας 9.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 12 μαθητές της ομάδας ελέγχου (21,4%) και από 12 μαθητές της πειραματικής ομάδας (21,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 9.16). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 44 μαθητές της ομάδας ελέγχου (78,6%) και από 40 μαθητές της πειραματικής ομάδας (71,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 57,2% για την ομάδα ελέγχου και 50% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στους πίνακες (9.15),(9.16).

Πίνακας 9.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Πέμπτη τάξη									
Επίπεδο	PRIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	42	76,4	43	78,2		5	9,1	0	,0
Μονοδομικό	9	16,4	8	14,5		16	29,1	14	25,5
Πολυδομικό	4	7,3	4	7,3		12	21,8	16	29,1
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		22	40,0	25	45,5

Πίνακας 9.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Έκτη τάξη									
	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	35	62,5	32	57,1		3	5,4	0	,0
Μονοδομικό	9	16,1	12	21,4		13	23,2	12	21,4
Πολυδομικό	8	14,3	7	12,5		22	39,3	17	30,4
Συσχετιστικό	4	7,1	5	8,9		18	32,1	27	48,2

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M9

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Διαφορετική θερμοκρασία θα έχουν. Το μικρό θα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία γιατί οι διαστάσεις του θα είναι μικρότερες από το μεγάλο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Την ίδια θερμοκρασία θα έχουν γιατί παραμένει σταθερή όταν βράζουν και δεν έχει σημασία ότι το ένα είναι μικρό και το άλλο μεγάλο.

Όνομα: M12

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η θερμοκρασία θα είναι ίδια, 100 °C, γιατί δεν παίζει ρόλο στο βρασμό του νερού η ποσότητα.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και στα δύο γιατί θα υπάρχει ίδια θερμοκρασία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο εάν είναι μικρότερο ή μεγαλύτερο το δοχείο.

Όνομα: M28

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική γιατί είναι διαφορετική η ποσότητα του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και στα δύο γιατί δεν παίζει ρόλο η ποσότητα του νερού.

Όνομα: M84

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική γιατί το νερό είναι περισσότερο στο ένα ενώ στο άλλο λιγότερο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια γιατί η θερμοκρασία που βράζει παραμένει ίδια και το νερό δεν παίζει ρόλο.

Όνομα: M85

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η θερμοκρασία θα είναι και στα δύο δοχεία στους 100 °C γιατί η θερμοκρασία που βράζει το νερό θα παραμείνει στους 100 °C και στα δύο.

Όνομα: M102

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική γιατί όσο πιο λίγο είναι το νερό τόσο πιο γρήγορα ζεσταίνεται.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί το θερμόμετρο στον βρασμό μένει στους 100 °C.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M35

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C διότι δεν έχει σημασία ο όγκος του νερού που βράζει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία (100 °C) και στα δύο θερμότητα γιατί δεν παίζει ρόλο στο βρασμό η ποσότητα.

Όνομα: M40

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί η θερμοκρασία βρασμού είναι πάντα ίδια και δεν αλλάζει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο η ποσότητα του νερού.

Όνομα: M47

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Διαφορετική γιατί τα δοχεία είναι διαφορετικά.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο η ποσότητα του νερού στη θερμοκρασία βρασμού του νερού.

Όνομα: M58

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί η θερμοκρασία βρασμού είναι πάντα ίδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και στα δύο δοχεία 100 °C. Γιατί όσο νερό κι αν βάλουμε αυτό θα βράσει στους 100 °C.

Όνομα: M117

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Η θερμοκρασία θα είναι ίδια και στα δύο δοχεία στους 100 °C.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και θα δείξουν 100 °C. Γιατί δεν παίζει ρόλο το πόσο νερό θα έχει το δοχείο αφού το νερό βράζει πάντα στους 100 °C.

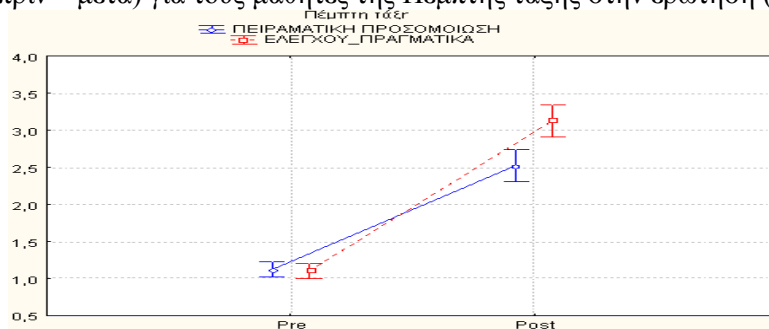
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₃ και II₄, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στον πίνακα (9.17).

Πίνακας 9.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (5): «Έχουμε δύο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με την ίδια ποσότητα νερού. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο. Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)). Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δύο δοχεία; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

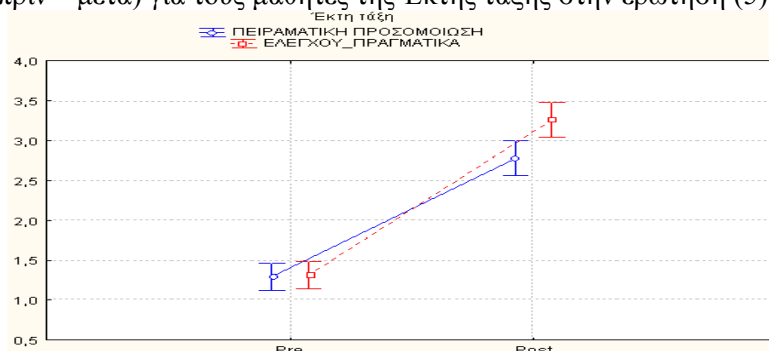
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,13	,39	2,53	,81
			Έκτη	1,29	,65	2,78	,83
			Σύνολο	1,21	,54	2,65	,83
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,11	,37	3,15	,80
			Έκτη	1,32	,64	3,25	,84
			Σύνολο	1,22	,53	3,20	,82
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,12	,38	2,84	,86
			Έκτη	1,30	,64	3,02	,86
			Σύνολο	1,21	,53	2,93	,87

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στα γραφήματα (9.9), (9.10) και στον πίνακα (9.18).

Γράφημα 9.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5)



Γράφημα 9.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5)



Πίνακας 9.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (5)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE=,47774, df=433,44									
		Τάξη	Ερ. 5	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,1273	2,5273	1,2909	2,7818	1,1111	3,1296	1,3158	3,2632
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,919533	0,000032	1,000000	0,000032	0,837204	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,529170	0,000032	0,000170	0,000032	0,000033
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,919533	0,000032		0,000032	0,876208	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,529170	0,000032		0,000032	0,146249	0,000032	0,005625
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,876208	0,000032		0,000032	0,774629	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000170	0,000032	0,146249	0,000032		0,000032	0,972008
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,837204	0,000032	1,000000	0,000032	0,774629	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,000033	0,000032	0,005625	0,000032	0,972008	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (5) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,1296 και για την πειραματική ομάδα 2,5273 (Πίνακας 9.18, Γράφημα 9.9). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000170<0,05$] (Πίνακας 9.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (5) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση η απάντηση μόνο από 1 μαθητή της ομάδας ελέγχου (1,8%) κατατάχθηκε στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 9.19). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 41 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 74,5%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 19 μαθητές (34,5%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 22 (40%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 72,7%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (5) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2632 και για την πειραματική ομάδα 2,7818 (Πίνακας 9.18, Γράφημα 9.10). Η διαφορά

αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,005625<0,05$] (Πίνακας 9.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (5) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 3 μαθητές της ομάδας ελέγχου (5,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 9.20). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 42 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 75%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 14 μαθητές (25%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 28 (50%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 69,6%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (5), όπως φαίνεται στους πίνακες (9.19),(9.20).

Πίνακας 9.19: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	49	89,1	50	90,9	4	7,3	0	,0
Μονοδομικό	5	9,1	4	7,3	25	45,5	14	25,5
Πολυδομικό	1	1,8	1	1,8	19	34,5	19	34,5
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	7	12,7	22	40,0

Πίνακας 9.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (5)

Έκτη τάξη									
	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	45	80,4	42	75,0		3	5,5	0	,0
Μονοδομικό	7	12,5	11	19,6		17	30,9	14	25,0
Πολυδομικό	3	5,4	2	3,6		24	43,6	14	25,0
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8		11	20,0	28	50,0

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (5) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M7

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική η θερμοκρασία γιατί στο μικρό γκαζάκι έχει μικρή φωτιά, ενώ στο μεγάλο μεγάλη φωτιά.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C.

Όνομα: M11

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική η θερμοκρασία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία και στα δύο θερμόμετρα και θα δείχνουν 100 °C γιατί δεν μετράει πόσο μεγάλη είναι η φλόγα αφού αυτή βοηθά να γίνει το νερό ατμός.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική γιατί θα υπάρχει διαφορετική φλόγα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο εάν έχει μικρή ή μεγάλη φλόγα το γκαζάκι αφού στους 100 °C βράζει το νερό όση φλόγα και να έχουμε.

Όνομα: M84

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Διαφορετική γιατί στο ένα είναι μικρή η φλόγα ενώ στο άλλο μεγάλη.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και θα δείξουν 100 °C και τα δύο γιατί δεν παίζει ρόλο η φλόγα.

Όνομα: M86

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα δείχνουν και τα δύο 100 °C. Θα είναι ίδια.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Και στα δύο δοχεία θα δείχνει 100 °C. Θα είναι ίδια. Δεν παίζει ρόλο η θερμότητα από τα γκαζάκια.

Όνομα: M96

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική αφού το ένα δοχείο έχει μικρό γκαζάκι παίρνει μικρή θερμότητα ενώ το άλλο παίρνει μεγαλύτερη γιατί έχει μεγάλο γκαζάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια η θερμοκρασία στους 100 °C γιατί εξατμίζεται.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (5) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M44

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Διαφορετική γιατί η θερμοκρασία του νερού εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και στα δύο στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο η ποσότητα της φωτιάς. Βοηθά το νερό να γίνει ατμός.

Όνομα: M46

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική η θερμοκρασία ανάμεσα στα δύο δοχεία. Αφού βράζουν σε διαφορετικές θερμοκρασίες.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια 100 °C. Γιατί δεν παίζει ρόλο η φλόγα. Κάνει το νερό όταν βράζει ατμό.

Όνομα: M51

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Διαφορετική γιατί το μεγάλο γκαζάκι βγάζει περισσότερη φλόγα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια και στα δύο στους 100 °C γιατί δεν παίζει ρόλο η φλόγα, αφού το νερό βράζει μόνο στους 100 °C και η παραπάνω

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του βρασμού του νερού

	φλόγα το κάνει ατμό το νερό.

Όνομα: M56

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι διαφορετική επειδή στο δεύτερο η φωτιά είναι μεγαλύτερη.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Θα είναι η ίδια γιατί η θερμοκρασία βρασμού παραμένει στους 100 °C χωρίς να παίζει ρόλο η φλόγα.

Όνομα: M58

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι η ίδια στους 100 °C γιατί το νερό βράζει πάντα στους 100 °C. Απλώς όσο μεγαλύτερη φλόγα έχει το γκάζι τόσο πιο πολύ το νερό γίνεται ατμός.

Όνομα: M117

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια. 100 °C.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Θα είναι ίδια. Θα δείξει και στα 2 100 °C. Δεν παίζει ρόλο το πόσο μεγάλη θα είναι η φλόγα γιατί το νερό βράζει στους 100 °C. Αυτή βοηθά στην εξάτμιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΕΚΑΤΟ

Ερευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για
την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

10.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων είναι πανομοιότυπο με το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Ωστόσο, διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούνται τα πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, στα πραγματικά πειράματα γίνεται χρήση πραγματικών αντικειμένων (όπως είναι ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του, ένας διακόπτης, καλώδια με κροκοδειλάκια, μια μπαταρία πλακέ 4,5V), ενώ στα εικονικά πειράματα γίνεται χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition (ως γνωστικού εργαλείου). Τόσο για τα πραγματικά όσο και για τα εικονικά πειράματα (και αντικείμενα) γίνεται αναλυτική αναφορά στο παρόν κεφάλαιο.

10.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₅).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

1.Τίτλος: Το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

2.Εμπλεκόμενα γνωστικά αντικείμενα: Φυσική.

3.Πρωτοτυπία: Η εκτέλεση των πραγματικών (ή εικονικών) πειραμάτων με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και τις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

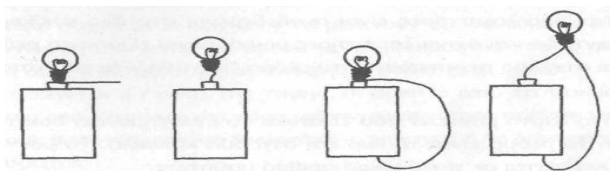
4. Τάξεις στις οποίες απευθύνεται: Το συγκεκριμένο σενάριο και τα πειράματα αφορούν μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου (περίπου την ηλικία των 11 – 12 ετών). Να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί τις υπό διερεύνηση έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

5. Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Το σενάριο καλύπτει τους στόχους του μαθήματος όπως αυτοί περιγράφονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, στο Α.Π.Σ. της Πέμπτης τάξης αναφέρεται η έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και ειδικότερα στην Ενότητα 3: Ενέργεια (Ηλεκτρικό ρεύμα – Ηλεκτρικά κυκλώματα) (Δ.Ε.Π.Π.Σ. & Α.Π.Σ., 2003:512). Οι διδακτικοί στόχοι που περιγράφονται στο Α.Π.Σ. είναι οι εξής:

- Να περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος και το ρόλο κάθε στοιχείου σε αυτό
- Να αναγνωρίζουν το ρόλο της μπαταρίας ως πηγή ενέργειας στο απλό κύκλωμα

6. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: Αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον ηλεκτρισμό (Shipstone,1985; Κουμαράς, 1989; Κουμαράς, κ.ά.,1990; Driver et al.,1993; Driver et al.,1998; Χρηστίδου,2001; Κόκκοτας κ.ά.,2002α; Μαλαμίτσα κ.ά.,2002; Πιλάτου,2003; Αποστολάκης κ.ά., 2006α; Τσιχουρίδης & Βαβουγιός,2007). Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές εξέτασαν τις αντιλήψεις των μαθητών παρατηρώντας τις προσπάθειες τους να ανάψουν μια ασύνδετη λάμπα, όταν τους δίνεται μπαταρία και καλώδια σύνδεσης.

Πολλοί μαθητές απέτυχαν στο έργο αυτό και τυπικά παραδείγματα των συνδέσεων που έκαναν φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 10.1: Κυκλώματα που δείχνουν ένα μοντέλο τύπου πηγή – καταναλωτή (Driver et al., 1998:220)

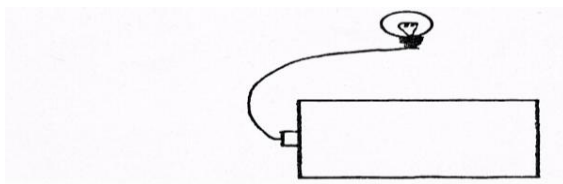
Η βασική ιδέα που φέρνουν μαζί τους οι μαθητές στην αρχή της διδασκαλίας είναι ότι ένα κύκλωμα περιλαμβάνει μια μπαταρία η οποία λειτουργεί ως «πηγή» και έναν «καταναλωτή» που είναι ένας λαμπτήρας ή ένας ηλεκτρικός κινητήρας. Η μπαταρία έχει αποθηκεύσει «ρεύμα», «ηλεκτρισμό», «ενέργεια», «ισχύ». Οι μαθητές με τον όρο «ηλεκτρισμός» εννοούν αδιακρίτως ένα από τα παραπάνω (Driver et al.,1993:94; Κόκκοτας κ.ά.,2002α:355).

Γενικά, πολλές έρευνες (Shipstone,1985; Shipstone,1988; Driver et al.,1993; Driver et al.,1998; Κόκκοτας κ.ά.,2002α; Τσελφές,2003; Αποστολάκης κ.ά.,2006α;

Τσιχουρίδης & Βαβουγιός,2007; Σκουμιός,2008) έχουν δείξει ότι οι μαθητές για να εξηγήσουν πώς φτάνει το ρεύμα από την πηγή στον «καταναλωτή» στρέφονται σε εναλλακτικά μοντέλα, τα οποία είναι τα εξής:

1. *Το μονοπολικό μοντέλο:* Στο πρώτο από αυτά τα μοντέλα, το λεγόμενο μονοπολικό μοντέλο, οι μαθητές θεωρούν πως μόνο το ένα καλώδιο είναι απαραίτητο (για τη μεταφορά του ρεύματος). Πιστεύουν ότι το ρεύμα πηγαίνει από τη μπαταρία στο λαμπτήρα όπου και χρησιμοποιείται όλο (Σχήμα 10.2).

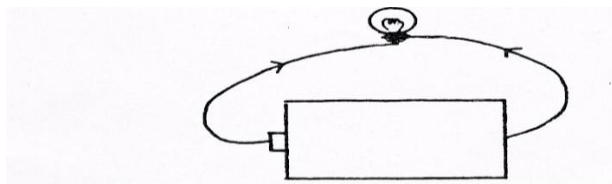
Πολλοί μαθητές διατηρούν το μοντέλο αυτό ακόμα και στην περίπτωση που διαπιστώνουν ότι για να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας χρειάζονται δύο καλώδια, αφού πιστεύουν ότι το δεύτερο καλώδιο δεν διαδραματίζει κάποιο ενεργό ρόλο. Σε αυτή την περίπτωση, η δικαιολογία που προβάλλεται είναι ότι το δεύτερο καλώδιο «χρησιμοποιείται για ασφάλεια». Η χρήση πλακέ μπαταριών, στις οποίες και οι δύο πόλοι είναι εξίσου εμφανείς, βοηθά στην απόρριψη του μοντέλου αυτού (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:145).



Σχήμα 10.2: Το μονοπολικό μοντέλο (Driver et al.,1998:221)

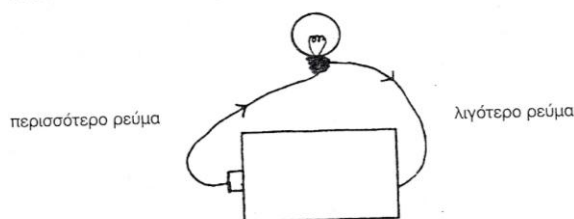
2. *Το μοντέλο των «συγκρουόμενων ρευμάτων»:* Όταν η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών πεισθεί, ότι για να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας χρειάζονται δύο καλώδια, τότε για να δικαιολογήσει πώς το ηλεκτρικό ρεύμα κυκλοφορεί στο κύκλωμα, δέχεται το δεύτερο μοντέλο των «συγκρουόμενων ρευμάτων» που είναι πολύ συνηθισμένο σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα ρέει και από τους δύο πόλους της μπαταρίας προς το λαμπτήρα. Ορισμένες φορές εξηγούν την ύπαρξη του φωτός στα πλαίσια της «σύγκρουσης» δύο ρευμάτων (Σχήμα 10.3). Η επίδειξη κυκλώματος με δύο λαμπτήρες σε παράλληλη σύνδεση βοηθά στην απόρριψη αυτού του μοντέλου, αφού, αν το μοντέλο ήταν σωστό, θα έπρεπε ο δεύτερος λαμπτήρας να ακτινοβολεί λιγότερο από τον πρώτο (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:145).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



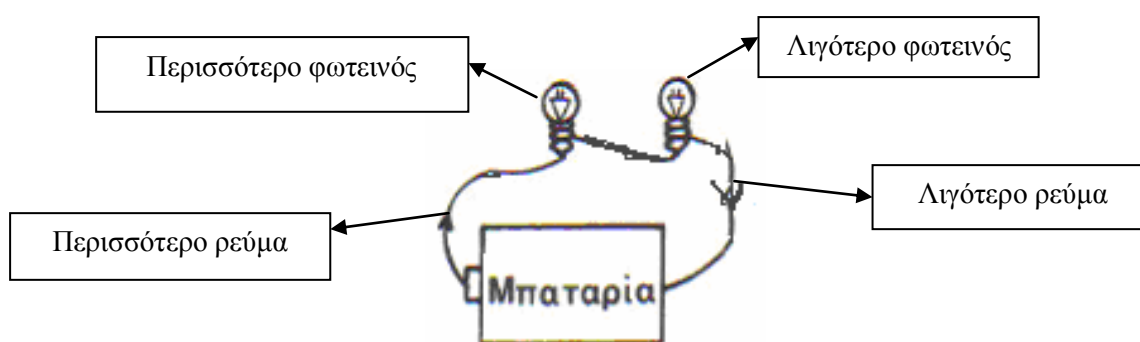
Σχήμα 10.3: Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων (Driver et al.,1998:221; Αποστολάκης κ.ά.,2006α:145)

3. Το καταναλωτικό μοντέλο (ή μοντέλο εξασθένισης του ρεύματος): Στο τρίτο μοντέλο το ρεύμα θεωρείται ότι «καταναλώνεται» από το λαμπτήρα και έτσι υπάρχει λιγότερο ρεύμα στο καλώδιο που «γυρίζει πίσω» στην μπαταρία (Σχήμα 10.4).



Σχήμα 10.4: Το καταναλωτικό μοντέλο (Driver et al.,1998:222)

Στην περίπτωση που έχουμε δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά, μερικοί μαθητές αναμένουν ότι ένας δεύτερος λαμπτήρας θα φωτοβολεί λιγότερο από τον πρώτο όταν δύο λαμπτήρες είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο κύκλωμα. Δηλαδή, ο δεξιός λαμπτήρας φωτοβολεί λιγότερο μιας και εξασθενεί λίγο στον πρώτο (Σχήμα 10.5). Ακόμα και αν ο επιμερισμός είναι ίσος στους δύο λαμπτήρες, υπάρχει η έννοια της «κατανάλωσης» του ρεύματος πάνω στους λαμπτήρες (Driver et al.,1998:223).

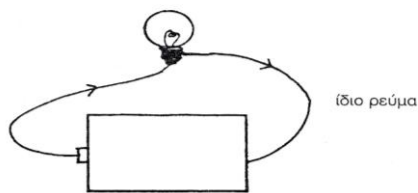


Σχήμα 10.5: Το καταναλωτικό μοντέλο με δύο λαμπτήρες (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:145)

Η επίδειξη κυκλώματος με δύο λαμπτήρες σε σύνδεση σε σειρά βοηθά στην απόρριψη αυτού του μοντέλου, αφού, αν το μοντέλο ήταν σωστό, θα έπρεπε ο δεύτερος λαμπτήρας να ακτινοβολεί λιγότερο (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:145).

4. *Μεριστικό μοντέλο:* Στο μεριστικό μοντέλο οι μαθητές φαντάζονται ότι οι λαμπτήρες μοιράζονται εξίσου το ρεύμα, όταν ένα κύκλωμα αποτελείται από έναν αριθμό ίδιων στοιχείων. Για παράδειγμα, ίδιες λάμπες σε σειρά προβλέπεται ότι θα έχουν όλες την ίδια λαμπρότητα, αλλά το ρεύμα δεν θεωρείται ότι διατηρείται. Με άλλα λόγια, το ρεύμα «καταναλώνεται» από αυτούς (Driver et al.,1993:50).

Υπάρχει και ένα πέμπτο μοντέλο που είναι το επιστημονικά σωστό, το οποίο δείχνει ότι το ρεύμα είναι το ίδιο και στα δύο καλώδια, κινείται κατά μια κατεύθυνση και διατηρείται (Σχήμα 10.6). Το μοντέλο αυτό συναντάται σε πολύ μικρό αριθμό μαθητών (Driver et al.,1993:50).



Σχήμα 10.6: Το επιστημονικό μοντέλο της διατήρησης του ρεύματος (Driver et al.,1998:222)

Είναι αξιοσημείωτο ότι τα κυριότερα μοντέλα των μαθητών είναι μοντέλα «διαδοχικής φύσεως», κατά τα οποία κάτι που προέρχεται από την μπαταρία ταξιδεύει γύρω γύρω στο κύκλωμα και περνάει από τα καλώδια και τα άλλα μέρη του κυκλώματος διαδοχικά. Οι μαθητές δεν κατανοούν ότι το κύκλωμα είναι ένα δυναμικό σύστημα αλληλεξαρτώμενων στοιχείων, όπου μια αλλαγή σε ένα στοιχείο μπορεί να φέρει αλλαγή σε άλλα στοιχεία του κυκλώματος. Οι μαθητές εξετάζουν δηλαδή μεμονωμένα διάφορα τμήματα του (Driver et al.,1993:49 - 50; Driver et al., 1998:223).

Επιπρόσθετα, όσον αφορά το ρόλο των μερών του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (μπαταρία, καλώδια, λάμπα) αποδεικνύεται ότι οι μαθητές υποστηρίζουν εναλλακτικές ιδέες για το ρόλο των μερών του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Αυτές οφείλονται, κυρίως, στο αιτιακό σχήμα το οποίο χρησιμοποιούν και συνοψίζεται στο ότι η μπαταρία «δίνει» (ενέργεια, ρεύμα), τα καλώδια την μεταφέρουν στην λάμπα, η οποία τη δέχεται και ανάβει. Για τους μαθητές δηλαδή υπάρχει ένας δράστης (μπαταρία) που δίνει «ενέργεια» (μεσολαβητής) σε έναν παθόντα (λάμπα) και αυτός το καταναλώνει. Σε πολλές έρευνες, διαπιστώνεται ότι δεν έχει κατακτηθεί η επιστημονική άποψη από τους μαθητές, οι οποίοι στις απαντήσεις τους από τη μία χρησιμοποιούν την άποψη της μπαταρίας - δότη και της λάμπας - δέκτη και από την

άλλη εστιάζουν την εξήγησή τους στη σωστή συνδεσμολογία των στοιχείων του κυκλώματος (Χρηστίδου,2001; Κουμαράς,2003; Παρασκευάς & Αλιμήσης,2007).

Παράλληλα, σε παρόμοιες έρευνες (Χρηστίδου,2001; Παρασκευάς & Αλιμήσης,2007), η λεκτική σύγχυση που υπάρχει σε αρκετούς μαθητές σχετικά με το «ανοιχτό – κλειστό» κύκλωμα (ή τον διακόπτη) αποδεικνύει ότι η καθημερινή-πρακτική γνώση συνεχίζει να υποστηρίζεται απ' αυτούς, καθώς είναι ιδιαίτερα λειτουργική και τους βοηθά να δίνουν ικανοποιητικές (από τη δική τους σκοπιά) εξηγήσεις στο πλαίσιο της καθημερινής τους ζωής (ανοίγω το διακόπτη - ανάβει η λάμπα, κλείνω το διακόπτη - σβήνει η λάμπα). Η επιστημονική χρήση, όμως, του «ανοίγω – κλείνω» το διακόπτη δίνει διαφορετικό περιεχόμενο και νόημα από την καθημερινή, γεγονός που δυσκολεύει τους μαθητές στη διαδικασία της μάθησης του «ανοιχτού-κλειστού» κυκλώματος με τη χρήση του διακόπτη, με αποτέλεσμα να συνεχίζουν να τη χρησιμοποιούν, μη μπορώντας να συνδέσουν τα δύο αυτά είδη γνώσης.

Ταυτόχρονα, όσον αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα οι μαθητές το θεωρούν συνώνυμο με τον ηλεκτρισμό και την ηλεκτρική ενέργεια. Φαίνεται ότι για τους μαθητές το ηλεκτρικό ρεύμα είναι σχεδόν ένα υλικό. Την αντίληψη ότι το ρεύμα ρέει μέσα σε ένα κύκλωμα τη συναντούν οι μαθητές πολύ συχνά όταν αρχίζουν να μελετούν τα κυκλώματα και επειδή αυτή η αντίληψη συσχετίζεται άμεσα με τις διαισθητικές τους αντιλήψεις γίνεται στη συνέχεια πρωταρχική άποψη. Όταν εισάγεται η έννοια της τάσης, θεωρείται από τους μαθητές ως μια ιδιότητα του ρεύματος και όχι τόσο μια αναγκαία προϋπόθεση για τη ροή του. Για τους μαθητές, η τάση θεωρείται ως η ισχύς ή «η δύναμη του ηλεκτρικού ρεύματος» (Driver et al.,1998:227; Κόκκοτας κ.ά., 2002α:357).

Τέλος, αρκετοί μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση της διατήρησης του φορτίου, αφού θεωρούν ότι το φορτίο χάνεται στη διαδρομή του μέσα στα καλώδια και το ρεύμα εξασθενεί ή τελειώνει. Κυρίως, όμως, οι μαθητές αδυνατούν να κατανοήσουν γιατί τρεις λάμπες παράλληλες εμφανίζουν μικρότερη αντίσταση από την οποιαδήποτε λάμπα μόνη της (Τσελφές,2003).

7.Διδακτικοί στόχοι: Σε αυτό το σενάριο οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά τον σωστό τρόπο σύνδεσης μιας λάμπας με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά τη διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος και τη σημασία του κάθε στοιχείου του κυκλώματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και δύο καλώδια, καθώς επίσης να ερμηνεύσουν πως φωτοβολεί το λαμπάκι σε αυτό το κύκλωμα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά το ρόλο του δεύτερου καλωδίου στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (π.χ. λάμπα γραφείου)
- Να διαπιστώσουν πειραματικά τη χρησιμότητα και τον τρόπο λειτουργίας του διακόπτη σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα όταν περιλαμβάνει διακόπτη αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι, τρία καλώδια και ένα διακόπτη
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι όταν «κλείνει» ο διακόπτης επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «κλειστό» κύκλωμα (ανάβει το λαμπάκι) και όταν «ανοίγει» δεν επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «ανοιχτό» κύκλωμα (σβήνει το λαμπάκι)
- Να διακρίνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε «κλειστά» και «ανοιχτά»
- Να κάνουν προβλέψεις - υποθέσεις, παρατηρήσεις, πειραματικούς ελέγχους των προβλέψεων και υποθέσεων μέσω του αποδεικτικού πειραματισμού και να μπορούν να διατυπώνουν συμπεράσματα
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (εννοιολογική αλλαγή)
- Να ενισχύσουν τις ιδέες τους που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο
- Να οικοδομήσουν την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος
- Να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγήσουν τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σε διάφορες περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή

8. Εκτιμώμενη διάρκεια: Η συνολική διάρκεια του σεναρίου εκτιμάται στις δύο (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά).

9. Παιδαγωγική προσέγγιση: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

10. Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Πραγματικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα. Τα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν πάνω στα θρανία όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυνάδες.

Τα πραγματικά αντικείμενα που απαιτούνται για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων είναι τα παρακάτω (εικόνα 10.1):

1. μια μπαταρία πλακέ 4,5V
2. ένα λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με τη βάση του (ή λυχνιολαβή)
3. ένα διακόπτη
4. τρία καλώδια (με κροκοδειλάκια)



Εικόνα 10.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

10.2 Ο ρόλος και ο τρόπος εργασίας των μαθητών: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

10.3 Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

11. Η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας – Οι φάσεις διδασκαλίας:

Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1). Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στο παρόν σενάριο δίνονται στους μαθητές τα φύλλα εργασίας που αφορούν την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₅).

12.Πραγματικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα πραγματικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι δύο (2). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεστούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το πρώτο πείραμα (το οποίο περιλαμβάνει δύο επιμέρους δραστηριότητες) που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τον σωστό τρόπο σύνδεσης μιας λάμπας με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τη διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος και τη σημασία του κάθε στοιχείου του κυκλώματος
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και δύο καλώδια και να ερμηνεύσουν πως φωτοβολεί το λαμπάκι σε αυτό το κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το ρόλο του δεύτερου καλωδίου στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (π.χ. λάμπα γραφείου)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε «κλειστά» και «ανοιχτά»»

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



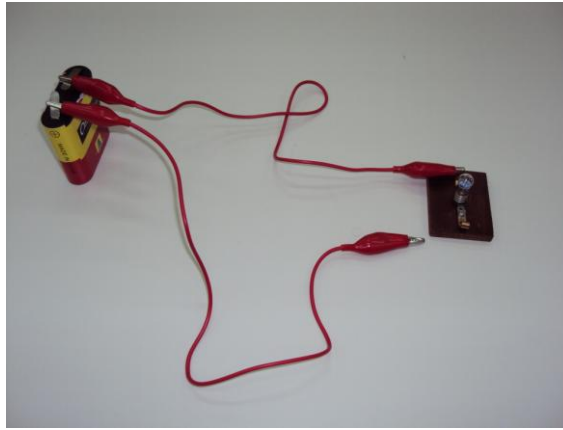
ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^η δραστηριότητα:

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Αρχικά σύνδεσε τους δύο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.

Μετά σύνδεσε τα καλώδια με τις δύο επαφές της βάσης (ή λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι.

Τι παρατηρείς για το λαμπάκι;

.....

Για ποιο λόγο πιστεύεις ότι έγινε αυτό που παρατήρησες;

.....

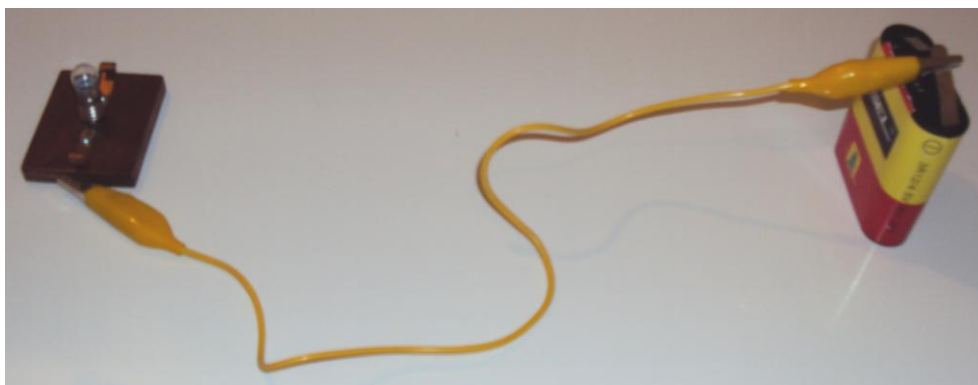
Όταν ανάψει το λαμπάκι, έχουμε κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

2^η δραστηριότητα:

Αποσύνδεσε τα δύο καλώδια από την μπαταρία και το λαμπάκι.

Στη συνέχεια, σύνδεσε την μπαταρία και το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο, όπως βλέπεις στην εικόνα:



Όταν συνδέσεις το καλώδιο, τι παρατηρείς;

Ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τη χρησιμότητα και τον τρόπο λειτουργίας του διακόπτη σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα όταν περιλαμβάνει διακόπτη αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι, τρία καλώδια και ένα διακόπτη
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι όταν «κλείνει» ο διακόπτης επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «κλειστό» κύκλωμα (ανάβει το λαμπάκι) και όταν «ανοίγει» δεν επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «ανοιχτό» κύκλωμα (σβήνει το λαμπάκι)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε «κλειστά» και «ανοιχτά»»»

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Πριν ξεκινήσεις το δεύτερο πείραμα αποσύνδεσε τα καλώδια από την μπαταρία και την λάμπα.

Τώρα, προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια)).

Σημείωση: Ο διακόπτης μας βοηθά για να διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος εύκολα και για όσο χρονικό διάστημα επιθυμούμε:

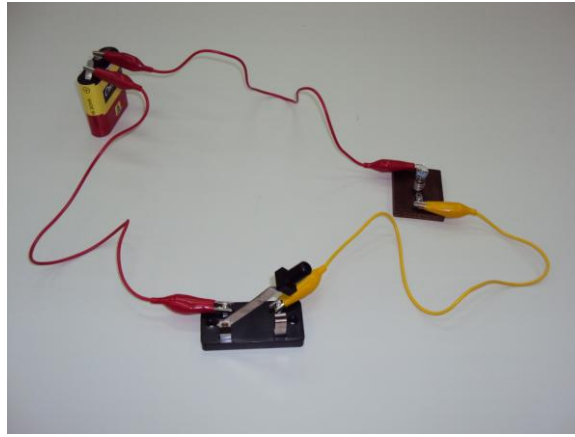


Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Αρχικά σύνδεσε τους δύο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.

Μετά σύνδεσε τα καλώδια με το διακόπτη και τις δύο επαφές της βάσης (ή λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι.

Κλείσε το διακόπτη.

➤ Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν έκλεισες τον διακόπτη;

.....

Όταν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

➤ Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν άνοιξες τον διακόπτη;

.....

Όταν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

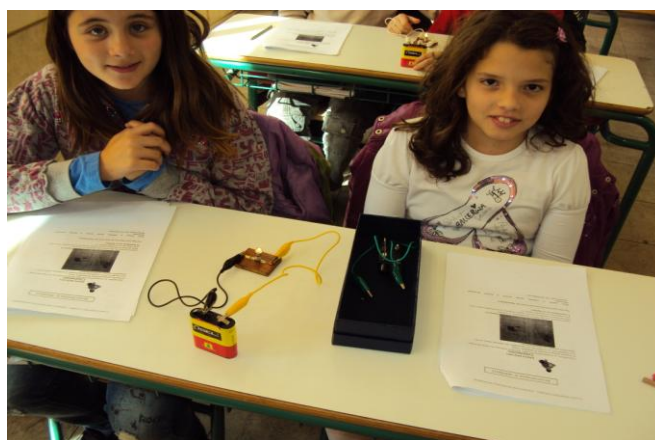
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα πραγματικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 10.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 10.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 10.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

13. Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση του σεναρίου αφορά κυρίως την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Για την αξιολόγηση χορηγήθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ).

14. Επεκτασιμότητα: Το σενάριο μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους διδακτικούς στόχους. Για παράδειγμα, οι μαθητές:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος με περισσότερες από μια λάμπες που είναι συνδεδεμένες σε σειρά
- Να διαπιστώσουν πειραματικά τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος που αποτελείται από λάμπες που είναι συνδεδεμένες παράλληλα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι στην παράλληλη σύνδεση του κυκλώματος το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να ακολουθήσει δύο ή περισσότερους διαφορετικούς και ανεξάρτητους δρόμους στο κύκλωμα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι στην παράλληλη σύνδεση του κυκλώματος κάθε συσκευή λειτουργεί ανεξάρτητα από τις άλλες που συνδέονται στο ίδιο κύκλωμα
- Να διαπιστώσουν πειραματικά διαφορές και ομοιότητες μεταξύ της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης. Για παράδειγμα, να διαπιστώσουν πειραματικά τη διαφορετική φωτοβολία στα λαμπάκια τα οποία συνδέονται σε σειρά με αυτά που συνδέονται παράλληλα

Πιο συγκεκριμένα, για να υλοποιήσουν οι μαθητές αυτούς τους διδακτικούς στόχους πρέπει να εκτελέσουν πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες θα κατασκευάσουν κυκλώματα με περισσότερες από μια λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και κυκλώματα που οι λάμπες είναι συνδεδεμένες παράλληλα.

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₅ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

10.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια επιλογής που αναφέρθηκαν στο Όγδοο Κεφάλαιο (στην υποενότητα 8.1.2), στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για το σχεδιασμό και την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition είναι ένα λογισμικό ελεύθερης διανομής (<http://www.crocodile-clips.com>), χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη ευκολία κατασκευής των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την προσομοίωση απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων και ενδείκνυται για την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Κολτσάκης & Πιερράτος, 2006; Κουτσίδης κ.ά., 2008; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011). Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition (εικόνα 10.5) παρουσιάζει το ηλεκτρικό κύκλωμα μόνο πραγματικά και όχι διαγραμματικά. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαγραμματική απεικόνιση είναι μια πρόσθετη δυνατότητα (πλεονέκτημα) που έχουν άλλα λογισμικά προσομοίωσης ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ωστόσο, στην παρούσα έρευνα μας ενδιαφέρει μόνο η πραγματική απεικόνιση διότι ελέγχουμε τις επιπλέον δυνατότητες των λογισμικών, όπως είναι η διαγραμματική απεικόνιση των κυκλωμάτων, έτσι ώστε να υπάρχει ισοδυναμία κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και να μην υπερτερούν σε πλεονεκτήματα τα εικονικά έναντι των πραγματικών αντικειμένων (Ψύλλος κ.ά., 2008β).



Εικόνα 10.5: Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Το συγκεκριμένο λογισμικό χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα απλό, φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας και ενσωματώνει μια σειρά από δυνατότητες, οι οποίες μπορούν να διαμορφώσουν ένα εικονικό εργαστήριο προσομοίωσης ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ειδικότερα, χαρακτηρίζεται (Σαλπινγίδου κ.ά.,2007; Παναγή κ.ά.,2008; Κώτσης & Ευαγγέλου,2011) από τα εξής στοιχεία:

- περιλαμβάνει εμπειρίες με εικονικά αντικείμενα, τα οποία μοιάζουν και συμπεριφέρονται το ίδιο με τα αντίστοιχα τους στην πραγματικότητα
- οι μαθητές ύστερα από σύντομη επίδειξη της χρήσης του προγράμματος είναι σε θέση να δημιουργούν τα δικά τους πειράματα και να προσομοιώνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα εύκολα και γρήγορα. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει πληθώρα αντικειμένων - εργαλείων (όπως λαμπάκια, μπαταρία, καλώδια, διακόπτης, κλπ.), τα οποία μπορούν πολύ εύκολα να επιλεγθούν από τους μαθητές και σύροντας τα με το ποντίκι να τοποθετηθούν στην επιθυμητή θέση
- το περιβάλλον του λογισμικού απαιτεί αυστηρό σεβασμό στην έννοια του διπόλου, στοιχείο το οποίο πρέπει να αξιοποιηθεί με κατάλληλες παρατηρήσεις του δασκάλου - ερευνητή
- οι μαθητές μπορούν να προβλέψουν, να εκτελέσουν τα πειράματα με απλούς χειρισμούς (επειδή το λογισμικό χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας), να δουν άμεσα τα αποτελέσματά τους στην οθόνη του υπολογιστή και να επαληθεύσουν τις προβλέψεις τους
- οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να επαναλάβουν το πείραμα τους όσες φορές επιθυμούν

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί το γεγονός ότι επειδή το Crocodile clips 3 elementary edition είναι λογισμικό ελεύθερης διανομής, είναι εύκολα διαθέσιμο σε οποιοδήποτε σχολείο για να το χρησιμοποιήσουν ανά πάσα στιγμή ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές για την εκτέλεση πειραμάτων στα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα (Κώτσης & Ευαγγέλου,2011).

10.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό

οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₆).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι πανομοιότυπος με τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, εκτός από τα τμήματα 10.1, 12, 12.1, 12.2 και 12.3. Αυτά τα τμήματα του οδηγού οργάνωσης των εικονικών πειραμάτων περιλαμβάνουν τα εξής:

10.Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

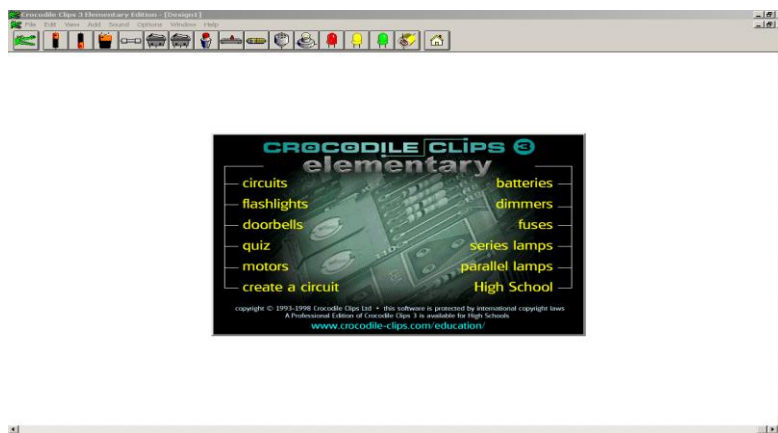
10.1 Εικονικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης. Για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων απαιτείται η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition.

Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition. Για την εξοικείωση με το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition σχεδιάστηκε και χορηγήθηκε στους μαθητές «Οδηγός εξοικείωσης» για ορθή χρήση του λογισμικού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V).

Τα πειράματα πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών) όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition (στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά) απεικονίζεται παρακάτω (εικόνα 10.6):



Εικόνα 10.6: Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition

12.Εικονικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα εικονικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι δύο (2). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεσθούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition:

Το πρώτο πείραμα (το οποίο περιλαμβάνει δύο επιμέρους δραστηριότητες) που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τον σωστό τρόπο σύνδεσης μιας λάμπας με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τη διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος και τη σημασία του κάθε στοιχείου του κυκλώματος
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και δύο καλώδια και να ερμηνεύσουν πως φωτοβολεί το λαμπάκι σε αυτό το κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το ρόλο του δεύτερου καλωδίου στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (π.χ. λάμπα γραφείου)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε «κλειστά» και «ανοιχτά»»

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^η δραστηριότητα:

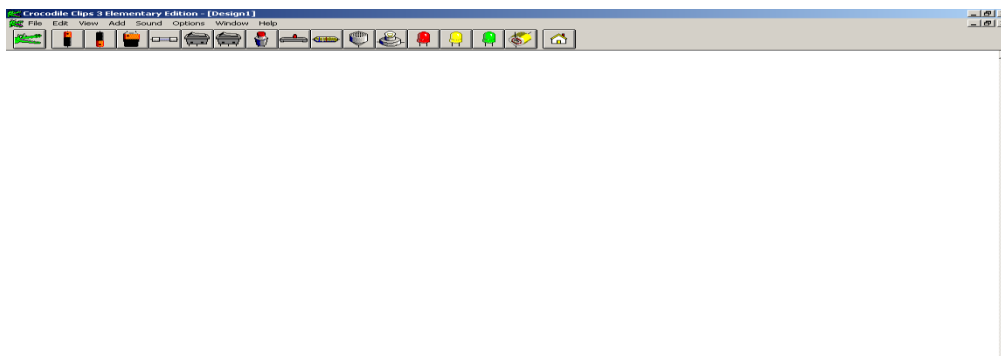
Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (9 V), απαραίτητα καλώδια).

1^ο Βήμα:

Βρισκόμαστε στην αρχική οθόνη του CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION:

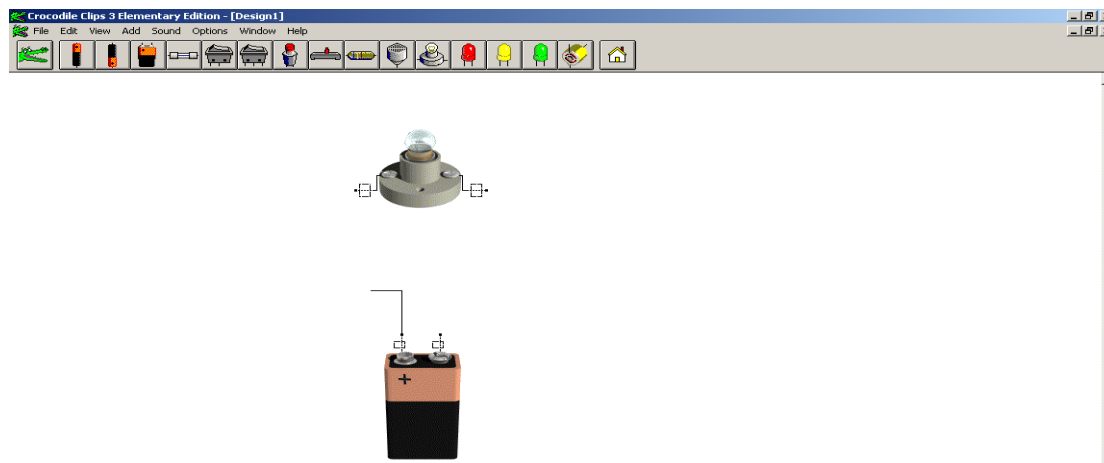


2^ο Βήμα:

Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας και λάμπας.

3^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:



Όταν συνδέσεις την μπαταρία με τα καλώδια που χρειάζονται,

Τι παρατηρείς για το λαμπάκι;

.....

Για ποιο λόγο πιστεύεις ότι έγινε αυτό που παρατήρησες;

.....

Όταν ανάψει το λαμπάκι, έχουμε κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα;.....

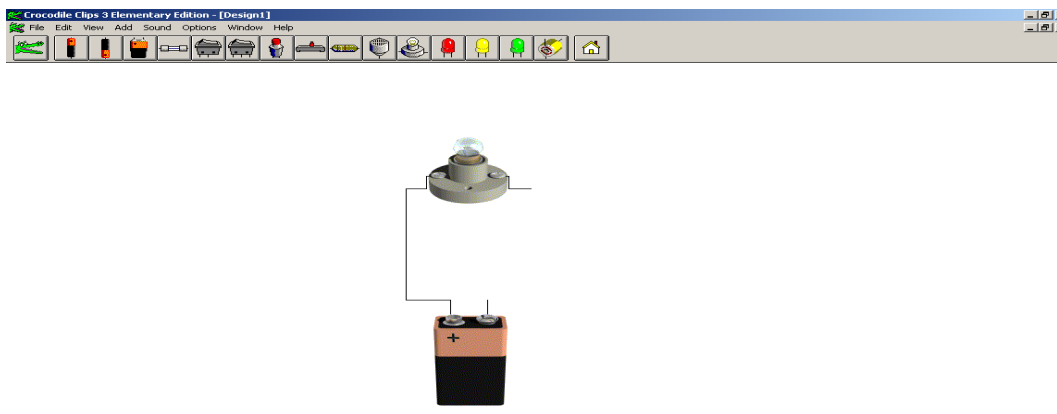
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

2^η δραστηριότητα:

Κάνε κλικ στο κροκοδειλάκι και διέγραψε τα δύο καλώδια από την μπαταρία και το λαμπάκι.

Στη συνέχεια, σύνδεσε την μπαταρία και το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο, όπως βλέπεις στην οθόνη:



Όταν συνδέσεις το καλώδιο, τι παρατηρείς;

Ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά τη χρησιμότητα και τον τρόπο λειτουργίας του διακόπτη σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα όταν περιλαμβάνει διακόπτη αποτελείται τουλάχιστον από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι, τρία καλώδια και ένα διακόπτη
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά ότι όταν «κλείνει» ο διακόπτης επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «κλειστό» κύκλωμα (ανάβει το λαμπάκι) και όταν «ανοίγει» δεν επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να κυκλοφορήσει στο «ανοιχτό» κύκλωμα (σβήνει το λαμπάκι)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε «κλειστά» και «ανοιχτά»»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Διέγραψε το καλώδιο, την μπαταρία και την λάμπα από την παραπάνω δραστηριότητα.

2^ο Βήμα:

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (εικόνα 2) στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (9 V), απαραίτητα καλώδια)

Σημείωση: Ο διακόπτης μας βοηθά για να διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος εύκολα και για όσο χρονικό διάστημα επιθυμούμε.

Προσοχή!!!: Ο διακόπτης έχει δύο άκρα. Μόνο σε αυτά τα δύο άκρα πρέπει να συνδέσεις τα καλώδια.

Ανοικτός διακόπτης:



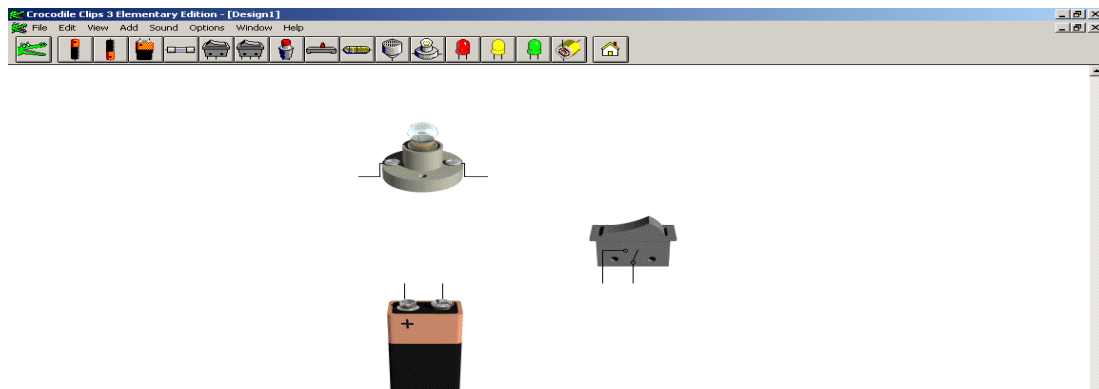
Κλειστός διακόπτης:



3^ο Βήμα:

Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας, λάμπας και διακόπτη.

Πριν συνδέσεις όλα τα στοιχεία του κυκλώματος με τα καλώδια η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι:



4^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα και του διακόπτη.

5^ο Βήμα:

Κλείσε το διακόπτη με αριστερό κλικ πάνω στο κουμπί (που βλέπεις στην οθόνη).

➤ Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν έκλεισες τον διακόπτη;

Όταν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

➤ Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν άνοιξες τον διακόπτη;

Όταν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

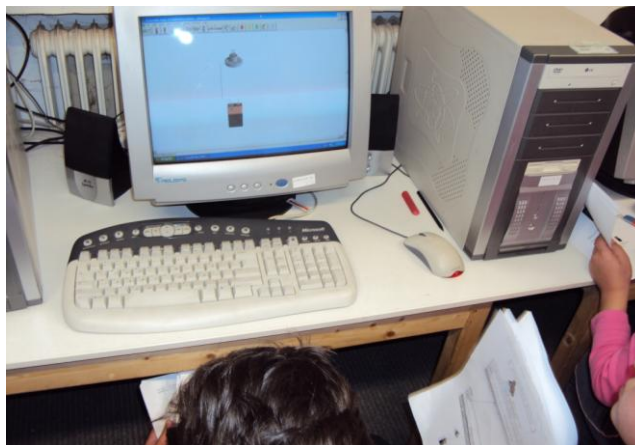
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα εικονικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 10.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 10.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος



Εικόνα 10.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₆ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

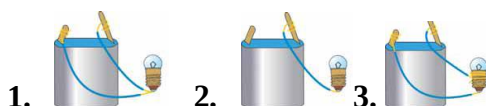
- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

10.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Με βάση τις αναφορές στο Όγδοο Κεφάλαιο (ενότητα 8.2) σχετικά με τη στατιστική ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων, σε αυτή την ενότητα γίνεται η παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Από την επεξεργασία των προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₅ και Π₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1) Α), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.1).

Πίνακας 10.1: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Α): «Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:



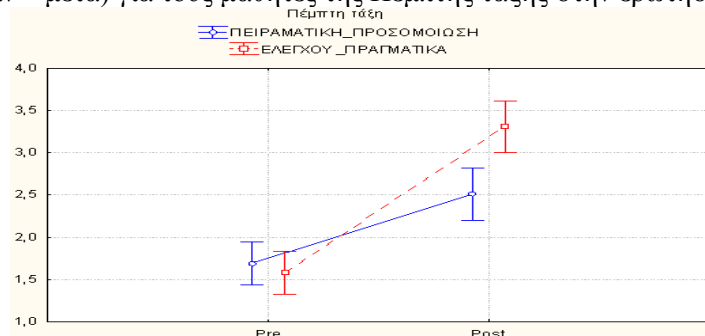
Α) Στην εικόνα (1) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;»

ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,69	,98	2,51	1,23
			Έκτη	2,20	1,13	3,18	,99
			Σύνολο	1,95	1,09	2,85	1,16
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,58	,92	3,31	1,05
			Έκτη	2,25	1,13	3,71	,76
			Σύνολο	1,92	1,08	3,51	,93
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,64	,95	2,91	1,21
			Έκτη	2,22	1,13	3,45	,92
			Σύνολο	1,93	1,08	3,18	1,10

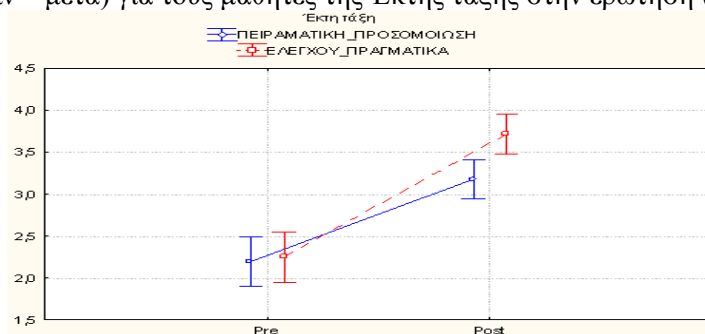
Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1) Α), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.1), (10.2) και στον πίνακα (10.2).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Γράφημα 10.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Α)



Γράφημα 10.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Α)



Πίνακας 10.2: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Α)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=1,0494, df=375,53									
Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 1)Α)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	
			1,6909	2,5091	2,1964	3,1786	1,5818	3,3091	2,2500	3,7143	
1	Πειραματική	Πέμπτη προ		0,000035	0,155919	0,000032	0,999304	0,000032	0,077692	0,000032	
2	Πειραματική	Πέμπτη μετα	0,000035		0,745833	0,013426	0,000084	0,001109	0,886721	0,000032	
3	Πειραματική	Έκτη προ	0,155919	0,745833		0,000032	0,033830	0,000032	0,999994	0,000032	
4	Πειραματική	Έκτη μετα	0,000032	0,013426	0,000032		0,000032	0,997716	0,000072	0,103317	
5	Ελέγχου	Πέμπτη προ	0,999304	0,000084	0,033830	0,000032		0,000032	0,013738	0,000032	
6	Ελέγχου	Πέμπτη μετα	0,000032	0,001109	0,000032	0,997716	0,000032		0,000033	0,425553	
7	Ελέγχου	Έκτη προ	0,077692	0,886721	0,999994	0,000072	0,013738	0,000033		0,000032	
8	Ελέγχου	Έκτη μετα	0,000032	0,000032	0,000032	0,103317	0,000032	0,425553	0,000032		

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1)Α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,3091 και για την πειραματική ομάδα 2,5091 (Πίνακας 10.2, Γράφημα 10.1). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,001109<0,05$] (Πίνακας 10.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)Α) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 8 μαθητές της ομάδας ελέγχου (14,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.3). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 41 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 74,6%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 5 μαθητές (9,1%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 36 (65,5%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 60%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1)Α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,7143 και για την πειραματική ομάδα 3,1786 (Πίνακας 10.2, Γράφημα 10.2). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,103317>0,05$] (Πίνακας 10.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)Α) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 22 μαθητές της ομάδας ελέγχου (39,2%) και από 20 μαθητές της πειραματικής ομάδας (35,7%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.4). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 50 μαθητές της ομάδας ελέγχου (89,3%) και από 45 μαθητές της πειραματικής ομάδας (80,3%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 50,1% για την ομάδα ελέγχου και 44,6% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1) Α), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.3),(10.4).

Πίνακας 10.3: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Α)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	32	58,2	35	63,6	17	30,9	5	9,1
Μονοδομικό	13	23,6	12	21,8	10	18,2	9	16,4
Πολυδομικό	5	9,1	4	7,3	11	20,0	5	9,1
Συσχετιστικό	5	9,1	4	7,3	17	30,9	36	65,5

Πίνακας 10.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Α)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	20	35,7	19	33,9	6	10,7	2	3,6
Μονοδομικό	16	28,6	15	26,8	5	8,9	4	7,1
Πολυδομικό	9	16,1	11	19,6	18	32,1	2	3,6
Συσχετιστικό	11	19,6	11	19,6	27	48,2	48	85,7

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ41

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα καλώδια συνδέουν το λαμπάκι με την μπαταρία. Το καλώδιο συνδέει την ενέργεια της μπαταρίας στο λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα δύο καλώδια πρέπει να ακουμπούν σε διαφορετικούς πόλους της λάμπας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M42

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι. Ανάβει γιατί ακουμπάει κανονικά στην μπαταρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα καλώδια πρέπει να ακουμπούν σε διαφορετικούς πόλους της λάμπας.

Όνομα: M150

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα δύο καλώδια ακουμπούν στη μια βάση της λάμπας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα δύο καλώδια πρέπει να ακουμπούν στις δύο πλευρές της λάμπας.

Όνομα: M171

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Το λαμπάκι δεν ανάβει γιατί τα καλώδια συνδέονται με τη μπαταρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα καλώδια ακουμπούν μόνο στη μια επαφή της λάμπας.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1)

A) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί υπάρχουν δύο καλώδια που μεταφέρουν ρεύμα από την μπαταρία ώστε να ανάψει το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι, γιατί τα δύο καλώδια δεν ακουμπούν στις δύο επαφές της λάμπας.

Όνομα: M112

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί το καλώδιο συνδέει τους πόλους της μπαταρίας με τον πόλο της λάμπας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα καλώδια συνδέονται με την μια επαφή της λάμπας.

Όνομα: M129

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί ακουμπούν τα καλώδια στην κάτω

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

	επαφή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί ακουμπούν και τα δύο καλώδια στην ίδια επαφή.

Όνομα: M183

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα άκρα των καλωδίων που συνδέουν το λαμπάκι με την μπαταρία ακουμπάνε μόνο στη μια επαφή της λάμπας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα καλώδια ακουμπάνε μόνο στη μια επαφή της λάμπας.

Όνομα: M186

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Τα καλώδια είναι σωστά τοποθετημένα στην μπαταρία αλλά όχι στο λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί πρέπει και τα δύο καλώδια να ακουμπάνε στα άκρα της μπαταρίας και της λάμπας.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1) Β), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.5).

Πίνακας 10.5: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Β): «Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;»

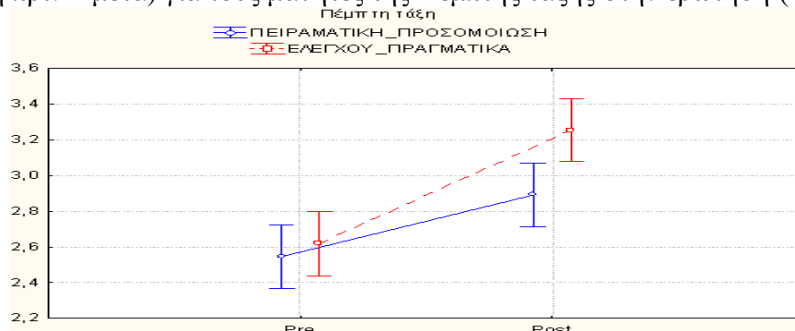
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	2,55	,72	2,89	,57
			Έκτη	2,77	,57	3,00	,54
			Σύνολο	2,66	,65	2,95	,55
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	2,62	,62	3,25	,75
			Έκτη	2,71	,68	3,55	,60
			Σύνολο	2,67	,65	3,41	,69
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	2,58	,67	3,07	,69
			Έκτη	2,74	,63	3,28	,63
			Σύνολο	2,66	,65	3,18	,67

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο

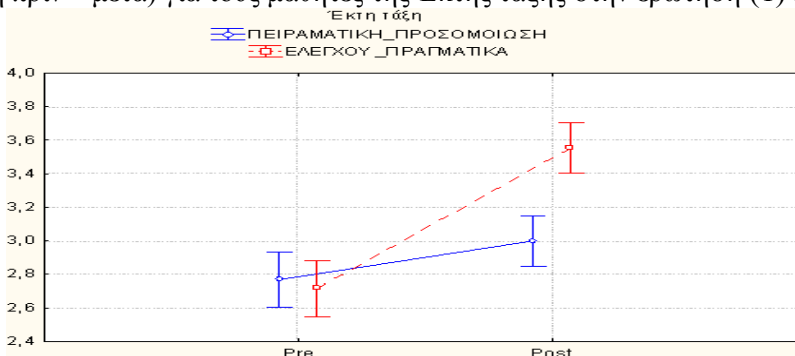
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1) Β), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.3), (10.4) και στον πίνακα (10.6).

Γράφημα 10.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Β)



Γράφημα 10.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Β)



Πίνακας 10.6: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Β)

Tukey HSD test; Pooled MSE=,40621, df=375,71											
Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 1)Β)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				2,5455	2,8909	2,7679	3,0000	2,6182	3,2545	2,7143	3,5536
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,003494	0,593807	0,004279	0,998908	0,000032	0,859763	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,003494		0,972052	0,986000	0,325308	0,055990	0,828810	0,000033
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,593807	0,972052		0,161951	0,920961	0,001497	0,999847	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,004279	0,986000	0,161951		0,034332	0,412304	0,255087	0,000142
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,998908	0,325308	0,920961	0,034332		0,000032	0,993458	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,055990	0,001497	0,412304	0,000032		0,000237	0,207685
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,859763	0,828810	0,999847	0,255087	0,993458	0,000237		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000033	0,000032	0,000142	0,000032	0,207685	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1)Β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,2545 και για την πειραματική ομάδα 2,8909 (Πίνακας 10.6, Γράφημα 10.3). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,055990>0,05$] (Πίνακας 10.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)B) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 32 μαθητές της ομάδας ελέγχου (58,2%) και από 31 μαθητές της πειραματικής ομάδας (56,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.7). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 47 μαθητές της ομάδας ελέγχου (85,4%) και από 43 μαθητές της πειραματικής ομάδας (78,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 27,2% για την ομάδα ελέγχου και 21,8% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1)B) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,5536 και για την πειραματική ομάδα 3,0000 (Πίνακας 10.6, Γράφημα 10.4). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000142<0,05$] (Πίνακας 10.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)B) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 41 μαθητές της ομάδας ελέγχου (73,3%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.8). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 53 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 94,6%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 19 μαθητές (33,9%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 34 (60,7%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 21,3%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1) Β), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.7),(10.8).

Πίνακας 10.7: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Β)

Πέμπτη τάξη								
	PIPIN					META		
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	4	7,3	1	1,8	0	,0	1	1,8
Μονοδομικό	20	36,4	22	40,0	12	21,8	7	12,7
Πολυδομικό	28	50,9	29	52,7	37	67,3	24	43,6
Συσχετιστικό	3	5,5	3	5,5	6	10,9	23	41,8

Πίνακας 10.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Β)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	PIPIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	1	1,8	4	7,1		1	1,8	0	,0
Μονοδομικό	14	25,0	11	19,6		5	8,9	3	5,4
Πολυδομικό	38	67,9	38	67,9		43	76,8	19	33,9
Συσχετιστικό	3	5,4	3	5,4		7	12,5	34	60,7

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M50

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Διότι το κύκλωμα δεν είναι ολοκληρωμένο.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Απάντηση	Όχι. Γιατί χρειάζονται δύο καλώδια.

Όνομα: M59

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί δεν συνδέεται με το άλλο πράγμα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί δεν έχει δύο καλώδια.

Όνομα: M61

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί το ένα καλώδιο δεν είναι καλά συνδεδεμένο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί τα καλώδια δεν ακουμπούν στις δύο επαφές της λάμπας και το κύκλωμα είναι ανοιχτό.

Όνομα: M87

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Δεν ανάβει γιατί είναι μόνο το ένα καλώδιο συνδεδεμένο με τη μπαταρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί πρέπει να υπάρχουν δύο καλώδια που να συνδέονται με την μπαταρία και τις δύο επαφές της λάμπας.

Όνομα: M89

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί δεν έχει αρκετή ενέργεια το ένα καλώδιο ώστε να ανάψει το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί έχει ένα καλώδιο και δεν είναι κλειστό το κύκλωμα.

Όνομα: M151

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ναι, ανάβει το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί με το ένα καλώδιο δεν ανάβει το λαμπάκι.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1)
B) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί υπάρχει μόνο ένα καλώδιο και δεν

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

	μπορεί να μεταφέρει αρκετό ρεύμα για να ανάψει το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι, γιατί υπάρχει μόνο ένα καλώδιο που ακουμπάει μόνο στον έναν πόλο της μπαταρίας και στη μια επαφή της λάμπας.

Όνομα: M4

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί το λαμπάκι ακουμπάει μόνο στον έναν πόλο της μπαταρίας.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί έχουμε μόνο ένα καλώδιο.

Όνομα: M127

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι. Το καλώδιο δεν είναι σωστά συνδεδεμένο.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί το καλώδιο δεν είναι συνδεδεμένο με τους δύο πόλους.

Όνομα: M186

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι. Δεν υπάρχουν δύο καλώδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι. Πρέπει να υπάρχουν δύο καλώδια και να ακουμπάνε στα δύο άκρα της μπαταρίας και της λάμπας.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1) Γ), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.9).

Πίνακας 10.9: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1) Γ): «Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;»

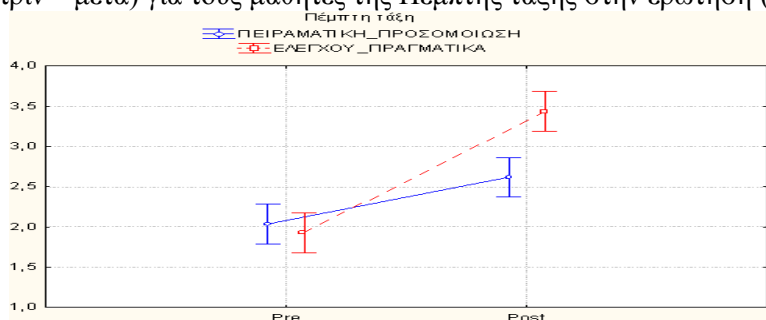
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	2,04	,96	2,62	,97
			Έκτη	2,23	,89	2,95	,75
			Σύνολο	2,14	,93	2,78	,88
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,93	,90	3,44	,86
			Έκτη	2,20	,88	3,68	,74
			Σύνολο	2,06	,90	3,56	,81
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,98	,93	3,03	1,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

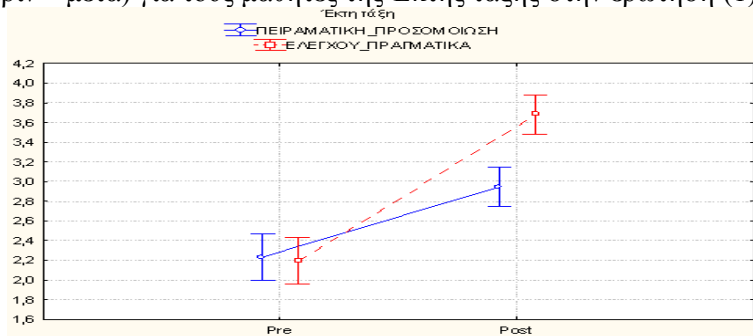
		Έκτη	2,21	,88		3,31	,83
		Σύνολο	2,10	,91		3,17	,93

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1) Γ), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.5), (10.6) και στον πίνακα (10.10).

Γράφημα 10.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ)



Γράφημα 10.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ)



Πίνακας 10.10: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1) Γ)

		Tukey HSD test; Pooled MSE=,75908, df=361,54									
Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 1)Γ)	{1} 2,0364	{2} 2,6182	{3} 2,2321	{4} 2,9464	{5} 1,9273	{6} 3,4364	{7} 2,1964	{8} 3,6786
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000123	0,936789	0,000033	0,998014	0,000032	0,978894	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000123		0,274937	0,492320	0,000853	0,000053	0,174707	0,000032
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,936789	0,274937		0,000032	0,590263	0,000032	0,999999	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000033	0,492320	0,000032		0,000032	0,060969	0,000166	0,000256
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,998014	0,000853	0,590263	0,000032		0,000032	0,733802	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000053	0,000032	0,060969	0,000032		0,000032	0,826461
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,978894	0,174707	0,999999	0,000166	0,733802	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000032	0,000032	0,000256	0,000032	0,826461	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1)Γ) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,4364 και για την πειραματική ομάδα 2,6182 (Πίνακας 10.10, Γράφημα 10.5). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000053<0,05$] (Πίνακας 10.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)Γ) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 12 μαθητές της ομάδας ελέγχου (21,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.11). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 42 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 76,4%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 5 μαθητές (9,1%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 37 (67,3%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 54,6%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1)Γ) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,6786 και για την πειραματική ομάδα 2,9464 (Πίνακας 10.10, Γράφημα 10.6). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000256<0,05$] (Πίνακας 10.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1)Γ) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 22 μαθητές της ομάδας ελέγχου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

(39,3%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.12). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 49 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 87,5%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 3 μαθητές (5,4%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 46 (82,1%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 48,2%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1) Γ), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.11),(10.12).

Πίνακας 10.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Γ)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	18	32,7	20	36,4	6	10,9	0	,0
Μονοδομικό	23	41,8	23	41,8	22	40,0	13	23,6
Πολυδομικό	8	14,5	8	14,5	14	25,5	5	9,1
Συσχετιστικό	6	10,9	4	7,3	13	23,6	37	67,3

Πίνακας 10.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1) Γ)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	12	21,4	14	25,0	1	1,8	1	1,8
Μονοδομικό	24	42,9	20	35,7	14	25,0	6	10,7
Πολυδομικό	15	26,8	19	33,9	28	50,0	3	5,4
Συσχετιστικό	5	8,9	3	5,4	13	23,2	46	82,1

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ) είναι οι παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M41

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι. Γιατί το ένα λαμπάκι είναι από κάτω και το άλλο από πάνω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί ακουμπάνε και τα δύο καλώδια σε διαφορετικούς πόλους της μπαταρίας και της λάμπας.

Όνομα: M48

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί και τα δύο καλώδια συνδέονται με το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα δύο καλώδια ακουμπούν στους δύο πόλους της μπαταρίας και στις δύο επαφές της λάμπας και κάνουν κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M52

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα καλώδια συνδέονται με την μπαταρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα δύο καλώδια ακουμπούν στους δύο πόλους της μπαταρίας και στις δύο επαφές της λάμπας και δημιουργούν κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M154

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί το λαμπάκι είναι συνδεδεμένο με την μπαταρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί οι δύο επαφές από το λαμπάκι ακουμπούν με τα καλώδια σε δύο πόλους της μπαταρίας.

Όνομα: M177

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Ανάβει γιατί τα καλώδια είναι συνδεδεμένα στη σωστή θέση.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) Γ) είναι οι παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M14

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί όλα τα υλικά υπάρχουν και έχουν τοποθετηθεί στη σωστή θέση.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα δύο καλώδια συνδέονται με τους δύο πόλους της μπαταρίας και τις δύο επαφές της λάμπας κάνοντας κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M112

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα καλώδια είναι συνδεδεμένα με την μπαταρία και το λαμπάκι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα καλώδια συνδέονται με τους δύο πόλους της μπαταρίας και τις δύο επαφές της λάμπας.

Όνομα: M186

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Τα καλώδια είναι σωστά τοποθετημένα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Τα καλώδια ακουμπάνε στους δύο πόλους της μπαταρίας και της λάμπας και κάνουν κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M205

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι. Επειδή τα καλώδια και τα δύο είναι στο σωστό σημείο.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι. Γιατί τα δύο καλώδια είναι συνδεδεμένα με τους πόλους της λάμπας και της μπαταρίας.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2) α), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.13).

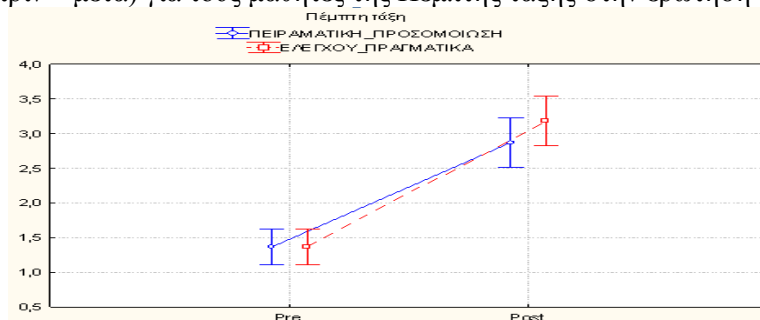
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) α): «Στην εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα. Μπορείς να εξηγήσεις πως είναι δυνατή η σύνδεση μόνο του ενός καλωδίου (που βλέπεις) της λάμπας του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε η λάμπα να ανάβει;»

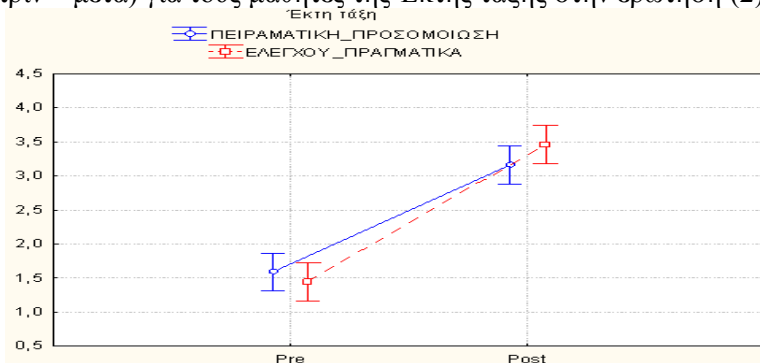
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,36	,97	2,87	1,40
			Έκτη	1,59	1,09	3,16	1,14
			Σύνολο	1,48	1,03	3,02	1,28
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,36	,97	3,18	1,26
			Έκτη	1,45	1,01	3,46	,95
			Σύνολο	1,41	,99	3,32	1,12
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,36	,96	3,03	1,34
			Έκτη	1,52	1,05	3,31	1,06
			Σύνολο	1,44	1,01	3,17	1,21

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2) α), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.7), (10.8) και στον πίνακα (10.14).

Γράφημα 10.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) α)



Γράφημα 10.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) α)



Πίνακας 10.14: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην
ερώτηση (2) α)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE= 1,2377, df=403,37									
		Τάξη	Ερ. 2)α)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,3636	2,8727	1,5893	3,1607	1,3636	3,1818	1,4464	3,4643
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,963298	0,000032	1,000000	0,000032	0,999935	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,873781	0,000032	0,830244	0,000032	0,094671
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,963298	0,000032		0,000032	0,963298	0,000032	0,997530	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,873781	0,000032		0,000032	1,000000	0,000032	0,836767
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,963298	0,000032		0,000032	0,999935	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,830244	0,000032	1,000000	0,000032		0,000032	0,884654
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,999935	0,000032	0,997530	0,000032	0,999935	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,094671	0,000032	0,836767	0,000032	0,884654	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,1818 και για την πειραματική ομάδα 2,8727 (Πίνακας 10.14, Γράφημα 10.7). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,830244>0,05$] (Πίνακας 10.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)α) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,7%) και από 7 μαθητές της πειραματικής ομάδας (12,7%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.15). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 40 μαθητές της ομάδας ελέγχου (72,8%) και από 34 μαθητές της πειραματικής ομάδας (61,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 60,1% για την ομάδα ελέγχου και 49,1% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2)α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

3,4643 και για την πειραματική ομάδα 3,1607 (Πίνακας 10.14, Γράφημα 10.8). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,836767>0,05$] (Πίνακας 10.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)α) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 9 μαθητές της ομάδας ελέγχου (16,1%) και από 12 μαθητές της πειραματικής ομάδας (21,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.16). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 48 μαθητές της ομάδας ελέγχου (85,7%) και από 40 μαθητές της πειραματικής ομάδας (71,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 69,6% για την ομάδα ελέγχου και 50% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2) α), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.15),(10.16).

Πίνακας 10.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) α)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	48	87,3	48	87,3	18	32,7	12	21,8
Μονοδομικό	0	,0	0	,0	3	5,5	3	5,5
Πολυδομικό	1	1,8	1	1,8	2	3,6	3	5,5
Συσχετιστικό	6	10,9	6	10,9	32	58,2	37	67,3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) α)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	PIPI					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	42	75,0	46	82,1		8	14,3	5	8,9
Μονοδομικό	2	3,6	1	1,8		8	14,3	3	5,4
Πολυδομικό	5	8,9	3	5,4		7	12,5	9	16,1
Συσχετιστικό	7	12,5	6	10,7		33	58,9	39	69,6

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M60

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Το καλώδιο της λάμπας είναι συνδεδεμένο με την πρίζα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί μέσα στο καλώδιο υπάρχουν άλλα δύο καλώδια που συνδέονται με τη λάμπα.

Όνομα: M146

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι, γιατί μέσα σε αυτό υπάρχουν δύο καλώδια που ενώνονται με τη λάμπα.

Όνομα: M179

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Δεν μπορεί να ανάψει με ένα μόνο καλώδιο. Πρέπει να έχει δύο.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Το ρεύμα που παίρνει το ένα καλώδιο από την πρίζα είναι αρκετό ώστε να ανάψει η λάμπα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί μέσα στο ένα καλώδιο υπάρχουν δύο συρματάκια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M5

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Η σύνδεση είναι δυνατή γιατί ένα καλώδιο φτάνει για να μεταφέρει την ενέργεια (ηλεκτρόνια) από την πρίζα στη λάμπα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί το ένα καλώδιο κρύβει μέσα δύο μικρότερα.

Όνομα: M11

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Για να ανάψει η λάμπα δεν χρειάζονται πολλά καλώδια παρά μόνο ένα που θα συνδέει τη λάμπα και τη λάμπα και από μέσα του θα περνάει το ηλεκτρικό ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Εμείς μπορεί να βλέπουμε ότι υπάρχει ένα καλώδιο αλλά μέσα σε αυτό υπάρχουν δύο καλώδια που συνδέονται με τις επαφές της λάμπας.

Όνομα: M13

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι, γιατί μέσα στο καλώδιο υπάρχουν δύο συρματάκια που δημιουργούν κλειστό κύκλωμα, οπότε περνάει ρεύμα και έτσι η λάμπα ανάβει.

Όνομα: M129

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Πιστεύω πως ναι γιατί μέσα στο καλώδιο υπάρχουν και άλλα μικρά καλώδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί μέσα στο καλώδιο υπάρχουν άλλα δύο καλώδια που ενώνονται με τη λάμπα.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2) β), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.17).

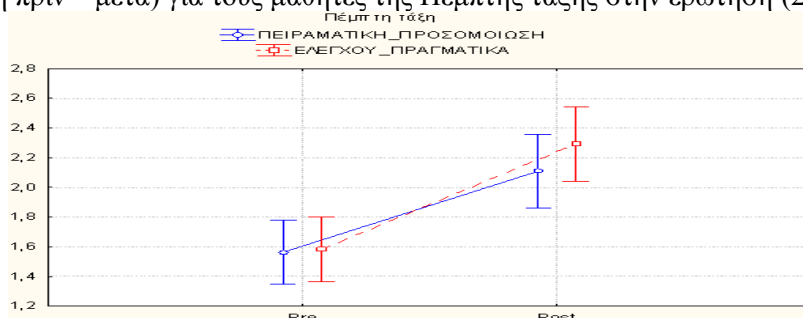
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) β): «Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;»

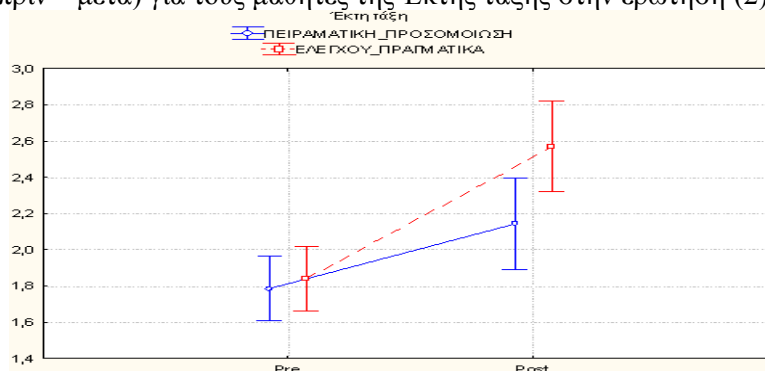
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,56	,81	2,11	,92
			Έκτη	1,79	,65	2,14	,86
			Σύνολο	1,68	,74	2,13	,89
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,58	,81	2,29	,96
			Έκτη	1,84	,68	2,57	1,02
			Σύνολο	1,71	,76	2,43	1,00
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,57	,81	2,20	,94
			Έκτη	1,81	,66	2,36	,97
			Σύνολο	1,69	,75	2,28	,95

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2) β), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.9), (10.10) και στον πίνακα (10.18).

Γράφημα 10.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) β)



Γράφημα 10.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) β)



Πίνακας 10.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην
ερώτηση (2) β)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE=,72066, df=350,67									
		Τάξη	Ερ. 2)β)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,5636	2,1091	1,7857	2,1429	1,5818	2,2909	1,8393	2,5714
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000126	0,867519	0,007844	1,000000	0,000212	0,680498	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000126		0,477270	0,999999	0,024922	0,951962	0,704154	0,078991
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,867519	0,477270		0,046332	0,911652	0,036616	0,999978	0,000056
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,007844	0,999999	0,046332		0,011739	0,984376	0,556259	0,131346
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,024922	0,911652	0,011739		0,000032	0,751997	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000212	0,951962	0,036616	0,984376	0,000032		0,094312	0,660391
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,680498	0,704154	0,999978	0,556259	0,751997	0,094312		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,078991	0,000056	0,131346	0,000032	0,660391	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,2909 και για την πειραματική ομάδα 2,1091 (Πίνακας 10.18, Γράφημα 10.9). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,951962>0,05$] (Πίνακας 10.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)β) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 9 μαθητές της ομάδας ελέγχου (16,3%) και από 9 μαθητές της πειραματικής ομάδας (16,3%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.19). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 25 μαθητές της ομάδας ελέγχου (45,5%) και από 24 μαθητές της πειραματικής ομάδας (43,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 29,2% για την ομάδα ελέγχου και 27,3% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2)β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

2,5714 και για την πειραματική ομάδα 2,1429 (Πίνακας 10.18, Γράφημα 10.10). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,131346>0,05$] (Πίνακας 10.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)β) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,5%) και από 5 μαθητές της πειραματικής ομάδας (8,9%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.20). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 28 μαθητές της ομάδας ελέγχου (50%) και από 19 μαθητές της πειραματικής ομάδας (34%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 37,5% για την ομάδα ελέγχου και 25,1% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2) β), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.19),(10.20).

Πίνακας 10.19: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) β)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	34	61,8	33	60,0	19	34,5	14	25,5
Μονοδομικό	12	21,8	13	23,6	12	21,8	16	29,1
Πολυδομικό	8	14,5	8	14,5	23	41,8	20	36,4
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8	1	1,8	5	9,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) β)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	PIPI					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	18	32,1	17	30,4		14	25,0	9	16,1
Μονοδομικό	33	58,9	32	57,1		23	41,1	19	33,9
Πολυδομικό	4	7,1	6	10,7		16	28,6	15	26,8
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8		3	5,4	13	23,2

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M51

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η πρίζα τροφοδοτεί ηλεκτρική ενέργεια για να έχουμε ρεύμα και η λάμπα να ανάψει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα παίζει το ρόλο της μπαταρίας και αφού δημιουργηθεί κλειστό κύκλωμα με την ενέργεια κινεί τα ηλεκτρόνια για να ανάψει η λάμπα.

Όνομα: M56

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Η πρίζα ενώνεται με τα άλλα καλώδια και ο ηλεκτρισμός περνάει στο φωτιστικό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η πρίζα δίνει ηλεκτρική ενέργεια στο φωτιστικό και αυτή βοηθά στο να έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα.

Όνομα: M146

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Η πρίζα τοποθετείται στον τοίχο για να συνδέεται με τα καλώδια του ηλεκτρικού ρεύματος και να το δίνει στη λάμπα για να ανάψει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η πρίζα είναι πηγή ηλεκτρικής ενέργειας που βοηθά στη ροή του ρεύματος.

Όνομα: M166

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί το φωτιστικό γραφείου έχει καλώδιο και για να ανάψει χρειάζεται πρίζα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Απάντηση	Η πρίζα δίνει ενέργεια και βοηθά με το ηλεκτρικό ρεύμα το λαμπάκι να ανάψει.

Όνομα: M171

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Η πρίζα υπάρχει για να μας προστατεύει από την ηλεκτροπληξία.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Παίζει το ρόλο της μπαταρίας.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M1

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Το καλώδιο παίρνει ενέργεια από την πρίζα για να ανάψει η λάμπα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η πρίζα δίνει ενέργεια για να έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα και η λάμπα ανάβει.

Όνομα: M14

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Τα δύο άκρα συνδέουν το καλώδιο του φωτιστικού με την πρίζα. Αυτό το πράγμα βοηθάει στη σύνδεση.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα παίζει το ρόλο της ηλεκτρικής πηγής και αφού γίνει κλειστό το κύκλωμα δίνει ενέργεια για να αρχίσει να ρέει το ηλεκτρικό ρεύμα για να ανάψει η λάμπα.

Όνομα: M26

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα είναι σαν μια μεγάλη μπαταρία. Η πρίζα όταν θα μπει μέσα θα κλείσει το κύκλωμα και θα πάρει ηλεκτρική ενέργεια και αυτή θα βοηθήσει να φτάσει το ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτρόνια) στη λάμπα για να ανάψει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα είναι σαν μια μεγάλη μπαταρία. Με αυτή έχουμε κλειστό κύκλωμα όταν θα μπει μέσα και θα πάρει ηλεκτρική ενέργεια και αυτή θα βοηθήσει να φτάσει το ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτρόνια) στη λάμπα για να ανάψει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M113

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όταν βάλουμε το καλώδιο στην πρίζα, το καλώδιο θα διαρρέεται από ρεύμα και το ρεύμα θα πάει στην λάμπα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα είναι η πηγή ενέργειας και όταν βάλουμε το καλώδιο στη πρίζα θα έχουμε κλειστό κύκλωμα και αυτή θα δώσει ενέργεια και θα ρέει το ηλεκτρικό ρεύμα για να ανάψει το λαμπάκι.

Όνομα: M130

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ο ρόλος της είναι ότι μεταδίδει το ηλεκτρικό ρεύμα στο καλώδιο και ανάβει το φωτιστικό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η πρίζα δίνει ενέργεια για να υπάρξει ρεύμα και για να ανάψει το λαμπάκι.

Όνομα: M195

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Την πρίζα στον τοίχο την διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η πρίζα στον τοίχο είναι σαν την μπαταρία. Βοηθά στο να γίνει κλειστό το κύκλωμα και δίνει ενέργεια για να έχουμε ρεύμα και να ανάψει το λαμπάκι.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2) γ), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.21).

Πίνακας 10.21: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2) γ): «Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;»

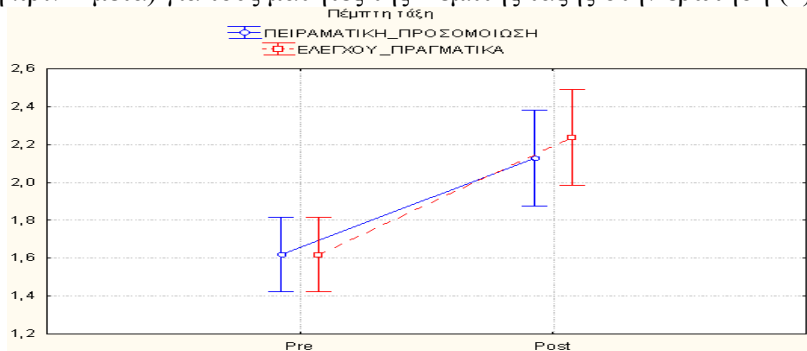
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ		
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,73	2,13	,92	
			Έκτη	2,09	,98	2,46	,97	
			Σύνολο	1,86	,89	2,30	,96	
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,73	2,24	,96	
			Έκτη	2,14	1,02	2,59	1,02	
			Σύνολο	1,88	,92	2,41	1,00	
	Σύνολο		Τάξη	Πέμπτη	1,62	,73	2,18	,94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

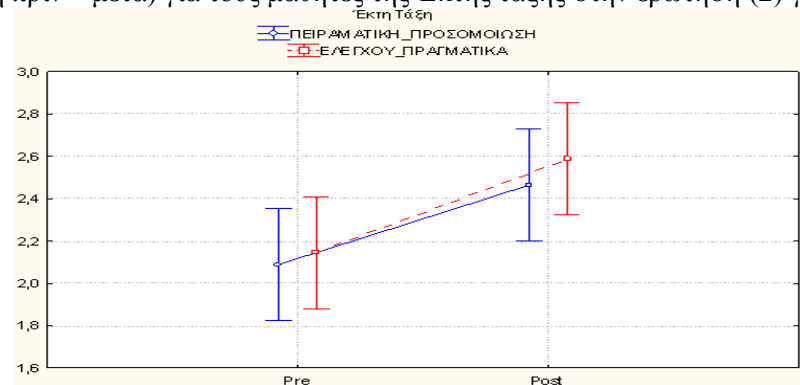
		Έκτη	2,12	,99		2,53	1,00
		Σύνολο	1,87	,91		2,36	,98

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2) γ), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.11), (10.12) και στον πίνακα (10.22).

Γράφημα 10.11: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) γ)



Γράφημα 10.12: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) γ)



Πίνακας 10.22: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2) γ)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE=,86569, df=302,68										
		Τάξη	Ερ. 2)γ)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	
				1,6182	2,1273	2,0893	2,4643	1,6182	2,2364	2,1429	2,5893	
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000071	0,132706	0,000074	1,000000	0,011621	0,059549	0,000033	
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000071		0,999999	0,545301	0,078890	0,998698	1,000000	0,150108	
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,132706	0,999999		0,008524	0,132706	0,991285	0,999988	0,084556	
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000074	0,545301	0,008524		0,000074	0,902748	0,600801	0,996713	
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,078890	0,132706	0,000074		0,000032	0,059549	0,000033	
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,011621	0,998698	0,991285	0,902748	0,000032		0,999510	0,483085	
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,059549	1,000000	0,999988	0,600801	0,059549	0,999510		0,000057	
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000033	0,150108	0,084556	0,996713	0,000033	0,483085	0,000057		

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) γ) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,2364 και για την πειραματική ομάδα 2,1273 (Πίνακας 10.22, Γράφημα 10.11). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,998698>0,05$] (Πίνακας 10.22). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)γ) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 8 μαθητές της ομάδας ελέγχου (14,5%) και από 8 μαθητές της πειραματικής ομάδας (14,5%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 10.23). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 23 μαθητές της ομάδας ελέγχου (41,8%) και από 23 μαθητές της πειραματικής ομάδας (41,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 27,3% για την ομάδα ελέγχου και 27,3% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2)γ) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,5893 και για την πειραματική ομάδα 2,4643 (Πίνακας 10.22, Γράφημα 10.12). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,996713>0,05$] (Πίνακας 10.22). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2)γ) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 21 μαθητές της ομάδας ελέγχου (37,5%) και από 19 μαθητές της πειραματικής ομάδας (33,9%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 10.24). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

από 37 μαθητές της ομάδας ελέγχου (66,1%) και από 31 μαθητές της πειραματικής ομάδας (55,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 28,6% για την ομάδα ελέγχου και 21,5% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2) γ), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.23),(10.24).

Πίνακας 10.23: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) γ)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	29	52,7	29	52,7	18	32,7	15	27,3
Μονοδομικό	18	32,7	18	32,7	14	25,5	17	30,9
Πολυδομικό	8	14,5	8	14,5	21	38,2	18	32,7
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	2	3,6	5	9,1

Πίνακας 10.24: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2) γ)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	19	33,9	19	33,9	12	21,4	13	23,2
Μονοδομικό	18	32,1	16	28,6	13	23,2	6	10,7
Πολυδομικό	14	25,0	15	26,8	24	42,9	28	50,0
Συσχετιστικό	5	8,9	6	10,7	7	12,5	9	16,1

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) γ) είναι οι παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M60

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Δημιουργεί κλειστό κύκλωμα για να ανάψει η λάμπα και ανοιχτό για να σβήσει η λάμπα.

Όνομα: M70

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Διακόπτουμε το ρεύμα όποτε θέλουμε.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Διακόπτουμε το ρεύμα όποτε θέλουμε.

Όνομα: M147

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ο διακόπτης πιστεύω πως παίζει μεγάλο ρόλο στο καλώδιο γιατί ανοίγοντας το διακόπτη το μηχάνημα λειτουργεί και κλείνοντας τον δεν λειτουργεί. Έτσι μπορούμε να ανοιγοκλείνουμε το μηχάνημα χωρίς να χρειάζεται να βγάλουμε το καλώδιο από την πρίζα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ο διακόπτης όταν κλείνει δημιουργεί κλειστό κύκλωμα και ρέει ρεύμα και όταν ανοίγει δημιουργεί ανοιχτό κύκλωμα.

Όνομα: M155

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ο διακόπτης παίρνει το όνομά του από τη λέξη διακοπή. Είναι ικανός να διακόψει και να επιτρέψει στο ρεύμα το «ταξίδι του».
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Μπορεί να ανοίξει και να κλείσει το κύκλωμα.

Όνομα: M166

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Ο διακόπτης μας βοηθά να κλείσουμε το φως.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Βοηθάει να δημιουργηθεί ηλεκτρικό κύκλωμα για να ανάψει η λάμπα.

Όνομα: M169

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Με αυτόν μπορούμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε το κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Με αυτόν μπορούμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε το κύκλωμα. Δηλαδή μπορούμε να ελέγξουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2)

γ) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M32

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Στο να ανάβει και να σβήνει το φως.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ο ρόλος που παίζει ο διακόπτης είναι να ανοίγουμε και να κλείνουμε το κύκλωμα.

Όνομα: M113

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Με τον διακόπτη μπορούμε να ανάψουμε και να σβήσουμε τη λάμπα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Με το διακόπτη μπορούμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε το κύκλωμα και να σταματάμε να ρέει το ρεύμα.

Όνομα: M124

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί όταν πατάς τον διακόπτη αρχίζει η ροή του ρεύματος.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο υπάρχει για να αρχίζουμε και να σταματήσουμε το ηλεκτρικό ρεύμα κάνοντας ανοιχτό και κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M136

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Εκεί που είναι ο διακόπτης υπάρχει ένα κενό στο καλώδιο. Έτσι όταν τον πατήσουμε θα ενωθούν τα δύο καλώδια, το ρεύμα θα περάσει και η λάμπα θα ανάψει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν πατάμε το διακόπτη δημιουργούμε κλειστό κύκλωμα και ροή ρεύματος και το αντίθετο.

Όνομα: M194

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ο διακόπτης παίζει μεγάλο ρόλο, δηλαδή αν

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

	πατήσουμε το διακόπτη θα επιτραπεί να πάρει ηλεκτρικό ρεύμα η λάμπα. Αν τον ξαναπατήσουμε θα διακοπεί η λειτουργία της λάμπας.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο βοηθάει να ανάβουμε ή να σβήνουμε το φως, δηλαδή αν πατήσουμε το διακόπτη θα επιτραπεί να πάρει ηλεκτρικό ρεύμα η λάμπα. Αν τον ξαναπατήσουμε θα διακοπεί η λειτουργία της λάμπας.

Όνομα: M201

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο παίζει ρόλο να είναι ανοιχτό ή κλειστό το κύκλωμα ώστε να περάσει ή όχι το ηλεκτρικό ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο παίζει ρόλο να είναι ανοιχτό ή κλειστό το κύκλωμα ώστε να περάσει ή όχι το ηλεκτρικό ρεύμα.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3) α), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.25).

Πίνακας 10.25: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3) α): «Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας: α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

Στατιστικό μήτρο στην ακαδημαϊκή μέτρηση

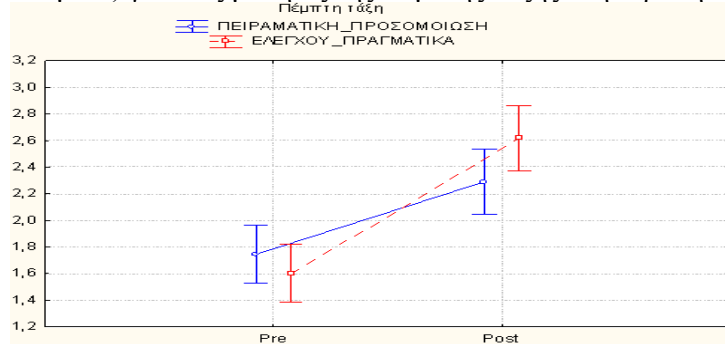
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,75	,89	2,29	,90
			Έκτη	2,13	,83	2,41	1,01
			Σύνολο	1,94	,88	2,35	,95
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,60	,74	2,62	,93
			Έκτη	2,27	,84	2,91	,98
			Σύνολο	1,94	,86	2,77	,96
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,67	,81	2,45	,93
			Έκτη	2,20	,84	2,66	1,02
			Σύνολο	1,94	,86	2,56	,98

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος

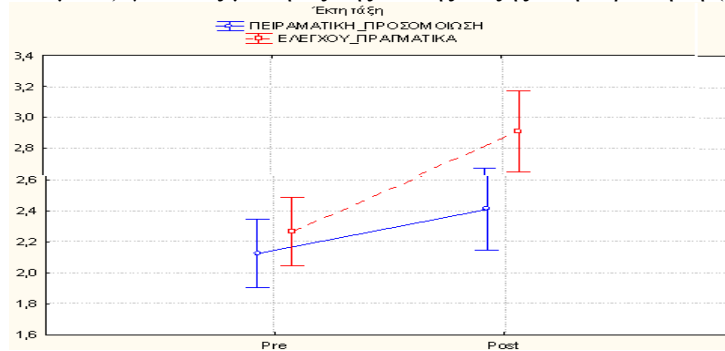
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3) α), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.13), (10.14) και στον πίνακα (10.26).

Γράφημα 10.13: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) α)



Γράφημα 10.14: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) α)



Πίνακας 10.26: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3) α)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,79972, df=374,53									
Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 3)α)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	
			1,7455	2,2909	2,1250	2,4107	1,6000	2,6182	2,2679	2,9107	
1	Πειραματική	Πέμπτη προ		0,001310	0,330188	0,002275	0,989929	0,000039	0,043597	0,000032	
2	Πειραματική	Πέμπτη μετα	0,001310		0,977683	0,996862	0,001329	0,537560	1,000000	0,006370	
3	Πειραματική	Έκτη προ	0,330188	0,977683		0,386855	0,041641	0,071543	0,990459	0,000116	
4	Πειραματική	Έκτη μετα	0,002275	0,996862	0,386855		0,000077	0,925645	0,990459	0,061596	
5	Ελέγχου	Πέμπτη προ	0,989929	0,001329	0,041641	0,000077		0,000032	0,002140	0,000032	
6	Ελέγχου	Πέμπτη μετα	0,000039	0,537560	0,071543	0,925645	0,000032		0,438838	0,672085	
7	Ελέγχου	Έκτη προ	0,043597	1,000000	0,990459	0,990459	0,002140	0,438838		0,000067	
8	Ελέγχου	Έκτη μετα	0,000032	0,006370	0,000116	0,061596	0,000032	0,672085	0,000067		

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3) α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,6182 και για την πειραματική ομάδα 2,2909 (Πίνακας 10.26, Γράφημα 10.13). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,537560>0,05$] (Πίνακας 10.26). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)α) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 4 μαθητές της ομάδας ελέγχου (7,2%) και από 8 μαθητές της πειραματικής ομάδας (14,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.27). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 23 μαθητές της ομάδας ελέγχου (41,9%) και από 16 μαθητές της πειραματικής ομάδας (29%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 34,7% για την ομάδα ελέγχου και 14,4% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3)α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,9107 και για την πειραματική ομάδα 2,4107 (Πίνακας 10.26, Γράφημα 10.14). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,061596>0,05$] (Πίνακας 10.26). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)α) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις από 15 μαθητές της ομάδας ελέγχου (26,8%) και από 13 μαθητές της πειραματικής ομάδας (23,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.28). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 29 μαθητές της ομάδας ελέγχου (51,8%) και από 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας (39,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Ειδικότερα, σε ποσοστό 25% για την ομάδα ελέγχου και 16% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3) α), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.27),(10.28).

Πίνακας 10.27: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) α)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	26	47,3	28	50,9	8	14,5	3	5,5
Μονοδομικό	21	38,2	23	41,8	31	56,4	29	52,7
Πολυδομικό	4	7,3	2	3,6	8	14,5	9	16,4
Συσχετιστικό	4	7,3	2	3,6	8	14,5	14	25,5

Πίνακας 10.28: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) α)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	11	19,6	7	12,5	10	17,9	1	1,8
Μονοδομικό	32	57,1	34	60,7	24	42,9	26	46,4
Πολυδομικό	8	14,3	8	14,3	11	19,6	6	10,7
Συσχετιστικό	5	8,9	7	12,5	11	19,6	23	41,1

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M49

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστό.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί δεν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα όταν κλείνουμε το φως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M50

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστό.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Διότι ο διακόπτης θα είναι ανοιχτός και το ρεύμα δεν μπορεί να περάσει από τα καλώδια.

Όνομα: M90

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Επειδή το ρεύμα υπάρχει, αλλά δεν χρησιμοποιείται.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί όταν κλείνει το φως ανοίγει ο διακόπτης και δεν ρέει ρεύμα στα καλώδια.

Όνομα: M146

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Όταν κλείνουμε το φως ανοίγουμε το διακόπτη και αποσυνδέουμε τα καλώδια όποτε δεν περνάει ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Όταν κλείνουμε το φως ανοίγουμε το διακόπτη και αποσυνδέουμε τα καλώδια όποτε δεν περνάει ρεύμα.

Όνομα: M158

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό είναι αποσυνδεδεμένο και έτσι το φως δεν μπορεί να ανάψει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Το ανοιχτό κύκλωμα είναι αυτό που ανοίγει ο διακόπτης και στη συνέχεια δεν περνά ηλεκτρικό ρεύμα από μέσα του.

Όνομα: M177

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστό. Όταν κλείνουμε το φως το κύκλωμα είναι κλειστό.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί δεν ρέει ηλεκτρικό ρεύμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)

α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M15

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί η σύνδεση του κυκλώματος διακόπτεται.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί μόλις κλείσουμε το φως ανοίγει ο διακόπτης και δεν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα.

Όνομα: M113

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό δεν ακουμπάει ο διακόπτης τα καλώδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί μόλις κλείσουμε το φως ανοίγει ο διακόπτης και δεν μπορεί το ρεύμα να περάσει μέχρι τη λάμπα.

Όνομα: M138

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ανοιχτό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί θα είναι ανοιχτός ο διακόπτης.

Όνομα: M201

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Όταν κλείσουμε το φως το κύκλωμα είναι ανοιχτό έτσι ώστε τα καλώδια να μην συνδέονται για να μην περάσει ηλεκτρικό ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτό. Γιατί δεν περνάει ρεύμα στα καλώδια για να ανάψει η λάμπα.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3) β), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.29).

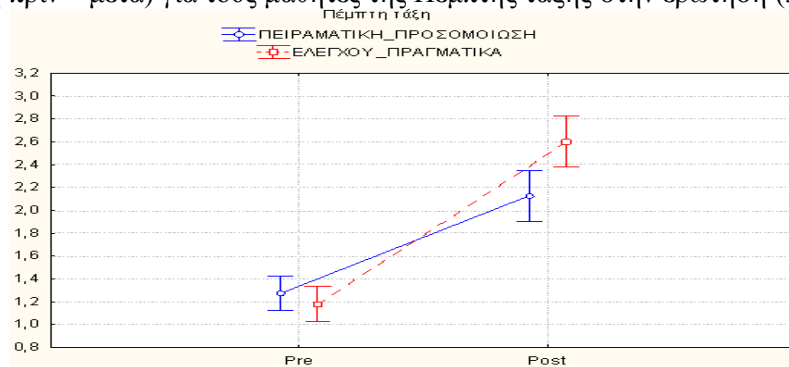
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.29: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3) β): «Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας: β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

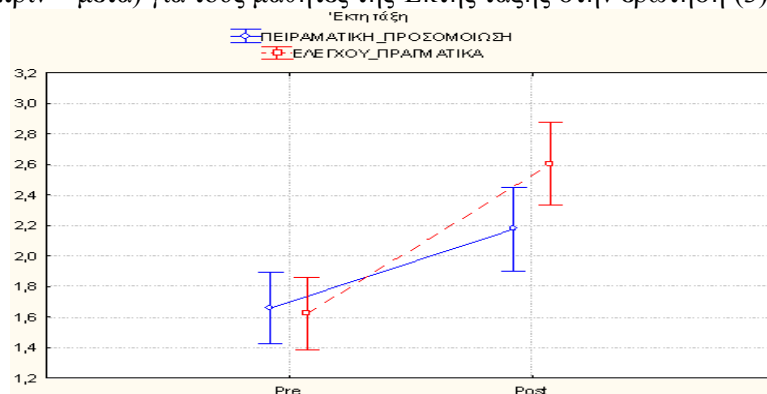
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,27	,62	2,13	,61
			Έκτη	1,66	,90	2,18	,96
			Σύνολο	1,47	,80	2,15	,80
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,18	,51	2,60	1,01
			Έκτη	1,63	,89	2,61	1,11
			Σύνολο	1,41	,76	2,60	1,06
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,23	,57	2,36	,86
			Έκτη	1,64	,89	2,39	1,05
			Σύνολο	1,44	,77	2,38	,96

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3) β), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.15), (10.16) και στον πίνακα (10.30).

Γράφημα 10.15: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) β)



Γράφημα 10.16: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3) β)



Πίνακας 10.30: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην
ερώτηση (3) β)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE=,72864, df=384,90									
		Τάξη	Ερ. 3)β)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,2727	2,1273	1,6607	2,1786	1,1818	2,6000	1,6250	2,6071
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,243965	0,000033	0,999304	0,000032	0,367641	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,076814	0,999985	0,000032	0,071719	0,040763	0,061122
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,243965	0,076814		0,002127	0,062172	0,000032	0,999999	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000033	0,999985	0,002127		0,000032	0,155500	0,013944	0,136107
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999304	0,000032	0,062172	0,000032		0,000032	0,112202	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,071719	0,000032	0,155500	0,000032		0,000032	1,000000
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,367641	0,040763	0,999999	0,013944	0,112202	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,061122	0,000032	0,136107	0,000032	1,000000	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3) β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,6000 και για την πειραματική ομάδα 2,1273 (Πίνακας 10.30, Γράφημα 10.15). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,071719>0,05$] (Πίνακας 10.30). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)β) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 1 μαθητή της ομάδας ελέγχου (1,8%) και από 3 μαθητές της πειραματικής ομάδας (5,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.31). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 24 μαθητές της ομάδας ελέγχου (43,7%) και από 12 μαθητές της πειραματικής ομάδας (21,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 41,9% για την ομάδα ελέγχου και 16,4% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3)β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,6071 και για την πειραματική ομάδα 2,1786 (Πίνακας 10.30, Γράφημα 10.16). Η

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,136107>0,05$] (Πίνακας 10.30). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)β) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,5%) και από 8 μαθητές της πειραματικής ομάδας (14,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.32). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 25 μαθητές της ομάδας ελέγχου (44,6%) και από 13 μαθητές της πειραματικής ομάδας (23,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 32,1% για την ομάδα ελέγχου και 9% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3) β), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.31),(10.32).

Πίνακας 10.31: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) β)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	44	80,0	47	85,5	6	10,9	6	10,9
Μονοδομικό	8	14,5	7	12,7	37	67,3	25	45,5
Πολυδομικό	2	3,6	0	,0	11	20,0	9	16,4
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8	1	1,8	15	27,3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.32: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3) β)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	PIPI				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	31	55,4	32	57,1	12	21,4	9	16,1
Μονοδομικό	17	30,4	17	30,4	31	55,4	22	39,3
Πολυδομικό	4	7,1	3	5,4	4	7,1	7	12,5
Συσχετιστικό	4	7,1	4	7,1	9	16,1	18	32,1

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3) β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M50

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστός. Διότι θα τον κατεβάσουμε.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Διότι το κύκλωμα θα είναι ανοιχτό και το ρεύμα δεν μπορεί να περάσει από τα καλώδια.

Όνομα: M53

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστός. Γιατί η λάμπα του φωτιστικού θα είναι κλειστή.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί σβήνουμε τη λάμπα και αυτό γίνεται γιατί δεν περνάει ρεύμα στο κύκλωμα.

Όνομα: M61

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί ο διακόπτης είναι ανοιχτός και δεν περνάει ενέργεια.

Όνομα: M68

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Κλειστός. Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί δημιουργείται ανοιχτό κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)

β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M15

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί το κύκλωμα ανοίγει.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί μόλις κλείσουμε το φως ανοίγει ο διακόπτης ανοίγει, έχουμε ανοιχτό κύκλωμα και δεν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα.

Όνομα: M113

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Κλειστός.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Έτσι το ρεύμα δεν μπορεί να περάσει για να φθάσει στη λάμπα.

Όνομα: M137

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί δεν ενώνονται τα καλώδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί δημιουργείται ανοιχτό κύκλωμα και δεν περνάει ρεύμα.

Όνομα: M194

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Θα είναι κλειστός.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Θα είναι ανοιχτός. Ο διακόπτης είναι ανοιχτός γιατί δεν φθάνει φως στο λαμπάκι.

Όνομα: M207

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί ανοίγουν τα καλώδια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανοιχτός. Γιατί όταν ανοίγουμε το διακόπτη σταματάει να πηγαίνει ρεύμα στη λάμπα.

Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₅ και II₆, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στον πίνακα (10.33).

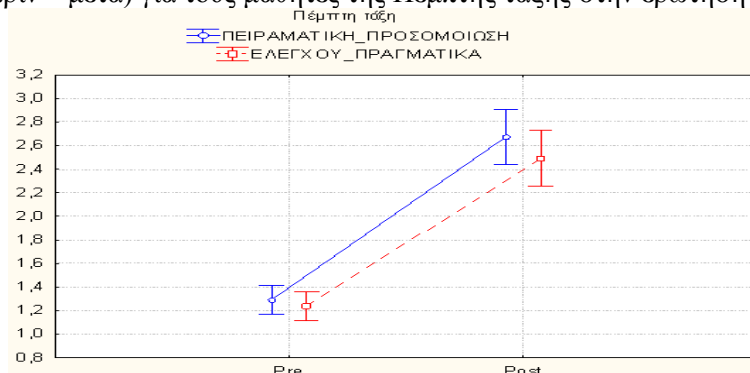
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.33: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4): «Γιατί ,μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δύο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;»

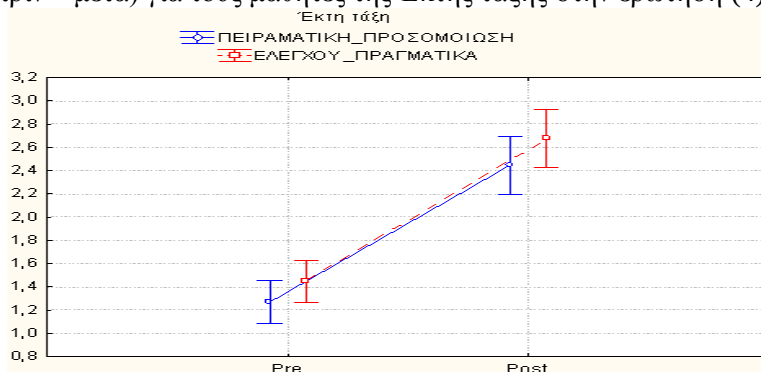
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,29	,50	2,67	,79
			Έκτη	1,27	,62	2,45	,95
			Σύνολο	1,28	,56	2,56	,88
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,24	,43	2,49	,96
			Έκτη	1,45	,76	2,68	,94
			Σύνολο	1,34	,63	2,59	,95
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,26	,46	2,58	,88
			Έκτη	1,36	,70	2,56	,95
			Σύνολο	1,31	,59	2,57	,91

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στα γραφήματα (10.17), (10.18) και στον πίνακα (10.34).

Γράφημα 10.17: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4)



Γράφημα 10.18: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4)



Πίνακας 10.34: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. (4)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,2909	2,6727	1,2679	2,4464	1,2364	2,4909	1,4464	2,6786
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	1,000000	0,000032	0,999953	0,000032	0,963263	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,777194	0,000032	0,918822	0,000032	1,000000
3	Πειραματική	Εκτη	προ	1,000000	0,000032		0,000032	0,999999	0,000032	0,922388	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,777194	0,000032		0,000032	0,999988	0,000032	0,749151
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999953	0,000032	0,999999	0,000032		0,000032	0,837010	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,918822	0,000032	0,999988	0,000032		0,000032	0,903087
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,963263	0,000032	0,922388	0,000032	0,837010	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	1,000000	0,000032	0,749151	0,000032	0,903087	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,4909 και για την πειραματική ομάδα 2,6727 (Πίνακας 10.34, Γράφημα 10.17). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,918822>0,05$] (Πίνακας 10.34). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση η απάντηση μόνο από 1 μαθητή της πειραματικής ομάδας (1,8%) κατατάχθηκε στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 10.35). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 33 μαθητές της ομάδας ελέγχου (60%) και από 36 μαθητές της πειραματικής ομάδας (65,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 58,2% για την ομάδα ελέγχου και 65,4% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,6786 και για την πειραματική ομάδα 2,4464 (Πίνακας 10.34, Γράφημα 10.18). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

στατιστικά σημαντική [$p=0,749151>0,05$] (Πίνακας 10.34). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,5%) και από 3 μαθητές της πειραματικής ομάδας (5,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 10.36). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 40 μαθητές της ομάδας ελέγχου (71,4%) και από 37 μαθητές της πειραματικής ομάδας (66,1%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 58,9% για την ομάδα ελέγχου και 60,7% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στους πίνακες (10.35),(10.36).

Πίνακας 10.35: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	40	72,7	42	76,4	5	9,1	12	21,8
Μονοδομικό	14	25,5	13	23,6	14	25,5	10	18,2
Πολυδομικό	1	1,8	0	,0	30	54,5	27	49,1
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	6	10,9	6	10,9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Πίνακας 10.36: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	PIPI					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	45	80,4	39	69,6		15	26,8	10	17,9
Μονοδομικό	8	14,3	10	17,9		4	7,1	6	10,7
Πολυδομικό	2	3,6	6	10,7		34	60,7	32	57,1
Συσχετιστικό	1	1,8	1	1,8		3	5,4	8	14,3

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M41

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί το καλώδιο μπορεί να είναι χαλασμένο και άμα ακουμπήσει πάνω του θα ηλεκτριστεί.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το πουλί για να καεί πρέπει να βάλει το ένα πόδι στο ένα καλώδιο και το άλλο πόδι στο άλλο. Δημιουργείται ηλεκτρικό κύκλωμα και έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα που καίει τα πουλιά που παθαίνουν ηλεκτροπληξία.

Όνομα: M47

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί μέσα από τα καλώδια περνάει ρεύμα και παθαίνουν ηλεκτροπληξία.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί άμα κάθονται στα δύο καλώδια τότε το κύκλωμα θα είναι κλειστό.

Όνομα: M90

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί ακουμπάν τα ηλεκτροφόρα σύρματα της Δ.Ε.Η.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Επειδή δημιουργείται κλειστό κύκλωμα και ρέει στα καλώδια ρεύμα.

Όνομα: M169

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Διότι μέσα στα καλώδια της Δ.Ε.Η. ρέει ηλεκτρικό και αν καθίσουν σε διαφορετικά καλώδια θα τους διαπεράσει ηλεκτρικό ρεύμα και έτσι θα σκοτωθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Διότι γίνονται μέρος κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος και τους διαπερνάει ηλεκτρικό ρεύμα και σκοτώνονται από ηλεκτροπληξία.

Όνομα: M179

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί όταν ακουμπούν δύο διαφορετικά καλώδια της Δ.Ε.Η. εκεί υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί όταν ακουμπούν δύο διαφορετικά καλώδια της Δ.Ε.Η. δημιουργείται κλειστό κύκλωμα και εκεί υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M11

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί μέσα από τα καλώδια της Δ.Ε.Η. ρέει ηλεκτρικό ρεύμα και συνήθως αυτά τα καλώδια καλύπτονται με καλούς αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος και έτσι το ηλεκτρικό ρεύμα μεταδίδεται.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί πατάνε πάνω σε κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Όνομα: M186

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί το σώμα των ανθρώπων και των ζώων είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί δημιουργείται κλειστό κύκλωμα.

Όνομα: M207

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί τα πόδια τους ακουμπούν και στα δύο καλώδια με αποτέλεσμα να δημιουργείται κλειστό κύκλωμα και να υπάρχει ρεύμα και έτσι παθαίνουν ηλεκτροπληξία και σκοτώνονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Έρευνα & παρουσίαση των αποτελεσμάτων για την έννοια του
απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Όνομα: M217

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Επειδή υπάρχει ρεύμα στο ένα και στο άλλο καλώδιο.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί υπάρχει κλειστό κύκλωμα επειδή το ένα καλώδιο είναι θετικό και το άλλο αρνητικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Ερευνα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων για
την έννοια της ανάκλασης του φωτός

11.1 Τα σενάρια διδασκαλίας της έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων είναι πανομοιότυπο με το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Ωστόσο, διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούνται τα πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, στα πραγματικά πειράματα γίνεται χρήση πραγματικών αντικειμένων (όπως είναι η πηγή ακτινών λέιζερ, ένας μικρός καθρέπτης, κλπ.), ενώ στα εικονικά πειράματα γίνεται χρήση του λογισμικού προσομοίωσης M.A.Θ.H.M.A. (ως γνωστικού εργαλείου). Τόσο για τα πραγματικά όσο και για τα εικονικά πειράματα (και αντικείμενα) γίνεται αναλυτική αναφορά στο παρόν κεφάλαιο.

11.1.1 Το σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₇).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

1.Τίτλος: Η ανάκλαση⁵⁴ του φωτός.

2.Εμπλεκόμενα γνωστικά αντικείμενα: Φυσική.

3.Πρωτοτυπία: Η εκτέλεση των πραγματικών (ή εικονικών) πειραμάτων με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και τις αρχές της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, καθώς επίσης και η αυτοσχέδια κατασκευή που περιέχει το γωνιομετρικό κύκλο και το μικρό καθρέπτη (κάτοπτρο) (εικόνα 11.1).

4. Τάξεις στις οποίες απευθύνεται: Το συγκεκριμένο σενάριο και τα πειράματα αφορούν μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου (περίπου την ηλικία των 11 – 12 ετών). Να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί τις υπό διερεύνηση έννοιες, ενώ οι μαθητές της Έκτης τις είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

⁵⁴ Γίνεται αναφορά και στο φαινόμενο της διάχυσης από τον δάσκαλο – ερευνητή κατά τη φάση εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου.

5. Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα: Το σενάριο καλύπτει τους στόχους του μαθήματος όπως αυτοί περιγράφονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, στο Α.Π.Σ. της Πέμπτης τάξης αναφέρεται η έννοια της ανάκλασης του φωτός και ειδικότερα στην Ενότητα 3: Ενέργεια (Φως και υλικά, Κάτοπτρα – Εφαρμογές κατόπτρων) (Δ.Ε.Π.Π.Σ. & Α.Π.Σ., 2003:512 -513). Οι διδακτικοί στόχοι που περιγράφονται στο Α.Π.Σ. είναι οι εξής:

- Να γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά του φαινομένου της ανάκλασης
- Να διαπιστώνουν και να περιγράφουν ότι τα υλικά με λείες επιφάνειες ανακλούν το φως

6. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: Εισαγωγικά, πρέπει να αναφερθεί ότι όπως προκύπτει από έρευνες (Driver et al., 1993:15; Βουτσινά & Ραβάνης, 1998), σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το φως, οι μαθητές στην ηλικία 10 - 11 ετών χρησιμοποιούν σπάνια την έννοια «φως - οντότητα μέσα στο χώρο» και γενικά εξισώνουν το φως με την πηγή του ή τα αποτελέσματά του. Έτσι, πολύ συχνά συνδέουν την έννοια «φως» αποκλειστικά με τις φωτεινές πηγές και το εντοπίζουν εκτός των πηγών μόνο σε ισχυρά φωτισμένες επιφάνειες (το γεγονός ότι η διαδρομή του φωτός δεν είναι εύκολα ορατή δημιουργεί ιδιαίτερες δυσκολίες). Συλλαμβάνουν, λοιπόν, την έννοια του φωτός ως μια πηγή (όπως είναι ο ηλεκτρικός λαμπτήρας), ως ένα αποτέλεσμα (όπως είναι μια ακτίνα φωτός) ή ως μια κατάσταση (όπως είναι η φωτεινότητα) (Driver et al., 1998:236).

Στον ελληνικό χώρο, σε αντίστοιχη έρευνα (Ραβάνης, 1994), βρέθηκε ότι μόνο το 9,1% των μαθητών ηλικίας 10 ετών, που συμμετείχαν στην έρευνα, αποδέχεται το φως ως αυτόνομη οντότητα και το 6,8% αυτών αποδίδει αυτόνομη δραστηριότητα στο φως. Κατά συνέπεια, φαίνεται ότι και σε αυτή την έρευνα οι μαθητές δεν κατανοούν το φως ως αυτόνομη οντότητα, η οποία καταλαμβάνει όλο το χώρο μεταξύ φωτεινής πηγής και αποδέκτη.

Με άλλα λόγια, είναι γεγονός ότι πολλοί μαθητές και μαθήτριες ταυτίζουν το φως με την πηγή ή με τα αποτελέσματά του. Αυτοί οι μαθητές και μαθήτριες δεν αναγνωρίζουν ότι το φως είναι κάτι (μια φυσική οντότητα) που υπάρχει στο χώρο μεταξύ της φωτεινής πηγής και του αντικείμενου που βλέπουν να φωτίζεται από αυτή (Γιαννακάκης, 2002).

Παράλληλα, είναι γεγονός ότι πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι βλέπουμε τα αντικείμενα, επειδή φωτεινές ακτίνες ξεκινούν από αυτά και φτάνουν στα μάτια μας. Άλλοι μαθητές πάλι πιστεύουν ότι οι φωτεινές ακτίνες ξεκινούν από τα μάτια μας,

ανακλώνται στα αντικείμενα και επιστρέφουν στα μάτια μας. Γενικά, οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι το φως, που φτάνει στα μάτια μας από τα διάφορα αντικείμενα, προέρχεται από τη διάχυση του φωτός, που ακτινοβολούν οι φωτεινές πηγές (Αποστολάκης κ.ά.,2006α:174).

Από τις παραπάνω έρευνες προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη η επιστημονική θεώρηση για το φως στους μαθητές (πηγή – αντικείμενο – μάτι). Η επιστημονική άποψη συναντάται πολύ σπάνια στους μαθητές, ειδικά όταν τα αντικείμενα είναι ετερόφωτα. Αυτό συμβαδίζει απόλυτα με το γεγονός ότι η ιδέα της ανάκλασης του φωτός δεν είναι αρκετά διαδεδομένη μεταξύ των μαθητών (Κόκκοτας κ.ά.,2002β:152).

Ειδικότερα, σε έρευνες (Guesne,1985; Driver et al.,1993:24-25) διερευνήθηκε η ιδέα της ανάκλασης του φωτός από έναν καθρέφτη σε μαθητές ηλικίας 10 – 11 ετών και 13 – 14 ετών. Οι περισσότεροι μαθητές της ηλικίας των 10 – 11 ετών δεν έχουν ιδέα για την ανάκλαση του φωτός από καθρέφτη και ειδικότερα για το τι συμβαίνει όταν το φως πέφτει πάνω στον καθρέφτη. Αυτό αντιστοιχεί στο γεγονός ότι δεν έχουν αντιληφθεί την έννοια «φως – οντότητα στο χώρο». Σύμφωνα με τις απαντήσεις τους, το φως μένει μέσα (παγιδεύεται) στον καθρέφτη, ενώ στο χαρτί μένει πάνω σ' αυτό (ύπαρξη φωτεινής κηλίδας). Άλλοι μαθητές, πάλι, υποστήριξαν ότι το φως φεύγει από το φακό πέφτει πάνω στον καθρέφτη και αναπηδάει.

Αντίθετα, η πλειονότητα των μαθητών ηλικίας 13 – 14 ετών εκφράζει την ιδέα ότι ο καθρέφτης ανακλά το φως, με αποτέλεσμα να αντιλαμβάνονται το φως ως μια οντότητα που εντοπίζεται στο χώρο. Βέβαια, το ένα τέταρτο μαθητών της ίδιας ηλικίας θεωρούν ότι το φως παραμένει στον καθρέφτη κατά τη διάρκεια της ανάκλασης.

Οι μαθητές αναφέρουν ότι το φως «σαν να αναπηδάει στους καθρέφτες», αλλά όχι στα άλλα αντικείμενα. Η ιδέα της ανάκλασης του φωτός και για άλλα αντικείμενα, εκτός από τους καθρέφτες, αναπτύσσεται σταδιακά στους μαθητές. Λίγοι μαθητές του δημοτικού σχολείου αναφέρουν ότι το φως «αναπηδά» (ανακλάται) πάνω στα αδιαφανή αντικείμενα και διαχέεται (Κόκκοτας κ.ά.,2002β:119).

Όταν ρωτήθηκαν μαθητές σε μια έρευνα (Κόκκοτας κ.ά.,2002β; Καλπία & Μίχας, 2009) για το πού βρίσκεται το είδωλο ενός αντικειμένου όταν κοιτάζουμε το αντικείμενο σε έναν καθρέφτη, περίπου το 25% των μαθητών θεώρησε ότι αυτό βρίσκεται πάνω στον καθρέφτη και όχι πίσω από αυτόν όπως είναι το ορθά επιστημονικό. Όταν ζητήθηκε από τους ίδιους μαθητές να απαντήσουν για το εάν

αλλάζοντας τη δικιά τους θέση θα άλλαζε και η θέση του ειδώλου, περισσότεροι από τους μισούς έκριναν ότι θα άλλαζε.

Επίσης, στην έρευνα των Fetherstonhaugh και Treagust (1990, όπ. αναφ. στο Driver et al.,1998:241; Σαλπινγίδου κ.ά.,2007) σχεδόν το ένα τέταρτο μαθητών ηλικίας 13 – 15 ετών θεώρησαν ότι το φως παραμένει στον καθρέφτη κατά τη διάρκεια της ανάκλασης.

Ταυτόχρονα, οι Anderson και Smith (1983, όπ. αναφ. στο Driver et al.,1998:241) βρήκαν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (σχεδόν το 60%) περιέγραψε το φως να αναπηδάει στους καθρέφτες, αλλά όχι στα άλλα αντικείμενα. Λίγοι μαθητές (κάτω από 20%) ποτέ δεν απεικόνισαν το φως σαν να αναπηδάει ή να αντανακλάται από οποιοδήποτε αντικείμενο.

Ακόμη, και ο Τσελφές (2003) αναφέρει ότι πολλοί μαθητές και μαθήτριες θεωρούν ότι το φως παραμένει στον καθρέφτη κατά τη διάρκεια της ανάκλασης. Επιπλέον, αναφέρει ότι αρκετοί μαθητές και μαθήτριες δεν αντιλαμβάνονται τη διάδοση του φωτός με ακτίνες. Επειδή η διαδρομή του φωτός δεν φαίνεται από μόνη της, δημιουργεί δυσκολίες στους μαθητές και στις μαθήτριες στο να καταλάβουν την παρουσία του και στο να τη σχεδιάσουν.

Ταυτόχρονα, σε μια άλλη έρευνα οι Langley et al. (1997, όπ.αναφ. στο Δέδες, 2005:94) αναφέρουν ότι μερικοί μαθητές ερμήνευσαν την αλλαγή της πορείας της φωτεινής δέσμης ως μια εγγενής ιδιότητα των επαργυρωμένων επιφανειών και όχι ως αποτέλεσμα της διαδικασίας της ανάκλασης.

Παράλληλα, σε πρόσφατη έρευνα (Τέκος & Σολομωνίδου,2008; Τέκος & Σολομωνίδου,2010) που έγινε σε 140 μαθητές Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου (60 μαθητές Πέμπτης και 80 μαθητές Έκτης τάξης δημοτικού), σχετικά με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός, μόνο 33 μαθητές φάνηκαν να έχουν επιστημονικά αποδεκτές απόψεις. Οι κυρίαρχες εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν για το φαινόμενο της ανάκλασης ήταν οι εξής: Α) Ανάκλαση του φωτός έχουμε όταν η δέσμη του φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια λεία επιφάνεια και επιστρέφει στη πηγή ανεξάρτητα από την γωνία πρόσπτωσης (24 μαθητές), Β) Ανάκλαση του φωτός έχουμε όταν η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια και παραμένει εκεί ή τη διαπερνά (11 μαθητές). Επίσης, 30 μαθητές έδωσαν ταυτολογική απάντηση, ενώ 26 δεν απάντησαν.

Με άλλα λόγια, σε αυτή την έρευνα, πολλοί μαθητές τείνουν να πιστεύουν για την ανάκλαση του φωτός ότι: Α) Η ανάκλαση του φωτός είναι φαινόμενο ανεξάρτητο από το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία προσπίπτει μια δέσμη φωτός, Β) Κατά τη διάρκεια της ανάκλασης του φωτός η δέσμη φωτός επιστρέφει στην πηγή ανεξάρτητα από τη γωνία πρόσπτωσης της ή μένει στο σημείο πρόσπτωσης (Αδυναμία κατανόησης του γεωμετρικού μοντέλου).

Τέλος, ερευνητές (Μίχας & Αγγελίδης,1999) αναφέρουν ότι η ανάκλαση του φωτός μπορεί να μελετηθεί, κυρίως, με τη χρήση γωνιομετρικού κύκλου και επισημαίνουν ότι η κύρια δυσκολία του πειράματος είναι η σωστή τοποθέτηση του κατόπτρου.

7.Διδακτικοί στόχοι: Σε αυτό το σενάριο οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και ειδικότερα την ιδιότητα του φωτός να ανακλάται (αλλάζει πορεία) όταν πέφτει πάνω σε λείες (στιλπνές - γυαλιστερές) επιφάνειες, όπως ο καθρέπτης.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά το νόμο της ανάκλασης⁵⁵ (μια ιδιότητα του φαινομένου της ανάκλασης) και ειδικότερα ότι η γωνία, που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα του φωτός με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης σε ένα καθρέπτη, είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ευθεία με την ίδια κάθετη (Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης)
- Να διακρίνουν την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα φωτός
- Να κάνουν προβλέψεις - υποθέσεις, παρατηρήσεις, πειραματικούς ελέγχους των προβλέψεων και υποθέσεων μέσω του αποδεικτικού πειραματισμού και να μπορούν να διατυπώνουν συμπεράσματα
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια της ανάκλασης του φωτός (εννοιολογική αλλαγή).
- Να ενισχύσουν τις ιδέες τους που είναι κοντά στο επιστημονικό πρότυπο
- Να οικοδομήσουν την έννοια (φαινόμενο) της ανάκλασης του φωτός

⁵⁵ Ερευνητές αναφέρουν (Κόκκοτας κ.ά.,2002β; Τσελφές,2003; Σταράκης & Μπάλλα,2003) ότι αντί να μετρώνται απευθείας οι γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης των ακτινών με την επιφάνεια ανάκλασης, συνηθίζεται να μετρώνται οι γωνίες που σχηματίζουν οι ακτίνες αυτές με την κάθετη ευθεία στο επίπεδο της επιφάνειας ανάκλασης. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η κάθετη ευθεία και η ανακλώμενη ακτίνα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

- Να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγήσουν το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός σε διάφορες περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή

8. Εκτιμώμενη διάρκεια: Η συνολική διάρκεια του σεναρίου εκτιμάται στις δύο (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά).

9. Παιδαγωγική προσέγγιση: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

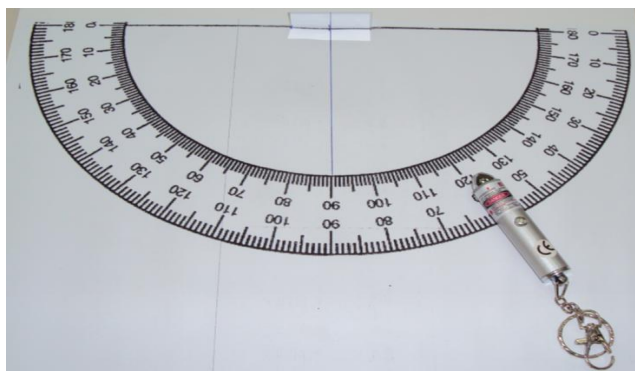
10. Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Πραγματικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα. Τα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν πάνω στα θρανία όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Τα πραγματικά αντικείμενα που απαιτούνται για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων είναι τα παρακάτω (εικόνα 11.1):

1. Πηγή ακτινών λέιζερ
2. Μικρός Καθρέπτης (κάτοπτρο), τύπου παραλληλόγραμμου
3. Μακετόχαρτο⁵⁶ που υπάρχει πάνω του τυπωμένο Μοιρογνώμονιο
4. Χάρακας (σε περίπτωση που τον χρειαστούν οι μαθητές)



Εικόνα 11.1: Τα πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση των πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

⁵⁶ Στο κέντρο του Μοιρογνώμιου ο καθρέπτης έχει τοποθετηθεί κάθετα στο επίπεδό του.

10.2 Ο ρόλος και ο τρόπος εργασίας των μαθητών: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

10.3 Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή: Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1).

11.Η προτεινόμενη (πιθανή) πορεία διδασκαλίας – Οι φάσεις διδασκαλίας:

Το τμήμα αυτό του σεναρίου αναφέρεται στο Όγδοο Κεφάλαιο και ειδικότερα στο σενάριο διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων για την έννοια της δύναμης της τριβής (υποενότητα 8.1.1). Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στο παρόν σενάριο δίνονται στους μαθητές τα φύλλα εργασίας που αφορούν την έννοια της ανάκλασης του φωτός (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₇).

12.Πραγματικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα πραγματικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός είναι δύο (2). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεστούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και ειδικότερα την ιδιότητα του φωτός να ανακλάται (αλλάζει πορεία) όταν πέφτει πάνω σε λείες (στιλπνές - γυαλιστερές) επιφάνειες, όπως ο καθρέπτης.
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το νόμο της ανάκλασης (μια ιδιότητα του φαινομένου της ανάκλασης) και ειδικότερα ότι η γωνία, που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα του φωτός με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης σε ένα καθρέπτη, είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ευθεία με την ίδια κάθετη (Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα φωτός»

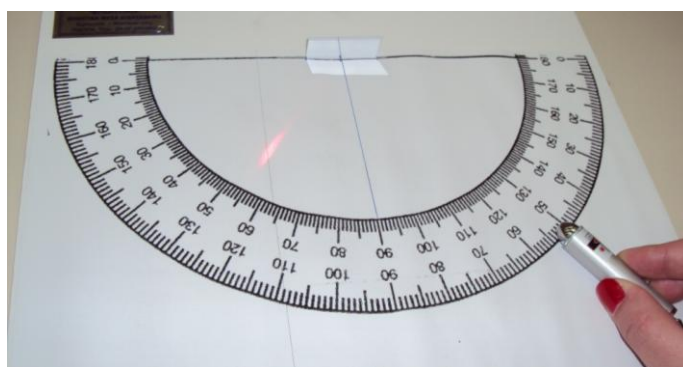
Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

Φώτισε με τη πηγή λέιζερ υπό γωνία 50° (μοίρες) τον καθρέπτη, ο οποίος βρίσκεται πάνω στο μακετόχαρτο (βάση) με το μοιρογνωμόνιο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

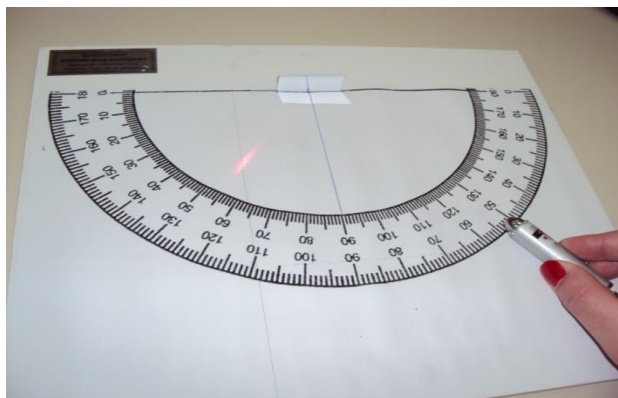
2^ο Βήμα:

Συνέχισε να φωτίζεις με την πηγή λέιζερ πάλι υπό γωνία 50° (μοίρες) τον καθρέπτη, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει περίπου το μέσο του καθρέπτη και ειδικότερα την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από το μέσο του καθρέπτη και καταλήγει στις 90° (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνωμόνιου.

Προσοχή!!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνωμόνιο.

3^ο Βήμα:

Παρατήρησε πάνω στο μακετόχαρτο (με το μοιρογνώνιο) τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.



4^ο Βήμα:

Στο σχήμα, λοιπόν, που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά τη γωνία που σχηματίζει η φωτεινή ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η φωτεινή ακτίνα που ανακλάται (αλλάζει πορεία) από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με πραγματικά αντικείμενα:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους ίδιους διδακτικούς στόχους του πρώτου πειράματος, με τη διαφορά ότι ζητείται στους μαθητές να φωτίσουν με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία (σε σχέση με το πρώτο πείραμα) τον καθρέπτη.

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:

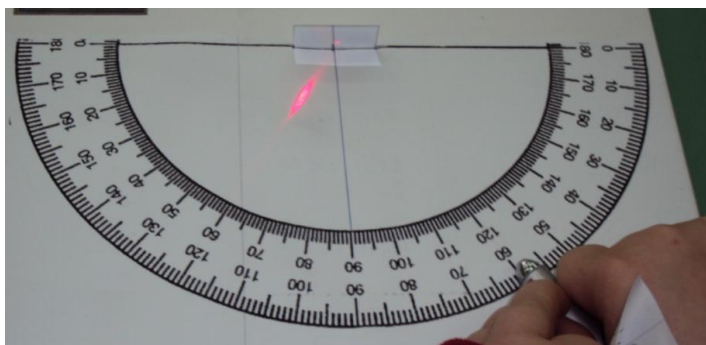


ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Τώρα προσπάθησε και φώτισε με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία σε σχέση με το Πρώτο πείραμα (και συγκεκριμένα υπό γωνία **60^ο μοίρες**) τον καθρέπτη, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει περίπου το μέσο του καθρέπτη και ειδικότερα την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από το μέσο του καθρέπτη και καταλήγει στις 90^ο (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνομόνιου.

Προσοχή!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνωμόνιο.



Τώρα, υπό άλλη γωνία και συγκεκριμένα υπό γωνία 60^ο, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

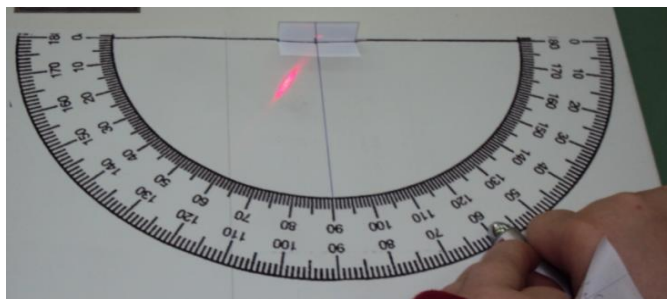
- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

2^ο Βήμα:

Παρατήρησε πάνω στο μακετόχαρτο (με το μοιρογνωμόνιο) τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.



3^ο Βήμα:

Στο σχήμα που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά, όπως στο πρώτο πείραμα, τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την μπλε ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση.

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;.....

Αυτές, λοιπόν, οι γωνίες έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο πρώτο πείραμα;

.....
Ποια σχέση έχει πάντα η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης μιας φωτεινής ακτίνας που πέφτει πάνω σε έναν καθρέπτη;

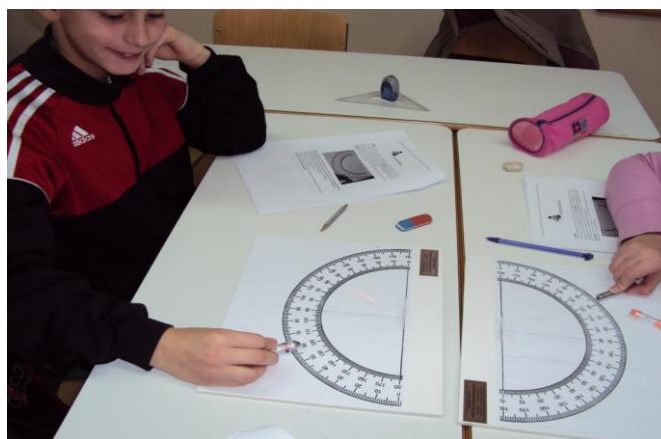
.....
Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα πραγματικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 11.2: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός



Εικόνα 11.3: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός



Εικόνα 11.4: Εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός

13. Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση του σεναρίου αφορά κυρίως την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Για την αξιολόγηση χορηγήθηκε στους μαθητές το φύλλο εργασίας (4) – εφαρμογές (μετατεστ).

14. Επεκτασιμότητα: Το σενάριο μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους διδακτικούς στόχους. Για παράδειγμα, οι μαθητές να μελετήσουν διεξοδικά πως σχηματίζονται τα είδωλα σε επίπεδο καθρέπτη (το είδωλο σχηματίζεται πίσω και όχι μέσα στο επίπεδο κάτοπτρο) και να είναι σε θέση να σχεδιάζουν το είδωλο ενός αντικειμένου στον επίπεδο καθρέπτη.

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₇ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

11.1.2 Τα κριτήρια επιλογής του λογισμικού για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια επιλογής που αναφέρθηκαν στο Όγδοο Κεφάλαιο (στην υποενότητα 8.1.2), στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε το λογισμικό προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για το σχεδιασμό και την εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου «Αναδιατύπωση και Εκσυγχρονισμός των Προγραμμάτων Σπουδών στον Τομέα των Φυσικών Επιστημών με Σύγχρονη Παραγωγή Διδακτικού Υλικού» του ΥΠΕΠΘ και με την εποπτεία του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Υλοποιήθηκε από το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, την Ελληνογαλλική σχολή «Άγιος Παύλος» και την εταιρία «01 Πληροφορική Α.Ε.». Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι πολύ απλό τόσο στην εγκατάσταση του όσο και στη χρήση του εξαιτίας του φιλικού περιβάλλοντος διεπαφής (interface) (Σολομωνίδου,2001; Ψύλλος κ.ά.,2008α).

Η ονομασία του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. προέρχεται από τα αρχικά των θεματικών ενοτήτων που περιέχει: Μηχανική, Ανάκλαση – διάθλαση, Θερμότητα, Ηλεκτρισμός, Μοντέλα & Ατομα.

Ειδικότερα, το λογισμικό προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. περιλαμβάνει τα εξής τέσσερα εικονικά εργαστήρια: 1) Εργαστήριο Ηλεκτρισμού, 2) Εργαστήριο Θερμότητας, 3) Εργαστήριο Οπτικής, 4) Εργαστήριο Μηχανικής.

Κάθε εικονικό εργαστήριο σχετίζεται με την αντίστοιχη επιλεγμένη ενότητα. Οι τέσσερις επιλεγμένες ενότητες είναι οι εξής: 1)Ηλεκτρισμός (ηλεκτρικά κυκλώματα, σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά και παράλληλα), 2) Θερμότητα (διαστολή στερεών, υγρών, αερίου, αλλαγή φυσικής κατάστασης νερού), 3) Οπτική (ανάκλαση και διάθλαση του φωτός, χρώματα), 4) Μηχανική (πτώση σωμάτων στη Γη, στον αέρα και σε κενό).

Το λογισμικό εμπνέεται από την εποικοδομητική αντίληψη για τη μάθηση και από σύγχρονες αρχές για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη λογισμικού Φυσικών Επιστημών. Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον, υποστηριζόμενο από υπολογιστές και δίκτυο, που αποσκοπεί στην υποβοήθηση της διδασκαλίας της Φυσικής του Γυμνασίου, με έμφαση σε έννοιες και φαινόμενα για τα οποία οι μαθητές και οι μαθήτριες αντιμετωπίζουν γνωστικές δυσκολίες στην κατανόησή τους. Ταυτόχρονα, κάνοντας τις κατάλληλες επιλογές, μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διδασκαλία της Φυσικής στο δημοτικό σχολείο (Σολομωνίδου, 2001; Τέκος & Σολομωνίδου, 2008; Καλαμπούκας κ.ά., 2008β).

Η πρωτοτυπία του λογισμικού έγκειται, μεταξύ άλλων, στο ότι η μελέτη των διαφόρων φαινομένων γίνεται με πολλαπλές αναπαραστάσεις, που αναφέρονται σε τρία επίπεδα περιγραφής της πραγματικότητας, δηλαδή στο εμπειρικό επίπεδο (προσομοίωση πειραμάτων), στο συμβολικό επίπεδο (διαγράμματα, γραφικές παραστάσεις) και στο επίπεδο των μοντέλων (σωματιδιακά μοντέλα της δομής της ύλης, διανύσματα, κλπ) (Σολομωνίδου, 2001).

Οι δραστηριότητες του λογισμικού έχουν στόχο να κατευθύνουν το μαθητή να κάνει τα διάφορα εικονικά πειράματα, να παρατηρήσει τις αλλαγές και τα φαινόμενα, να μελετήσει τα σύμβολα που αντιστοιχούν σε κάθε διαδικασία, να παρατηρήσει τις αντίστοιχες μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο της δομής ή της ύλης ή στο επίπεδο του επιστημονικού μοντέλου. Οι ερωτήσεις που περιέχονται στο λογισμικό στοχεύουν να εμπλέξουν ενεργά το μαθητή σε όλες τις διαδικασίες με τρόπο νοήμονα και αποτελεσματικό, ενώ οι αποκρίσεις του προγράμματος σε κάθε λανθασμένη απάντηση του μαθητή του δίνουν την ευκαιρία να κατανοήσει πού έκανε λάθος και γιατί, με στόχο να τον οδηγήσουν από άλλο εναλλακτικό δρόμο στη σωστή απάντηση.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι οι σχεδιαστικές αρχές που ακολουθήθηκαν για το λογισμικό είναι οι εξής:

- να δίνει έμφαση στην εμπλοκή του μαθητή σε αυθεντικές δραστηριότητες που αντικατοπτρίζουν αυτά που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο
- να υποστηρίζει τη δημιουργική δραστηριότητα του μαθητή και να του επιτρέπει, μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο, να έχει τον έλεγχο της διαδικασίας της μάθησης, καθώς επίσης να του παρέχει βοήθεια και καθοδήγηση όταν χρειάζεται
- να λαμβάνει υπόψη τις βασισμένες στην εμπειρία αναπαραστάσεις του μαθητή για τον πραγματικό κόσμο, επιτρέποντας σ' αυτές να εξωτερικεύονται, ώστε ο

μαθητής να ελέγχει την ισχύ τους, να έρχεται αντιμέτωπος με τις παρανοήσεις του και να υποβοηθείται προς την κατεύθυνση της μετα-εννοιολογικής επίγνωσης

- να υποβοηθήσει τον δάσκαλο στην κατεύθυνση της αναβάθμισης του διδακτικού και παιδαγωγικού έργου, δίνοντας του δυνατότητες να κάνει διαφορετικά, καλύτερα και περισσότερα πράγματα, πάνω στο ίδιο γνωστικό αντικείμενο, δίχως να υποκαθιστά τον ίδιο ή τα διδακτικά του εργαλεία (βιβλίο, εργαστήριο)
- να λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας μέσα στο πλαίσιο του σχολικού συστήματος

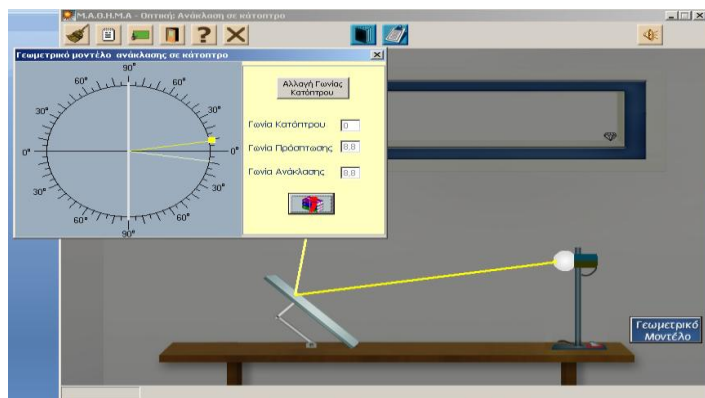
• να ενθαρρύνει την αποτελεσματική αλληλεπίδραση και επικοινωνία μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών, μέσα από κατάλληλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Επιπρόσθετα, πολύ σημαντική θεωρείται η υποκίνηση του ενδιαφέροντος και η ενεργός συμμετοχή του μαθητή κατά τη χρήση του λογισμικού. Για το σκοπό αυτό του παρέχεται η δυνατότητα:

- να χειρίζεται με ευκολία, με γραφικό τρόπο (με το ποντίκι) το περιβάλλον (Direct Manipulation Interface) και να επιλέγει την εμφάνιση ή απόκρυψη στοιχείων της διεπαφής (interface), κλπ.
- να πειραματίζεται ελεύθερα δοκιμάζοντας δικές του επιλογές, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο
- να εκτελεί διάφορες εργασίες και να έχει οπτική ανάδραση του αποτελέσματος των ενεργειών του, ώστε να διαπιστώνει μόνος του τυχόν λανθασμένες ενέργειες και να ενεργοποιείται προς την κατεύθυνση της διόρθωσης του λάθους
- να λαμβάνει γραπτές απαντήσεις, οι οποίες είτε επιβεβαιώνουν την ορθότητα των ενεργειών ή των συλλογισμών του όταν πραγματοποιεί τις διάφορες δραστηριότητες είτε κατάλληλα σχόλια και παρατηρήσεις σε περίπτωση που κάνει λάθος
- να αναζητεί και να βρίσκει βοήθεια όταν του είναι απαραίτητη, ώστε να μην απογοητεύεται και χάνει το ενδιαφέρον του
- να έχει ηχητική ενημέρωση και ηχητική ανάδραση των ενεργειών του, αλληλεπιδραστική (interactive) κινούμενη εικόνα (animation) και δυνατότητες υπερκειμένου (hypertext) και υπερμέσου (hypermedia), δεδομένου ότι πρόκειται για μια πολυμεσική εφαρμογή (Σολομωνίδου,2001)

Στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο της Οπτικής και ειδικότερα η ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο» του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.». Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την προσομοίωση ενός εργαστηρίου

Γεωμετρικής Οπτικής, όπου ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες των κατόπτρων και να παρατηρήσει την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από την ανάκλαση της δέσμης φωτός σε κάτοπτρο (Τέκος & Σολομωνίδου, 2008:565). Ακόμη, με το γεωμετρικό μοντέλο ο μαθητής καλείται να μετρήσει τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης, καθώς επίσης μπορεί να επαναλάβει τις μετρήσεις περιστρέφοντας το κάτοπτρο και σταθεροποιώντας το σε διάφορες θέσεις (εικόνα 11.5).



Εικόνα 11.5: Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. στην ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο»

Γενικότερα, η ενότητα της οπτικής περιλαμβάνει σενάρια και δραστηριότητες για τη μελέτη της ευθύγραμμης διάδοσης, της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός, καθώς και της σύνθεσης των χρωμάτων. Οι διδακτικοί στόχοι της ενότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές:

- να πειραματιστούν με το φως και τα χρώματα σε ένα εικονικό εργαστήριο Γεωμετρικής Οπτικής
- να κατανοήσουν βασικές έννοιες της Γεωμετρικής Οπτικής και κυρίως της ανάκλασης και της διάθλασης
- να συνειδητοποιήσουν την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και να μελετήσουν τις εκτροπές που αυτό παθαίνει κατά την ανάκλασή του σε επίπεδο κάτοπτρο και τη διάθλασή του σε υγρό
- να «ανακαλύψουν» τους νόμους της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός στην επιφάνεια ενός υγρού με δύο τρόπους: από τον αέρα σε ένα υγρό και από ένα υγρό στον αέρα, οπότε ένα μέρος της δέσμης διαθλάται και ένα μέρος της ανακλάται

Το περιβάλλον εργασίας της ενότητας της Οπτικής προσομοιώνει ένα εργαστήριο Γεωμετρικής Οπτικής, όπου ο μαθητής έχει στη διάθεσή του πηγές λευκού και μονοχρωματικού φωτός, διαφράγματα με οπή, αδιαφανές σώμα για τη μελέτη της σκιάς και της παρασκιάς, υγρά με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, καθώς και επίπεδα κάτοπτρα.

Τέλος, ο μαθητής μπορεί να οδηγηθεί στην κατανόηση βασικών εννοιών της Γεωμετρικής Οπτικής επαληθεύοντας τις προβλέψεις του και ελέγχοντας τις ιδέες του μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Για το σκοπό αυτό παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρεί σε χωριστό παράθυρο το αντίστοιχο κάθε φορά δυναμικό γεωμετρικό μοντέλο (εικόνα 11.5) που αναπαριστά το φαινόμενο που μελετάται. Ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες και τις αποστάσεις των κατόπτρων, πετασμάτων, κλπ. από τη φωτεινή πηγή και να παρατηρεί την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από ανάκλαση σε κάτοπτρο (Σολομωνίδου,2001).

11.1.3 Το σενάριο διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Το σενάριο διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε στο Έβδομο Κεφάλαιο, από δύο διακριτά μέρη: Α) Τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και Β) Τα φύλλα εργασίας των μαθητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₈).

Ο οδηγός οργάνωσης διδασκαλίας των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός είναι πανομοιότυπος με τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας των πραγματικών πειραμάτων, εκτός από τα τμήματα 10.1, 12, 12.1, 12.2 και 12.3. Αυτά τα τμήματα του οδηγού οργάνωσης των εικονικών πειραμάτων περιλαμβάνουν τα εξής:

10.Οργάνωση διδασκαλίας – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

10.1 Εικονικά αντικείμενα – απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

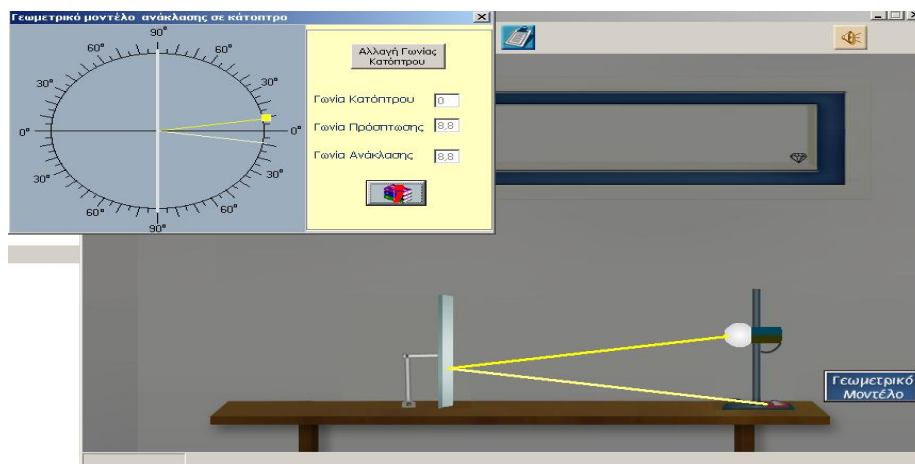
Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης. Για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων απαιτείται η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α..

Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν την διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με το λογισμικό προσομοίωσης

Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.. Για την εξοικείωση με το λογισμικό προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. σχεδιάστηκε και χορηγήθηκε στους μαθητές «Οδηγός εξοικείωσης» για ορθή χρήση του λογισμικού (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI).

Τα πειράματα πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών) όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Το λογισμικό προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. (στο οποίο υπάρχουν παρόμοια εικονικά αντικείμενα με τα πραγματικά) απεικονίζεται παρακάτω (εικόνα 11.6):



Εικόνα 11.6: Το εργαστήριο (Γεωμετρικής) Οπτικής του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.

12.Εικονικά πειράματα – Μαθησιακές δραστηριότητες:

Τα εικονικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός είναι δύο (2). Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα εκτελεσθούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων (και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου).

12.1 Πρώτο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.:

Το πρώτο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους εξής διδακτικούς στόχους:

- «Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και ειδικότερα την ιδιότητα του φωτός να ανακλάται (αλλάζει πορεία) όταν πέφτει πάνω σε λείες (στιλπνές - γυαλιστερές) επιφάνειες, όπως ο καθρέπτης.

- Οι μαθητές επιδιώκεται να διαπιστώσουν πειραματικά το νόμο της ανάκλασης (μια ιδιότητα του φαινομένου της ανάκλασης) και ειδικότερα ότι η γωνία, που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα του φωτός με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης σε ένα καθρέπτη, είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ευθεία με την ίδια κάθετη (Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης)
- Οι μαθητές επιδιώκεται να διακρίνουν την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα φωτός»

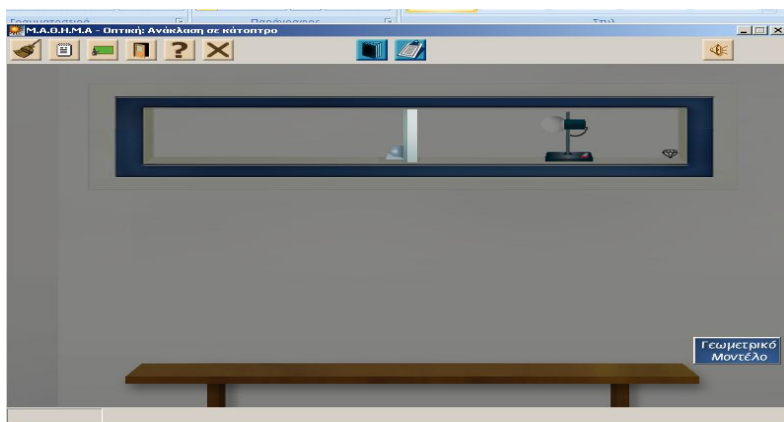
Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

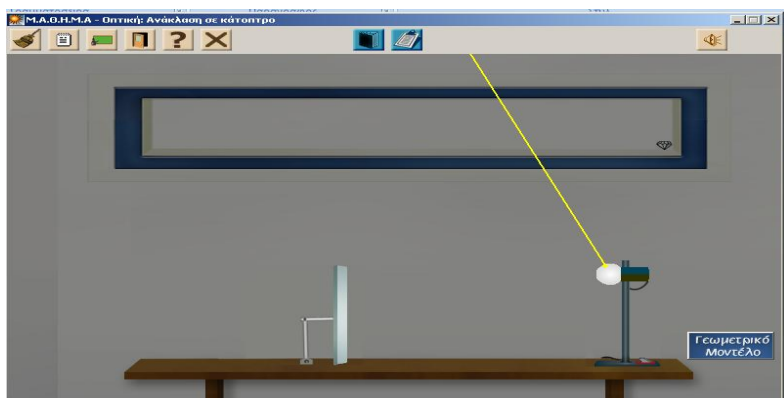
1^ο Βήμα:

Με απλό κλικ κατέβασε στον πάγκο το **κάτοπτρο (καθρέπτη)** και την **φωτεινή λάμπα (με γλόμπο) - προβολέας**.



2^ο Βήμα:

Άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο **διακόπτη**.



3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό **συνεχόμενο** κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω σε ένα οποιοδήποτε σημείο στον κάθετο καθρέπτη.

Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

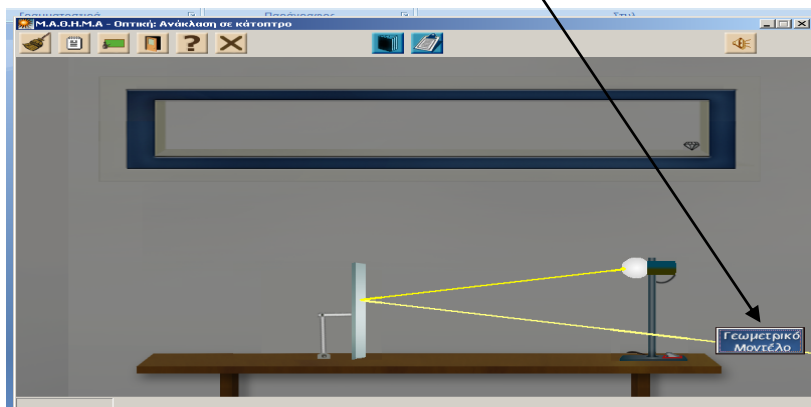
Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

4^ο Βήμα:

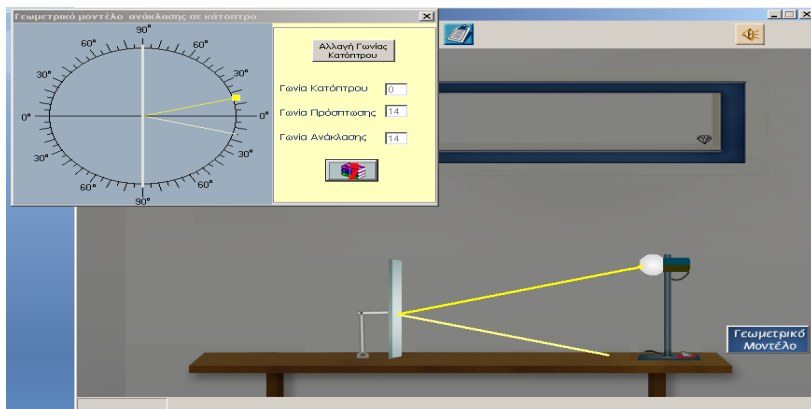
Πάτησε το κουμπί
μοντέλο ανάκλασης σε κάτοπτρο:

Γεωμετρικό
Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό



Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



5^ο Βήμα:

Παρατήρησε στο **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ** τις πλευρές που σχηματίζει η **προσπίπτουσα ακτίνα** (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη)) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου ή μοιρογνώμιου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η **ανακλώμενη ακτίνα** (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια κάθετη ευθεία.

6^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά τις **μοίρες** της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (**γωνία πρόσπτωσης**) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (**γωνία ανάκλασης**) με την ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

Αν ναι. Ποια;

.....

12.2 Δεύτερο πείραμα με εικονικά αντικείμενα του λογισμικού προσομοίωσης M.A.Θ.H.M.A.:

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους ίδιους διδακτικούς στόχους του πρώτου πειράματος, με τη διαφορά ότι ζητείται στους μαθητές να φωτίσουν με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία (σε σχέση με το πρώτο πείραμα) τον καθρέπτη.

Στο δεύτερο πείραμα οι μαθητές θα υλοποιήσουν, με βάση το φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα και τις οδηγίες του δασκάλου – ερευνητή, τις εξής δραστηριότητες:



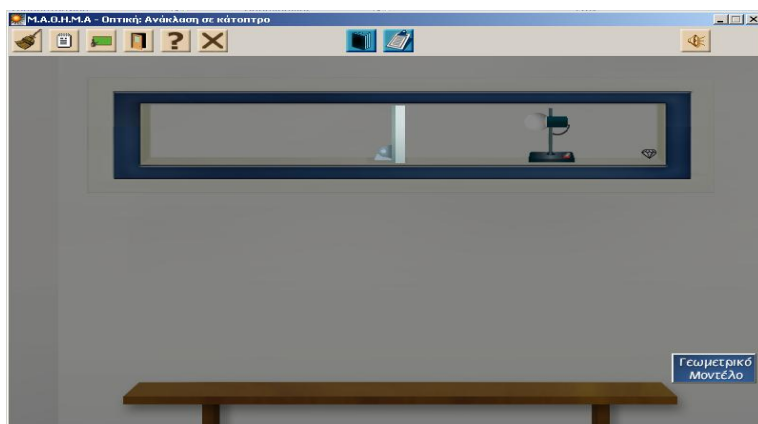
ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Κλείσε το παράθυρο του Γεωμετρικού Μοντέλου Ανάκλασης.



Μετά, κάνε ένα κλικ στο εικονίδιο (Ανανέωση) και τα όργανα –εικονικά αντικείμενα του πειράματος καθαρίζονται από τον πάγκο και ανεβαίνουν στο ράφι:



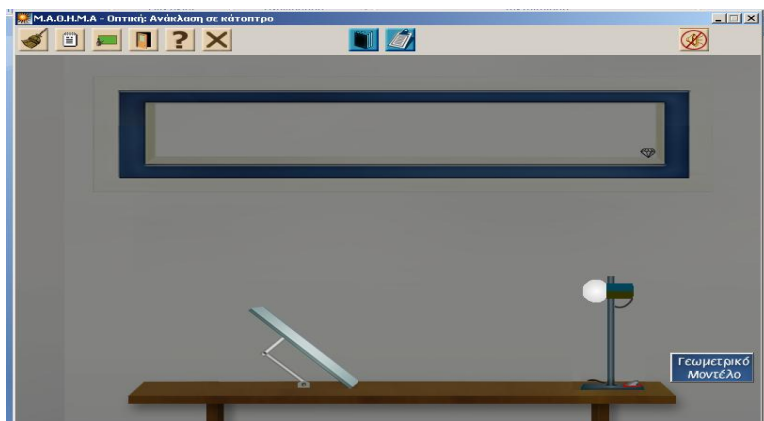
2^ο Βήμα:

Κάνε κλικ στα όργανα – εικονικά αντικείμενα που βρίσκονται στο ράφι, ώστε να τοποθετηθούν στον πάγκο:



Πλησίασε το ποντίκι στο πάνω άκρο του καθρέπτη.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε ένα αριστερό κλικ στο πάνω άκρο του και άλλαξε την κλίση του καθρέπτη, κάνοντας τον πλάγιο (45^0):



3^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, όπως και παραπάνω, άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο διακόπτη.

4^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό συνεχόμενο κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω στον κάθετο καθρέπτη.

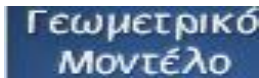
Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

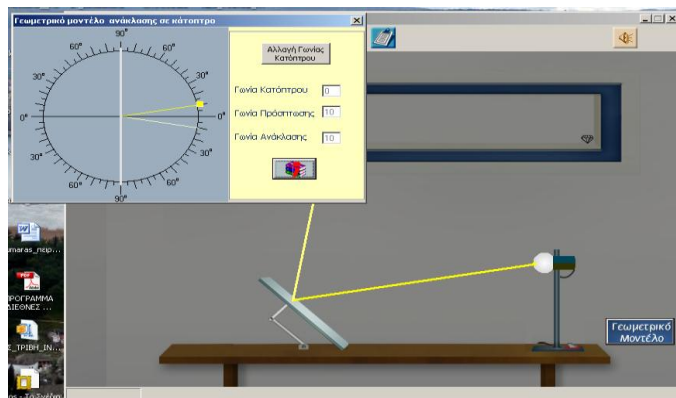
Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

5^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί  για να δεις το γεωμετρικό μοντέλο ανάκλασης σε κάτοπτρο:



6^ο Βήμα:

Παρατήρησε στο **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ** τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα ((η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη)) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου ή μοιρογνώμιου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα

(η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια κάθετη ευθεία.

7^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά πάλι τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια κάθετη ευθεία.

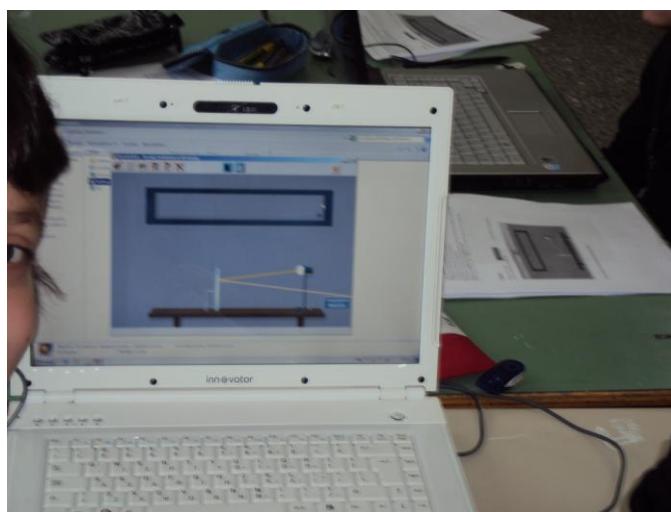
Παρατήρησε και σε αυτή την περίπτωση αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση.

Αν ναι. Ποια;

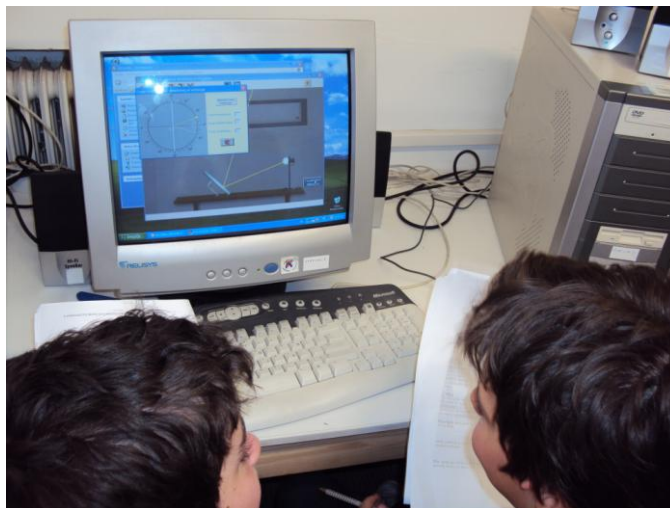
.....
Αυτές, λοιπόν, οι γωνίες έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο πρώτο πείραμα;

.....
Ποια σχέση έχει πάντα η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης μιας φωτεινής ακτίνας που πέφτει πάνω σε έναν καθρέπτη;

.....
Τέλος, μερικές από τις πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν οι μαθητές με τα εικονικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 11.7: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός



Εικόνα 11.8: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της Ε΄ Τάξης του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός



Εικόνα 11.9: Εκτέλεση εικονικών πειραμάτων από μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης του 18^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων για την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Τέλος, όσον αφορά τα φύλλα εργασίας του σεναρίου διδασκαλίας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός, πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₈ και περιλαμβάνουν τα παρακάτω τέσσερα (4) επιμέρους φύλλα εργασίας:

- I) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (προ – τεστ ή pre-test)
- II) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις
- III) Φύλλο εργασίας (3) – Πειράματα
- IV) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (μετα- τεστ ή post-test)

11.2 Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Με βάση τις αναφορές στο Όγδοο Κεφάλαιο (ενότητα 8.2) σχετικά με τη στατιστική ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων, σε αυτή την ενότητα γίνεται η παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.

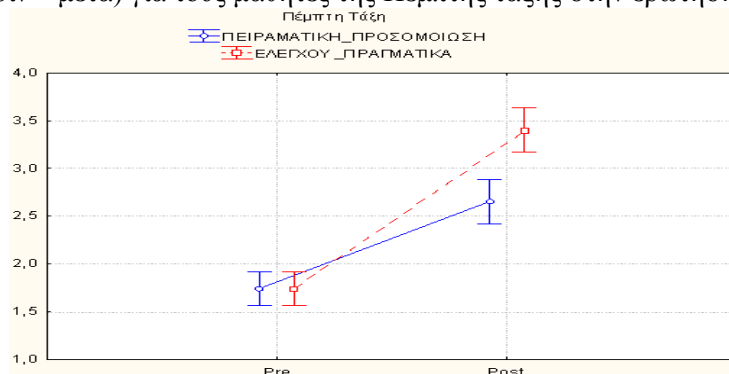
Από την επεξεργασία των προτεστ (αρχικό φύλλο εργασίας (1)) και μετατεστ (φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές), που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₇ και Π₈, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στον πίνακα (11.1).

Πίνακας 11.1: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (1): «Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;»

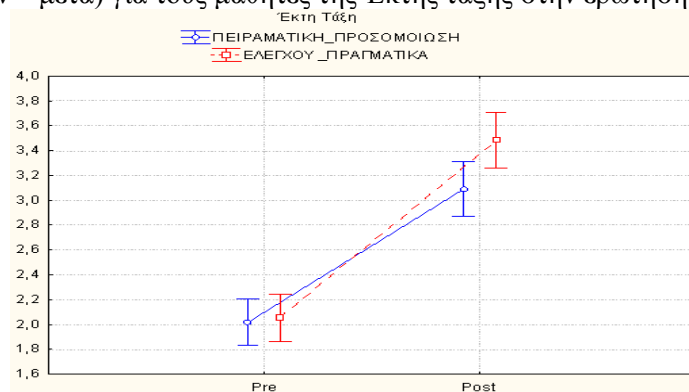
ΠΡΙΝ						ΜΕΤΑ	
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,75	,64	2,65	,95
			Έκτη	2,02	,73	3,09	,84
			Σύνολο	1,88	,70	2,87	,92
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,75	,67	3,40	,78
			Έκτη	2,05	,70	3,48	,83
			Σύνολο	1,90	,70	3,44	,81
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,75	,66	3,03	,94
			Έκτη	2,04	,71	3,29	,85
			Σύνολο	1,89	,70	3,16	,91

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στα γραφήματα (11.1), (11.2) και στον πίνακα (11.2).

Γράφημα 11.1: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1)



Γράφημα 11.2: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1)



Πίνακας 11.2: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,59832, df=407,91									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,7455	2,6545	2,0179	3,0893	1,7455	3,4000	2,0536	3,4821
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,582079	0,000032	1,000000	0,000032	0,415908	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000406	0,061243	0,000032	0,000042	0,001122	0,000033
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,582079	0,000406		0,000032	0,582079	0,000032	0,999997	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,061243	0,000032		0,000032	0,404398	0,000032	0,126270
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000032	0,582079	0,000032		0,000032	0,415908	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000042	0,000032	0,404398	0,000032		0,000032	0,999296
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,415908	0,001122	0,999997	0,000032	0,415908	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000033	0,000032	0,126270	0,000032	0,999296	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,4000 και για την πειραματική ομάδα 2,6545 (Πίνακας 11.2, Γράφημα 11.1). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000042<0,05$] (Πίνακας 11.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις

(καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 7 μαθητές της ομάδας ελέγχου (12,7%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 11.3). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 45 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 81,8%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 13 μαθητές (23,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 32 (52,2%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 69,1%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,4821 και για την πειραματική ομάδα 3,0893 (Πίνακας 11.2, Γράφημα 11.2). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,126270>0,05$] (Πίνακας 11.2). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (1) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 9 μαθητές της ομάδας ελέγχου (16,1%) και από 9 μαθητές της πειραματικής ομάδας (16,1%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 11.4). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 44 μαθητές της ομάδας ελέγχου (78,5%) και από 41 μαθητές της πειραματικής ομάδας (73,2%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 62,4% για την ομάδα ελέγχου και 57,1% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο

περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (1), όπως φαίνεται στους πίνακες (11.3),(11.4).

Πίνακας 11.3: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Πέμπτη τάξη									
Επίπεδο	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	20	36,4	21	38,2		6	10,9	0	,0
Μονοδομικό	29	52,7	27	49,1		19	34,5	10	18,2
Πολυδομικό	6	10,9	7	12,7		18	32,7	13	23,6
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		12	21,8	32	58,2

Πίνακας 11.4: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (1)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	11	19,6	9	16,1		1	1,8	0	,0
Μονοδομικό	36	64,3	38	67,9		14	25,0	12	21,4
Πολυδομικό	6	10,7	6	10,7		20	35,7	5	8,9
Συσχετιστικό	3	5,4	3	5,4		21	37,5	39	69,6

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M2

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί ο ήλιος πέφτει στον καθρέπτη και έρχεται στο μάτι μας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν σε λεία επιφάνεια και ανακλώνται στο μάτι μας.

Όνομα: M6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί οι ακτίνες του ήλιου διαπερνούν τον καθρέπτη του αυτοκινήτου.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί ο καθρέπτης είναι μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια και ο ήλιος ανακλάται στα μάτια μας.

Όνομα: M11

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί όταν το φως του ήλιου πέφτει στον καθρέπτη ανακλάται και έτσι αλλάζει πορεία και πέφτει πάνω μας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί ο καθρέπτης είναι λεία επιφάνεια και έτσι όταν χτυπάει το φως του ήλιου πάνω στον καθρέπτη τότε ανακλάται και πέφτει πάνω μας.

Όνομα: M20

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί το φως του ήλιου αντανακλάται στον καθρέπτη και το φως του ήλιου πέφτει πάνω μας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν το φως πέφτει στον καθρέπτη επειδή ο καθρέπτης είναι λεία επιφάνεια το φως αντανακλάται πάνω στα μάτια μας.

Όνομα: M21

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί το φως αντανακλά πάνω στον καθρέπτη.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί το φως πέφτει στον καθρέπτη που είναι λεία επιφάνεια και έτσι ανακλάται πάνω προς τα μάτια μας και τυφλωνόμαστε.

Όνομα: M166

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Το φως του ήλιου αντανακλάται.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Αντανακλάται γιατί ο καθρέπτης είναι λείος.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (1) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M40

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί το φως του ήλιου αντανακλάται μέσα από τον καθρέπτη και έρχεται στα μάτια μας.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Έχουμε ανάκλαση του φωτός από τον καθρέπτη στα μάτια μας επειδή ο καθρέπτης είναι λείος.

Όνομα: M61

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Αυτό συμβαίνει γιατί το φως του Ήλιου τα καλοκαίρια είναι πιο δυνατό και με τους καθρέπτες γίνεται εκτυφλωτικό.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το φως του ήλιου πέφτει στον καθρέπτη και ανακλάται προς τα μάτια μας και μας τυφλώνει γιατί είναι λεία επιφάνεια.

Όνομα: M112

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί κάνει αντανάκλαση το φως.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί ο καθρέπτης έχει λεία επιφάνεια και αντανακλάται.

Όνομα: M131

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί το φως που πέφτει στον καθρέπτη ανακλάται.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γιατί ανακλάται το φως του ήλιου όταν πέσει στον καθρέπτη επειδή είναι λεία επιφάνεια και μετά αλλάζει κατεύθυνση και έρχεται προς τα μάτια μας και μας τυφλώνει.

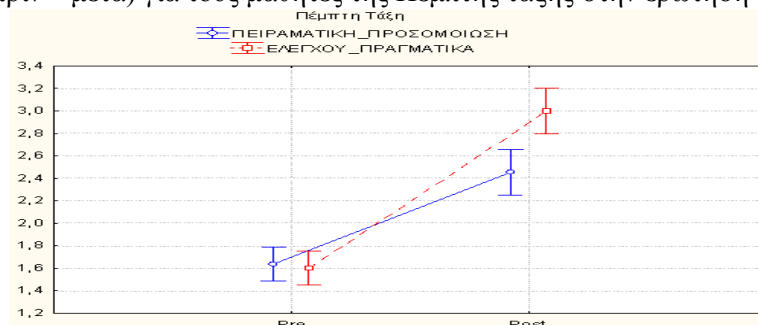
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Π₇ και Π₈, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στον πίνακα (11.5).

Πίνακας 11.5: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (2): «Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;»

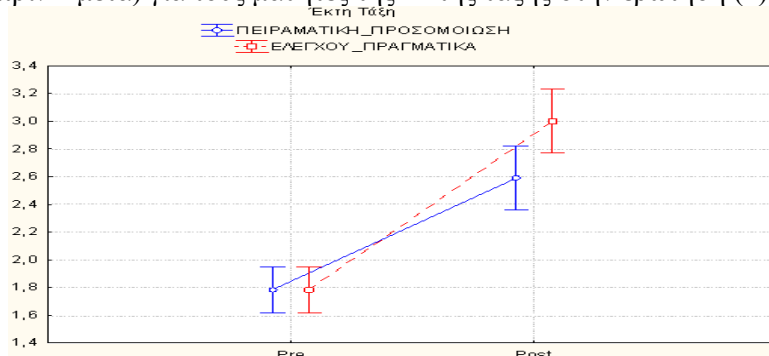
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,64	,56	2,45	,77
			Έκτη	1,79	,62	2,59	,95
			Σύνολο	1,71	,59	2,52	,86
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,60	,56	3,00	,75
			Έκτη	1,79	,62	3,00	,79
			Σύνολο	1,69	,60	3,00	,76
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,62	,56	2,73	,80
			Έκτη	1,79	,62	2,79	,89
			Σύνολο	1,70	,60	2,76	,85

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στα γραφήματα (11.3), (11.4) και στον πίνακα (11.6).

Γράφημα 11.3: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2)



Γράφημα 11.4: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2)



Πίνακας 11.6: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (2)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 2	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,6364	2,4545	1,7857	2,5893	1,6000	3,0000	1,7857	3,0000
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,956476	0,000032	0,999995	0,000032	0,956476	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000051	0,975326	0,000032	0,001582	0,000051	0,001470
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,956476	0,000051		0,000032	0,870564	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	0,975326	0,000032		0,000032	0,049830	0,000032	0,047846
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999995	0,000032	0,870564	0,000032		0,000032	0,870564	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,001582	0,000032	0,049830	0,000032		0,000032	1,000000
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	0,956476	0,000051	1,000000	0,000032	0,870564	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,001470	0,000032	0,047846	0,000032	1,000000	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,0000 και για την πειραματική ομάδα 2,4545 (Πίνακας 11.6, Γράφημα 11.3). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,001582<0,05$] (Πίνακας 11.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 2 μαθητές της ομάδας ελέγχου (3,6%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 11.7). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 40 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 72,8%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 25 μαθητές (45,5%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 15 (27,3%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 69,2%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (2) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,0000 και για την πειραματική ομάδα 2,5893 (Πίνακας 11.6, Γράφημα 11.4). Η διαφορά

αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,047846<0,05$] (Πίνακας 11.6). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (2) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 6 μαθητές της ομάδας ελέγχου (10,7%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 11.8). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 39 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 69,7%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 22 μαθητές (39,3%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 17 (30,4%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 59%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (2), όπως φαίνεται στους πίνακες (11.7),(11.8).

Πίνακας 11.7: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				META			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	22	40,0	24	43,6	5	9,1	0	,0
Μονοδομικό	31	56,4	29	52,7	24	43,6	15	27,3
Πολυδομικό	2	3,6	2	3,6	22	40,0	25	45,5
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	4	7,3	15	27,3

Πίνακας 11.8: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (2)

Έκτη τάξη									
Επίπεδο	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	18	32,1	18	32,1		5	8,9	0	,0
Μονοδομικό	32	57,1	32	57,1		26	46,4	17	30,4
Πολυδομικό	6	10,7	6	10,7		12	21,4	22	39,3
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		13	23,2	17	30,4

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ5

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Το φως ανακλάται στο νερό από τα δέντρα και τα βουνά με αποτέλεσμα να φαίνονται στο νερό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Το φως πέφτει πάνω στα βουνά και στα δέντρα και ακτίνες πέφτουν στο νερό με αποτέλεσμα να ανακλώνται και να φαίνονται στο νερό.

Όνομα: Μ6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Η λίμνη λειτουργεί σαν καθρέπτης. Οπότε τα βουνά και τα δέντρα καθρεπτίζονται.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Οι ακτίνες πέφτουν στα βουνά που η επιφάνειά τους είναι τραχιά. Οι ακτίνες διαχέονται και έτσι ανακλώνται στα νερά που είναι σαν καθρέπτης λείος και γυαλιστερός και καθρεφτίζονται.

Όνομα: Μ15

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Γιατί το φως ανακλάται στις λείες επιφάνειες των βουνών.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το φως συναντά τις τραχιές επιφάνειες των βουνών και δέντρων. Το φως διαχέεται, συναντά τη λεία και ήρεμη λίμνη και ανακλάται. Έτσι βλέπουμε την εικόνα.

Όνομα: M25

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί αντανακλούν στο νερό και τα βλέπουμε.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γιατί το νερό έχει λεία επιφάνεια και γίνεται ανάκλαση.

Όνομα: M77

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Γίνεται ανάκλαση γιατί τα νερά της λίμνης είναι σαν καθρέπτης.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Πέφτει το φως στα βουνά και στα δέντρα, πηγαίνει στη λίμνη και ανακλάται επειδή είναι σαν καθρέπτης.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (2) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M41

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Επειδή ο ήλιος πέφτει στα νερά της λίμνης.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα νερά λειτουργούν ως καθρέπτης και όταν πέφτει φως στα βουνά μετά γίνεται ανάκλαση στα ήρεμα νερά.

Όνομα: M64

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Τα βουνά και τα δέντρα καθρεφτίζονται στα νερά γιατί υπάρχει αντανάκλαση του ήλιου.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ο ήλιος πέφτει πάνω στα βουνά και στα δέντρα και από τα βουνά στην λίμνη που είναι μια λεία επιφάνεια. Γι' αυτό το φως που πέφτει στη λίμνη ανακλάται και τα βλέπουμε.

Όνομα: M114

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Διότι ο ήλιος πέφτει πάνω στα δέντρα και στα βουνά και έτσι το φως διαχέεται και πάει μέσα στην λίμνη η οποία όταν είναι ήρεμη μοιάζει σαν καθρέπτης και ανακλάται και φαίνονται στην εικόνα.

Όνομα: M117

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Τα βουνά και τα δέντρα φαίνονται γιατί τα νερά της λίμνης είναι λεία επιφάνεια και γίνεται ανάκλαση.

Όνομα: M130

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Γιατί ανακλούνται στο νερό.
post – test	επίπεδο SOLO 3 συσχετιστικό
Απάντηση	Τα βουνά και τα δέντρα έχουν τραχιά επιφάνεια και το φως διαχέεται και μετά πέρφτει και φαίνονται στη λίμνη.

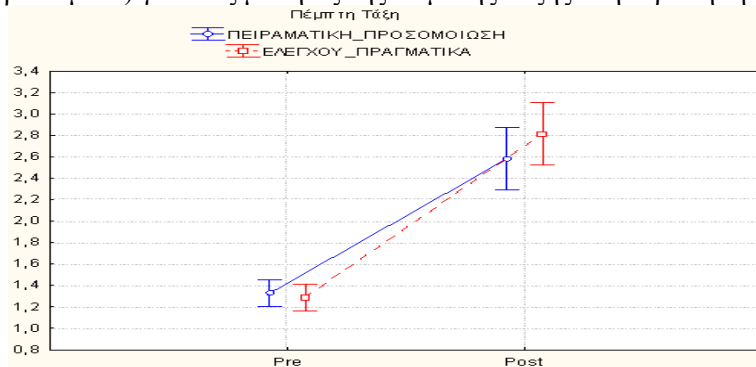
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₇ και II₈, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3)α), όπως φαίνεται στον πίνακα (11.9).

Πίνακας 11.9: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3α) : «Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

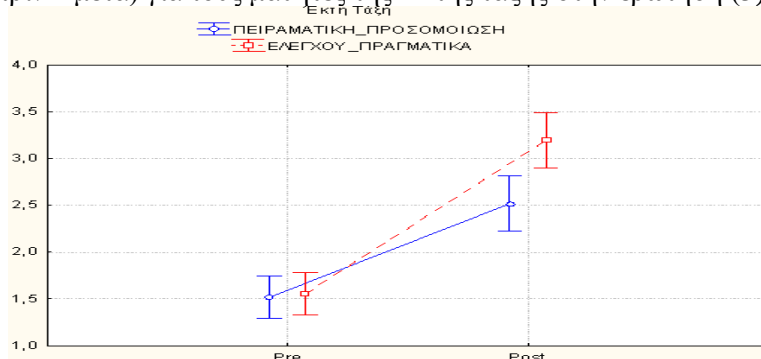
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,33	,47		2,58	1,21
			Έκτη	1,52	,85		2,52	1,22
			Σύνολο	1,42	,69		2,55	1,21
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,29	,46		2,82	,96
			Έκτη	1,55	,85		3,20	1,00
			Σύνολο	1,42	,69		3,01	1,00
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,46		2,70	1,10
			Έκτη	1,54	,85		2,86	1,16
			Σύνολο	1,42	,69		2,78	1,13

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3)α), όπως φαίνεται στα γραφήματα (11.5), (11.6) και στον πίνακα (11.10).

Γράφημα 11.5: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)α)



Γράφημα 11.6: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)α)



Πίνακας 11.10: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)α)

Cell No.		Tukey HSD test; Pooled MSE=,84785, df=414,27									
Είδος_ομάδας		Τάξη	Ερ. 3)α)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,3273	2,5818	1,5179	2,5179	1,2909	2,8182	1,5536	3,1964
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,959026	0,000032	0,999999	0,000032	0,901203	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	0,999959	0,000032	0,881099	0,000032	0,010390
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,959026	0,000032		0,000032	0,899830	0,000032	0,999999	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,999959	0,000032		0,000032	0,675434	0,000032	0,002454
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999999	0,000032	0,899830	0,000032		0,000032	0,806388	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,881099	0,000032	0,675434	0,000032		0,000032	0,373888
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,901203	0,000032	0,999999	0,000032	0,806388	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,010390	0,000032	0,002454	0,000032	0,373888	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3)α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,8182 και για την πειραματική ομάδα 2,5818 (Πίνακας 11.10, Γράφημα 11.5). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,881099>0,05$] (Πίνακας 11.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)α) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση καμία απάντηση των μαθητών δεν κατατάχθηκε στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 11.11). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 24 μαθητές της ομάδας ελέγχου (43,7%) και από 23 μαθητές της πειραματικής ομάδας (41,8%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 43,7% για την ομάδα ελέγχου και 41,8% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3)α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,1964 και για την πειραματική ομάδα 2,5179 (Πίνακας 11.10, Γράφημα 11.6). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,002454<0,05$] (Πίνακας 11.10). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)α) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 5 μαθητές της ομάδας ελέγχου (8,9%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 11.12). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 37 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 66%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 5 μαθητές (8,9%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 32 (57,1%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 57,1%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή

μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3)α), όπως φαίνεται στους πίνακες (11.11),(11.12).

Πίνακας 11.11: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)α)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	37	67,3	39	70,9	12	21,8	0	,0
Μονοδομικό	18	32,7	16	29,1	20	36,4	31	56,4
Πολυδομικό	0	,0	0	,0	2	3,6	3	5,5
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	21	38,2	21	38,2

Πίνακας 11.12: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)α)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	36	64,3	34	60,7	14	25,0	2	3,6
Μονοδομικό	15	26,8	17	30,4	19	33,9	17	30,4
Πολυδομικό	1	1,8	1	1,8	3	5,4	5	8,9
Συσχετιστικό	4	7,1	4	7,1	20	35,7	32	57,1

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ4

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το φως ανακλάται και έρχεται προς εμάς γιατί η βιτρίνα του καταστήματος είναι λεία και γυαλιστερή.

Όνομα: M6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το τζάμι της βιτρίνας είναι λείο και γυαλιστερό, οπότε το φως αλλάζει κατεύθυνση όταν πέφτει στον καθρέπτη.

Όνομα: M94

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανακλάται το φως.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ανακλάται το φως γιατί η βιτρίνα είναι λεία επιφάνεια και όταν πέφτει πάνω αλλάζει πορεία.

Όνομα: M76

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανακλάται και γυρίζει πίσω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η δέσμη φωτός πέφτει στην βιτρίνα και ανακλάται προς άλλη κατεύθυνση γιατί η βιτρίνα είναι μια λεία επιφάνεια.

Όνομα: M167

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν πάνω στη βιτρίνα και μετά αλλάζουν πορεία και πάνε στο μάτι μας. Δηλαδή, παθαίνουν ανάκλαση επειδή είναι λεία επιφάνεια.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)α) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M123

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Μια δέσμη φωτός όταν πέσει σε μια βιτρίνα γίνεται ανάκλαση.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η δέσμη φωτός όταν συναντήσει τον καθρέπτη που είναι λεία επιφάνεια θα ανακλαστεί και θα αλλάξει πορεία προς τα μάτια μας.

Όνομα: M131

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ανακλάται και έτσι τυφλωνόμαστε.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Γίνεται ανάκλαση όταν πέσει πάνω στη γυάλινη βιτρίνα επειδή το γυαλί είναι λεία επιφάνεια και όταν πέφτει πάνω αλλάζει κατεύθυνση.

Όνομα: M200

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όταν μια δέσμη φωτός πέσει πάνω στη γυάλινη βιτρίνα το φως ανακλάται και γυρίζει προς τα πίσω, στα μάτια μας επειδή η γυάλινη βιτρίνα είναι λεία επιφάνεια.

Όνομα: M216

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Οι ακτίνες θα πέσουν σε διαφορετικό μέρος.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Τυφλωνόμαστε γιατί το τζάμι είναι λείο.

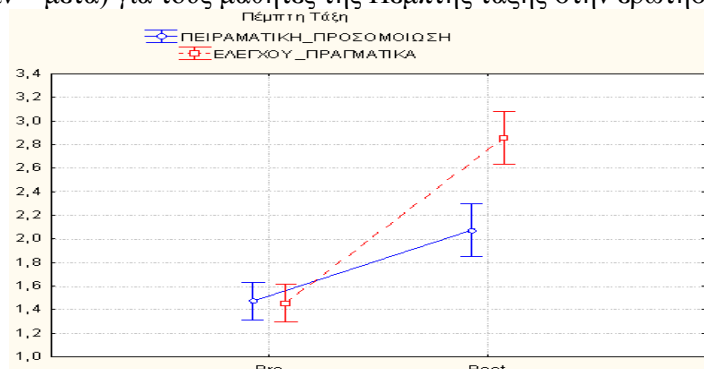
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₇ και II₈, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (3)β), όπως φαίνεται στον πίνακα (11.13).

Πίνακας 11.13: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (3)β) : «Ας υποθέσουμε ότι στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια, πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

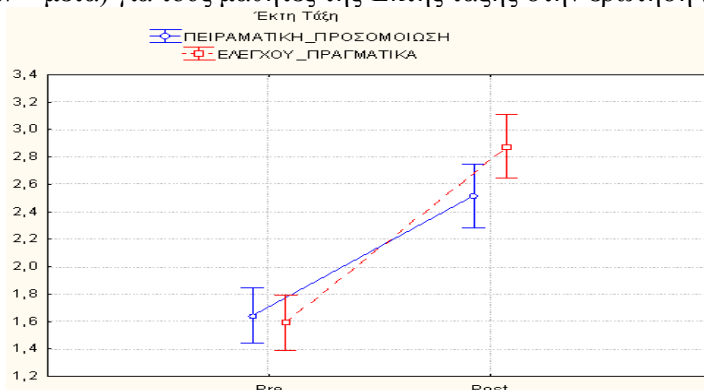
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,47	,57		2,07	,88
			Έκτη	1,64	,80		2,52	,91
			Σύνολο	1,56	,70		2,30	,92
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,45	,60		2,85	,78
			Έκτη	1,59	,73		2,87	,83
			Σύνολο	1,52	,67		2,86	,80
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,46	,59		2,46	,92
			Έκτη	1,62	,76		2,70	,89
			Σύνολο	1,54	,68		2,58	,91

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (3)β), όπως φαίνεται στα γραφήματα (11.7), (11.8) και στον πίνακα (11.14).

Γράφημα 11.7: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)β)



Γράφημα 11.8: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)β)



Πίνακας 11.14: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (3)β)

Cell		Tukey HSD test; Pooled MSE=,59727, df=390,90									
No.	Είδος_ομάδας	Τάξη	Ερ. 3)α)	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,4727	2,0727	1,6429	2,5179	1,4545	2,8545	1,5893	2,8750
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000045	0,943171	0,000032	1,000000	0,000032	0,993450	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000045		0,066753	0,049555	0,000734	0,000035	0,022031	0,000033
3	Πειραματική	Έκτη	προ	0,943171	0,066753		0,000032	0,905225	0,000032	0,999958	0,000032
4	Πειραματική	Έκτη	μετα	0,000032	0,049555	0,000032		0,000032	0,296252	0,000032	0,219531
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	1,000000	0,000734	0,905225	0,000032		0,000032	0,984405	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,000035	0,000032	0,296252	0,000032		0,000032	1,000000
7	Ελέγχου	Έκτη	προ	0,993450	0,022031	0,999958	0,000032	0,984405	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Έκτη	μετα	0,000032	0,000033	0,000032	0,219531	0,000032	1,000000	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (3)β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από

τα πειράματα, είναι 2,8545 και για την πειραματική ομάδα 2,0727 (Πίνακας 11.14, Γράφημα 11.7). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000035<0,05$] (Πίνακας 11.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)β) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 3 μαθητές της ομάδας ελέγχου (5,5%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο (Πίνακας 11.15). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 34 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 61,8%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 21 μαθητές (38,2%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 13 (23,6%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 56,3%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (3)β) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,8750 και για την πειραματική ομάδα 2,5179 (Πίνακας 11.14, Γράφημα 11.8). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,219531>0,05$] (Πίνακας 11.14). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει τις ίδιες επιδόσεις (ίδια μαθησιακά αποτελέσματα) με την πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (3)β) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 6 μαθητές της ομάδας ελέγχου (10,7%) και από 7 μαθητές της πειραματικής ομάδας (12,5%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό επίπεδο έως το Συσχετιστικό (Πίνακας 11.16). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 35 μαθητές της ομάδας ελέγχου (62,5%) και από 25 μαθητές της πειραματικής ομάδας (44,7%)

κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών και των δύο ομάδων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα. Ειδικότερα, σε ποσοστό 51,8% για την ομάδα ελέγχου και 32,2% για την πειραματική ομάδα. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, στον ίδιο περίπου βαθμό, εννοιολογική αλλαγή τόσο μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων όσο και μετά από την εκτέλεση των εικονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (3)β), όπως φαίνεται στους πίνακες (11.15),(11.16).

Πίνακας 11.15: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)β)

Πέμπτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	31	56,4	33	60,0	15	27,3	0	,0
Μονοδομικό	22	40,0	19	34,5	25	45,5	21	38,2
Πολυδομικό	2	3,6	3	5,5	11	20,0	21	38,2
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0	4	7,3	13	23,6

Πίνακας 11.16: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (3)β)

Έκτη τάξη								
Επίπεδο	ΠΡΙΝ				ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου		Πειραματική		Ελέγχου	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	29	51,8	30	53,6	6	10,7	1	1,8
Μονοδομικό	20	35,7	20	35,7	25	44,6	20	35,7
Πολυδομικό	5	8,9	5	8,9	15	26,8	20	35,7
Συσχετιστικό	2	3,6	1	1,8	10	17,9	15	26,8

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (3)β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: Μ5

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Το φως δεν ανακλάται στη βιτρίνα γιατί

	πέφτει πάνω στα σπίτια. Οι άνθρωποι μπορούν να δουν στην βιτρίνα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το φως πέφτει πάνω στα κτίρια και μερικές ακτίνες πέφτουν στη βιτρίνα που είναι λεία και ανακλώνται οπότε φαίνονται και τα κτίρια.

Όνομα: M6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί τα κτίρια ανακλούνται στο τζάμι της βιτρίνας.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το τζάμι της βιτρίνας είναι λείο και γυαλιστερό και έτσι τα κτίρια ανακλούνται.

Όνομα: M32

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι, δεν βλέπουμε λόγω ανάκλασης στη βιτρίνα.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το φως πέφτει στα κτήρια, γίνεται διάχυση και το φως ανακλάται στη βιτρίνα.

Όνομα: M83

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το φως στα κτίρια ανακλάται στη βιτρίνα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι, γιατί τα κτίρια είναι τραχιά και η βιτρίνα λεία. Οπότε το φως που πέφτει στα κτίρια ανακλάται στην βιτρίνα και βλέπουμε και τα κτίρια.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (3)β) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M41

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το φως του ήλιου πέφτει στα κτίρια και μετά ανακλάται στη βιτρίνα και βλέπουμε και τα κτίρια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το φως του ήλιου θα πέφτει στα κτίρια και μετά θα ανακλάται στη βιτρίνα που είναι λεία επιφάνεια και θα βλέπουμε και τα κτίρια σε αυτήν.

Όνομα: M67

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Δεν μπορούμε να δούμε τα παπούτσια γιατί γίνεται ανάκλαση στη γυάλινη βιτρίνα.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Το φως πέφτει πάνω στα κτίρια και μετά πέφτει πάνω στη βιτρίνα που είναι λεία και ανακλάται. Τότε δεν μπορούμε να δούμε καλά τα παπούτσια.

Όνομα: M116

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί το φως του ήλιου θα πέσει πάνω στην βιτρίνα η οποία είναι λεία επιφάνεια. Έτσι τα κτίρια που βρίσκονται από πίσω θα φαίνονται στη βιτρίνα.

Όνομα: M135

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί τα κτίρια ανακλώνται στο τζάμι.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Δεν μπορούμε να τα δούμε καλά γιατί το φως διαχέεται στα κτίρια και μετά ανακλάται στη βιτρίνα επειδή είναι λεία και βλέπουμε πάνω στη βιτρίνα και τα κτίρια.

Όνομα: M141

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί λόγω του ήλιου που πέφτει στα κτίρια ανακλώνται στη βιτρίνα και βλέπουμε και τα κτίρια.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Επειδή τα κτίρια είναι τραχιά επιφάνεια το φως διαχέεται και έτσι θα δούμε και τα κτίρια στην βιτρίνα που ανακλώνται στα μάτι μας επειδή είναι λεία επιφάνεια.

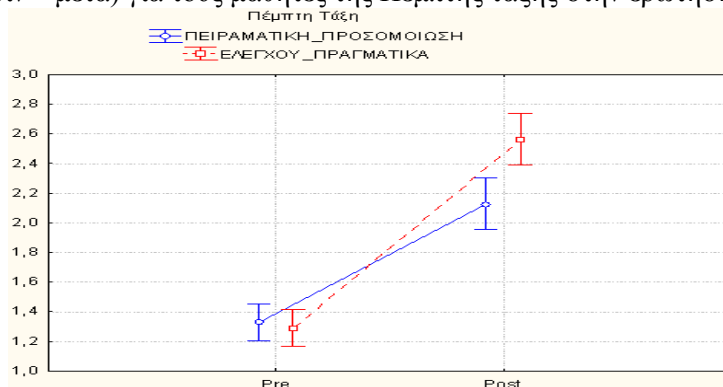
Από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ, που βρίσκονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ II₇ και II₈, έγινε ο υπολογισμός της μέσης επίδοσης (Mean) και της τυπικής απόκλισης (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στον πίνακα (11.17).

Πίνακας 11.17: Μέση επίδοση (Mean) και τυπική απόκλιση (St. Deviation) των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης (πριν – μετά) ανά είδος ομάδας που αφορά την ερώτηση (4): «Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί. Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου»

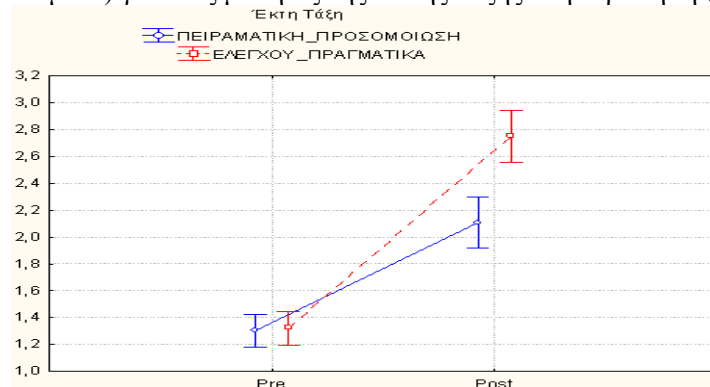
				Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Είδος ομάδας	Πειραματική	Τάξη	Πέμπτη	1,33	,47	2,13	,61
			Έκτη	1,30	,46	2,11	,78
			Σύνολο	1,32	,47	2,12	,70
	Ελέγχου	Τάξη	Πέμπτη	1,29	,46	2,56	,69
			Έκτη	1,32	,47	2,75	,67
			Σύνολο	1,31	,46	2,66	,68
	Σύνολο	Τάξη	Πέμπτη	1,31	,46	2,35	,68
			Έκτη	1,31	,47	2,43	,79
			Σύνολο	1,31	,46	2,39	,74

Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών (πριν – μετά ή pre - post) και ο στατιστικός έλεγχος μεταξύ των δύο ομάδων (πριν – μετά) για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στα γραφήματα (11.9), (11.10) και στον πίνακα (11.18).

Γράφημα 11.9: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4)



Γράφημα 11.10: Γράφημα που απεικονίζει τη σύγκριση των μέσων τιμών των δύο ομάδων (pre – post ή πριν – μετά) για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4)



Πίνακας 11.18: Σύγκριση των δύο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (4)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Tukey HSD test; Pooled MSE=,44182, df=416,25									
		Τάξη	Ερ. 4	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
				1,3273	2,1273	1,3036	2,1071	1,2909	2,5636	1,3214	2,7500
1	Πειραματική	Πέμπτη	προ		0,000032	0,999999	0,000032	0,999982	0,000032	1,000000	0,000032
2	Πειραματική	Πέμπτη	μετα	0,000032		0,000032	1,000000	0,000032	0,002566	0,000032	0,000033
3	Πειραματική	Εκτη	προ	0,999999	0,000032		0,000032	1,000000	0,000032	1,000000	0,000032
4	Πειραματική	Εκτη	μετα	0,000032	1,000000	0,000032		0,000032	0,001153	0,000032	0,000032
5	Ελέγχου	Πέμπτη	προ	0,999982	0,000032	1,000000	0,000032		0,000032	0,999994	0,000032
6	Ελέγχου	Πέμπτη	μετα	0,000032	0,002566	0,000032	0,001153	0,000032		0,000032	0,708044
7	Ελέγχου	Εκτη	προ	1,000000	0,000032	1,000000	0,000032	0,999994	0,000032		0,000032
8	Ελέγχου	Εκτη	μετα	0,000032	0,000033	0,000032	0,000032	0,000032	0,708044	0,000032	

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,5636 και για την πειραματική ομάδα 2,1273 (Πίνακας 11.18, Γράφημα 11.9). Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,002566<0,05$] (Πίνακας 11.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Πέμπτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση καμιά απάντηση των μαθητών της ομάδας ελέγχου δεν κατατάχθηκε στα δύο ανώτερα επίπεδα (Πίνακας 11.19). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 25 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 45,4%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 19 μαθητές (34,5%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 6 (10,9%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 45,4%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης, στην ερώτηση (4) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 2,7500 και για την πειραματική ομάδα 2,1071 (Πίνακας 11.18, Γράφημα 11.10). Η διαφορά

αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [$p=0,000032<0,05$] (Πίνακας 11.18). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO, από τα ευρήματα της ερώτησης (4) για τους μαθητές της Έκτης, προκύπτει ότι πριν από τη διδακτική – πειραματική παρέμβαση καμιά απάντηση των μαθητών της ομάδας ελέγχου δεν κατατάχθηκε στα δύο ανώτερα επίπεδα (Πίνακας 11.20). Αντίθετα, μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 35 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 62,5%. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις από 28 μαθητές (50%) κατατάχθηκαν στο Πολυδομικό επίπεδο και από 7 (12,5%) στο Συσχετιστικό. Με άλλα λόγια, παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα και ειδικότερα σε ποσοστό 62,5%. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγαλύτερο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ομάδας ελέγχου πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Τέλος, από την επεξεργασία των προτεστ και μετατεστ έγινε ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης σε επίπεδα SOLO για την ερώτηση (4), όπως φαίνεται στους πίνακες (11.19),(11.20).

Πίνακας 11.19: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Πέμπτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Πέμπτη τάξη									
	PIN					META			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	37	67,3	39	70,9		7	12,7	0	,0
Μονοδομικό	18	32,7	16	29,1		34	61,8	30	54,5
Πολυδομικό	0	,0	0	,0		14	25,5	19	34,5
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		0	,0	6	10,9

Πίνακας 11.20: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Έκτης τάξης ανά είδος ομάδας στην ερώτηση (4)

Έκτη τάξη									
	ΠΡΙΝ					ΜΕΤΑ			
	Πειραματική		Ελέγχου			Πειραματική		Ελέγχου	
Επίπεδο	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)		Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	39	69,6	38	67,9		12	21,4	0	,0
Μονοδομικό	17	30,4	18	32,1		28	50,0	21	37,5
Πολυδομικό	0	,0	0	,0		14	25,0	28	50,0
Συσχετιστικό	0	,0	0	,0		2	3,6	7	12,5

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M6

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι, μπορεί να το δει γιατί ανακλάται.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί η φηγούρα του Γιάννη ανακλάται στο λείο και γυαλιστερό καθρέπτη.

Όνομα: M10

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί πάνω από τον Γιάννη χτυπάει φως.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη γιατί οι ακτίνες που φεύγουν από τον Γιάννη χτυπούν στον καθρέπτη που είναι λείος και ανακλώνται στο ίδιο μέρος από την πλευρά της Μαρίας και έτσι τον βλέπει από τον καθρέπτη.

Όνομα: M12

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, Ο Γιάννης βλέπει την Μαρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι, γιατί ο Γιάννης φαίνεται στον λείο καθρέπτη αφού ανακλάται με ίδια γωνία με την γωνία πρόσπτωσης.

Όνομα: M13

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Το φως ανακλάται κατά 90 μοίρες.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί έχουμε ανάκλαση στον καθρέπτη και η γωνία πρόσπτωσης είναι ίδια με τη γωνία ανάκλασης.

Όνομα: M26

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί ο καθρέπτης αντανακλά στον τοίχο.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί έχουμε ανάκλαση στον καθρέπτη και οι γωνίες που πέφτουν και φεύγουν έχουν ίδιες μοίρες.

Όνομα: M83

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί η δέσμη φωτός πέφτει στη μεριά της Μαρίας.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί το φως ανακλάται πάνω στον καθρέπτη.

Όνομα: M177

Τάξη: Πέμπτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Η Μαρία δεν μπορεί να δει τον Γιάννη γιατί ο τοίχος τους εμποδίζει και αντί να καθρεφτίζεται ο Γιάννης καθρεφτίζεται ο τοίχος.
post – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ο Γιάννης βλέπει την Μαρία γιατί το φως ανακλάται στον καθρέπτη και η Μαρία βλέπει τον Γιάννη γιατί το φως ανακλάται στον καθρέπτη.

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών της Έκτης τάξης στην ερώτηση (4) είναι οι παρακάτω:

Όνομα: M47

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Δεν ξέρω.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη γιατί γίνεται οι ακτίνες που διαχέονται από τον Γιάννη παθαίνουν ανάκλαση στον καθρέπτη που είναι λείος. Σε αυτό βοηθάει και ότι η γωνία πρόσπτωσης που είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.

Όνομα: M61

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, γιατί είναι από την άλλη μεριά του τοίχου.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό

Απάντηση	Ναι, μπορεί γιατί πέφτει φως στον Γιάννη και αντανακλάται στον καθρέπτη και πάει στα μάτια της Μαρίας.

Όνομα: M136

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 1 προδομικό
Απάντηση	Όχι, δεν μπορεί να τον δει.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη. Οι ακτίνες του ήλιου φεύγουν από τον Γιάννη χτυπάνε στον καθρέπτη και αφού είναι λείος ανακλώνται προς την Μαρία και τον βλέπει.

Όνομα: M138

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Ελέγχου
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί γίνεται ανάκλαση στον καθρέπτη.
post – test	επίπεδο SOLO 3 πολυδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί το φως από την πλευρά του Γιάννη που πέφτει στον καθρέπτη ανακλάται προς την Μαρία επειδή ο καθρέπτης είναι λεία και γυαλιστερή επιφάνεια.

Όνομα: M186

Τάξη: Έκτη	Ομάδα: Πειραματική
pre – test	επίπεδο SOLO 2 μονοδομικό
Απάντηση	Ναι, γιατί το φως από τον Γιάννη πέφτει στον καθρέπτη και πάει στη Μαρία.
post – test	επίπεδο SOLO 4 συσχετιστικό
Απάντηση	Ναι, γιατί πέφτει φως στον Γιάννη. Αυτό διαχέεται, φτάνει στον καθρέπτη που είναι λείος και γυαλιστερός και αυτό ανακλάται με ίδια γωνία που πέφτει προς τα μάτι της Μαρίας. Και έτσι βλέπει τον Γιάννη στον καθρέπτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Συμπεράσματα - Προτάσεις

12.1 Έλεγχος των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων

Σε αυτή την πρώτη ενότητα (12.1) θα γίνει ο έλεγχος των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων που διατυπώθηκαν στο Έκτο Κεφάλαιο (ενότητα 6.4). Ο έλεγχος των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων γίνεται με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, τα οποία παρουσιάστηκαν εκτενώς στο Όγδοο, Ένατο, Δέκατο και Δωδέκατο Κεφάλαιο.

12.1.1 Έλεγχος του πρώτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Το πρώτο (δι)ερευνητικό ερώτημα έχει την ακόλουθη διατύπωση: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής;».

Ειδικότερα, όσον αφορά τον έλεγχο του πρώτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής κωδικοποιούνται ως εξής:

- Στις δύο από τις έξι ερωτήσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν στην ερώτηση (1), η οποία σχετίζεται με το είδος (φύση) επιφάνειας αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η δύναμη της τριβής, καθώς επίσης στην ερώτηση (6), η οποία σχετίζεται με το βάρος αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η δύναμη της τριβής
- Στην ερώτηση (2), η οποία σχετίζεται με το μέγεθος (εμβαδό) επιφάνειας αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο (δεν) εξαρτάται η δύναμη της τριβής, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν εικονικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν πραγματικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- Στις ερωτήσεις (3), (4) και (5), οι οποίες σχετίζονται με το είδος (φύση) επιφάνειας αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η δύναμη της

τριβής, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το πρώτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει (ουσιαστική) διαφορά⁵⁷ στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής. Με άλλα λόγια, παρατηρείται περίπου μια ισοδύναμη μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών στις δυο ομάδες από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα (Προδρομικό, Μονοδομικό) της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα (Πολυδομικό, Συσχετιστικό). Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, το οποίο με βάση την ταξινομία SOLO προσεγγίζεται, μερικές φορές, από το Πολυδομικό επίπεδο και ταυτίζεται απόλυτα με το Συσχετιστικό επίπεδο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής κωδικοποιούνται ως εξής:

- Στην ερώτηση (2) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν εικονικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν πραγματικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- Στις ερωτήσεις (1),(3),(4),(5) και (6) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το πρώτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής. Με άλλα λόγια, παρατηρείται περίπου μια ισοδύναμη μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών στις δυο ομάδες από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα.

⁵⁷ Στην πλειοψηφία των ερωτήσεων.

Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι, τόσο για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού όσο και για τους μαθητές της Έκτης, δεν υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής.

12.1.2 Έλεγχος του δεύτερου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Το δεύτερο (δι)ερευνητικό ερώτημα έχει την ακόλουθη διατύπωση: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού;».

Ειδικότερα, όσον αφορά τον έλεγχο του δεύτερου (δι)ερευνητικού ερωτήματος για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού κωδικοποιούνται ως εξής:

- Στις τρεις από τις πέντε ερωτήσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν στην ερώτηση (1), η οποία σχετίζεται με το τι συμβαίνει στο νερό κατά τη διάρκεια του βρασμού, καθώς επίσης στις ερωτήσεις (3) και (5), οι οποίες αναφέρονται στη σχέση της θερμοκρασίας του νερού και στην απότομη αύξηση του ρυθμού παροχής θερμότητας κατά τη διάρκεια του βρασμού του νερού
- Στις υπόλοιπες δυο ερωτήσεις δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει στην ερώτηση (2), η οποία αναφέρεται στη στάθμη του νερού κατά τη διάρκεια του βρασμού, καθώς επίσης στην ερώτηση (4), η οποία αναφέρεται στη σχέση της θερμοκρασίας του νερού και

στην αύξηση της ποσότητας του νερού που θερμαίνεται κατά τη διάρκεια του βρασμού

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το δεύτερο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού. Με άλλα λόγια, οι απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα μετατοπίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό, σε σύγκριση με τις απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα, από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού κωδικοποιούνται ως εξής:

- Στις τρεις από τις πέντε ερωτήσεις και ειδικότερα στις ερωτήσεις (1), (3) και (5), όπως ακριβώς και με τους μαθητές της Πέμπτης, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- Στις υπόλοιπες δυο ερωτήσεις και ειδικότερα στις ερωτήσεις (2) και (4), όπως ακριβώς και με τους μαθητές της Πέμπτης, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το δεύτερο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού. Με άλλα λόγια, οι απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα μετατοπίζονται σε

μεγαλύτερο ποσοστό, σε σύγκριση με τις απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα, από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι, τόσο για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού όσο και για τους μαθητές της Έκτης, υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού.

12.1.3 Έλεγχος του τρίτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Το τρίτο (δι)ερευνητικό ερώτημα έχει την ακόλουθη διατύπωση: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος;».

Ειδικότερα, όσον αφορά τον έλεγχο του τρίτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος κωδικοποιούνται ως εξής:

- στην ερώτηση (1) Α) και Γ), η οποία σχετίζεται με την αναγνώριση από πλευράς των μαθητών του σωστού διπολικού μοντέλου του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- στις υπόλοιπες τρεις ερωτήσεις και στο υποερώτημα 1) Β) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει: i) στην ερώτηση 1) Β), η οποία σχετίζεται με την αναγνώριση από πλευράς των

μαθητών του σωστού διπολικού μοντέλου του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, ii) στην ερώτηση 2) α), β) και γ), η οποία σχετίζεται με την αναγνώριση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και με το ρόλο της πρίζας και του διακόπτη στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, iii) στην ερώτηση 3) α) και β), η οποία σχετίζεται με το πότε είναι κλειστό και πότε είναι ανοιχτό το ηλεκτρικό κύκλωμα και iv) στην ερώτηση (4), η οποία σχετίζεται με την αναγνώριση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το τρίτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Με άλλα λόγια, παρατηρείται περίπου μια ισοδύναμη μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών στις δυο ομάδες από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος κωδικοποιούνται ως εξής:

- στην ερώτηση (1) Β) και Γ) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- στις υπόλοιπες τρεις ερωτήσεις (2) α), β) και γ), 3) α),β), (4) και στο υποερώτημα 1)Α) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το τρίτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Με άλλα λόγια, παρατηρείται περίπου μια ισοδύναμη μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών στις δυο ομάδες από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα

δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών των δύο ομάδων που πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι, τόσο για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού όσο και για τους μαθητές της Έκτης, δεν υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής μεταξύ των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

12.1.4 Έλεγχος του τέταρτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

Το τέταρτο (δι)ερευνητικό ερώτημα έχει την ακόλουθη διατύπωση: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών της Πέμπτης και Έκτης τάξης που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός;».

Ειδικότερα, όσον αφορά τον έλεγχο του τέταρτου (δι)ερευνητικού ερωτήματος για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός κωδικοποιούνται ως εξής:

- σε όλες τις ερωτήσεις, εκτός από το υποερώτημα α) της ερώτησης (3), υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν: i) στην ερώτηση (1), η οποία σχετίζεται με το είδος επιφάνειας του καθρέπτη (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) και το φαινόμενο της ανάκλασης, ii) στην ερώτηση (2), η οποία σχετίζεται με το είδος επιφάνειας που δημιουργείται στα ήρεμα νερά της λίμνης και το φαινόμενο της ανάκλασης, iii) στο υποερώτημα β) της ερώτησης (3), το οποίο σχετίζεται με το είδος επιφάνειας της γυάλινης βιτρίνας (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) και το φαινόμενο της ανάκλασης και iv) στην ερώτηση (4), η οποία σχετίζεται με το είδος επιφάνειας του καθρέπτη (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) και το νόμο της ανάκλασης σύμφωνα με τον οποίο η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης

- στο υποερώτημα α) της ερώτησης (3), το οποίο σχετίζεται με το είδος επιφάνειας της γυάλινης βιτρίνας (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) και το φαινόμενο της ανάκλασης, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το τέταρτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Με άλλα λόγια, οι απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα μετατοπίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό, σε σύγκριση με τις απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα, από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός κωδικοποιούνται ως εξής:

- στις ερωτήσεις (2), (4) και στο υποερώτημα α) της ερώτησης (3) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής
- στην ερώτηση (1) και στο υποερώτημα β) της ερώτησης (3) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά το τέταρτο (δι)ερευνητικό ερώτημα για τους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Με άλλα λόγια, οι απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα μετατοπίζονται σε

μεγαλύτερο ποσοστό, σε σύγκριση με τις απαντήσεις των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα, από τα δυο χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO προς τα δυο ανώτερα. Επιπρόσθετα, αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι, τόσο για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού όσο και για τους μαθητές της Έκτης, υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.

12.2 Συμπεράσματα της έρευνας

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας και τον έλεγχο των (δι)ερευνητικών ερωτημάτων για τις έννοιες που διερευνήθηκαν στην παρούσα διατριβή, εξάγονται ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με την επιλογή, τη χρήση και αξιοποίηση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής σε μαθητές δημοτικών σχολείων. Τα συμπεράσματα αυτά, κωδικοποιούνται ως εξής:

- με βάση τα παρόμοια μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν για τους μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης δημοτικού μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών σχετικά με τις έννοιες της δύναμης της τριβής και του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, διαπιστώνεται ότι τόσο τα εικονικά όσο και τα πραγματικά πειράματα έχουν την ίδια επίδραση (είναι το ίδιο αποτελεσματικά) στους μαθητές των δυο ομάδων σχετικά με την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής. Αυτή ισοδυναμία μεταξύ των δυο ειδών πειράματος, επιβεβαιώνεται και από πρόσφατες βιβλιογραφικές πηγές που αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα τόσο των εικονικών όσο και των πραγματικών πειραμάτων στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής είτε οι μαθητές έχουν διδαχθεί τις έννοιες είτε δεν τις έχουν διδαχθεί, όπως συμβαίνει στην παρούσα έρευνα με τους μαθητές της Έκτης και της Πέμπτης τάξης δημοτικού αντίστοιχα (Hofstein & Lunetta, 2004; Ζαχαρία & Ευαγόρου, 2004; Ολυμπίου

κ.ά.,2007; Zacharia,2007; Zacharia et al.,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olymπίου,2011). Με άλλα λόγια, είναι φανερό ότι για τη διδασκαλία εννοιών, όπως είναι η δύναμη της τριβής και το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι εφικτή η χρήση είτε του εικονικού είτε του πραγματικού πειράματος, καθώς επίσης είναι εφικτός και ο συνδυασμός των δυο ειδών πειράματος σε επιμέρους πειραματικές δραστηριότητες συγκεκριμένων εννοιών και φαινομένων της Φυσικής.

- το παραπάνω συμπέρασμα πιστοποιείται από τα μαθησιακά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της δύναμης της τριβής. Ειδικότερα, όσον αφορά την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, η διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με τεχνικές – «χειριστικές» δεξιότητες και πιο συγκεκριμένα με τη σύνδεση των μερών του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι αποτελεσματικότερη, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, όταν περιλαμβάνει την εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Ωστόσο, η διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (κλειστό ή ανοιχτό), το ρόλο των μερών του και τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, είναι το ίδιο αποτελεσματική, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, είτε περιλαμβάνει εικονικά είτε πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση πειραμάτων.
- αναφορικά με την έννοια της δύναμης της τριβής, η διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με το είδος επιφάνειας αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η δύναμη της τριβής είναι το ίδιο αποτελεσματική, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, είτε περιλαμβάνει εικονικά είτε πραγματικά αντικείμενα για την εκτέλεση πειραμάτων. Επιπρόσθετα, η διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με το βάρος αντικειμένου ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η δύναμη της τριβής είναι αποτελεσματικότερη⁵⁸, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, όταν περιλαμβάνει την εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Αντίθετα, η διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με το μέγεθος (εμβαδό) επιφάνειας⁵⁹ (με την οποία ακουμπά ένα ξύλινο

⁵⁸ Αυτό συμβαίνει στους μαθητές της Πέμπτης τάξης δημοτικού σχολείου. Στους μαθητές της Έκτης τάξης δημοτικού υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ των δυο ειδών πειράματος.

⁵⁹ Το συγκεκριμένο πείραμα υλοποιείται με δυο διαφορετικές πειραματικές δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, στη μια δραστηριότητα υπάρχει ένα ξύλινο αντικείμενο που ακουμπά με την μικρή του επιφάνεια πάνω σε ένα ξύλινο διάδρομο. Στην άλλη δραστηριότητα, υπάρχει ένα ίδιο ξύλινο αντικείμενο που ακουμπά με την μεγάλη του επιφάνεια πάνω στον ίδιο ξύλινο διάδρομο. Στη συνέχεια, τα ξύλινα αντικείμενα εκτοξεύονται με τη χρήση μιας συσκευής εκτίναξης και διανύουν την ίδια

αντικείμενο πάνω σε σταθερό οριζόντιο ξύλινο διάδρομο) ως παράγοντα από τον οποίο δεν εξαρτάται η δύναμη της τριβής είναι αποτελεσματικότερη, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, όταν περιλαμβάνει την εκτέλεση πειραμάτων με εικονικά αντικείμενα.

- το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα σε δυο από τις τέσσερις έννοιες που διερευνήθηκαν προέκυψαν παρόμοια μαθησιακά αποτελέσματα, δίνει τη δυνατότητα να ισχυρισθεί κανείς ότι τα εικονικά πειράματα δεν υστερούν σε σχέση με τα πραγματικά στις συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής. Αυτά τα αποτελέσματα παρέχουν σαφείς ενδείξεις για την κατάρριψη του ισχυρισμού, σύμφωνα με τον οποίο τα εικονικά πειράματα δεν έχουν κάποια συνεισφορά στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης σε σχέση με τα πραγματικά. Αμφισβητείται, λοιπόν, το επιχείρημα ότι μόνο η εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων συμβάλλει στη μάθηση. Με άλλα λόγια, αυτά τα ευρήματα ενισχύουν την άποψη πολλών ερευνητών, σύμφωνα με την οποία απαιτείται αναθεώρηση και επαναπροσδιορισμός του ρόλου του πειράματος, έτσι ώστε να περιλαμβάνει τόσο τη χρήση των πραγματικών όσο και των εικονικών αντικειμένων (Zacharia & Constantinou, 2008; Zacharia et al., 2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Başer & Durmuş, 2010). Παράλληλα, αυτή η άποψη περί αναθεώρησης και επαναπροσδιορισμού του ρόλου του πειράματος ενισχύεται επιπρόσθετα εξαιτίας του γεγονότος ότι τα εικονικά πειράματα μπορεί να παρέχουν και πρόσθετες δυνατότητες (πλεονεκτήματα), οι οποίες δεν είναι διαθέσιμες μέσω των πραγματικών πειραμάτων, όπως είναι η πρόσβαση στο μικρόκοσμο. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα έρευνα αυτές οι δυνατότητες έχουν αφαιρεθεί για μεθοδολογικούς σκοπούς.
- η ισοδυναμία των δυο ειδών πειράματος σε αυτές τις δυο έννοιες μπορεί να ισχυρισθεί κανείς ότι δεν οφείλεται στην υλικότητα (φυσικότητα) ή μη των πραγματικών ή εικονικών αντικειμένων, αλλά στον κατάλληλο τρόπο χρήσης, διαχείρισης και αξιοποίησης τους μέσα από κατάλληλα σενάρια διδασκαλίας και μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία στηρίζονται τόσο στην εποικοδομητική προσέγγιση όσο και στη μεθοδολογική προσέγγιση της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Αυτός ο ισχυρισμός πιστοποιείται και από άλλους ερευνητές που ισχυρίζονται πως δεν είναι η απλή επαφή (το άγγιγμα)

απόσταση, με αποτέλεσμα να αποδεικνύεται ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το μέγεθος (εμβαδό) επιφάνειας ενός αντικειμένου.

με τα πραγματικά αντικείμενα που καθορίζει την επίτευξη της μάθησης, αλλά η χρήση και διαχείριση των αντίστοιχων αντικειμένων, πραγματικών ή εικονικών, στο πλαίσιο του πειραματισμού και στο κατάλληλο διδακτικό πρότυπο, που αποτελούν το ουσιώδες χαρακτηριστικό μιας επιτυχημένης διδακτικής παρέμβασης (Zacharia & Constantinou,2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία,2009; Zacharia & Olympiou,2011).

- στο παραπάνω πλαίσιο μια πιθανή εξήγηση για την ίδια αποτελεσματικότητα των δυο ειδών πειραματισμού στις συγκεκριμένες έννοιες, μπορεί να είναι και το γεγονός ότι οι προσομοιώσεις απεικονίζουν με ακρίβεια και πιστότητα σημαντικά στοιχεία των πραγματικών (φυσικών) πειραμάτων (Başer & Durmuş, 2010).
- με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών για τις έννοιες του βρασμού του νερού και της ανάκλασης του φωτός, διαπιστώνεται ότι τα πραγματικά πειράματα είναι αποτελεσματικότερα σε σύγκριση με τα εικονικά ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Αυτά τα μαθησιακά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν και τις απόψεις των υποστηρικτών των πραγματικών πειραμάτων, οι οποίοι ισχυρίζονται ότι τα πραγματικά πειράματα επιτρέπουν στους μαθητές να βιώνουν, να παρατηρούν και να σχεδιάζουν άμεσα τα φυσικά φαινόμενα, γεγονός το οποίο θεωρείται ουσιαστικό στοιχείο για τη μάθηση (Hodson,1996; Kirschner & Huisman,1998; Chinn & Malhotra,2002; Hofstein & Lunetta,2004; Corter et al.,2004; Μιχαηλίδης,2006; Zacharia & Olympiou,2011).
- η υπεροχή των πραγματικών πειραμάτων έναντι των εικονικών στις έννοιες του βρασμού του νερού και της ανάκλασης του φωτός, δίνει τη δυνατότητα να ισχυρισθεί κανείς ότι οφείλεται στο γεγονός ότι με τη χρήση των πραγματικών αντικειμένων εκτελούνται με μεγαλύτερη ρεαλιστικότητα και αμεσότητα τα πραγματικά πειράματα σε σύγκριση με τα εικονικά. Κατά συνέπεια, σε έννοιες που απαιτούν άμεση παρατήρηση, όπως είναι η έννοια βρασμού του νερού και της ανάκλασης του φωτός, είναι αποτελεσματικότερη η χρήση πραγματικών αντικειμένων για την πραγματοποίηση των αντίστοιχων πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

- τα εικονικά αντικείμενα⁶⁰ θα πρέπει να χρησιμοποιούνται και να αντικαθιστούν τα πραγματικά μόνο για την εκτέλεση πειραμάτων στα οποία τα πραγματικά αντικείμενα και οι συσκευές κάνουν πιο πολύπλοκη τη διδασκαλία και δεν βοηθούν τους μαθητές να λαμβάνουν ακριβείς μετρήσεις και παρατηρήσεις (Marshall & Young, 2006). Για παράδειγμα, στην παρούσα έρευνα σε μια επιμέρους πειραματική δραστηριότητα σχετικά με τη δύναμη της τριβής και ειδικότερα στη μέτρηση αποστάσεων δυο ξύλινων αντικειμένων που στη μια περίπτωση ακουμπούν στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) και στην άλλη με τη μικρή πλευρά, διαπιστώθηκε ότι κατά την εκτέλεση των πειραμάτων με τη χρήση των πραγματικών αντικειμένων δεν επιτυγχανόταν η απόλυτη ταύτιση στις αποστάσεις⁶¹ που διένυαν τα δυο ξύλινα αντικείμενα μετά από την εκτόξευση τους από τη συσκευή εκτίναξης αντικειμένων, με αποτέλεσμα οι μαθητές να επαναλαμβάνουν περισσότερες από μια φορές το πείραμα για να επιτύχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντίθετα, με τη χρήση των εικονικών αντικειμένων και του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics επιτυγχανόταν με απόλυτη ακρίβεια η ταύτιση στις αποστάσεις των αντικειμένων, γεγονός το οποίο συνέβαλε και στα υψηλά μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην αντίστοιχη ερώτηση.

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω συμπεράσματα τίθεται το εξής ερώτημα: «ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και με ποια κριτήρια καθορίζεται η χρήση και η επιλογή είτε του εικονικού είτε του πραγματικού πειράματος από τον εκπαιδευτικό της τάξης;». Η απάντηση δεν μπορεί να είναι μονοδιάστατη, δηλαδή δεν μπορεί να ισχυρισθεί κανείς με απόλυτο τρόπο ότι πρέπει να χρησιμοποιείται το ένα από τα δυο είδη πειράματος κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, αφού, όπως προαναφέρθηκε, και τα δυο είδη είναι σημαντικά κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Ωστόσο, με βάση τα

⁶⁰ Επιπρόσθετα, η χρήση εικονικών αντικειμένων προτείνεται στην εκτέλεση επικίνδυνων πειραμάτων, στην εκτέλεση πειραμάτων υψηλού κόστους, καθώς επίσης και στην εκτέλεση πειραμάτων που είναι χρονοβόρα στον πραγματικό κόσμο (Τζιμογιάννης, 2004).

⁶¹ Ο στόχος αυτής της επιμέρους δραστηριότητας είναι τα δυο ξύλινα παραλληλεπίπεδα να διανύσουν τις ίδιες αποστάσεις, είτε ακουμπούν με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) είτε με τη μικρή, έτσι ώστε να αποδειχθεί πειραματικά ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν (μέγεθος) της επιφάνειας με την οποία ακουμπά το ξύλινο αντικείμενο (σώμα) πάνω στο σταθερό οριζόντιο επίπεδο. Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η δραστηριότητα περιγράφεται εκτενώς στο Όγδοο Κεφάλαιο.

αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας, είναι απαραίτητο να επισημανθεί ότι ο εκπαιδευτικός για να οδηγηθεί στην ορθή επιλογή αναφορικά με τη χρήση του εικονικού ή πραγματικού πειράματος, είναι αναγκαίο να λάβει υπόψη τα εξής κριτήρια: i) την έννοια και το φαινόμενο που πρόκειται να διδάξει (Keller, 2004) και ii) τις επιμέρους πειραματικές δραστηριότητες και τους επιμέρους μαθησιακούς στόχους όπου το εικονικό πείραμα⁶² είναι αποτελεσματικότερο και προσφέρει περισσότερες δυνατότητες και πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το πραγματικό και αντίστροφα (Zacharia et al.,2008; Zacharia & Constantinou,2008).

Ειδικότερα, λαμβάνοντας υπόψη την ισοδυναμία των δυο ειδών πειράματος σε συγκεκριμένες έννοιες, όπως είναι οι έννοιες της δύναμης της τριβής και του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, μπορεί να ισχυρισθεί κανείς, όπως προαναφέρθηκε, ότι ο πειραματισμός για αυτές τις έννοιες δεν μπορεί να υλοποιείται μόνο με τη χρήση των πραγματικών αντικειμένων, αλλά είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει και τη χρήση των εικονικών αντικειμένων. Με άλλα λόγια, τα εικονικά πειράματα είναι ωφέλιμο και αποτελεσματικότερο να χρησιμοποιηθούν σε επιμέρους δραστηριότητες αυτών των εννοιών, μόνο όταν υπερέχουν σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Για παράδειγμα, όπως προκύπτει και από τα μαθησιακά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, η επιλογή και η χρήση των εικονικών αντικειμένων και ειδικότερα του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics θα είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με την επιλογή και τη χρήση των πραγματικών αναφορικά με την εκτέλεση πειραμάτων όπου εξετάζονται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της τριβής και ειδικότερα ο παράγοντας «μέγεθος (εμβαδό) επιφάνειας» ενός σώματος που κινείται σε οριζόντιο επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, λαμβάνοντας υπόψη την υπεροχή των πραγματικών πειραμάτων στις έννοιες του βρασμού του νερού και της ανάκλασης του φωτός, μπορεί να ισχυρισθεί κανείς, όπως προαναφέρθηκε, ότι σε αυτές τις συγκεκριμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητο το πείραμα να υλοποιείται μόνο με τα πραγματικά αντικείμενα και να μην αντικαθίσταται από το πείραμα με τα εικονικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, όπως προκύπτει και από τα μαθησιακά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, η επιλογή και η χρήση των πραγματικών αντικειμένων (όπως είναι το δοχείο ζέσεως, το γκαζάκι, το θερμόμετρο, κλπ.) είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με την επιλογή και τη χρήση των εικονικών αναφορικά με την εκτέλεση πειραμάτων στα

⁶² Ο Redish (1993a) στον τίτλο του άρθρου του θέτει το ερώτημα: «Είναι ο υπολογιστής κατάλληλος για τη διδασκαλία Φυσικής;» και στο τέλος του άρθρου απαντά: «Ναι, ο υπολογιστής μπορεί να βοηθήσει τους φοιτητές να μάθουν τη Φυσική, αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις και όχι γενικά».

οποία διερευνάται η σχέση της θερμοκρασίας του νερού που βράζει με την ποσότητα της παρεχόμενης θερμότητας από το γκαζάκι.

Ταυτόχρονα, εκτός των άλλων, στο παραπάνω δίλημμα της επιλογής των δυο ειδών πειράματος, ο εκπαιδευτικός είναι απαραίτητο να εξετάσει και άλλους παράγοντες (κριτήρια) που δεν σχετίζονται άμεσα με τα μαθησιακά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα έρευνα. Για παράδειγμα, τέτοιοι παράγοντες είναι η υλικοτεχνική υποδομή των δημοτικών σχολείων, η ευκολία ή δυσκολία εύρεσης των πραγματικών ή εικονικών αντικειμένων, κλπ. (Zacharia & Olympiou, 2011). Πιο συγκεκριμένα, ερευνητές αναφέρουν ότι τα εικονικά αντικείμενα και γενικότερα τα εικονικά πειράματα αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της έλλειψης μεγάλου αριθμού αντικειμένων, συσκευών, οργάνων και των χώρων που συνεπάγεται η άσκηση και ο πειραματισμός με τη λειτουργία των εργαστηριακών συσκευών (Μιχαηλίδης, 2007). Ωστόσο, παρότι σε αυτές τις περιπτώσεις είναι σημαντικά τα εικονικά πειράματα, για να τα χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής πρέπει να υπάρχουν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις, όπως είναι η ύπαρξη υπολογιστών στα σχολεία. Αν συμβαίνει αυτό, τότε τα εικονικά πειράματα είναι ευκολότερο να υλοποιηθούν σε σχέση με τα πραγματικά και ιδιαίτερα σε συγκεκριμένες έννοιες που δεν υστερούν σε σύγκριση με αυτά. Για παράδειγμα, το λογισμικό προσομοίωσης Interactive Physics ή το Crocodile clips 3 elementary edition είναι αρκετά εύκολο να αποκτηθούν (χωρίς κανένα οικονομικό κόστος) και να εγκατασταθούν στους υπολογιστές, έτσι ώστε να τα χρησιμοποιήσουν όλοι οι μαθητές της τάξης για να εκτελέσουν εικονικά πειράματα σχετικά με τις έννοιες της δύναμης της τριβής και του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Κατά συνέπεια, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι δυνατότητες των εικονικών πειραμάτων είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται μονοδιάστατα από τους εκπαιδευτικούς μόνο στην περίπτωση που δεν υπάρχουν τα πραγματικά αντικείμενα⁶³ (η συσκευή εκτίναξης ή τα πραγματικά αντικείμενα που προτείνονται στα σχολικά εγχειρίδια) στο σχολείο, έτσι ώστε χρησιμοποιηθούν από το σύνολο των μαθητών της τάξης στην εκτέλεση των πειραμάτων. Με άλλα λόγια, σε αυτή την περίπτωση της έλλειψης πραγματικών αντικειμένων και σε μερικές περιπτώσεις της δυσκολίας αναπαραγωγής τους ή εύρεσης τους από τους μαθητές ή τον δάσκαλο, προτείνεται η χρήση των εικονικών αντικειμένων τα οποία αναπαράγονται (πολλαπλασιάζονται) εύκολα και γρήγορα,

⁶³ Σε περίπτωση που είναι διαθέσιμα τόσο τα εικονικά όσο και τα πραγματικά πειράματα, είναι προτιμότερος και αποτελεσματικότερος ο συνδυασμός τους για την εκτέλεση πειραμάτων σε συγκεκριμένες έννοιες, όπως είναι η δύναμη της τριβής και το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

γεγονός το οποίο συμβάλλει στην εκτέλεση των πειραμάτων από όλους τους μαθητές της τάξης.

Ολοκληρώνοντας, μετά από μια διεξοδική και ενδελεχή μελέτη της σύγκρισης των δυο αυτών ειδών πειράματος είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι ο εκπαιδευτικός δεν θα πρέπει να προβληματίζεται για τη μοναδική επιλογή και χρήση είτε του ενός είτε του άλλου είδους, αλλά να προβληματίζεται για την επιλογή και χρήση του συνδυασμού αυτών των δυο ειδών πειράματος μέσα από κατάλληλα σενάρια διδασκαλίας και στοχοθετημένες μαθησιακές δραστηριότητες.

12.3 Η πρωτοτυπία και η συμβολή της έρευνας

Μέσα από μια λεπτομερή βιβλιογραφική ανασκόπηση⁶⁴ διαπιστώθηκε ότι οι έρευνες που έχουν υλοποιηθεί, μέχρι τη συγγραφή της παρούσας έρευνας, σχετικά με τη συγκριτική μελέτη των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, έχουν παραγάγει αντικρουόμενα και αμφιλεγόμενα, σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελέσματα. Παράλληλα, στην πλειοψηφία αυτών των ερευνών, διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια της σύγκρισης των δυο ειδών πειράματος δεν ελέγχονται συγκεκριμένες μεταβλητές – παραμέτροι που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το λεκτικό πλαίσιο διδασκαλίας, το μαθησιακό περιβάλλον, το διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας, υλικό για πειράματα) και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Ταυτόχρονα, στα συμπεράσματα αυτών των ερευνών τονίζεται και η αναγκαιότητα περαιτέρω μελέτης της αποκλειστικής σύγκρισης των εικονικών έναντι των πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Η παρούσα, λοιπόν, έρευνα αποκτά βαρύνουσα σημασία, διότι αξιοποιώντας τα πορίσματα των ερευνών της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας, επιχειρεί να αποσαφηνίσει το θολό τοπίο σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν από την αποκλειστική σύγκριση των εικονικών έναντι των πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση τεσσάρων εννοιών και φαινομένων της Φυσικής, όπως είναι της δύναμης της τριβής, του βρασμού του νερού, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και της ανάκλασης του φωτός. Ταυτόχρονα, η παρούσα

⁶⁴ Γίνεται εκτενής αναφορά στο Πέμπτο Κεφάλαιο.

έρευνα αποτελεί τη μοναδική σε ελληνικό επίπεδο⁶⁵ και πιθανόν μια από τις ελάχιστες έρευνες σε διεθνές επίπεδο που μελετά σε τόσο εκτεταμένο επίπεδο την αποκλειστική σύγκριση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται συγκεκριμένες μεταβλητές – παραμέτροι που επηρεάζουν τη μάθηση.

Ένα ακόμη στοιχείο καινοτομίας της έρευνας αποτελεί και η προσπάθεια ανάδειξης κριτηρίων για τη χρήση και αξιοποίηση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Με άλλα λόγια, μέσα από την παρούσα έρευνα προκύπτει μια πρόταση εφαρμογής αναφορικά με το πότε ο εκπαιδευτικός πρέπει να χρησιμοποιεί τα πραγματικά και πότε τα εικονικά πειράματα, έτσι ώστε να είναι αποτελεσματικά στη διδασκαλία και μάθηση συγκεκριμένων εννοιών και φαινομένων της Φυσικής.

Παράλληλα, μέσα από αυτή την έρευνα προκύπτουν σημαντικές πληροφορίες, έτσι ώστε οι αποφάσεις που θα πάρει ο εκπαιδευτικός στην καθημερινή του πράξη να είναι πολύ πιο ενημερωμένες και αναστοχαστικές. Με άλλα λόγια, η πρωτοτυπία της έρευνας έγκειται στο ότι μέσα από μια εμπειρική διερεύνηση της επίδρασης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση προκύπτουν αξιόλογες πληροφορίες για τους εκπαιδευτικούς της πράξης. Αυτές οι χρήσιμες πληροφορίες είναι εφικτό να ενταχθούν και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών για το δημοτικό σχολείο διότι στο σημερινό Αναλυτικό Πρόγραμμα είναι περιορισμένη η ύπαρξη πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο αξιοποίησης του εικονικού ή πραγματικού πειράματος στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Ταυτόχρονα, η παρούσα έρευνα είναι σημαντική διότι έχει πρακτική εφαρμογή⁶⁶ για τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές των δυο τελευταίων τάξεων δημοτικού σχολείου. Πιο συγκεκριμένα, έχει παραχθεί συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό, σενάρια διδασκαλίας, φύλλα εργασίας και εργαλεία αξιολόγησης που έχουν εφαρμοστεί στη σχολική τάξη. Κατά συνέπεια, μετά από τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας, δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν όλα τα

⁶⁵ Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η έρευνα των Ολυμπίου και Ζαχαρία (2009) στην οποία ελέγχονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση. Ωστόσο, σε αυτή την έρευνα η σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα εικονικά στη μάθηση, αποτελεί ένα μέρος της έρευνας. Σε αυτή την έρευνα μελετάται, κατά κύριο λόγο, η σύγκριση του συνδυασμού των δυο ειδών πειράματος σε σχέση με κάθε είδος πειράματος ξεχωριστά.

⁶⁶ Με τον όρο «πρακτική εφαρμογή» εννοούμε ότι μέσα από την έρευνα έχει διαμορφωθεί και δοκιμασθεί το πλαίσιο λειτουργίας και εφαρμογής των πειραμάτων σε πραγματικές συνθήκες.

παραπάνω στο περιβάλλον της σχολικής τάξης κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι πρωτότυπο στοιχείο της έρευνας αποτελεί και το γεγονός ότι ο σχεδιασμός των σεναρίων διδασκαλίας και των φύλλων εργασίας, με βάση τα οποία υλοποιήθηκαν τα πειράματα, στηρίχθηκε στο συνδυασμό δυο διαφορετικών καινοτομικών προσεγγίσεων. Πιο συγκεκριμένα, στηρίχθηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση και στην επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία.

Με άλλα λόγια, η πρωτοτυπία της έρευνας έγκειται στο ότι δίνεται έμφαση στον τρόπο με τον οποίο αξιοποιούνται (δημιουργία αναλυτικών φύλλων εργασίας και σεναρίων διδασκαλίας) τα εικονικά και πραγματικά πειράματα, σε αντίθεση με πολλές έρευνες που ασχολούνται μόνο με την εκτέλεση τους. Πιο συγκεκριμένα, διερευνάται σε βάθος το πώς μπορεί να διευκολυνθεί η κατανόηση του περιεχομένου εννοιών και φαινομένων της Φυσικής από τους μαθητές, μέσα από την αποτελεσματική αξιοποίηση και χρήση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Ένας επιπλέον λόγος που καθιστά την παρούσα μελέτη πρωτότυπη και σημαντική είναι ο ερευνητικός πληθυσμός που επιλέχθηκε και σχετίζεται με τους μαθητές δημοτικού σχολείου. Η έρευνα για το συγκεκριμένο θέμα σε πληθυσμούς μαθητών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι σχετικά περιορισμένη (Triona & Klahr, 2003; Jaakkola & Nurmi, 2004; Jaakkola & Nurmi, 2008) και μάλιστα μόνο στην έρευνα των Triona και Klahr (2003) μελετάται αποκλειστικά⁶⁷ η σύγκριση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Παράλληλα, οι έννοιες και τα φαινόμενα που διερευνά η παρούσα έρευνα δεν έχουν εντοπιστεί, μέχρι το τέλος της συγγραφής της, να διερευνώνται σε καμία μελέτη που μελετά αποκλειστικά τη σύγκριση των δυο ειδών πειραματισμού σε μαθητές δημοτικών σχολείων. Μόνο η έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος έχει μελετηθεί σε μαθητές δημοτικών σχολείων, αλλά και σε αυτή την περίπτωση η σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων δεν μελετάται αποκλειστικά, αλλά αποτελεί ένα μέρος της έρευνας στην οποία μελετάται κατά κύριο λόγο ο συνδυασμός των δυο ειδών πειράματος (Jaakkola & Nurmi, 2004; Jaakkola & Nurmi, 2008).

⁶⁷ Στις έρευνες των Jaakkola & Nurmi (2004; 2008) πρέπει να σημειωθεί ότι η σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα εικονικά στη μάθηση, αποτελεί ένα μέρος της έρευνας. Σε αυτές τις έρευνες μελετώνται, κατά κύριο λόγο, η σύγκριση του συνδυασμού των δυο ειδών πειράματος σε σχέση με κάθε είδος πειράματος ξεχωριστά.

Επιπρόσθετα, η πρωτοτυπία της έρευνας έγκειται και στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται σε μαθητές δημοτικού σχολείου η ταξινομία SOLO ως εργαλείο αξιολόγησης – ανάλυσης των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Και αυτό διότι δεν έχει εντοπισθεί ανάλογη έρευνα της Διδακτικής Φυσικής που να αξιοποιεί την ταξινομία SOLO ως εργαλείο αξιολόγησης για την ανάλυση των απαντήσεων μαθητών δημοτικού σχολείου.

Τέλος, άλλο ένα στοιχείο καινοτομίας της έρευνας αποτελούν τόσο οι αυτοσχέδιες κατασκευές των συσκευών εκτίναξης αντικειμένων με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων (εικόνα 8.1) όσο και οι συσκευές εκτίναξης αντικειμένων με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics (εικόνα 8.6) για την εκτέλεση πειραμάτων που αφορούν την έννοια της δύναμης της τριβής. Επίσης, στοιχείο καινοτομίας αποτελεί και η αυτοσχέδια κατασκευή που περιέχει το γωνιομετρικό κύκλο και το μικρό καθρέπτη (κάτοπτρο) για την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός (εικόνα 11.1).

12.4 Οι περιορισμοί – τα όρια της έρευνας

Στην παρούσα έρευνα, εκτός από τις πιθανές ατέλειες που μπορεί να υπάρχουν κατά το σχεδιασμό και την υλοποίησή της έρευνας, είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι προέκυψαν και μερικοί περιορισμοί.

Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι στην έρευνα επιλέχθηκε το δείγμα να αποτελείται από μαθητές δημοτικών σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων και όχι από μαθητές που φοιτούν σε αγροτικές ή ημιαστικές περιοχές των Ιωαννίνων και γενικότερα της Ηπείρου διότι στα περισσότερα σχολεία του Νομού Ιωαννίνων (αλλά και των γειτονικών Νομών της Ηπείρου) υπήρχε έλλειψη εργαστηρίων ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα οποία απαιτούνταν για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων.

Παράλληλα, είναι αναγκαίο να επισημανθεί το γεγονός ότι τα σενάρια διδασκαλίας και οι πειραματικές δραστηριότητες για να έχουν πρακτική και «τεχνική» εφαρμογή στο ωρολόγιο πρόγραμμα της σχολικής πράξης σχεδιάστηκαν με το χρονικό περιορισμό των δύο διδακτικών ωρών. Βέβαια, πρέπει να τονιστεί ότι μέσα σε αυτό το διδακτικό δίωρο οι μαθητές υλοποίησαν όλες τις δραστηριότητες της πειραματικής έρευνας χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα. Ωστόσο, εάν υπήρχε η δυνατότητα αύξησης του απαιτούμενου χρόνου, με το μειονέκτημα ότι ο

εκπαιδευτικός δεν θα μπορεί να εφαρμόζει καθημερινά τις δραστηριότητες στην εκπαιδευτική πράξη αλλά αυτές θα μετατρέπονταν σε σχέδιο εργασίας – project, θα υπήρχε μεγαλύτερη άνεση χρόνου για περισσότερη εμβάθυνση από πλευράς των μαθητών στην εκτέλεση των πειραμάτων, στη συζήτηση μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων, καθώς επίσης θα υπήρχε περισσότερος χρόνος και στη φάση της ανασκόπησης (μεταγνωστικές διαδικασίες) μετά από τη συμπλήρωση του μετατεστ (Φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές).

Τέλος, στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκαν τέσσερις συγκεκριμένες έννοιες της Φυσικής που είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών και όχι το σύνολο των εννοιών, αφού δεν ήταν εφικτή η διερεύνηση όλων των εννοιών που διδάσκονται στην Πέμπτη και Έκτη τάξη δημοτικού σχολείου.

12.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα – Ανοιχτά ερευνητικά ζητήματα

Μολονότι μέσα από την παρούσα έρευνα έχει μελετηθεί αρκετά διεξοδικά το ζήτημα της συγκριτικής μελέτης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων, δεν μπορεί να ισχυρισθεί κανείς ότι έχει εξαντληθεί πλήρως η διερεύνηση αυτού του επίκαιρου και ενδιαφέροντος ζητήματος.

Στο πλαίσιο, λοιπόν, αυτής της διαπίστωσης είναι αναγκαία η περαιτέρω μελέτη του συγκεκριμένου ζητήματος και σε άλλες έννοιες που, με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα, διδάσκονται στους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης δημοτικού σχολείου.

Παράλληλα, ενδιαφέρον θα είχε η διεξαγωγή παρόμοιας μελέτης στην οποία θα χρησιμοποιούνταν διαφορετικά λογισμικά προσομοίωσης για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων. Για παράδειγμα, για την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια του ηλεκτρικού κυκλώματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό προσομοίωσης Edison 4 (Τσιχουρίδης & Βαβουγιός, 2007).

Επιπρόσθετα, σημαντική θα ήταν και η περαιτέρω μελέτη της έρευνας σχετικά με την επίδραση που θα είχαν τα εικονικά και πραγματικά πειράματα στον συναισθηματικό τομέα των μαθητών. Με άλλα λόγια, να διερευνηθούν οι στάσεις και οι πεποιθήσεις των μαθητών για αυτά τα δυο είδη πειράματος.

Ταυτόχρονα, μια άλλη πρόταση για μελλοντική έρευνα αποτελεί και η συμπλήρωση των μετατεστ από τους μαθητές να πραγματοποιηθεί όχι απευθείας μετά

από την εκτέλεση των πειραμάτων, αλλά μετά από τη μεσολάβηση μεγάλου χρονικού διαστήματος.

Τέλος, ενδιαφέρον θα είχε και η επέκταση αυτής της έρευνας σχετικά με τη σύγκριση του συνδυασμού αυτών των δυο ειδών πειράματος σε σχέση με το κάθε ένα ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα, να μελετηθεί η σύγκριση του συνδυασμού των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σε σχέση είτε μόνο με τα εικονικά είτε μόνο με τα πραγματικά πειράματα.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Alliance for Childhood (2000). *Fool's Gold: A critical look at computers in childhood* [Online], Ανακτήθηκε στις 16/10/06, από http://www.allianceforchildhood.net/projects/computers/computers_reports.htm.
- Ames, G. J., & Murray, F. B. (1982). When two wrongs make a right: Promoting cognitive change by social conflict. *Developmental Psychology*, 18(6), 894-897.
- Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 3 – 30). Lawrence Erlbaum Ass., Inc.
- Arons, A. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής* (Α.Βαλαδάκης, Μτφ.). Εκδόσεις: Τροχαλία, Αθήνα.
- Arshadi, N. M. (1992). A Comparison and Evaluation of the Effectiveness of Computer Simulated Laboratory Instruction Versus Traditional Laboratory Instruction in Solid State Electronics Circuitry. *Thesis (PH.D.)*, IOWA STATE UNIVERSITY.
- Başer, M., & Durmuş, S (2010). The Effectiveness of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments on the Understanding of Direct Current Electricity among Pre-Service Elementary School Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 47-61.
- Baxter, G. P. (1995). Using computer simulations to assess hands-on science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 4 , 21-27.
- Bell, L. R., & Trundle, C. K. (2008). The Use of a Computer Simulation to Promote Scientific Conceptions of Moon Phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (3), 346-372.
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*, NY:Academic Press.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347 – 364.
- Boo, K. H. (2006). Misconceptions concerning the state changes of water. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), Article 6, Ανακτήθηκε στις 4/06/2009, από http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/boohk/index.htm#contents

Βιβλιογραφία

- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N.L. Gage (Eds.), *Handbook of research on teaching* (pp. 171 – 246). Chicago, IL: Rand McNally.
- Cepni, S., Tas, E., & Kose, S. (2006). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computer and Education*, 46, 192-205.
- Chini, J.J., Carmichael, A., Rebello, N.S., & Gire, E. (2010). Comparing Students' Performance with Physical and Virtual Manipulatives in a Simple Machines Curriculum. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Denver.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). Theories of knowledge acquisition. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 1, pp. 97-113). Dordrecht: Kluwer.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Choi, B., & Gennaro, E. (1987). The effectiveness of using computer simulated experiments on junior high students' understanding of the volume displacement concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 539-552.
- Clark, R.E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42, 21–29.
- Clements, D. H. (1999). The future of educational computing research: The case of computer programming. *Information Technology in Childhood Education Annual. Norfolk* (pp. 147 – 179), VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Clements, D.H., & Sarama, J. (2003). Strip mining for gold: Research and policy in educational technology - A response to “Fool’s Gold.”. *Educational Technology Review*, 11. Ανακτήθηκε στις 16/10/06, από <http://www.aace.org/pubs/etr/issue4/clements.cfm>.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for Productive small Groups. *Review of Educational Research*, 64 (1), 1-35.
- Cohen, L., & Manion, L. (2000). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας* (4^η έκδ.). Εκδόσεις: Μεταίχμιο, Αθήνα.

Βιβλιογραφία

- Collis, K. F., & Romberg, T. A. (1991). Assessment of mathematical performance: an analysis of open-ended test items. In M. C. Wittrock, & E.L. Baker (Eds.), *Testing and Cognition* (pp. 92-130). Englewood cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Corter, J.E., Nickerson, J.V., Esche, S.K., & Chassapis C.(2004). Remote versus hands-on labs: A comparative study. *34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Savannah.
- Costu, B., Ayas, A., Niaz, M., Unal, S., & Calik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524-536.
- Couture, M. (2004). Realism in the design process and credibility of a simulation-based virtual laboratory. *Journal of Computer Assisted Learning* ,20, 40–49.
- Davis, J. (2001). Conceptual change. In M. Orey (Eds.), *Emerging perspectives on learning, teaching and technology*. Retrieved 06/07/2010, from <http://www.coe.uga.edu/epltt/conceptualchange.htm>
- de Jong, T. (2006). Computer simulations: technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.
- Doise, W., & Mugny, G. (1984). *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon Press.
- Doise, W., Mugny, G., & Perez, J. A. (1998). The social construction of knowledge: Social marking and socio-cognitive conflict. In U. Flick (Eds.), *The psychology of the social* (pp. 77-90). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- 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., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R., & Bell, B.(1986). Student's thinking and the learning of Science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443 – 456.
- Driver, R. (1989). The Construction of scientific knowledge in school classrooms. In R. Millar (Eds.), *Doing sciences: Images of science in science Education* (pp 83-106). London: Falmer Press.

Βιβλιογραφία

- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). *Οι αντιλήψεις των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (Θ. Κρητικός, Β. Σπηλιωτοπούλου - Παπαντωνίου, & Α. Σταυρόπουλος, Μτφ). Ένωση Ελλήνων Φυσικών: Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.
- 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., & Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών* (Επ. Π. Κόκκοτας, Μτφ. Μ. Χατζή). Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός
- Druyan, S. (1997). Effect of the Kinesthetic Conflict on Promoting Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1083-1099.
- Duit, R. (1991). Student' conceptual frameworks: consequences for learning science, In S.M. Glynn, R.H. Yeany, & B.K. Britton, B.K. (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 65-85). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in sciences education. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263 – 282). Amsterdam: Pergamon Press.
- Finkelstein, N.D., Perkins, K. K., Adams, W., Kohl, P., & Podolefsky, N. (2004). Can Computer Simulations Replace Real Equipment in Undergraduate Laboratories?. *Physics Education Research Conference. Sacramento CA*.
- Finkelstein, N.D., Perkins, K., Adams, W., Keller, K., Kohl, P., Podolefsky, N., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review, Special Topics: Physics Education Research*, 1, 1-8.
- Goldberg, F., & Otero, V. (2001). The Roles of Laboratory and Computer Simulator Experiments in Helping Students Develop a Conceptual Model of Static Electricity. *Synopsis of paper presented at 2001 meeting of the European Science Education Research Association*, Thessaloniki, Greece.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Thiberghien (Eds.), *Children's ideas in Science*, Open University Press, Philadelphia.
- Gunstone, R., Slattery, M., Baird, J., & Northfield, J. (1993). A Case Study of Development in Preservice Science Teachers. *Science Education*, 77(1), 47-73.
- Halford, G. S. (1993). *Children vs understanding. The development of mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Βιβλιογραφία

- Hanafit, A., Fauziah, S., & Rozhan, M. I. (2005). The effectiveness of problem-based learning in the web-based environment for the delivery of an undergraduate physics course. *International Educational Journal*, 6 (4), 430-437.
- Hapkiewicz, A. (1992). Finding a List of Science Misconceptions. *MSTA Newsletter*, 38, 11-14. Ανακτήθηκε στις 5/6/2009, από <http://homepage.mac.com/vtalsma/syllabi/2943/handouts/misconcept.html#heat>.
- Harlen, W. (1992). *The teaching of Science*. David Fulton Publishers Ltd.
- Harlen, W., & Elstgeest, J. (2005). *Unesco: Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Μια συνεργατική – βιωματική προσέγγιση στην εκπαίδευση των δασκάλων* (Επ. Π. Κόκκοτας, Μτφ Ι. Φεργαδιώτου). Εκδόσεις: Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδανός.
- Harrison, G. A., Grayson, J. D., & Treagust, F. D. (1999). Investigating a grade 11 students' evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87.
- Hass, M. A. (2000). Student – Directed Learning in the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 77, 1035 – 1038.
- Hessami, M., & Sillitoe, J. (1992) The role of laboratory experiments and the impact of high-tech equipment on engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, 3, 119-126.
- 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.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40.
- Hodson, D. (1993). Re – thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Education*, 22, 85 – 142.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.

Βιβλιογραφία

- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2004). Academic impact of learning objects: The case of electric circuits. *Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference (BERA)*, University of Manchester.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24 (1), 271 – 283.
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A., & Ravanis, K. (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.
- Jonassen, D.H. (2000). *Computers as mind tools for schools: engaging critical thinking*. NJ: Prentice – Hall.
- Keller, C. (2004). Substituting Traditional Hands-On Laboratories with Computer Simulations: What's gained and what's lost?. *Department of Physics, University of Colorado at Boulder*.
- Keller, C., Finkelstein, N. D., Perkins, K.K., & Pollock, S.J. (2005). Assessing The Effectiveness Of A Computer Simulation In Conjunction with Tutorials In Introductory Physics In Undergraduate Physics Recitations. *Proceedings of the 2005 Physics Education Research Conference*, AIP Press. Melville NY.
- Kelly, G. (1995). *The Psychology of personal constructs 1 and 2*. New York, Norton.
- Kirschner, P., & Huisman, W. (1998). 'Dry laboratories' in science education; computer-based practical work. *International Journal of Science Education*, 20(6), 665-682.
- Klahr, D., Triona, L., & Williams, C. (2007). Hands On What? The Relative Effectiveness of Physical vs. Virtual Materials in an Engineering Design Project by Middle School Children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (1), 183-203.
- Kocijancic, S. (2002). Online Experiments in Physics and Technology Teaching. *IEEE transactions on education*, 45(1), 26-32.
- Kocijancic, S., & O'Sullivan, C. (2004). Real or Virtual Laboratories in Science Teaching – is this Actually a Dilemma?. *Informatics in Education*, 3 (2), 239-249.

Βιβλιογραφία

- Kruger, C., Palacio, D., & Summers, M. (1991). *Understanding energy. Primary School Teachers and Science (PSTS) Project*. Published by Oxford University Department of Educational Studies and Westminster College, Oxford.
- Kwon, J. (1997). The necessity of cognitive conflict strategy in science teaching. *A paper presented at the International Conference on Science Education: Globalization of Science Education*, Seoul, Korea.
- Lee, G., & Kwon, J. (2001). What do we know about students' cognitive conflict in science classroom: A theoretical model of cognitive process model. *Proceedings of the 2001 AETS Annual meeting* (pp. 309 – 325), Costa Mesa, CA (ERIC Document Reproduction Service No. ED453083).
- Lee, Y. J. (1998). The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in Physics. *Doctoral dissertation*, National University of Education, Korea.
- Lemeignan, G., & Weil – Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική* (Ν. Δαπόντες, & Α. Δημητρακοπούλου, Μτφ.). Εκδόσεις Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, Simulated and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, 38(3).
- Marshall, P. (2005). Tangibles in the balance: a comparison of physical and screen versions of the balance beam task. *Proceedings of 8th Human-Centred Technology Postgraduate Workshop*, Cognitive Science Research Paper 576, University of Sussex.
- Marshall, J. A., & Young, E.S. (2006). Pre-service teacher's theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 907-937.
- Matthews, M. (2007). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών* (Επ. Φ. Σέρογλου, Μτφ. Α. Μουμτζή). Εκδόσεις: Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Marshal, J.F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Millar, R., (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *Paper prepared for the meeting: High School Science Laboratories: Role and vision* (pp. 1 – 22), National Academy of Science, Washington, DC.

Βιβλιογραφία

- Niaz, M. (1995). Cognitive Conflict as a Teaching Strategy in Solving Chemistry Problems: A Dialectic-Constructivist Perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 959-970.
- Niedderer, H., Sander, F., Goldberg, F., Otero, V., Jorde, D., Slotta, J., Stroemme, A., Fisher, H.E., Hucke, L., Tiberghien, A., & Vince, J. (2003). Research about the use of information technology in Science Education. *Science Education Research in the Knowledge Based Society* (pp. 300-312), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Towards a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183 – 200.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (Eds.) (1985). *Learning in Science: The Implications for Children's Science*. Heinemann. Auckland, New Zealand.
- Padiotis, I., & Mikropoulos, T. A. (2010). Using SOLO to Evaluate an Educational Virtual Environment in a Technology Education Setting. *Educational Technology & Society*, 13 (3), 233–245.
- Paik, H. S., Cho, K. B., & Bo, M. Y. (2007). Korean 4- to 11- Year- Old Student Conceptions of Heat and Temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 284-302.
- Pfundt, H., & Duit, R. (2004). *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel: IPN.
- Posner, G. J., Strike, K. A. Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Powell, J. V., Aeby, V. G., Jr., & Carpenter - Aeby, T. (2003). A comparison of student outcomes with and without teacher facilitated computer-based instruction. *Computers and Education*, 40, 183–191.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Hadzigergiou, Y. (2004). What factors does friction depend on? A sociocognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education*, 26(8), 997-1007.
- Redish, E. (1993a). Is the Computer Appropriate for Teaching Physics? *Computers in Physics*, 7(6), 613.
- Redish, E. (1993b), What can a physics teacher do with a computer? *Invited talk presented at Robert Resnick Symposium RPI*, Troy NY.

Βιβλιογραφία

- Reiner, M., & Gilbert, J. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education*, 26, 1819-1834.
- Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου* (B. Νταλάκου, & K. Βασιλικού, Μτφ). Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Ronen, M., & Eliahu, M.(1999). Simulation as a home learning environment - students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15 , 258-268.
- Ronen, M., & Eliahu, M. (2000). Simulation – A bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16,14–26.
- Rosenquist, A., Shavelson,R.J., & Ruiz-Primo,M.A. (2000). On The “Exchangeability” of hands-on and computer simulated science performance assessments (CSE Tech. Rep. No 531). *Los Angeles:University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing*.
- Rumelhart, D.E., & Norman D.A. (1978). Accretion, Tuning and Restructuring: The three modes of Learning. In A. J. Cotton, & R. Klatzky (Eds.), *Semantics sactors is cognition*. Hilldale N.J.
- Sassi, E (2001). Computer supported lab-work in physics education: advantages and problems.In R. Pinto, & S. Surinach (Eds.), *Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000*. CD Production Calidos, Barcelona.
- Schee van der, J. Dijk van, H., & Westrhenen van, H. (1992). Geographical procedural knowledge and map skills. In H. Schrettenbrunner, & J. van Westrhenen (Eds.), *Empirica research and geography teaching*, 91-113, NGS, Amsterdam.
- Scott, P. (1987). *A constructivist view of learning and teaching in science*. Leeds, England: University of Leeds (Children’s learning in science project).
- Scott, P., Asoko, H., & Driver, R. (1991). 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*. University of Kiel, Germany.
- Scott, P.H., Leach, J.T., & Asoko, H. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 31 – 56). Lawrence Erlbaum Ass., Inc.

Βιβλιογραφία

- Shipstone, D.M. (1985). Electricity in simple circuits. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 34-51). Milton Keynes: Open University Press.
- Shipstone, D.M. (1988). Students' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*, 23 (2), 92-96.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning. *International Journal of Learning*, 12 (7), 185-194.
- Snir, J., Smith, C., & Grosslight, L. (1993). Conceptually enhanced simulations: A computer tool for science teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 2(2), 373-388.
- Srinivasan, S., Perez, L.C., Palmer, R.D., Brooks, D.W., Wilson, K., & Fowler, D. (2006). Reality versus simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (2), 137-141.
- Stead, K., & Osborne, R. (1981). What is friction? Some children's ideas. *The Australian Science Teachers Journal*, 27(3), 310-329.
- Steinberg, R. N.(2000). Computers in teaching science: to simulate or not to simulate?. *American Journal of Physics*, 68 (7), 37-41.
- Steinberg, R.N.(2003), Effects of Computer-based Laboratory Instruction on Future Teachers' Understanding of the Nature of Science, *International of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 22(3), 185-205.
- Tao, P., & Gunstone, R.(1999). The process of conceptual change in force and motion during computer- supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859- 882.
- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R., & Bowen, C.W. (2007). Effects of Active – Learning Experiences on Achievement, Attitudes, and Behaviors in High School Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (7), 960 – 979.
- Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus? *Latin American Journal of Physics Education*, 3(3), 506 – 517.
- Thorley, N. R., & Treagust, D. F. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in Physics. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 203-216.
- Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21 (2), 149-173.

Βιβλιογραφία

- Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12, 645-670.
- Tsagliotis, N. (1997). Aspects of conceptual change of 10-11 year-old children in England and in Greece: the concept of frictional force. *Unpublished MPhil thesis*, Nottingham: Nottingham Trent University.
- Van Joolingen, W.R., de Jong, T., & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2), 111– 119.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51–67.
- Vosniadou, S. (1994a). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. In A. Hirschfeld, & S. Gelman (Eds.), *Mapping the Mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 4112-430). Cambridge University Press.
- Vosniadou, S. (1994b). From cognitive theory to educational technology. In S. Vosniadou, E. De Corte, & H. Mandl (Eds.) *Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations. NATO ASI Series F*, 137, 11-17. Berlin: Springer-Verlag.
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(1), 1213-1230.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environment to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Vreman-de Olde, C., & de Jong, T. (2004). Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 26, 859-873.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge Mass: Harvard University Press.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Chapter 3. Prediction – Observation – Explanation (pp. 44-63). London: Falmer.
- Widolo, A., Duit, R., & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behaviour. *Paper presented at*

- the Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching*, New Orleans.
- Wieman, C.E., & Perkins, K.K.(2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*, 58 (11),1- 36.
- Wilson,S.B.(2001). Computer assisted fluid power instruction: a comparison of hands-on and computer-simulated laboratory experiences for post-secondary students. *Thesis*,University of Missouri, Columbia.
- Windschitl, M. (2001). Using Simulations in the Middle School: Does Assertiveness of Dyad Partners Influence Conceptual Change? *International Journal of Science Education*, 23 (1), 17-32.
- Zacharia, Z. (2003). Using Interactive Simulations To Enhance Students' Explanations Regarding Physical Phenomena. *Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science* (pp. 471-476), University of Cyprus.
- Zacharia, Z., & Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics* ,71(6), 618–629.
- Zacharia, Z.C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2), 120 – 132.
- Zacharia, C. Z., & Constantinou, P. C. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76(4), 425 – 430.
- Zacharia, C. Z., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Effects of Experimenting with Physical and Virtual Manipulatives on Students Conceptual Understanding in Heat and Temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (9), 1021–1035.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21 (3), 317 – 331.

Ελληνόγλωσση

- Αγγέλης, Δ. Δ., & Μικρόπουλος, Α. Α. (2007). Διδακτική προσέγγιση με τις προσομοιώσεις – Μια μελέτη περίπτωσης. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σελ. 1094 – 1102). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Αποστολάκης,Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας,Σ., Τσαγλιώτης,Ν., Μακρή,Β., Πανταζής,Γ., Πετρέα,Κ., Σωτηρίου,Σ., Τόλιας,Β., Τσαγκογέωργα,Α. & Καλκάνης,Γ. (2006α). *Ερευνώ και ανακαλύπτω: Βιβλίο Δασκάλου Ε' Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης,Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας,Σ., Τσαγλιώτης,Ν., Μακρή,Β., Πανταζής,Γ., Πετρέα,Κ., Σωτηρίου,Σ., Τόλιας,Β., Τσαγκογέωργα,Α. & Καλκάνης,Γ. (2006β). *Ερευνώ και ανακαλύπτω: Τετράδιο Εργασιών Ε' Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης,Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας,Σ., Τσαγλιώτης,Ν., Μακρή,Β., Πανταζής,Γ., Πετρέα,Κ., Σωτηρίου,Σ., Τόλιας,Β., Τσαγκογέωργα,Α. & Καλκάνης,Γ. (2006γ). *Ερευνώ και ανακαλύπτω: Τετράδιο Εργασιών ΣΤ' Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολίδου, Μ., Ασβεστά, Ε., & Ραβάνης, Κ. (1998). Βιωματικές νοητικές παραστάσεις για την έννοια της τριβής: μια εμπειρική έρευνα με μαθητές/τριες Νηπιαγωγείου. *Νέα Παιδεία*, 88, 152-163.
- Αρβανιτάκης Κ., Καριώτογλου Π., & Λεμονίδης Χ. (2009). Τα Νοητικά Μοντέλα Μαθητών και Εκπαιδευτικών για τη Διάδοση του Ήχου. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 207 – 215). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Βάμβουκας, Μ.(1988). *Εισαγωγή στην ψυχολογική έρευνα και μεθοδολογία* (5^η έκδ.). Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Βιτούλης, Μ. (2005). Δημιουργική σκέψη και χρήση Η/Υ. Διερεύνηση της επίδρασης που έχει η χρήση των Η/Υ στην ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης των μαθητών Δ', Ε', Στ' Δημοτικού & Α' Γυμνασίου. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

Βιβλιογραφία

- Βλάχος, Α. Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Η πρόταση της εποικοδόμησης*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Βοσνιάδου, Σ. (1989). Τι πιστεύουν τα παιδιά για τη γη, τον ήλιο και το φαινόμενο της μέρας / νύκτας. *Σύγχρονη εκπαίδευση*, 46, 41 – 50.
- Βοσνιάδου, Σ. (2002). Η Εννοιολογική Αλλαγή στην Παιδική Ηλικία. Παραδείγματα από το χώρο της Αστρονομίας. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου: Γνωστική, Επιστημολογική και Διδακτική Προσέγγιση* (σελ.233 – 261) (3^η έκδ.). Εκδόσεις:Gutenberg, Αθήνα.
- Βοσνιάδου, Σ., Βαμβακούση, Ξ., & Σκοπελίτη, Ε. (2008). Το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής στην ψυχολογία. *Νόησις*, 3, 137-180.
- Βουτσινά, Χ., & Ραβάνης, Κ. (1998). Το φως ως φυσική οντότητα στη σκέψη των παιδιών της προσχολικής ηλικίας. Διδακτική προσέγγιση. *Ερευνώντας τον κόσμο του παιδιού*, 3, 84-98.
- Βρατσάλης, Κ. (2002). Η Προσομοίωση και η Διαδικασία της Μάθησης: Μερικά Ζητήματα που Αφορούν στη Σχέση Υποκειμένου και Πραγματικότητας. Στο Α. Δημητρακοπούλου (Επ.), *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ «Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαίδευση»* (τ. Β', σελ. 207 – 212). Εκδόσεις Καστανιώτη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.
- Βρυώνη - Καλλίδη, Α., & Βαλανίδης, Ν. (2002). Επιστημονικές δεξιότητες από μαθητές δημοτικού. *Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών* (σελ.99-110), Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Λευκωσία.
- Γεωργόπουλος, Κ., Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 267 – 275). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Γεωργόπουλος, Χρ. Κ. (2010). Ο ρόλος των αναπαραστάσεων στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών που εμφανίζονται σε φαινόμενα του φυσικού κόσμου μέσα από περιβάλλοντα ΤΠΕ. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Γιαννακάκης, Ν.(2002). Το φως και η διάδοσή του. Μια πολύπλευρη μελέτη και μια ερευνητική προσπάθεια που σχετίζεται με τη διδακτική προσέγγιση του φωτός σε

Βιβλιογραφία

- μαθητές ΣΤ΄ Δημοτικού. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Ρεθύμνου, Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Γκικοπούλου, Ουρ., & Καλκάνης, Θ. Γ. (2007). "Ερευνώ και Ανακαλύπτω" το Φως και τα Χρώματα στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Α., σελ. 295 – 303). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Γρηγοριάδου, Μ. (2002). Σχεδίαση και χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού στη φυσική. Στο Χ. Κυνηγός, & Ε. Δημαράκη Ε. (Επ.), *Νοητικά εργαλεία και πληροφοριακά μέσα* (σελ. 284-308). Εκδόσεις Καστανιώτη, Αθήνα.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ., & Α.Π.Σ. (2003). *Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο»*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΥΠΕΠΘ, Αθήνα, Ανακτήθηκε στις 3/9/2007, από: http://www.pischools.gr/download/programs/depps/24aps_erebno_to_fisiko_kosmo.pdf.
- Δαγδιλέλης, Β., Ζαγουράς, Χ., Κόμης, Β., Κουτσογιάννης, Δ., Κυνηγός, Χ., & Ψύλλος, Δ. (2011). *Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης* (τ.1, Γενικό Μέρος, Β΄ έκδ.), ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ, Πάτρα.
- Δαπόντες, Ν. (2005). *Δραστηριότητες με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Τι θα συμβεί αν....*, Ανακτήθηκε στις 4/9/2010, από http://www.dapontes.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=95&Itemid=46.
- Δέδες, Χρ. (2005). Η χρήση μοντέλων από την Ιστορία της Επιστήμης για την αντίληψη και το μετασχηματισμό βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών στο πεδίο της Οπτικής: Διδακτική προσέγγιση. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Τμήμα επιστημών της εκπαίδευσης και της αγωγής στην Προσχολική Αγωγή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Δενδρινός, Κ., & Πατρινόπουλος, Μ. (2009). Η ένταξη του Αποδεικτικού Πειραματισμού στην ανακαλυπτική Επιστημονική / Εκπαιδευτική Μεθοδολογία στο μάθημα των Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (και) σε σύγκριση με τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της*

Βιβλιογραφία

- διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (σελ. 98 – 105). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Δημητρακοπούλου, Α. (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; *Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3η Περίοδος, Η'(30), 48-58.
- Δημητρακοπούλου, Α. (2004). Τρέχουσες και νέες τάσεις στις εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο Ι. Κεκές (Επ.), *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών, Φιλοσοφικές-Κοινωνικές Προεκτάσεις* (σελ.201 – 248). Ειδική Έκδοση Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Εκδόσεις: Ατραπός.
- Δημόπουλος, Κ. (2007). Τεχνικές για την προώθηση της κριτικής σκέψης. Στο Β. Κουλαΐδης (Επ.), *Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Κριτικής – Δημιουργικής Σκέψης για τη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* (σελ. 143 - 162). Αθήνα: Ο.ΕΠ.ΕΚ.
- Εμβαλωτής, Α., Κατσή, Α., & Σιδερίδης, Γ. (2006). *Στατιστική μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας* (1^η έκδ.). Εκδόσεις: Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο Ιωαννίνων.
- Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 335 – 342). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Ευαγόρου, Μ. (2004). Σχολιασμός της Συνεδρίας με τίτλο: Πεποιθήσεις εκπαιδευομένων και εκπαιδευτικών για διακριτές διδακτικές προσεγγίσεις. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση- Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση* (τ.Β, σελ. 155 - 157). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.

Βιβλιογραφία

- Ζαχαρία, Ζ., & Ευαγόρου, Μ. (2004). Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση - Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση* (τ.Α, σελ. 343-349). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Αθήνα.
- Ζουπιδής, Α., Αρβανιτάκης, Ι., Μπλούχου, Σ., & Τριανταφυλλίδου, Ρ. (2009). “Ας ανελκύσουμε το Sea Diamond”: ένα λογισμικό για τη μελέτη της πλεύσης / βύθισης. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής, (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 966–969). Ανακτήθηκε στις 12/9/2010, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Ιωάννου, Στ. (2007). Αξιοποίηση του υπολογιστή στη διδασκαλία και τη μάθηση των θετικών επιστημών. Στο Ε. Μακρή – Μπότσαρη (Επ.), *Θέματα Εισαγωγικής Επιμόρφωσης για νεοδιόριστους εκπαιδευτικούς*. ΥΠΕΠΘ – Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Καλαμπούκας, Ηλ., Τσέτσιλας, Ι., & Μουχταρίδης, Α. (2008α). Το νερό βράζει στους 100 °C. Η ορθή γωνία βράζει στους 90 °C. “Το εκπαιδευτικό λογισμικό στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Η περίπτωση του βρασμού”. *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας με θέμα: «Ψηφιακό υλικό για την υποστήριξη του παιδαγωγικού έργου των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης»*, Νάουσα, Ανακτήθηκε στις 23/02/2009, από http://ekped.gr/praktika/das/07_21k.swf.
- Καλαμπούκας, Ηλ., Τσέτσιλας, Γ., & Τσουμέτης, Α. (2008β). Το εκπαιδευτικό λογισμικό στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών: Η περίπτωση της ενότητας “Θερμότητα - Θερμοκρασία”. Στο Π. Κουμαράς, & Φ. Σέρογλου (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών»* (σελ. 591 – 599). Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Καλκάνης, Γ. (2000). Οι Τεχνολογίες της Πληροφόρησης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία (και των Φυσικών Επιστημών). Στο Π. Κόκκοτα (έκδ.), *Διδακτικές*

Βιβλιογραφία

- Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονοι προβληματισμοί* (κεφ.7, σελ. 237 – 278). Εκδόσεις: Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Καλκάνης, Θ. Γ. (2002). ΕκΠαιδευτική ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: ΕκΠαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και) στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλκάνης, Θ.Γ. (2003). Το ιστορικό (;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ. Σκορδούλης, & Λ. Χαλκία (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (σελ. 99 – 108). Αθήνα.
- Καλκάνης, Γ., Μακρή – Μπότσαρη, Ε., Ψυχάρης, Σ., Περάκη, Β., Κυρκίνη, Α., Κασιμάτη, Α., & Ιωάννου, Σ. (2006). Χρήση Εκπαιδευτικού λογισμικού (Ενότητα 4). Στο Ε. Μακρή – Μπότσαρη (Επ.), *Επιμορφωτικό Υλικό Γενικού Μέρους του Προγράμματος Σπουδών για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών* (σελ. 149 – 179). Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Καλκάνης,Θ. Γ.(2007α). *Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ Ι. οι Θεωρίες*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλκάνης,Θ. Γ.(2007β). *Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΙΙ. τα φαινόμενα*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλκάνης, Γ.Θ. (2007γ). "Ερευνώ και Ανακαλύπτω" τα "Φυσικά" στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση – Προτάσεις για τη βέλτιστη Εφαρμογή των νέων Βιβλίων. Συμπόσιο /Εργαστήριο "Πρωτοβάθμια Εκ-Παίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες – Η Βέλτιστη Εφαρμογή των νέων Βιβλίων Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης". Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Α., σελ. 258 – 260). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Καλκάνης, Γ., Γρατσία,Ε., Δακτυλίδης, Σ., Ιμβριώτη, Δ., Καρασσαβίδης, Η., Παπαγιάννη, Κ., Παπασαλούρος, Α., Παρασκευά, Φ., Πολίτης, Π., Ρετάλης, Σ., & Στράγκα, Σ. (2008). *Επιμορφωτικό υλικό για το Ειδικό μέρος του Προγράμματος Σπουδών ΠΕ 60-70*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Καλκάνης, Θ. Γ. (2008α). *Επιστολή προς τους Εκπαιδευτικούς (και τους Γονείς) για τα νέα Βιβλία «Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄και Στ΄Τάξης του Δημοτικού Σχολείου*. Ανακτήθηκε στις 20/09/2009, από <http://micro-kosmos.uoa.gr> (=> τα ΦΥΣΙΚΑ Ε΄και Στ΄ Δημοτικού).

Βιβλιογραφία

- Καλκάνης, Γ.Θ. (2008β). Η Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη της Γνώσης – Διαπιστώσεις και Προτάσεις. *Προσκεκλημένη Ομιλία στο 1ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Φυσικών "Οι Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση του 21ου Αιώνα"*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Ερέτρια.
- Καλκάνης,Θ. Γ.(2009α). *ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ Ι. το Εργαστήριο*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλκάνης,Θ. Γ.(2009β). *ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΙΙ. οι Τεχνολογίες*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλκάνης, Θ. Γ.(2009γ). Σχολική Καινοτομία και Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά της συνάντησης: «Καινοτομία και ποιότητα στη σχολική εκπαίδευση* (σελ.24 – 32). Επιστημονική συνάντηση δικτύου Σχολικής Καινοτομίας, Εκπαιδευτικό Κέντρο Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδος, Γλυφάδα.
- Καλκάνης,Θ. Γ.(2010). *ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών. ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι εφαρμογές τους Ι. το Εργαστήριο*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Καλογιαννάκης, Μ., & Caillot, M. (2003). Εφαρμογές ΤΠΕ στην εκπαίδευση: μελέτη των κοινωνικών αναπαραστάσεων Γάλλων εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 1(4),47-68.
- Καλογιαννάκης, Μ. (2006). Η χρήση ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών Στην πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στο Ελ. Σταυρίδου (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των φυσικών επιστημών «Διδακτική των ΦΕ: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθηση»* (σελ. 533 – 540). Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών, Βόλος
- Καλπία, Β., & Μίχας, Π. (2009). Εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία της θέσης του φανταστικού ειδώλου σε μαθητές Ε΄ δημοτικού. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 351 – 359). Ανακτήθηκε στις 21/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Καμίδου,Κ., Σπύρτου, Α., & Καριώτογλου,Π. (2007). Μια εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Δημοτικό Σχολείο: πιλοτική εφαρμογή. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και*

Βιβλιογραφία

- Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Α., σελ. 166 – 174). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Καμπούρης, Κ., & Παπαμιχάλης, Κ. (1999). Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 5, 7 – 11.
- Κανάρη, Ζ., & Millar, R. (2000). Προσεγγίζοντας επιστημονικές διερευνήσεις στις ηλικίες 9-13 χρόνων: ο ρόλος της δομής του προβλήματος στη διαδικασία επίλυσης. Στο Ν. Βαλανίδης (Επ.), *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (τ.2, 203-211), Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία.
- Καρανίκας, Ι. (1996). Μελέτη των προβλημάτων της διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε.. *Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
- Καρανίκας, Ι. (1999). Το πείραμα σε εποικοδομητικού τύπου διδακτική προσέγγιση ως εργαλείο πρόκλησης εννοιολογικής αλλαγής. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 5, 34-47.
- Καρανίκας, Ι. (2001). Οι πειραματικές δραστηριότητες στο Ελληνικό Σχολείο: τοπίο στην ομίχλη. Στο Π. Κόκκοτας, & Ι. Βλάχος (Επ.), *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές* (σελ. 253 – 273). Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Καριώτογλου, Π. (1990). Προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης της μηχανικής των ρευστών στο Γυμνάσιο. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. Τμήμα Φυσικής, Α. Π.Θ..
- Καριώτογλου, Π., & Τσελφές, Β. (2000). Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών: Επιστημολογική, διδακτική και θεσμική προσέγγιση. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31 (τόμος Η'), 19 - 28, Εκδόσεις:Μεταίχμιο, Ένωση Ελλήνων Φυσικών.
- Καριώτογλου, Π. (2002). Από την Ιδανική Διδακτική Μέθοδο στην Γνώση Παιδαγωγικού Περιεχομένου. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 123, 81 – 90.
- Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Κατσανούλη, Ιφ. (1998). Ανάπτυξη ερωματολογίου των ιδεών των μαθητών/τριων Ε' και ΣΤ' Δημοτικού για έννοιες και φαινόμενα θερμότητας. Στο Π. Κουμαράς,

Βιβλιογραφία

- Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (Επιμ.). *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (σελ. 179 – 184). ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, Εκδόσεις: Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Κατσύλλης, Ι. (2006). *Επαγωγική στατιστική*. Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π., Βλάχος, Ι., & Καρανίκας, Ι. (1995). Διδακτικές Στρατηγικές για εννοιολογική αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Η. Ματσαγγούρας (Επ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής: Επιστημολογική θεώρηση* (σελ. 491 – 432). Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (1998α). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (1998β). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (1999). Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη και στη διδασκαλία - μάθηση, *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 5, 13 – 26.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (2000). Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη και τη διδασκαλία. Στο Π. Κόκκοτας (Επ.), *Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες – Σύγχρονοι Προβληματισμοί* (σελ. 211 – 236). Εκδόσεις: Τυπωθήτω Γ. Δαρδανός, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος Ι. (Επ.) (2001). *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*. Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2002). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης* (3^η έκδ.). Αυτοέκδοση, Αθήνα
- Κόκκοτας, Β. Π., Ριζάκη, Αν. Αικ., Χαβιάρης, Σ. Π., & Χατζή, Β. Μ. (2002α). *Φυσικές Επιστήμες Ε' τάξης: Βιβλίο για το δάσκαλο*. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Β. Π., Ριζάκη, Αν. Αικ., Χαβιάρης, Σ. Π., & Χατζή, Β. Μ. (2002β). *Φυσικές Επιστήμες ΣΤ' τάξης: Βιβλίο για το δάσκαλο*. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2004). Σύγχρονες απόψεις στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. *Εκπαίδευση και Επιστήμη*, 1, 23 – 34.

Βιβλιογραφία

- Κόκκοτας, Π., & Πλακίτση, Κ. (Επ.) (2005). *Μουσειοπαιδαγωγική και εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Θεωρία και πράξη*. Εκδόσεις: Πατάκη, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2006). Η ανάδυση των κοινωνικοπολιτισμικών προσεγγίσεων, οι βασικές παραδοχές τους και η σημασία τους για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Ελ. Σταυρίδου (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των φυσικών επιστημών «Διδακτική των ΦΕ: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης»* (σελ. 24 -29). Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών, Βόλος.
- Κολιάδης, Ε. (2005). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτική πράξη*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Απο την πρακτικό – βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: Η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α, σελ. 217 – 251). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Κολτσάκης, Ε., & Πιερράτος, Θ. (2006). Σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων με βάση τις αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα. *Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών με θέμα: «Οι νέοι ορίζοντες της Φυσικής Επιστήμης στον Αιώνα μας, στην Έρευνα, στην Τεχνολογία και στην Εκπαίδευση»*. Λάρισα.
- Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Κόμης, Β., Αργύρης, Μ., Γιαννούτσου, Ν., Γουμενάκης, Γ., Δαπόντες, Ν., Θεοδωρακάκου, Μ., Κυριακίδη, Ε. – Μ., Παπαδημητρίου, Ι., Τζαβάρα, Α., Τσίτσος, Β., Φραγκάκη, Μ., & Φράγκου, Σ. (2008). *Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης* (τ.2, Κλάδος ΠΕ60/70, Β' έκδ.). ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ, Πάτρα.
- Κόμης, Β., Αργύρης, Μ., Γιαννούτσου, Ν., Γουμενάκης, Γ., Δαπόντες, Ν., Θεοδωρακάκου, Μ., Κυριακίδη, Ε. – Μ., Μισιρλή, Ι., Παπαδημητρίου, Ι., Σκουντζής, Γ., Τζαβάρα, Α., Τσίτσος, Β., Φραγκάκη, Μ., & Φράγκου, Σ. (2010). *Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης* (τ.2α, Κλάδος ΠΕ70, Β' έκδ.). ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ, Πάτρα.
- Κουλαϊδής, Β., & Ogborn, J. (1994). Αρχές κατασκευής αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών: Μια πρόταση για «ολοκλήρωση». Στο

Βιβλιογραφία

- Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου: Γνωστική, Επιστημολογική και Διδακτική Προσέγγιση*. Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Κουλαϊδής, Β., & Ρογκάκος, Δ. (1999). Αρχές Ανάπτυξης Λογισμικού για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Α. Τζιμογιάννης (Επ.), *Πανελλήνιο Συνέδριο: Πληροφορική και Εκπαίδευση* (σελ.81 – 95). ΕΤΠΕ, Ιωάννινα.
- Κουλαϊδής, Β., & Χατζηνικήτα, Β. (2001). Στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α, σελ. 75 – 98). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Το πεδίο της πρακτικής: Πείραμα, Προσομοίωση, Μοντέλο, Κώδικας. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Β, σελ. 247 – 264). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Κουμαράς, Π. (1989). Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του Ηλεκτρισμού. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π., Ψύλλος, Δ., Βαλασιάδης, Ο., & Ευαγγελινός, Δ. (1990). Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 13, 125-154.
- Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π., Αντωνιάδου, Ν., & Ψύλλος, Δ. (1992). Η εποικοδομητική στρατηγική στην πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 12, 12-20.
- Κουμαράς, Π. (2000). Διδασκαλία της Φυσικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 3 – 11.
- Κουμαράς, Π. (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 480 - 485). Ρέθυμνο.
- Κουμαράς, Π. (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσίδης, Γ., Λοΐζου, Α., & Πολύκαρπος, Α. (2008). *Επιμορφωτικό Υποστηρικτικό Υλικό για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία: Διαδίκτυο*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Ομάδα Επιμόρφωσης ΤΠΕ.

Βιβλιογραφία

- Κυριάκη, Ε. (1997). Εκπαιδευτικό περιβάλλον προγραμματισμού και εκπαιδευτικό λογισμικό ανοικτό στις παρεμβάσεις εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων και προσανατολισμένο στην αναπαραγωγή και αναπαράσταση φυσικών φαινομένων του μικρόκοσμου με προσομοίωση MONTE CARLO. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών.*
- Κώτσης, Θ.Κ. (2001α). Η χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής στο Ελληνικό Δημοτικό Σχολείο. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, 14*, 219 – 231.
- Κώτσης, Θ.Κ. (2001β). Η ύπαρξη εργαστηριακής υποδομής στο Δημοτικό Σχολείο και η χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία της Φυσικής. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 14*, 233 – 242.
- Κώτσης, Θ. Κ. (2002α). Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα. *Θέματα στην Εκπαίδευση, 3:2-3*, 201.
- Κώτσης, Θ. Κ. (2002β). Οι ανθρωποκεντρικές αντιλήψεις φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για το βάρος, την τριβή, την άνωση των υγρών και την αντίσταση του αέρα. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 15*, 45.
- Κώτσης, Θ. Κ. (2002γ). Αντιλήψεις Φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τον λόγο ύπαρξης των δυνάμεων του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα. Στο Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας, & Α. Πλακίτση (Επ.), *Πρακτικά Ιου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών «Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας»* (σελ. 700 – 706). Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κώτσης, Θ. Κ., Βέμης, Κ., & Κολοβός Χ. (2002). Η εννοιολογική αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία τους στο Δημοτικό στην έννοια της τριβής. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 15*, 57-68.
- Κώτσης, Θ. Κ. (2003). Διαμόρφωση των αντιλήψεων φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. στην έννοια της τριβής, από την εικονογράφηση της σε Πανεπιστημιακά συγγράμματα Φυσικής. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 16*, 103-115.
- Κώτσης, Κ., Βέμης, Χ., & Κολοβός, Χ. (2004). Η επίδραση των νέων σχολικών εγχειριδίων του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών στην εννοιολογική αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών και στη διάρκεια γνώσης από τη διδασκαλία τους στο Δημοτικό Σχολείο, στην έννοια της τριβής. Στο Β. Τσελφές, Π.

Βιβλιογραφία

- Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση* (τ.Β, σελ. 123-129). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.
- Κώτσης, Θ.Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Κώτσης, Κ. (2006). Η διαχρονική αναγκαιότητα επιστημονικής έρευνας των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 19, 47 – 59.
- Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Φ.(2007). Εικονικό ή πραγματικό πείραμα στη διδασκαλία της Φυσικής για την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και φοιτητών: Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 20, 57 – 90.
- Κώτσης, Κ., & Μπασιάκος Γ.(2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 479 – 486). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Φ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ.228 - 237). Ανακτήθηκε στις 12/05/2011, από <http://www.7sefepet.gr>
- Λευκοπούλου, Σ. (2008). Εργαστηριακές ασκήσεις: κλειστές ή ανοιχτές δραστηριότητες. Στο Π. Κουμαράς, & Φ. Σέρογλου (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των φυσικών επιστημών «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών»* (σελ. 348 – 357). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βιβλιογραφία

- Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε., & Παπαδόπουλος, Α. (2005). Μια πρόταση για την εργαστηριακή υποστήριξη της διδασκαλίας της Θερμικής Ακτινοβολίας με συνδυασμένη χρήση εργαλείων ΤΠΕ. Στο Α. Γιαλαμά, Α. Ν. Τζιμόπουλος, & Α. Χλωρίδου (Επ.), *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (σελ.114-120), Σύρος.
- Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 495 – 503). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Λουκά, Α., Καραγεώργος, Δ., Πατάπης, Στ., & Κυνηγός, Χρ. (2002). Η αναδόμηση προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών/τριών της Γ' Γυμνασίου στο νόμο της αδράνειας με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων προσομοιώσεων. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 703 - 708). Ρέθυμνο.
- Μακαρατζής, Γ. (2000). Η χρήση προσομοίωσης στη διδασκαλία φυσικών φαινομένων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση του βρασμού του νερού. Στο Β. Κόμης (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι τεχνολογίες της Πληροφορικής και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*. ΕΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών - Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών.
- Μακαρατζής, Γ. (2009). Η χρήση του λογισμικού Σ.Ε.Π. για τη διδασκαλία φυσικών φαινομένων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση του βρασμού του νερού. *Π.Α.Κ.Ε. Θεσσαλονίκης*, Ανακτήθηκε στις 6/05/2009, από http://users.sch.gr/stefanski/syneducation/vrasmos_SEP.pdf.
- Μακρή – Μπότσαρη, Ε., Καλκάνης, Γ., Ψυχάρης, Σ., Παρασκευά, Φ., Ρετάλης, Σ., Κυρκίνη, Α., Περάκη, Β., & Κασιμάτη, Α.,(2006). Σύγχρονες αντιλήψεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία και η εφαρμογή τους με εργαλεία υπολογιστικής και δικτυακής Τεχνολογίας (Ενότητα 2). Στο Ε. Μακρή – Μπότσαρη (Επ.), *Επιμορφωτικό Υλικό Γενικού Μέρους του Προγράμματος Σπουδών για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών* (σελ. 31 – 103). Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

- Μαλαμίτσα, Αικ., Κόκκοτας, Π., Πλακίτση, Αικ., Σταμούλης, Ε., & Γρίλλιας, Α. (2002). Διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών στην Ε' τάξη του Δημοτικού Σχολείου σε Περιβάλλον Τ.Π.Ε. Μια εποικοδομητική προσέγγιση – Η περίπτωση της διδασκαλίας εννοιών του Ηλεκτρισμού. Στο Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας, & Α. Πλακίτση (Επ.), *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών «Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας»* (σελ. 317 – 324). Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (1999). *Στρατηγικές διδασκαλίας: Η κριτική σκέψη στη διδακτική πράξη* (4^η εκδ.), Τόμος Β', Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2000α). *Η ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Πράξη*. Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2000β). Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία: «Γιατί», «Πώς», «Πότε» και «για Ποιους». *Προσκεκλημένη εισήγηση στο Διήμερο Συμπόσιο για την «Εφαρμογή της Ομαδοσυνεργατικής Διδασκαλίας»*. Παιδαγωγική Εταιρεία Ελλάδος, Παράρτημα Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2002). Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 371- 376). Ρέθυμνο.
- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2003). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: κριτική θεώρηση και προτάσεις. Στο Ε. Τσιτοπούλου, Χ. Χαλέτσος, & Π. Φιλντίσης (Επ.), *Πρακτικά 8^{ου} Κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: «Προοπτικές, εξελίξεις και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»* (τ. Α, σελ. 22 – 28). Προσκεκλημένη Ομιλία, Καλαμάτα.
- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2004). Μια πρόταση για τη σχεδίαση και αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σελ. 99 – 110). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2006). *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Βιβλιογραφία

- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2009). Ζητήματα ένταξης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία. *X-RAY@εκπαίδευση*, 1, 5-8.
- Μικρόπουλος, Τ. Α., & Μπέλλου, Ι. (2010). *Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή*. Εκδόσεις: Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- Μιχαηλίδης, Π. (2006). Εξελίξεις στη Διδακτική των φυσικών επιστημών. *Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών με θέμα: «Οι νέοι ορίζοντες της Φυσικής Επιστήμης στον Αιώνα μας, στην Έρευνα, στην Τεχνολογία και στην Εκπαίδευση»*. Λάρισα.
- Μιχαηλίδης, Π. (2007). Νέες Τεχνολογίες και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Α., σελ. 55 – 72). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Μίχας, Π., & Αγγελίδης, Δ. (1999). Πειραματική διδασκαλία της Γεωμετρικής Οπτικής. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 5, 27-32.
- Μίχας, Π. (2003). *Η διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Μολοχίδης, Α. (2005). Ανάπτυξη και διερεύνηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την Αυτοεπιμόρφωση των Δασκάλων σε Φαινόμενα και Έννοιες των Ρευστών. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μολοχίδης, Τ., Καριώτογλου, Π., & Ψύλλος, Δ. (2007). Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου ως σχεδιαστική αρχή ανάπτυξης επιμορφωτικών προγραμμάτων: Αξιολόγηση μιας μελέτη περίπτωσης. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Α., σελ. 436 – 443). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Μπάκας, Χ., Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2005). Εννοιολογική αλλαγή στην Αστρονομία μέσω εικονικών περιβαλλόντων. *Θέματα στην εκπαίδευση*, 6(1), 59-80.
- Μπαρκάτσας Α., Κολέζα Ε., Ρίζος Γ., & Σκορδούλης Κ., (2000). Εξ αποστάσεως αξιολόγηση στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες με βάση την Ταξινόμια SOLO. *Πρακτικά Β' Πανελληνίου Συνεδρίου Με Διεθνή Συμμετοχή: «Οι Νέες Τεχνολογίες Για την Κοινωνία Και τον Πολιτισμό»*.

Βιβλιογραφία

- Μπελεσιώτης, Σ. Β., & Γκυρτής, Κ.Γ. (2003). Η εισαγωγή του Υπολογιστή στο Δημοτικό.Στοιχεία και Συμπεράσματα από ένα Πειραματικό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης. Στο Μ. Ιωσηφίδου, & Ν. Τζιμόπουλος (Επ.), *Πρακτικά 2ου Συνεδρίου ΤΠΕ στην Εκπαίδευση* (σελ.121 - 131). Σύρος.
- Μπελιώκας, Α. (2006). Εργαλεία γραφικής - οπτικής αναπαράστασης πληροφοριών στη Διδακτική της Φυσικής. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Μπέλλου, Ι. (2003α). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου, & Ν. Τζιμόπουλος (Επ.), *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (τ. Β, σελ. 85-95). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Μπέλλου, Ι. (2003β). Εικονικές πραγματικότητες στη Γεωγραφική Εκπαίδευση: Σχεδιασμός, ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση ενός διδακτικού πακέτου για τη διδασκαλία και μάθηση γεωγραφικών εννοιών. *Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Μπισδικιάν, Γκ., & Ψύλλος, Δ. (1998). Ανάπτυξη γνώσης περιεχομένου και απόκτηση δεξιοτήτων γραφικών παραστάσεων: Η περίπτωση της Θερμότητας. Στο Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 101 – 107). ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Μπισδικιάν, Γ.(2000). Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών. *Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μπομπέτσης, Σ. Α., & Στεφανή, Δ. Χ. (2004α). Εφαρμογή της Ομαδοσυνεργατικής μεθόδου στην εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Έρευνα και Πράξη*, 8 – 9, 22 – 31.
- Μπομπέτσης, Σ. Α., & Στεφανή, Δ. Χ. (2004β). Ομαδοσυνεργατική μέθοδος: Ένα μοντέλο εφαρμογής για την εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Γυμνάσιο και το Λύκειο. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση* (τ.Α, σελ. 161 -

Βιβλιογραφία

- 168). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.
- Νικολοπούλου, Κ. (2000). Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές στις Φυσικές Επιστήμες. *Σύγχρονη εκπαίδευση*, 113, 114-123.
- Νιτσόπουλος, Γ., & Ζιάκη – Τσαμπίκα, Α. (2008). Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή. *Εργασία στο Interactive Physics (εικονικό εργαστήριο) για το Μάθημα: «Ανάλυση διδακτικού υλικού στις θετικές επιστήμες» (Διδάσκων: Ψυχάρης, Σ.) του Μεταπτυχιακού Πρόγραμματος Σπουδών με τίτλο: «Επιστήμες της Αγωγής - Εκπαίδευση με Χρήση Νέων Τεχνολογιών»*. ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ανακτήθηκε στις 20/5/2009, από <http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/lab.html>.
- Ολυμπίου, Γ., Ζαχαρία, Χ.Ζ., & Παπαευριπίδου, Μ. (2007). Διερεύνηση της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία μέσα από εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Στο Α. Κατσίκης, Κ.Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σελ. 1059 – 1068). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 621 – 629). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Ορφανός, Στ., & Δημητρακοπούλου, Α. (2004). Σχεδιασμός Φύλλων Δραστηριοτήτων μαθητών για Διερευνητικά Τεχνολογικά Περιβάλλοντα στις Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση σχεδιασμού δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης. Στο Μ. Γρηγοριάδου, Α. Ράπτης, Σ.Βοσνιάδου, & Χ. Κυνηγός (Επ.), *Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου ΕΤΠΕ*. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ορφανός, Στ. (2007). Δραστηριότητες μοντελοποίησης για τη Διδασκαλία της Φυσικής, με αξιοποίηση τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού.

Βιβλιογραφία

- Παναγή, Α., Φιλίππου, Δ., & Αποστολίδης, Θ. (2008). *Επιμορφωτικό Υποστηρικτικό Υλικό για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία: Φυσική – Μέση Γενική Εκπαίδευση: Crocodile Physics και Interface*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Τομέας Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Ομάδα Επιμόρφωσης ΤΠΕ.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρή, Ε., Σαρρής, Μ., & Νικολόπουλος, Π. (2004). Η επίδραση της Προσομοίωσης στην Κατανόηση της Ευθύγραμμης Ομαλής Κίνησης: Μια Μελέτη Περίπτωσης. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 5:1/3, 59 – 74.
- Παππάς, Χ., Καμαράτος, Μ., & Κώτσης, Κ. (2009). Σύγκριση πειραματικής και παραδοσιακής διδασκαλίας των φαινομένων ανάκλασης και διάθλασης του φωτός σε μαθητές Β΄ Γυμνασίου. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 694 – 702). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Παρασκευάς, Θ. Π., & Αλμήσης, Δ. (2007). Έρευνα για τις αντιλήψεις μαθητών ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (επιμ.) *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (τ. Α, σελ.192-201), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (1993α). *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας*. Τόμος 1, Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (1993β). *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας*. Τόμος 2, Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Πατάπης, Κ. Σ. (1995). *Μεθοδολογία διδασκαλίας της Φυσικής*. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Πατρινόπουλος, Μ., Οβαδίας, Σ., Δημόπουλος, Β, & Καλκάνης, Γ.Θ. (2002). Μια εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία / εργαστηριακή πρακτική της τριβής μεταξύ στερεών σωμάτων με προσομοίωση του μικρόκοσμου και διασύνδεσης της εργαστηριακής διάταξης με τον Η/Υ μέσω αισθητήρων. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 371- 376). Ρέθυμνο.
- Πατρινόπουλος, Μ., Οβαδίας, Σ., Δημόπουλος, Β, & Καλκάνης, Γ.Θ. (2003). Εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία/εργαστηριακή πρακτική της τριβής

Βιβλιογραφία

- μεταξύ στερεών σωμάτων με προσομοίωση του μικρόκοσμου και διασύνδεσης της εργαστηριακής διάταξης με τον Η/Υ μέσω αισθητήρων, *Φυσικός Κόσμος*, 10 (169), 72 – 76.
- Πατρινόπουλος Μ., & Καλκάνης Γ.Θ. (2007). "Ερευνώ και Ανακαλύπτω" τη Θερμοκρασία και τη Θερμότητα στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, Συμπόσιο / Εργαστήριο "Πρωτοβάθμια Εκ-Παίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες – Η Βέλτιστη Εφαρμογή των νέων Βιβλίων Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης". Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σελ. 278 – 286). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Πατσαδάκης, Ε. (2007). Οι πρακτικές μαθητών/τριων και εκπαιδευτικών στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών: Η σχέση τους με τη μάθηση του περιεχομένου και τις αντιλήψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.
- Πετρίδου, Ε., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Προβλεπτική χρήση μοντέλων φόρτισης μονωτών και αγωγών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 711 – 719). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Πήλιουρας, Π., Σιμωντάς, Κ., Σταμούλης, Ε., Φραγκάκη, Μ., & Καρτσιώτης, Θ. (2010). *Υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών Πληροφορικής που θα διδάξουν στα 800 Ολοήμερα Δημοτικά Σχολεία με Ενιαίο Αναμορφωμένο Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα (ΕΑΕΠ)*. Ο.Ε.Π.ΕΚ., Αθήνα.
- Πιλάτου, Χ. Β. (2003). Μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών/ριων της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου, για το Ηλεκτρικό ρεύμα και τις Ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

- Πλακίτση, Κ. (2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην προσχολική και στην πρώτη σχολική ηλικία: Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*. Εκδόσεις: Πατάκη, Αθήνα.
- Πυργιωτάκης, Ι. (2000). *Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Επιστήμη* (2^η έκδ.). Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Ραβάνης, Κ. (1994). Το φως ως οντότητα στο χώρο. Αυθόρμητες νοητικές παραστάσεις παιδιών ηλικίας δέκα ετών. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 74, 71-78.
- Ραβάνης, Κ. (1995). Από τη Γενική Διδακτική στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και επιστημολογική ασυνέχεια. Στο Η. Ματσαγγούρας (Επ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής: Επιστημολογική θεώρηση* (σελ.421 – 426). Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Ραβάνης Κ. (1997). Συγκρουσιακές διδακτικές διαδικασίες: από τις περιγραφικές στις συστηματικές όψεις. Το παράδειγμα της Οπτικής. Στο Γ. Καλκάνης (Επ.), *Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α' βάθμια Εκπαίδευση* (σελ. 84 – 89). Διημερίδα, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ραβάνης, Κ. (1988). Μεταβολές καταστάσεων και θερμική ισορροπία. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 39, 83-89.
- Ραβάνης, Κ. (2001). Η γνωστική σύγκρουση ως διδακτικό εργαλείο. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α', σελ. 253 – 274). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Ραβάνης, Κ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση* (3^η έκδ.). Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα.
- Ραβάνης, Κ., Αποστολίδου, Μ., Ασβεστά, Μ., & Κολιόπουλος, Δ. (2002). Θεωρητικές, μεθοδολογικές, και διδακτικές διαστάσεις του ζητήματος της νοητικής συγκρότησης πρόδρομων μοντέλων των Φυσικών Επιστημών. Η τριβή ολίσθησης στη σκέψη παιδιών 5-6 ετών. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 34, 156- 172.
- Ραβάνης, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2006). Μια συνθετική προσέγγιση της έννοιας της τριβής ολίσθησης για την προσχολική ηλικία: Βιωματικές νοητικές παραστάσεις, διδακτικές αλληλεπιδράσεις και πρόδρομα μοντέλα. Στο Δ. Κολιόπουλος (Επ.), *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών* (σελ. 155 – 174). Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Ράπτης, Α., & Ράπτη Α. (2001). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας*. Τόμος Α' και Τόμος Β', Αυτοέκδοση, Αθήνα.

Βιβλιογραφία

- Σάββας, Σ., Παναγοπούλου, Ε., Αποστολάκης, Ε., Σωτηρίου, Σ., & Καλκάνης, Θ. Γ. (2002). «Ερευνώ και ανακαλύπτω» ομαδοσυνεργατική μάθηση στο δημοτικό σχολείο. Τα νέα βιβλία φυσικών επιστημών για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*. Ρέθυμνο.
- Σαλπινγίδου, Α., Λύρας, Α., Σαμουήλ, Κ., & Μικρόπουλος, Α. (2007). Η συμβολή των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της οπτικής στο Γυμνάσιο. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σελ. 1086 – 1093). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Σαμαράκου, Μ., Γρηγοριάδου, Μ., & Μητρόπουλος, Α. (2004). Μαθαίνοντας για τη θέση και τη μετατόπιση με ένα λογισμικό εποικοδομητικού τύπου. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σελ. 200 – 219). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Σισσαμπέρη, Ν., & Φύττας, Γ. (2009). Αξιοποίηση του λογισμικού Interactive Physics για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στο Π. Πολίτης (Επ.), *Πρακτικά 1^{ου} Εκπαιδευτικού Συνεδρίου με θέμα: «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία* (σελ. 480 – 484). Βόλος.
- Σκοπετός, Δ. (2007). Μελέτη των ιδεών των παιδιών για τις Δυνάμεις Εποικοδομητική προσέγγιση των Δυνάμεων στο Γυμνάσιο. *Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή - Διπλωματική Εργασία*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών.
- Σκουμιός, Μ. (2008). *ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ: Αντιλήψεις μαθητών για φαινόμενα Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους διαχείριση στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ανακτήθηκε στις 02/12/2009, από http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/antilipseis/Antilipseis_Therm_Hlektr.pdf

Βιβλιογραφία

- Σκουμιός, Μ. (2010). *Εφαρμοσμένη διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Πρακτικές Ασκήσεις Γ΄ Φάσης, Διδακτικές σημειώσεις). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ανακτήθηκε στις 13/11/2010, από http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/c_praktikh/FE_CFASH_SHMEIWSEIS_E10.pdf
- Σκουμιός, Μ. (2011). *Εφαρμοσμένη διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Πρακτικές Ασκήσεις Β΄ Φάσης, Διδακτικές σημειώσεις). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ανακτήθηκε στις 10/01/2011, από http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/b_praktikh/BFASH_FE_SHMEIWSEIS_2011.pdf
- Σμυρναίου, Ζ., Δημητρακοπούλου, Α., Πολίτης, Π., & Κόμης, Β. (2004). Η χρήση βίντεο, φυσικών αντικειμένων και εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Μ. Γρηγοριάδου, Α. Ράπτης, Σ. Βοσνιάδου, & Χ. Κυνηγός (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΤΠΕ* (σελ. 45 – 54). Αθήνα.
- Σολομωνίδου, Χ., Σταυρίδου, Ε., & Χρηστίδης, Θ. (1997). Η ιστορία των ιδεών και οι μαθησιακές δυσκολίες σε σχέση με τη δύναμη και τη κίνηση ως οδηγός για τη διδακτική αξιοποίηση του Interactive Physics. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 26, 75 – 112.
- Σολομωνίδου, Χ. (2001). Εκπαιδευτικό λογισμικό Φυσικών Επιστημών: από τη σχεδίαση στη διδασκαλία στην τάξη. Στο Π. Κόκκοτας, & Ι. Βλάχος (Επ.), *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα: προβλήματα και προοπτικές* (σελ.139-165). Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Σολομωνίδου, Χ. (2007). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Υπολογιστές και Μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης* (5^η έκδ.). Εκδόσεις: Κώδικας, Θεσσαλονίκη.
- Σολομωνίδου, Χ., & Κολοκοτρώνης, Δ. (2010). *Ο Υπολογιστής στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών* (2^η έκδ.). Εκδόσεις: Εκδοτική Γκιούρδας, Αθήνα.
- Σπυροπούλου, Δ. (1997). Η (δι)ερευνητική διαδικασία προσανατολισμένη στην εποικοδομητική υπόθεση ως μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Πρόταση σχεδιασμού, εφαρμογής και αξιολόγησης Αναλυτικού Προγράμματος με γνωστικό αντικείμενο τα βασικά στοιχεία της Μετεωρολογίας στο Γυμνάσιο. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Βιβλιογραφία

- Σπυροπούλου – Κατσάνη, Δ. (2000). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.
- Σπύρτου, Α. (2002). Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Σταράκης, Ι., & Μπάλλα, Ε. (2003). Το Ηλεκτρονικό Φύλλο Εργασίας, εποικοδομητικού τύπου, ως διδακτικό εργαλείο στην προσέγγιση εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Μια Δικτυακή εφαρμογή για την Ανάκλαση του Φωτός. *Ερευνα και Πράξη*, 5, 94-97.
- Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες*. Μια εφαρμογή στο δημοτικό σχολείο. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ). Στο Α. Τζιμογιάννης (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»* (τ. ΙΙ, σελ. 355 – 363). ΕΤΠΕ: Κόρινθος.
- Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΠΑ στο χώρο του ηλεκτρισμού. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 658 - 665). Ανακτήθηκε στις 12/05/2011, από <http://www.7sefepet.gr>
- Τέκος, Γ., & Σολομωνίδου, Χ. (2008). Διδασκαλία και Μάθηση του Φαινομένου «Ανάκλαση – Διάχυση του Φωτός» με Ανάπτυξη Κατάλληλου Λογισμικού και έρευνα στις ιδέες των παιδιών. Στο Π. Κουμαράς, & Φ. Σέρογλου (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών»* (σελ. 559 – 567). Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τέκος, Γ., & Σολομωνίδου, Χ. (2010). Ανάπτυξη Ψηφιακού και Έντυπου Εκπαιδευτικού Υλικού για την Εποικοδομητική Διδασκαλία των Εννοιών Ανάκλαση Φωτός και Όραση με Βάση τις Ιδέες των Παιδιών. *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας με θέμα: «Ψηφιακές και Διαδικτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση»* (σελ. 745 -756). Βέροια, Νάουσα.

Βιβλιογραφία

- Τζιμογιάννης, Α., Μικρόπουλος, Α., & Κουλαϊδής, Β. (1995). Ο Υπολογιστής στη διδασκαλία της Φυσικής. Μια άμεση εφαρμογή με χρήση φύλλων εργασίας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 85, 38-46.
- Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (1998). Η συμβολή των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της κινηματικής. Στο Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 317-323). Θεσσαλονίκη.
- Τζιμογιάννης, Α., Κωσταδήμας, Ε., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (1998). Διδασκαλία Φυσικής και Υπολογιστές. Μελέτη της συμβολής των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της κινηματικής. Στο Α. Τζιμογιάννης (Επ.), *1η Πανεπειρωτική ημερίδα: Πληροφορική και Εκπαίδευση* (σελ. 64-78). Ιωάννινα.
- Τζιμογιάννης, Α. (1999α). Διδασκαλία Φυσικής και Υπολογιστές: Μια εναλλακτική διδακτική πρόταση. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 105, 115-122.
- Τζιμογιάννης, Α. (1999β). Διδασκαλία Φυσικής και Υπολογιστές: Μια εναλλακτική διδακτική πρόταση. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 106, 111-117.
- Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2000α). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 111, 120-131.
- Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2000β). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της επιτάχυνσης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 112, 127-134.
- Τζιμογιάννης, Α. (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σελ. 240 – 254). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμογιάννης, Α. (2007). Το παιδαγωγικό πλαίσιο αξιοποίησης των ΤΠΕ ως εργαλείο κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Κριτικής – Δημιουργικής Σκέψης για τη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* (σελ. 309 - 330). Αθήνα: Ο.Ε.Π.ΕΚ.
- Τζιμογιάννης, Α. (2010). Η Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου για τις Φυσικές Επιστήμες: Μια εφαρμογή στην επιμόρφωση επιμορφωτών εκπαιδευτικών. Στο Α. Τζιμογιάννης (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου*

- με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση» (τ. ΙΙ, σελ. 295 – 302). ΕΤΠΕ: Κόρινθος.
- Τσαγλιώτης, Ν. (1998). Πτυχές της εννοιολογικής αλλαγής σε παιδιά πέμπτης Δημοτικού: η έννοια της δύναμης της τριβής. Στο Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (σελ. 370 – 376). ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, Εκδόσεις: Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τσαπαρλής, Γ. (2009). Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης της χημείας: έμφαση στο μακρο-επίπεδο και ο ρόλος της πρακτικής εργασίας. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 37 – 54). Ανακτήθηκε στις 12/10/2010, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Νήσος.
- Τσελφές, Β. (2003). *Πειράματα με τη θερμότητα, το Φως και τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα*. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Πρόγραμμα Εκπαίδευσης Μουσουλμανοπαίδων 2002-2004, Ανακτήθηκε στις 17/9/2009, από <http://www.kleidiakaiaantikleidia.net>.
- Τσεχερίδης, Σ., & Μπελιώκας, Α. (2006). Πρόταση εποικοδομητικής διδακτικής παρέμβασης στη θεματική ενότητα «το ρεύμα στο κλειστό κύκλωμα» και εφαρμογή της σε μαθητές με μ.δ.. Στο Ελ. Σταυρίδου (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των φυσικών επιστημών «Διδακτική των ΦΕ: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθηση»* (σελ. 930 - 934). Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών, Βόλος.
- Τσιχουρίδης, Χ., & Βαβουγιός, Δ. (2007). Το λογισμικό μέσα από τα μάτια των μαθητών και των μαθητριών - Αξιολογώντας εκπαιδευτικό λογισμικό διδασκαλίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σελ. 1104 – 1113). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Τσιχουρίδης, Χ., Βαβουγιός, Δ., & Ιωαννίδης, Γ. (2009). Διδακτική αξιοποίηση κατασκευαστικών δεξιοτήτων των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων μεταφοράς θερμότητας με χρήση νέων τεχνολογιών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α.

Βιβλιογραφία

- Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 886 – 894). Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από <http://www.uowm.gr/kodifeet>.
- Φαρμάκης, Ν. (2002). *Εισαγωγή στη δειγματοληψία*. Εκδόσεις: Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Φέγγου, Ε., Οικονόμου, Α., Οικονομίδης, Σ., Σταράκης, Ι., Τολίας, Β., Τρελοπούλου, Α., Μπάλλα, Ε., Δημόπουλος, Β., Δημητριάδης, Π., & Καλκάνης, Γ. (2002). Πρόταση εργαστηριακών ασκήσεων και εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία του βρασμού, σε δημοτικό-γυμνάσιο, με χρήση αισθητήρων και οπτικοποιήσεων. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 756- 764). Ρέθυμνο.
- Φίλιας, Β. (1998). *Εισαγωγή στην Μεθοδολογία και τις Τεχνικές των Κοινωνικών Ερευνών*. Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών/ Σπουδαστήριο Κοινωνικών Ερευνών, Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Χαλκιά – Θεοδωρίδη, Κρ. (1993). Τι είδους επιστημονικές δραστηριότητες και τι είδους εργαστήριο φυσικών επιστημών χρειάζονται τα παιδιά του δημοτικού σχολείου. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 18, 31 – 38.
- Χαλκιά, Κρ. (1995). Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί της Α/θμιας και της Β/θμιας Εκπαίδευσης απέναντι στο μάθημα της Φυσικής: Διερεύνηση των απόψεων και των στάσεων των Ελλήνων εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική, μελέτη των συνεπειών τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και διατύπωση σχετικών προτάσεων. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Χαλκιά, Κρ. (1999). Στάσεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής: Μεθοδολογία κατασκευής του αντίστοιχου εργαλείου μέτρησης στάσεων. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 106, 47 – 56.
- Χαλκιά, Κρ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 12-18.
- Χαλκιά, Κρ. (2010α). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Τόμος Α', Εκδόσεις: Πατάκης.

Βιβλιογραφία

- Χαλκιά, Κρ. (2010β). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Τόμος Β', Εκδόσεις: Πατάκης.
- Χαλκίδης, Α. (2009). Από τα εκπαιδευτικά σενάρια με ΤΠΕ στις ιστοεξερευνήσεις: Η περίπτωση της διδασκαλίας θεμάτων από τις Περιβαλλοντικές Επιστήμες. *X-RAY@εκπαίδευση, 1*, 9 - 13.
- Χατζηαχιλλέως, Σ., & Βαλανίδης, Ν. (2006). Η Γνωστική Σύγκρουση ως Διαδικασία Προώθησης Εννοιολογικής Αλλαγής: Η Διαπλοκή Γνωστικών και Συναισθηματικών Παραγόντων. Στο Ελ. Σταυρίδου (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των φυσικών επιστημών «Διδακτική των ΦΕ: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθηση»* (σελ. 261 - 268). Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών.
- Χατζηγεοφύτου, Μ. (2006). *Φύλλα εργασίας*. Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001α). Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α, σελ. 51 – 74). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001β). Πρακτικό – βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α, σελ. 153 – 188). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001γ). Μέθοδοι καταγραφής της πρακτικό – βιωματικής γνώσης. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Β, σελ. 185 – 214). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ηλεκτρισμός. Στο Β. Κουλαϊδής (Επ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Β', σελ. 79 – 103). ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χρυσafiδης, Κ. (2003). *Βιωματική-Επικοινωνιακή διδασκαλία: Η εισαγωγή της μεθόδου Project στο σχολείο*. Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.
- Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση, 70*, 34-42.
- Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γκ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπίλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Λ., Πετρίδου, Ε., & Νικολαΐδης, Ι. (2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας – Θερμοδυναμικής. Στο Β. Κόμης (Επ.), *Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου ΤΠΕ στην Εκπαίδευση* (σελ. 331 – 340). ΕΤΠΕ, Πάτρα.

- Ψύλλος, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε., & Λεύκος, Ι. (2002). Ενεργητική μάθηση με τη χρήση εικονικού εργαστηρίου. *Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών* (σελ.1-16), Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Λευκωσία.
- Ψύλλος, Δ., & Μπισδικιάν, Γκ. (2004). Τεχνολογίες Πληροφόρησης στο διερευνητικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδylέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σελ. 112 – 133). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Ψύλλος, Δ. (2004). Αρκετά μετά το 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Μια εκ των υστέρων αποτίμηση. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση - Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση* (τ.Β, σελ.7-9). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.
- Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (τ. Α, σελ. 30 – 41). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Ψύλλος, Δ., Ζαγουράς, Χ., Δαγδylέλης, Β., Κόμης, Β., Κουτσογιάννης, Δ., & Κυνηγός, Χ. (2008α). *Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης* (τ.5, Κλάδος ΠΕ04), ΕΑΙΤΥ,ΤΕΚ, Πάτρα.
- Ψύλλος, Δ., Ταραμόπουλος, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπάρμπας, Α., Μολοχίδης, Α., & Μπισδικιάν, Γ. (2008β). Ένα Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον (ΑΜΑΠ) στην περιοχή του Ηλεκτρισμού. Στο Χ. Αγγέλη, & Ν. Βαλανίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου ΤΠΕ στην Εκπαίδευση* (σελ. 384-391). ΕΤΠΕ, Λεμεσός Κύπρου.
- Ψυχάρης, Σ., Ιωαννίδης, Γ., Μαστρογιάννης, Α., Παληός, Γ., Παπαμιχάλης, Κ., & Φραγκάκης, Κ. (2006). *Επιμορφωτικό υλικό (Ειδικό μέρος, Κλάδος ΠΕ04)*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Β. ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΤΟΜΟΣ Β΄

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2012

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I

Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₁

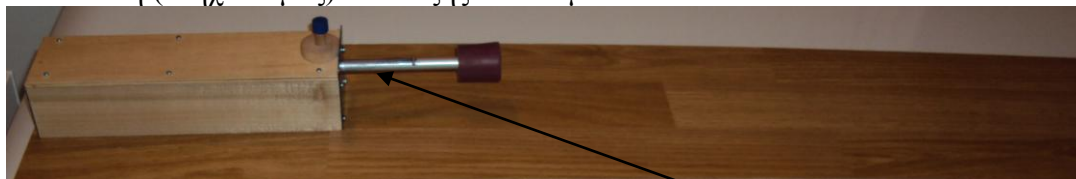
Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων

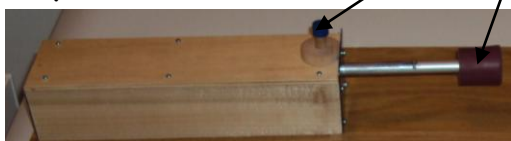


Η συσκευή αποτελείται από δύο μέρη:

A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός μεταλλικού άξονα με ελατήριο.

Στο άκρο του άξονα υπάρχει ένα ελαστικό πώμα, στο οποίο φέρουμε σε επαφή το ξύλινο παραλληλεπίπεδο (ή οποιοδήποτε αντικείμενο).

Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας προς τα κάτω το μπλε κουμπί που βρίσκεται πάνω στη συσκευή.



B) Από ένα λείο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.

Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Σημείωση: Αυτή η συσκευή μας βοηθά να δεχθούμε ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε κινούμενο σώμα που εκτινάσσουμε

2. Δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα

3. Γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια)

4. Μια άσπρη και μια χρωματιστή κιμωλία

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁶⁸ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».

Ο **συμμαθητής** του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Όταν ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, η τριβή είναι μικρή».



Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

⁶⁸ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....
.....

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁶⁹;



.....
.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

- α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε άσφαλτο.
- β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

- α) Όταν είναι άδειο.
- β) Όταν είναι φορτωμένο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

⁶⁹ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):



Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

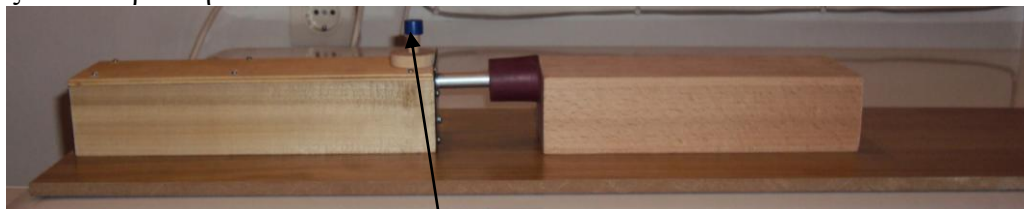
Αρχικά, έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Στη συνέχεια φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο:



Στη συνέχεια πατάς το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, καλύπτεις όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάνω σε αυτόν πάλι το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις πιστεύεις ότι το ξύλινο παραλληλεπίπεδο θα διανύσει μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....
.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):



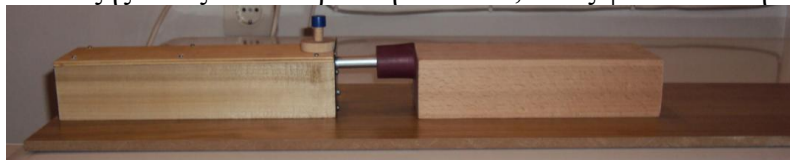
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχεις στη διάθεση σου πάλι την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

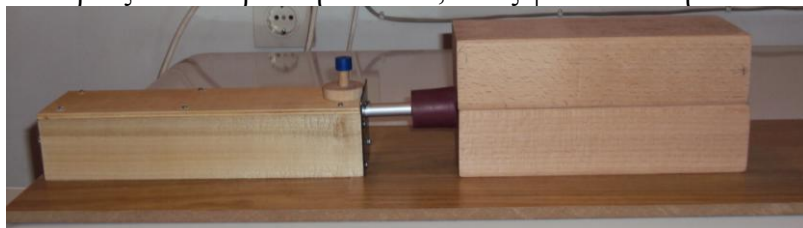
Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάλι πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και αυξάνεις το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα;

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

.....

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III)



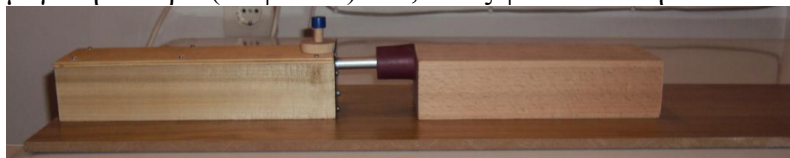
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς το ξύλινο παραλληλεπίπεδο στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:

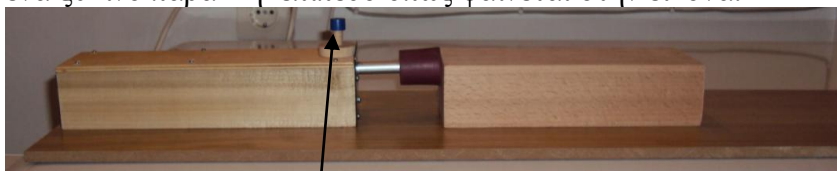


Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάνω πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, κάλυψε όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της παραπάνω συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάλι πάνω σε αυτόν το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

2^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

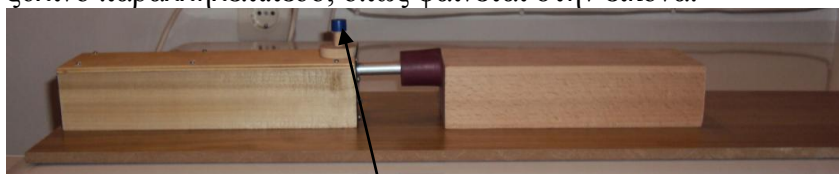
Πάλι έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη πρώτη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

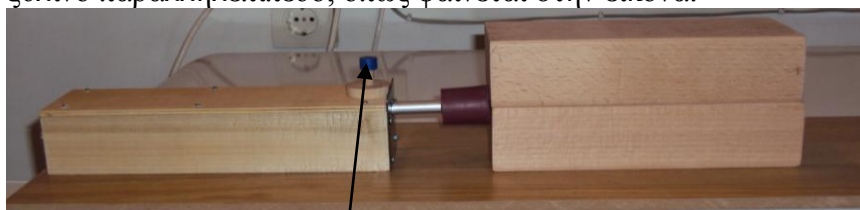
3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και αύξησε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσουν, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησαν τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ένα ή τα δυο ξύλινα παραλληλεπίπεδα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;

.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές:) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές την δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΞΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

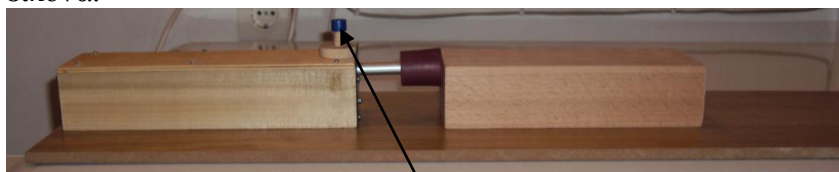
Έχεις στη διάθεση σου την ίδια συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη ενέργεια, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στο διάδρομο με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές την δύναμη της τριβής;.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; (Σκέψου ανακαλώντας στη μνήμη σου τα πειράματα που εκτέλεσες)

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁷⁰ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε»

Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Όταν ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, η τριβή είναι μικρή».



Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

⁷⁰ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....
.....

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁷¹;



.....
.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

⁷¹ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

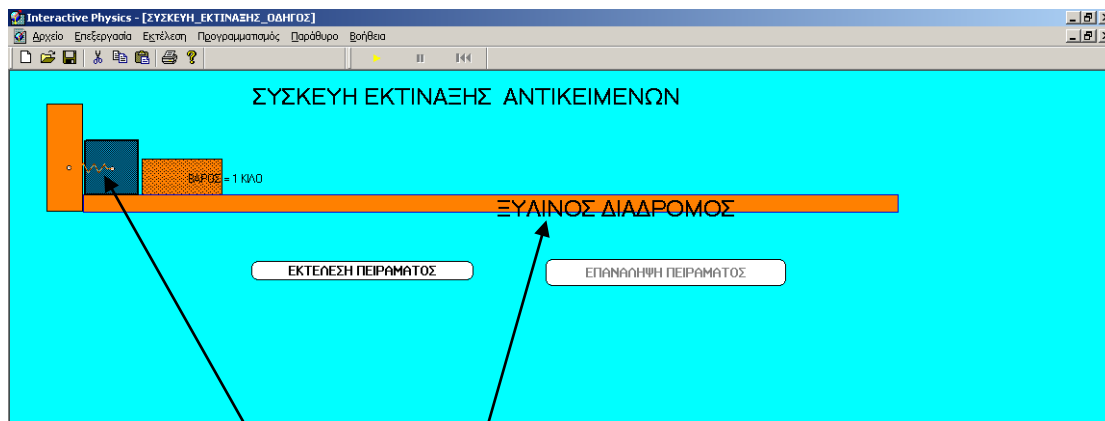
I₂

Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

**Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ**
**ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «INTERACTIVE PHYSICS» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ**

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: INTERACTIVE PHYSICS

**Η ΟΘΟΝΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ:**



ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ:

Η συσκευή αποτελείται από δύο μέρη:

- A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός σώματος με ελατήριο.
Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας το κουμπί Εκτέλεση πειράματος.
- B) Από ένα ξύλινο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.
Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Σημείωση: Αυτή η συσκευή μας βοηθά να δεχθούμε ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε κινούμενο σώμα που εκτινάσσουμε.

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁷² ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».

Ο **συμμαθητής** του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Όταν ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, η τριβή είναι μικρή».



Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

⁷² Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....
.....

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁷³;



.....
.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

- α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.
- β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

- α) Όταν είναι άδειο.
- β) Όταν είναι φορτωμένο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

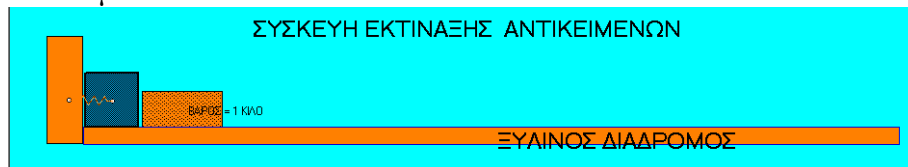
⁷³ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):



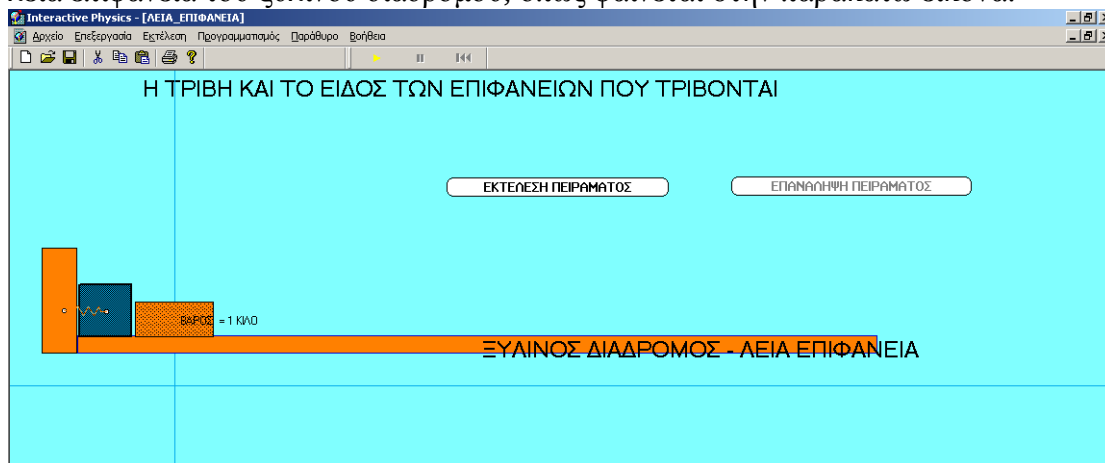
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

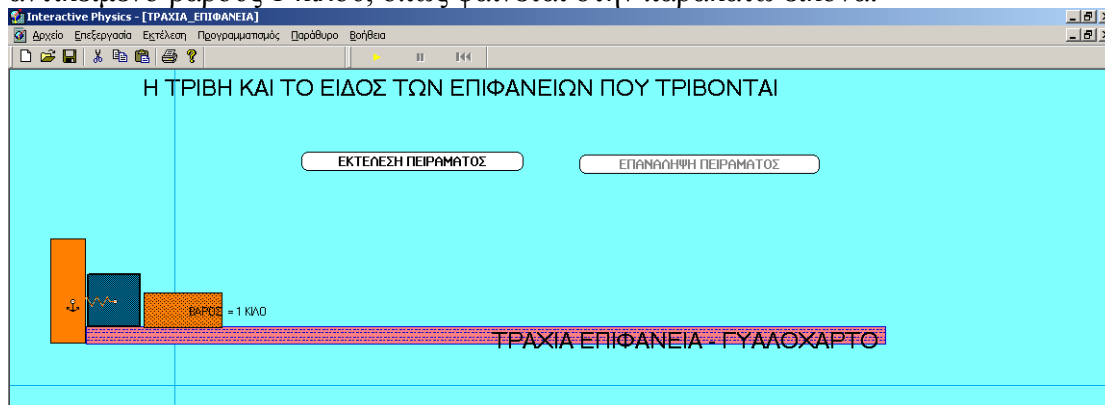
Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετείς ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, καλύπτεις την επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια) και τοποθετείς πάνω στο γυαλόχαρτο το ίδιο ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο (στην τραχιά επιφάνεια).

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις πιστεύεις ότι το ξύλινο αντικείμενο θα διανύσει μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....
.....

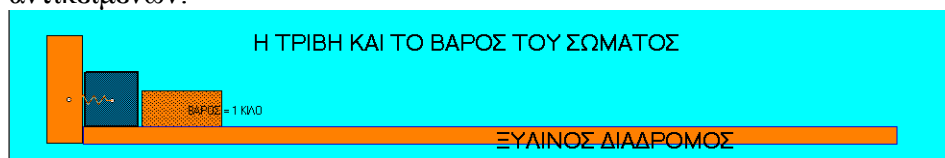
Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):



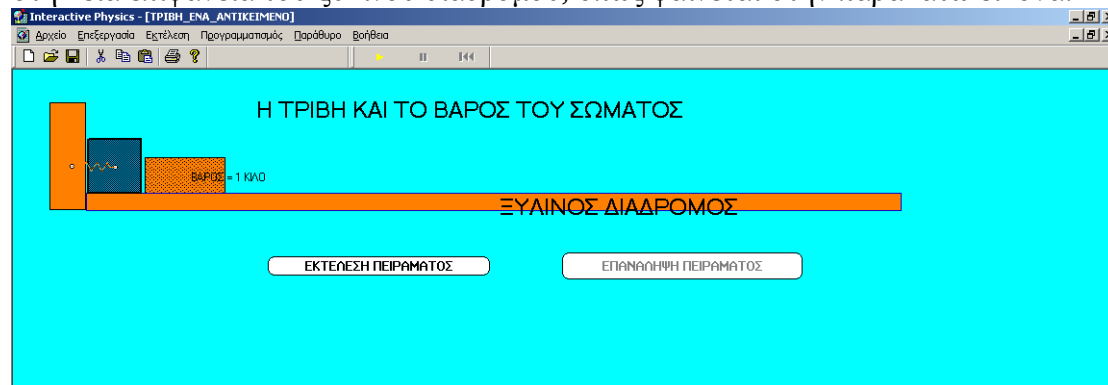
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

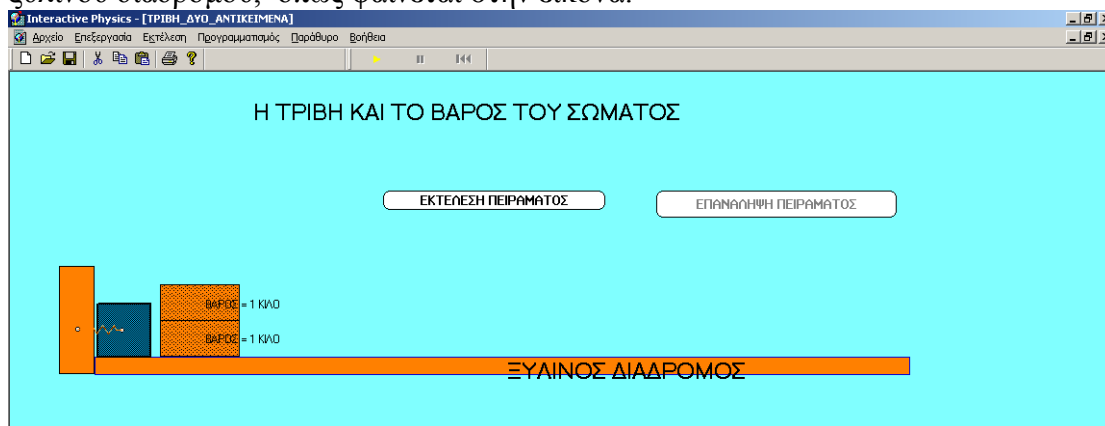
Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετείς πάλι ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, αυξάνεις το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο αντικείμενο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο αντικείμενο στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο αντικείμενο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα;

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

.....

.....

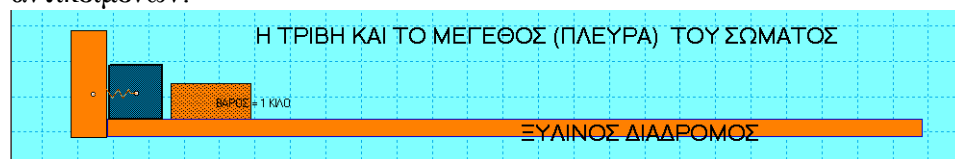
.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (ΙΙΙ)

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχεις στη διάθεσή σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

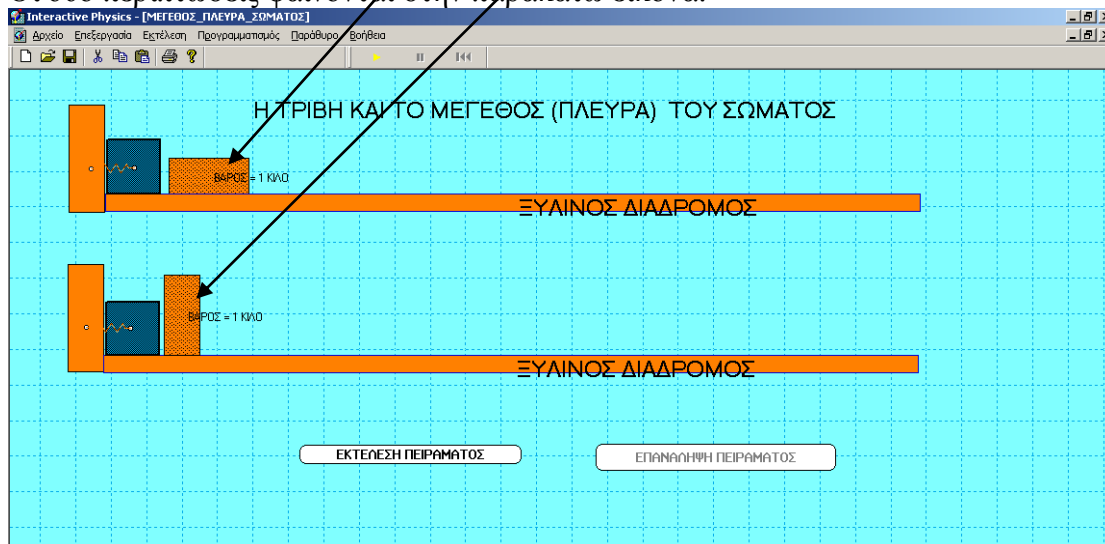
❖ Πρώτη περίπτωση:

Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετείς το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, τοποθετείς το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια).

Οι δυο περιπτώσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε τα δυο ξύλινα αντικείμενα (στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση) να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν το καθένα πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου;

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

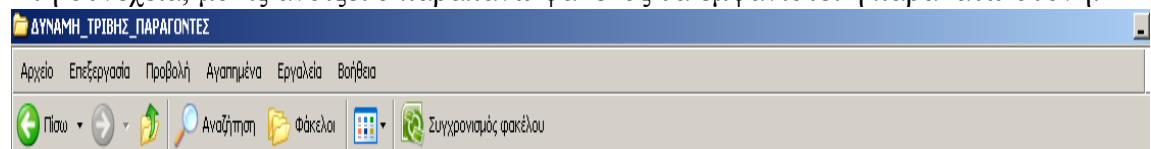
Πήγαινε στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

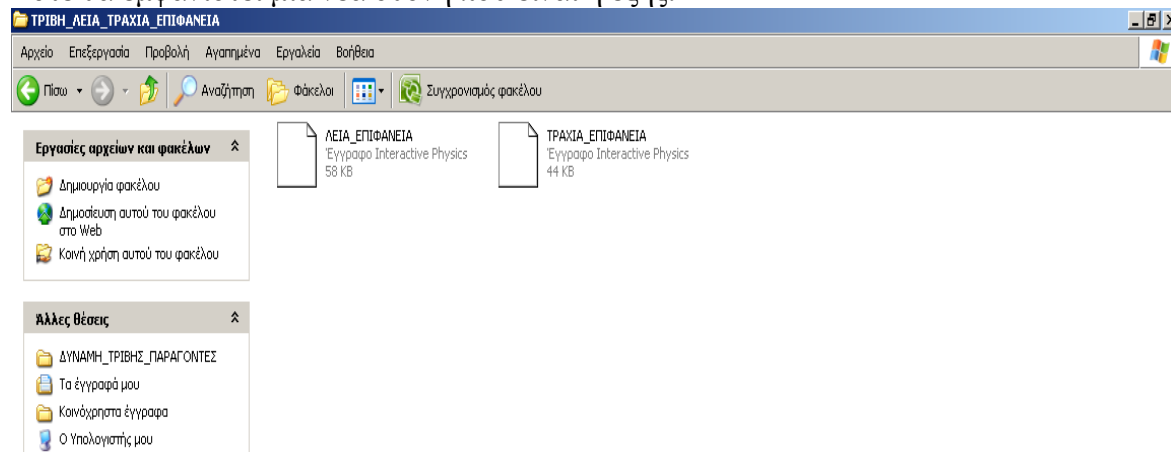
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΤΡΙΒΗ_ΛΕΙΑ_ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



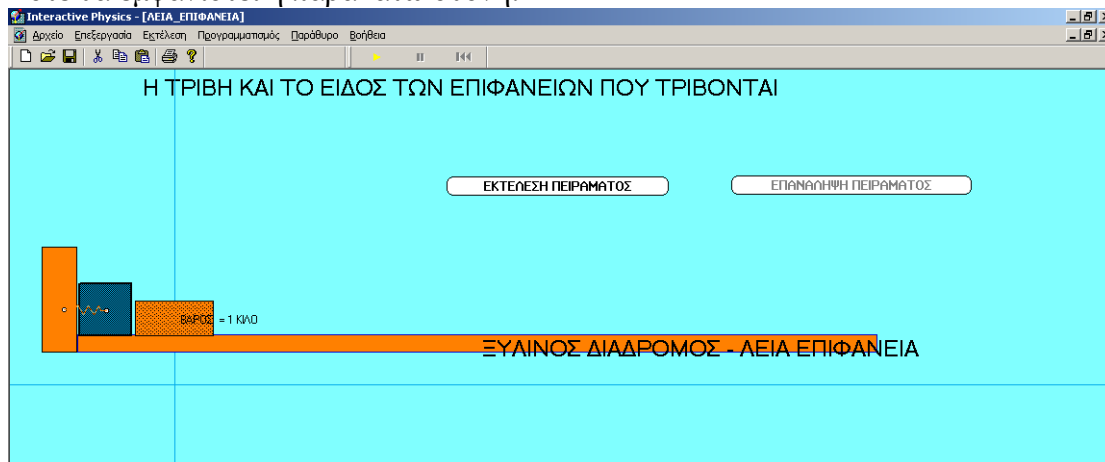
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποιήσε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ **Πρώτη περίπτωση - ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:**

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην πρώτη περίπτωση με τη λεία επιφάνεια, τοποθετήσαμε ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

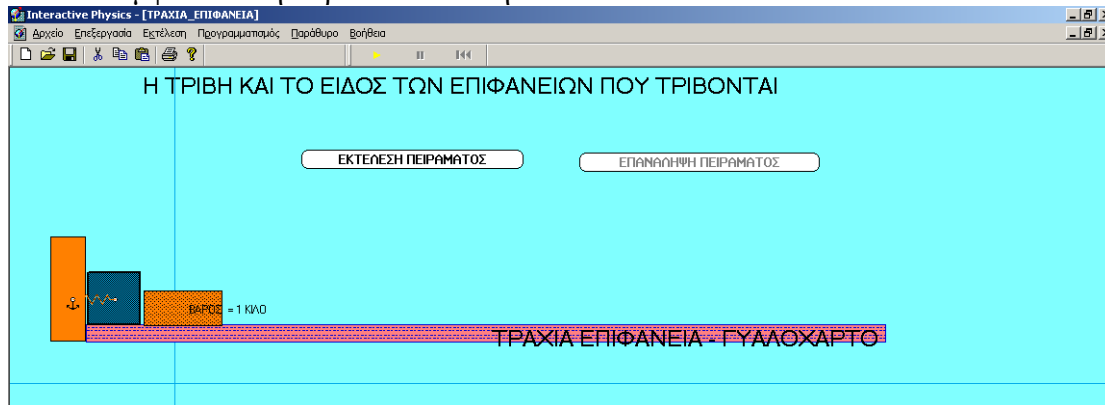
Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

❖ Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ,
Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ.
Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην δεύτερη περίπτωση με τη τραχιά επιφάνεια, τοποθετήσαμε το ίδιο ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στην τραχιά επιφάνεια (γυαλόχαρτο).

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στην τραχιά επιφάνεια.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₂ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ
ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ INTERACTIVE PHYSICS

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ

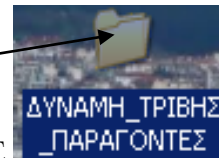


ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

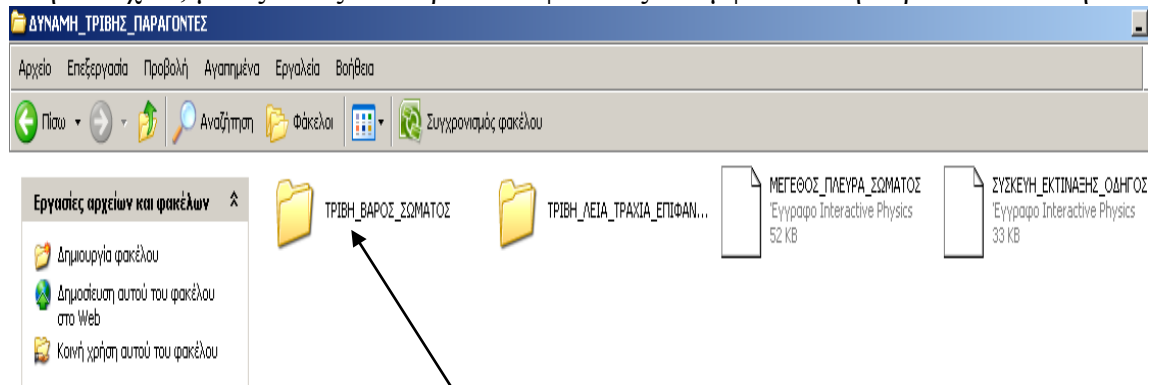
Αφού κλείσεις τα αρχεία του πρώτου πειράματος, πήγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



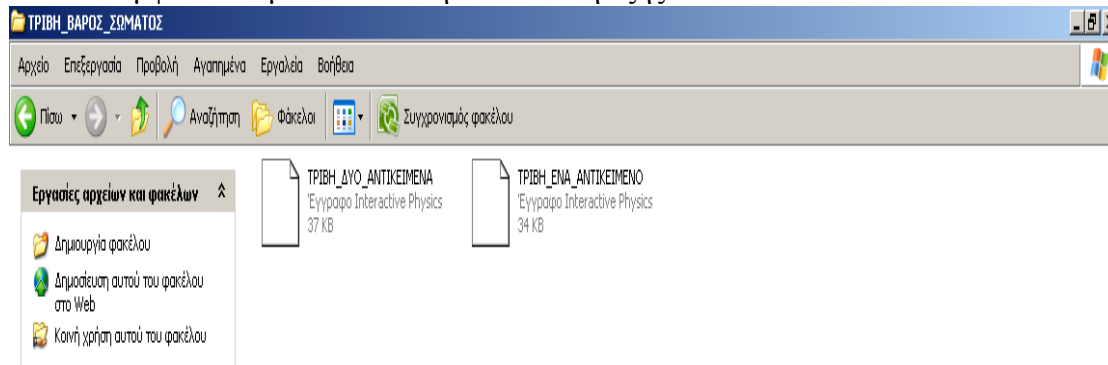
2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΤΡΙΒΗ_ΒΑΡΟΣ_ΣΩΜΑΤΟΣ. Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



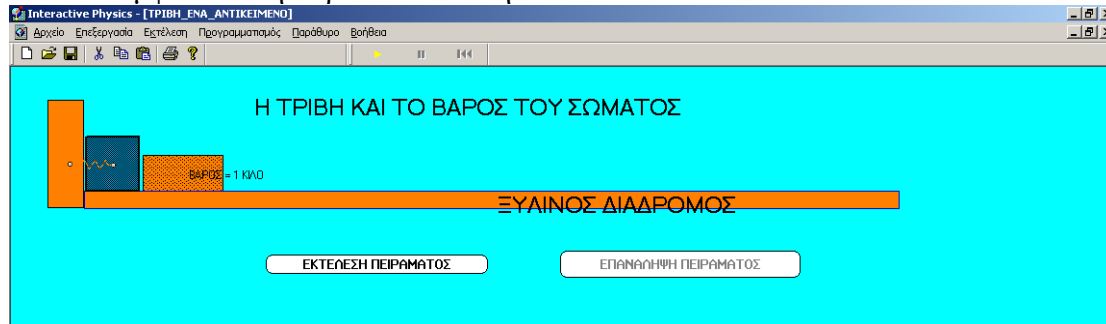
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποίησε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τοποθετήσαμε πάλι ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

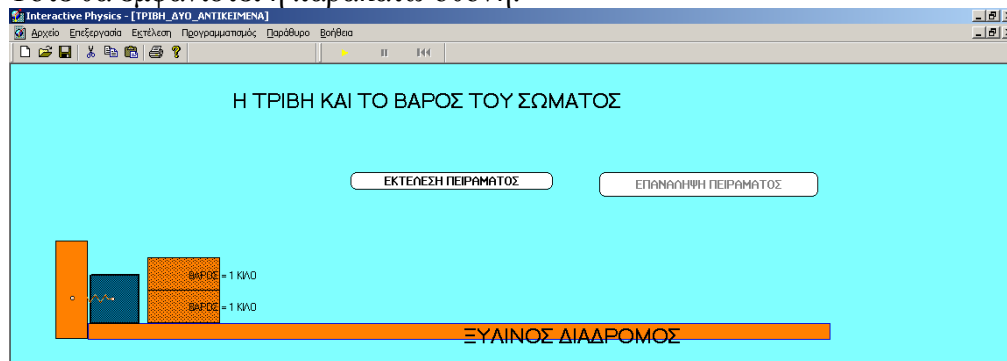
❖ Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ:

7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο *ΤΡΙΒΗ_ENA_ANTIKEIMENO*.

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΤΡΙΒΗ_ΔΥΟ_ANTIKEIMENA*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, αυξήσαμε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο αντικείμενο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο αντικείμενο στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΔΥΟ ΙΔΙΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο αντικείμενο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ένα ή τα δυο ξύλινα αντικείμενα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (*παράγοντες/μεταβλητές:*) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές την δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

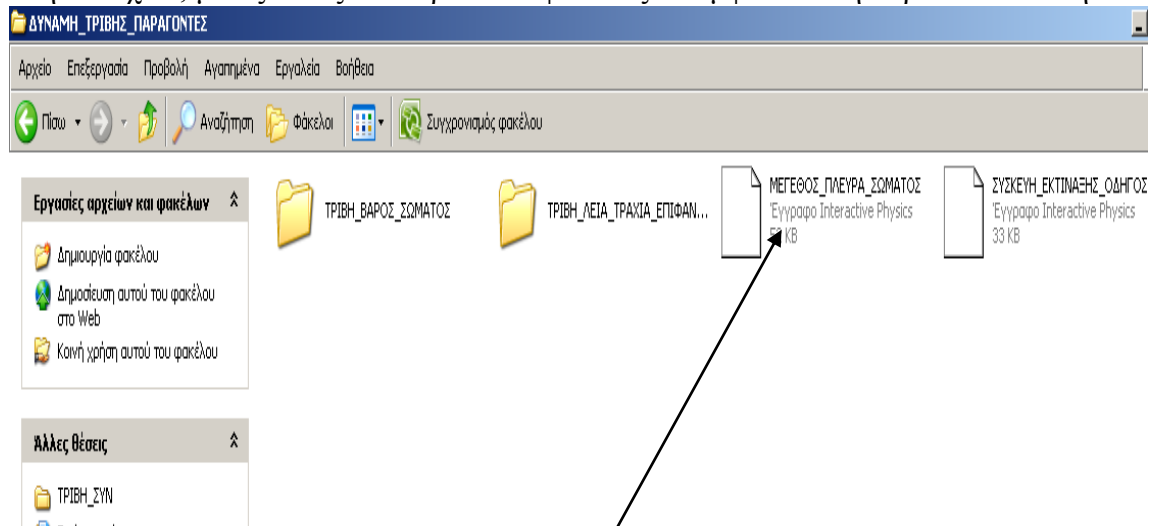
Αφού κλείσεις τα αρχεία του πρώτου πειράματος,
πήγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

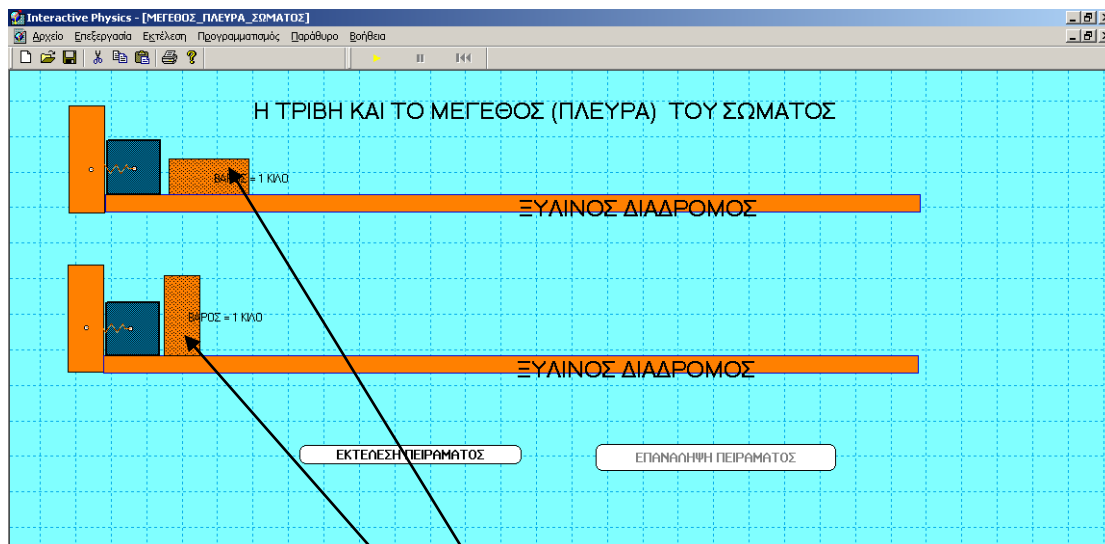
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΜΕΓΕΘΟΣ_ΠΛΕΥΡΑ_ΣΩΜΑΤΟΣ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη, όπου έχουμε δυο περιπτώσεις πειραμάτων:



❖ **Πρώτη περίπτωση:**

Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του.

❖ **Δεύτερη περίπτωση:**

Στη δεύτερη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια).

4^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δυο ξύλινα αντικείμενα (στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση) να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν το καθένα πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα ξύλινα αντικείμενα και στις δυο περιπτώσεις.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ, ΠΕΡΙΠΟΥ, ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₂ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ
ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ INTERACTIVE PHYSICS

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι: είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά), βάρος αντικειμένου, δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί, απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια, επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές την δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; (Σκέψου ανακαλώντας στη μνήμη σου τα πειράματα που εκτέλεσες)

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁷⁴ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε»

Ο **συμμαθητής** του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Όταν ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, η τριβή είναι μικρή».



Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

⁷⁴ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....
.....

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁷⁵;



.....
.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

- α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτό.
- β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

- α) Όταν είναι άδειο.
- β) Όταν είναι φορτωμένο.
- γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

⁷⁵ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₃

*Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού*

□

Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Γυάλινο δοχείο ζέσης 250 ml (ή γραμμαρίων)
2. Ένα γκαζάκι
3. Ξύλινο μανταλάκι
4. Θερμόμετρο Οينوπνεύματος (-20 °C έως 110 °C)
5. Νερό
6. Ρολόι (χρονόμετρο)
7. Θερμομονωτικά γάντια
8. Αναπτήρας



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε την κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

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

2) Η ποσότητα του νερού που βάζουμε αρχικά στην κατσαρόλα για να μαγειρέψουμε ένα φαγητό είναι ίδια ή διαφορετική με την ποσότητα του νερού μετά το βρασμό;
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3) Έχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε.
Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο (σε βαθμούς Κελσίου - °C) στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

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

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

4) Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....
.....

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

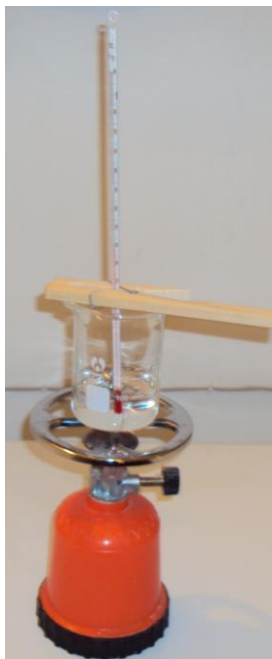
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Πάνω στο γκαζάκι έχεις ένα δοχείο που περιέχει 100 ml (ή γραμμάρια) νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.



Ανάβεις το γκαζάκι με μια σταθερή και σχετικά χαμηλή φλόγα και το νερό αρχίζει να ζεσταίνεται.

Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει (σε βαθμούς Κελσίου - °C) ,περίπου, το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;

..... °C.



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

Φαντάσου ότι ενώ βράζει το νερό δυναμώνεις απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι και συνεχίζεις να ζεσταίνεις το νερό.

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

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

- Στη συνέχεια, φαντάσου ότι αφού έχει βράσει το νερό σβήνεις το γκαζάκι και περιμένεις λίγο να κρυώσει το νερό.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί με τη στάθμη και τη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Θα μείνει η ίδια (σταθερή).

β) Θα μειωθεί.

γ) Θα αυξηθεί.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III):

Φαντάσου ότι γεμίζεις το δοχείο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και το ανάβεις με την ίδια περίπου φλόγα, όπως και όταν το δοχείο ήταν γεμάτο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο όταν αρχίζει να βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) .

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) .

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (IV):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Γεμίζεις το δοχείο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και το ανάβεις.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για ένα (1) λεπτό ακόμη (και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας).

Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Τη θερμοκρασία που βράζει το νερό ή διαφορετική θερμοκρασία; Ποια είναι αυτή η θερμοκρασία;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

Στη συνέχεια αδειάζεις το δοχείο και το γεμίζεις πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό. Ανάβεις πάλι το γκαζάκι με την ίδια περίπου φλόγα.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για δυο (2) λεπτά ακόμη (και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας).

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

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

Για μια ακόμη φορά αδειάζεις το δοχείο και το γεμίζεις με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Ανάβεις πάλι το γκαζάκι με την ίδια περίπου φλόγα.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για τρία (3) λεπτά ακόμη και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας.

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) .

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

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

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



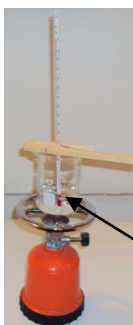
ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Βάλε το δοχείο ζέσεως πάνω στο γκαζάκι.

Τοποθέτησε και στήριξε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με ένα ξύλινο μανταλάκι.

Προσοχή!!! Τοποθέτησε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με τέτοιο τρόπο ώστε το άκρο του να μην ακουμπά στα τοιχώματα και στον πυθμένα του δοχείου ζέσεως.



2^ο Βήμα

Γέμισε το δοχείο ζέσεως με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

3^ο Βήμα

Άναψε το γκαζάκι με μια σταθερή και σχετικά χαμηλή φλόγα, έτσι ώστε το νερό να αρχίζει να ζεσταίνεται.

4^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

❖ Μόλις συμπληρώσεις τον παραπάνω πίνακα, σταμάτησε το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP) περίπου στο 5^ο λεπτό.

Σε ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;

..... °C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι (αύξηση παροχής θερμότητας) και συνέχιζε να ζεσταίνεις το νερό.

2^ο Βήμα

Ενεργοποίησε πάλι το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP).

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.
7 ^ο λεπτό (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.

Τώρα ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμοόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

- Στη συνέχεια σβήσε το γκαζάκι.
- Ακούμπησε το δοχείο, με τη βοήθεια του δασκάλου και με χρήση θερμομονωτικών γαντιών, στο θρανίο.
- Περίμενε λίγο να κρυώσει το νερό.
- **Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;**

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).
- β) Μειώθηκε.
- γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του δεύτερου πειράματος είναι: παροχή θερμότητας, ποσότητα νερού και θερμοκρασία,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του δεύτερου πειράματος;.....
2. Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια (έναρξη) του πειράματος;.....
3. Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη θερμοκρασία που βράζει το νερό;.....
.....
4. Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΞΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ

❖ Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του Πρώτου και Δεύτερου πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Παροχή θερμότητας	Όταν το νερό βράζει, το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
Χαμηλή φλόγα	°C	
Υψηλή φλόγα	°C	



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :

1^ο Βήμα:

Αδειασε το νερό από το δοχείο (του προηγούμενου πειράματος).

2^ο Βήμα:

Γέμισε το δοχείο που βρίσκεται πάνω στο θρανίο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμαρία) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και άναψε το με την ίδια περίπου φλόγα, όπως και όταν το δοχείο ήταν γεμάτο με 100 ml (ή γραμμαρία) νερό.

4^ο Βήμα

Αφού μηδενίσεις το χρονόμετρο, παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.

Ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του Τρίτου πειράματος είναι: παροχή θερμότητας, ποσότητα νερού και θερμοκρασία,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
2. Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια (έναρξη) του πειράματος;.....
3. Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη θερμοκρασία που βράζει το νερό;.....
4. Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΞΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ

- Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του Δευτέρου και Τρίτου πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Ποσότητα νερού (γραμμάρια ή ml) στο δοχείο	Όταν το νερό αρχίζει να βράζει το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
100	°C	
200	°C	



ΤΕΤΑΡΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ (ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΟ – ΑΝ ΕΠΑΡΚΕΣΕΙ Ο ΧΡΟΝΟΣ)

1^ο Βήμα:

Άδειασε το νερό από το δοχείο.

2^ο Βήμα:

Γέμισε το δοχείο που βρίσκεται πάνω στο θρανίο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.
Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και άναψε το.
Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για ένα (1) ακόμη λεπτό (και μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια είναι, περίπου, η θερμοκρασία που δείχνει το θερμόμετρο; °C.

Είναι η θερμοκρασία που βράζει το νερό ή αλλάζει;

.....
.....

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

Στη συνέχεια άδειασε το δοχείο και γέμισε το πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.
Άναψε πάλι το γκαζάκι με την ίδια περίπου φλόγα.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για δυο (2) ακόμη λεπτά (και μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο; °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

Για μια ακόμη άδειασε το δοχείο και γέμισε το πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.
Άναψε το πάλι με την ίδια περίπου φλόγα.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για τρία (3) ακόμη λεπτά (και μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο; °C.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₃ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που βράζει το νερό.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί;

.....

.....

.....

- Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Επιπλέον χρόνος παροχής θερμότητας (λεπτά της ώρας)	Όταν το νερό βράζει, το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
1	°C	
2	°C	
3	°C	



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1)Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε την κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

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

2)Η ποσότητα του νερού που βάζουμε αρχικά στην κατσαρόλα για να μαγειρέψουμε ένα φαγητό είναι ίδια ή διαφορετική με την ποσότητα του νερού μετά το βρασμό;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

3)Έχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....
.....

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

4)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

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

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₄

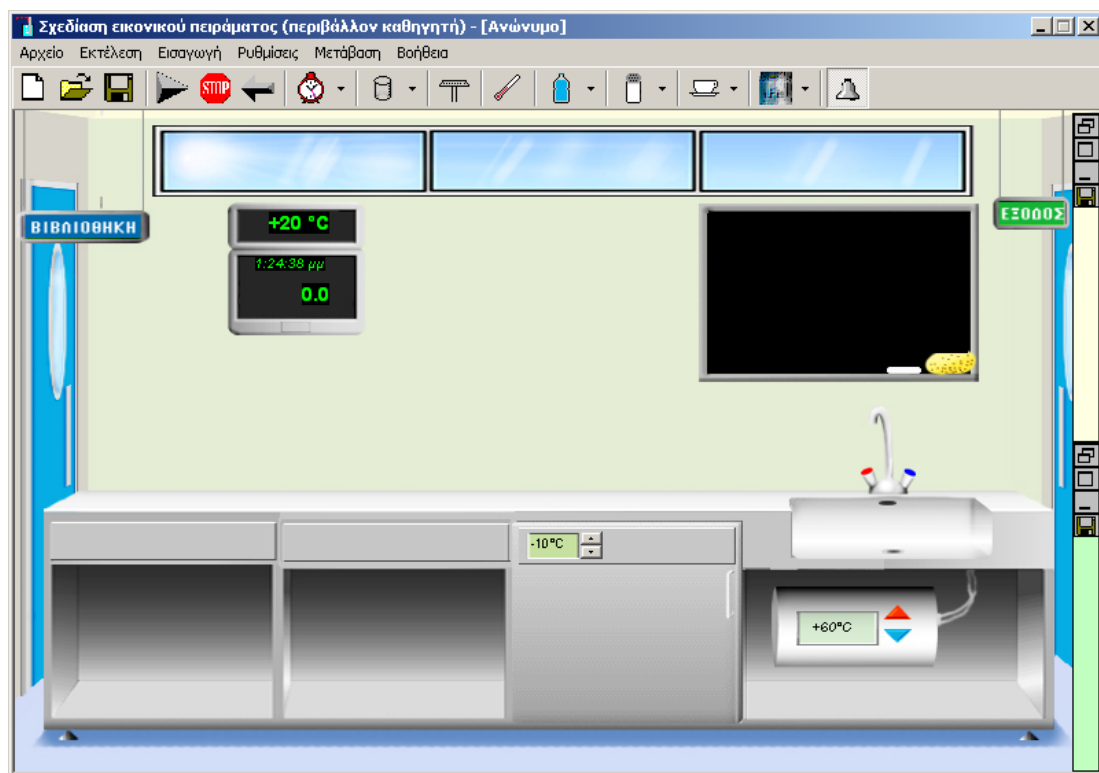
Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «Σ.Ε.Π.» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον)

Αρχικά εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη (το εργαστήριο Θερμότητας) στην οποία μπορούμε να κάνουμε το ΒΡΑΣΜΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ :



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1)Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε την κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

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

2)Η ποσότητα του νερού που βάζουμε αρχικά στην κατσαρόλα για να μαγειρέψουμε ένα φαγητό είναι ίδια ή διαφορετική με την ποσότητα του νερού μετά το βρασμό;
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3)Εχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε.
Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

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

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.
.....
.....

4)Εχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

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

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.
.....
.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

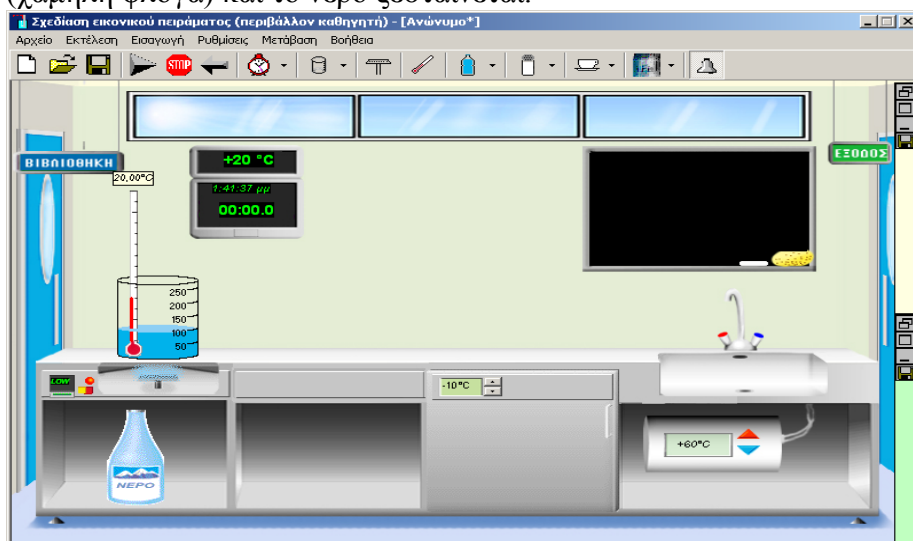


ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Πάνω στο λύχνο θέρμανσης - Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι) έχουμε ένα δοχείο που περιέχει 100 ml (ή γραμμάρια) νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Ανάβουμε το λύχνο θέρμανσης στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα) και το νερό ζεσταίνεται.



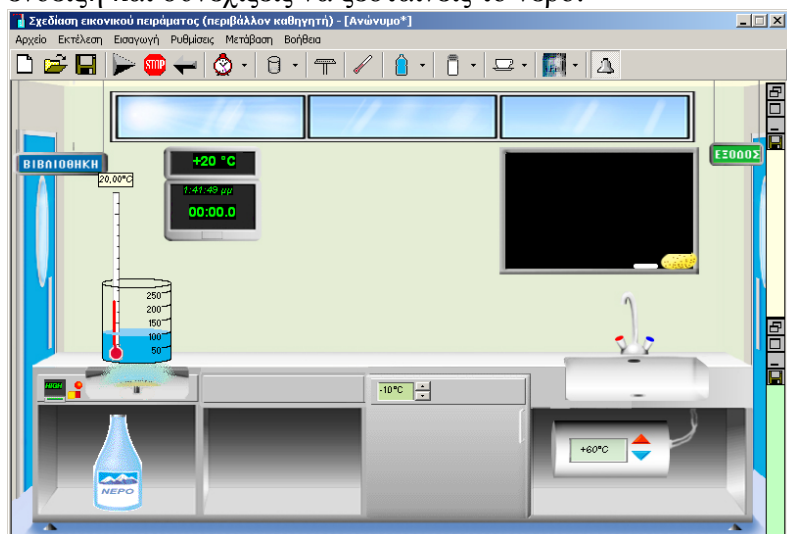
Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο (σε βαθμούς Κελσίου - °C) όταν βράζει το νερό;

..... °C



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

Φαντάσου ότι ενώ βράζει το νερό δυναμώνεις απότομα το λύχνο θέρμανσης - Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι) στην υψηλή ένδειξη και συνεχίζεις να ζεσταίνεις το νερό.



Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό όταν ο λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη.
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό όταν λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη.
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό σε δοχείο όταν ο λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

- Στη συνέχεια, φαντάσου ότι αφού έχει βράσει το νερό σβήνεις το ηλεκτρικό μάτι και περιμένεις λίγο να κρυώσει το νερό.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί με τη στάθμη και τη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Θα μείνει η ίδια (σταθερή).
- β) Θα μειωθεί.
- γ) Θα αυξηθεί.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

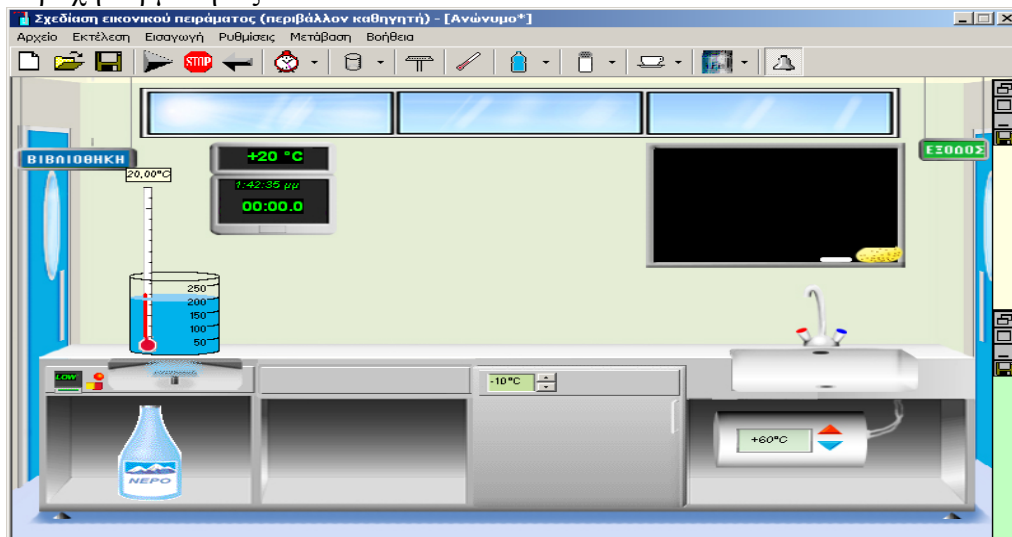


ΠΡΟΒΛΕΨΗ (ΙΙΙ):

Στη συνέχεια φαντάσου ότι γεμίζεις το δοχείο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμαρία) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και τον ανάβεις πάλι στη χαμηλή παροχή θερμότητας.



Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο όταν αρχίζει να βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....



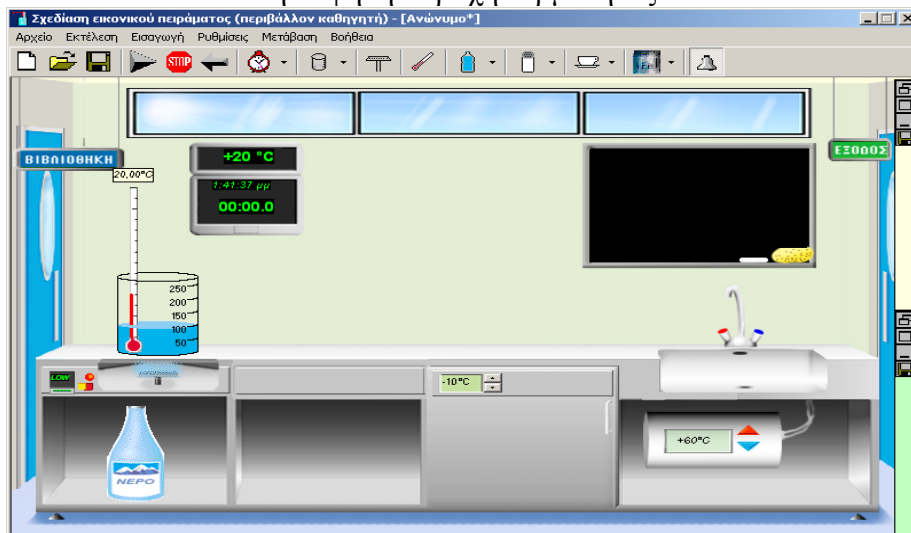
ΠΡΟΒΛΕΨΗ (IV):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Γεμίζεις το δοχείο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και το ανάβεις στην υψηλή παροχή θερμότητας.



Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για ένα (1) λεπτό ακόμη (και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας).

Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Τη θερμοκρασία που βράζει το νερό ή διαφορετική θερμοκρασία; Ποια είναι αυτή η θερμοκρασία;

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

Στη συνέχεια διαγράφεις το δοχείο και το γεμίζεις πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και τον ανάβεις πάλι στην υψηλή παροχή.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για δυο (2) λεπτά ακόμη (και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας).

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

Για μια ακόμη φορά διαγράφεις το δοχείο και το γεμίζεις με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και τον ανάβεις πάλι στην υψηλή παροχή.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, το αφήνεις για τρία (3) λεπτά ακόμη (και μετά διακόπτεις την παροχή θερμότητας).

Τώρα τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....
.....

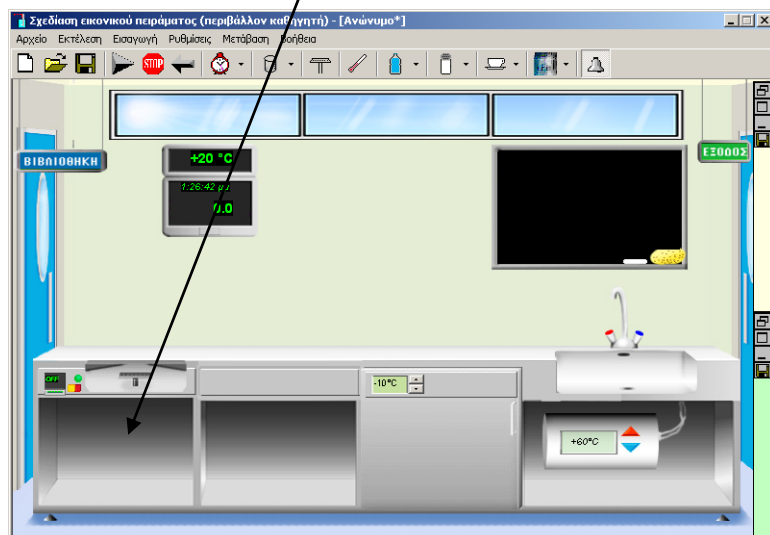
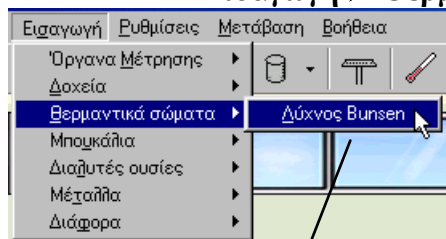
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

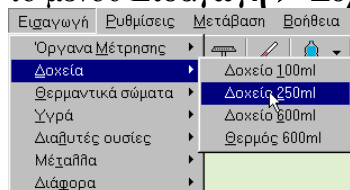
1^ο Βήμα

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας έναν λύχνο Bunsen (ή ηλεκτρικό μάτι), επιλέγοντας
Εισαγωγή > Θερμαντικά σώματα > Λύχνος Bunsen,



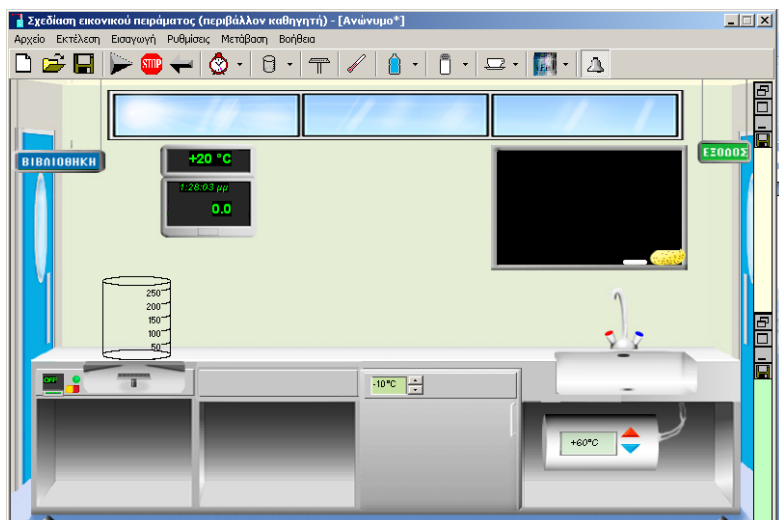
2^ο Βήμα

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας δοχείο των 250 ml (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας
το μενού **Εισαγωγή > Δοχεία > Δοχεία 250 ml**



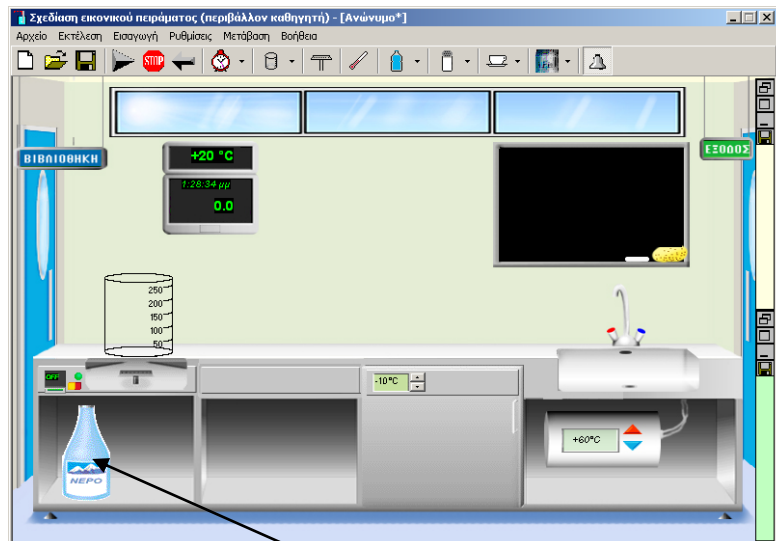
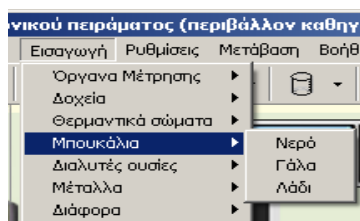
Στη συνέχεια μετακίνησε με το ποντίκι το δοχείο πάνω στο λύχνο Bunsen, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₄ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ Σ.Ε.Π.



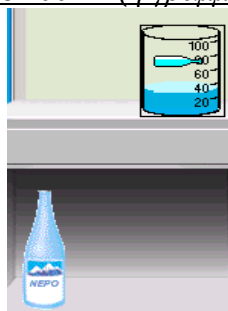
3^ο Βήμα

Τοποθέτησε στο κάτω μέρος του πάγκου εργασίας μπουκάλι νερού, χρησιμοποιώντας το μενού το μενού **Εισαγωγή** ➤ **Μπουκάλια** ➤ **Νερό**



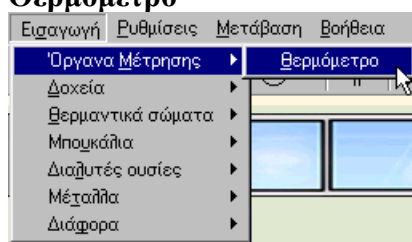
Στη συνέχεια κάνοντας αριστερό κλικ στο Μπουκάλι με το νερό, το ποντίκι παίρνει τη μορφή μικρού μπουκαλιού.

Τέλος, οδήγησε τον κέρσorra του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό:

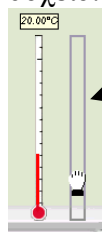


4^ο Βήμα

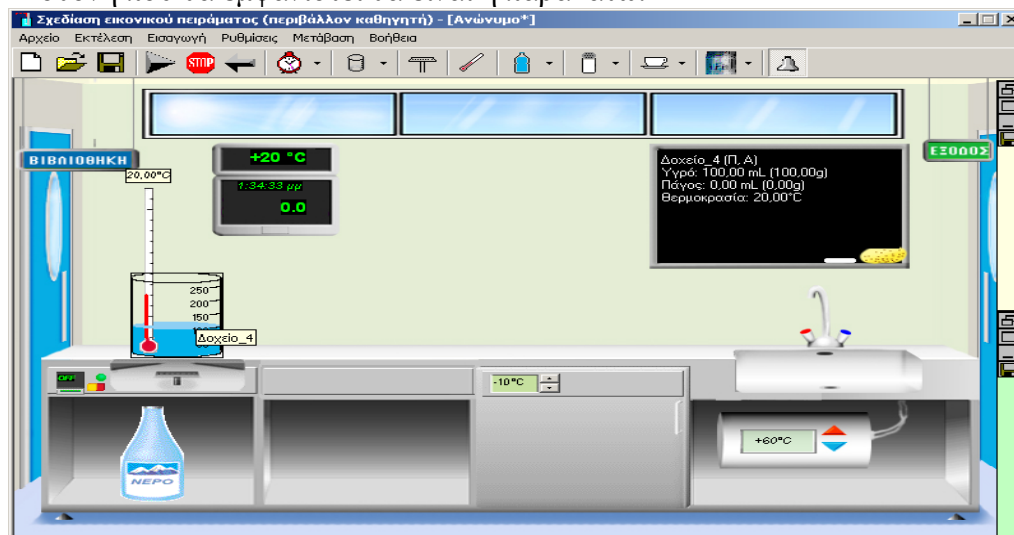
Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας **Εισαγωγή > Όργανα μέτρησης > Θερμόμετρο**



Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.



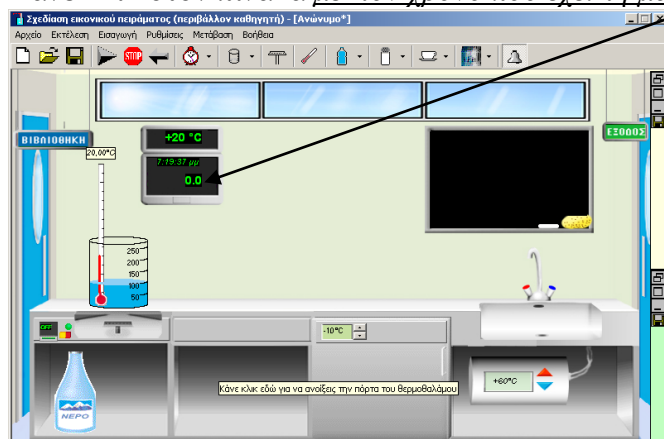
Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



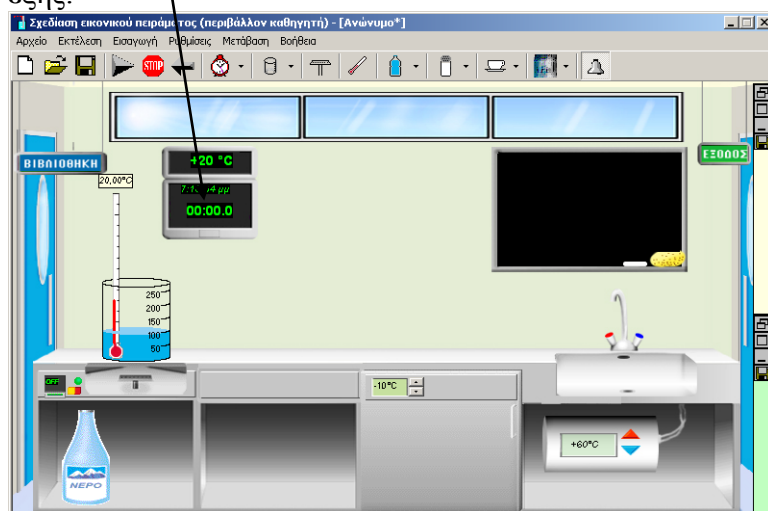
Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στον πίνακα με τον χρόνο που έχει τη μορφή 0.0 (δευτερόλεπτα:δέκατα):

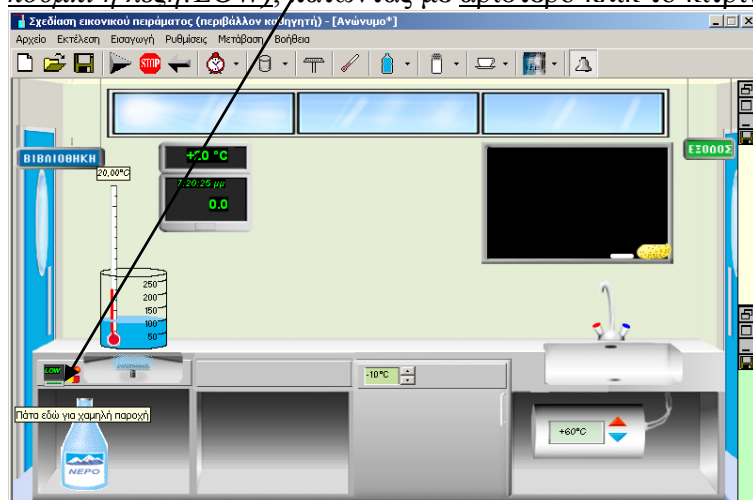


Τότε ο χρόνος θα εμφανίζεται στην οθόνη με τη μορφή λεπτά:δευτερόλεπτα:δέκατα ως εξής:



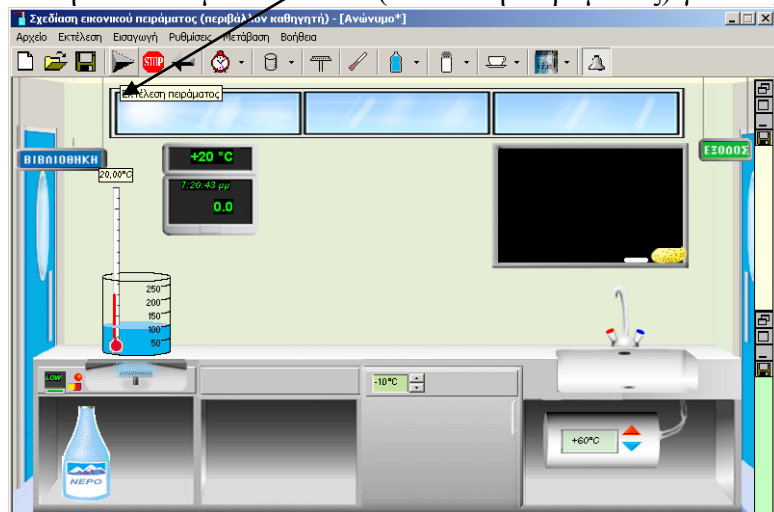
6^ο Βήμα

Αναψε το Λύχνο στη χαμηλή παροχή θερμότητας (θα εμφανιστεί δίπλα από το κίτρινο κουμπί η λέξη:LOW), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κουμπί.



7^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



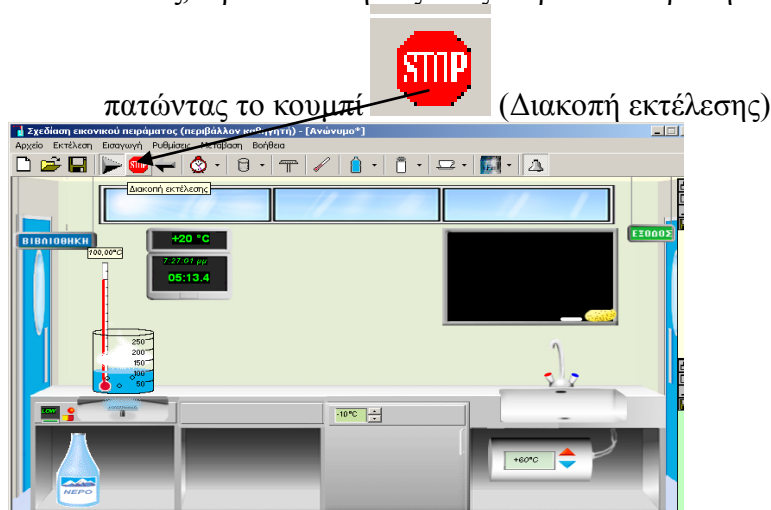
Στη συνέχεια το νερό αρχίζει να ζεσταίνεται.

8^ο Βήμα

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

➤ Τέλος, πριν απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις, σταμάτησε το πείραμα



Σε ποια θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;
..... °C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

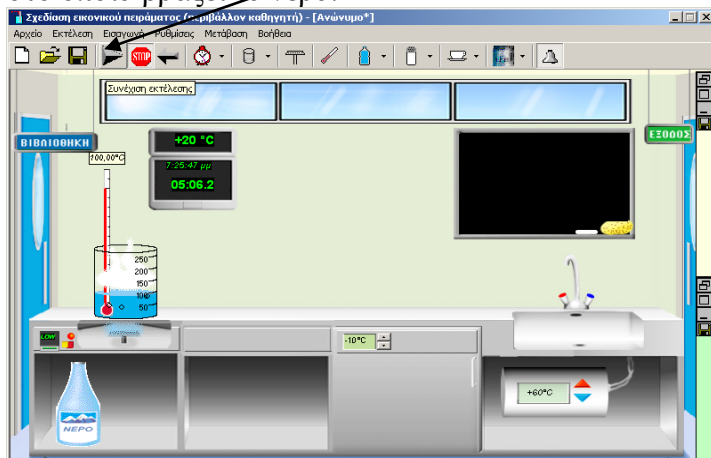
.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

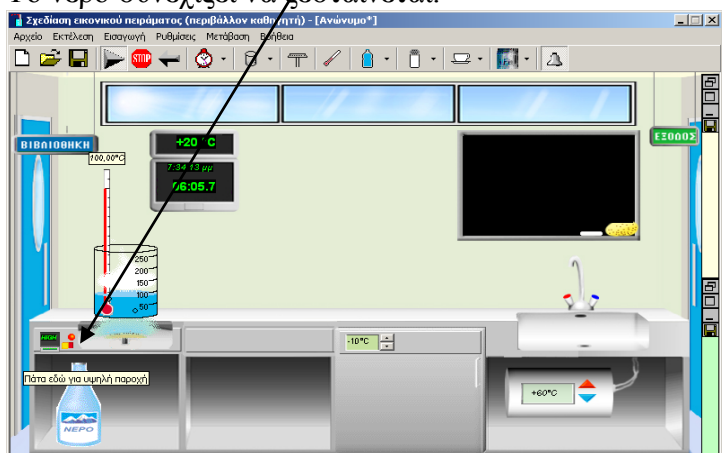
Πάτησε ξανά το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να συνεχίσει το πείραμα στο οποίο βράζει το νερό.



2^ο Βήμα

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα το λύχνο θέρμανσης στην υψηλή παροχή πατώντας με αριστερό κλικ το κόκκινο κουμπί (θα εμφανιστεί δίπλα από το κουμπί η λέξη: HIGH)

Το νερό συνεχίζει να ζεσταίνεται.



3^ο Βήμα

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό – (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.
7 ^ο λεπτό – (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.

Τώρα ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη (2).

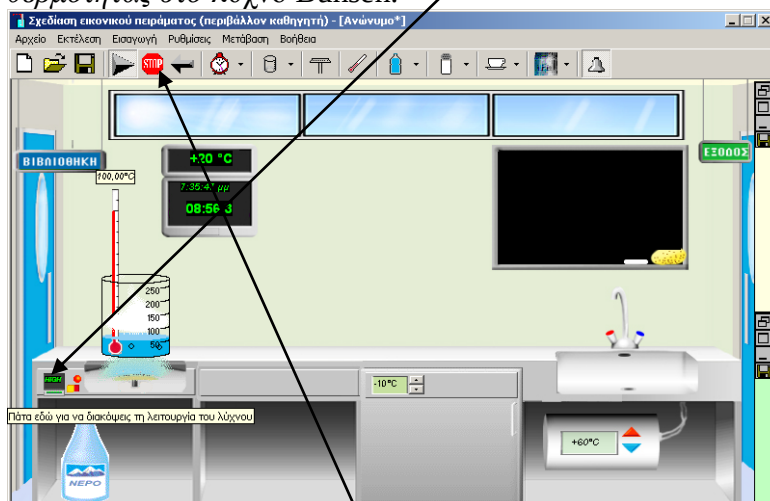
β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη (2).

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη (2).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

- Στη συνέχεια σβήσε το λύχνο Bunsen (το ηλεκτρικό μάτι), πατώντας αρχικά με αριστερό κλικ την ένδειξη: **HIGH**(στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης), έτσι ώστε να εμφανιστεί η ένδειξη **OFF** που σημαίνει ότι διακόπτεται η παροχή θερμότητας στο λύχνο Bunsen.



- Τέλος πάτησε το κουμπί (Διακοπή εκτέλεσης)

- Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).

β) Μειώθηκε.

γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....
.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του δεύτερου πειράματος είναι: παροχή θερμότητας, ποσότητα νερού και θερμοκρασία,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

5. Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του δεύτερου πειράματος;.....
6. Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια (έναρξη) του πειράματος;.....
7. Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη θερμοκρασία που βράζει το νερό;.....
8. Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΞΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ

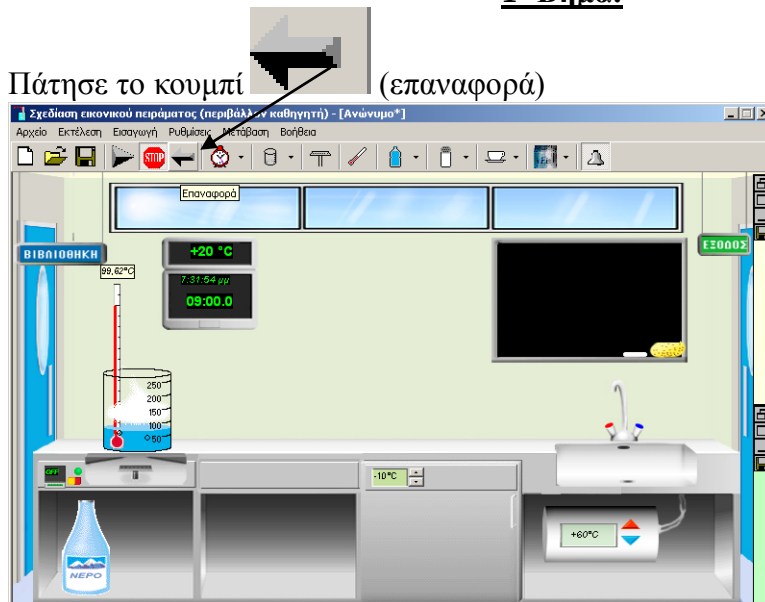
❖ Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του Πρώτου και Δεύτερου πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Παροχή θερμότητας	Όταν το νερό βράζει, το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
Χαμηλή	°C	
Υψηλή	°C	



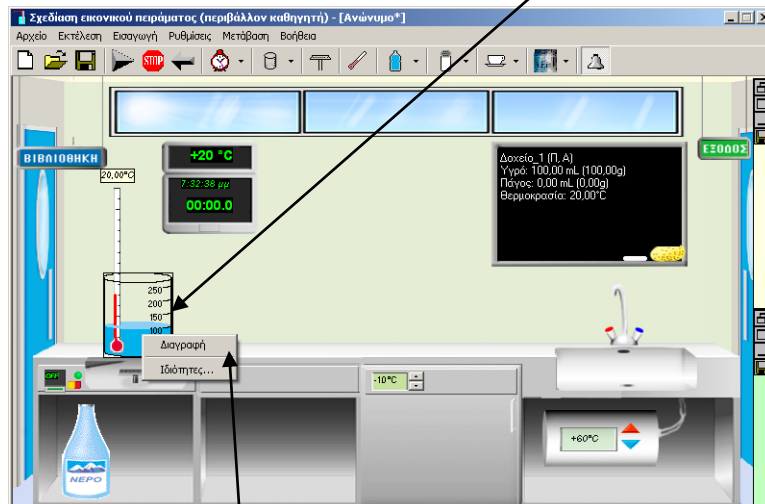
ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :
1^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί (επαναφορά)



2^ο Βήμα:

Επέλεξε με το ποντίκι το δοχείο και κάνε δεξί κλικ για να εμφανιστεί το παρακάτω εικονίδιο:

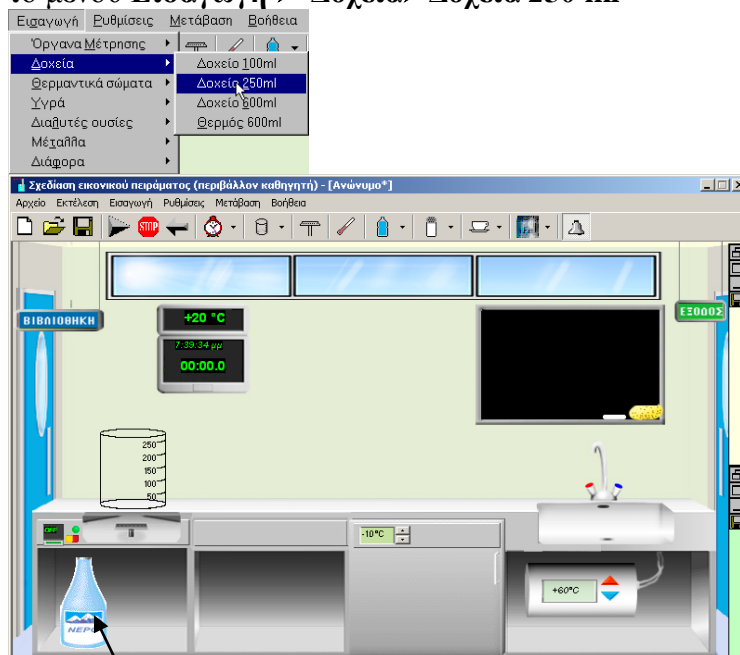


3^ο Βήμα:

Επέλεξε διαγραφή του δοχείου

4^ο Βήμα

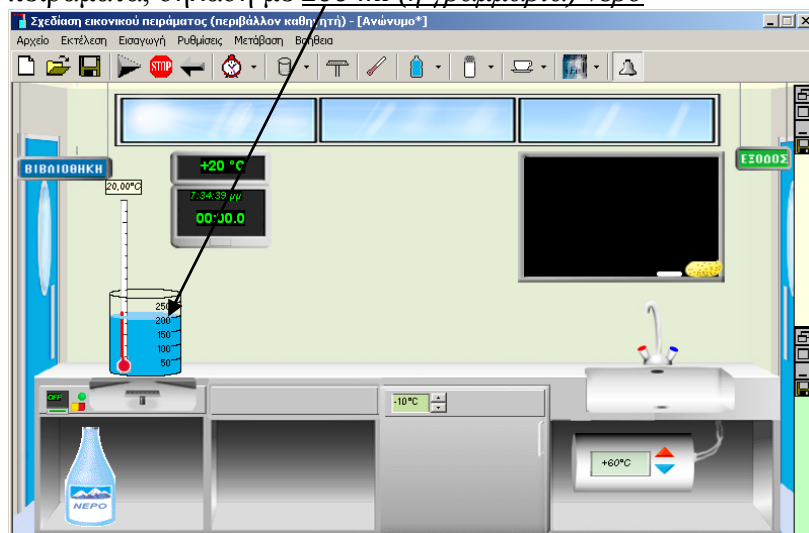
Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας δοχείο των 250 ml (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή ➤ Δοχεία ➤ Δοχεία 250 ml**



5^ο Βήμα – Γέμισμα Δοχείου με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml

Κάνε αριστερό κλικ στο Μπουκάλι με το νερό, έτσι ώστε το ποντίκι να πάρει τη μορφή μικρού μπουκαλιού.

Τέλος, οδήγησε τον κέρσorra του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με διπλάσια ποσότητα σε σχέση με τα προηγούμενα πειράματα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό



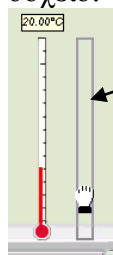
Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

6^ο Βήμα

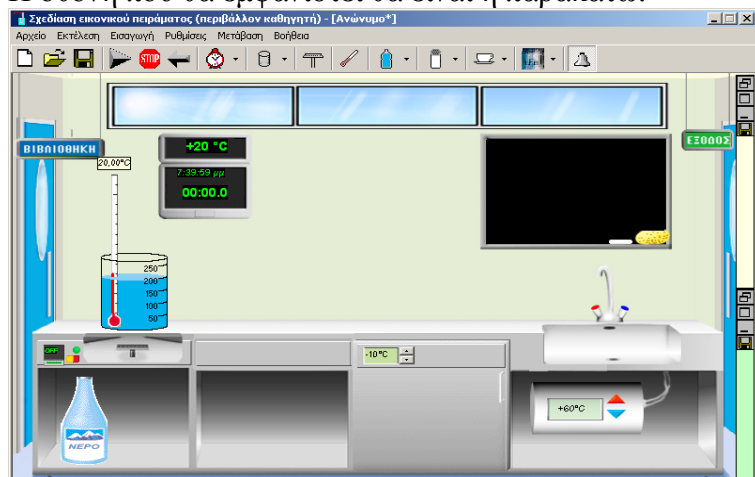
Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας Εισαγωγή ➤ Όργανα μέτρησης ➤ Θερμόμετρο



Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.

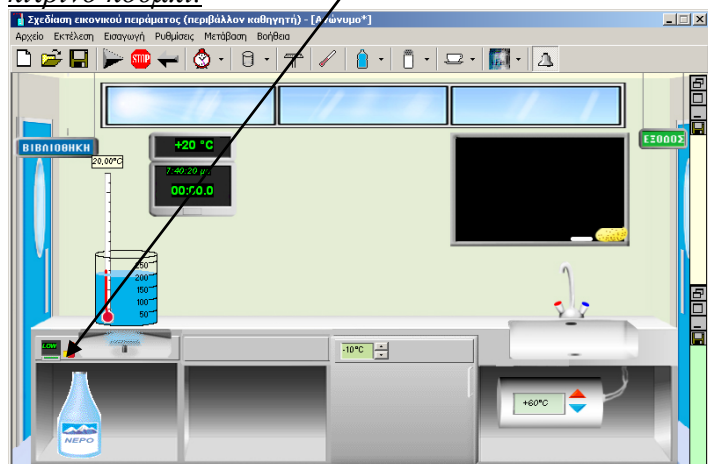


Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



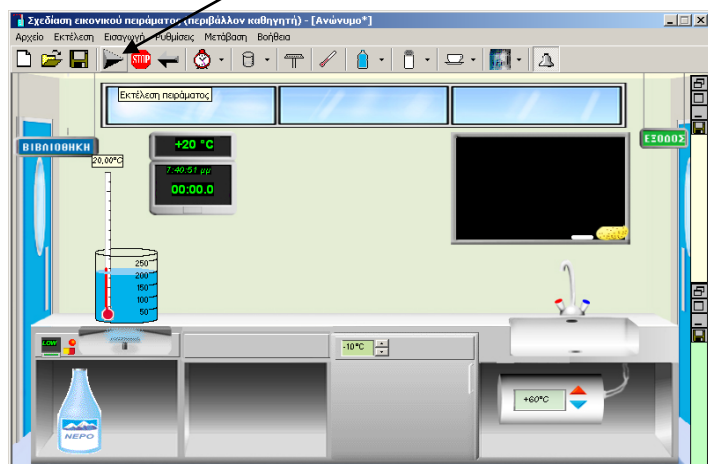
7^ο Βήμα

Άναψε το Λύχνο στη χαμηλή παροχή (θερμότητας), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κουμπί.



8^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



9^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.

Ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του Τρίτου πειράματος είναι: παροχή θερμότητας, ποσότητα νερού και θερμοκρασία,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

5. Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
6. Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια (έναρξη) του πειράματος;.....
7. Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη θερμοκρασία που βράζει το νερό;.....
.....
8. Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

Με βάση τις παραπάνω απαντήσεις συμπλήρωσε τους παράγοντες στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΑΛΛΑΞΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ

- Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του Δευτέρου και Τρίτου πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Ποσότητα νερού (γραμμάρια ή ml) στο δοχείο	Όταν το νερό αρχίζει να βράζει το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
100	°C	
200	°C	



ΤΕΤΑΡΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Γέμισε το δοχείο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Άναψε πάλι το λύχνο θέρμανσης Bunsen στην υψηλή παροχή και πάτησε το κουμπί



για να ξεκινήσει το πείραμα.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για ένα (1) ακόμη λεπτό και (μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια είναι η θερμοκρασία που δείχνει το θερμόμετρο;

Είναι η θερμοκρασία που βράζει το νερό ή αλλάζει;

.....
.....

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....
.....

Στη συνέχεια διέγραψε το δοχείο, κάνε εισαγωγή νέου δοχείου και γέμισέ το πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και άναψε τον πάλι στην υψηλή παροχή.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για δυο (2) ακόμη λεπτά (και μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο;.....

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη.

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη..

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....
.....

Για μια ακόμη φορά διέγραψε το δοχείο, κάνε εισαγωγή νέου δοχείου και γέμισέ το πάλι με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και άναψε τον πάλι στην υψηλή παροχή.

Όταν το νερό αρχίζει να βράζει, άφησε το για τρία (3) ακόμη λεπτά (και μετά διέκοψε την παροχή θερμότητας).

Ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο;.....

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη.

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη..

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) και το άφησες να βράζει για ένα (1) λεπτό ακόμη.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....
.....

Συγκέντρωσε τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος και κατέγραψε τα στον παρακάτω πίνακα:

Επιπλέον χρόνος παροχής θερμότητας (λεπτά της ώρας)	Όταν το νερό βράζει, το θερμόμετρο δείχνει (°C)	Τι παρατηρείς για τη θερμοκρασία βρασμού του νερού στο δοχείο;
1	°C	
2	°C	
3	°C	



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1)Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε την κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

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

2)Η ποσότητα του νερού που βάζουμε αρχικά στην κατσαρόλα για να μαγειρέψουμε ένα φαγητό είναι ίδια ή διαφορετική με την ποσότητα του νερού μετά το βρασμό;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

3)Έχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....
.....

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

4)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

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

Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία σε καθένα από τα δυο θερμόμετρα;

.....
.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₅

Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού
κυκλώματος

ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση του πειράματος:

1. μια μπαταρία πλακέ 4,5V
2. ένα λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με τη βάση του (ή λυχνιολαβή)
3. ένα διακόπτη
4. τρία καλώδια (με κροκοδειλάκια)



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως συνδέεται η λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε να ανάβει;

.....

.....

.....

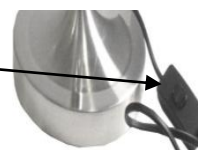
β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;



.....

.....

.....

2) Η έκφραση «κλείσε το φως», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, αναφέρεται στο κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα που πετυχαίνουμε με τους διακόπτες;

.....

.....

.....

3) Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε στα καλώδια της ΔΕΗ;

.....

.....

.....

4) Πως πιστεύεις ότι δουλεύει ένας φακός και ανάβει η λάμπα του;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):



1^η δραστηριότητα:

Για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να το συνδέσεις με μια ηλεκτρική πηγή.

Στα πειράματα θα χρησιμοποιήσεις ως ηλεκτρική πηγή την μπαταρία.

Ας υποθέσουμε ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία και ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή).

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία και το λαμπάκι, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).



Τι πιστεύεις ότι γίνεται και ανάβει το λαμπάκι;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις πως βοηθά η μπαταρία για να ανάψει το λαμπάκι;

.....

.....

.....

Μπορεί το λαμπάκι να ανάψει μόνο με ένα καλώδιο;

Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

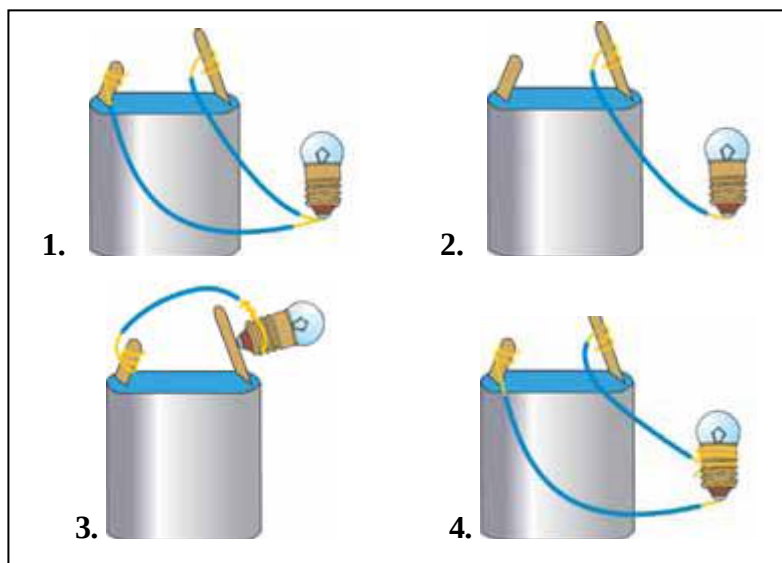
.....

.....

.....

2^η δραστηριότητα:

Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις⁷⁶ πιστεύεις ότι, αν συνδέαμε τα καλώδια με τη λάμπα και την μπαταρία, θα ανάβε το λαμπάκι;



Στις παρακάτω γραμμές σημείωσε τους αριθμούς κάθε σχήματος που θεωρείς ότι θα ανάψει το λαμπάκι και δικαιολόγησε την απάντησή σου;

.....

.....

.....

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):



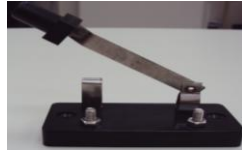
Στη συνέχεια ας υποθέσουμε ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία, ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή) και έναν διακόπτη.

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία, το λαμπάκι και το διακόπτη, έτσι ώστε αν κλείσεις το διακόπτη να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).

⁷⁶ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₅ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί αν κλείσεις τον διακόπτη;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί αν ανοίξεις τον διακόπτη;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:
(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια))



Εικόνα (1)

Αρχικά σύνδεσε τους δυο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.
Μετά σύνδεσε τα καλώδια με τις δυο επαφές της βάσης (ή λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι (εικόνα 1).

Τι παρατηρείς για το λαμπάκι;

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

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

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

Μπορείς να εξηγήσεις πως βοηθά η μπαταρία για να ανάψει το λαμπάκι;

.....
.....

Σύνδεσε την μπαταρία και το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο.

Τι παρατηρείς;

Ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

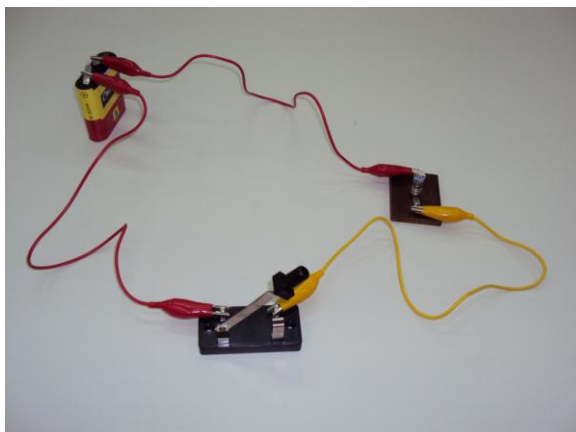
.....
.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (εικόνα 2) στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια)).



Εικόνα (2)

Αρχικά σύνδεσε τους δυο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.

Μετά σύνδεσε τα καλώδια με το διακόπτη και τις δυο επαφές της βάσης (ή λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι.

Κλείσε το διακόπτη.

Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

.....

.....

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....

Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

.....

.....

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Στα παραπάνω πειράματα που πραγματοποίησες παρατήρησες και διαπίστωσες ότι για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να συνδέεται με την μπαταρία και δυο καλώδια. Όμως, στο φωτιστικό γραφείου στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως συνδέεται η λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε να ανάβει;

.....

.....

.....

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;



.....

.....

.....

2) Η έκφραση «κλείσε το φως», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, αναφέρεται στο κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα που πετυχαίνουμε με τους διακόπτες;

.....

.....

.....

3) Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε στα καλώδια της ΔΕΗ;

.....

.....

.....

4) Πως πιστεύεις ότι δουλεύει ένας φακός και ανάβει η λάμπα του;

.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₆

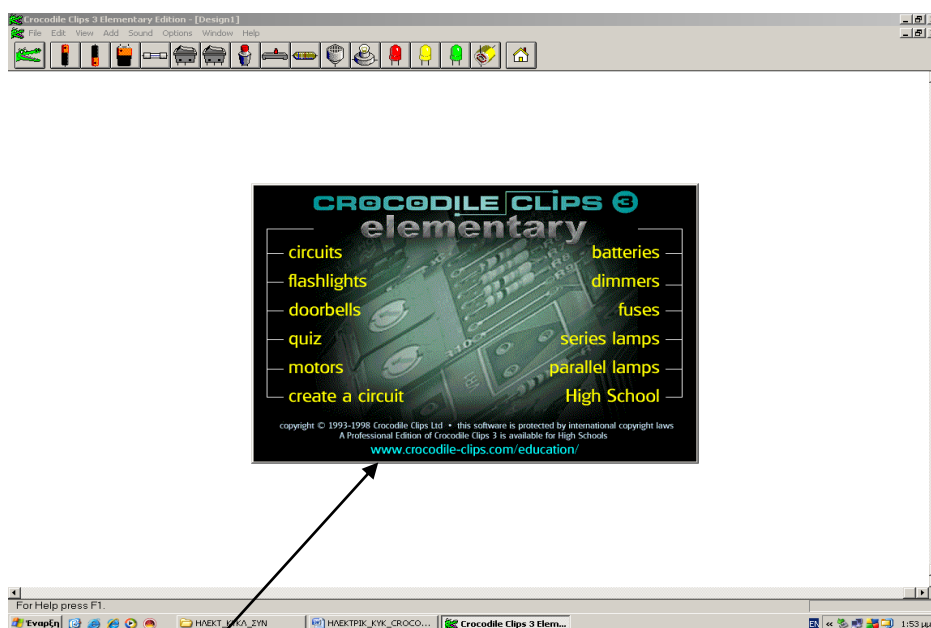
Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού
κυκλώματος

ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

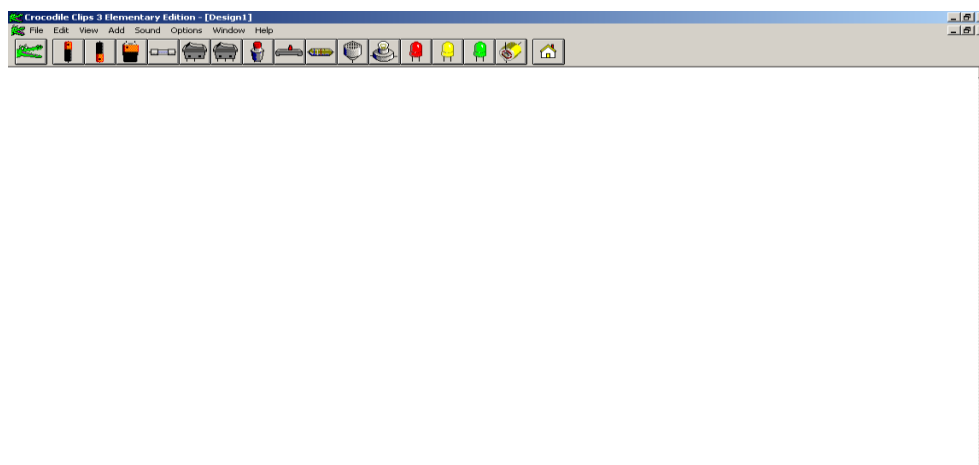
ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION»
ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION

Η αρχική οθόνη του λογισμικού είναι:



Κάνοντας κλικ έχουμε την παρακάτω οθόνη:



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως συνδέεται η λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε να ανάβει;

.....

.....

.....

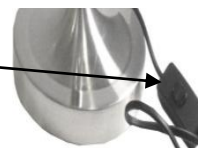
β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;



.....

.....

.....

2) Η έκφραση «κλείσε το φως», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, αναφέρεται στο κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα που πετυχαίνουμε με τους διακόπτες;

.....

.....

.....

3) Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε στα καλώδια της ΔΕΗ;

.....

.....

.....

4) Πως πιστεύεις ότι δουλεύει ένας φακός και ανάβει η λάμπα του;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

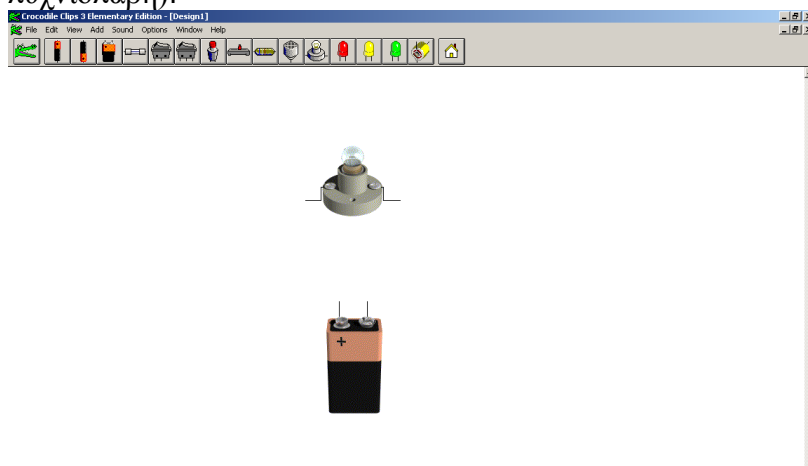
1^η δραστηριότητα:

Για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να το συνδέσεις με μια ηλεκτρική πηγή.

Στα πειράματα θα χρησιμοποιήσεις ως ηλεκτρική πηγή την μπαταρία.

Ας υποθέσουμε ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία και ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή).

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία και το λαμπάκι, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).



Τι πιστεύεις ότι γίνεται και ανάβει το λαμπάκι;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις πως βοηθά η μπαταρία για να ανάψει το λαμπάκι;

.....

.....

.....

Μπορεί το λαμπάκι να ανάψει μόνο με ένα καλώδιο;

Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

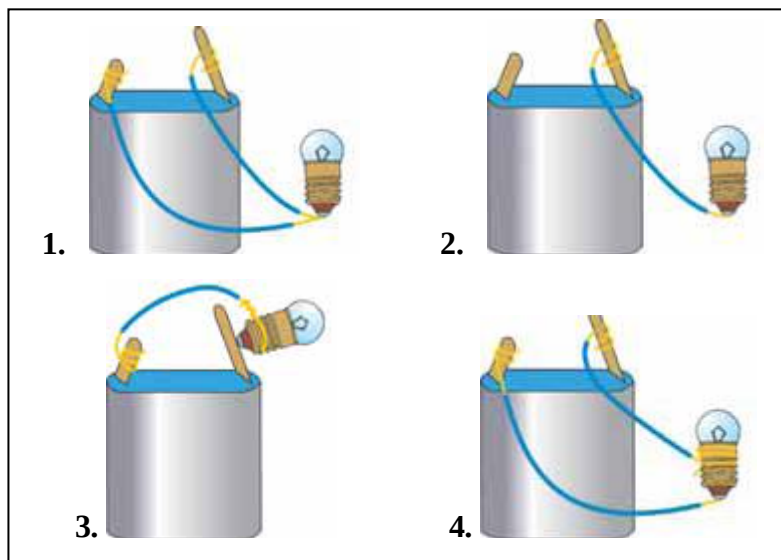
.....

.....

.....

2^η δραστηριότητα:

Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις⁷⁷ πιστεύεις ότι, αν συνδέαμε τα καλώδια με τη λάμπα και την μπαταρία, θα ανάβε το λαμπάκι;



Στις παρακάτω γραμμές σημείωσε τους αριθμούς κάθε σχήματος που θεωρείς ότι θα ανάψει το λαμπάκι και δικαιολόγησε την απάντησή σου;

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



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

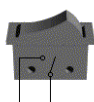
Στη συνέχεια ας υποθέσουμε ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία, ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή) και έναν διακόπτη.

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία, το λαμπάκι και το διακόπτη, έτσι ώστε αν κλείσεις το διακόπτη να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).

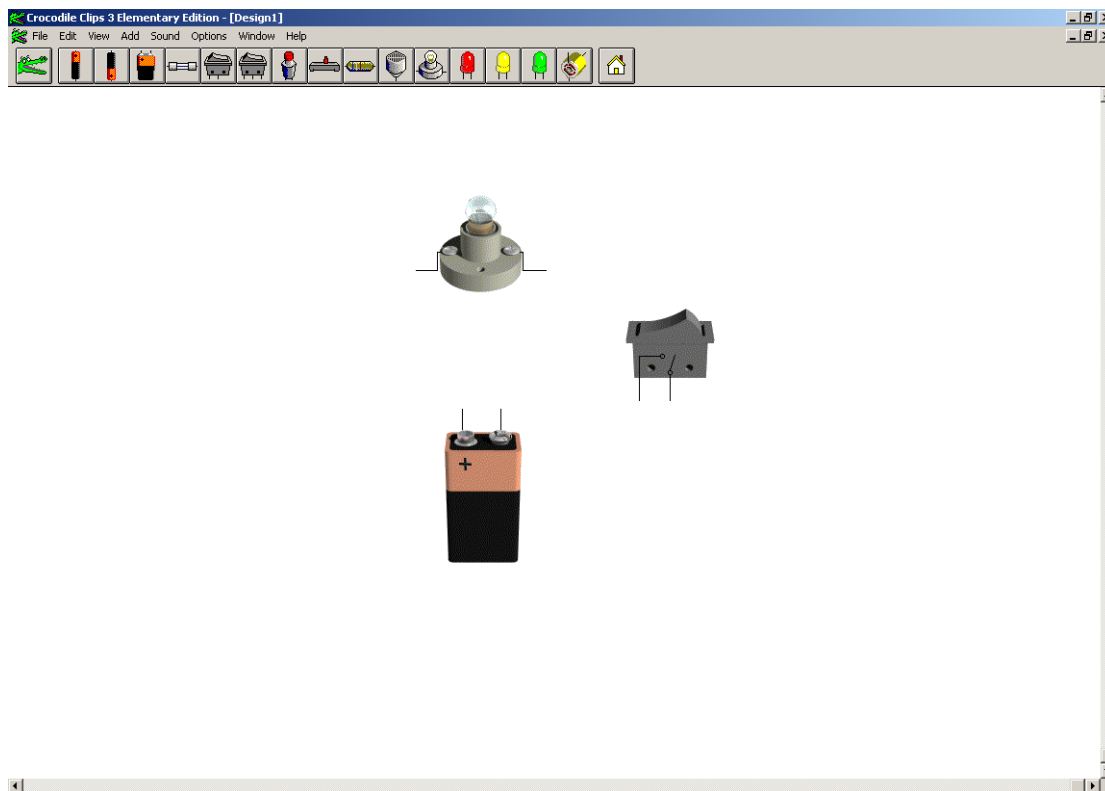
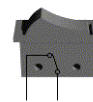
⁷⁷ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₆ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION

Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί αν κλείσεις τον διακόπτη;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί αν ανοίξεις τον διακόπτη;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

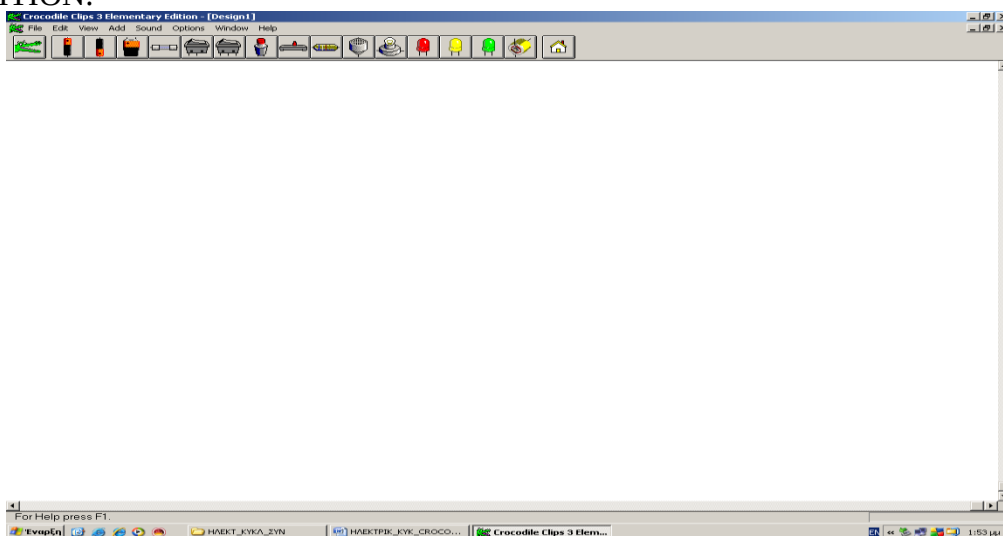
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:
(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (4, 5V), απαραίτητα καλώδια)

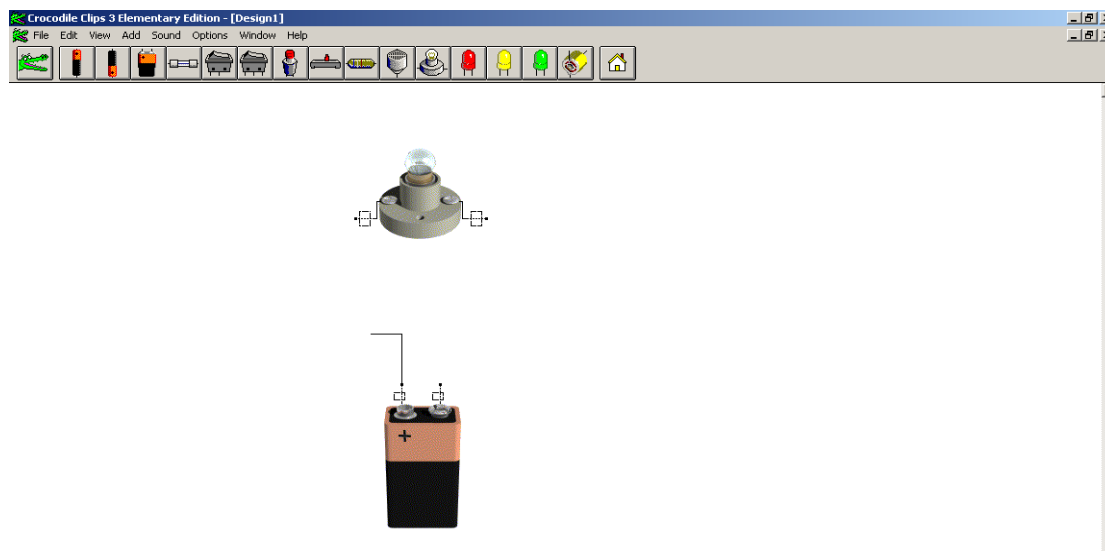
Βρισκόμαστε στην αρχική οθόνη του CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION:



Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας και λάμπας.

Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι₆ – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION



Όταν συνδέσεις την μπαταρία με τα καλώδια που χρειάζονται:

Τι παρατηρείς για το λαμπάκι;

.....

.....

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις πως βοηθά η μπαταρία για να ανάψει το λαμπάκι;

.....

.....

Σύνδεσε την μπαταρία και το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο.

Τι παρατηρείς;

Ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....



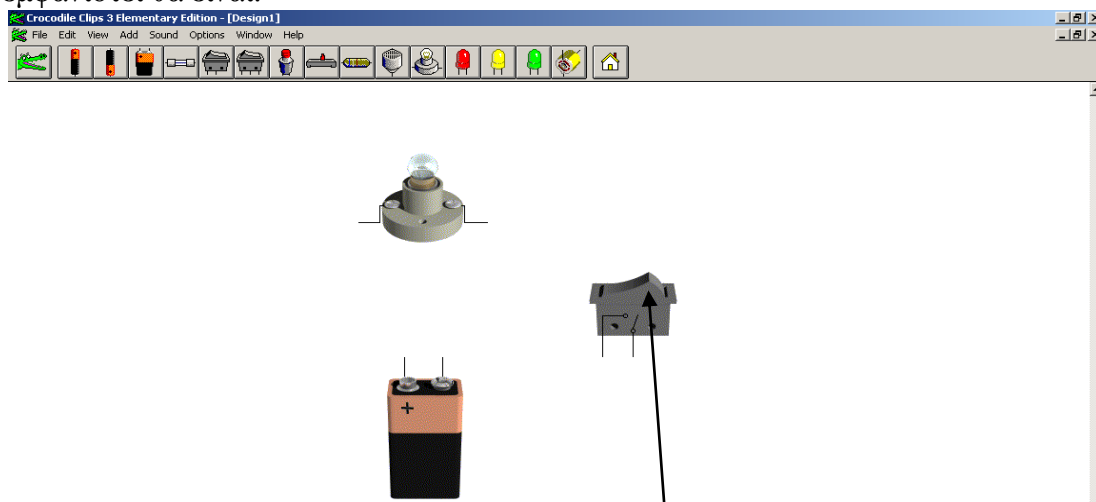
ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (4,5V), απαραίτητα καλώδια)

Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας, λάμπας και διακόπτη.

Πριν συνδέσεις όλα τα στοιχεία του κυκλώματος με τα καλώδια η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι:



Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα και του διακόπτη.

Κλείσε το διακόπτη με αριστερό κλικ πάνω στο κουμπί.

Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

.....

.....

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....

Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

.....

.....

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Στα παραπάνω πειράματα που πραγματοποίησες παρατήρησες και διαπίστωσες ότι για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να συνδέεται με την μπαταρία και δυο καλώδια. Όμως, στο φωτιστικό γραφείου στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως συνδέεται η λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε να ανάβει;

.....

.....

.....

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;



.....

.....

.....

2) Η έκφραση «κλείσε το φως», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, αναφέρεται στο κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα που πετυχαίνουμε με τους διακόπτες;

.....

.....

.....

3) Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε στα καλώδια της ΔΕΗ;

.....

.....

.....

4) Πως πιστεύεις ότι δουλεύει ένας φακός και ανάβει η λάμπα του;

.....

.....

.....



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

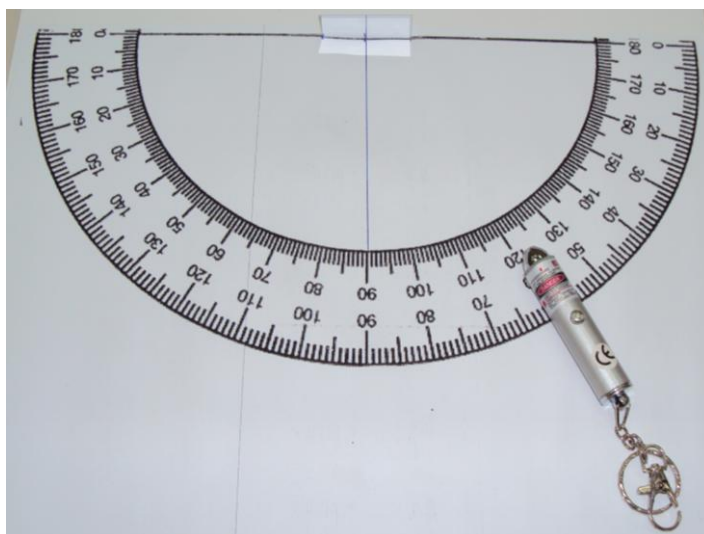
I₇

Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για
την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του
φωτός

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Πηγή ακτινών λέιζερ
2. Μικρός Καθρέπτης (κάτοπτρο), τύπου παραλληλόγραμμου
3. Μακετόχαρτο που υπάρχει πάνω του τυπωμένο Μοιρογνώμονιο
4. Χάρακας



Σημείωση: Στο κέντρο του Μοιρογνώμονιου ο καθρέπτης έχει τοποθετηθεί κάθετα στο επίπεδό του.

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

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

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;

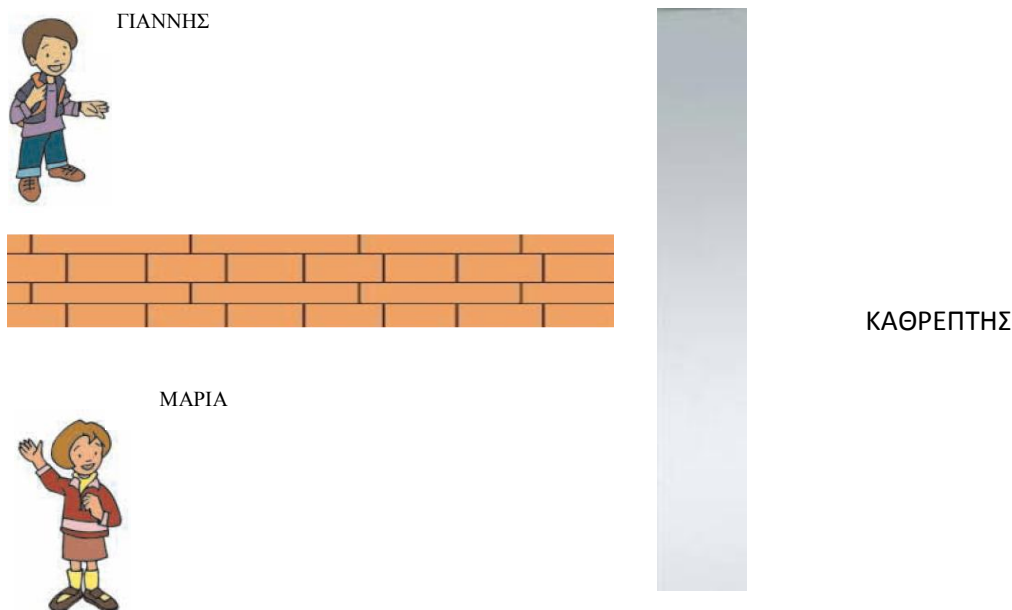


.....
.....
.....

3) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος;

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

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

5) Το βράδυ όταν ένας οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει πίσω του άλλο ένα αυτοκίνητο με αναμμένα τα φώτα στην πιο μεγάλη «σκάλα» (στην πιο μεγάλη ένταση φωτός) υπάρχει περίπτωση όταν στρέψει τα μάτια του προς τον καθρέπτη του αυτοκινήτου του να μην μπορεί να δει καθαρά για να οδηγήσει; Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις με την πηγή λέιζερ υπό γωνία έναν καθρέπτη.



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (ΙΙ)

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις πάλι με την πηγή λέιζερ υπό άλλη, όμως, γωνία τον καθρέπτη σε σχέση με το παραπάνω υποθετικό πείραμα.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;



Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III):



Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Φωτίζεις με την πηγή λέιζερ την επιφάνεια του τοίχου στην τάξη.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον τοίχο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

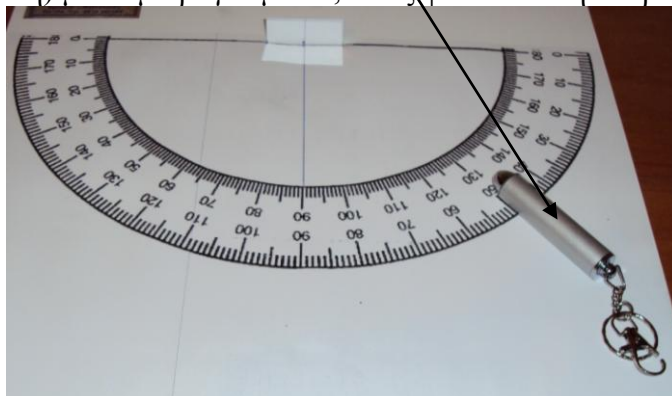
.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

Φώτισε με τη πηγή λέιζερ υπό γωνία τον καθρέφτη, ο οποίος βρίσκεται πάνω στο μακετόχαρτο (βάση) με το μοιρογνωμόνιο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέφτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

.....

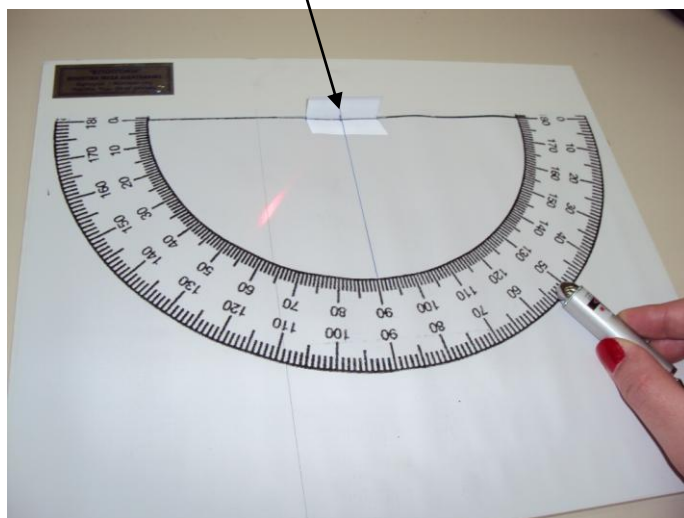


ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Τώρα προσπάθησε και φώτισε με την πηγή λέιζερ υπό γωνία τον καθρέπτη, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από τον καθρέπτη και καταλήγει στις 90° (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνώμονιου.

Προσοχή!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνώμονιο.



2^ο Βήμα:

Παρατήρησε τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετη ευθεία και η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη ευθεία πάνω στο μακετόχαρτο με το μοιρογνώμονιο.

3^ο Βήμα:

Στο σχήμα που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;

.....
.....

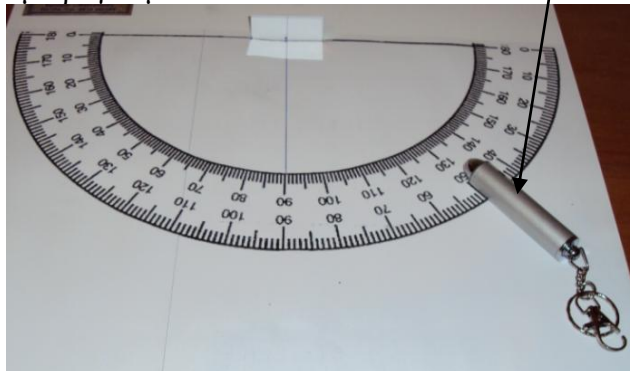


ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Τώρα προσπάθησε και φώτισε με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία τον καθρέπτη σε σχέση με το Δεύτερο πείραμα, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από τον καθρέπτη και καταλήγει στις 90° (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνώμονιου.

Προσοχή!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνώμονιο.



Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

2^ο Βήμα:

Παρατήρησε τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετη ευθεία και η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη ευθεία.

3^ο Βήμα:

Στο σχήμα που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά, όπως στο δεύτερο πείραμα, τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;

.....

Έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο δεύτερο πείραμα;

.....

Σχηματίζονται οι ίδιες γωνίες με το δεύτερο πείραμα;

.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέφτη του αυτοκινήτου;

.....

.....

.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



.....

.....

.....

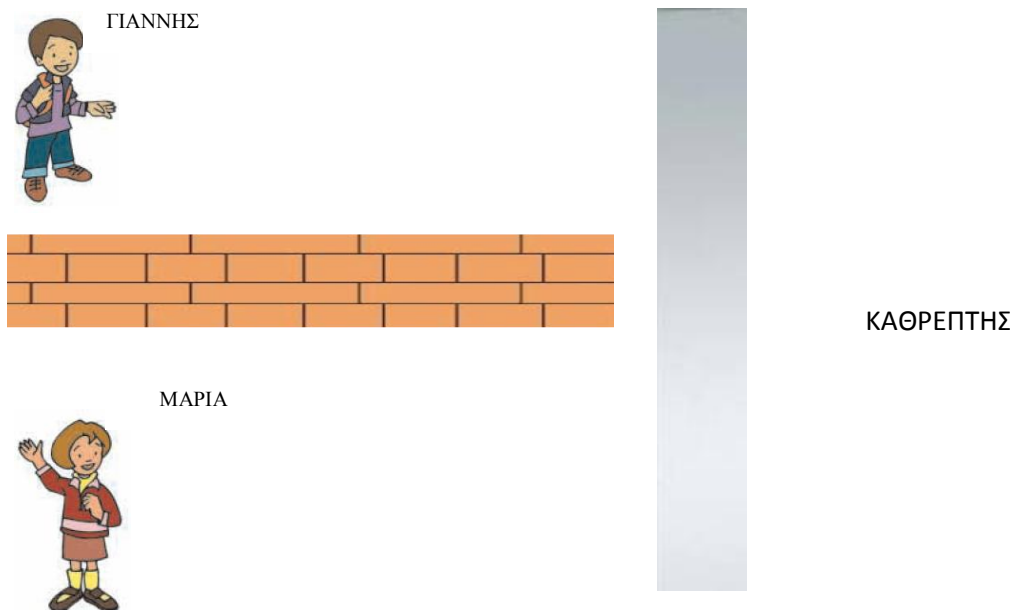
3) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος;

.....

.....

.....

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

5) Το βράδυ όταν ένας οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει πίσω του άλλο ένα αυτοκίνητο με αναμμένα τα φώτα στην πιο μεγάλη «σκάλα» (στην πιο μεγάλη ένταση φωτός) υπάρχει περίπτωση όταν στρέψει τα μάτια του προς τον καθρέπτη του αυτοκινήτου του να μην μπορεί να δει καθαρά για να οδηγήσει; Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

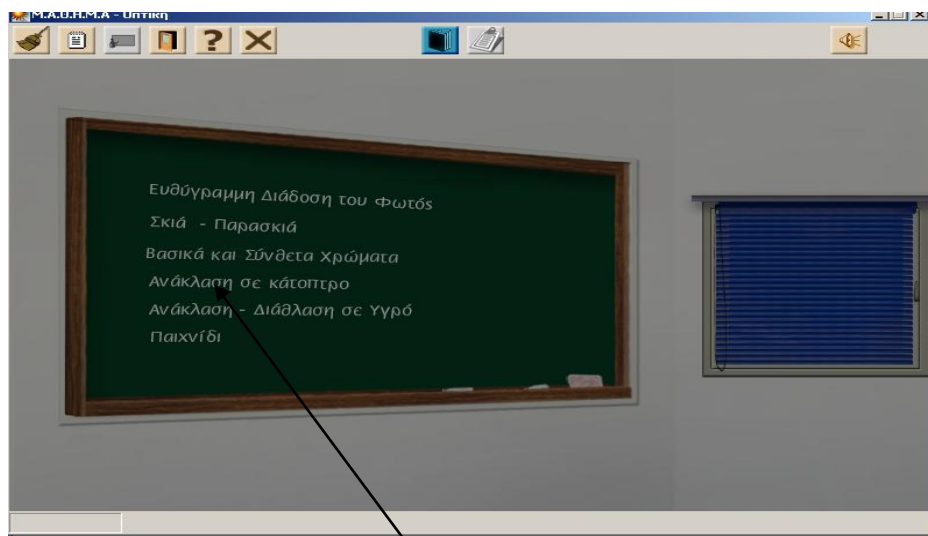
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I₈

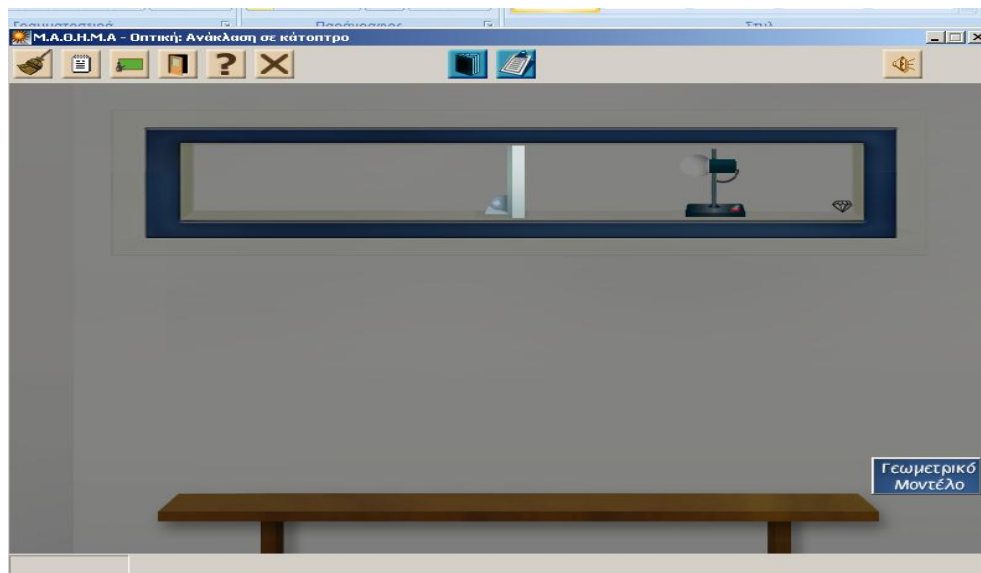
Φύλλα εργασίας της πιλοτικής έρευνας για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ
ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.



Κάνοντας κλικ στο ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΣΕ ΚΑΤΟΠΤΡΟ εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

.....

.....

.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



.....

.....

.....

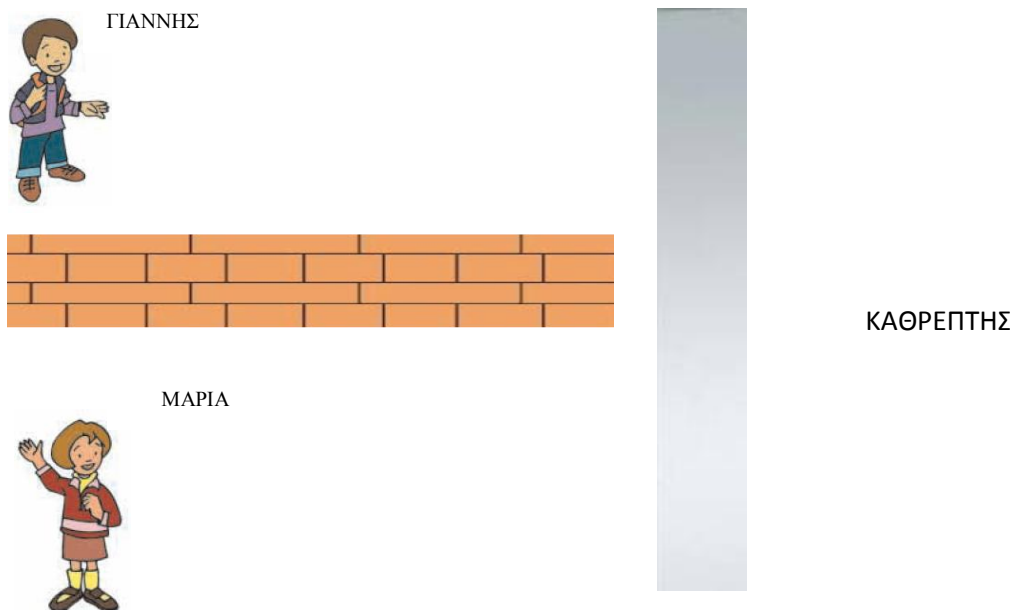
3) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος;

.....

.....

.....

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

5) Το βράδυ όταν ένας οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει πίσω του άλλο ένα αυτοκίνητο με αναμμένα τα φώτα στην πιο μεγάλη «σκάλα» (στην πιο μεγάλη ένταση φωτός) υπάρχει περίπτωση όταν στρέψει τα μάτια του προς τον καθρέπτη του αυτοκινήτου του να μην μπορεί να δει καθαρά για να οδηγήσει; Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

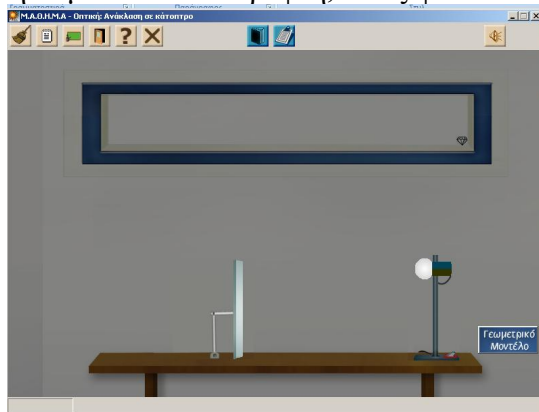
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις με τη φωτεινή λάμπα έναν καθρέφτη, όπως φαίνεται στην οθόνη:



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέφτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

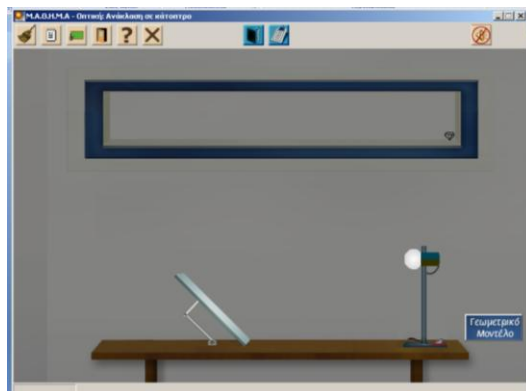
.....

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II)

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις πάλι με τη φωτεινή λάμπα τον καθρέπτη.
Όμως, στην περίπτωση αυτή φαντάσου ότι αλλάζεις την κλίση του καθρέφτη, κάνοντας τον πλάγιο (45°):



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της φωτεινής λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

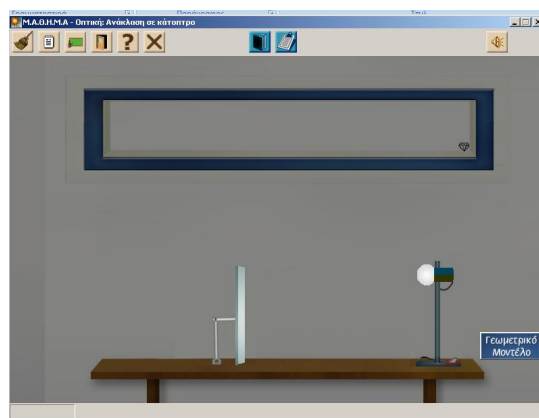
.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (ΙΙΙ):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Φωτίζεις με την φωτεινή λάμπα την επιφάνεια του τοίχου του εργαστηρίου (και όχι του καθρέπτη) της παρακάτω οθόνης:



Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της φωτεινής λάμπας που πέφτει πάνω στον τοίχο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του τοίχου.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

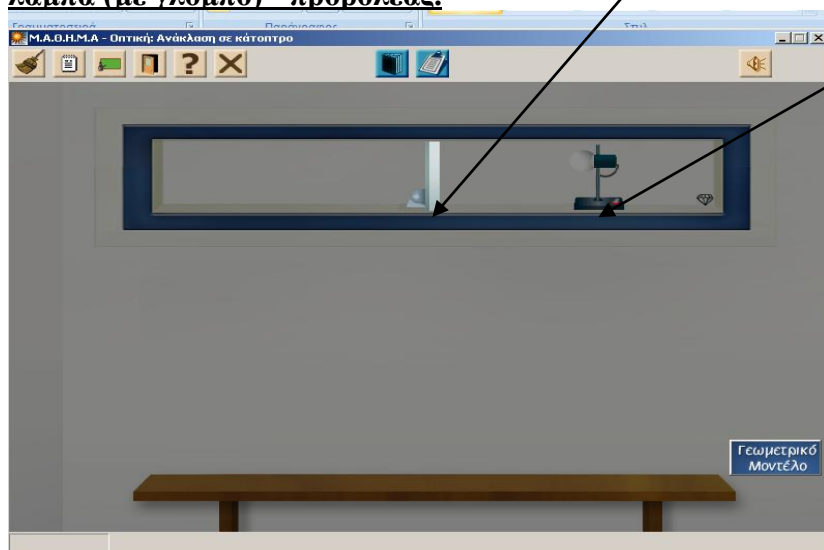
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

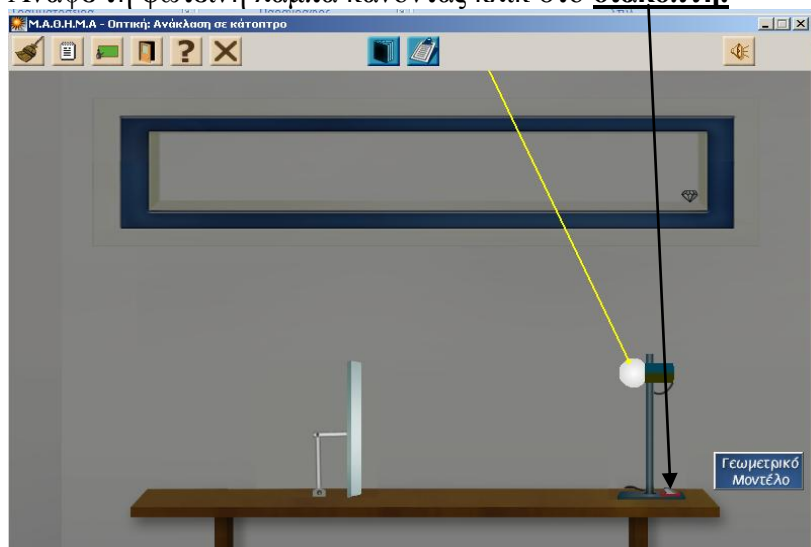
1^ο Βήμα:

Με απλό κλικ κατέβασε στον πάγκο το **κάτοπτρο (καθρέπτη)** και την **φωτεινή λάμπα (με γλόμπο)** - προβολέας.



2^ο Βήμα:

Άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο **διακόπτη**.



3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό **συνεχόμενο** κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω στον κάθετο καθρέπτη.

Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέφτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....



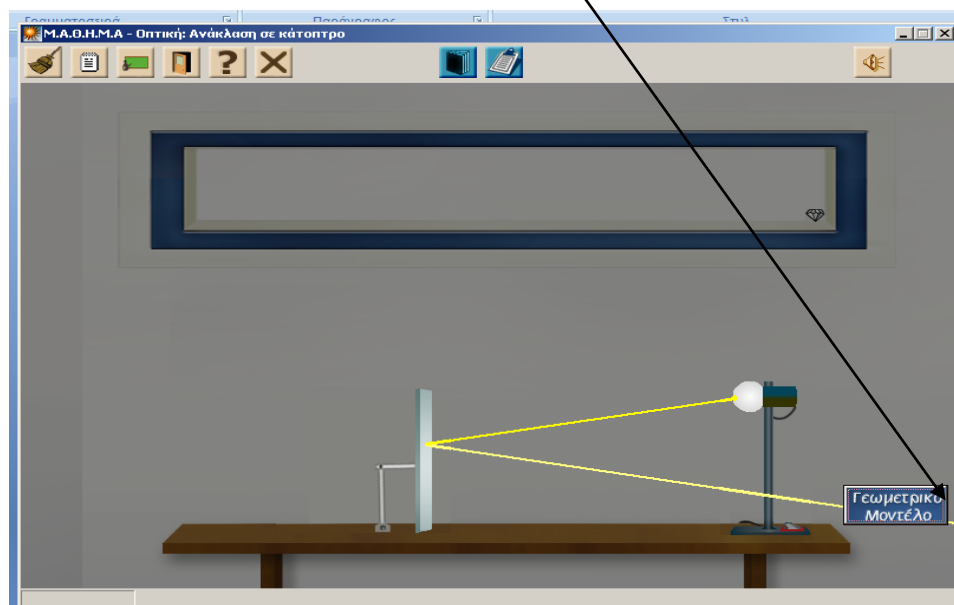
ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

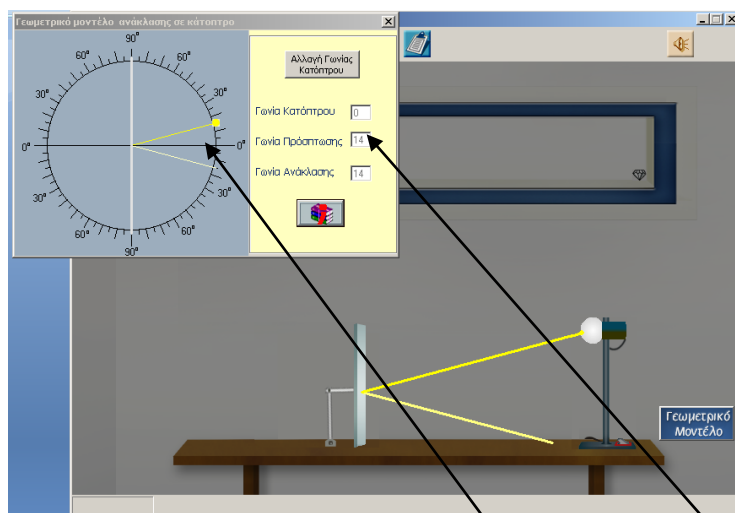
Πάτησε το κουμπί
μοντέλο ανάκλασης σε κάτοπτρο:

Γεωμετρικό
Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό



Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



2^ο Βήμα:

Παρατήρησε στο **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ** τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου ή μοιρογνωμίου) και η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη ευθεία.

3^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει στον καθρέφτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) και τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέφτη (γωνία ανάκλασης) με την κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

Αν ναι. Ποια;

.....



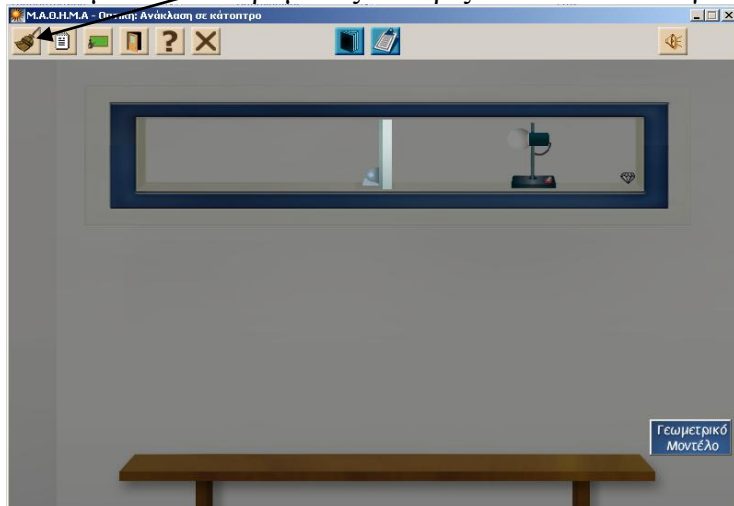
ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Κλείσε το παράθυρο του Γεωμετρικού Μοντέλου Ανάκλασης.

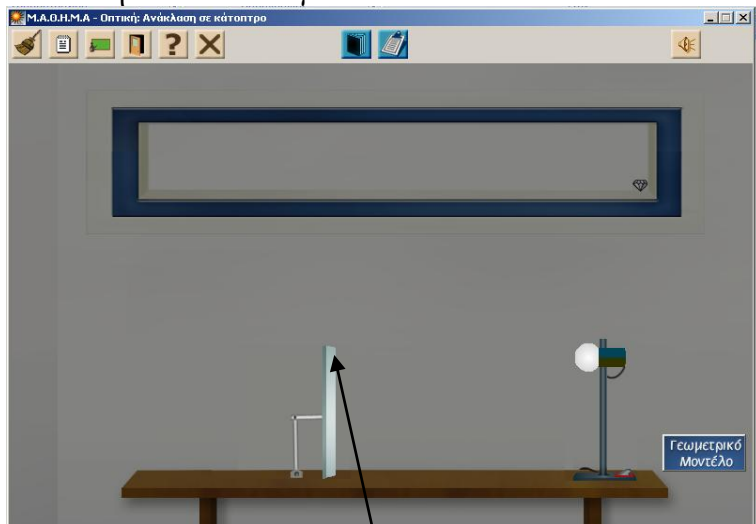


Μετά, κάνε ένα κλικ στο εικονίδιο (Ανανέωση) και τα όργανα –εικονικά αντικείμενα του πειράματος καθαρίζονται από τον πάγκο και ανεβαίνουν στο ράφι:



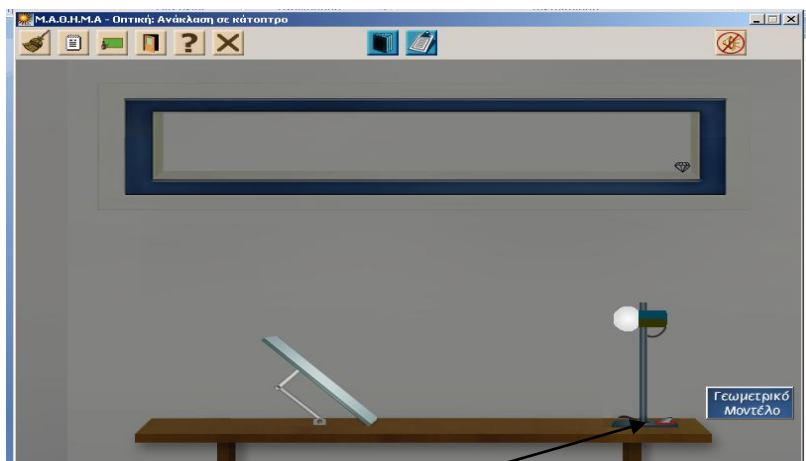
2^ο Βήμα:

Κάνε κλικ στα όργανα – εικονικά αντικείμενα που βρίσκονται στο ράφι, ώστε να τοποθετηθούν στον πάγκο:



Πλησίασε το ποντίκι στο πάνω άκρο του καθρέπτη.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε ένα αριστερό κλικ στο πάνω άκρο του και άλλαξε την κλίση του καθρέπτη, κάνοντας τον πλάγιο (45^ο):



3^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, όπως και παραπάνω, άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο διακόπτη.

4^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό συνεχόμενο κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω στον κάθετο καθρέπτη.

Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....

.....

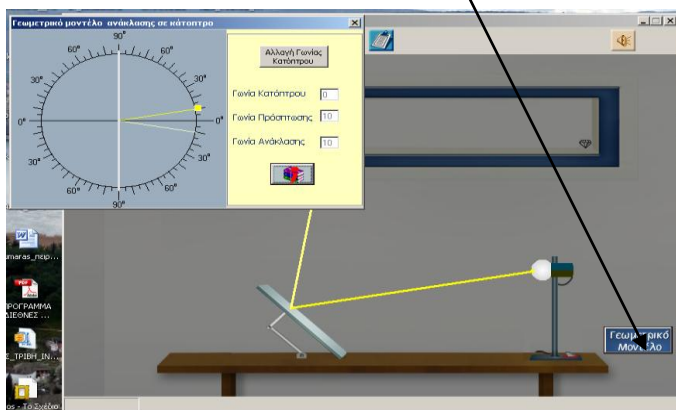
5^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί

Γεωμετρικό
Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό μοντέλο

ανάκλασης σε κάτοπτρο:



6^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά πάλι τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει στον καθρέφτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) και τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέφτη (γωνία ανάκλασης) με την κάθετη ευθεία.

Τώρα, παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

Αν ναι. Ποια;

.....
.....

Έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο δεύτερο πείραμα;

.....
.....

Σχηματίζονται οι ίδιες γωνίες με το δεύτερο πείραμα;

.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέφτη του αυτοκινήτου;

.....

.....

.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



.....

.....

.....

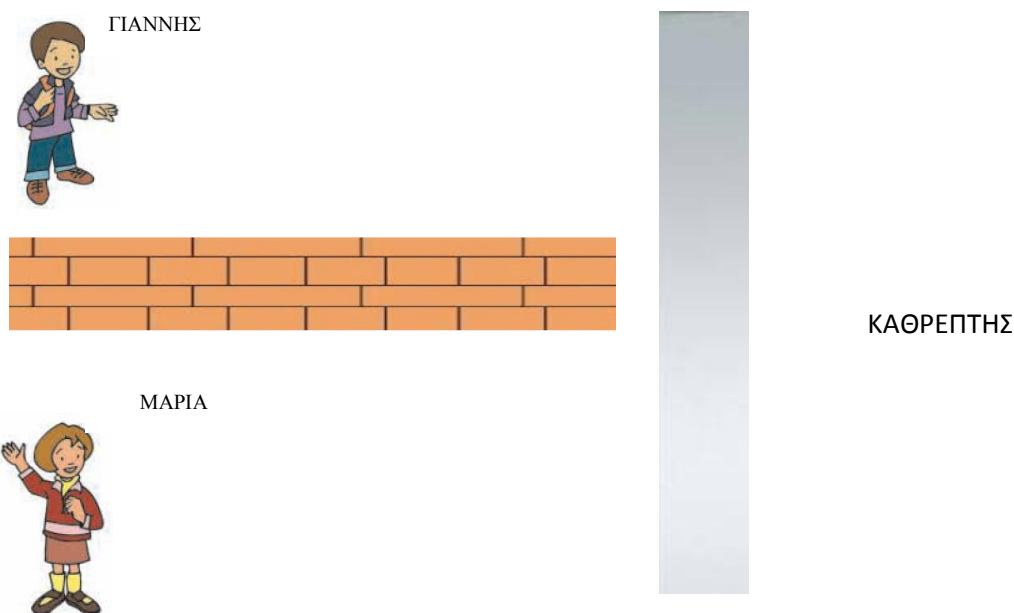
3) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος;

.....

.....

.....

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

5) Το βράδυ όταν ένας οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει πίσω του άλλο ένα αυτοκίνητο με αναμμένα τα φώτα στην πιο μεγάλη «σκάλα» (στην πιο μεγάλη ένταση φωτός) υπάρχει περίπτωση όταν στρέψει τα μάτια του προς τον καθρέπτη του αυτοκινήτου του να μην μπορεί να δει καθαρά για να οδηγήσει; Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει;

.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

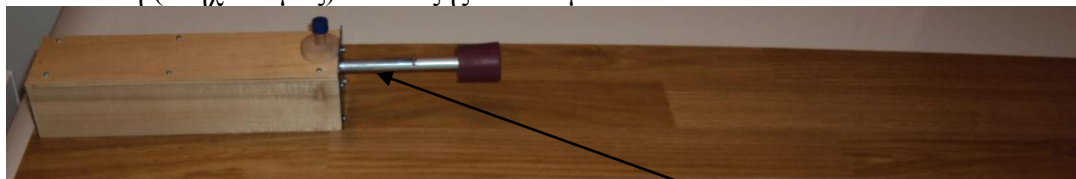
II₁

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής

Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Συσκευή (Μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων

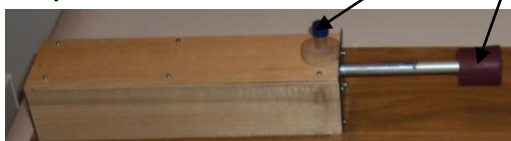


Η συσκευή αποτελείται από δύο μέρη:

A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός μεταλλικού άξονα με ελατήριο.

Στο άκρο του άξονα υπάρχει ένα ελαστικό πώμα, στο οποίο φέρουμε σε επαφή το ξύλινο παραλληλεπίπεδο (ή οποιοδήποτε αντικείμενο).

Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας προς τα κάτω το μπλε κουμπί που βρίσκεται πάνω στη συσκευή.



B) Από ένα λείο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.

Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Σημείωση: Αυτή η συσκευή μας βοηθά να δεχθούμε ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε αντικείμενο (σώμα) που εκτινάσσουμε

2. Δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα

3. Γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια)

4. Μια άσπρη και μια χρωματιστή κιμωλία

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁷⁸ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».



Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Έτσι, θα ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα η τριβή να είναι πιο μικρή από πριν που ακουμπούσε με την μεγάλη επιφάνεια. Αυτό, λοιπόν, θα μας βοηθήσει να σπρώξουμε το ξύλινο κιβώτιο».

Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....

.....

.....

⁷⁸ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁷⁹;



.....

.....

.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

⁷⁹ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):



Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

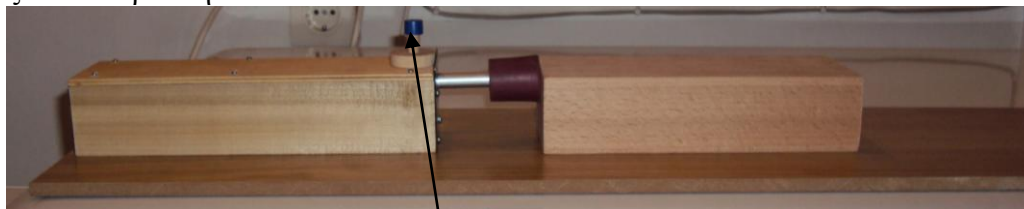
Αρχικά, έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Στη συνέχεια φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο:



Στη συνέχεια πατάς το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, καλύπτεις όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), *συσπειρώνεις τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάνω σε αυτόν πάλι το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις πιστεύεις ότι το ξύλινο παραλληλεπίπεδο θα διανύσει μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....
.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):



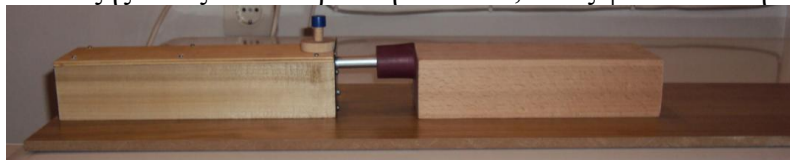
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχεις στη διάθεση σου πάλι την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

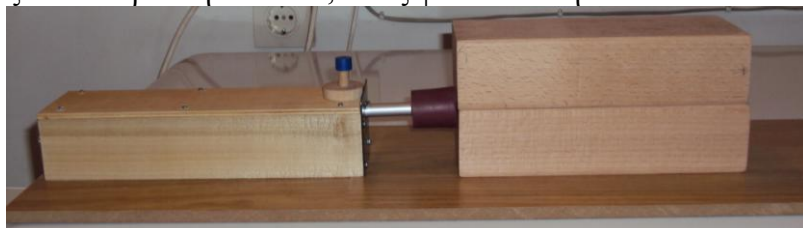
Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθετείς πάλι πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπειρώνεις το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και αυξάνεις το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα;

.....
.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III)



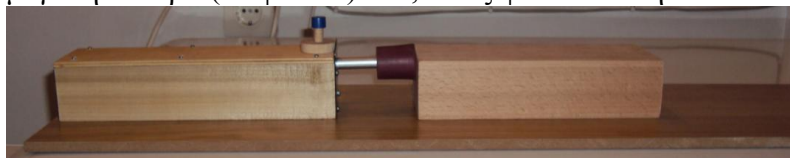
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπειρώνεις το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθετείς το ξύλινο παραλληλεπίπεδο στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του, όπως φαίνεται στην εικόνα:*



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπειρώνεις το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθετείς το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα:*



Στη συνέχεια πατάς το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:

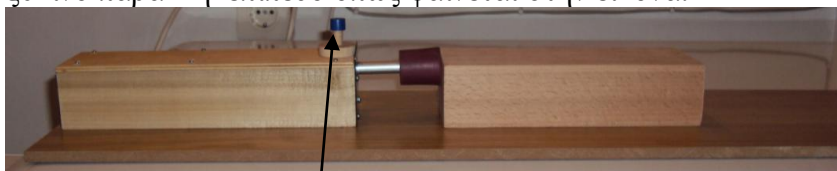


Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο όπως φαίνεται στην εικόνα:*



2^ο Βήμα:

Πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, κάλυψε όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της παραπάνω συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάλι πάνω σε αυτόν το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.*

2^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

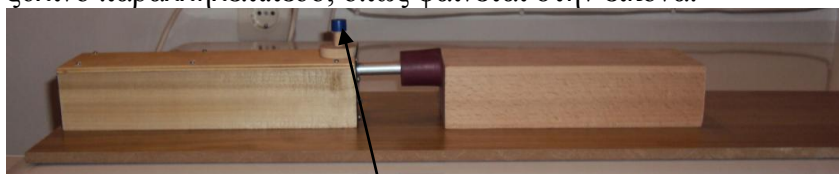
Πάλι έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη πρώτη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

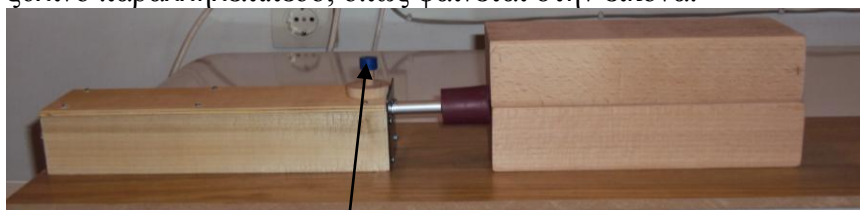
3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη περίπτωση, συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και αύξησε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα:



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσουν, παρατήρησε και σημείωσε (με την άσπρη κιμωλία) το σημείο που σταμάτησαν τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ένα ή τα δυο ξύλινα παραλληλεπίπεδα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

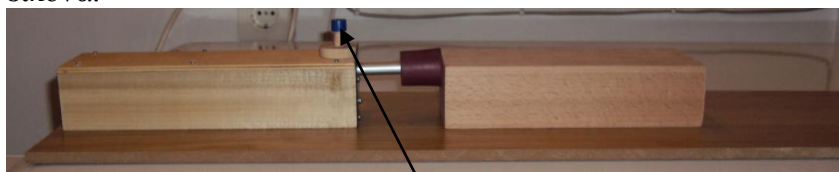
Έχεις στη διάθεση σου την ίδια συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης, όπως φαίνεται στην εικόνα:*



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (*με τη χρωματιστή κιμωλία*) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

1^ο Βήμα:

Στη δεύτερη ενέργεια, *συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στο διάδρομο με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα:*



2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3^ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (*με την άσπρη κιμωλία*) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,
απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; (Σκέψου ανακαλώντας στη μνήμη σου τα πειράματα που εκτέλεσες)

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁸⁰ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».



Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Έτσι, θα ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα η τριβή να είναι πιο μικρή από πριν που ακουμπούσε με την μεγάλη επιφάνεια. Αυτό, λοιπόν, θα μας βοηθήσει να σπρώξουμε το ξύλινο κιβώτιο».

Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....

.....

.....

⁸⁰ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁸¹;



.....

.....

.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

⁸¹ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₂

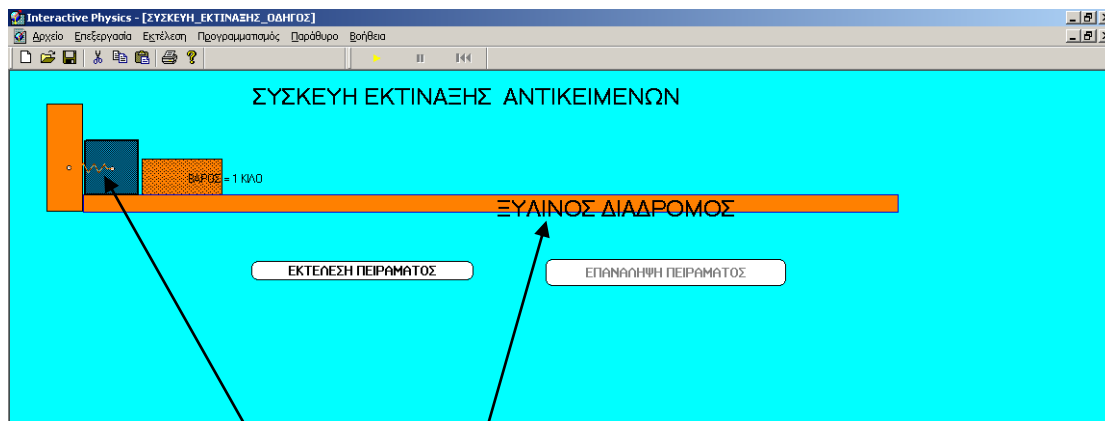
Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά
με την έννοια της δύναμης της τριβής

**Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ**

**ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «INTERACTIVE PHYSICS» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ**

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: INTERACTIVE PHYSICS

**Η ΟΘΟΝΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ:**



ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ:

Η συσκευή αποτελείται από δύο μέρη:

- A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός σώματος με ελατήριο.
Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας το κουμπί Εκτέλεση πειράματος.
- B) Από ένα ξύλινο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης.
Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Σημείωση: Αυτή η συσκευή μας βοηθά να δεχθούμε ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε αντικείμενο (σώμα) που εκτινάσσουμε.

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁸² ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».



Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Έτσι, θα ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα η τριβή να είναι πιο μικρή από πριν που ακουμπούσε με την μεγάλη επιφάνεια. Αυτό, λοιπόν, θα μας βοηθήσει να σπρώξουμε το ξύλινο κιβώτιο».

Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....

.....

.....

⁸² Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁸³;



.....

.....

.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

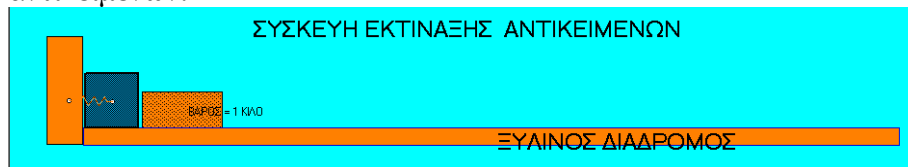
⁸³ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):



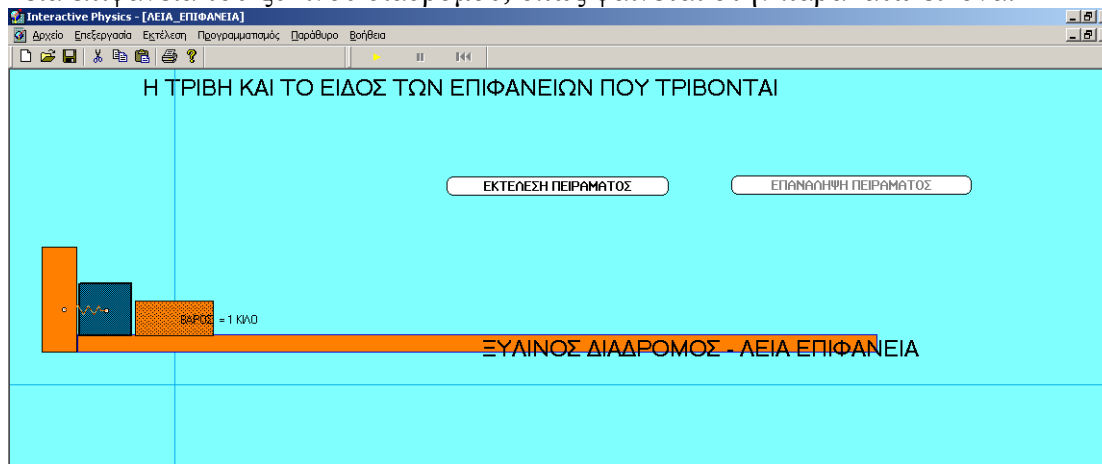
Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

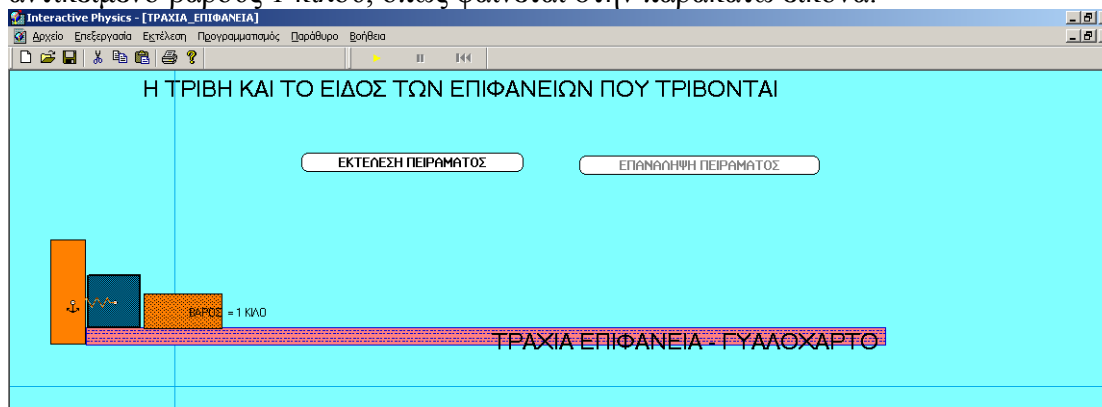
Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετείς ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, καλύπτεις την επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια) και τοποθετείς πάνω στο γυαλόχαρτο το ίδιο ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στο γυαλόχαρτο (στην τραχιά επιφάνεια).

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις πιστεύεις ότι το ξύλινο αντικείμενο θα διανύσει μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

.....

.....

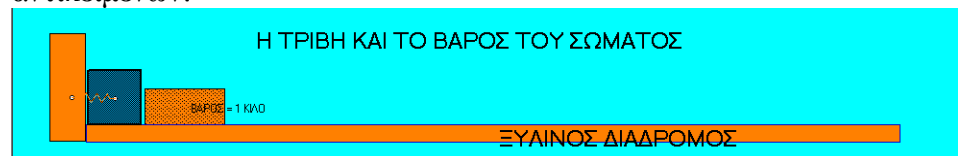
.....

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Π):



Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

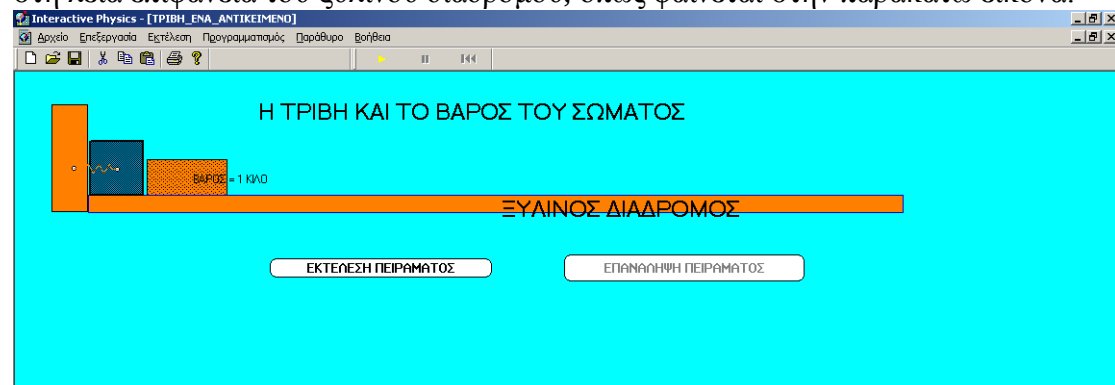
Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων:



Φαντάσου ότι πραγματοποιείς τις παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση:

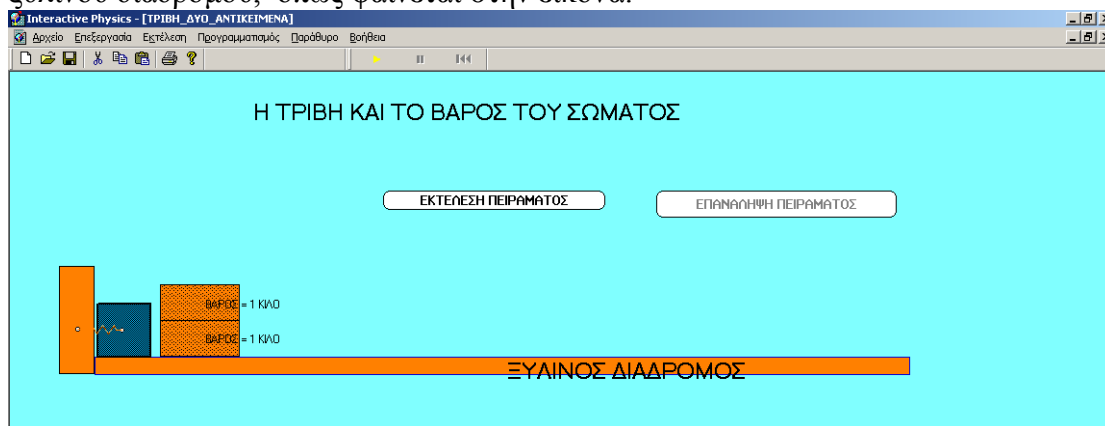
Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετείς πάλι ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

❖ Δεύτερη περίπτωση:

Στη δεύτερη περίπτωση, αυξάνεις το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο αντικείμενο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο αντικείμενο στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου, όπως φαίνεται στην εικόνα:



Στη συνέχεια, φαντάσου ότι πατάς το κουμπί ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί; Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις θα διανυθεί μεγαλύτερη απόσταση; Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο αντικείμενο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα;

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό που απάντησες παραπάνω;

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

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

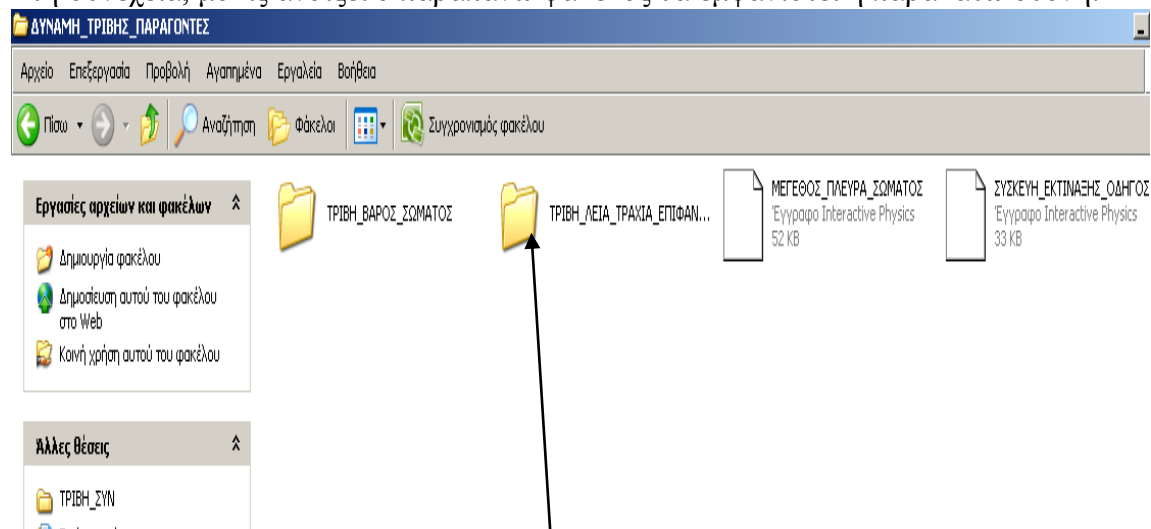
Πήγαινε στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

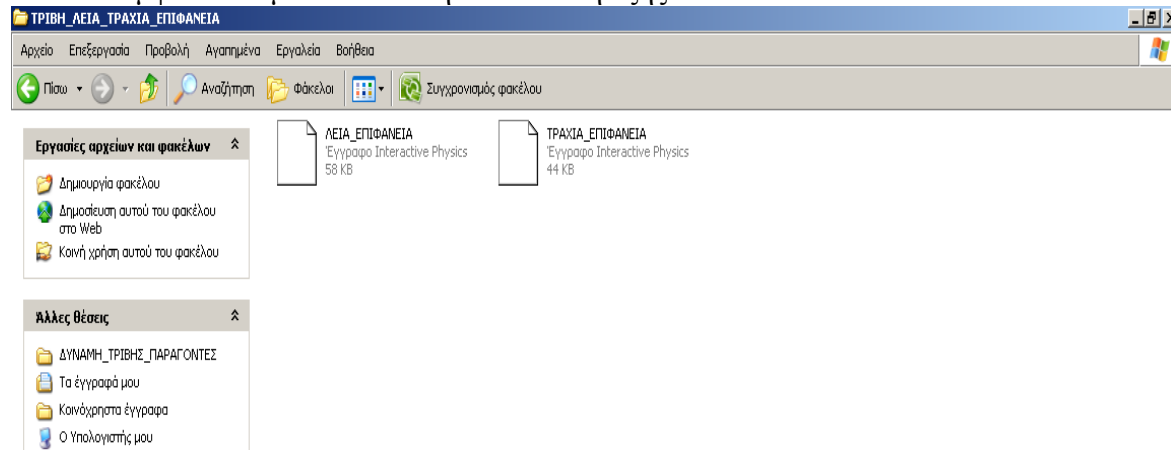
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΤΡΙΒΗ_ΛΕΙΑ_ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



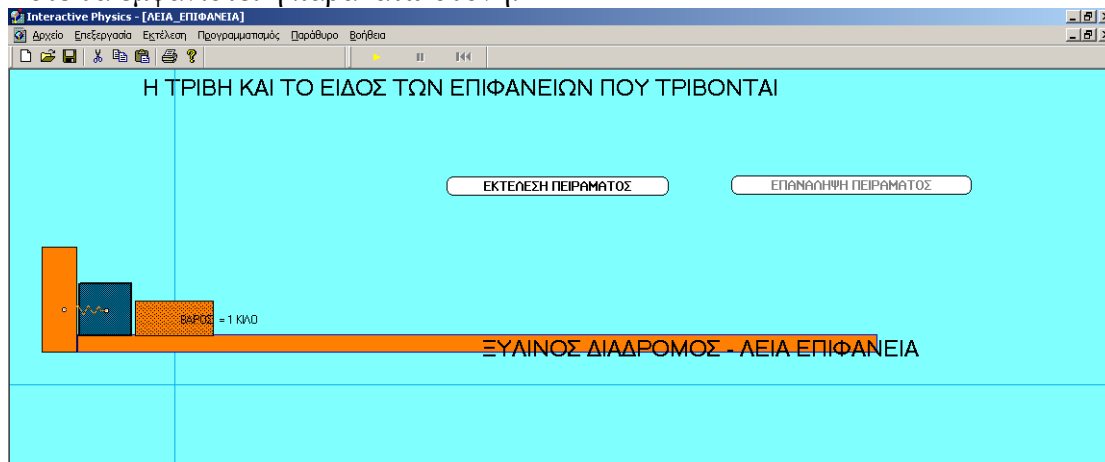
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποιήσε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ **Πρώτη περίπτωση - ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:**

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην πρώτη περίπτωση με τη λεία επιφάνεια, τοποθετήσαμε ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί **«ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»** και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

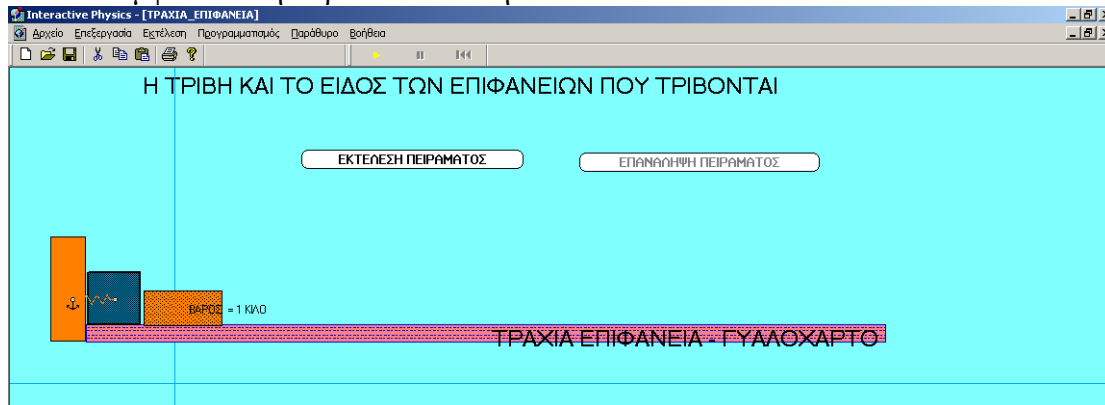
Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

❖ Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:

7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΑΧΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο ΛΕΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ,
Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΤΡΑΧΙΑ_ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ.
Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στην δεύτερη περίπτωση με τη τραχιά επιφάνεια, τοποθετήσαμε το ίδιο ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στην τραχιά επιφάνεια (γυαλόχαρτο).

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί με την ίδια δύναμη (όπως και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθεί πάνω στην τραχιά επιφάνεια.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

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

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Πρώτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/ μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₂ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ INTERACTIVE PHYSICS

- **απόσταση** που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,
απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2. Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3. Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4. Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

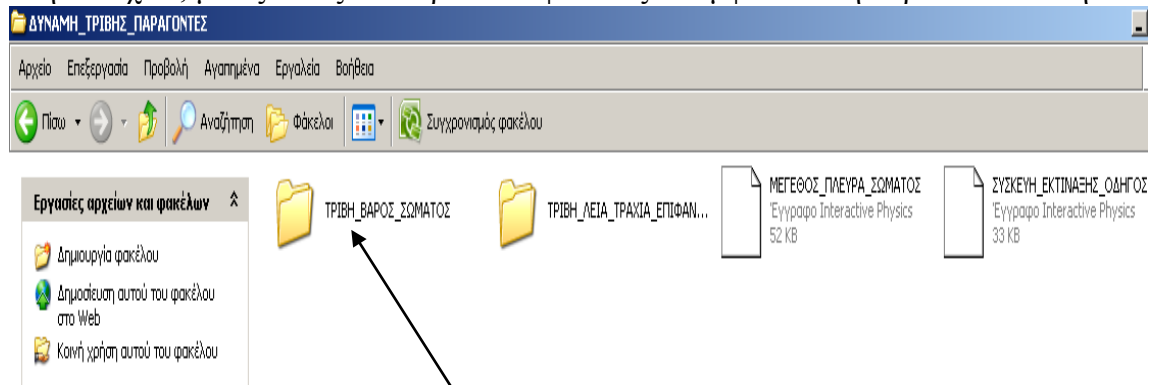
Αφού κλείσεις τα αρχεία του πρώτου πειράματος, πηγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

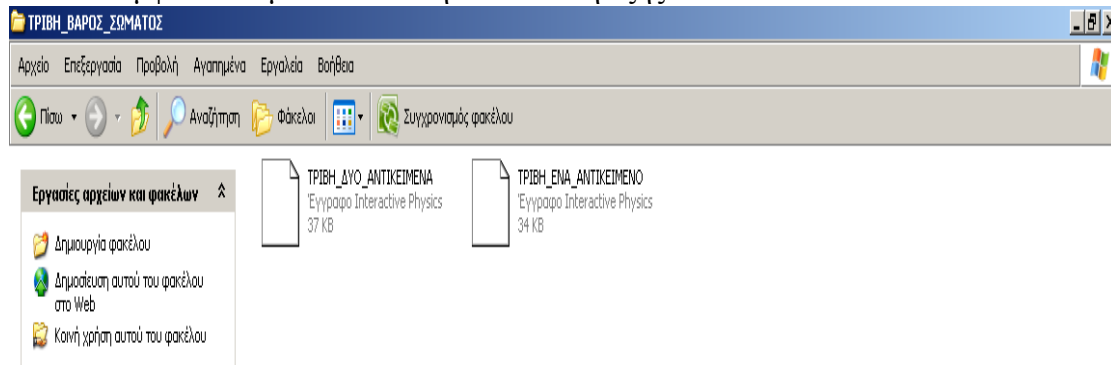
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΤΡΙΒΗ_ΒΑΡΟΣ_ΣΩΜΑΤΟΣ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη που είναι η εξής:



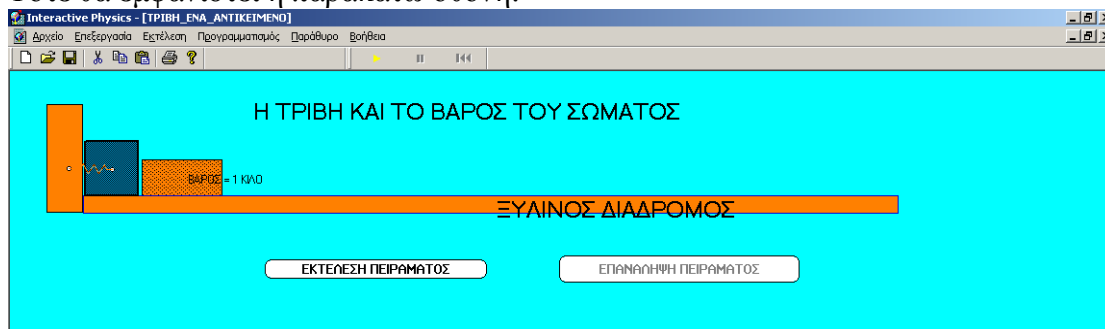
➤ Στο σημείο αυτό πραγματοποιήσε τις δύο παρακάτω περιπτώσεις:

❖ Πρώτη περίπτωση – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

4^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τοποθετήσαμε πάλι ένα ξύλινο αντικείμενο βάρους 1 κιλού πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε το ξύλινο αντικείμενο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

6^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσει το ξύλινο αντικείμενο.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΑ ΤΟ ΞΥΛΙΝΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.

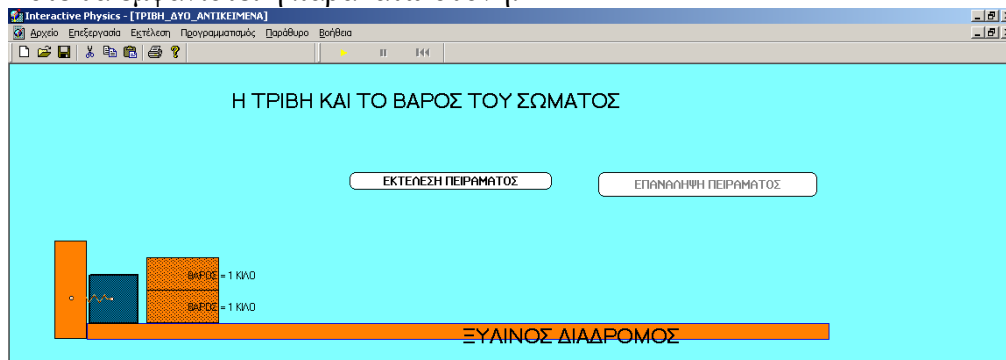
❖ Δεύτερη περίπτωση– ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ:

7^ο Βήμα – ΑΡΧΕΙΟ: ΤΡΙΒΗ ΔΥΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Αφού κλείσεις το αρχείο *ΤΡΙΒΗ_ΕΝΑ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ*.

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: *ΤΡΙΒΗ_ΔΥΟ_ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ*.

Τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, αυξήσαμε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο αντικείμενο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο αντικείμενο στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

8^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη (όπως

και στην πρώτη περίπτωση) και να κινηθούν πάνω στην ίδια λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

9^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΔΥΟ ΙΔΙΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση με το ένα ξύλινο αντικείμενο ή στη δεύτερη περίπτωση με τα δυο ίδια ξύλινα αντικείμενα;

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ένα ή τα δυο ξύλινα αντικείμενα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;

.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Δεύτερου πειράματος**

Αν οι παράγοντες/μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,

απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....

.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....

.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....

.....



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

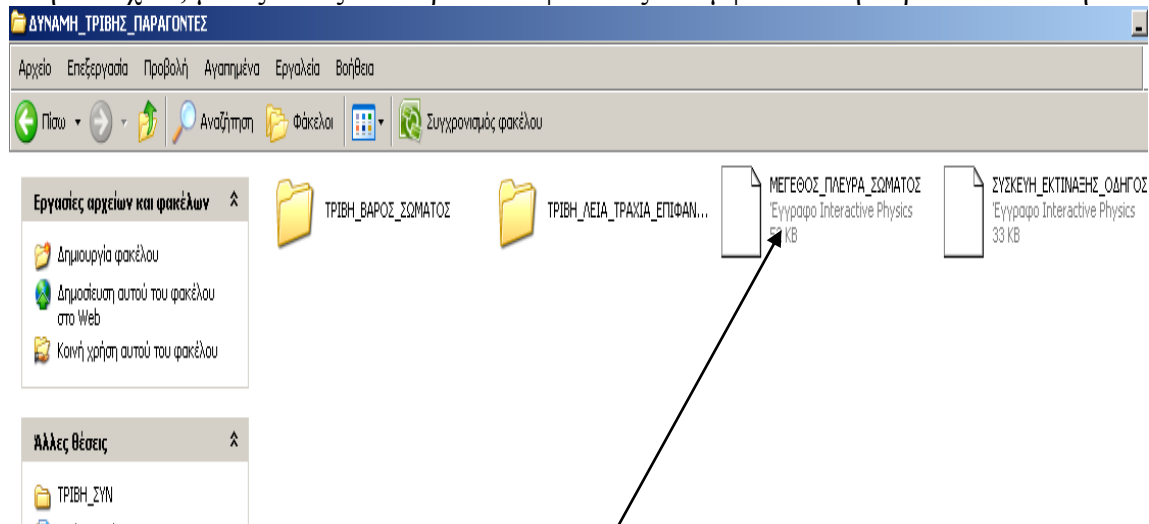
Αφού κλείσεις τα αρχεία του δεύτερου πειράματος, πήγαινε πάλι στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



2^ο Βήμα:

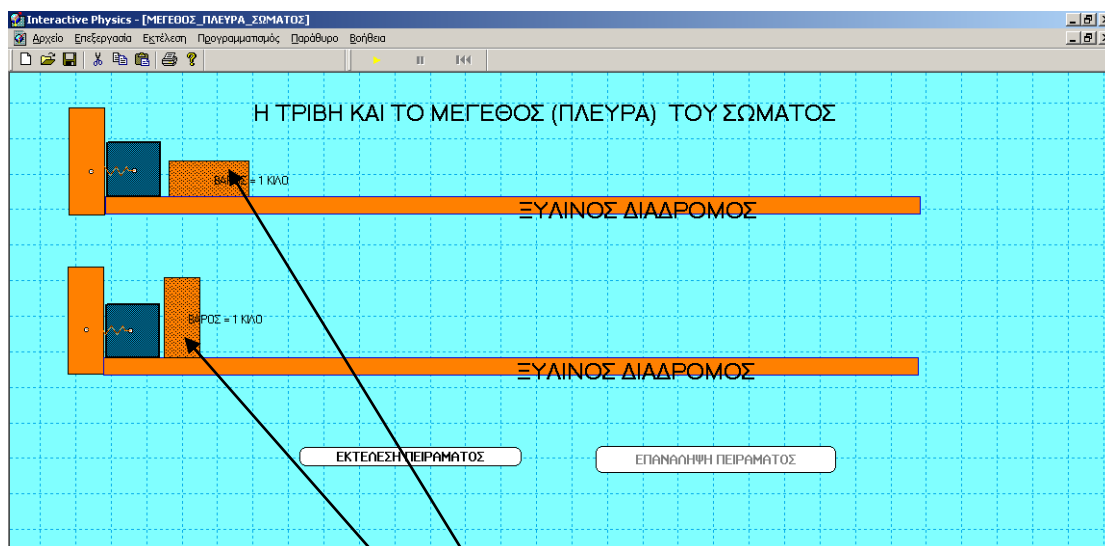
Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΜΕΓΕΘΟΣ_ΠΛΕΥΡΑ_ΣΩΜΑΤΟΣ.

Τότε θα εμφανιστεί μια νέα οθόνη, όπου έχουμε δυο περιπτώσεις πειραμάτων:



❖ **Πρώτη περίπτωση:**

Στην πρώτη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του.

❖ **Δεύτερη περίπτωση:**

Στη δεύτερη περίπτωση, τοποθετήσαμε το αντικείμενο πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια).

4^ο Βήμα

Κάνε κλικ στο κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**» και εκτέλεσε το πείραμα, έτσι ώστε τα δυο ξύλινα αντικείμενα (στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση) να εκτιναχθούν με την ίδια δύναμη και να κινηθούν το καθένα πάνω στη λεία επιφάνεια του ξύλινου διαδρόμου.

5^ο Βήμα

Περίμενε να σταματήσουν τα ξύλινα αντικείμενα και στις δυο περιπτώσεις.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ, ΠΕΡΙΠΟΥ, ΣΕ ΠΟΙΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΑ ΞΥΛΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.

Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δυο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μεγάλη πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο αντικείμενο ακουμπά με τη μικρή πλευρά του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου;

.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δυο περιπτώσεις το ξύλινο αντικείμενο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

.....

.....

.....

****Δραστηριότητα μετά την εκτέλεση του Τρίτου πειράματος:**

Αν οι παράγοντες/μεταβλητές του πειράματος είναι:

- είδος επιφάνειας επαφής του αντικειμένου (λεία ή τραχιά)
- βάρος αντικειμένου
- δύναμη με την οποία εκτινάσσουμε το αντικείμενο για να κινηθεί
- επιφάνεια (πλευρά) αντικειμένου
- απόσταση που διανύει το αντικείμενο σε κάθε επιφάνεια,
απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1.Τι κράτησες σταθερά (παράγοντες/μεταβλητές) κατά την εκτέλεση του πειράματος;.....
.....

2.Τι άλλαξες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....

3.Επηρέασαν αυτές οι αλλαγές τη δύναμη της τριβής;.....
.....

4.Τι μέτρησες κατά τη διάρκεια του πειράματος;.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

2) Στην παρακάτω εικόνα⁸⁴ ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο:

«Αδύνατο να το σπρώξουμε».



Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο.

Έτσι, θα ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα η τριβή να είναι πιο μικρή από πριν που ακουμπούσε με την μεγάλη επιφάνεια. Αυτό, λοιπόν, θα μας βοηθήσει να σπρώξουμε το ξύλινο κιβώτιο».

Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

3) Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;



.....

.....

.....

⁸⁴ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:183).

4) Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων⁸⁵;



.....

.....

.....

5) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής»:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ασφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

6) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

«Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο»:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

.....

⁸⁵ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:185).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₃

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων
σχετικά με την έννοια του βρασμού του νερού

□

Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Γυάλινο δοχείο ζέσης 250 ml (ή γραμμαρίων)
2. Ένα γκαζάκι
3. Ξύλινο μανταλάκι
4. Θερμόμετρο Οινοπνεύματος (-20 °C έως 110 °C)
5. Νερό
6. Ρολόι (χρονόμετρο)
7. Θερμομονωτικά γάντια
8. Αναπτήρας



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

.....
.....

2) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

Η στάθμη του νερού, αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά:

- α) ανεβαίνει
- β) κατεβαίνει
- γ) παραμένει σταθερή

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

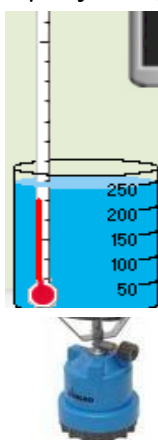
Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε ή αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας (για παράδειγμα τη φλόγα στο γκαζάκι ή την ένδειξη στο ηλεκτρικό μάτι), η θερμοκρασία του νερού:

- α) θα μεγαλώσει
- β) θα μικρύνει
- γ) θα παραμείνει η ίδια

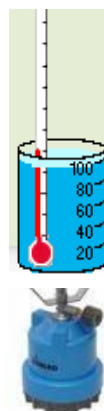
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

4) Έχουμε ένα μεγάλο (250 ml) και ένα μικρό δοχείο (100 ml), τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε με δυο ίδια γκαζάκια (με την ίδια παροχή θερμότητας – ίδια φλόγα).



ΜΕΓΑΛΟ ΔΟΧΕΙΟ



ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

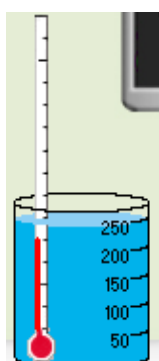
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

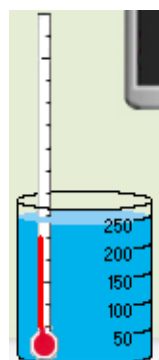
.....

5)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με την ίδια ποσότητα νερού. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).



ΜΙΚΡΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΙΚΡΗ ΦΛΟΓΑ



ΜΕΓΑΛΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΕΓΑΛΗ ΦΛΟΓΑ

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι (με τη χαμηλή φλόγα) και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι (με τη μεγάλη φλόγα), όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

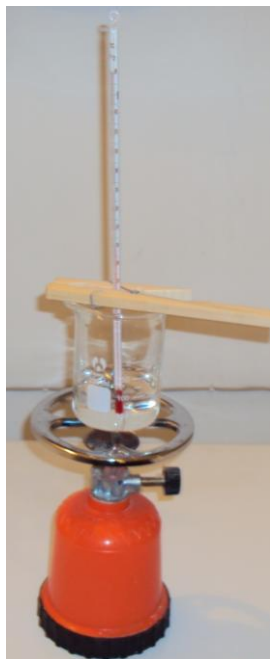
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Πάνω στο γκαζάκι έχεις ένα δοχείο που περιέχει 100 ml (ή γραμμάρια) νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.



Ανάβεις το γκαζάκι με μια σταθερή και σχετικά χαμηλή φλόγα και το νερό αρχίζει να ζεσταίνεται.

Μπορείς να προβλέψεις ποια θερμοκρασία θα δείχνει το θερμόμετρο (σε βαθμούς Κελσίου - °C) όταν βράζει το νερό;

..... °C



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

Φαντάσου ότι ενώ βράζει το νερό δυναμώνεις απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι και συνεχίζεις να ζεσταίνεις το νερό.

Τώρα τι προβλέπεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

- Στη συνέχεια, φαντάσου ότι αφού έχει βράσει το νερό σβήνεις το γκαζάκι και περιμένεις λίγο να κρυώσει το νερό.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί με τη στάθμη και τη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Θα μείνει η ίδια (σταθερή).

β) Θα μειωθεί.

γ) Θα αυξηθεί.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III):

Φαντάσου ότι γεμίζεις το δοχείο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και το ανάβεις με την ίδια περίπου φλόγα, όπως και όταν το δοχείο ήταν γεμάτο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Τώρα τι προβλέπεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο όταν αρχίζει να βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμάρια) .

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμάρια) .

γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμάρια) .

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



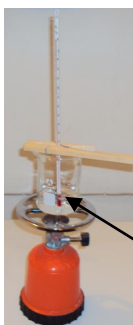
ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Βάλε το δοχείο ζέσεως πάνω στο γκαζάκι.

Τοποθέτησε και στήριξε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με ένα ξύλινο μανταλάκι.

Προσοχή!!! Τοποθέτησε το θερμόμετρο στο δοχείο ζέσεως με τέτοιο τρόπο ώστε το άκρο του να μην ακουμπά στα τοιχώματα και στον πυθμένα του δοχείου ζέσεως.



2^ο Βήμα

Γέμισε το δοχείο ζέσεως με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 20°C.

3^ο Βήμα

Άναψε το γκαζάκι με μια σταθερή και σχετικά χαμηλή φλόγα, έτσι ώστε το νερό να αρχίζει να ζεσταίνεται.

4^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

❖ Μόλις συμπληρώσεις τον παραπάνω πίνακα, σταμάτησε το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP) περίπου στο 5^ο λεπτό.

Σε ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;

..... °C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα τη φλόγα στο γκαζάκι (αύξηση παροχής θερμότητας) και συνέχιζε να ζεσταίνεται το νερό.

2^ο Βήμα

Ενεργοποίησε πάλι το χρονόμετρο (πατώντας το κουμπί START – STOP).

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο προσπάθησε να τις καταγράψει στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.
7 ^ο λεπτό (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.
8 ^ο λεπτό (3 ^ο λεπτό μετά την αύξηση της φλόγας)	°C.

Τώρα ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμοόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).
- γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το γκαζάκι ήταν αναμμένο σε χαμηλότερη φλόγα (στο πρώτο πείραμα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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

- Στη συνέχεια σβήσε το γκαζάκι.
- Ακούμπησε το δοχείο, με τη βοήθεια του δασκάλου και με χρήση θερμομονωτικών γαντιών, στο θρανίο.
- Περίμενε λίγο να κρυνώσει το νερό.
- **Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;**

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).
- β) Μειώθηκε.
- γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;;

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



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :

1^ο Βήμα:

Άδειασε το νερό από το δοχείο (του προηγούμενου πειράματος).

2^ο Βήμα:

Γέμισε το δοχείο που βρίσκεται πάνω στο θρανίο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο γκαζάκι και άναψε το με την ίδια περίπου φλόγα, όπως και όταν το δοχείο ήταν γεμάτο με 100 ml (ή γραμμάρια) νερό.

4^ο Βήμα

Αφού μηδενίσεις το χρονόμετρο, παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.
9 ^ο λεπτό	°C.
10 ^ο λεπτό	°C.

Ποια, περίπου, θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στην ίδια περίπου φλόγα).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

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



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

.....
.....

2) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

Η στάθμη του νερού, αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά:

- α) ανεβαίνει
- β) κατεβαίνει
- γ) παραμένει σταθερή

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

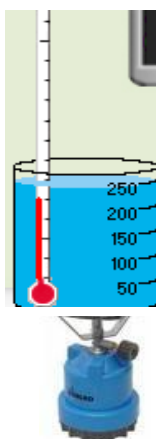
Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε ή αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας (για παράδειγμα τη φλόγα στο γκαζάκι ή την ένδειξη στο ηλεκτρικό μάτι), η θερμοκρασία του νερού:

- α) θα μεγαλώσει
- β) θα μικρύνει
- γ) θα παραμείνει η ίδια

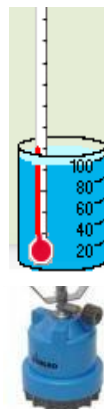
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

4) Έχουμε ένα μεγάλο (250 ml) και ένα μικρό δοχείο (100 ml), τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε με δυο ίδια γκαζάκια (με την ίδια παροχή θερμότητας – ίδια φλόγα).



ΜΕΓΑΛΟ ΔΟΧΕΙΟ



ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

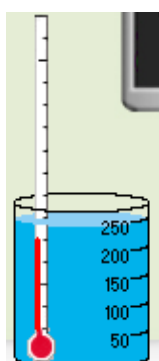
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

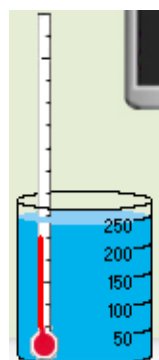
.....

5)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με την ίδια ποσότητα νερού. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).



ΜΙΚΡΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΙΚΡΗ ΦΛΟΓΑ



ΜΕΓΑΛΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΕΓΑΛΗ ΦΛΟΓΑ

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι (με τη χαμηλή φλόγα) και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι (με τη μεγάλη φλόγα), όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₄

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά
με την έννοια του βρασμού του νερού

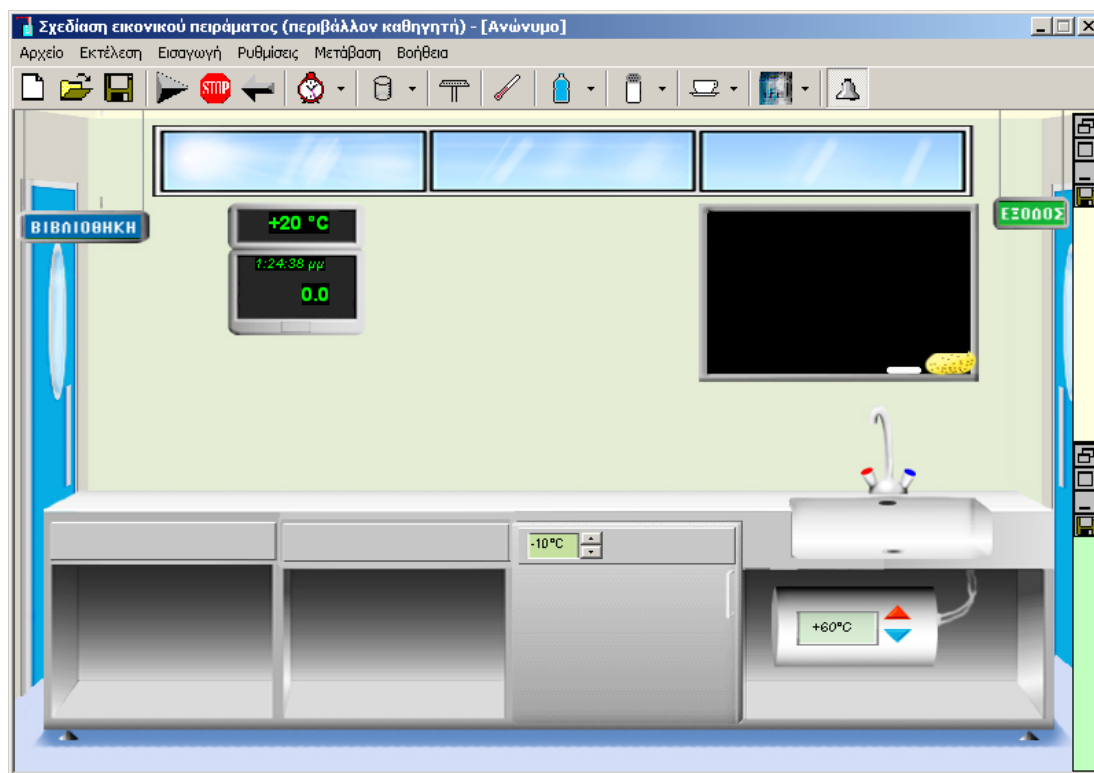


Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «Σ.Ε.Π.» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον)

Στην παρακάτω οθόνη του λογισμικού Σ.Ε.Π. απεικονίζεται το εργαστήριο Θερμότητας, στο οποίο μπορούμε να εκτελέσουμε πειράματα σχετικά με το ΒΡΑΣΜΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ :



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

.....
.....

2) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

Η στάθμη του νερού, αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά:

- α) ανεβαίνει
- β) κατεβαίνει
- γ) παραμένει σταθερή

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

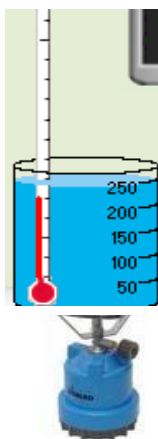
Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε ή αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας (για παράδειγμα τη φλόγα στο γκαζάκι ή την ένδειξη στο ηλεκτρικό μάτι), η θερμοκρασία του νερού:

- α) θα μεγαλώσει
- β) θα μικρύνει
- γ) θα παραμείνει η ίδια

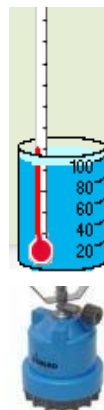
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

4) Έχουμε ένα μεγάλο (250 ml) και ένα μικρό δοχείο (100 ml), τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε με δυο ίδια γκαζάκια (με την ίδια παροχή θερμότητας – ίδια φλόγα).



ΜΕΓΑΛΟ ΔΟΧΕΙΟ



ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

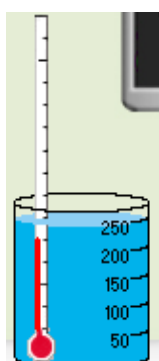
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

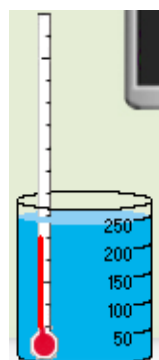
.....

5)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με την ίδια ποσότητα νερού. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).



ΜΙΚΡΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΙΚΡΗ ΦΛΟΓΑ



ΜΕΓΑΛΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΕΓΑΛΗ ΦΛΟΓΑ

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι (με τη χαμηλή φλόγα) και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι (με τη μεγάλη φλόγα), όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

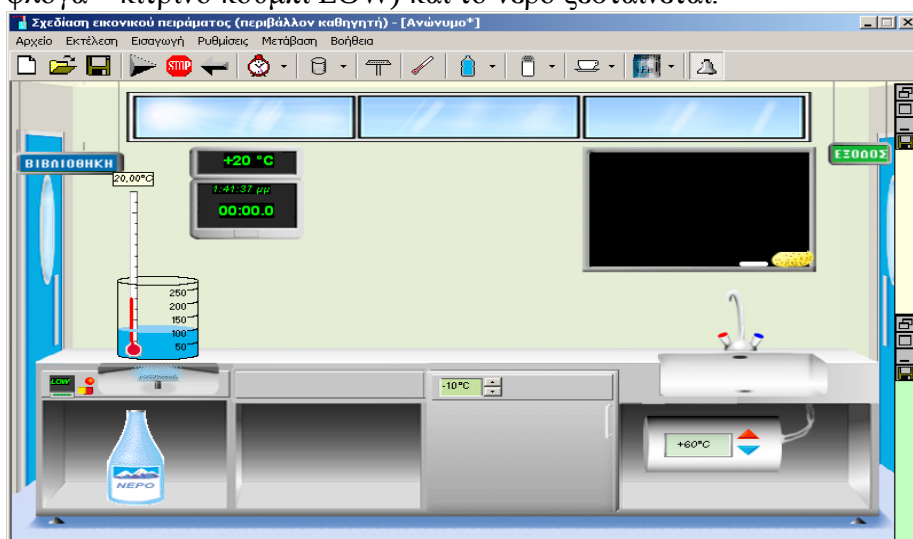
ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):



Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Πάνω στο λύχνο θέρμανσης - Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι) έχουμε ένα δοχείο που περιέχει 100 ml (ή γραμμάρια) νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Ανάβουμε το λύχνο θέρμανσης στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (μικρή φλόγα – κίτρινο κουμπί LOW) και το νερό ζεσταίνεται.



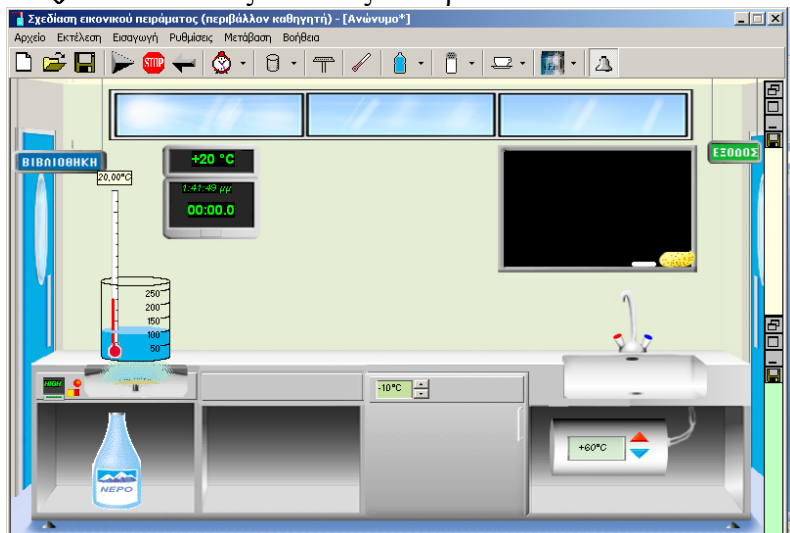
Μπορείς να προβλέψεις ποια θα θερμοκρασία θα δείχνει το θερμόμετρο (σε βαθμούς Κελσίου - °C) όταν βράζει το νερό;

..... °C



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Π):

Φαντάσου ότι ενώ βράζει το νερό δυναμώνεις απότομα το λύχνο θέρμανσης - Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι) στην υψηλή ένδειξη (μεγάλη φλόγα – κόκκινο κουμπί HIGH) και συνεχίζεις να ζεσταίνεις το νερό.



Τώρα τι προβλέπεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό όταν ο λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη (μικρή φλόγα).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό όταν λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη (μικρή φλόγα).
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό σε δοχείο όταν ο λύχνος θέρμανσης ήταν αναμμένος στη χαμηλή ένδειξη (μικρή φλόγα).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

- Στη συνέχεια, φαντάσου ότι αφού έχει βράσει το νερό σβήνεις το ηλεκτρικό μάτι και περιμένεις λίγο να κρυώσει το νερό.

Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί με τη στάθμη και τη μάζα του νερού στο δοχείο;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Θα μείνει η ίδια (σταθερή).
- β) Θα μειωθεί.
- γ) Θα αυξηθεί.

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

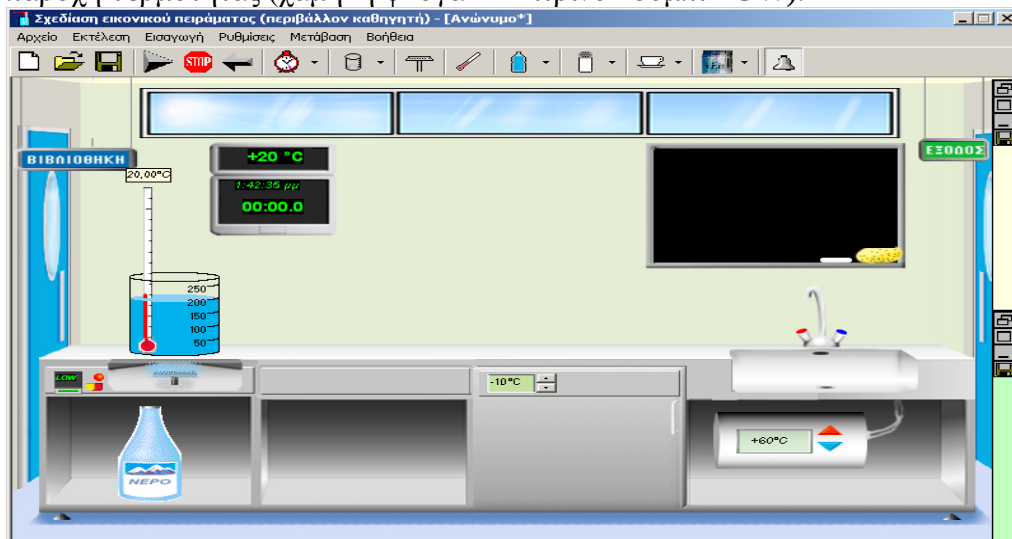


ΠΡΟΒΛΕΨΗ (III):

Στη συνέχεια φαντάσου ότι γεμίζεις το δοχείο με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml (ή γραμμάρια) νερό.

Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

Τοποθετείς το δοχείο πάνω στο λύχνο θέρμανσης και τον ανάβεις πάλι στη χαμηλή παροχή θερμότητας (χαμηλή φλόγα – – κίτρινο κουμπί LOW).



Τώρα τι προβλέπεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο όταν αρχίζει να βράζει το νερό;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).
- γ) Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων).

Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

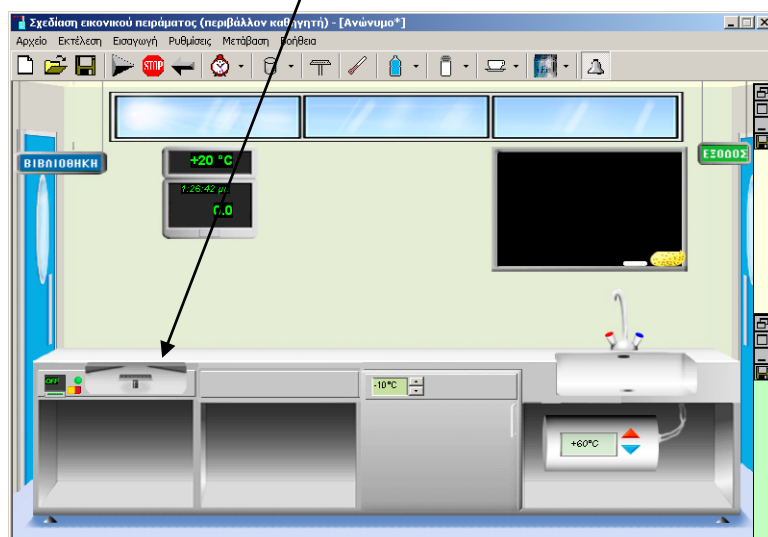
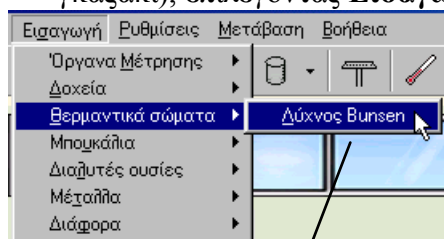
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

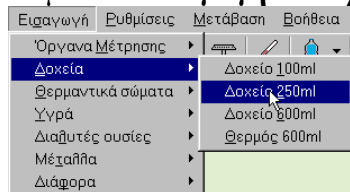
1^ο Βήμα

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας έναν λύχνο Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι ή γκαζάκι), επιλέγοντας **Εισαγωγή > Θερμαντικά σώματα > Λύχνος Bunsen**,



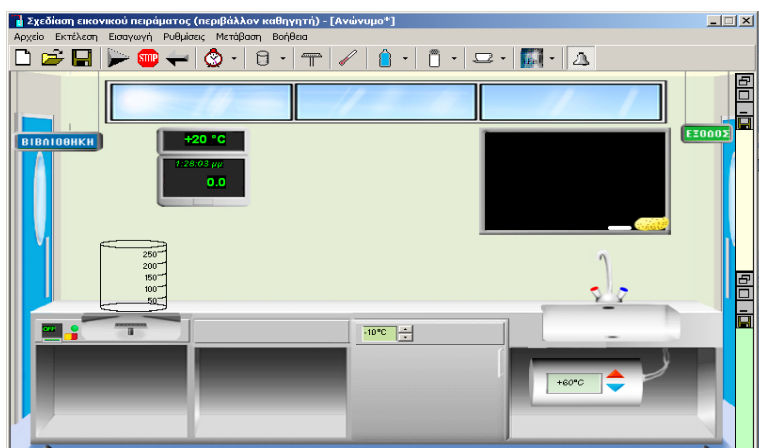
2^ο Βήμα – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΟΧΕΙΟΥ 250 ml

Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας δοχείο των 250 ml (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή > Δοχεία > Δοχεία 250 ml**



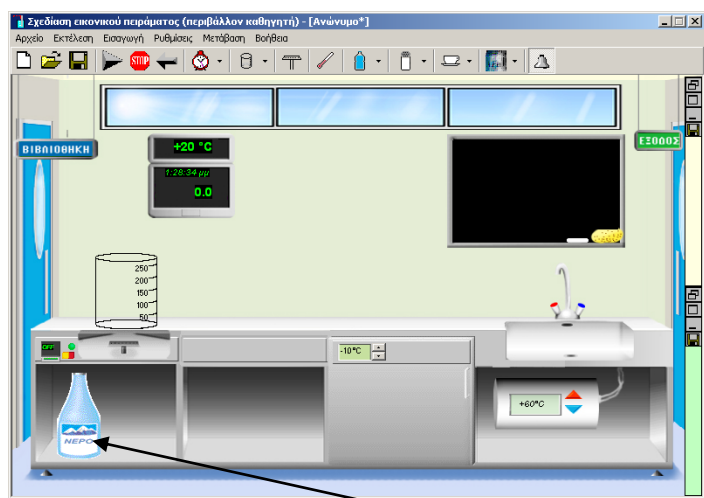
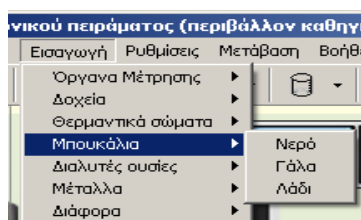
Στη συνέχεια μετακίνησε με το ποντίκι το δοχείο πάνω στο λύχνο Bunsen, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₄ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ Σ.Ε.Π.

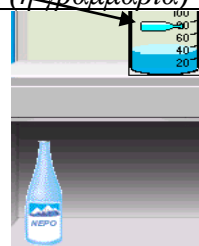


3^ο Βήμα – ΜΠΟΥΚΑΛΙ ΜΕ ΝΕΡΟ (ΓΕΜΙΣΜΑ ΜΕΧΡΙ ΤΑ 100ml)

Τοποθέτησε στο κάτω μέρος του πάγκου εργασίας μπουκάλι νερού, χρησιμοποιώντας το μενού το μενού **Εισαγωγή** ➤ **Μπουκάλια** ➤ **Νερό**

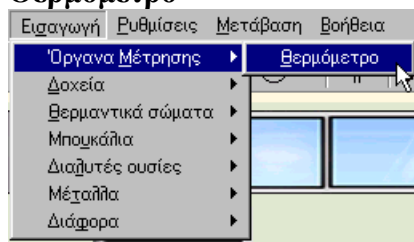


- Στη συνέχεια κάνοντας αριστερό κλικ στο **Μπουκάλι με το νερό**, το ποντίκι παίρνει τη μορφή **μικρού μπλε μπουκαλιού**.
- Τέλος, οδήγησε τον κέρσορα του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με **100 ml (ή γραμμάρια)** νερό:

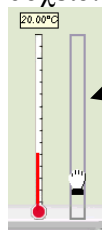


4^ο Βήμα

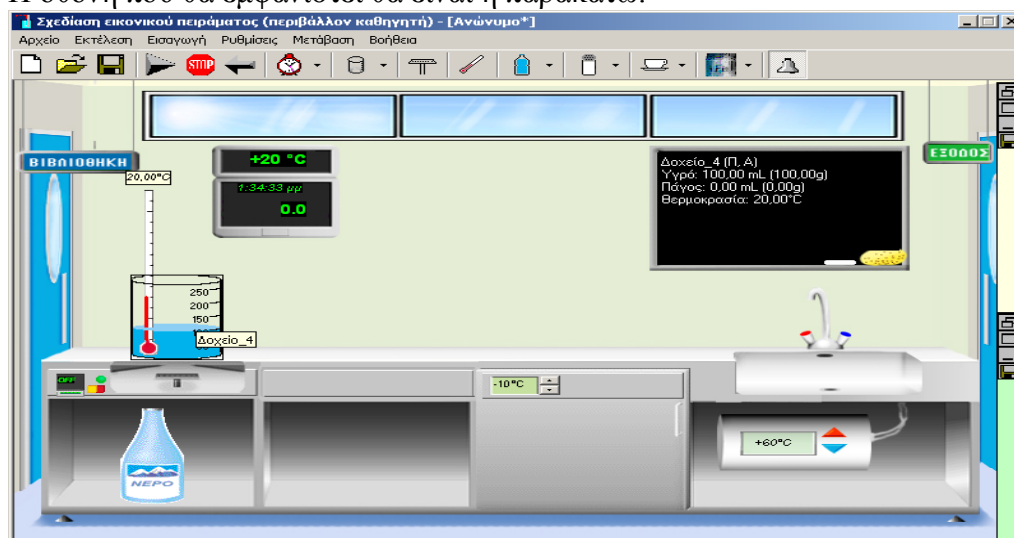
Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας Εισαγωγή ➤ Όργανα μέτρησης ➤ Θερμόμετρο



Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.



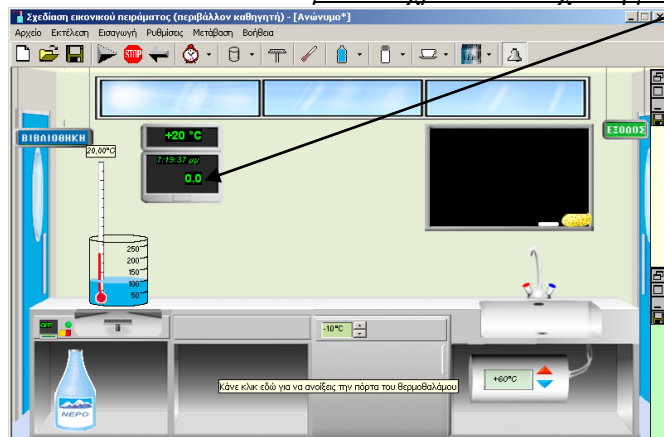
Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



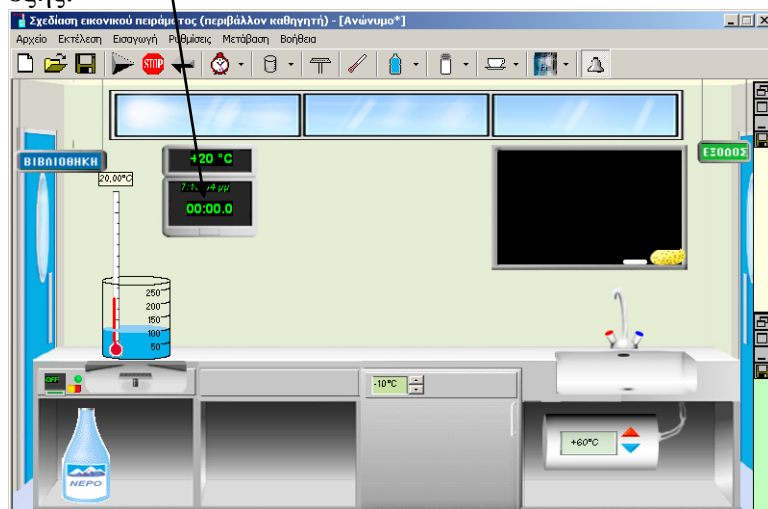
Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

5^ο Βήμα

Κάνε κλικ στον πίνακα με τον χρόνο που έχει τη μορφή 0.0 (δευτερόλεπτα:δέκατα):

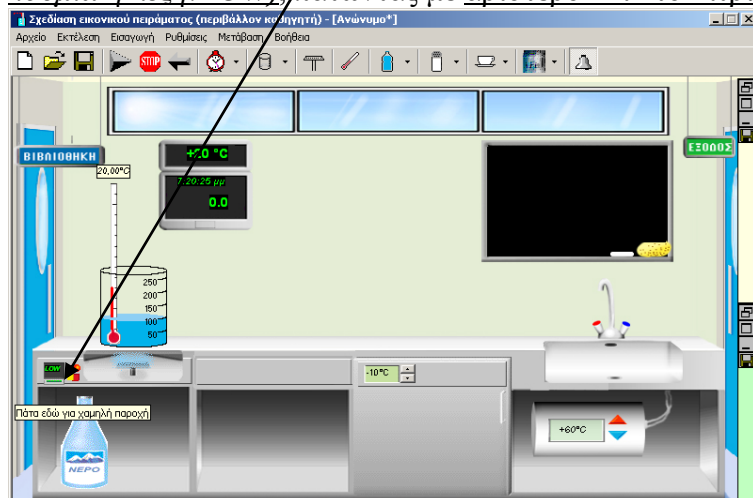


Τότε ο χρόνος θα εμφανίζεται στην οθόνη με τη μορφή λεπτά:δευτερόλεπτα:δέκατα ως εξής:



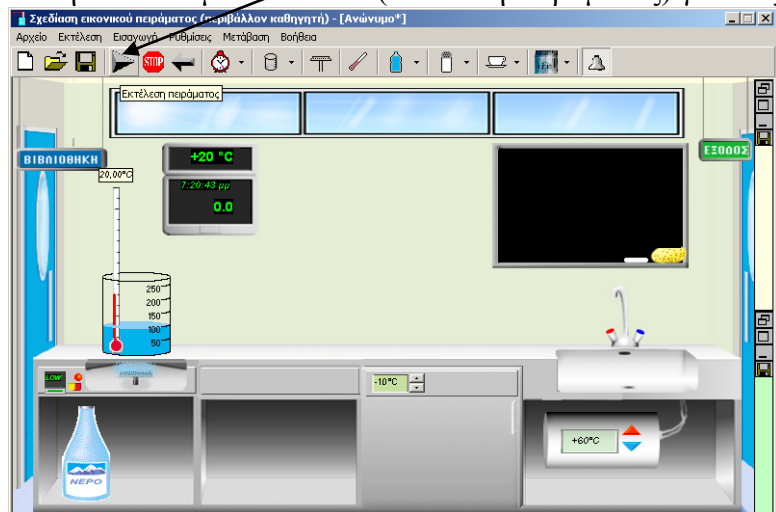
6^ο Βήμα – ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ LOW)

Άναψε το Λύχνο στη χαμηλή παροχή θερμότητας (θα εμφανιστεί δίπλα από το κίτρινο κουμπί η λέξη: LOW), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κουμπί.



7^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



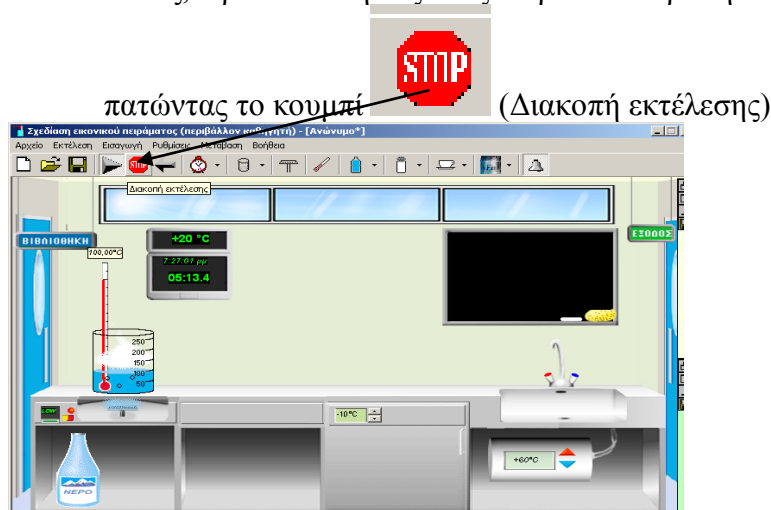
Στη συνέχεια το νερό αρχίζει να ζεσταίνεται.

8^ο Βήμα

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο (ρολόι) προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.

➤ Τέλος, πριν απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις, σταμάτησε το πείραμα



Σε ποια θερμοκρασία παρατηρείς να βράζει το νερό;
.....°C.

Τι παρατηρείς να συμβαίνει κατά τη διάρκεια του βρασμού σε όλη την μάζα του;

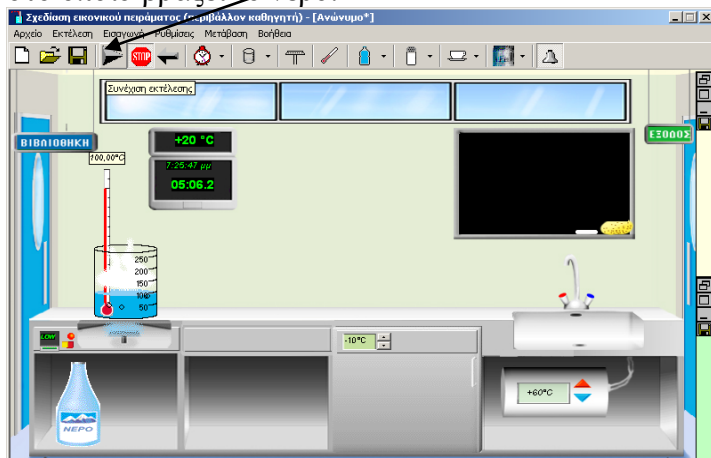
.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα

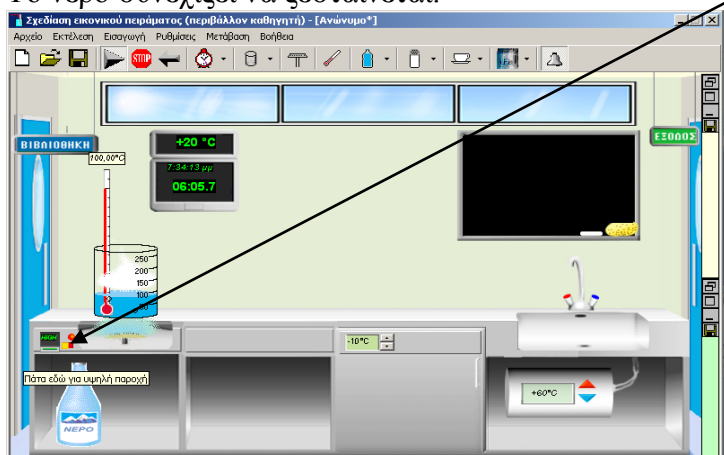
Πάτησε ξανά το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να συνεχίσει το πείραμα στο οποίο βράζει το νερό.



2^ο Βήμα – ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΟΚΚΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ: HIGH)

Ενώ βράζει το νερό δυνάμωσε απότομα το λύχνο θέρμανσης στην υψηλή παροχή θερμότητας(μεγαλύτερη φλόγα), πατώντας με αριστερό κλικ το κόκκινο κουμπί (θα εμφανιστεί δίπλα από το κουμπί η λέξη: HIGH)

Το νερό συνεχίζει να ζεσταίνεται.



3^ο Βήμα

Παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
6 ^ο λεπτό – (1 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.
7 ^ο λεπτό – (2 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.
8 ^ο λεπτό – (3 ^ο λεπτό μετά την αύξηση στην υψηλή παροχή θερμότητας)	°C.

Τώρα ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο ενώ βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).
- β) Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).
- γ) Ίδια, περίπου, θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβρασε το νερό και το ηλεκτρικό μάτι ήταν αναμμένο στην ένδειξη LOW, δηλαδή στη χαμηλή παροχή Θερμότητας (χαμηλή φλόγα).

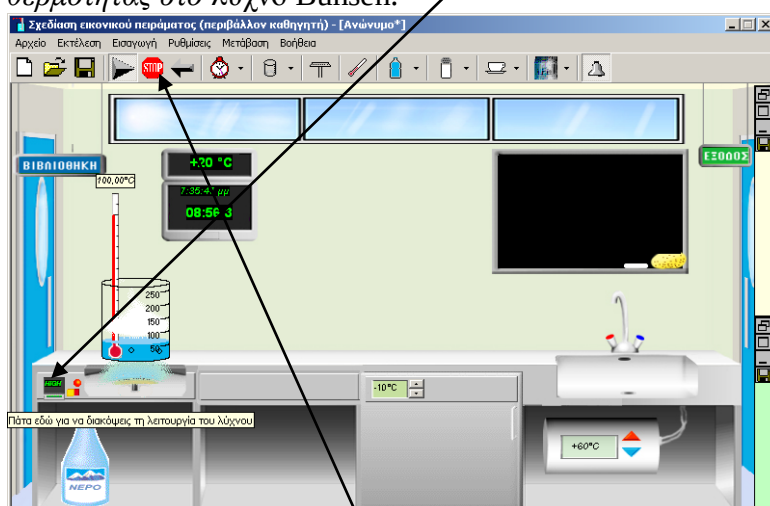
Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

.....

.....

- Στη συνέχεια σβήσε το λύχνο Bunsen (το ηλεκτρικό μάτι), πατώντας αρχικά με αριστερό κλικ την ένδειξη: HIGH(στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης), έτσι ώστε να εμφανιστεί η ένδειξη OFF που σημαίνει ότι διακόπτεται η παροχή θερμότητας στο λύχνο Bunsen.



- Τέλος πάτησε το κουμπί (Διακοπή εκτέλεσης)

- **Τι παρατηρείς στη στάθμη και στη μάζα του νερού στο δοχείο;**

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Έμεινε η ίδια (σταθερή).
- β) Μειώθηκε.
- γ) Αυξήθηκε.

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

.....

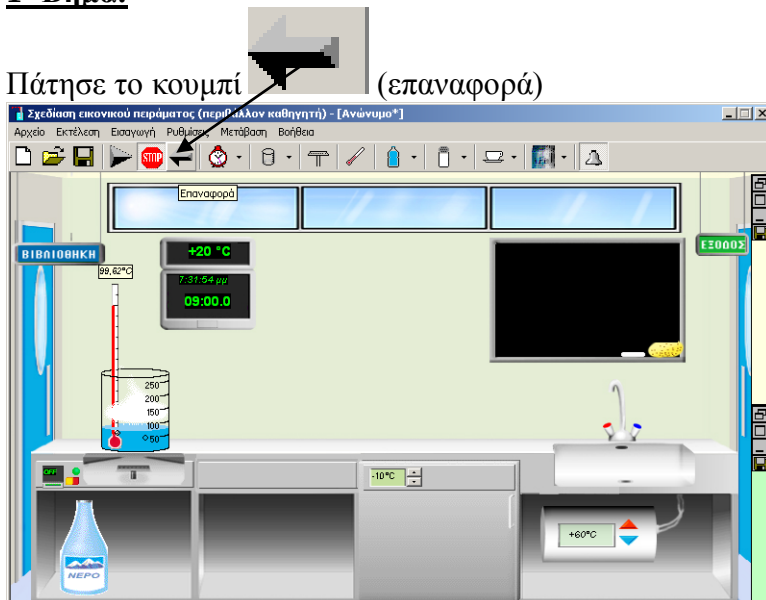
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₄ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: Ο ΒΡΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ Σ.Ε.Π.



ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ :

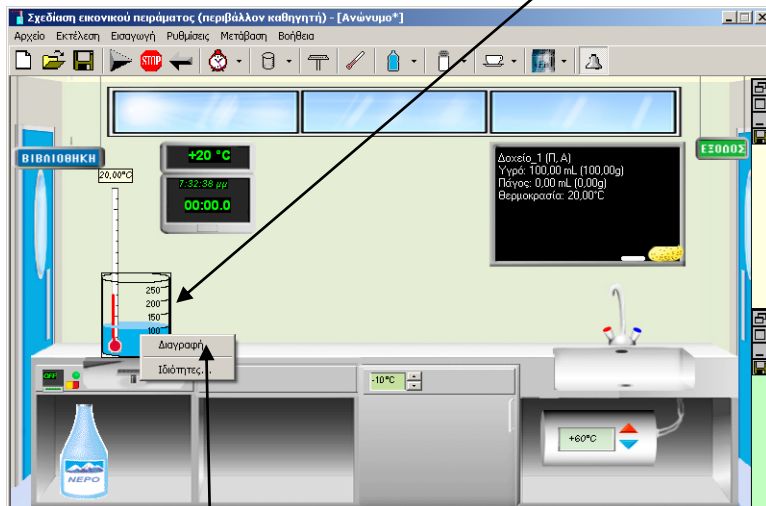
1^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί (επαναφορά)



2^ο Βήμα:

Επέλεξε με το ποντίκι το δοχείο και κάνε δεξί κλικ για να εμφανιστεί το παρακάτω εικονίδιο:

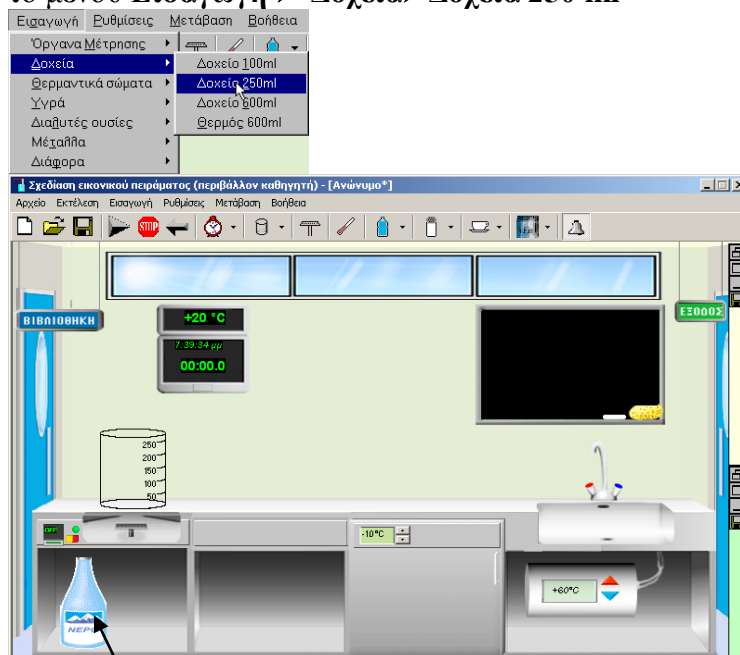


3^ο Βήμα:

Επέλεξε διαγραφή του δοχείου

4^ο Βήμα

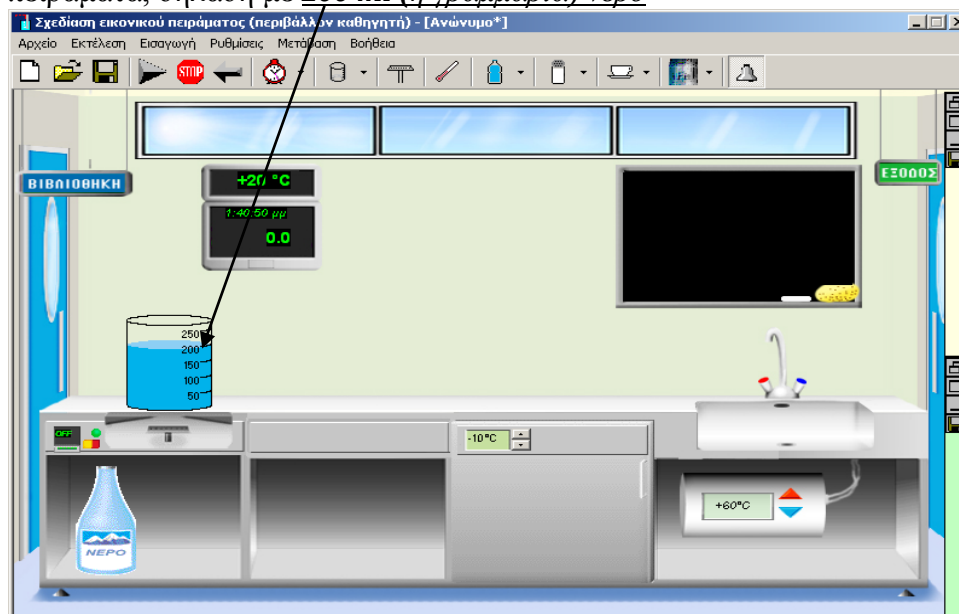
Τοποθέτησε στο πάγκο εργασίας δοχείο των 250 ml (γραμμαρίων), χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή ➤ Δοχεία ➤ Δοχεία 250 ml**



5^ο Βήμα – Γέμισμα Δοχείου με διπλάσια ποσότητα, δηλαδή με 200 ml

Κάνε αριστερό κλικ στο Μπουκάλι με το νερό, έτσι ώστε το ποντίκι να πάρει τη μορφή μικρού μπουκαλιού.

Τέλος, οδήγησε τον κέρσorra του ποντικίου στο δοχείο και με συνεχόμενα αριστερά κλικ μέσα στο δοχείο γέμισε το με διπλάσια ποσότητα σε σχέση με τα προηγούμενα πειράματα, δηλαδή με **200 ml** (ή γραμμαρία) νερό



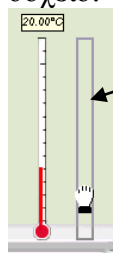
Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C.

6^ο Βήμα

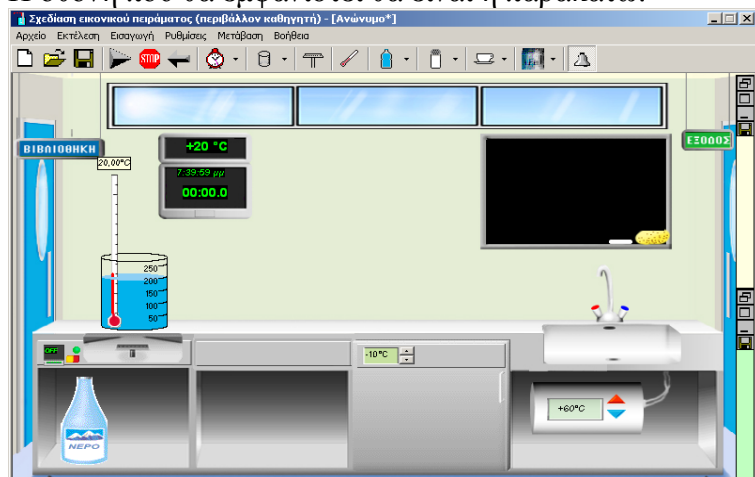
Τοποθέτησε ένα θερμόμετρο επιλέγοντας Εισαγωγή ➤ Όργανα μέτρησης ➤ Θερμόμετρο



Στη συνέχεια επέλεξε το Θερμόμετρο με το ποντίκι και μετακίνησε το μέσα στο δοχείο.

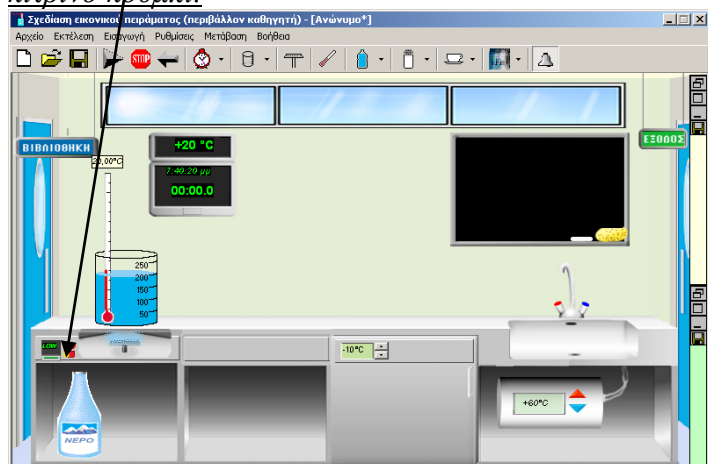


Η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι η παρακάτω:



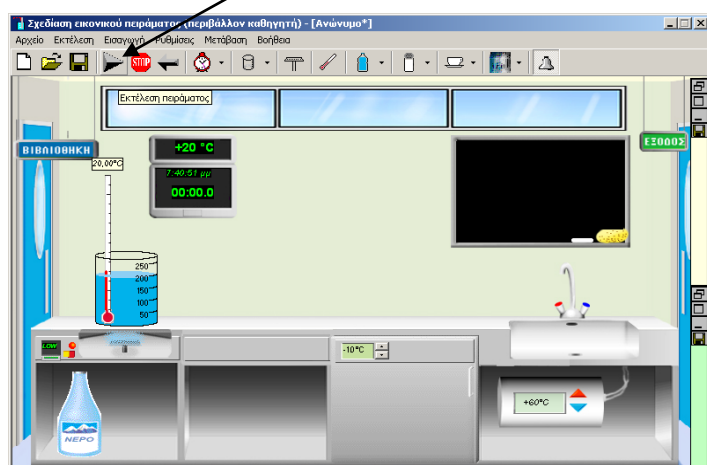
7^ο Βήμα – ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΥΜΠΙ: LOW)

Άναψε το Λύχνο στη χαμηλή παροχή (θερμότητας), πατώντας με αριστερό κλικ το κίτρινο κρουπί.



8^ο Βήμα

Πάτησε το κουμπί  (εκτέλεση πειράματος) για να ξεκινήσει το πείραμα.



9^ο Βήμα

Στη συνέχεια παρατήρησε τις ενδείξεις του θερμομέτρου και προσπάθησε να τις καταγράψεις, με τη βοήθεια του χρονομέτρου, στον παρακάτω πίνακα:

ΛΕΠΤΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
1 ^ο λεπτό	°C.
2 ^ο λεπτό	°C.
3 ^ο λεπτό	°C.
4 ^ο λεπτό	°C.
5 ^ο λεπτό	°C.
6 ^ο λεπτό	°C.
7 ^ο λεπτό	°C.
8 ^ο λεπτό	°C.
9 ^ο λεπτό	°C.
10 ^ο λεπτό	°C.

Ποια θερμοκρασία παρατηρείς να δείχνει το θερμόμετρο όταν βράζει το νερό;..... °C.

Αυτή, λοιπόν, η θερμοκρασία είναι:

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τρεις παρακάτω απαντήσεις:

- Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- Μικρότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).
- Ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία που έβραζε το νερό στο προηγούμενο πείραμα στο δοχείο των 100 ml (ή γραμμαρίων) (στη χαμηλή παροχή).

Πως νομίζεις ότι μπορεί να εξηγηθεί η απάντησή σου;

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



1) Τι θα συμβεί με το νερό, αν αφήσουμε μια κατσαρόλα πολλή ώρα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας;

.....
.....

2) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

Η στάθμη του νερού, αφού αυτό βράσει για αρκετά λεπτά:

- α) ανεβαίνει
- β) κατεβαίνει
- γ) παραμένει σταθερή

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

3) Επέλεξε και κύκλωσε τη σωστή απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

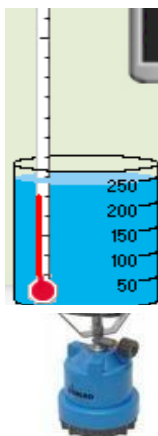
Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε ή αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας ((για παράδειγμα τη φλόγα στο γκαζάκι ή την ένδειξη στο ηλεκτρικό μάτι)), η θερμοκρασία του νερού:

- α) θα μεγαλώσει
- β) θα μικρύνει
- γ) θα παραμείνει η ίδια

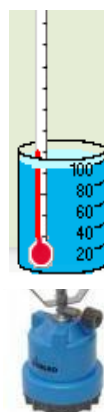
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

4) Έχουμε ένα μεγάλο (250 ml) και ένα μικρό δοχείο (100 ml), τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα ίδιο θερμόμετρο και τα θερμαίνουμε με δυο ίδια γκαζάκια (με την ίδια παροχή θερμότητας – ίδια φλόγα).



ΜΕΓΑΛΟ ΔΟΧΕΙΟ



ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο(σε βαθμούς Κελσίου - °C)στο μεγάλο δοχείο και ποια στο μικρό δοχείο, όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

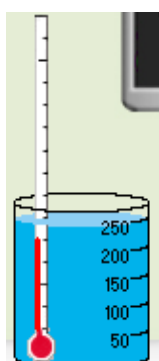
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

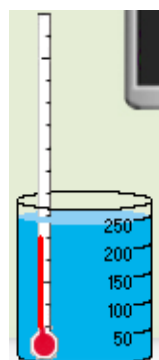
.....

5)Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με την ίδια ποσότητα νερού. Μέσα στα δοχεία βάζουμε από ένα ίδιο θερμόμετρο.

Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε χαμηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)) και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι (δηλαδή του δίνουμε περισσότερη - υψηλή παροχή θερμότητας (φλόγα)).



ΜΙΚΡΟ ΓΚΑΖΑΚΙ -
ΜΙΚΡΗ ΦΛΟΓΑ



ΜΕΓΑΛΟ ΓΚΑΖΑΚΙ-
ΜΕΓΑΛΗ ΦΛΟΓΑ

Στη συνέχεια, αφήνουμε για κάποια λεπτά να βράσει το νερό και στα δυο δοχεία.

α) Ποια θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο που βρίσκεται στο δοχείο που θερμαίνεται με το μικρό γκαζάκι (με τη χαμηλή φλόγα) και ποια στο δοχείο με το μεγάλο γκαζάκι (με τη μεγάλη φλόγα), όταν αρχίζει να βράζει το νερό στα δυο δοχεία;

.....

β) Θα είναι ίδια ή διαφορετική η θερμοκρασία του νερού που θα δείχνουν τα θερμόμετρα σε καθένα από τα δυο δοχεία;

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₅

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. μια μπαταρία πλακέ 4,5V
2. ένα λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με τη βάση του (ή λυχνιολαβή)
3. ένα διακόπτη
4. τρία καλώδια (με κροκοδειλάκια)



ΤΑΞΗ:

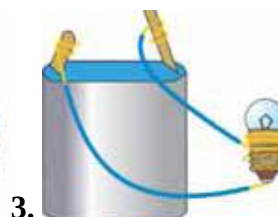
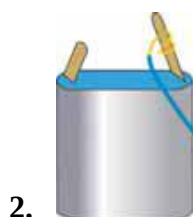
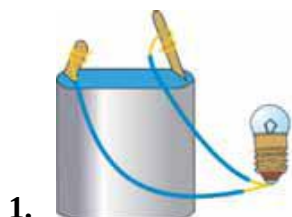
ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες⁸⁶ και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:



Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Β) Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

2) Στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως είναι δυνατή η σύνδεση μόνο του ενός καλωδίου (που βλέπεις) της λάμπας του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε η λάμπα να ανάβει;

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

⁸⁶ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

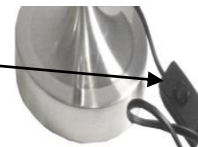
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₅ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

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

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;

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



3) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας:

α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

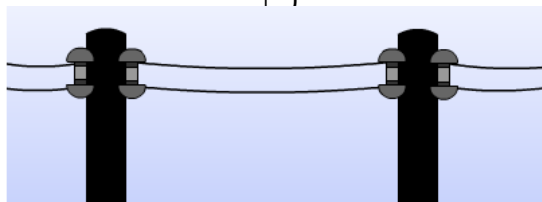
.....
.....

β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

4) Γιατί ,μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;



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

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

1^η δραστηριότητα:



Για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να το συνδέσεις με μια ηλεκτρική πηγή.

Στα πειράματα θα χρησιμοποιήσεις ως ηλεκτρική πηγή την μπαταρία.

Φαντάσου ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία και ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή).

Σχεδιάσε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία και το λαμπάκι, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).



Πόσα καλώδια σχεδίασες στην παραπάνω εικόνα για να ανάψει το λαμπάκι;

Κύκλωσε μια από τις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Ένα
- β) Δύο
- γ) Τρία
- δ) Περισσότερα από τρία.

Τι πιστεύεις ότι γίνεται και ανάβει το λαμπάκι;

.....

Όταν ανάψει το λαμπάκι, έχουμε κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

2^η δραστηριότητα:

- Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν στην παραπάνω φωτογραφία συνδεθεί η μπαταρία με το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο; Θα ανάψει το λαμπάκι;

Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

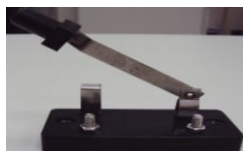
.....

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

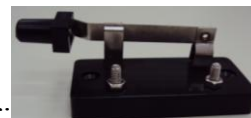


Στη συνέχεια φαντάσου ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία, ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή) και έναν διακόπτη.

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία, το λαμπάκι και το διακόπτη, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).



Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:



Πόσα καλώδια σχεδίασες στην παραπάνω εικόνα για να ανάψει το λαμπάκι;
Κύκλωσε μια από τις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Δύο
- β) Τρία
- γ) Τέσσερα
- δ) Περισσότερα από τέσσερα.

➤ Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν κλείσεις τον διακόπτη;

.....
.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί θα συμβεί αυτό που θα παρατηρήσεις αν κλείσεις το διακόπτη;

.....
.....

Αν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

➤ Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν ανοίξεις τον διακόπτη;

.....
.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί θα συμβεί αυτό που θα παρατηρήσεις αν ανοίξεις το διακόπτη;

.....
.....

Αν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^η δραστηριότητα:

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:
(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια))



Εικόνα (1)

Αρχικά σύνδεσε τους δυο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.
Μετά σύνδεσε τα καλώδια με τις δυο επαφές της βάσης (ή λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι (εικόνα 1).

Τι παρατηρείς για το λαμπάκι;

Για ποιο λόγο πιστεύεις ότι έγινε αυτό που παρατήρησες;

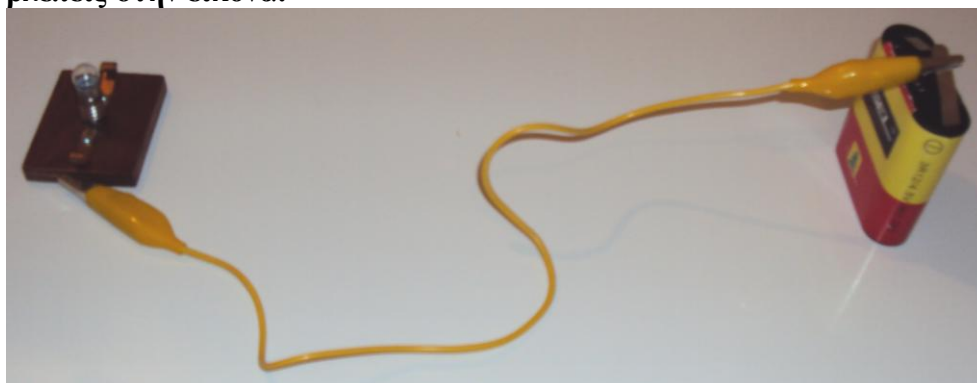
Όταν ανάψει το λαμπάκι, έχουμε κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

2^η δραστηριότητα:

Αποσύνδεσε τα δυο καλώδια από την μπαταρία και το λαμπάκι.

Στη συνέχεια, σύνδεσε την μπαταρία και το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο, όπως βλέπεις στην εικόνα:



Όταν συνδέσεις το καλώδιο, τι παρατηρείς;

Ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....



ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Πριν ξεκινήσεις το δεύτερο πείραμα αποσύνδεσε τα καλώδια από την μπαταρία και την λάμπα.

Τώρα, προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (εικόνα 2) στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία πλακέ (4,5V), απαραίτητα καλώδια (με κροκοδειλάκια)).

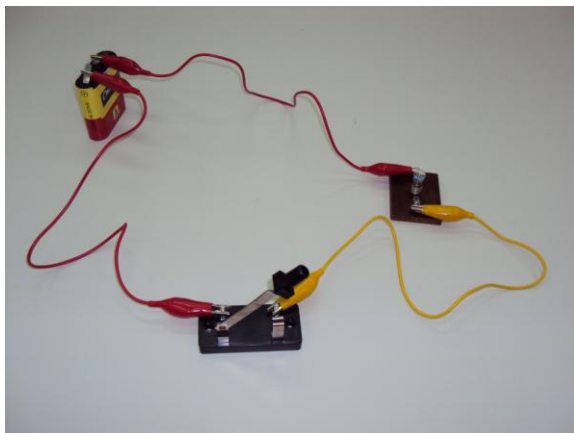
Σημείωση: Ο διακόπτης μας βοηθά για να διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος εύκολα και για όσο χρονικό διάστημα επιθυμούμε:



Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:



Εικόνα (2)

Αρχικά σύνδεσε τους δυο πόλους της μπαταρίας με καλώδια.
Μετά σύνδεσε τα καλώδια με το διακόπτη και τις δυο επαφές της βάσης (ή
λυχνιολαβής) στην οποία είναι στερεωμένο το λαμπάκι.

Κλείσε το διακόπτη.

- Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν έκλεισες τον διακόπτη;

.....
.....

Όταν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή
κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....
.....

- Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν άνοιξες τον διακόπτη;

.....
.....

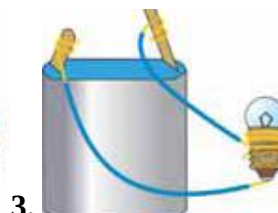
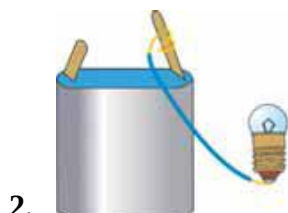
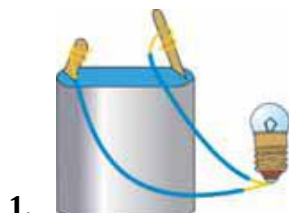
Όταν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή
κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Παρατηρήσε τις παρακάτω εικόνες⁸⁷ και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:



Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Β) Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

2) Στα παραπάνω πειράματα που πραγματοποίησες παρατήρησες και διαπίστωσες ότι για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να συνδέεται με την μπαταρία και δυο καλώδια.

Όμως, στο φωτιστικό γραφείου στην διπλανή εικόνα βλέπουμε μόνο ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς, λοιπόν, να εξηγήσεις γιατί ενώ χρειάζονται δυο καλώδια για να ανάψει ένα λαμπάκι στην περίπτωση της λάμπας του φωτιστικού βλέπουμε μόνο ένα να συνδέεται με την πρίζα; Είναι δυνατόν η λάμπα να ανάβει μόνο με αυτό το καλώδιο που βλέπουμε;

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

⁸⁷ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

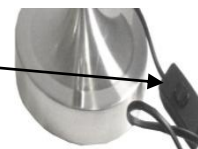
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II₅ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

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

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;

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



3) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας:

α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

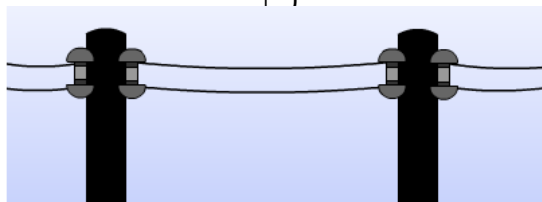
.....
.....

β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....
.....

4) Γιατί ,μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;



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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₆

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά
με την έννοια του απλού ηλεκτρικού
κυκλώματος

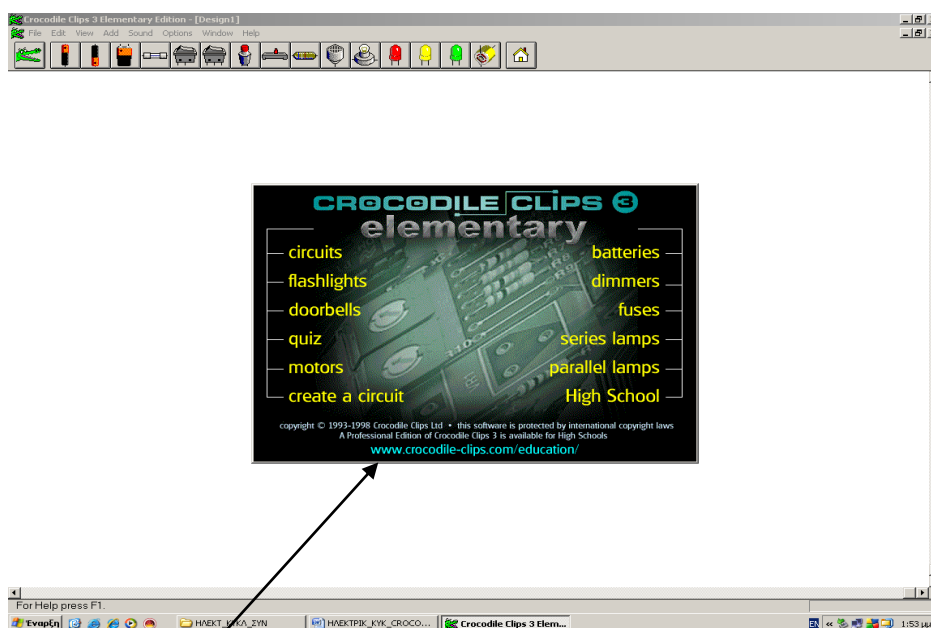
ΤΟ ΑΠΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION»

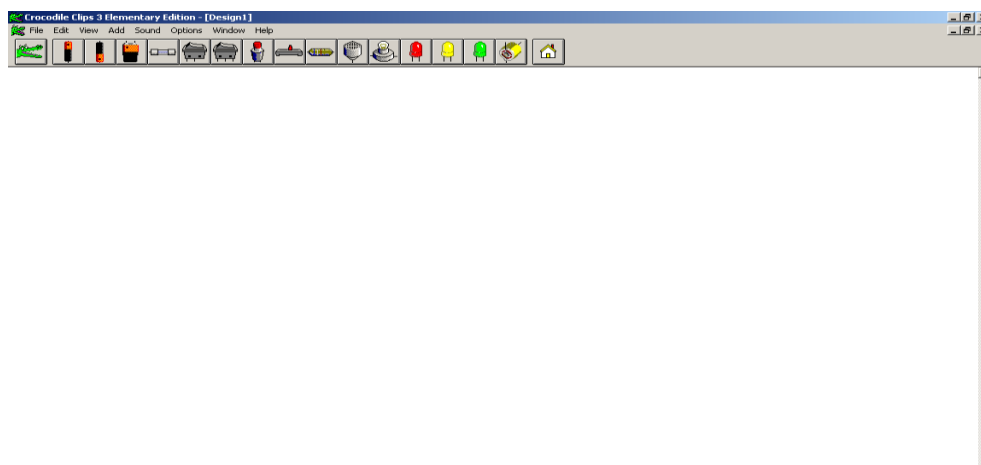
ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION

Η αρχική οθόνη του λογισμικού είναι:



Κάνοντας κλικ έχουμε την παρακάτω οθόνη:



ΤΑΞΗ:

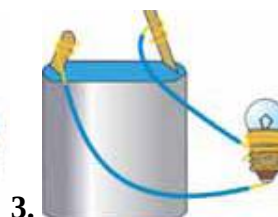
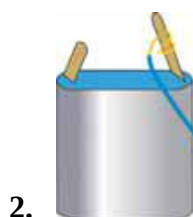
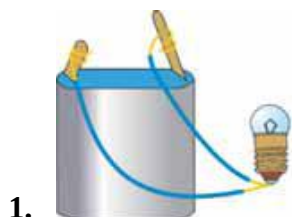
ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες⁸⁸ και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:



Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Β) Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

2) Στην διπλανή εικόνα βλέπουμε ένα φωτιστικό γραφείου, το οποίο έχει ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς να εξηγήσεις πως είναι δυνατή η σύνδεση μόνο του ενός καλωδίου (που βλέπεις) της λάμπας του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε η λάμπα να ανάβει;

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

⁸⁸ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

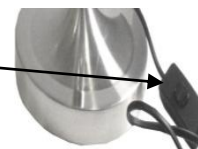
.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;

.....

.....

.....



3) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας:

α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

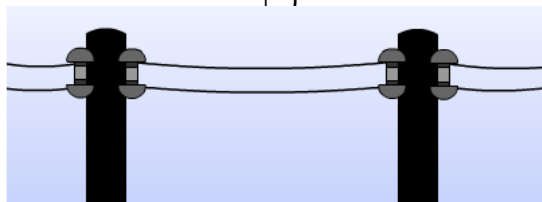
β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

4) Γιατί ,μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;



.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

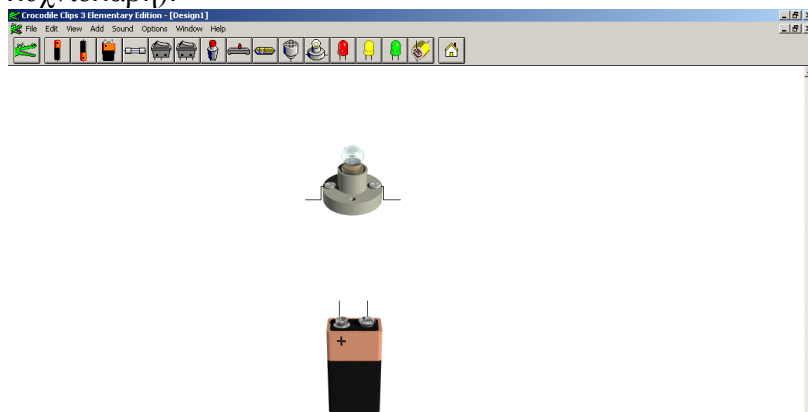
1^η δραστηριότητα:

Για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να το συνδέσεις με μια ηλεκτρική πηγή.

Στα πειράματα θα χρησιμοποιήσεις ως ηλεκτρική πηγή την μπαταρία.

Φαντάσου ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία και ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή).

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία και το λαμπάκι, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).



Πόσα καλώδια σχεδίασες στην παραπάνω εικόνα για να ανάψει το λαμπάκι;

Κύκλωσε μια από τις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Ένα
- β) Δύο
- γ) Τρία
- δ) Περισσότερα από τρία.

Τι πιστεύεις ότι γίνεται και ανάβει το λαμπάκι;

.....

Όταν ανάψει το λαμπάκι, έχουμε κλειστό ή ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

2^η δραστηριότητα:

- Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν στην παραπάνω φωτογραφία συνδεθεί η μπαταρία με το λαμπάκι μόνο με ένα καλώδιο; Θα ανάψει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....
- Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II):

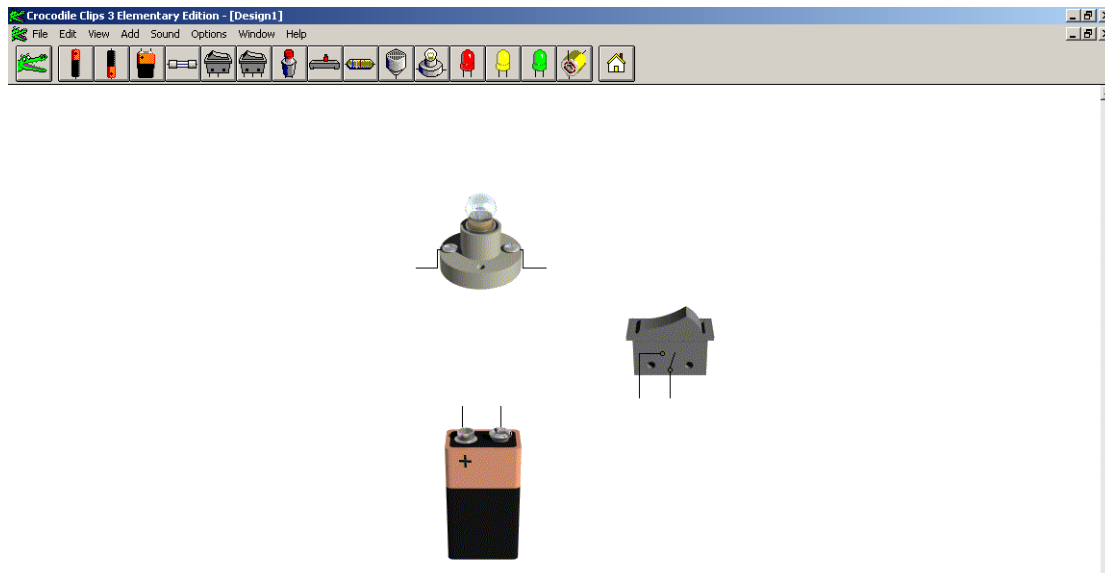
Στη συνέχεια φαντάσου ότι έχεις στη διάθεσή σου καλώδια, μια μπαταρία, ένα λαμπάκι στερεωμένο σε μια βάση (ή λυχνιολαβή) και έναν διακόπτη.

Σχεδίασε, στην παρακάτω εικόνα, με το μολύβι όσα καλώδια χρειάζονται και σύνδεσε τα με την μπαταρία, το λαμπάκι και το διακόπτη, έτσι ώστε να δημιουργήσεις ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα για να ανάψει το λαμπάκι που βρίσκεται στη βάση του (ή λυχνιολαβή).

Ανοικτός διακόπτης:



Κλειστός διακόπτης:



Πόσα καλώδια σχεδίασες στην παραπάνω εικόνα για να ανάψει το λαμπάκι;

Κύκλωσε μια από τις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Δυο
- β) Τρία
- γ) Τέσσερα
- δ) Περισσότερα από τέσσερα.

➤ **Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν κλείσεις τον διακόπτη;**

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί θα συμβεί αυτό που θα παρατηρήσεις αν κλείσεις το διακόπτη;

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

Αν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

➤ Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν ανοίξεις τον διακόπτη;

.....

.....

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί θα συμβεί αυτό που θα παρατηρήσεις αν ανοίξεις το διακόπτη;

.....

.....

Αν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

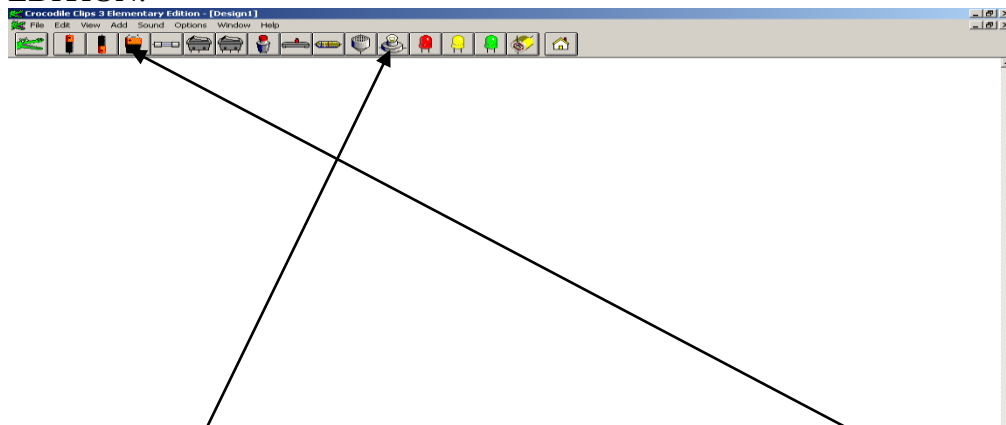
1^η δραστηριότητα:

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (9 V), απαραίτητα καλώδια).

1^ο Βήμα:

Βρισκόμαστε στην αρχική οθόνη του CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION:

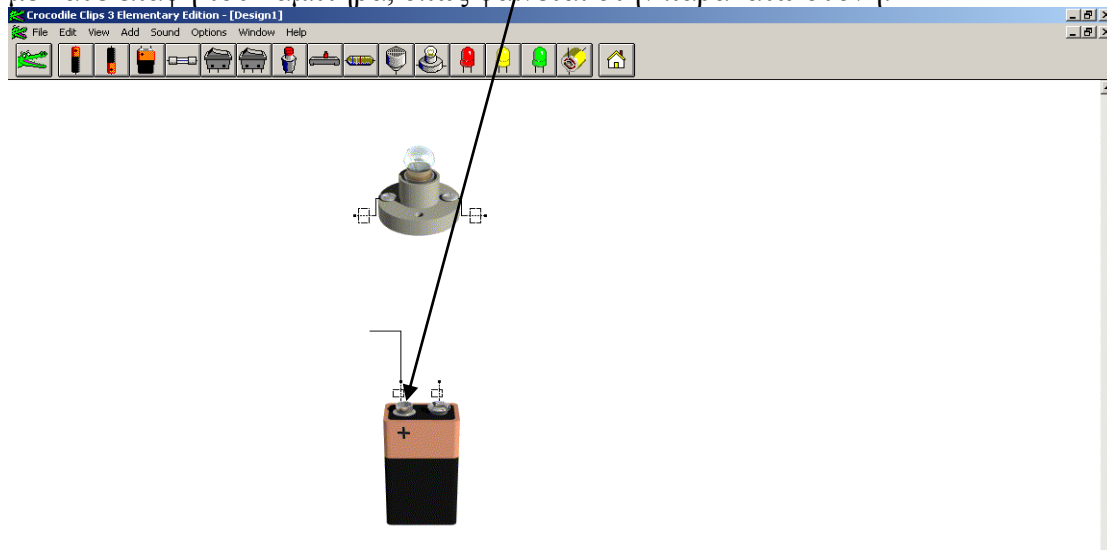


2^ο Βήμα:

Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας και λάμπας.

3^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα, όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:





ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Διέγραψε το καλώδιο, την μπαταρία και την λάμπα από την παραπάνω δραστηριότητα.

2^ο Βήμα:

Προσπάθησε να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα ανάβει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υλικά:

(ένα διακόπτη, ένα λαμπάκι 4,5V με τη βάση του (ή λυχνιολαβή), μια μπαταρία (9 V), απαραίτητα καλώδια)

Σημείωση: Ο διακόπτης μας βοηθά για να διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος εύκολα και για όσο χρονικό διάστημα επιθυμούμε.

Προσοχή!!!: Ο διακόπτης έχει δυο άκρα. Μόνο σε αυτά τα δυο άκρα πρέπει να συνδέσεις τα καλώδια.

Ανοικτός διακόπτης:



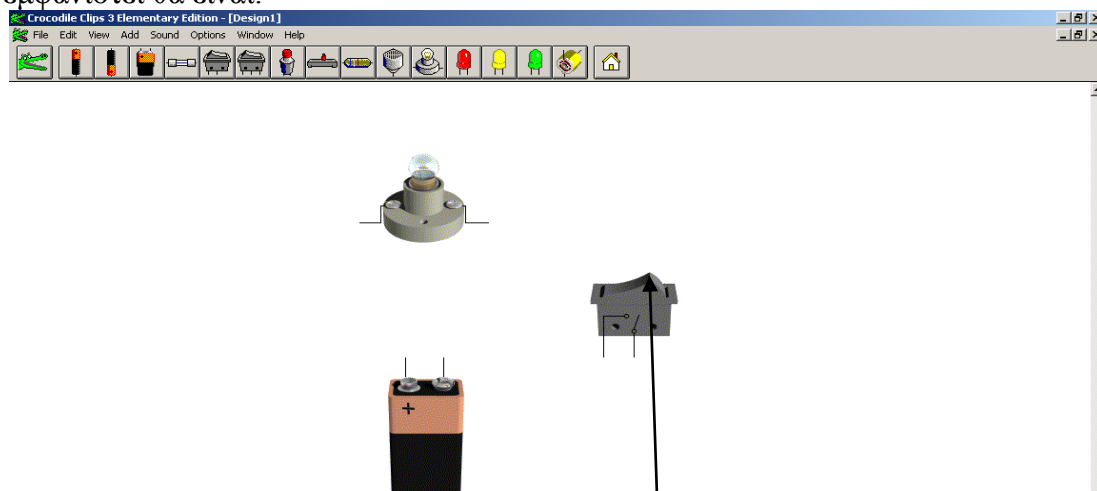
Κλειστός διακόπτης:



3^ο Βήμα:

Με απλό κλικ πάνω στα εικονίδια της γραμμής εργαλείων κάνε εισαγωγή μπαταρίας, λάμπας και διακόπτη.

Πριν συνδέσεις όλα τα στοιχεία του κυκλώματος με τα καλώδια η οθόνη που θα εμφανιστεί θα είναι:



4^ο Βήμα:

Στη συνέχεια πλησιάζοντας τον κέρσορα σε κάθε πόλο της μπαταρίας σύνδεσέ την με κάθε επαφή του λαμπτήρα και του διακόπτη.

5^ο Βήμα:

Κλείσε το διακόπτη με αριστερό κλικ πάνω στο κουμπί (που βλέπεις στην οθόνη).

➤ Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, τι παρατηρείς;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν έκλεισες τον διακόπτη;

.....
.....

Όταν κλείσεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....

➤ Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, τι παρατηρείς;

.....
.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες όταν άνοιξες τον διακόπτη;

.....
.....

Όταν ανοίξεις το διακόπτη, τι κύκλωμα δημιουργείται: ανοιχτό ή κλειστό;.....

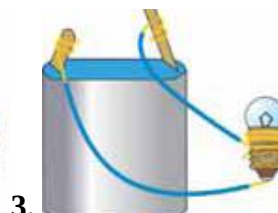
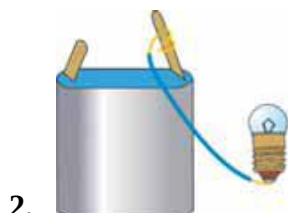
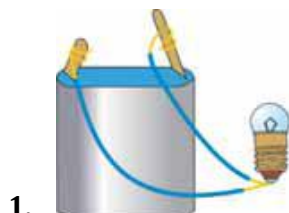
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:.....

.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες⁸⁹ και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:



Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Β) Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου;.....
.....

2) Στα παραπάνω πειράματα που πραγματοποίησες παρατήρησες και διαπίστωσες ότι για να ανάψει ένα λαμπάκι πρέπει να συνδέεται με την μπαταρία και δυο καλώδια.

Όμως, στο φωτιστικό γραφείου στην διπλανή εικόνα βλέπουμε μόνο ένα καλώδιο που συνδέει την λάμπα με την πρίζα.



α) Μπορείς, λοιπόν, να εξηγήσεις γιατί ενώ χρειάζονται δυο καλώδια για να ανάψει ένα λαμπάκι στην περίπτωση της λάμπας του φωτιστικού βλέπουμε μόνο ένα να συνδέεται με την πρίζα; Είναι δυνατόν η λάμπα να ανάβει μόνο με αυτό το καλώδιο που βλέπουμε;

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

⁸⁹ Αποστολάκης κ.ά. (2006β:102); Καλκάνης (2010:91).

β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;

.....

.....

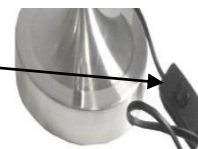
.....

γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;

.....

.....

.....



3) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας:

α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

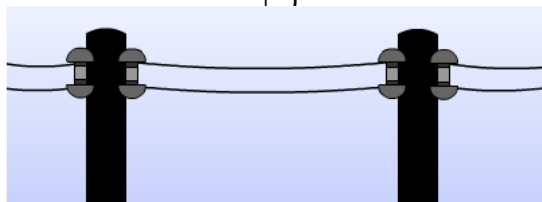
β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός;.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

.....

.....

4) Γιατί ,μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε
δύο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;



.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

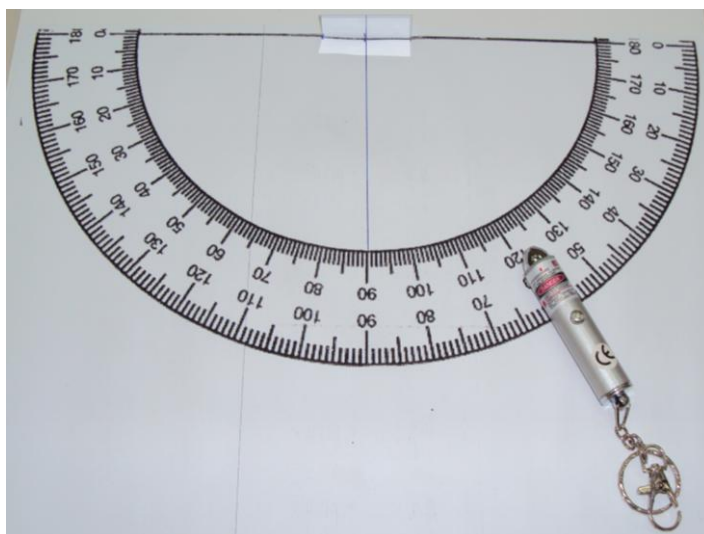
II₇

Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων:

1. Πηγή ακτινών λέιζερ
2. Μικρός Καθρέπτης (κάτοπτρο), τύπου παραλληλόγραμμου
3. Μακετόχαρτο που υπάρχει πάνω του τυπωμένο Μοιρογνώμονιο
4. Χάρακας (σε περίπτωση που τον χρειαστούν οι μαθητές)



Σημείωση: Στο κέντρο του Μοιρογνώμονιου ο καθρέπτης έχει τοποθετηθεί κάθετα στο επίπεδό του.

ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

.....

.....

.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



.....

.....

.....

3) α) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

.....

.....

.....

β) Ας υποθέσουμε ότι στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια, πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

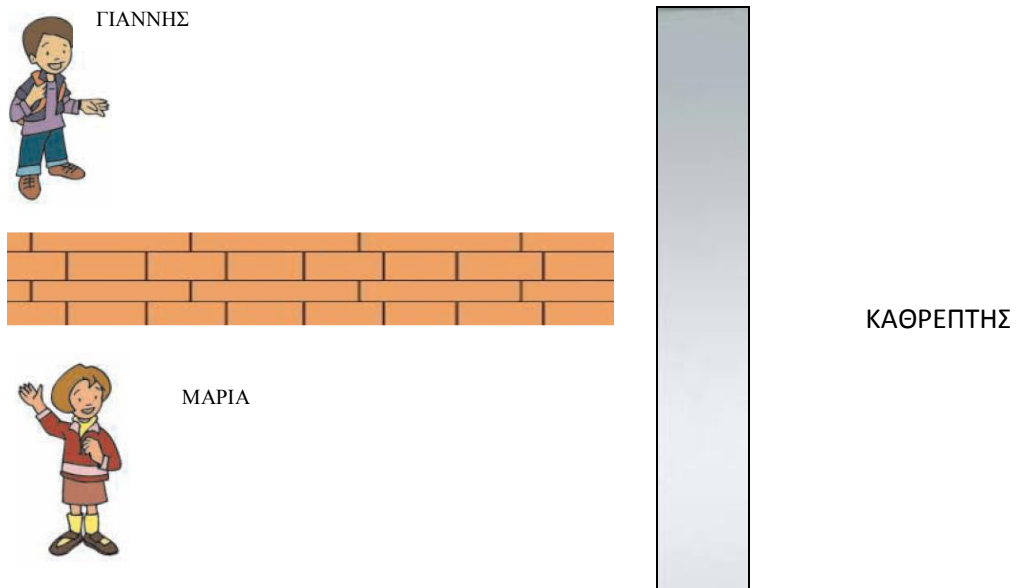
.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II, – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

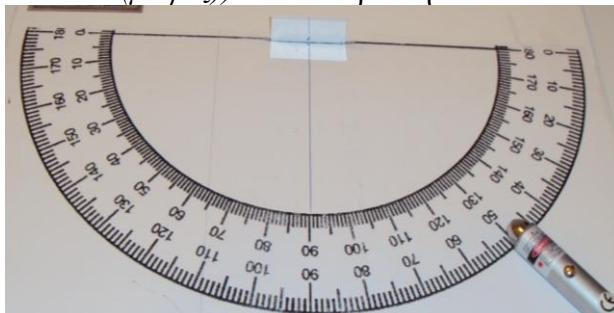
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (I):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις με την πηγή λέιζερ υπό μια γωνία (και συγκεκριμένα υπό γωνία 50° (μοίρες)) έναν καθρέπτη.



Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

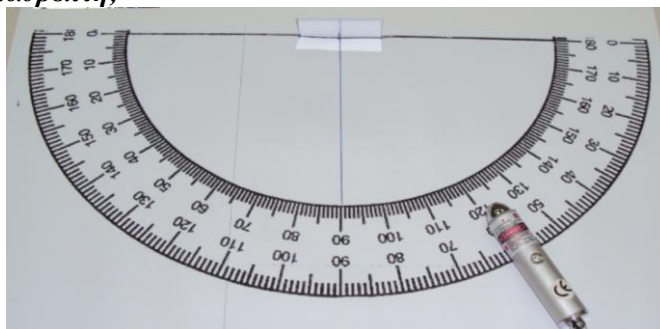
.....



ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II)

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:
Φωτίζεις πάλι με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία (και συγκεκριμένα υπό γωνία 60° (μοίρες)) τον καθρέπτη.

Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι προβλέπεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;



Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

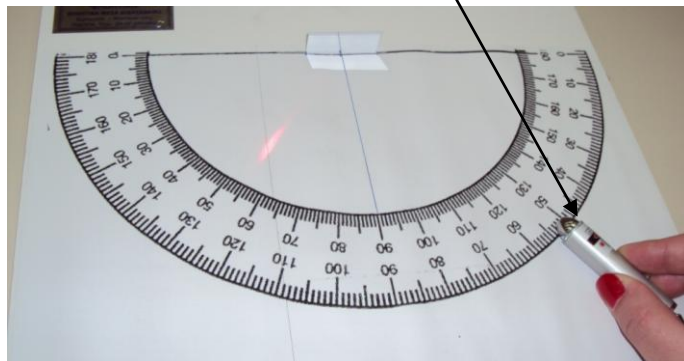
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:

1^ο Βήμα:

Φώτισε με τη πηγή λέιζερ υπό γωνία 50° (μοίρες) τον καθρέπτη, ο οποίος βρίσκεται πάνω στο μακετόχαρτο (βάση) με το μοιρογνωμόνιο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

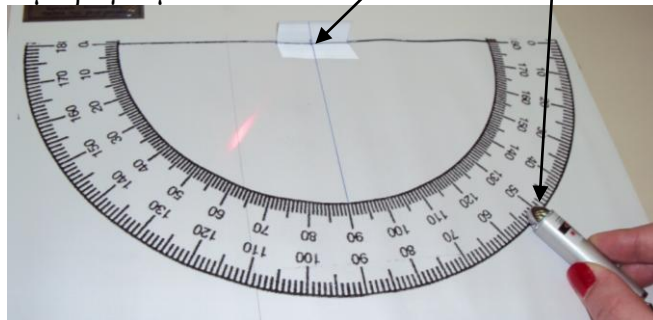
Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....
.....

2^ο Βήμα:

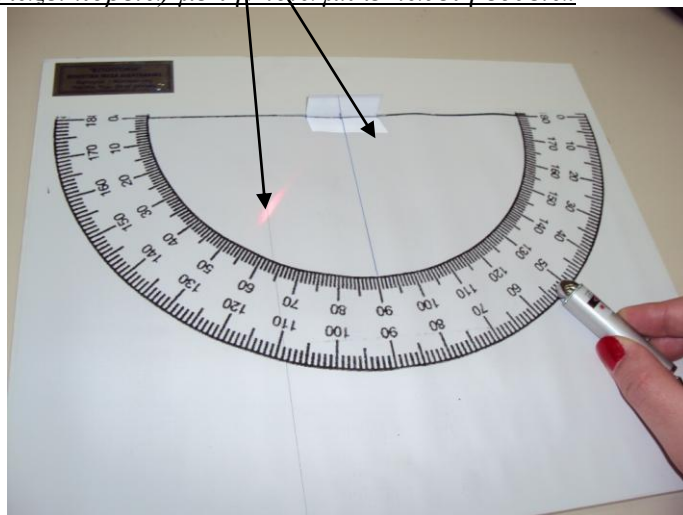
Συνέχισε να φωτίζεις με την πηγή λέιζερ πάλι υπό γωνία 50° (μοίρες) τον καθρέπτη, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει περίπου το μέσο του καθρέπτη και ειδικότερα την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από το μέσο του καθρέπτη και καταλήγει στις 90° (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνωμόνιου.

Προσοχή!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνωμόνιο.



3^ο Βήμα:

Παρατήρησε πάνω στο μακετόχαρτο (με το μοιρογνωμόνιο) τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.



4^ο Βήμα:

Στο σχήμα, λοιπόν, που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά τη γωνία που σχηματίζει η φωτεινή ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η φωτεινή ακτίνα που ανακλάται (αλλάζει πορεία) από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;

.....
.....

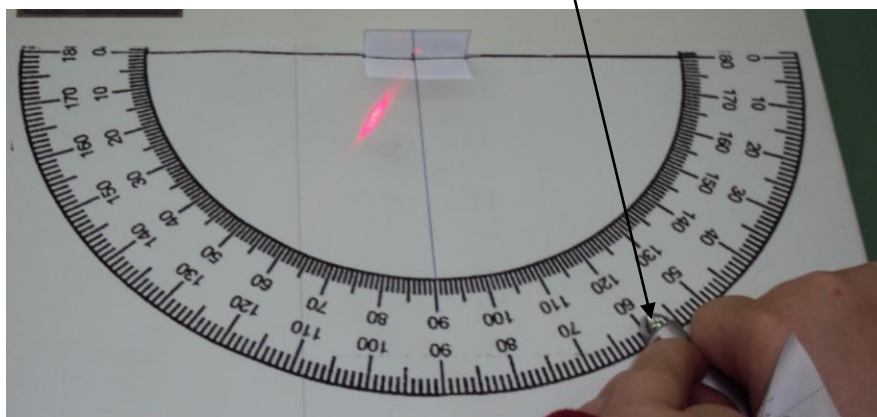


ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Τώρα προσπάθησε και φώτισε με την πηγή λέιζερ υπό άλλη γωνία σε σχέση με το Πρώτο πείραμα (και συγκεκριμένα υπό γωνία **60^ο μοίρες**) τον καθρέπτη, έτσι ώστε η φωτεινή ακτίνα να φωτίζει περίπου το μέσο του καθρέπτη και ειδικότερα την αρχή της κάθετης μπλε γραμμής που ξεκινάει από το μέσο του καθρέπτη και καταλήγει στις 90^ο (μοίρες) του αποτυπωμένου μοιρογνομόνιου.

Προσοχή!!!: Φώτιζε συνεχώς μέχρι η πορεία της φωτεινής δέσμης να φαίνεται στο μακετόχαρτο με το μοιρογνομόνιο.



Τώρα, υπό άλλη γωνία και συγκεκριμένα υπό γωνία 60^ο, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

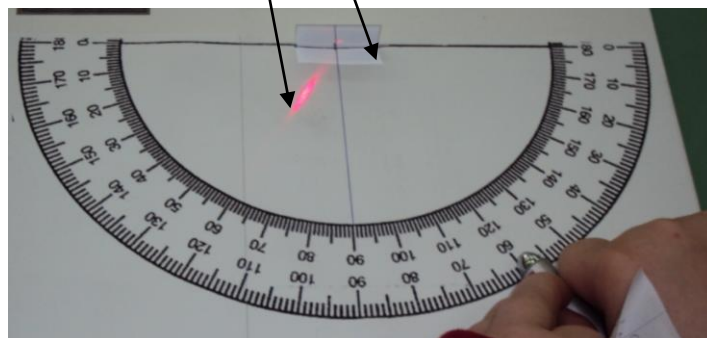
- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

.....
.....

2^ο Βήμα:

Παρατήρησε πάνω στο μακετόχαρτο (με το μοιρογνώμονιο) τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λείζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια μπλε κάθετη ευθεία.



3^ο Βήμα:

Στο σχήμα που δημιουργείται παρατήρησε προσεκτικά, όπως στο πρώτο πείραμα, τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την μπλε κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την μπλε ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση.

(αν θέλεις χρησιμοποίησε και το χάρακα για περισσότερη ακρίβεια).

Αν ναι. Ποια;

.....
Αυτές, λοιπόν, οι γωνίες έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο πρώτο πείραμα;

.....
.....
Ποια σχέση έχει πάντα η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης μιας φωτεινής ακτίνας που πέφτει πάνω σε έναν καθρέπτη;

.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

.....

.....

.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



.....

.....

.....

3) α) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

.....

.....

.....

β) Ας υποθέσουμε ότι στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια, πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

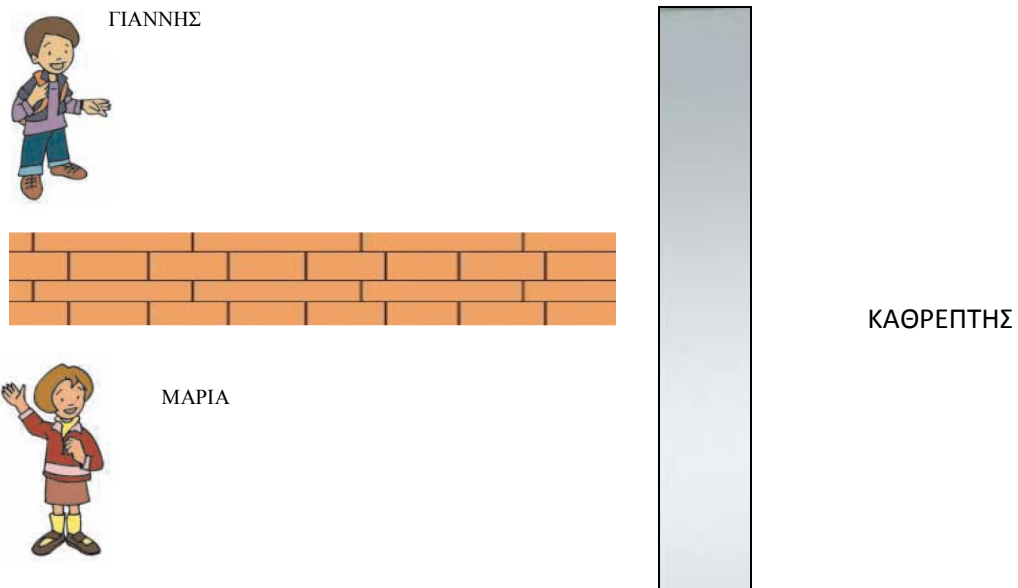
.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II, – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

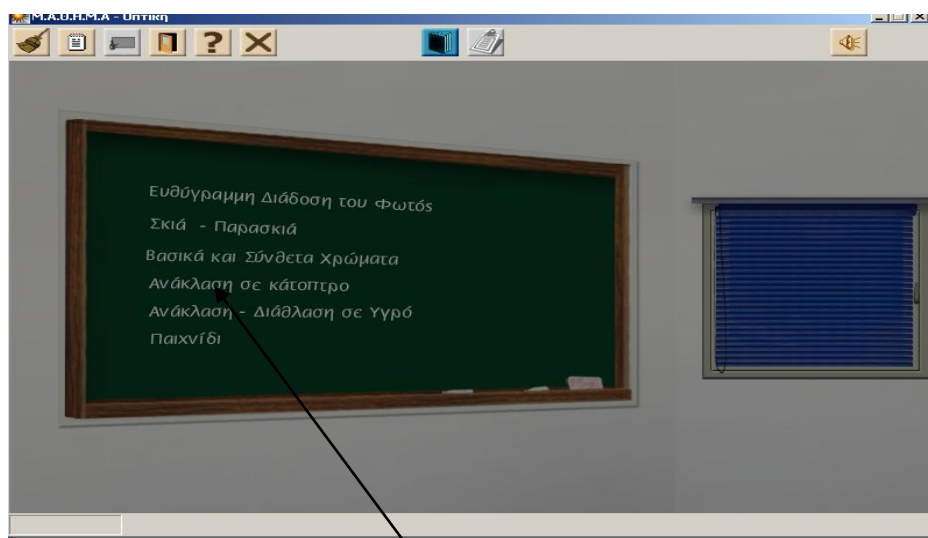
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

II₈

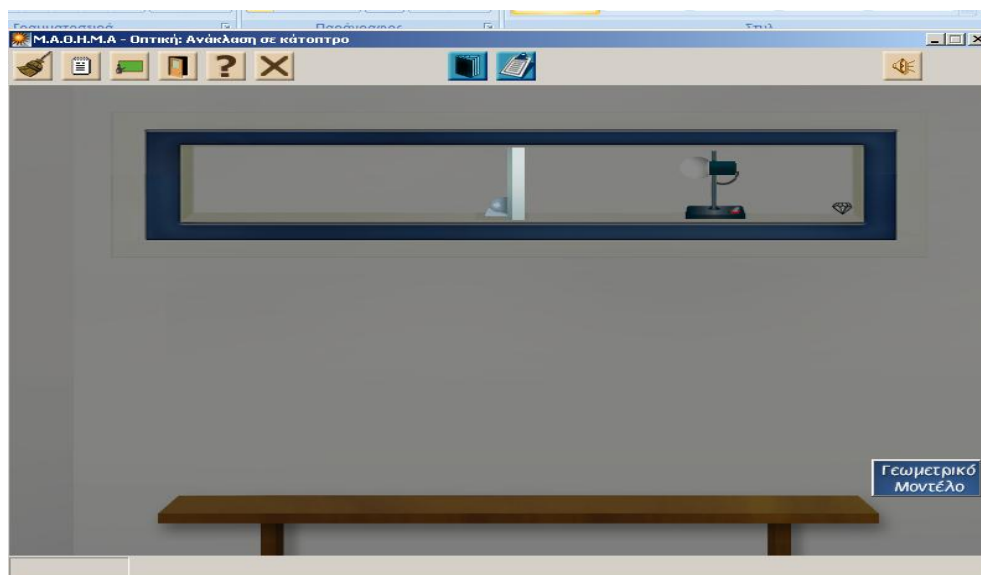
Φύλλα εργασίας της κύριας έρευνας για την
εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων σχετικά
με την έννοια της ανάκλασης του φωτός

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ
ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.



Κάνοντας κλικ στο ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΣΕ ΚΑΤΟΠΤΡΟ εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:



ΤΑΞΗ:

ΦΥΛΟ: ΑΓΟΡΙ ☐

ΚΟΡΙΤΣΙ ☐



ΑΡΧΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

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

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



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

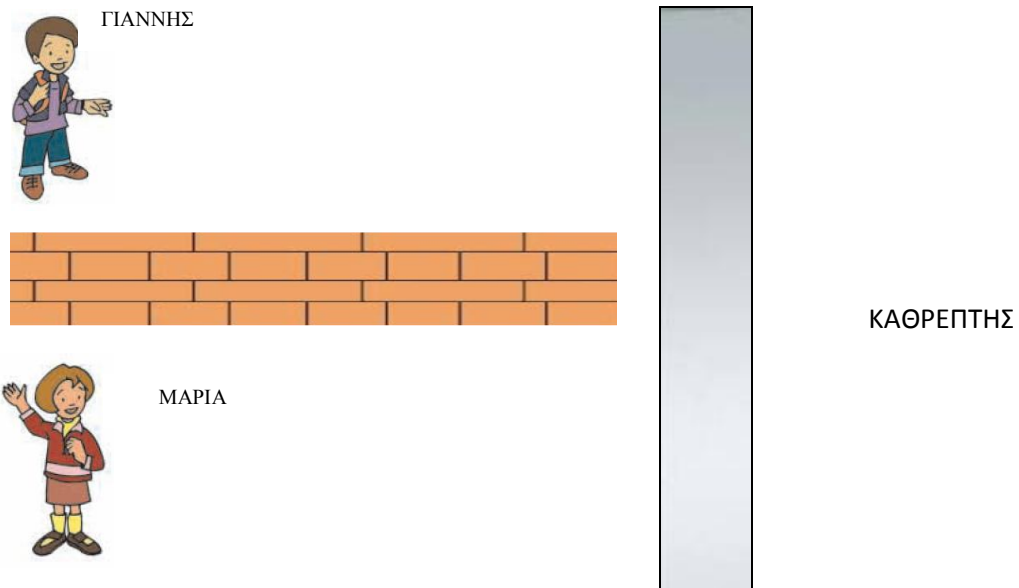
3) α) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

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

β) Ας υποθέσουμε ότι στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια, πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

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

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

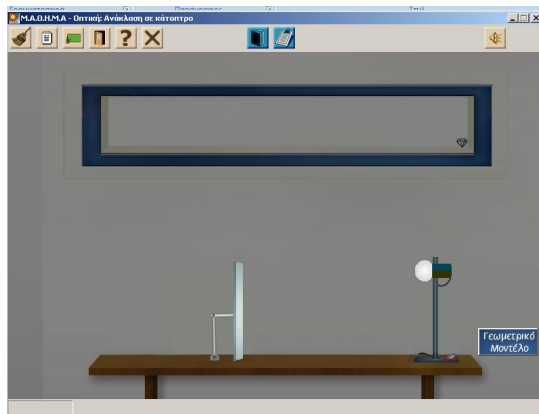


ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2) - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ (Ι):

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Φωτίζεις με τη φωτεινή λάμπα έναν καθρέπτη σε ένα οποιοδήποτε σημείο, όπως φαίνεται στην οθόνη:



Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

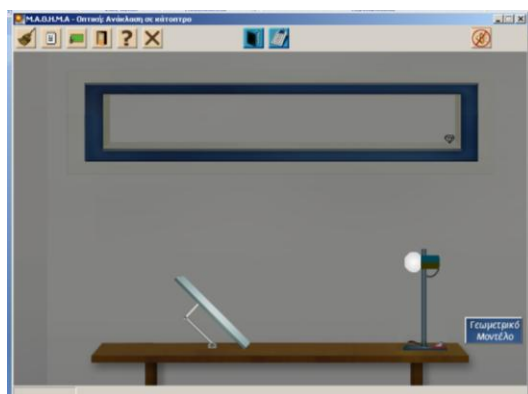


ΠΡΟΒΛΕΨΗ (II)

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Φωτίζεις πάλι με τη φωτεινή λάμπα τον καθρέπτη.

Όμως, στην περίπτωση αυτή φαντάσου ότι αλλάζεις την κλίση του καθρέφτη, κάνοντας τον πλάγιο (45^0 μοίρες), όπως φαίνεται στην παρακάτω οθόνη:



Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι προβλέπεις ότι θα συμβεί σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της φωτεινής λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

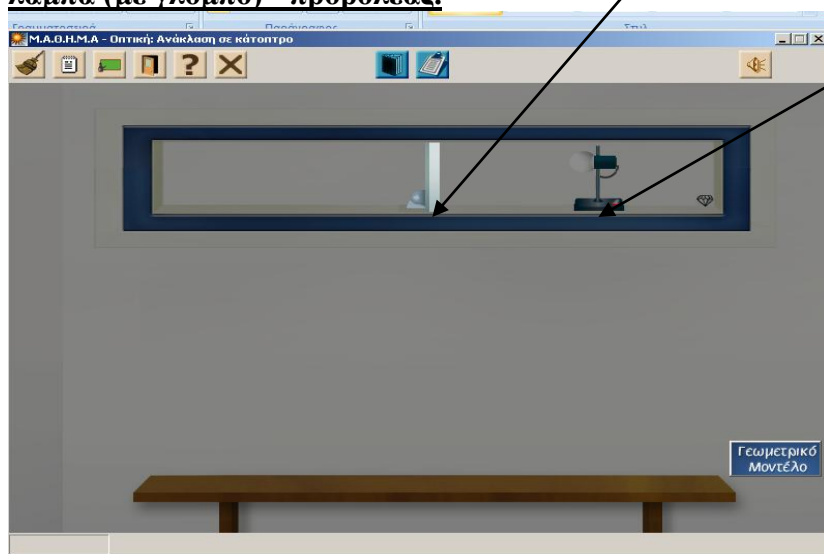
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3) - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ



ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

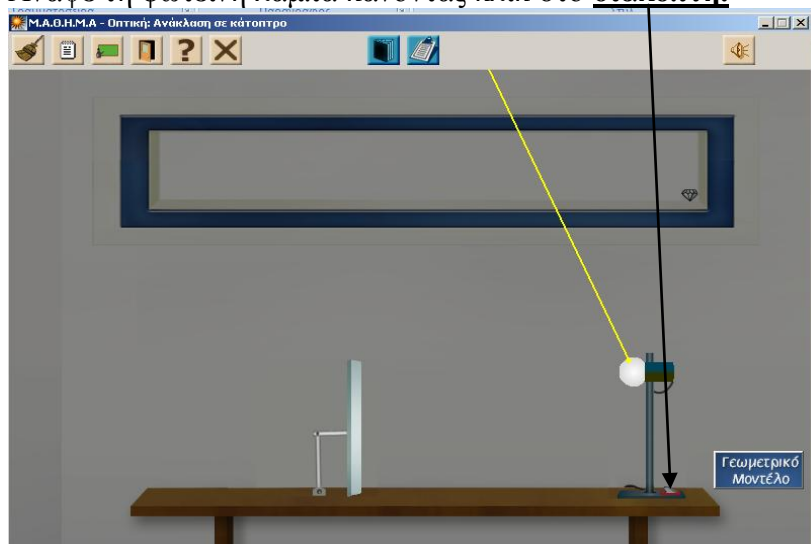
1^ο Βήμα:

Με απλό κλικ κατέβασε στον πάγκο το **κάτοπτρο (καθρέπτη)** και την **φωτεινή λάμπα (με γλόμπο) - προβολέας**.



2^ο Βήμα:

Άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο **διακόπτη**.



3^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό **συνεχόμενο** κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω σε ένα οποιοδήποτε σημείο στον κάθετο καθρέπτη.

Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;

.....

.....

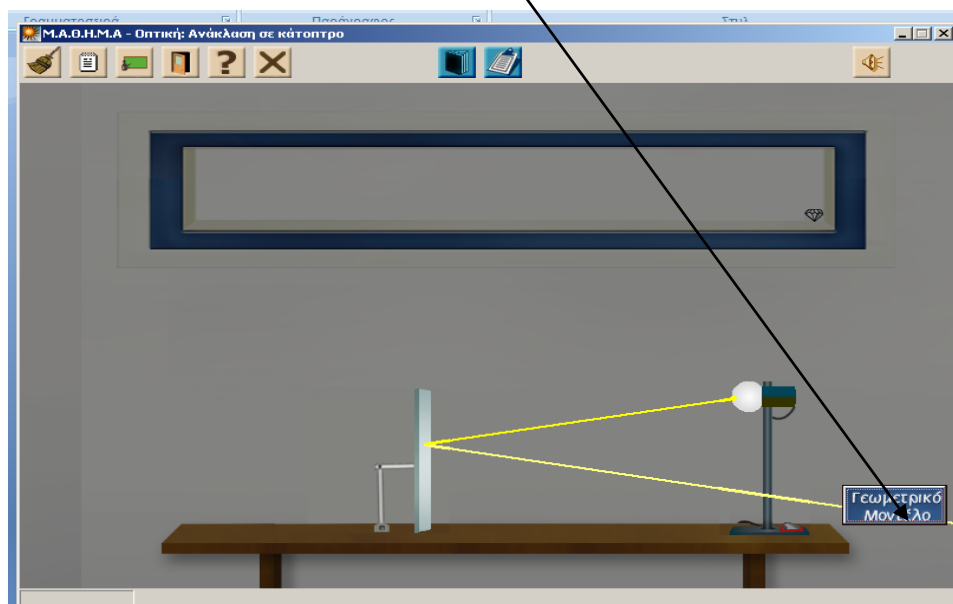
.....

4^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί
μοντέλο ανάκλασης σε κάτοπτρο:

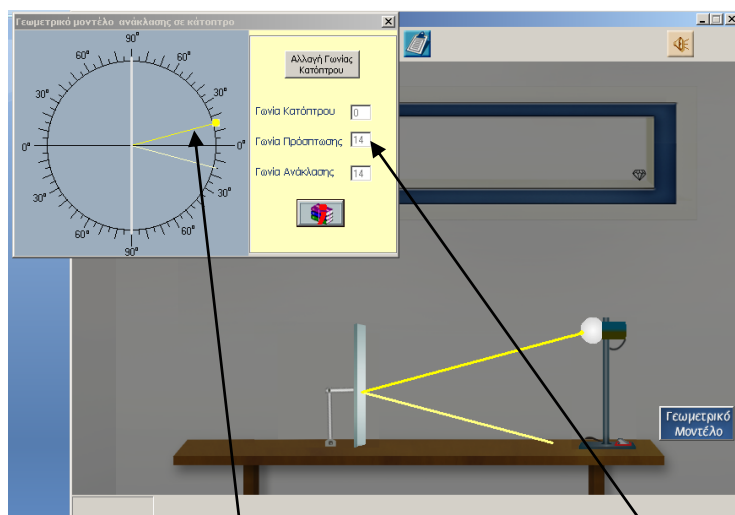
Γεωμετρικό
Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό



Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π₈ – ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ: Η ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΚΑΘΡΕΠΤΗ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.»



5^ο Βήμα:

Παρατήρησε στο **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ** τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου ή μοιρογνομίου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια κάθετη ευθεία.

6^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση;

Αν ναι. Ποια;

.....
.....



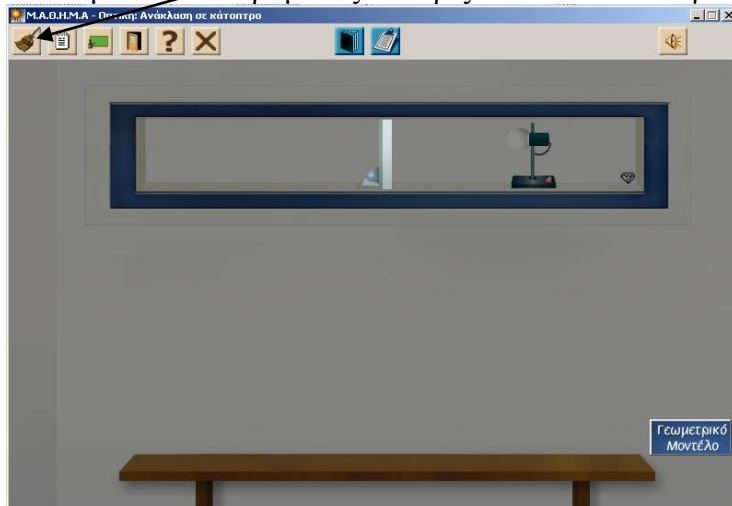
ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

1^ο Βήμα:

Κλείσε το παράθυρο του Γεωμετρικού Μοντέλου Ανάκλασης.

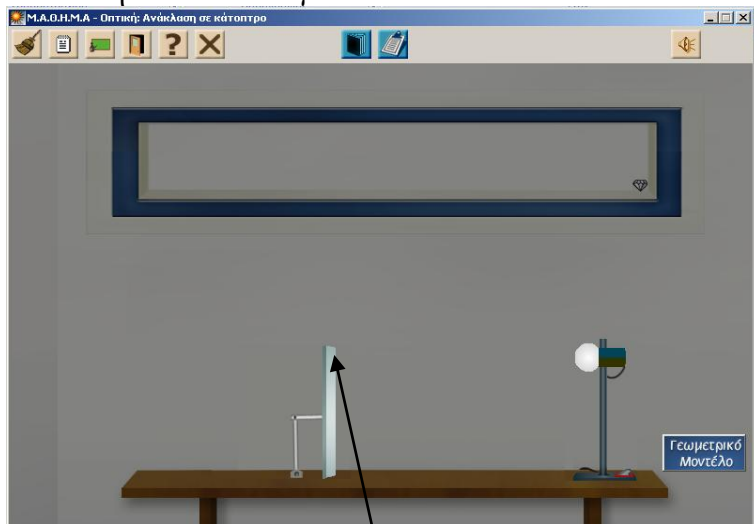


Μετά, κάνε ένα κλικ στο εικονίδιο (Ανανέωση) και τα όργανα –εικονικά αντικείμενα του πειράματος καθαρίζονται από τον πάγκο και ανεβαίνουν στο ράφι:



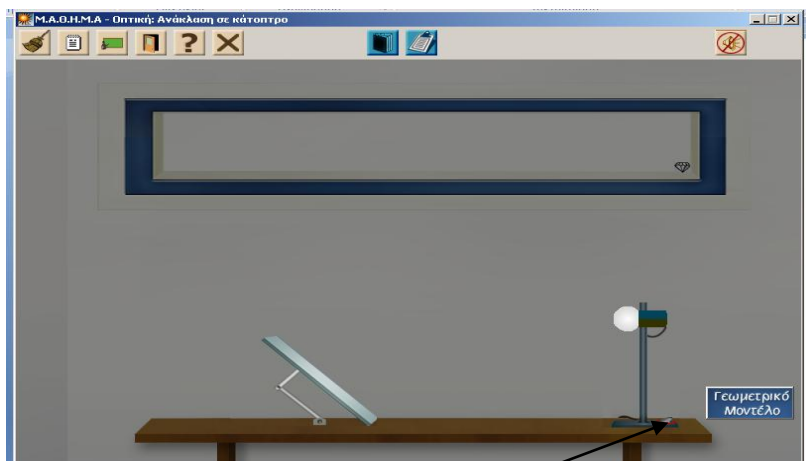
2^ο Βήμα:

Κάνε κλικ στα όργανα – εικονικά αντικείμενα που βρίσκονται στο ράφι, ώστε να τοποθετηθούν στον πάγκο:



Πλησίασε το ποντίκι στο πάνω άκρο του καθρέπτη.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε ένα αριστερό κλικ στο πάνω άκρο του και άλλαξε την κλίση του καθρέπτη, κάνοντας τον πλάγιο (45^ο):



3^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, όπως και παραπάνω, άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο **διακόπτη**.

4^ο Βήμα:

Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας.

Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό **συνεχόμενο** κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω στον κάθετο καθρέπτη.

Τώρα, υπό άλλη γωνία, τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας του λέιζερ που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις.

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λέιζερ (ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες;

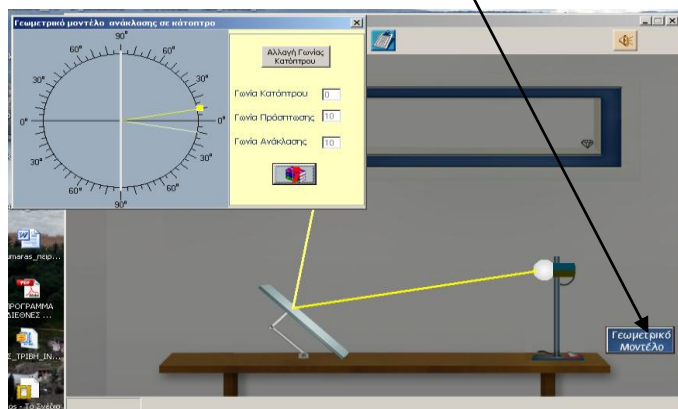
.....
.....

5^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί ανάκλασης σε κάτοπτρο:

Γεωμετρικό Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό μοντέλο



6^ο Βήμα:

Παρατήρησε στο **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ** τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα ((η φωτεινή ακτίνα που κατευθύνεται από την πηγή λέιζερ και πέφτει πάνω στον καθρέπτη)) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου ή μοιρογνωμίου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη (δηλαδή το σημείο του καθρέπτη όπου πέφτει η ακτίνα – περίπου στο κέντρο του) και η ανακλώμενη ακτίνα (η ακτίνα που ξεκινάει από τον καθρέπτη και αλλάζει πορεία) με την ίδια κάθετη ευθεία.

7^ο Βήμα:

Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά πάλι τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει (πέφτει) στον καθρέπτη (γωνία πρόσπτωσης) με την κάθετη ευθεία (του γεωμετρικού μοντέλου) στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε και σε αυτή την περίπτωση αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση. Αν ναι. Ποια;

.....
.....

Αυτές, λοιπόν, οι γωνίες έχουν την ίδια σχέση με τις γωνίες που σχηματίζονται στο πρώτο πείραμα;

.....
.....

Ποια σχέση έχει πάντα η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης μιας φωτεινής ακτίνας που πέφτει πάνω σε έναν καθρέπτη;

.....
.....



ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4) - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;

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

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



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

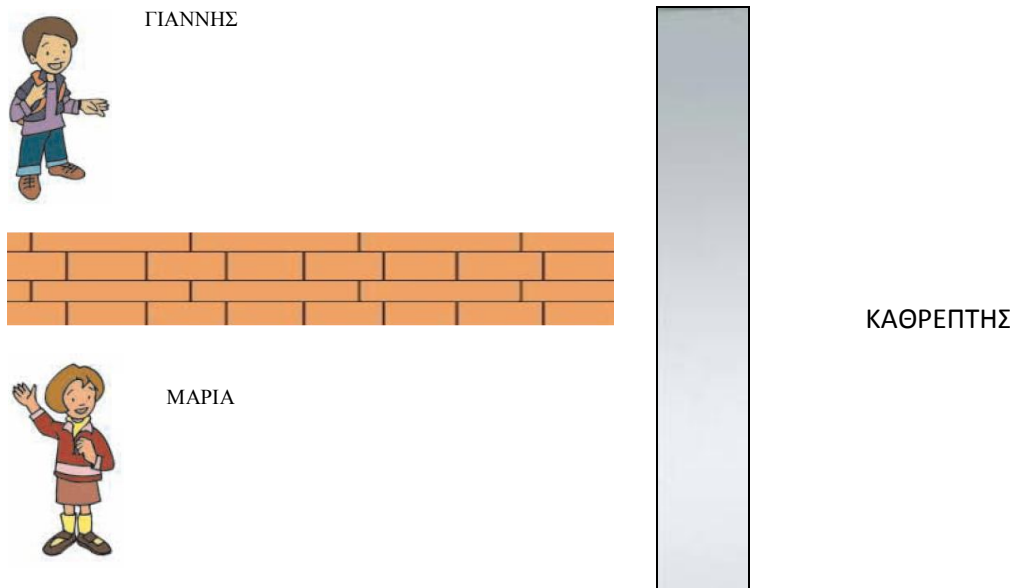
3) α) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

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

β) Ας υποθέσουμε ότι στην απέναντι μεριά του δρόμου από τη γυάλινη βιτρίνα υπάρχουν διάφορα κτίρια, πάνω στα οποία πέφτει το φως του ήλιου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να δούμε εύκολα το εσωτερικό της βιτρίνας με τα παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

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

4) Στην παρακάτω εικόνα ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί.



Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

«Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό
προσομοίωσης *Interactive Physics*

ΟΔΗΓΟΣ «ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: **«INTERACTIVE PHYSICS»**

Οδηγίες εξοικείωσης με το λογισμικό:

1. Εισαγωγή για το λογισμικό INTERACTIVE PHYSICS

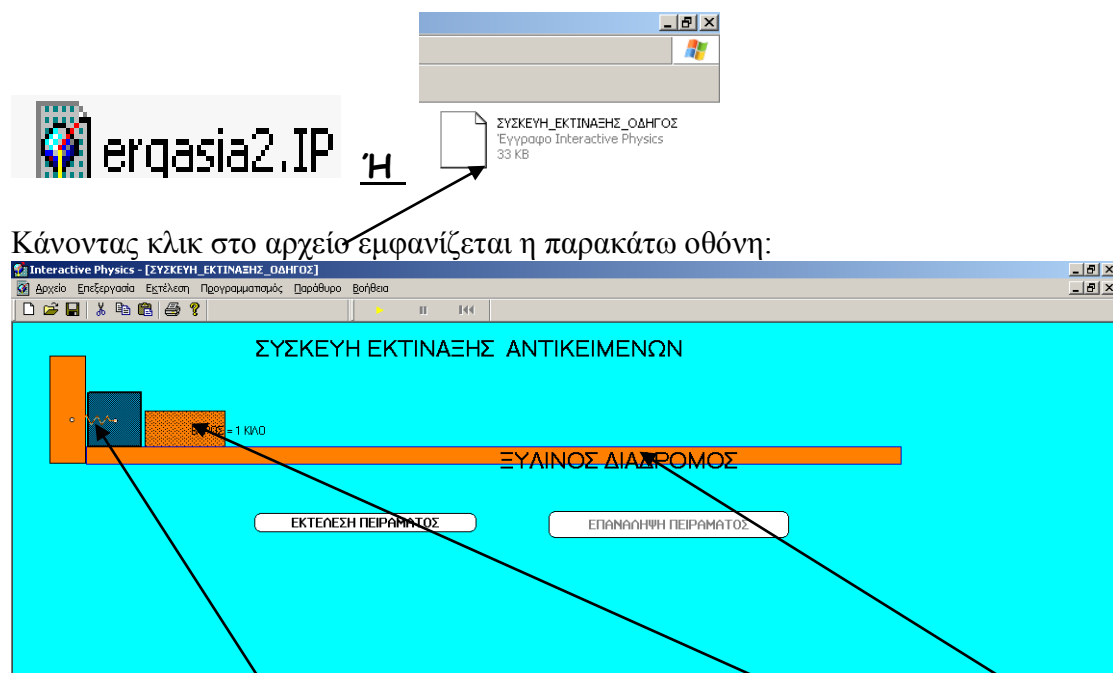
Με το λογισμικό INTERACTIVE PHYSICS παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός πλήρους εικονικού εργαστηρίου Φυσικής στον υπολογιστή, το οποίο υποστηρίζεται από ένα ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης σε χώρο δύο διαστάσεων.

Το λογισμικό INTERACTIVE PHYSICS είναι ένα λογισμικό που μπορούμε να εκτελέσουμε σε πολύ σύντομο χρόνο πειράματα Φυσικής (τα οποία μοιάζουν πάρα πολύ με τα πειράματα που υλοποιούνται στον πραγματικό κόσμο).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα εκτελέσουμε πειράματα που αφορούν τη δύναμη της τριβής.

2. Μορφή αρχείων και περιβάλλοντος του λογισμικού:

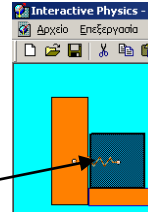
Αρχικά τα αρχεία του λογισμικού έχουν την εξής μορφή:



Στην συγκεκριμένη οθόνη παρατηρούμε ένα οριζόντιο δάπεδο (π.χ. ξύλινος διάδρομος), μια συσκευή εκτίναξης αντικειμένων και ένα αντικείμενο βάρους ενός κιλού.

3. ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ:

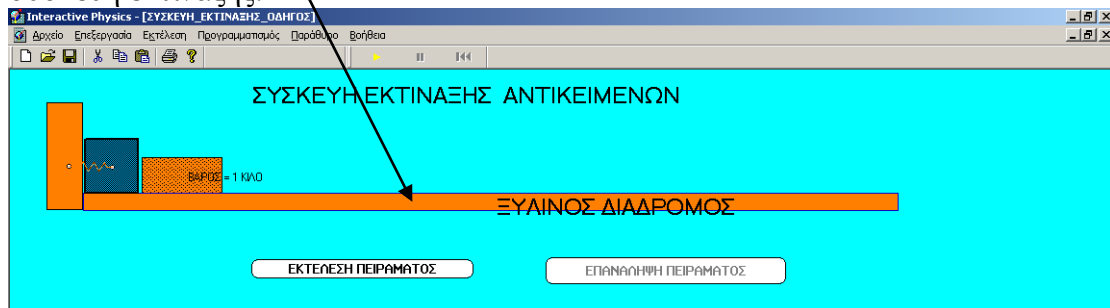
Η συσσκευή αποτελείται από δύο μέρη:



A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός σώματος με ελατήριο.

Αρχικά, συσπειρώνουμε το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας το κουμπί Εκτέλεση πειράματος.

B) Από ένα ξύλινο διάδρομο (π.χ. από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης:



Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε (επιστρώσουμε) με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

Χρησιμότητα συσκευής εκτίναξης αντικειμένων:

Αυτή η συσσκευή μας βοηθά να δεχθούμε ότι ασκείται η ίδια δύναμη σε κάθε κινούμενο σώμα που εκτινάσσουμε.

4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

1^ο Βήμα:

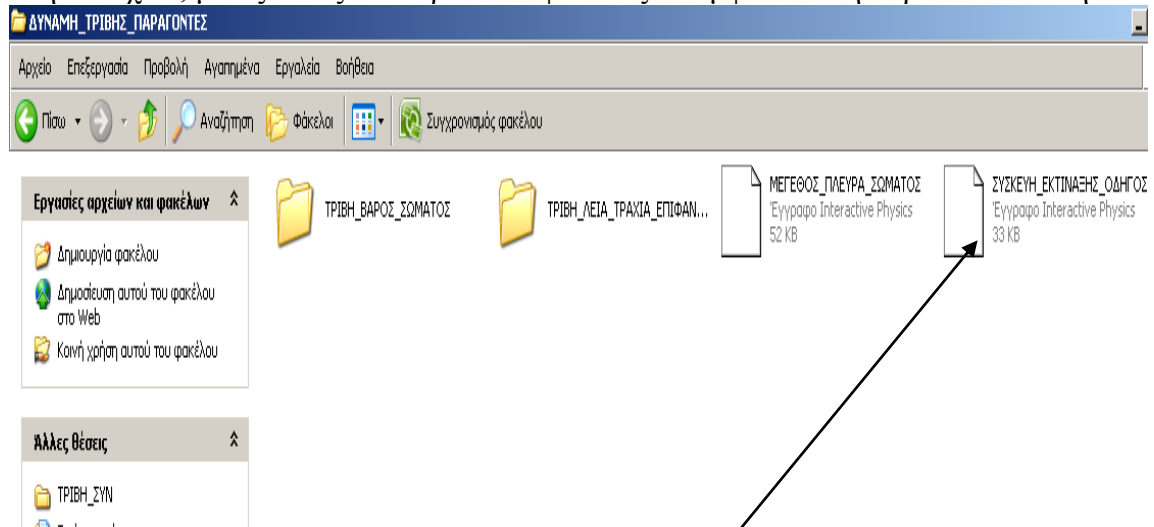
Πήγαινε στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σου και

κάνε διπλό κλικ στο φάκελο: ΔΥΝΑΜΗ_ΤΡΙΒΗΣ_ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



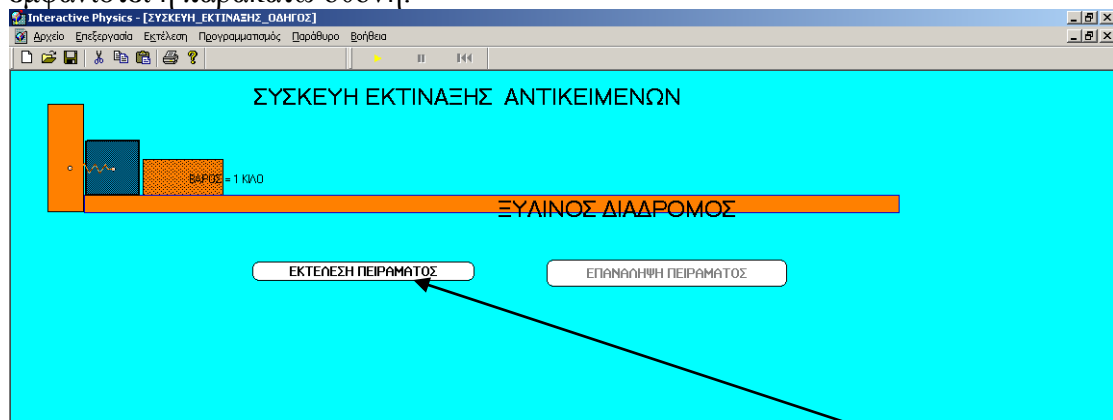
2^ο Βήμα:

Στη συνέχεια, μόλις ανοίξει ο παραπάνω φάκελος θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



3^ο Βήμα:

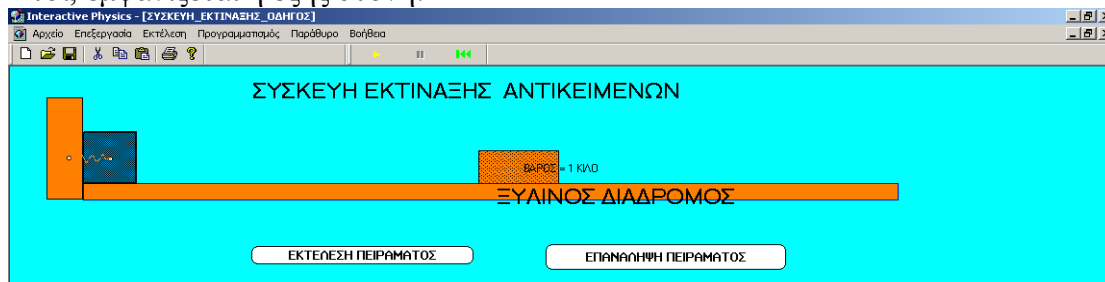
Κάνε διπλό κλικ στο αρχείο: ΣΥΣΚΕΥΗ_ΕΚΤΙΝΑΞΗΣ_ΟΔΗΓΟΣ, τότε θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



Για να εκτελεστεί το πείραμα κάνουμε κλικ στο κουμπι «ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ»

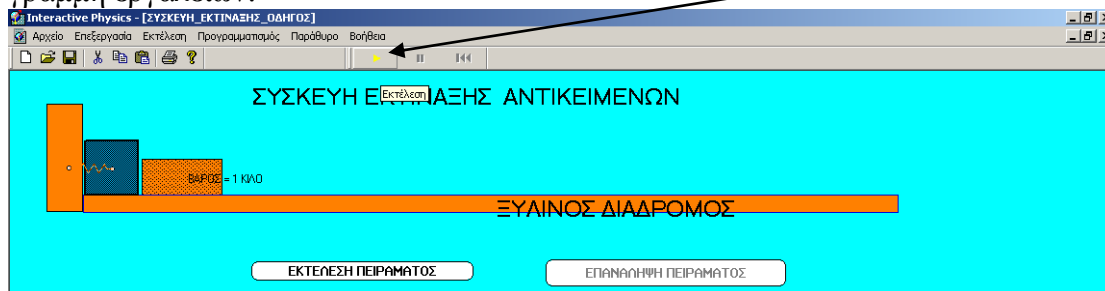
Κάνοντας κλικ στο «ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ» εκτελούμε το πείραμα εκτινάσσοντας το ξύλινο αντικείμενο.

Έτσι, εμφανίζεται η εξής οθόνη:



ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

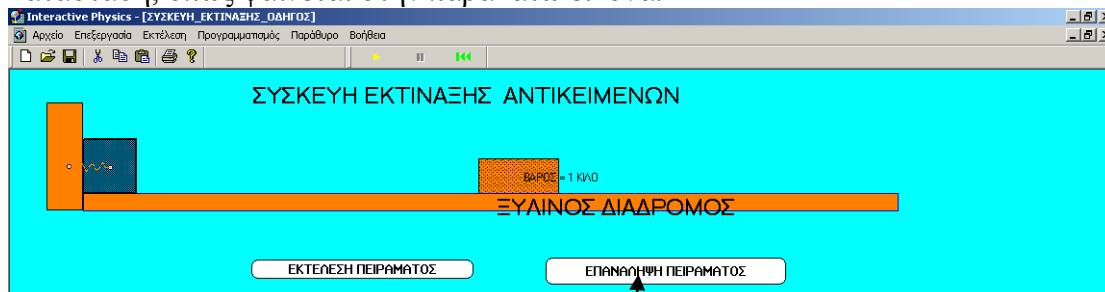
Η εκτέλεση του πειράματος γίνεται και κάνοντας κλικ στο κίτρινο κουμπί στη γραμμή εργαλείων:



5. ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

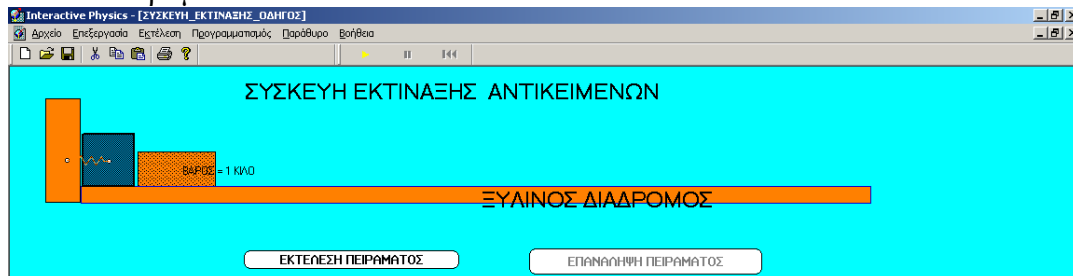
Το λογισμικό INTERACTIVE PHYSICS έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα διότι μας δίνει τη δυνατότητα να επαναλαμβάνουμε το πείραμα όσες φορές θέλουμε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Ενώ, λοιπόν, το πείραμα έχει εκτελεστεί και το αντικείμενο βρίσκεται στην τελική του κατάσταση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Υπάρχει η δυνατότητα το πείραμα να επανέλθει στην κανονική του κατάσταση, κάνοντας κλικ στο κουμπί «ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ».

Τότε εμφανίζεται η αρχική οθόνη του πειράματος και μπορούμε πάλι να εκτελέσουμε πάλι το πείραμα:



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

«Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό
προσομοίωσης Σ.Ε.Π.

ΟΔΗΓΟΣ «ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ:

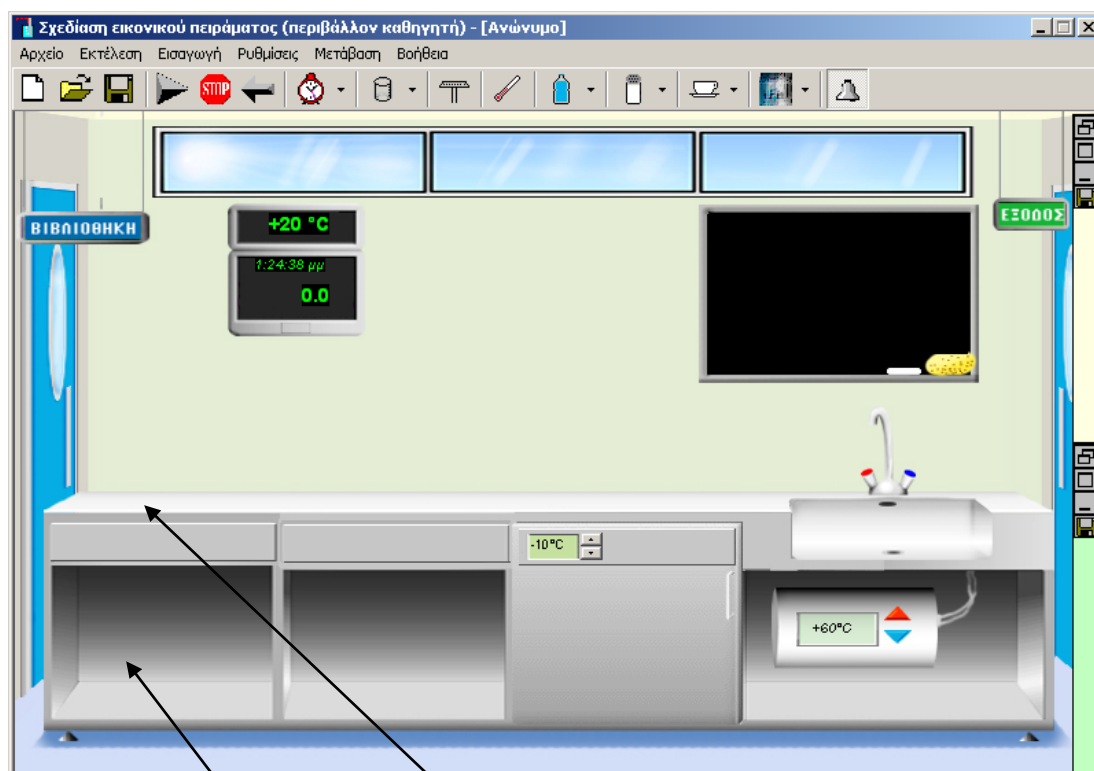
«Σ.Ε.Π.»

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον)

Οδηγίες εξοικείωσης με το λογισμικό:

ΑΡΧΙΚΗ ΟΘΟΝΗ:

Αρχικά εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη (το εργαστήριο Θερμότητας), στην οποία μπορούμε να κάνουμε το ΒΡΑΣΜΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ:

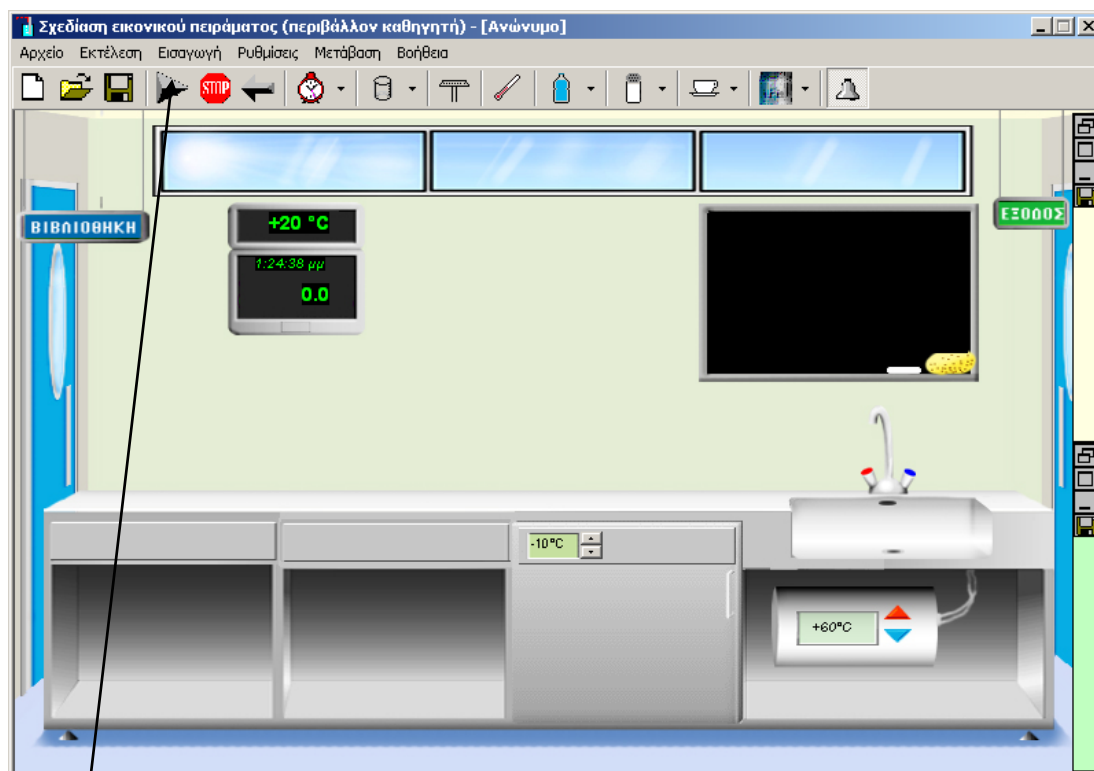


Στο Εργαστήριο της Θερμότητας είναι δυνατόν να γίνει ένα πείραμα βρασμού, όπως γίνεται και σε ένα πραγματικό Εργαστήριο.

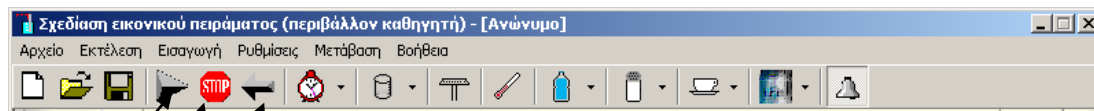
Στην παραπάνω οθόνη υπάρχει ο πάγκος εργασίας που χρησιμεύει για την τοποθέτηση αντικειμένων σε αυτόν (ηλεκτρικό μάτι ή Λύχνος, δοχείο ζέσεως, Θερμόμετρο κ.ά.) και την εκτέλεση πειραμάτων.

Μπορεί κανείς γενικά να τοποθετεί αντικείμενα στην επιφάνεια του πάγκου ή μέσα σε αυτόν. Το επάνω μέρος του πάγκου χρησιμοποιείται για το στήσιμο των αντικειμένων, ενώ το κάτω μέρος του πάγκου χρησιμοποιείται σαν αποθηκευτικός χώρος αντικειμένων (όπως να βάλουμε ένα μπουκάλι νερό).

Γραμμή εργαλείων – Κουμπιά για τα πειράματα



Το πάνω μέρος της παραπάνω οθόνης έχει διάφορα κουμπιά που θα σε βοηθήσουν στην εκτέλεση του πειράματος:



Για παράδειγμα μερικά κουμπιά σημαίνουν τα εξής:



Ξεκίνα το πείραμα (Εκτέλεση πειράματος)



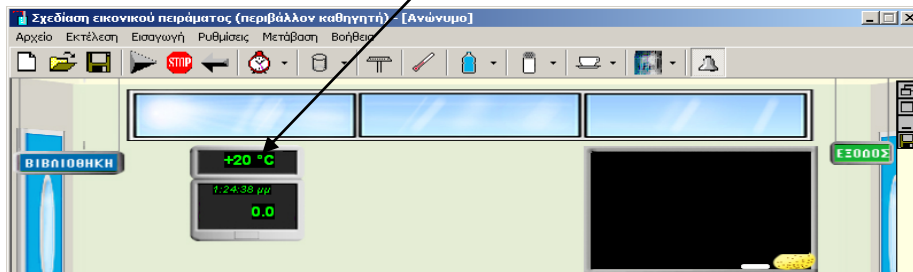
Σταμάτα (παγώνει) το πείραμα (Διακοπή εκτέλεσης)



Επαναφέρει το πείραμα στην αρχική κατάσταση (Επαναφορά)

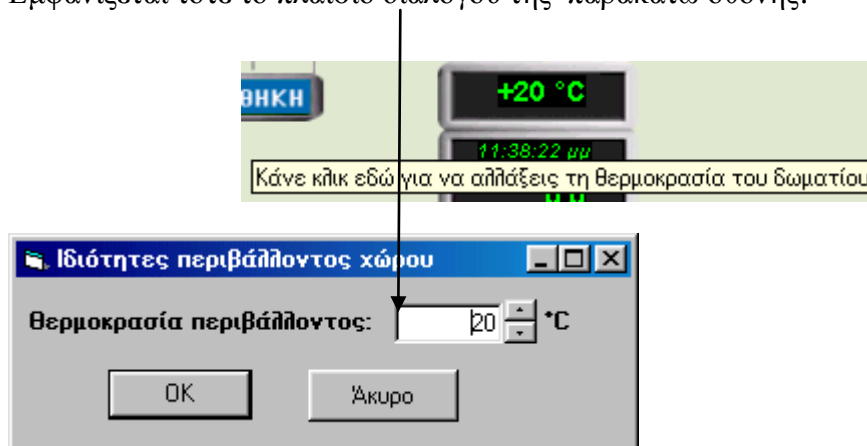
Θερμόμετρο τοίχου

Το θερμόμετρο τοίχου δείχνει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου του Εργαστηρίου Θερμότητας. Έτσι για παράδειγμα, στην παρακάτω οθόνη η θερμοκρασία αυτή είναι ίση με 20°C.

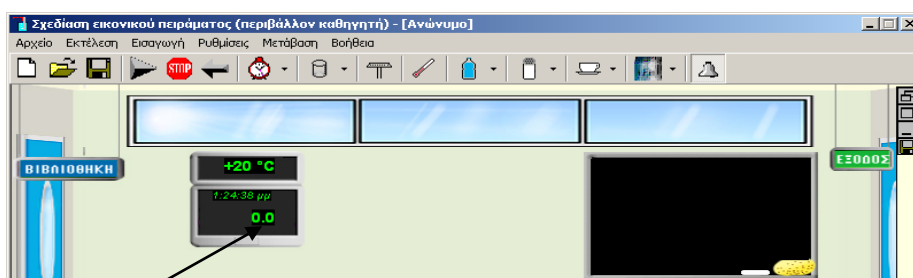


{Μπορούμε να *αλλάξουμε τη θερμοκρασία* του περιβάλλοντος εκτελώντας απλό κλικ στην ένδειξη του θερμόμετρου τοίχου.

Εμφανίζεται τότε το πλαίσιο διαλόγου της παρακάτω οθόνης:



Χρονόμετρο τοίχου



Το 0.0 μας δείχνει το χρονόμετρο που θα μας χρησιμεύει όταν αρχίζουμε να βράζουμε το νερό.

Το **χρονόμετρο τοίχου** δείχνει το χρόνο που έχει περάσει από την έναρξη εκτέλεσης του πειράματος.



Ο χρόνος μπορεί να φαίνεται είτε σε μορφή «δευτερόλεπτα.δέκατα»:

και μπορούμε να αλλάζουμε τη μορφή εμφάνισης του χρόνου στο χρονόμετρο εκτελώντας απλό κλικ επάνω του



και να μετατραπεί στη μορφή «λεπτά:δευτερόλεπτα.δέκατα».

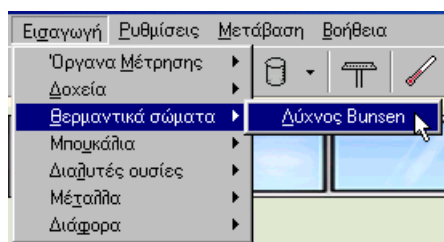


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΑΓΚΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

1. Εισαγωγή λύχνου Bunsen (ή ηλεκτρικό μάτι)

Εισάγουμε έναν λύχνο θέρμανσης Bunsen (μοιάζει με το ηλεκτρικό μάτι) επιλέγοντας

Εισαγωγή ➤ Θερμαντικά σώματα ➤ Λύχνος Bunsen,

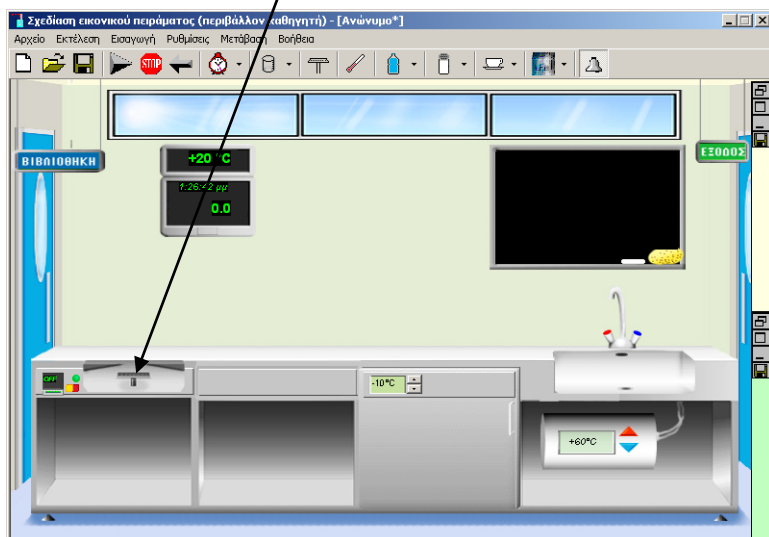


ή πατώντας το αντίστοιχο κουμπί της γραμμής εργαλείων





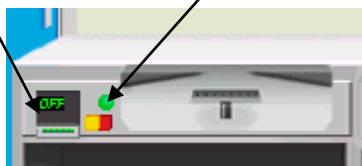
Λύχνος Bunsen (ή ηλεκτρικό μάτι)



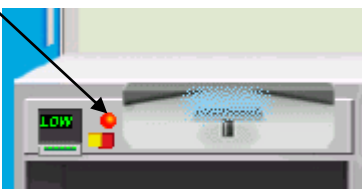
1.1 Σβηστός- Σε λειτουργία Λύχνος

Μπορούμε να καθορίσουμε την *ροή θερμότητας του λύχνου*, εκτελώντας κλικ στα διάφορα χειριστήριά του.

Όταν ο λύχνος είναι **σβηστός**, ανάβει ένα **πράσινο στρόγγυλο** λαμπάκι, ενώ η φλόγα δε φαίνεται καθόλου.

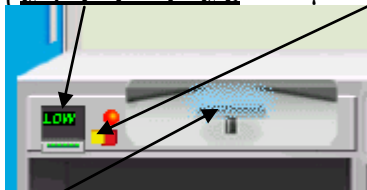


Όταν ο λύχνος **λειτουργεί** (είτε στη χαμηλή, είτε στην υψηλή παροχή - ροή θερμότητας), ανάβει ένα **κόκκινο** στρόγγυλο λαμπάκι.



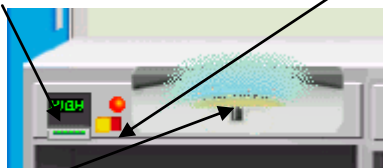
1.2 Χαμηλή και υψηλή παροχή θερμότητας Λύχνου

Για να θέσουμε το λύχνο στη χαμηλή παροχή, πατάμε το κίτρινο κουμπί του.



(Εμφανίζεται και η μικρή του φλόγα του)

Για να θέσουμε το λύχνο σε υψηλή παροχή, πατάμε το κόκκινο κουμπί του.



(Εμφανίζεται και η μεγάλη του φλόγα του)

Τέλος, για να σβήσουμε το λύχνο, κάνουμε κλικ στον πίνακα του λύχνου, στην αριστερή του άκρη (και εμφανίζεται η λέξη: OFF).

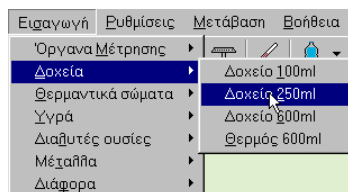
2. Εισαγωγή δοχείων

Αρχικά, μπορεί να εισάγει κανείς τέσσερα είδη δοχείων. Αυτά είναι τρία θερμοαγώγιμα δοχεία χωρητικότητας 100mL, 250mL και 600mL και ένα θερμός χωρητικότητας 600mL.

Τα δοχεία κατά την εισαγωγή τους είναι άδεια

Μπορούμε να εισάγουμε δοχεία στο Εργαστήριο Θερμότητας, χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή ➤ Δοχεία**

Για παράδειγμα, Δοχείο 250 ml (ή γραμμαρίων)

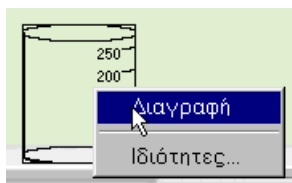


ή την αντίστοιχη γραμμή εργαλείων



2.1 Διαγραφή δοχείων

Μπορούμε να διαγράψουμε ένα δοχείο, εκτελώντας δεξί κλικ επάνω του και επιλέγοντας **Διαγραφή** από το σχετικό μενού.



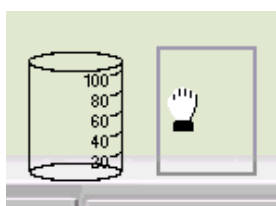
(**Σημείωση:** Για να διαγράψεις ένα δοχείο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης πειράματος, πρέπει: 1) Να σβήσεις το Λύχνο πατώντας με το ποντίκι δεξιά του Λύχνου, έτσι ώστε να εμφανιστεί η **λέξη: OFF**.

2) Να πατήσεις το κουμπί **Επαναφορά**

3) Να πατήσεις δεξιά κλικ επάνω στο δοχείο και να επιλέξεις **Διαγραφή**.)

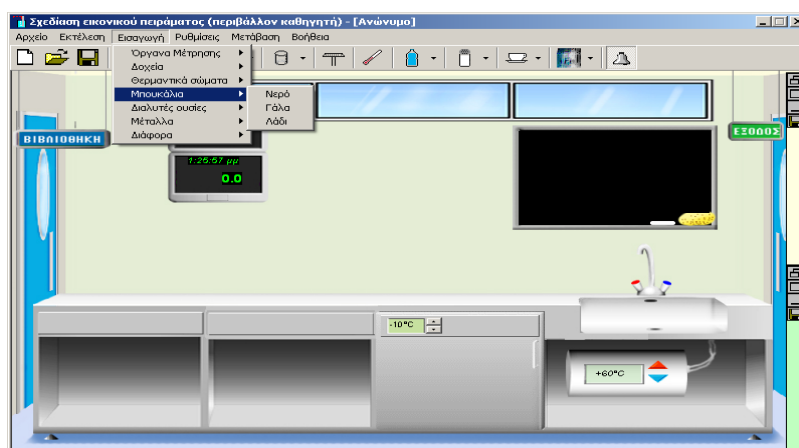
2.2 Μετακίνηση δοχείων

Μπορεί να μετακινήσει κανείς τα δοχεία, φέρνοντας, αρχικά, το δείκτη του ποντικιού πάνω σε ένα δοχείο (οπότε ο δείκτης μετατρέπεται σε χεράκι), πατώντας, στη συνέχεια, το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και τέλος, κρατώντας το πατημένο, μετακινώντας το ποντίκι. Στις θέσεις όπου δεν μπορεί να αφηθεί το δοχείο, ο δείκτης του ποντικιού μετατρέπεται σε απαγορευτικό σήμα.



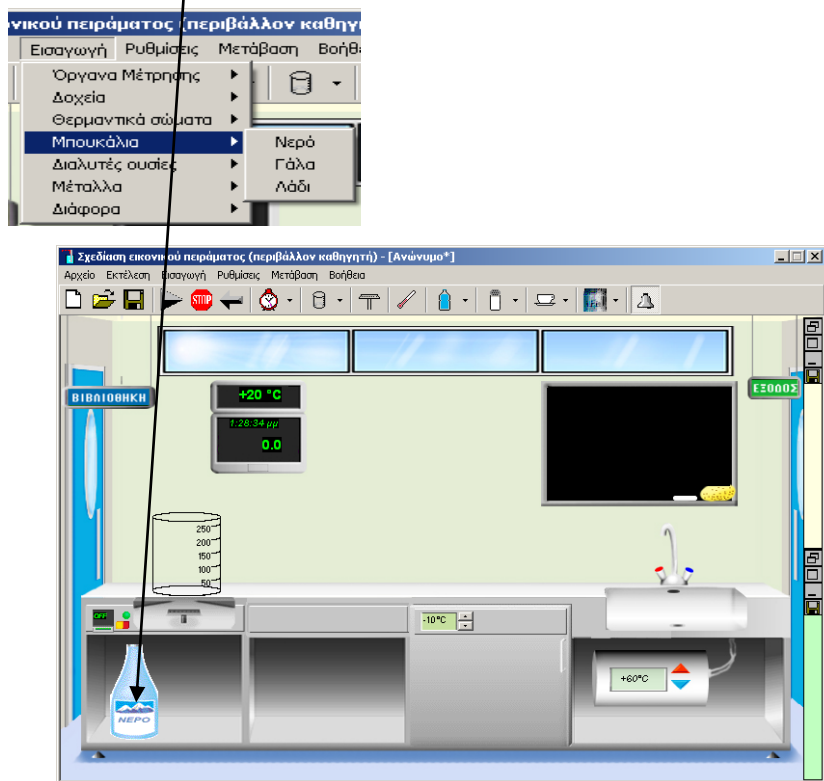
3. Εισαγωγή μπουκαλιών

Μπορούμε να εισάγουμε μπουκάλια στο Εργαστήριο Θερμότητας χρησιμοποιώντας το μενού **Εισαγωγή > Μπουκάλια**



3.1 Εισαγωγή μπουκαλιών νερού

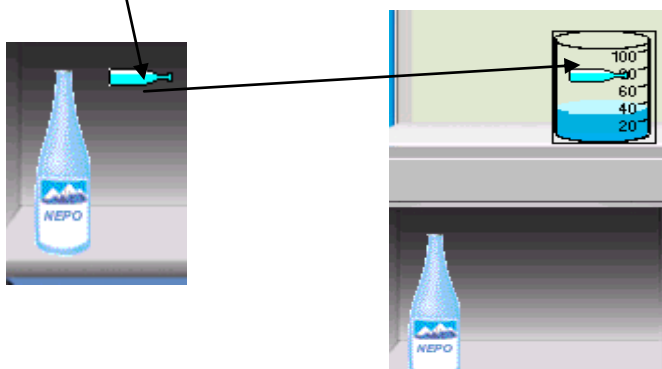
Για εισαγωγή Μπουκαλιού Νερού, τοποθέτησε στο κάτω μέρος του πάγκου εργασίας μπουκάλι νερού, χρησιμοποιώντας το μενού το μενού **Εισαγωγή ➤ Μπουκάλια ➤ Νερό**



3.2 Γέμισμα δοχείων

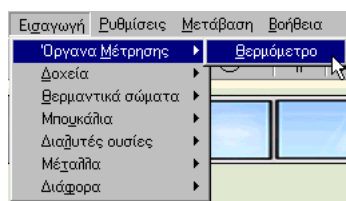
Μπορούμε να χρησιμοποιούμε τα μπουκάλια για να προσθέτουμε υγρό στα δοχεία των 100mL, 250mL, 600mL και στο θερμός.

Εκτελώντας κλικ σε ένα μπουκάλι, ο δείκτης του ποντικιού μετατρέπεται σε μικρογραφία του μπουκαλιού σε οριζόντια θέση.

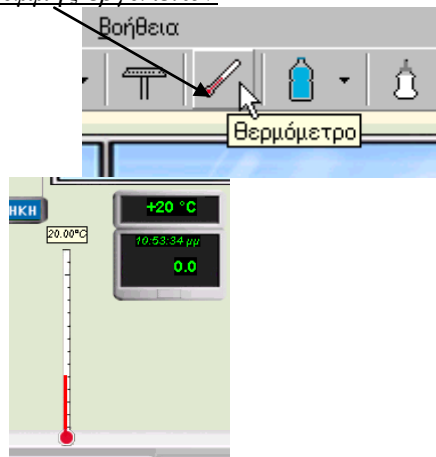


4.Εισαγωγή θερμομέτρου

Εισάγουμε ένα θερμοόμετρο επιλέγοντας **Εισαγωγή ➤ Όργανα μέτρησης ➤ Θερμόμετρο**,



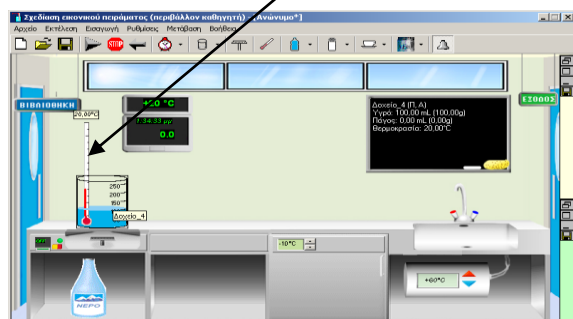
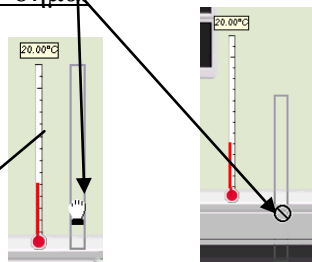
ή από το αντίστοιχο κουμπί της γραμμής εργαλείων



Τα θερμόμετρα τοποθετούνται στην επιφάνεια του πάγκου, επειδή, λόγω του μεγέθους τους, δε χωρούν κάτω από τον πάγκο.

4.1 Μετακίνηση θερμομέτρου

Μπορεί να μετακινήσει κανείς το θερμόμετρο, φέρνοντας, αρχικά, το δείκτη του ποντικιού πάνω στο θερμόμετρο (οπότε ο δείκτης μετατρέπεται σε χεράκι), πατώντας, στη συνέχεια, το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και τέλος, κρατώντας το πατημένο, μετακινώντας το ποντίκι. Στις θέσεις όπου δεν μπορεί να αφηθεί το θερμόμετρο, ο δείκτης του ποντικιού μετατρέπεται σε απαγορευτικό σήμα.



4. Εκτέλεση πειράματος

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιασθούν θέματα σχετικά με την εκτέλεση των πειραμάτων στο Εργαστήριο Θερμότητας.

Συνοπτικά, το **πάνω μέρος** της παραπάνω οθόνης έχει διάφορα κουμπιά που θα σε βοηθήσουν στην εκτέλεση του πειράματος:



Για παράδειγμα μερικά κουμπιά σημαίνουν τα εξής:



Ξεκίνα το πείραμα (Εκτέλεση πειράματος)



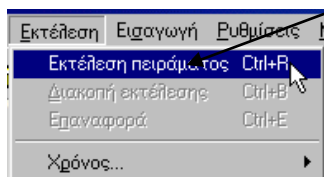
Σταμάτα (παγώνει) το πείραμα (Εκτέλεση πειράματος)



Επαναφέρει το πείραμα στην αρχική κατάσταση (Επαναφορά)

5.1 Έναρξη εκτέλεσης, Διακοπή και Επαναφορά

Εκκινούμε την εκτέλεση ενός πειράματος επιλέγοντας **Εκτέλεση > Εκτέλεση πειράματος**

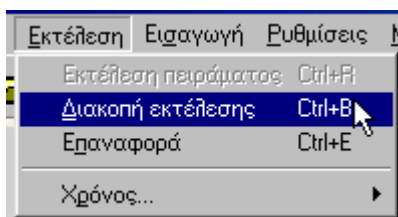


ή από το κουμπί της γραμμής εργαλείων

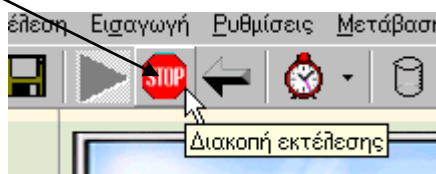


5.2 Διακοπή εκτέλεσης

Μπορούμε να διακόψουμε προσωρινά την εκτέλεση ενός πειράματος επιλέγοντας **Εκτέλεση > Διακοπή εκτέλεσης**



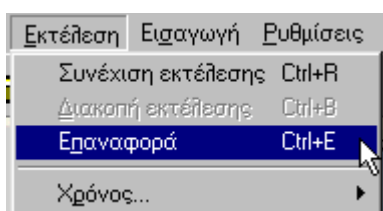
ή από το ομώνυμο κουμπί της γραμμής εργαλείων



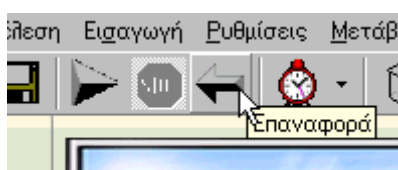
Εάν διακόψουμε προσωρινά την εκτέλεση του πειράματος, μπορούμε να τη συνεχίσουμε επιλέγοντας ξανά **Εκτέλεση ➤ Εκτέλεση πειράματος**, ή από το ομώνυμο κουμπί της γραμμής εργαλείων.

5.3 Επαναφορά πειράματος

Μπορούμε, τέλος, να διακόψουμε οριστικά την εκτέλεση του πειράματος επιλέγοντας **Εκτέλεση ➤ Επαναφορά**,



ή από το ομώνυμο κουμπί της γραμμής εργαλείων



Στην περίπτωση αυτή το πείραμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

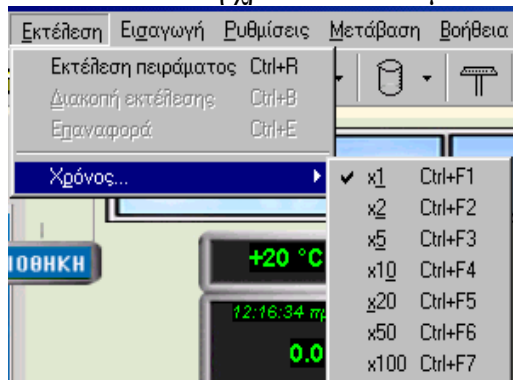
5. Επιτάχυνση χρόνου

Επειδή πολλά από τα πειράματα του Εργαστηρίου Θερμότητας εκτελούνται με αργούς ρυθμούς, το Σ.Ε.Π. παρέχει τη δυνατότητα επιτάχυνσης του χρόνου εκτέλεσης των πειραμάτων.

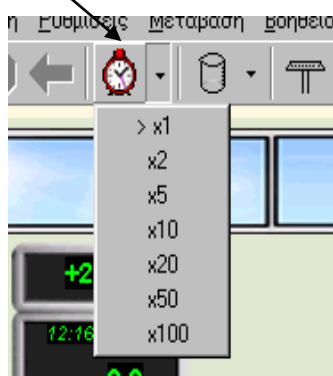
Η επιτάχυνση έχει την έννοια ότι ο χρόνος του Εργαστηρίου Θερμότητας τρέχει με ταχύτητες πολλαπλάσιες του πραγματικού χρόνου, ωστόσο εκτελούνται οι ίδιοι ακριβώς υπολογισμοί, τόσο ως προς το πλήθος τους, όσο και ως προς την ακρίβειά τους.

Έτσι δεν γίνεται κανένας συμβιβασμός ως προς την ποιότητα των αποτελεσμάτων των πειραμάτων, ενώ αυτά απαιτούν πολύ λιγότερο χρόνο για να ολοκληρωθούν.

Μπορούμε να επιταχύνουμε το χρόνο εκτέλεσης των πειραμάτων επιλέγοντας έναν πολλαπλασιαστή χρόνου από το μενού **Εκτέλεση > Χρόνος**,



ή από τις σχετικές επιλογές της γραμμής εργαλείων



Η τρέχουσα τιμή του πολλαπλασιαστή χρόνου φαίνεται τσεκαρισμένη τόσο στο μενού, όσο και στη γραμμή εργαλείων.

Το βήμα χρόνου στο οποίο γίνονται οι υπολογισμοί κατά την εκτέλεση των πειραμάτων είναι 0.1 δευτερόλεπτα. Το βήμα αυτό δεν αλλάζει, όποια και αν είναι η τιμή του πολλαπλασιαστή χρόνου.

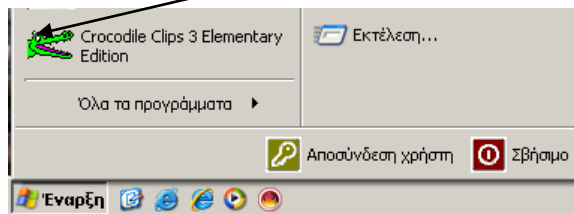
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

V

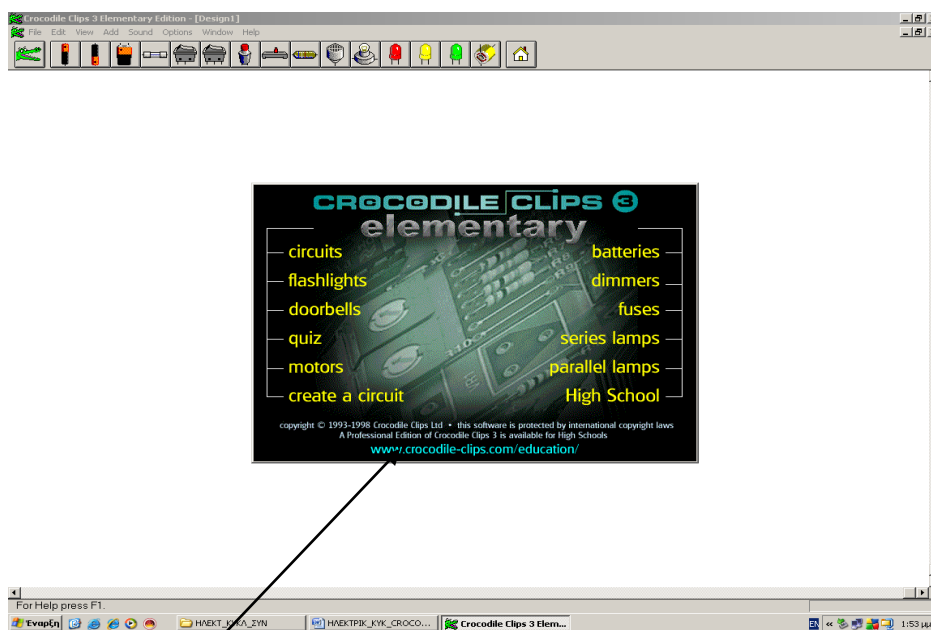
*«Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό
προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary
edition*

ΟΔΗΓΟΣ «ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ:
«CROCODILE CLIPS 3 ELEMENTARY EDITION»

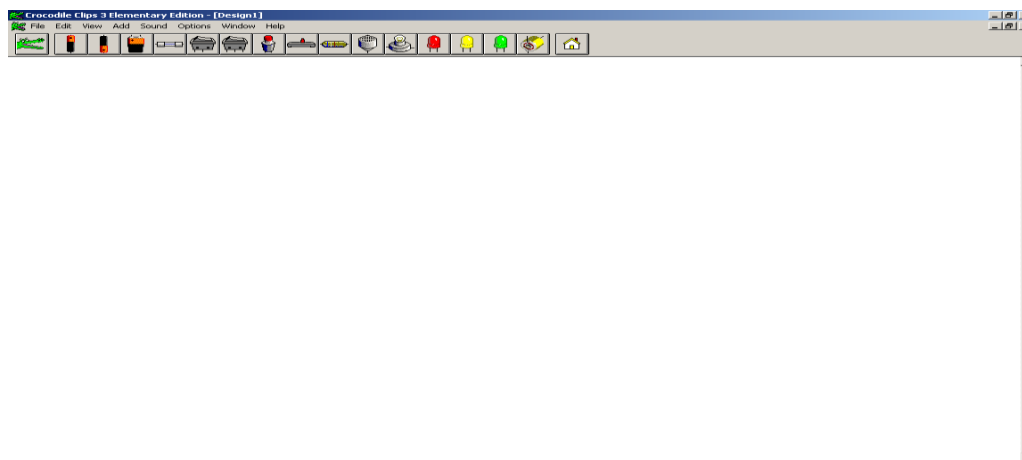
Το λογισμικό έχει τη μορφή:



Η αρχική οθόνη του λογισμικού είναι:



Κάνοντας κλικ έχουμε την παρακάτω ΟΘΟΝΗ του ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ :



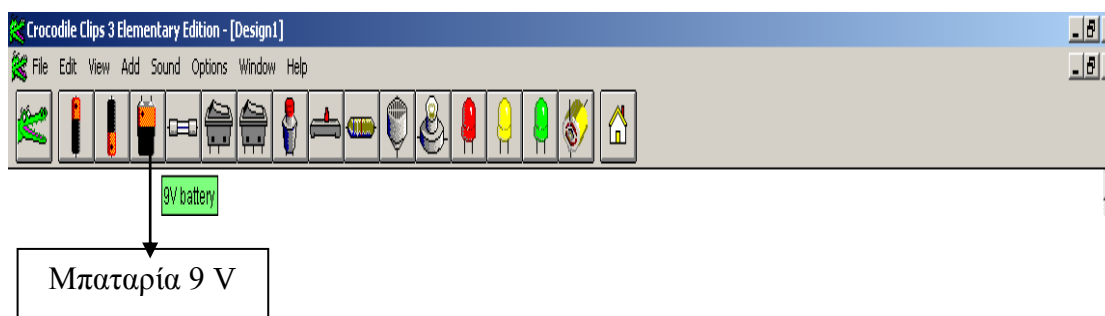
1. ΓΡΑΜΜΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ:

Η γραμμή εργαλείων είναι η εξής:

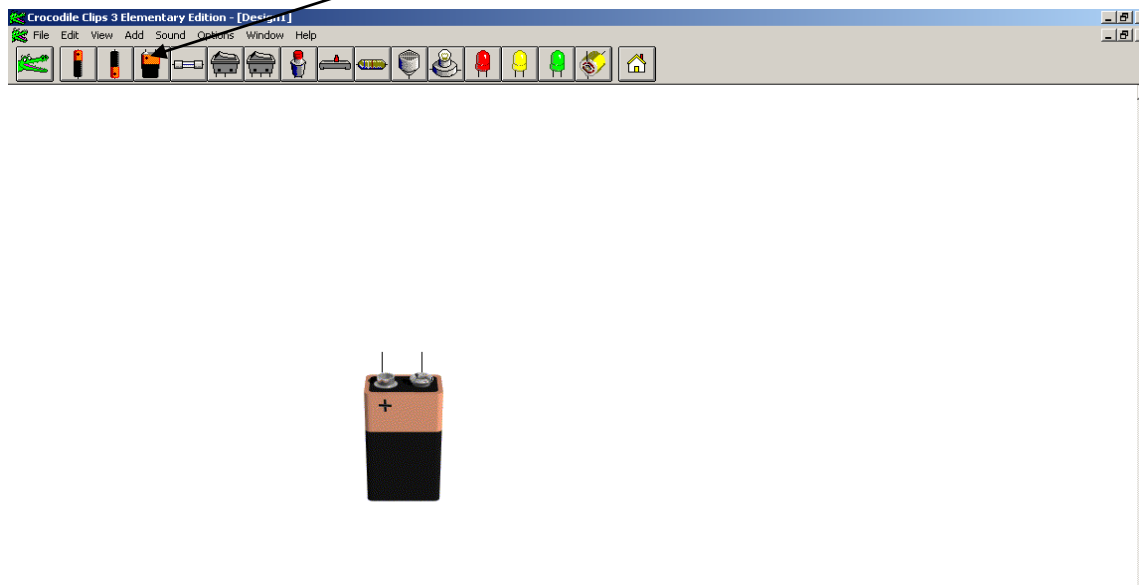


2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (ΜΠΑΤΑΡΙΑ, ΛΑΜΠΑΚΙ, ΑΠΛΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ, ΚΑΛΩΔΙΑ):

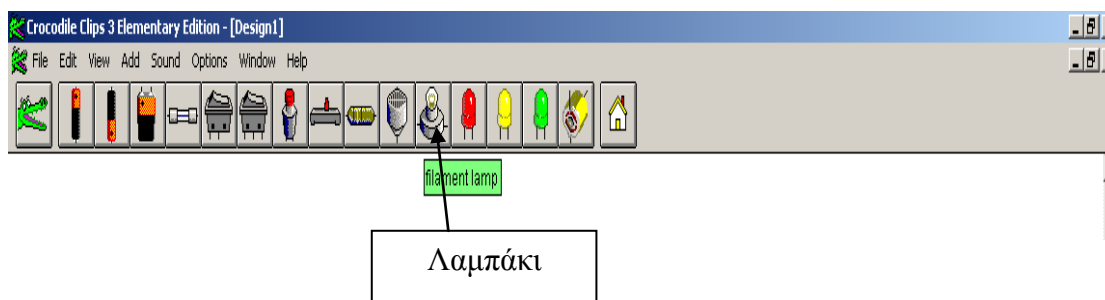
Α) ΜΠΑΤΑΡΙΑ:



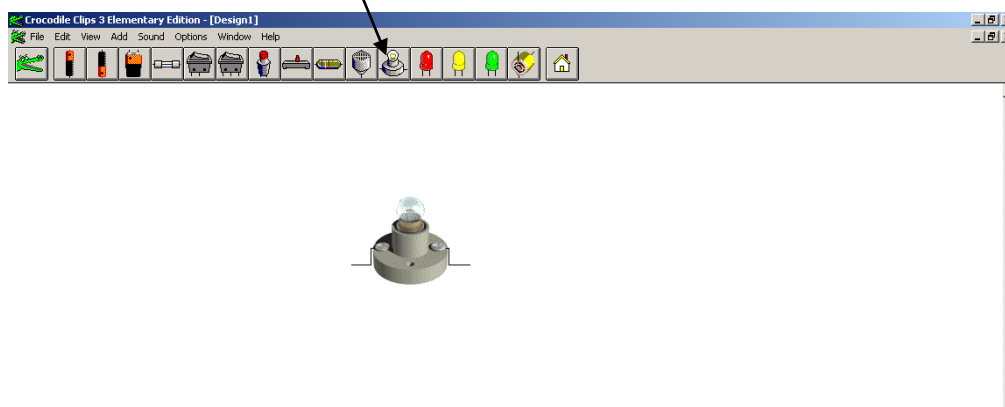
Αν κάνουμε αριστερό κλικ στην μπαταρία εμφανίζεται στην οθόνη και στη συνέχεια με συνεχόμενο κλικ πάνω της, την τοποθετούμε σε οποίο σημείο θέλουμε:



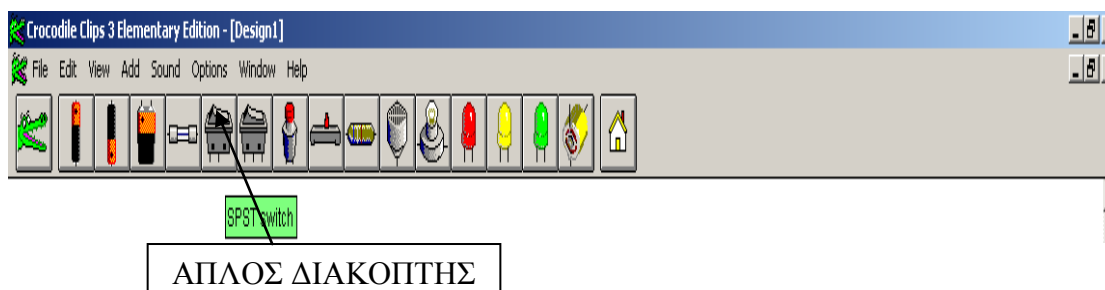
B) ΛΑΜΠΑΚΙ:



Αν κάνουμε αριστερό κλικ στο λαμπάκι εμφανίζεται στην οθόνη και στη συνέχεια με συνεχόμενο κλικ πάνω του το τοποθετούμε σε οποίο σημείο θέλουμε:

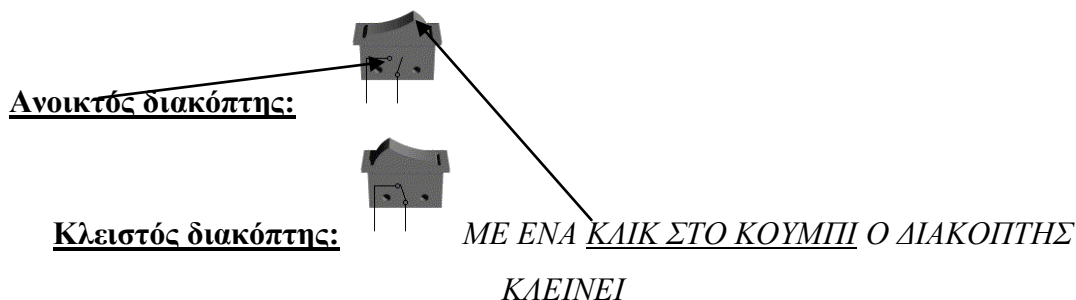


Γ) ΑΠΛΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕ ΔΥΟ ΑΚΡΑ:



Αν κάνουμε αριστερό κλικ στον απλό διακόπτη εμφανίζεται στην οθόνη και στη συνέχεια με συνεχόμενο κλικ πάνω του, τον τοποθετούμε σε οποίο σημείο θέλουμε:



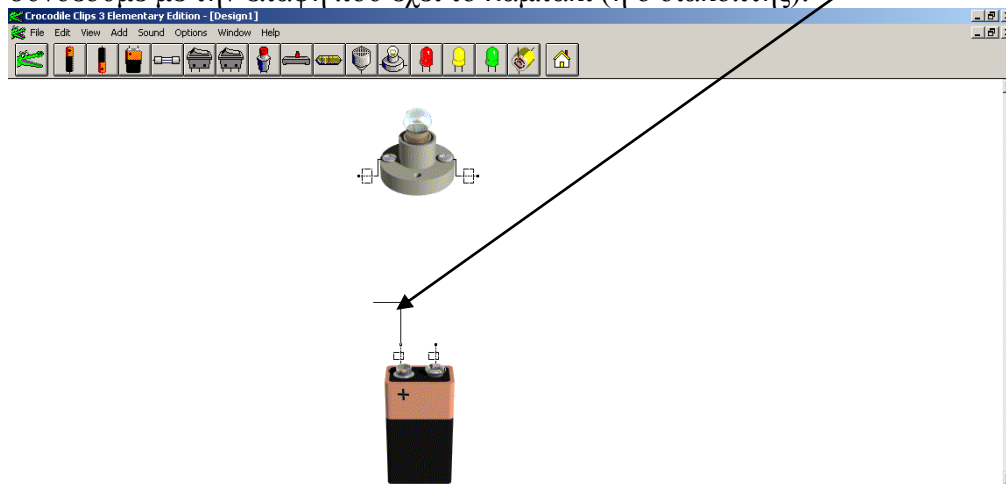


4) ΚΑΛΩΔΙΑ:

Αρχικά, πλησιάζουμε τον κέρσορα του ποντικίου στην άκρη των δυο πόλων της μπαταρίας (ή των δυο επαφών που έχει το λαμπάκι ή των δυο επαφών που έχει ο απλός διακόπτης).

Στη συνέχεια, ο κέρσορας από το ποντίκι παίρνει τη μορφή μαζεμένου καλωδίου.

Τέλος, σύρουμε με το ποντίκι το μαζεμένο καλώδιο που γίνεται ευθεία γραμμή και το συνδέουμε με την επαφή που έχει το λαμπάκι (ή ο διακόπτης).



3. ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ:

1^{ος} Τρόπος: Η διαγραφή κάποιου στοιχείου (ιδιαίτερα καλωδίου) του κυκλώματος γίνεται πατώντας το κεφάλι του κορκόδειλου στην αριστερή πλευρά της γραμμής εργαλείων.

Στη συνέχεια ο κέρσορας μετατρέπεται σε κεφάλι κορκόδειλου και σε όποιο στοιχείο κάνουμε κλικ διαγράφεται.



2^{ος} Τρόπος: Η διαγραφή κάποιου στοιχείου του κυκλώματος γίνεται με επιλογή του στοιχείου (αριστερό κλικ) με το ποντίκι και στη συνέχεια πατώντας το πλήκτρο **Delete**.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ - ΛΕΞΕΩΝ

Τέλος, το λογισμικό μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε κείμενο - λέξεις δίπλα στα στοιχεία του κυκλώματος, επιλέγοντας **Add – Text**:



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

VI

*«Οδηγός εξοικείωσης» για το λογισμικό
προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.*

ΟΔΗΓΟΣ «ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ:

«Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.»

Το λογισμικό αναφέρεται σε έξι θεματικές ενότητες (από αυτές προκύπτει και η ονομασία Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.) της Φυσικής:

1) Μηχανική	Μ.
2) <u>Ανάκλαση</u> – Διάθλαση	Α.
3) Θερμότητα	Θ.
4) Ηλεκτρισμός	Η.
5) Μοντέλα	Μ.
6) Άτομα	Α.

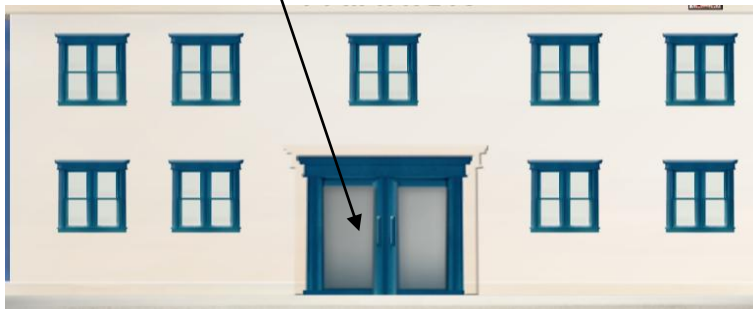
Μας αφορά η ενότητα ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Η αρχική οθόνη του λογισμικού είναι:

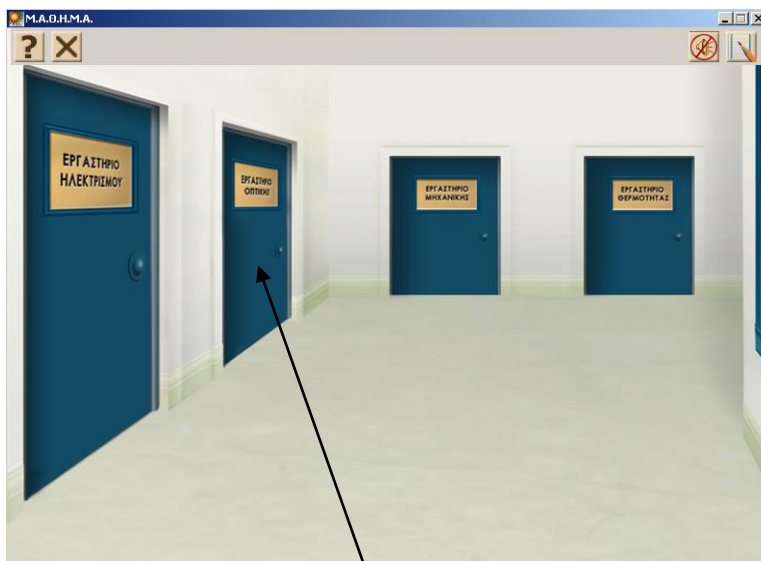


Κάνοντας κλικ στη λέξη ΑΝΑΚΛΑΣΗ εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:

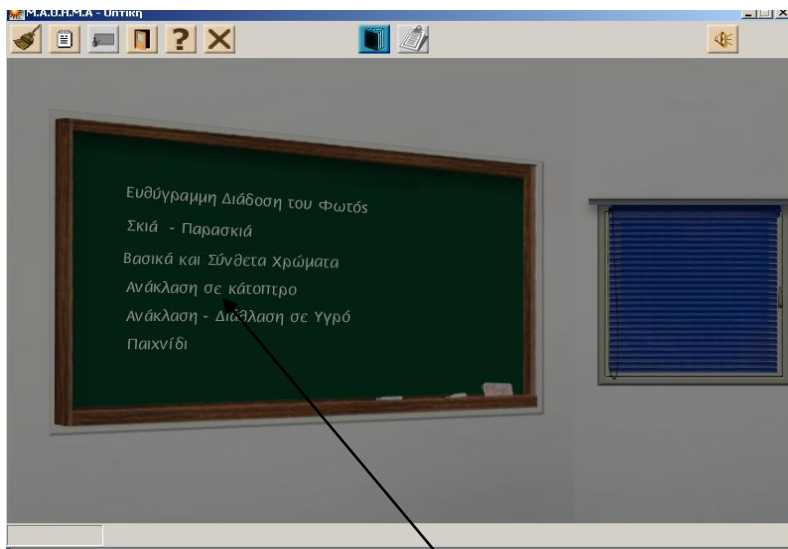
Κάνοντας κλικ στην πόρτα



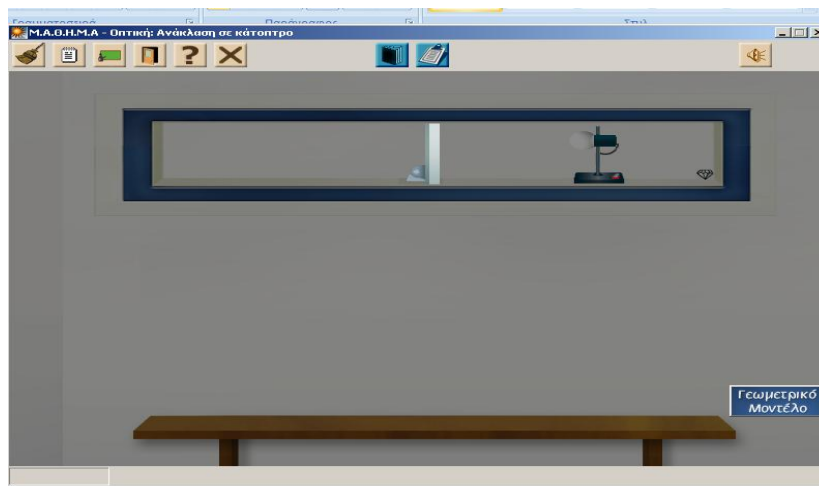
Εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:



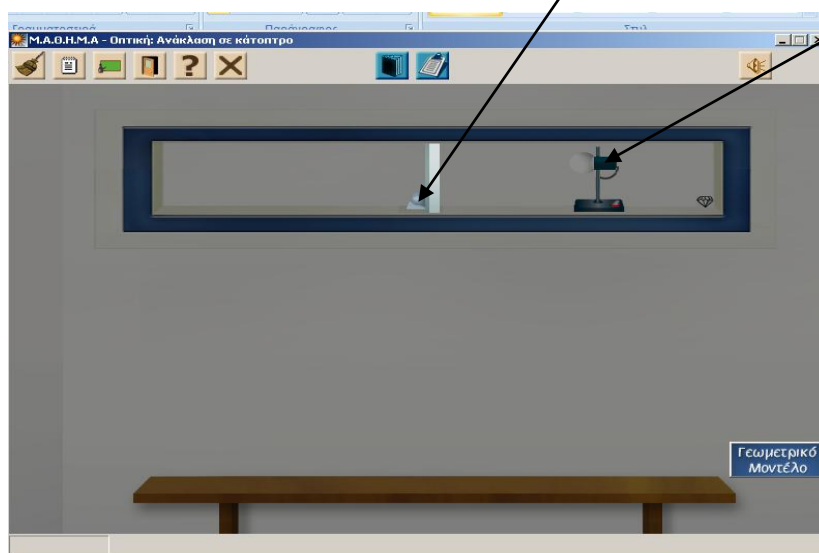
Κάνοντας κλικ στο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΤΙΚΗΣ εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:



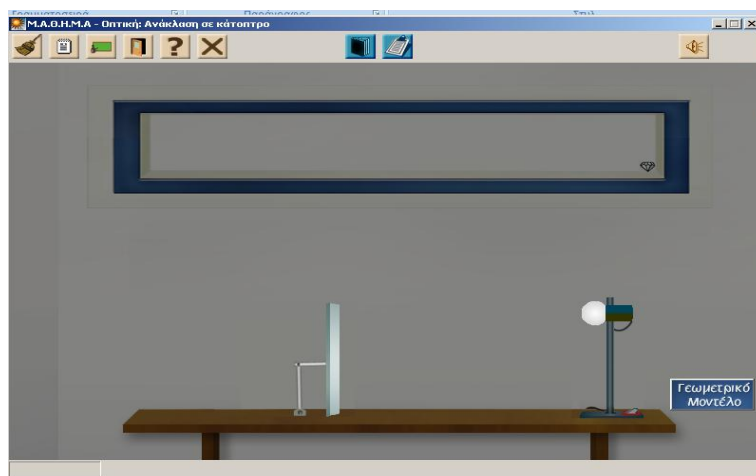
Κάνοντας κλικ στο ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΣΕ ΚΑΤΟΠΤΡΟ εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:



Στο ράφι της παρακάτω οθόνης υπάρχουν τα όργανα – εικονικά αντικείμενα για τα πειράματα της ανάκλασης, όπως είναι το **κάτοπτρο (καθρέπτης)** και μια **φωτεινή λάμπα (με γλόμπο) - προβολέας**.



Με ένα απλό (αριστερό) κλικ κατεβαίνουν στον πάγκο της οθόνης:



Λειτουργία καθρέπτη:

Μπορείς να αλλάξεις την κλίση του καθρέπτη πατώντας με το ποντίκι στο πάνω άκρο του.

Πιο συγκεκριμένα, πλησιάζεις με το ποντίκι το πάνω άκρο του καθρέπτη και εμφανίζεται ένα χεράκι.

Στη συνέχεια με αριστερό κλικ στο πάνω άκρο του καθρέπτη, ξεκινώντας από τον κάθετο (0°):



γίνεται διαδοχικά πλάγιος (45°):



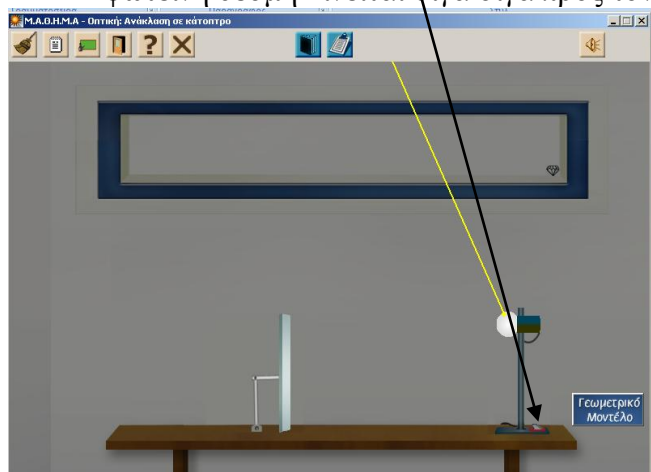
και στη συνέχεια με άλλο κλικ οριζόντιος (90°):



Αντίστροφα, με δεξί κλικ ξεκινώντας από τον οριζόντιο (90°), γίνεται ,διαδοχικά, πλάγιος (45°) και στη συνέχεια κάθετος (0°).

Λειτουργία φωτεινής λάμπας (προβολέας):

- Μόλις κάνεις κλικ στο διακόπτη δημιουργείται η δέσμη φωτός (ενώ με σύρσιμο στην άκρη του προβολέα αυτός μπορεί να αλλάξει ύψος).
- Τοποθετώντας το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας εμφανίζεται ένα χεράκι.
- Στη συνέχεια με αριστερό συνεχόμενο κλικ (σταθερά κρατημένο το ποντίκι), η φωτεινή δέσμη κινείται σιγά σιγά προς τον πάγκο και τον καθρέπτη.



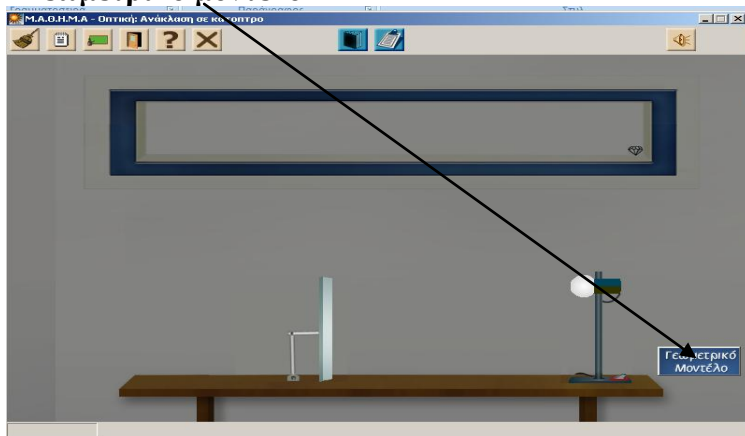
Ενώ με δεξί συνεχόμενο κλικ η δέσμη κινείται προς τα πάνω.

Μόλις σταματήστε το πάτημα του ποντικιού η κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης σταθεροποιείται.

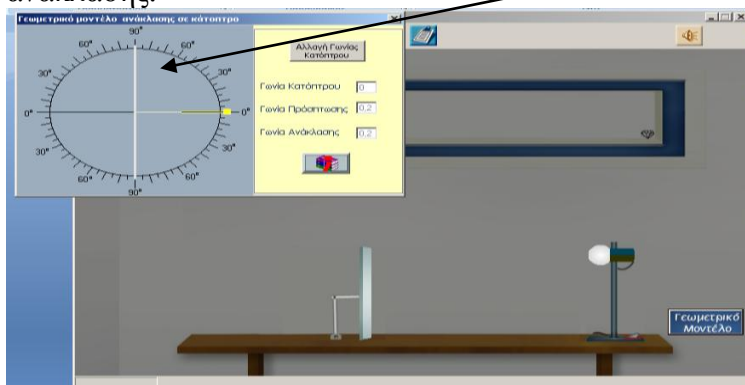
Γεωμετρικό μοντέλο (ΜΟΙΡΕΣ):

Στην οθόνη της ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ στο κάτω δεξί μέρος εμφανίζεται η ένδειξη:

«Γεωμετρικό μοντέλο»



Με κλικ στο κουμπί Γεωμετρικό μοντέλο αναδύεται το αντίστοιχο μοντέλο του πειράματος όπου μπορούν να γίνουν μετρήσεις ώστε να αποδειχθεί και ο νόμος της ανάκλασης.



Το Γεωμετρικό μοντέλο θα μας βοηθήσει να κάνουμε ακριβείς μετρήσεις στο πείραμα της ανάκλασης.

ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ – ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ:

Αν θέλουμε να επαναλάβουμε το πείραμα της ανάκλασης από την αρχή και να



καθαρίσουμε την οθόνη, κάνουμε ένα κλικ στο εικονίδιο (Ανανέωση) και τα όργανα - εικονικά αντικείμενα του πειράματος καθαρίζονται από τον πάγκο και ανεβαίνουν στο ράφι:

