



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:
«Νέες Τεχνολογίες και Έρευνα στη Διδακτική της
Φυσικής»**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΤΟΥ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ.»**

Σταύρου Χρίστος

Επιβλέπων: Ματθαίος Καμαράτος-Αν. Καθηγητής

Ιωάννινα 2017

****Στους γονείς μου***

Ανέστη και Νίνα

στον αδερφό μου, Τάκη

και στον άνθρωπό μου, Λυδία

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	6
Περίληψη	8
Abstract	9
Εισαγωγή	10
A ΜΕΡΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	13
Θεωρίες μάθησης και μοντέλα διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας	13
1.3 Το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας	14
1.4 Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	20
Ο ρόλος του πειράματος στις Φυσικές Επιστήμες	20
2.1 Εννοιολογική προσέγγιση του όρου «πείραμα»	20
2.2 Το πείραμα στην εκπαιδευτική διαδικασία.....	22
2.3 Οι μαθητές και τα πειράματα Φυσικής στη διδακτική πράξη	23
2.3.1 Το πείραμα από τον μαθητή.....	24
2.3.2 Το πείραμα επίδειξης	25
2.3.3 Το πείραμα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο	29
Ένταξη των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία	29
3.1 Οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης.....	31
3.1.1 Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στα πλαίσια των Φυσικών Επιστημών.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	36
Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.....	36
B ΜΕΡΟΣ ΕΡΕΥΝΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	40
Ο Προβληματισμός, η Σημαντικότητα και τα Ερωτήματα της Παρούσας Έρευνας.....	40
1.1. Εισαγωγικά	40

1.2. Ερευνητικός Προβληματισμός – Σημαντικότητα της Έρευνας.....	40
1.3. Σκοπός - Ερευνητικά Ερωτήματα.....	41
1.4. Σύνοψη του κεφαλαίου	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	43
Μεθοδολογία της Έρευνας - Παρουσίαση Προγενέστερων Ερευνών σχετικά με τη Ανάδειξη των Εναλλακτικών Ιδεών στα Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος και Περιγραφή της Μεθοδολογίας της Παρούσας Έρευνας	43
2.1. Εισαγωγικά	43
2.2. Παρουσίαση Αντίστοιχων Ερευνών σχετικών με την ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών	43
2.2.1. Που οφείλονται οι δυσκολίες των μαθητών/φοιτητών:	49
2.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.....	50
2.3.1. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το Ηλεκτρικό Ρεύμα	51
2.3.2. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη Διαφορά Δυναμικού.....	56
2.3.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις Μπαταρίες	61
2.3.4. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην Συνδεσμολογία Αντιστάσεων - Λαμπτήρων.....	63
2.4. Περιγραφή της Μεθοδολογίας της Παρούσας Έρευνας.....	67
2.4.1. Ερευνητική Μέθοδος	67
2.4.2. Το Δείγμα της Έρευνας.....	69
2.4.3. Εργαλείο της έρευνας.....	70
2.4.4. Πραγματοποίηση κυρίως έρευνας.....	70
2.5. Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί της Παρούσας Έρευνας	71
2.6. Ζητήματα Αξιοπιστίας, Εγκυρότητας και Αντικειμενικότητας.....	72
2.7. Σύνοψη του κεφαλαίου	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο	75
Η Ανάλυση των Ευρημάτων και τα Αποτελέσματα της Έρευνας	75
3.1. Εισαγωγικά	75
3.2. Σχέση φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου	75
3.2.1. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Pre-Test	75
3.2.2. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Post-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία).....	79

3.2.3. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Post-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία + Πείραμα Επίδειξης-Προσομοίωση)	82
3.2.4. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Pre-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία + Πείραμα από τους φοιτητές-Προσομοίωση).....	85
3.3. Εναλλακτικές ιδέες σχετικές με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο.....	89
3.4. Η Συχνότητα εμφάνισης κάθε εναλλακτικής ιδέας σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου.....	90
3.5. Επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών ..	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	105
Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Ερμηνεία - Συμπεράσματα της Έρευνας.....	105
4.1. Εισαγωγικά	105
4.2. Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα	105
4.2.1. Σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου	106
4.2.2. Οι εναλλακτικές ιδέες που εμφανίζονται σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο	106
4.2.3. Η συχνότητα εμφάνισης της κάθε εναλλακτικής ιδέας σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου	108
4.2.4. Η επιρροή των διδακτικών παρεμβάσεων στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών.....	109
4.3. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	111
Βιβλιογραφία	113
Παραρτήματα	122
Παράρτημα 1.....	122
Ερωτηματολόγιο	122
Παράρτημα 2.....	126
Φύλλο Εργασίας	126
Παράρτημα 3.....	131
Παρουσίαση - Πειράματα Επίδειξης με Προσομοίωση	131
Παράρτημα 4.....	136
Περιβάλλον Προσομοίωσης	136

Ευχαριστίες

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που μας παρείχε τις κατάλληλες γνώσεις μέσα από το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες και Έρευνα στη Διδακτική της Φυσικής» σχετικά με τις διδακτικές μεθόδους και τα μέσα διδασκαλίας.

Η εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας δε θα ήταν δυνατό να γίνει χωρίς τη βοήθεια ορισμένων ανθρώπων τους οποίους θέλω να ευχαριστήσω:

Τον επιβλέποντα μου κ. Ματθαίο Καμαράτο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που με βοήθησε με τις οδηγίες και τις υποδείξεις του.

Τον κ. Κωνσταντίνο Κώτση, Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τις συμβουλές όσον αφορά την διεξαγωγή του ερευνητικού μέρους της εργασίας.

Τον κ. Αλέξιο Δούβαλη, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τη βοήθεια του στο τεχνικό κομμάτι της έρευνας.

Τους κ. Παναγιώτη Κόκκα, Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, κ. Νικόλαο Μάνθο και κ. Ιωάννη Ευαγγέλου, Αναπληρωτές Καθηγητές του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, την κα Χριστίνα Λέκκα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Μηχανικής Επιστήμης των Υλικών της Σχολής Επιστημών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, καθώς και τους κ. Βαγγέλη Παράδα και κ. Ιωάννη Φλουρή, Διδακτορικούς φοιτητές του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την άψογη συνεργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη σύζυγό μου Λυδία Αρβανιτάκη καθώς και την πολύ καλή μου φίλη Άννα Κόκκαλη, που χωρίς τη βοήθεια τους δε θα έβρισκα το κουράγιο και τα απαραίτητα εφόδια για να φέρω εις πέρας την συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Τέλος, να ευχαριστήσω τους φοιτητές που παρακολούθησαν το μάθημα που σχετίζεται με τον Ηλεκτρισμό του Α' Έτους του Τμήματος Φυσικής και του Τμήματος

Επιστήμης των Υλικών που χωρίς αυτούς δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αυτή η έρευνα.

Χρίστος Σταύρου

Περίληψη

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας στο πλαίσιο της οποίας εκπονήθηκε έρευνα με χρήση ερωτηματολογίου και διδακτικών παρεμβάσεων, είναι η ανάδειξη των εσφαλμένων αντιλήψεων που έχουν οι φοιτητές για τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος και στην κατάρτισή τους χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον προσομοίωσης.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος της εργασίας καταγράφονται οι θέσεις των κύριων θεωριών μάθησης και των μοντέλων διδασκαλίας στις φυσικές επιστήμες. Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της εργασίας επιχειρείται, η παρουσίαση και η ανάλυση του ρόλου του πειράματος στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς και η ένταξη των νέων τεχνολογιών σε αυτή. Επίσης, δίνεται έμφαση στο θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με την έννοια των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται ο προβληματισμός, η σημαντικότητα και τα τέσσερα ερευνητικά ερωτήματα πάνω στα οποία βασίστηκε η εκπόνηση της έρευνας. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν: α) Η σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου, β) Οι εναλλακτικές ιδέες που εμφανίστηκαν στο ερωτηματολόγιο, γ) Η συχνότητα εμφάνισης της κάθε εναλλακτικής ιδέας σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου και δ) Ο βαθμός κατά τον οποίο οι εναλλακτικές ιδέες καταπολεμήθηκαν μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα έρευνα είναι ότι η αρχική απόκλιση βαθμολογιών ανάμεσα στα φύλα αμβλύνηκε μετά από τις διδακτικές παρεμβάσεις, ενώ παράλληλα τα ποσοστά εμφάνισης των εναλλακτικών ιδεών μειώθηκαν στην πλειοψηφία τους.

Λέξεις κλειδιά: Θεωρίες μάθησης, Εναλλακτικές Ιδέες, Διδακτική Παρέμβαση, Προσομοίωση Πειράματος.

Abstract

The subject of this dissertation in which research was conducted using questionnaire and teaching interventions is to highlight students' misconceptions about DC circuits and to confound them using a simulation environment.

Specifically, at the first part were recorded the positions of the main learning theories and the teaching models in the natural sciences. In order to achieve the aim of the work it is attempted to present and analyze the role of the experiment in the educational process as well as the integration of the technologies into it. It also emphasizes the theoretical framework regarding the concept of students' alternative ideas.

The second part of the paper presents the reflection, the importance and the four research questions on which the research was based. In particular, was studied: a) The relationship between gender and questionnaire grade, b) The alternative ideas that appeared in the questionnaire, c) The frequency of each alternative idea in each question of the questionnaire, and d) The extent to which alternative ideas were countered by teaching interventions.

The conclusions of the study are that the initial gender score difference was reduced after the teaching interventions, while at the same time the percentages of occurrence of the misconceptions decreased in their majority.

Keywords: Learning Theories, Alternative Ideas, Teaching Intervention, Simulation of Experiment.

Εισαγωγή

Ο όρος ηλεκτρισμός σχετίζεται με ένα μεγάλο πλήθος φαινομένων τα οποία τα συναντάμε στην καθημερινότητά μας. Οι κεραυνοί, οι ηλεκτρικές λάμπες όπως και πάρα πολλές συσκευές της σύγχρονης τεχνολογίας (φούρνοι μικροκυμάτων, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.ά.) βασίζονται στον ηλεκτρισμό (Hewitt, 2007). Έτσι είναι λογικό, όλοι μας από μικρή ηλικία να αποκτούμε κάποιες εμπειρικές αντιλήψεις σχετικά με τα φαινόμενα αυτά και κατά συνέπεια με τον ηλεκτρισμό (Arons, 1992· Solomonidou & Kakana, 2000· Shipstone, 1984). Αυτό το ευρύ φάσμα ιδεών για τον ηλεκτρισμό το κουβαλάμε και ως μαθητές όταν πηγαίνουμε στο σχολείο (Glauert, 2009· Solomonidou & Kakana, 2000).

Οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτές τις ιδέες για να κάνουν προβλέψεις και να δώσουν εξηγήσεις σχετικά με τον ηλεκτρισμό και τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Όμως τις περισσότερες φορές είναι ελλιπείς και έρχονται σε σύγκρουση με τις επιστημονικές εξηγήσεις (Lee & Law, 2001).

Σε πολλά σχολικά βιβλία το κεφάλαιο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων παρουσιάζεται ως ένα σύνολο αλγεβρικών εξισώσεων. Έτσι οι μαθητές πιστεύουν ότι το κεφάλαιο αυτό γίνεται κατανοητό μόνο μέσα από μαθηματικές εξισώσεις και έτσι δεν αντιλαμβάνονται τις βασικές διεργασίες που γίνονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα (McDermott & Shaffer, 1992).

Επειδή πολλές από τις έννοιες που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι αφηρημένες (τάση, ρεύμα κ.ά.), οι μαθητές είναι δύσκολο να τις κατανοήσουν πλήρως. Επομένως η διδασκαλία του κεφαλαίου των ηλεκτρικών κυκλωμάτων αποτελεί μια παιδαγωγική πρόκληση (McDermott & Shaffer, 1992).

Ο καθηγητής της φυσικής μπορεί να επωφεληθεί από αυτές τις προϋπάρχουσες ιδέες που έχουν οι μαθητές, για να κάνει τη σύνδεση των φυσικών φαινομένων με την καθημερινότητα επιτυγχάνοντας έτσι την αύξηση του ενδιαφέροντος του μαθητή για αυτά.

Σύμμαχος στη διδασκαλία της φυσικής είναι πλέον και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής που μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα χρήσιμο διδακτικό εργαλείο. Με τη βοήθειά του η καθημερινότητα μπορεί να συσχετιστεί με την εκπαιδευτική διαδικασία με δύο τρόπους (Μικρόπουλος, 2002):

- I. Να χρησιμοποιηθεί ένα εικονικό περιβάλλον για την αναπαράσταση της πραγματικότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με προγράμματα προσομοίωσης όπως το

Interactive Physics, το Edison κ.ά. καθώς επίσης και με εφαρμογές Java που είναι διαθέσιμες μέσω διαδικτύου. Οι εφαρμογές Java, οι οποίες δημιουργούνται από μεμονωμένα άτομα αλλά ακόμη και από ομάδες ατόμων, προσομοιώνουν φαινόμενα της Φυσικής και δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι είναι ελεύθερες να χρησιμοποιηθούν από τον οποιοδήποτε.

- II. Να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα προγράμματα για την εισαγωγή μετρήσεων από πραγματικά πειράματα στον υπολογιστή μέσω του συστήματος συγχρονικής λήψης και απεικόνισης (Microcomputer Based Laboratory), για επεξεργασία και εξαγωγή γραφικών παραστάσεων είτε δεδομένων προς περεταίρω επεξεργασία.

Α ΜΕΡΟΣ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

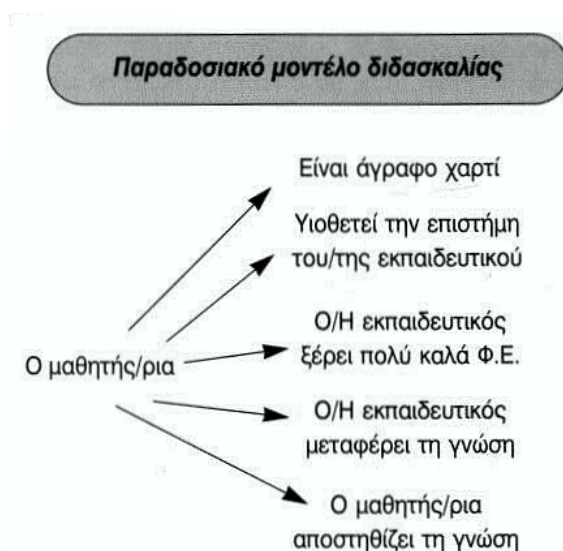
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Θεωρίες μάθησης και μοντέλα διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες

1.1 Εισαγωγή

Προκειμένου στο μέλλον οι πολίτες να συνεργάζονται και να συμμετέχουν περισσότερο για την επίλυση των κοινωνικών προβλημάτων, το σχολείο πρέπει να πάψει να είναι μόνο ένα κέντρο μετάδοσης γνώσης. Για να επιτευχθεί αυτό, τόσο ο ρόλος του δάσκαλου, όσο και ο ρόλος του μαθητή πρέπει να αλλάξουν. Ο δάσκαλος οφείλει από αναμεταδότης γνώσης να γίνει σύμβουλος και καθοδηγητής και ο μαθητής να αποκτήσει πρωτοβουλία για να έχει μεγαλύτερη ανάμειξη στην ενεργό μάθηση. Η δομή της διδασκαλίας δεν μπορεί να έχει τη σημερινή μορφή, με τον δάσκαλο ως κεντρικό πρόσωπο, αλλά να έχει συνεργατικό χαρακτήρα. Ο μαθητής μπορεί να αναπτύξει πραγματικό ενδιαφέρον για την μάθηση έχοντας ως βασική προϋπόθεση την ενεργό συμμετοχή του στη διδασκαλία, δηλαδή να έχει και τον ρόλο του δάσκαλου που εκτός από ακροατής είναι ομιλητής, δημιουργός και κριτικός. (Κόκκοτας, 2004). Τα παραπάνω επιτυγχάνονται, άλλοτε λιγότερο και άλλοτε περισσότερο, μέσα από το μοντέλο διδασκαλίας που εφαρμόζεται κάθε φορά.

1.2 Το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας



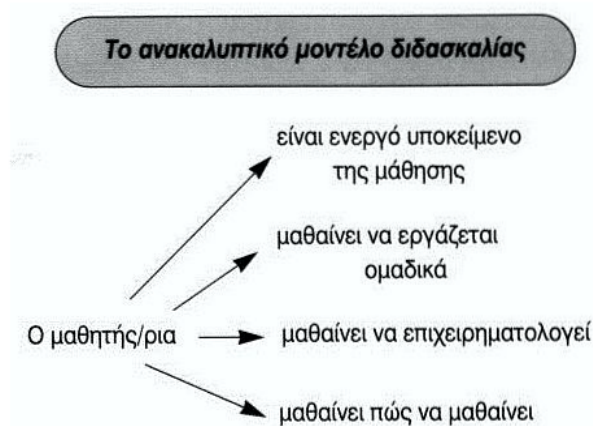
Σχήμα 1. Παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας, το οποίο εφαρμόζεται πριν το 1960 μέχρι και σήμερα, δίνει τους ρόλους ερεθίσματος-ανταπόκρισης στον δάσκαλο και στον μαθητή αντίστοιχα (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005). Ο δάσκαλος είναι κύριος της τάξης και θεωρείται αυθεντία, ενώ ο μαθητής πρέπει να κάνει και να αποστηθίζει ό,τι υπαγορεύει ο πρώτος (Κόκκοτας, 2004, Σπυρούλου-Κατσάνη, 2005).

Οι λόγοι που οι περισσότεροι καθηγητές υιοθετούν το παραδοσιακό μοντέλο είναι οι εξής:

- Οι μαθητές συνήθως παρακολουθούν προσεχτικά κάνοντας ησυχία.
- Η ύλη του μαθήματος καλύπτεται σε καλό βαθμό διότι ο δάσκαλος μιλάει και οι μαθητές ακούνε.
- Η παράδοση του μαθήματος με την μεταδοτική προσέγγιση καθιστά τον δάσκαλο κύριο της τάξης και έχει τον ρόλο του ειδικού.
- Οι μαθητές νιώθουν περισσότερο ασφαλείς και δεν πιέζονται όταν ο δάσκαλος κάνει τα πάντα, ακόμη και όταν σκέφτεται γι' αυτούς.

1.3 Το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας



Σχήμα 2. Ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Η ανακαλυπτική μάθηση κατά τον Bruner (1966) δεν αποτελεί ένα σαφώς προσδιορισμένο είδος μάθησης, αλλά περιλαμβάνει το σύνολο των γνωστικών διαδικασιών που σχετίζονται με την αναλυτική και συνθετική σκέψη. Η ανακαλυπτική μάθηση χαρακτηρίζεται από πολύπλοκες γνωστικές διαδικασίες, οι οποίες αφορούν στην πρόσκτηση, επεξεργασία και κωδικοποίηση των πληροφοριών. Βέβαια, ανακαλυπτική μάθηση δε σημαίνει ότι ο μαθητής βρίσκει κάτι το τελείως νέο, αλλά ότι με βάση τα

ερεθίσματα από τον εκπαιδευτικό και το περιβάλλον, ανακαλύπτει έννοιες ή συλλογισμούς που δε γνώριζε ή δεν είχε απλώς συνειδητοποιήσει. Ο εκπαιδευτικός έχει ως έργο να παρουσιάζει τα θέματα με τέτοιο τρόπο που να τα αντιλαμβάνεται το παιδί. Αποτελεί, δηλαδή, ένα είδος «μεταφραστή» της γνώσης (Κασσωτάκης, Φλουρής, 2003).

Οι μαθητές προσπαθούν να βρουν «τις σχέσεις μεταξύ των πραγμάτων» μιας επιστημονικής περιοχής. Σε κάθε μάθημα πρέπει να παρέχονται τα κατάλληλα δομικά στοιχεία, στα οποία θα στηριχθεί ο μαθητής για να προχωρήσει παραπέρα μόνος του. Όταν, δηλαδή, ο μαθητής γνωρίζει τις βασικές αρχές ενός μαθήματος μπορεί να διερευνήσει άλλα θέματα. Ο καθηγητής οφείλει να αφήνει το μαθητή να ανακαλύπτει μόνος του και να μαθαίνει έννοιες με το μοναδικό προσωπικό του τρόπο (Κολιάδης, 1997).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακαλυπτική μάθηση είναι η ετοιμότητα (να θέλει κάποιος να μάθει), τα κίνητρα, η περιέργεια, η επιθυμία καταξίωσης, η αμοιβαιότητα και επιθυμία συνεργασίας με τους άλλους, η δομή της ίδιας της γνώσης, που αν είναι κατάλληλη προσλαμβάνεται ευκολότερα, καθώς και το γενικότερο επίπεδο γνωστικής ανάπτυξης του ατόμου.

Η διδασκαλία με βάση τις αρχές του Bruner πρέπει :

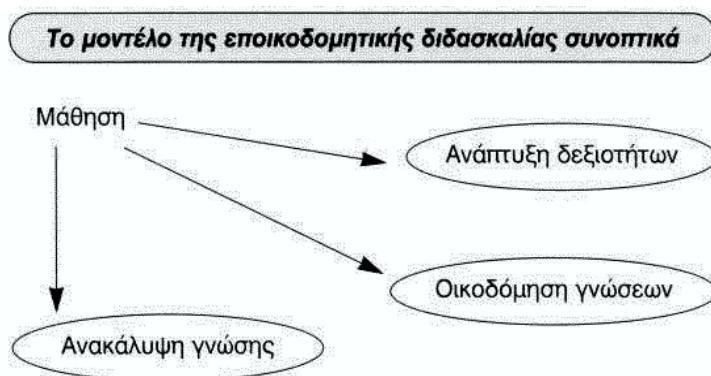
1. Να δημιουργεί στάσεις ετοιμότητας και προδιαθέσεις
2. Να παρέχει καλά δομημένη γνώση
3. Να παρέχει αποτελεσματικούς τρόπους παρουσίασης
4. Να έχει σωστά ισορροπημένο σύστημα αμοιβών και ποινών (Bruner, 1966).

Η οργάνωση της διδασκαλίας αναφέρεται στην ετοιμότητα του εκπαιδευτικού (πόσο καλά γνωρίζει το θέμα), στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών μάθησης (ο μαθητής να έρχεται σε επαφή με ένα πρόβλημα ή με ένα εμπόδιο, που θα αποτελέσει το εσωτερικό κίνητρο για μάθηση) και στη στάση του εκπαιδευτικού, που πρέπει να αποτελεί ένα πρόβλημα εργασίας με το οποίο οι μαθητές βρίσκονται σε αδιάκοπη αλληλεπίδραση και όχι απομίμηση. Συνεπώς, η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη, με τον εκπαιδευτικό στον ρόλο του καθοδηγητή και του οργανωτή καταστάσεων μάθησης. Οι μαθητές με τη βοήθεια φύλλων εργασίας παρατηρούν, κάνουν μετρήσεις, καταγράφουν και συγκρίνουν δεδομένα, συμμετέχοντας ενεργά στην ανακάλυψη της δικής τους γνώσης.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού, επίσης, ως εκείνου που γνωρίζει καλά αυτό που θέλει να μεταδώσει είναι να δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες, ώστε ο μαθητής να συναντάται με μια κατάσταση – πρόβλημα, η οποία να διασαλεύει την ισορροπία με τη μορφή

γνωστικής σύγκρουσης και να αποτελεί το εσωτερικό κίνητρο για μάθηση. Τα ερεθίσματα - προβλήματα πρέπει να οργανώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε ο μαθητής να επιτυγχάνει και να υπερέχουν τα αισθήματα εμπιστοσύνης στις δυνάμεις του (Κολιάδης, 1997, Μπασέτας, 2002). Η μάθηση, άλλωστε είναι ενεργητική διαδικασία που συμπεριλαμβάνει πειραματισμό, εξερεύνηση, ανακάλυψη και ανακατασκευή της γνώσης.

1.4 Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας



Σχήμα 3. Εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Η επόμενη κατηγορία θεωριών μάθησης που επηρέασε σημαντικά τον τομέα της εκπαίδευσης είναι αυτή των κοινωνικοπολιτισμικών θεωριών, με κύριο εκπρόσωπο τον Lev Vygotsky (1978). Ο Vygotsky θεωρεί ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο το κοινωνικό περιβάλλον κατά τη διαδικασία της οικοδόμησης της γνώσης, για αυτό και η θεωρία του ονομάστηκε κοινωνικός εποικοδομισμός. Οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις του ατόμου που μαθαίνει με τον κοινωνικό περίγυρο και τους άλλους ανθρώπους, καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύει τα γεγονότα και αποκωδικοποιεί τις πληροφορίες που τον περιβάλλουν (Ευθυμιάδης, 2013).

Στον εποικοδομητισμό ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι ενεργός και απαραίτητος ώστε να δοθεί στον μαθητή η κατάλληλη γνωστική στήριξη. Ο εκπαιδευτικός δρα ως διαμεσολαβητής των κοινωνικών και πολιτισμικών μηνυμάτων που προσφέρονται στον μαθητή ως στοιχεία που θα τον οδηγήσουν στην οικοδόμηση των δικών του γνωστικών σχημάτων (Ράπτης, 2006). Η μάθηση, συνεπώς, είναι προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής¹

¹ Εννοιολογική αλλαγή νοείται η διαδικασία αλλοίωσης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών η οποία επιτυγχάνεται μέσα σε κατάλληλο κλίμα και μέσα από ειδικές στρατηγικές όπως η γνωστική σύγκρουση (Κόκκοτας, 2004).

που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης στην οποία υποβάλλονται (Κόκκοτας, 2004).

Με την εποικοδομητική προσέγγιση η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες γίνεται μια φυσική και λογική διαδικασία. Συνδυάζει την κατανόηση των φυσικών εννοιών με την ανάπτυξη δεξιοτήτων στις επιστημονικές διαδικασίες και παράλληλα την απόκτηση επιστημονικής νοοτροπίας από τους μαθητές (Κόκκοτας, 2004).

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φ.Ε που περιλαμβάνει τις φάσεις:

- Του προσανατολισμού:

Αφορά το ξεκίνημα της διδασκαλίας που είναι απαραίτητο να είναι καλά οργανωμένο, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών. Ο δάσκαλος εξηγεί με την έναρξη του μαθήματος τι πρόκειται να επακολουθήσει ώστε να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που θα διεξάγουν οι ίδιοι. Πρέπει με κάθε τρόπο να προκαλέσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών. Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων, με την παρατήρηση μιας διαφάνειας στον ανακλαστικό προβολέα κ.ά.

- Της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών:

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Εδώ οι μαθητές εξωτερικεύουν τις ιδέες τους, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Ο πιο απλός είναι να παρακολουθήσουμε τι λένε ή να κάνουμε διάλογο μαζί τους. Αυτό μπορεί να γίνει άτυπα σε εξατομικευμένη βάση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στην τάξη ή, πιο συστηματικά, σε συζήτηση μικρών ομάδων. Οι πρακτικές δραστηριότητες, τα ερωτηματολόγια, οι ατομικές εργασίες είναι τρόποι ανάδειξης των ιδεών. Ένας άλλος τρόπος είναι τα υποθετικά πειράματα, που ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφουμε. Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί ώστε να επιλεγεί ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτησή του από τους μαθητές επιδιώκεται στην επόμενη φάση.

- Της αναδόμησης των ιδεών:

Στη φάση αυτή οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του διδάσκοντα είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να εκφράσουν άποψη για τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σε αυτή τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την άποψή τους, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση.

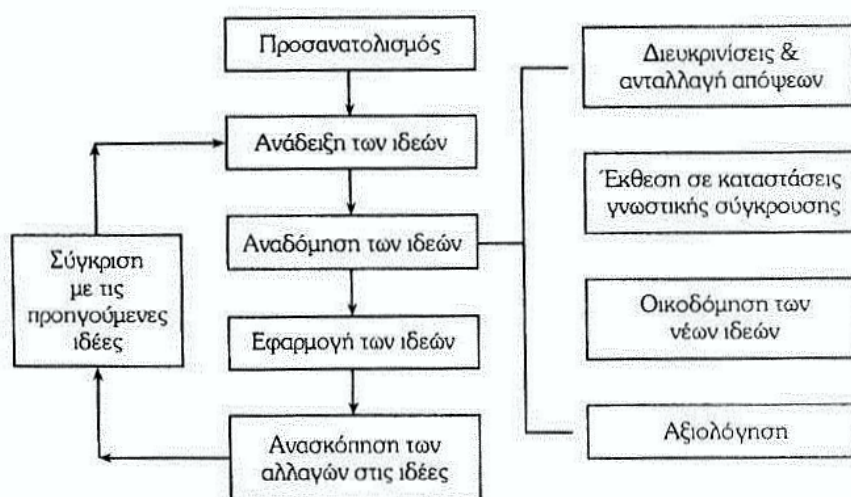
Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δυο ή τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πώς θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν. Στόχος των έργων αυτών είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε αδιέξοδο, βλέποντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς και το πειραματικό αποτέλεσμα, θα οδηγηθούν μ' αυτόν τον τρόπο σε ενδο-προσωπική σύγκρουση. Αυτή η σύγκρουση θα τους κάνει να μη νιώθουν ικανοποιημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανόν σε εννοιολογική αλλαγή. Αναλυτικότερα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο δάσκαλος καθοδηγεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους με τρόπο συστηματικό, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν αποτελέσματα που δεν ταιριάζουν με την ιδέα που ερευνούν, ακόμα και αν αυτή είναι δική τους. Πάντως απαιτείται μεγάλη προσοχή όσον αφορά την επιλογή των κατάλληλων έργων, π.χ. πειράματα επίδειξης, που μπορεί να φαίνονται πολύ πειστικά στο δάσκαλο, είναι δυνατόν όμως να μην προκαλούν καμία εντύπωση στους μαθητές, αν οι τελευταίοι δεν έχουν κατανοήσει το σκοπό για τον οποίο γίνονται.

- Της εφαρμογής των νέων ιδεών:

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 λειτουργικότητά τους.

- Της ανασκόπησης:

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους. Συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και τη γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και είναι αυτό που ονομάζουμε μεταγνώση.



Σχήμα 4. Διδακτικό μοντέλο των Driver και Oldham (Κόκκοτας, 2004).

Η εποικοδομητική προσέγγιση της γνώσης οδηγεί στη λήψη πρωτοβουλιών από τους μαθητές, σε σημαντική βελτίωση στη στάση τους για το μάθημα, σε ελαχιστοποίηση των προβλημάτων συμπεριφοράς καθώς και στη δημιουργία αισθήματος ασφαλείας και ανάπτυξης αυτοεκτίμησης μέσα από τον διάλογο) και την ομαδοποίηση (Κώτσης, 2005).

Από την άλλη πλευρά, το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει ορισμένες λειτουργικές αδυναμίες οι οποίες συνοψίζονται στα παρακάτω: απουσία υλικού υποστήριξης, άγνοια από τους διδάσκοντες του θεωρητικού πλαισίου, έλλειψη εμπειρίας εφαρμογής και ανάγκη ελάττωσης της διδακτέας ύλης (Κόκκοτας και Βλάχος 2001).

Ο εποικοδομητισμός συντέλεσε στη διαπίστωση των αναμορφωτών των Αναλυτικών Προγραμμάτων ότι οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών είναι σημαντικές στη διδασκαλία και για αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Τέλος, οι εποικοδομητιστές έστρεψαν το ενδιαφέρον στον μαθητή ως υπεύθυνο για το τελικό αποτέλεσμα της μάθησης, με το να τον καταστήσουν ενεργό μέλος των διδακτικών δρώμενων και σε συνεργασία με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας να διαπιστώσει, να εκθέσει και να αιτιολογήσει τις απόψεις του (Osborne and Wittrock, 1985).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Ο ρόλος του πειράματος στις Φυσικές Επιστήμες

Η σπουδαιότητα του πειράματος στη διδακτική πράξη έχει αναγνωριστεί από πολύ παλιά. Ο Edgeworths στο βιβλίο του *Essays on Practical Education* (Edgeworths, 1811), υποστηρίζει ότι οι μαθητές νιώθουν μεγάλη ικανοποίηση όταν αποκτούν πειραματικά τη γνώση και όταν τα πειράματα ταιριάζουν στις ικανότητές τους. Δεν αγαπούν μόνο να βλέπουν, αλλά και να κάνουν πειράματα (Κόκκοτας, 2005:203).

Κατά τον Piaget, ο ρόλος του πειράματος είναι πολύ σημαντικός διότι κατά αυτόν σκοπός του φυσικού πειράματος δεν είναι να πάρουμε απλά και μόνο μια αναπαραστατική εικόνα της πραγματικότητας, αλλά να κατανοήσουμε ότι η γνώση η οποία προκύπτει συνίσταται στο να δράσουμε και συνεπώς να μετασχηματίσουμε τις ήδη υπάρχουσες ιδέες (Piaget, 1961). Άρα, η γνώση συνίσταται σε ενεργητικές διαδικασίες που καταλήγουν στον μετασχηματισμό του πραγματικού.

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, το πείραμα κατέχει μοναδική θέση, γιατί σύμφωνα με τον Piaget (1964) βοηθά τη διανοητική ανάπτυξη του παιδιού αφού οι ψηλαφητικοί χειρισμοί των αντικειμένων στο περιβάλλον σχηματίζουν τις πιο σπουδαίες εντυπώσεις στον μαθητή.

2.1 Εννοιολογική προσέγγιση του όρου «πείραμα»

Με τον όρο πείραμα (Meyer, 1987, Κοσσυβάκη, 2004) εννοούμε ένα σχεδιασμένο εγχείρημα, το οποίο ελέγχει και επαληθεύει ή απορρίπτει μία υπόθεση για ένα ερώτημα ή πρόβλημα και οδηγεί στη διαλεύκανση ή αποσαφήνιση μιας διαδικασίας. Η λέξη πείραμα, λοιπόν, σημαίνει εγχείρημα, δοκιμή, εξέταση, διαδικασίες ιδιαίτερα ελκυστικές και ενδιαφέρουσες για τους μαθητές, επειδή τους ενεργοποιούν και τους εμπλέκουν στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία. Με το πείραμα, επίσης, αφυπνίζεται το ενδιαφέρον των μαθητών για κάποια εξειδικευμένου τύπου ερωτήματα, αλλά η ενεργοποίηση που δημιουργείται συμβάλλει στην ανάπτυξη ενδιαφερόντων ακόμα και για τα μαθήματα που ακολουθούν. Τα σημερινά κοινωνικά δεδομένα απαιτούν από το σχολείο και τη διδασκαλία

τον προσανατολισμό τους προς τη διαμόρφωση ενεργών υποκειμένων (Κοσσυβάκη, 2004). Σε αυτή την κατεύθυνση η πειραματική διαδικασία θεωρείται απαραίτητη, διότι με την συστηματική χρήση της ο μαθητής αποκτά σταδιακά τα χαρακτηριστικά ενός υπεύθυνου και ενεργού υποκειμένου. Στα πλαίσια αυτά, της διεύρυνσης της αποστολής, της μορφωτικής διάστασης και της παιδαγωγικής σημασίας της διδασκαλίας –σύμφωνα με τον Max Scheler (1995)- η διδασκαλία πειραμάτων θεωρείται ότι συντελεί στην ανάπτυξη της μεθοδικότητας, του ορθολογισμού, της καλλιέργειας του συναισθηματισμού και στη διαμόρφωση ηθικής συνείδησης. Η σφαιρική θεώρηση του ανθρώπου μέσα από την εμπλοκή των συναισθημάτων στις νοητικές δραστηριότητες, τον αναστοχασμό και την αυτοκριτική, που μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη της υπευθυνότητας -δεδομένου ότι ο άνθρωπος στο σύνολό του εκλαμβάνεται ως ορθολογικά σκεπτόμενος με συναισθηματικότητα και κοινωνική δράση-, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί κυρίως μέσα από τις πειραματικές διαδικασίες στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών.

Το μάθημα των Φυσικών Επιστημών και κυρίως το πείραμα συμβάλλει στην εισαγωγή του πλουραλισμού στις διάφορες μορφές προσέγγισης της γνώσης και μπορεί να ανταποκριθεί σε ικανοποιητικότερο βαθμό από άλλα μαθήματα στη μορφωτική λειτουργία του σχολείου με τη σύγχρονη έννοια ως σύνθεση θεωριών (Κοσσυβάκη, 2004). Μέσα από την εξάσκηση των μαθητών σε διάφορες πειραματικές διαδικασίες μπορεί να προκύψει η απόκτηση δεξιοτήτων, η κατανόηση (Wagenschein, 1990), και συγχρόνως η επίτευξη της κοινωνικής μάθησης. Η παιδαγωγική επίδραση του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών θα είναι ολοκληρωμένη μόνον όταν οι γνώσεις και οι ικανότητες γίνουν πράξη (Mueller, 1997), με βιωματικές δραστηριότητες. Μέθοδοι που οδηγούν στη γνώση, όπως το πείραμα μπορούν να τεθούν σε κριτική θεώρηση, έτσι ώστε να εξετασθεί πως αναπτύσσεται στους μαθητές η σκέψη, σύμφωνα με συγκεκριμένα μοντέλα και μεθόδους. Με τον τρόπο αυτό δεν προάγεται μόνον η λογική σκέψη, αλλά παράλληλα επιτυγχάνεται η συμπλήρωση, η αναθεώρηση και γενικότερα ο μετασχηματισμός της (Κοσσυβάκη, 2004). Το πείραμα – όπως προαναφέραμε- αποτελεί την αναπαραγωγή μιας φυσικής διαδικασίας σκόπιμα, μέσα σε απλουστευμένες και ελεγχόμενες συνθήκες. Σχεδιάζεται και διεξάγεται με σκοπό την επαλήθευση ή την διάψευση των σκέψεών μας και των αναπαραστάσεών μας για τη φύση. Χαρακτηρίζεται από στοιχεία που οδηγούν τον μαθητή στην συστηματική παρατήρηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων ύστερα από κριτική ανάλυση των δεδομένων (Meyer, 1987, Κοσσυβάκη, 2004). Μπορούμε να διακρίνουμε διάφορες κατηγορίες ή είδη πειραμάτων, τα

οποία εκτός από παραγωγή γνώσης στις Φ.Ε., επιτελούν συγχρόνως και πολλών ειδών λειτουργίες, όπως ανθρωπολογική, παιδαγωγική, ψυχολογική, διδακτική μεθοδολογική, διαπολιτισμική λειτουργία, λειτουργία αξιολόγησης κ.ά. Χρησιμοποιείται από τους δασκάλους ως τμήμα του σχεδιασμένου προγράμματος διδασκαλίας Φ.Ε. για τη διδασκαλία των Φ.Ε., τη διδασκαλία για την επιστήμη και τη διδασκαλία πώς να κάνουν επιστήμη.

Σύμφωνα με τον R. Millar (1987), ο σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνει τη μάθηση της επιστημονικής γνώσης, τη μάθηση των διαδικασιών για την παραγωγή της επιστημονικής γνώσης και τη μάθηση του τρόπου οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης. Το πείραμα θεωρείται από αρκετούς ερευνητές πολύ σημαντική διαδικασία διότι και ως διδακτικό μέσο, αλλά και ως αντικείμενο διδασκαλίας αναπτύσσει τις νοητικές ικανότητες και καλλιεργεί την επιστημονική σκέψη. Ο J. Dewey (1964), για παράδειγμα, πίστευε ότι κύριο μέλημα του εκπαιδευτικού είναι η διευκόλυνση της γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών με την οργάνωση δομημένων εμπειριών, ενώ ο C. R. Rogers (1963) τονίζει τη σπουδαιότητα της πειραματικής διαδικασίας ως μαθησιακής διαδικασίας στην πορεία προς την αυτοπραγμάτωση σε σχέση με την προσωπική συμμετοχή του μαθητή, τον προσδιορισμό των στόχων και την ελευθερία στη μάθηση (Κοσσυβάκη, 2004).

Με το πείραμα ελέγχονται οι υποθέσεις και επιβεβαιώνονται ή απορρίπτονται. Όταν ο μαθητής/τρια σχεδιάζει ένα πείραμα για την επαλήθευση της υπόθεσής του θα πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει λύσεις και να επιλέγει την κατάλληλη πειραματική πορεία για την επαλήθευση της υπόθεσής του. Η πειραματική διδασκαλία μέσω της ανακατασκευής και αναδιαμόρφωσης της εμπειρικής, βιωματικής γνώσης συμβάλλει στη μετάβαση (Ματσαγγούρας, 2003, Κοσσυβάκη, 2004) από την εμπειρική σε μια ποιοτική σχολική γνώση που οδηγεί τον μαθητή στην επιστημονική γνώση.

2.2 Το πείραμα στην εκπαιδευτική διαδικασία

Εστιάζοντας στον τρόπο που πραγματοποιείται το πείραμα κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, παρατηρούμε ότι αντιμετωπίζεται διαφορετικά από τις κυρίαρχες τάσεις που καταγράφονται στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοκτας και Βλάχος, 2001). Οι κυριότερες διδακτικές προσεγγίσεις είναι οι ακόλουθες:

- Η **παραδοσιακή προσέγγιση** στην οποία το πείραμα είναι κυρίως πείραμα επίδειξης με αυστηρή καθοδήγηση που εκτελείται συνήθως από τον εκπαιδευτικό, ενώ η συμμετοχή του μαθητή είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη.
- Η **ανακαλυπτική προσέγγιση** κατά την οποία ένα πείραμα επίδειξης μπορεί να εκτελείται σε ομάδες από μαθητές ή ατομικά. Ο εκπαιδευτικός παίζει τον ρόλο του μεσάζοντα ανάμεσα στον μαθητή και το πείραμα, ενώ η περιέργεια και το ενδιαφέρον του μαθητή λειτουργούν ως ισχυρές παρωθητικές δυνάμεις.
- Η **εποικοδομητική προσέγγιση** όπου το πείραμα αποτελεί ισχυρό εργαλείο πρόκλησης εννοιολογικής αλλαγής. Σε αυτό το διδακτικό μοντέλο το πείραμα στοχεύει στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης. Εισάγεται στη διδασκαλία μόνο εφόσον προάγει τις γνωστικές εκείνες διεργασίες στους μαθητές που επιτρέπουν να γεφυρωθεί το χάσμα ανάμεσα στις γνώσεις που επιθυμείται να οικοδομήσουν και στις προϋπάρχουσες ιδέες (Χαλκιά, 2000).

Το πείραμα στοχεύει κυρίως στην ανάπτυξη των νοητικών δεξιοτήτων και στην καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης. Οι μαθητές μέσα από το πείραμα ελέγχουν τις υποθέσεις τους και τις ισχυροποιούν ή τις απορρίπτουν (Κώτσης, 2005). Με την οργάνωση της πειραματικής εργασίας διακρίνουν λύσεις και επιλέγουν την κατάλληλη πορεία για την επαλήθευση των υποθέσεών τους συντελώντας στη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη και του εργαστηρίου με την καθημερινή ζωή (Κώτσης, 2005:127).

2.3 Οι μαθητές και τα πειράματα Φυσικής στη διδακτική πράξη

Σύμφωνα με τη διδακτική της Φυσικής η ιδιαίτερη εκπαιδευτική αξία των πειραμάτων οφείλεται, αφενός στους νοητικούς χειρισμούς των εννοιών της Φυσικής που πρέπει να κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές όταν σχεδιάζουν ένα πείραμα, όταν ελέγχουν μια υπόθεση ή όταν εκτελούν αξιόπιστες μετρήσεις, και αφετέρου στον καθοριστικό ρόλο που παίζουν οι εκπαιδευτικοί επιλέγοντας τον τρόπο αξιοποίησης του πειράματος μέσα στη σχολική αίθουσα και καθορίζοντας το είδος των γνώσεων που θα κατακτήσουν οι μαθητές (Χαλκιά, 2000). Εστιάζοντας στον παράγοντα μαθητή τα πειράματα Φυσικής τον βοηθούν:

- Να κατακτήσει τις απαραίτητες εμπειρίες για τη μελέτη των φαινομένων της Φυσικής.
- Να προσεγγίσει σε βάθος τις έννοιες της Φυσικής με το να τροποποιεί ή να οικοδομεί εκ νέου τις προ-αντιλήψεις του.
- Να βελτιώνει τις δεξιότητες παρατήρησης και μελέτης των φυσικών φαινομένων και ειδικότερα να διατυπώνει ερωτήματα τα οποία παραπέμπουν σε επιστημονικό τρόπο προσέγγισης του φυσικού κόσμου.
- Να διερευνά και να επιλύει καθημερινά προβλήματα αναπτύσσοντας ως στάση ζωής τη διαδικασία της επιστημονικής μεθοδολογίας και σε άλλες καταστάσεις εκτός της σχολικής αίθουσας.
- Να αναπτύξει κοινωνικές δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας (Χαλκιά, 2000).

2.3.1 Το πείραμα από τον μαθητή

Σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης το πείραμα θεωρείται απαραίτητο λόγω των σκοπών που εξυπηρετεί. Δεν συμβάλλει μόνο στην κατανόηση της θεωρίας, αλλά και στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στους μαθητές. Συνηθίζεται στα σχολεία να εφαρμόζεται η τεχνική των διαλέξεων, η οποία, όμως, είναι ξεπερασμένη και πολλές φορές ατελέσφορη, αφού ο μαθητής ξεχνάει εύκολα αυτά που ακούει (Κόκκοτας, 2005). Αντιθέτως, εκτελώντας πειράματα υποχρεώνεται να εργαστεί μόνος του, να κάνει υποθέσεις, να επιλέξει τα κατάλληλα μέσα, να κάνει μετρήσεις, να παρατηρήσει, να εφαρμόσει τρόπους και τελικά να καταλήξει σε συμπεράσματα τα οποία χρήζουν και επαλήθευσης (Κώτσης, 2005). Με τον τρόπο αυτό εξοικειώνεται με την επιστημονική μεθοδολογία και μαθαίνει να έχει επιμονή, αλλά και υπομονή, να παίρνει πρωτοβουλίες και να βασίζεται στις δικές του δυνάμεις.

Εκτός των άλλων, η εξάσκηση του μαθητή με την εκτέλεση πειραμάτων, τον φέρνει σε επαφή με το επιστημονικό λεξιλόγιο – ορολογία και την κατανόηση εξειδικευμένων οδηγιών. Μαθαίνει να εκφράζεται με σαφήνεια, πληρότητα και συντομία επιτρέποντάς του να καταλήγει σε σωστά συμπεράσματα προφορικά ή γραπτά (Κόκκοτας και Βλάχος, 2001).

Η εκτέλεση πειραμάτων βοηθά και τον ρόλο του εκπαιδευτικού, αφού απελευθερώνεται από την αυστηρή τήρηση της πειθαρχίας, την υποχρέωση να μιλά μόνο ο

ίδιος και να βρίσκει χρόνο για να δώσει οδηγίες σε κάθε έναν μαθητή ξεχωριστά. Δυστυχώς, όμως, σε πολλές χώρες του κόσμου η έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής και η ελλιπής κατάρτιση των διδασκόντων λειτουργούν ως ανασταλτικοί παράγοντες για την επιλογή του πειράματος ως μέσο διδασκαλίας.

2.3.2 Το πείραμα επίδειξης

Η πειραματική επίδειξη στη σχολική αίθουσα περιλαμβάνει μια σειρά ενεργειών καλά δομημένων και προγραμματισμένων, οι οποίες αποβλέπουν στην απεικόνιση ενός φαινομένου και την κατανόησή του από τους μαθητές (Κόκκοτας, 2005). Η χρησιμοποίησή του στην αρχή του μαθήματος κάνει την παρουσίαση πιο ζωντανή προκαλώντας το ενδιαφέρον των μαθητών καθιστώντας το ιδανικό για τη διδασκαλία που απευθύνεται σε μεγάλο αριθμό μαθητών (Κώτσης, 2005).

Το πείραμα επίδειξης εκτελείται από τον εκπαιδευτικό και χρησιμοποιείται ώστε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών. Στοχεύει στην επαλήθευση της θεωρίας και στην ενίσχυση της θέσης του εκπαιδευτικού. Η κυρίαρχη διδακτική πρακτική που ακολουθείται είναι αυτή όπου οι μαθητές επιβεβαιώνουν επιστημονικές αρχές, εκτελώντας πειράματα που προτείνει ο εκπαιδευτικός.

Σχετικά με την οργάνωση της τάξης, οι μαθητές εργάζονται συνήθως ατομικά. Η μετωπική διάταξη των θρανίων σε σχέση με την έδρα και τον πίνακα διευκολύνει αυτό τον τρόπο εργασίας των μαθητών και την ανάπτυξη ανταγωνιστικών διαμαθητικών σχέσεων. Στο πλαίσιο της παραδοσιακής προσέγγισης, ο εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος, ώστε μέσα από δραστηριότητες επαναλαμβανόμενης εξάσκησης, να βελτιωθούν οι απομνημονευτικές δυνατότητες του μαθητή (Ράπτης και Ράπτη, 2006). Επιπλέον, ακολουθώντας την συμπεριφοριστική αρχή της ενίσχυσης και απόσβεσης, απαραίτητο είναι να επιβραβεύει άμεσα τις σωστές απαντήσεις των μαθητών και να διορθώνει τις λανθασμένες, ώστε να μην επαναληφθούν, καθώς αυτές δυσχεραίνουν την πορεία της διδασκαλίας (Κολιάδης, 1996). Η αξιολόγηση που εφαρμόζεται είναι συνήθως η αθροιστική και έχει τη μορφή προφορικής εξέτασης ή γραπτών διαγωνισμάτων, ώστε να ελεγχθεί η ποσότητα των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί, ενώ σπάνια αξιολογείται η ικανότητα του μαθητή για κριτική θεώρηση των πραγμάτων (Χαλκιά, 2000).

Ο εκπαιδευτικός βρίσκεται στην κορυφή του διδακτικού τριγώνου και προβάλλεται ως αυθεντία, αφού κατέχει την επιστημονική γνώση, η οποία είναι η μόνη αδιαμφισβήτητη αλήθεια που υπάρχει (Ματσαγγούρας, 1999). Μόνο αυτός αναλαμβάνει πρωτοβουλίες και θέτει τους στόχους του μαθήματος. Ο ρόλος του είναι διπλός αφού είναι υπεύθυνος για να μεταφέρει σωστά τη γνώση στους μαθητές ώστε η διδασκαλία να θεωρείται επιτυχής, αλλά και να επιβάλλει την τάξη ώστε να βοηθηθούν οι μαθητές στην αφομοίωση της ύλης. Γενικά, είναι υπεύθυνος να δημιουργεί τις συνθήκες ώστε να μπορέσει να μεταφέρει γνώσεις προς τους μαθητές.

Για τη σημασία του πειράματος επίδειξης στη διαδικασία της μάθησης υπάρχουν αρκετοί που τα κρίνουν απαραίτητα και αναγκαία. Υπάρχουν, βέβαια και αντίθετες απόψεις, σύμφωνα με τις οποίες το πείραμα επίδειξης προσβάλλει την επιστημονική μέθοδο και για το λόγο αυτό δεν θα πρέπει να έχει θέση στη διδασκαλία (Κώτσης, 2005). Ωστόσο, δεν θα πρέπει να υποβαθμίζεται η αξία του, γιατί ένα καλά σχεδιασμένο και εκτελεσμένο πείραμα επίδειξης είναι δυνατόν να επιταχύνει τη σκέψη, να προκαλεί συζήτηση με τους μαθητές και να υποδεικνύει το επόμενο βήμα στη μελέτη της Φυσικής.

2.3.3 Το πείραμα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα σχετικά με τη χρήση του υπολογιστή ως εκπαιδευτικού μέσου βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Στο σύγχρονο σχολείο ο υπολογιστής δεν αποτελεί απλά ένα μέσο αλφαριθμητισμού σε βασικά θέματα της πληροφορικής, αλλά θεωρείται αναπόσπαστο τμήμα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας. Η Πληροφορική ως εκπαιδευτικό εργαλείο διαμορφώνει ένα νέο, βελτιωμένο και συνεχώς εξελισσόμενο περιβάλλον διδασκαλίας και μάθησης, για όλες τις βαθμίδες και τα γνωστικά αντικείμενα. Η διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστών αποτελεί μία μεθοδολογία που εξελίσσεται δυναμικά και σήμερα γίνεται ευρύτερα προσιτή, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα στην εκπαιδευτική διαδικασία (Τζιμογιάννης, Κωσταδήμας & Μικρόπουλος, 1998).

Η Φυσική είναι η πρώτη επιστήμη που εισήγαγε την πληροφορική τεχνολογία στη διδακτική πράξη. Χρησιμοποιήθηκε για την εννοιολογική αλλαγή των ιδεών των μαθητών καθώς και ως εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης (Κώτσης, 2005). Η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής και η πληροφορική επιστήμη θεωρούνται άμεσα σχετιζόμενα πεδία, αφενός

διότι η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής μπορεί να οδηγήσει στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων πακέτων εκπαιδευτικού λογισμικού και, αφετέρου ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δύναται να χρησιμοποιηθεί ως μέσο έρευνας και καταγραφής βασικών φυσικών εννοιών (Κώτσης, 2005:150).

Η παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής χαρακτηρίζεται από την παθητική στάση των μαθητών απέναντι στο αντικείμενο. Παρότι η Φυσική είναι κατά βάση πειραματική επιστήμη, η χρήση του εργαστηρίου περιορίζεται μόνο σε επιδείξεις από τον διδάσκοντα. Οι μαθητές δεν έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν, να αλλάξουν παραμέτρους ή συνθήκες, να δουν και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα τους, να έρθουν δηλαδή σε άμεση επαφή με την επιστήμη. Κατά συνέπεια, δεν καλλιεργείται σε ικανοποιητικό βαθμό η Φυσική διαίσθηση-περιέργεια και η διερευνητική προσέγγιση της νέας γνώσης (Τζιμογιάννης, Κωσταδήμας & Μικρόπουλος, 1998).

Σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα, οι υπολογιστές στη διδασκαλία της Φυσικής στοχεύουν:

- στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης και της φυσικής διαίσθησης των μαθητών,
- στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στην επίλυση προβλημάτων,
- στην ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας μέσω εξατομικευμένης διδασκαλίας,
- στην αποδέσμευση της διδασκαλίας της Φυσικής από το μαθηματικό φορμαλισμό της, απελευθερώνοντας χρόνο στους μαθητές για να κάνουν προβλέψεις, υποθέσεις και ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Κώτσης, 2005).

Σε ότι αφορά τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στη χώρα μας, όπου η απουσία εργαστηρίων Φυσικής είναι γενικός κανόνας για γυμνάσια και λύκεια, η χρήση του υπολογιστή μπορεί να αποτελέσει μία προσιτή και αξιόπιστη λύση, η οποία θα παρέχει μία εναλλακτική διδακτική προσέγγιση του αντικειμένου μάθησης. Σήμερα η πλειονότητα των σχολείων της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης διαθέτει εργαστήριο πληροφορικής ή τουλάχιστο ένα-δύο υπολογιστές με λογισμικό γενικής χρήσης.

Η λειτουργική χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στη διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να διακριθεί στις εξής εκπαιδευτικές διαδικασίες:

α. Επίδειξη

Οι υπολογιστές μέσω ειδικών προγραμμάτων και λογισμικών έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν και να ανακαλούν διάφορες εικόνες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό για τη διδασκαλία διάφορων φυσικών φαινομένων.

Από εκπαιδευτική άποψη είναι ωφέλιμο να επιδεικνύουμε την εξέλιξη ενός φυσικού φαινομένου σε αργή κίνηση έτσι ώστε να γίνει αντιληπτό από τους μαθητές.

β. Εργαστηριακή

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν στο εργαστήριο σε συνδυασμό με τα όργανα μέτρησης ενός πειράματος. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να εξασφαλίσουμε μεγάλο αριθμό ακρίβειας, ενώ συγχρόνως να έχουμε την επεξεργασία και την εξαγωγή αποτελεσμάτων (Κώτσης, 2005:154).

γ. Προσομοίωση (simulation) φυσικών φαινομένων

Οι προσομοιώσεις (simulations) αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές των υπολογιστών στη διδασκαλία της Φυσικής. Βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης διαφόρων φυσικών καταστάσεων, τα οποία δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία. Είναι ανοιχτά περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν, να μελετήσουν νόμους, να διαπιστώσουν τις συσχετίσεις με τον πραγματικό κόσμο, να κάνουν υποθέσεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα. Σήμερα, αποτελούν διδακτικά εργαλεία που αναπτύσσονται δυναμικά, με πολλές εφαρμογές στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών από το εισαγωγικό μέχρι το πανεπιστημιακό επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Ένταξη των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία

Η εισαγωγή των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση αλλάζει ριζικά το εκπαιδευτικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα οι εκπαιδευτικοί καλούνται να υιοθετήσουν νέες πρακτικές και νέες μεθόδους προσέγγισης της γνώσης και της μάθησης (Σταχτέας, 2002). Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών γίνεται σταδιακά μια καθημερινή συνήθεια, με αποτέλεσμα να κρίνεται επιτακτικός ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της εκπαίδευσης και της θέσης που κατέχει η χρήση των ΤΠΕ² στο σύγχρονο σχολείο (Σολομωνίδου, 2006).

Αρωγός στην προσπάθεια αυτή μπορεί να αποτελέσει η μελέτη των θεωριών μάθησης που προσπάθησαν διαχρονικά να αποκωδικοποιήσουν τη σχέση των Νέων Τεχνολογιών με την εκπαιδευτική πρακτική. Οι θεωρίες μάθησης προέρχονται από το χώρο της Ψυχολογίας κι έχουν βοηθήσει σημαντικά τον τρόπο αξιοποίησης και χρήσης των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Σύμφωνα με τους ειδικούς, καμία θεωρία μάθησης δεν απορρίπτεται κατά τη διαδικασία χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία (Αποστολοπούλου, Παναγιωτακόπουλος & Καρατράντου, 2012). Όλες μπορούν να βρουν εφαρμογή, ανάλογα με το υπόβαθρο των εκπαιδευτικών, των εκπαιδευομένων και το εκπαιδευτικό θέμα που αναλύεται, αρκεί να εντοπιστούν τα ισχυρά και τα ασθενή σημεία της κάθε θεωρίας, ώστε να βελτιστοποιηθεί η χρήση τους με την κατάλληλη εκπαιδευτική στρατηγική (Παναγιωτακόπουλος, Πιερρακέας & Πιντέλας, 2003).

Τα τελευταία χρόνια η εξάπλωση των Νέων Τεχνολογιών έχει λάβει μεγάλες διαστάσεις σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση των Νέων Τεχνολογιών συγκεκριμένα στην εκπαίδευση αυξάνει τα κίνητρα μάθησης και ένταξης των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Βοσνιάδου, 2006 · Βασιλούδης, 2011). Για το λόγο αυτό γίνονται συνεχώς προσπάθειες για την ένταξή τους στο σχολικό περιβάλλον μέσω τεχνολογικών εργαλείων, εξοπλισμού, προγραμμάτων, λογισμικών, αλλά και της κατάλληλης επιμόρφωσης εκπαιδευτικών (Σολομωνίδου, 2006).

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980, στα πλαίσια της παγκοσμιοποίησης και της ραγδαίας ανάπτυξης των τεχνολογικών επιτευγμάτων, οι Νέες Τεχνολογίες εντάχθηκαν στο

² ΤΠΕ: Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας

επαγγελματικό και ευρύτερο περιβάλλον, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας «ψηφιακής κουλτούρας και μόρφωσης» σε όλους του τομείς (Παναγιωτακόπουλος & Κουστουράκης, 2005). Η έλλειψη αυτής της κουλτούρας, η άγνοια βασικών ικανοτήτων χρήσης των Νέων Τεχνολογιών σε έναν κόσμο που αυξανόμενα τις ενσωματώνει σε όλα τα επίπεδα, δημιούργησε τον όρο «ψηφιακό αναλφαριθμητισμό», αποκλείοντας μέρος του πληθυσμού που δεν είναι τεχνολογικά εξοικειωμένο από την κοινωνική πραγματικότητα (Σταχτέας, 2002). Προκειμένου λοιπόν να εξαλειφθεί ή να μειωθεί το φαινόμενο αυτό, οι ΤΠΕ εντάχθηκαν και στην εκπαίδευση, με σκοπό την ανάπτυξη τεχνολογικών δεξιοτήτων, την οργάνωση πληροφοριών και την κριτική τους ανάλυση (Βοσνιάδου, 2006).

Το εκπαιδευτικό σύστημα χρησιμοποιεί τις Νέες Τεχνολογίες εστιάζοντας στη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε συγκεκριμένες εφαρμογές και δυνατότητες. Αρχικά, ο υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διοικητικό και οργανωτικό εργαλείο για την αποπεράτωση όλων των γραφειοκρατικών υποχρεώσεων (Ιωσηφίδου & Καλαϊτζινός, 2012).

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προσέγγισης της γνώσης μέσω της σύνδεσης με τα ηλεκτρονικά δίκτυα (Ιωσηφίδου & Καλαϊτζινός, 2012). Ο υπολογιστής είναι ένα βασικό μέσο ανάκλησης, επεξεργασίας, οργάνωσης και αποθήκευσης πληροφοριών με εφαρμογές όπως βάσεις δεδομένων, ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες, τηλεπικοινωνίες, μηχανές αναζήτησης δεδομένων, λεξικά, ηλεκτρονικές εγκυκλοπαίδειες, οι οποίες άλλοτε απαιτούν πρόσβαση στο διαδίκτυο και άλλοτε όχι.

Ο κυριότερος, όμως, τρόπος αξιοποίησης του υπολογιστή στην εκπαίδευση είναι ως μαθησιακού εργαλείου, που υποβοηθά το εκπαιδευτικό έργο (Παναγιωτακόπουλος, 1999).

Με τη χρήση των υπολογιστών στην εκπαιδευτική διαδικασία επιτυγχάνεται η γεφύρωση της θεωρίας και της πράξης με την ενίσχυση της ενεργού συμμετοχής και ενεργοποίησης των μαθητών, καθιστώντας τη μάθηση περισσότερο διερευνητική, ανακαλυπτική κι ενεργητική (Λαφατζή, 2005). Δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να πειραματιστούν, να δράσουν, να ενισχύσουν τις δεξιότητές τους και την κριτική τους σκέψη και να προσεγγίσουν τη γνώση ευχάριστα και διασκεδαστικά, με έναν τρόπο που θα διεγείρει τις αισθήσεις και το ενδιαφέρον τους (Ράπτης & Ράπτη, 2006).

Σύμφωνα με τους Ράπτη και Ράπτη (2006), οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν τις ίδιες αντιδράσεις και θέσεις ως προς τη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Υπάρχουν εκπαιδευτικοί που τάσσονται υπέρ της εισαγωγής των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, εστιάζοντας

μόνο στα πλεονεκτήματά τους και παραβλέποντας τους κινδύνους και υπάρχουν κι αυτοί οι οποίοι αντιμετωπίζουν τις ΤΠΕ με καχυποψία και αντιστέκονται στην εισαγωγή τους στην εκπαίδευση (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2010). Αρνούνται ακόμα και να γνωρίσουν το αντικείμενο, διότι αντιλαμβάνονται τις ΤΠΕ ως απειλή για την ανθρωπιστική παιδεία και τις κλασικές σπουδές (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2010).

Σε άλλη κατηγορία ανήκουν οι εκπαιδευτικοί που διακρίνονται από έντονο κοινωνικό προβληματισμό και οι οποίοι δεν απορρίπτουν τη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, αλλά εφιστούν την προσοχή στις συνέπειες που ενδεχομένως θα προκύψουν από τη μη ορθολογική χρήση τους και τέλος, υπάρχουν και οι εκπαιδευτικοί που έχουν θετική και κριτική ταυτόχρονα στάση ως προς τις εκπαιδευτικές δυνατότητες των ΤΠΕ και φροντίζουν να αναπτύξουν έναν, στοιχειώδη έστω, τεχνολογικό αλφαριθμητισμό, ενώ τα κίνητρα ανάπτυξής τους είναι κυρίως παιδαγωγικά, ψυχολογικά, κοινωνικά, πολιτικά και αισθητικά εκπαίδευση (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2010).

3.1 Οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης

Η Τεχνολογία ή οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης σήμερα αντιπροσωπεύονται κατά κύριο λόγο στην εκπαίδευση από το χαρακτηριστικότερο εκπρόσωπό τους, τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (Η/Υ). Ο Η/Υ είτε λειτουργώντας αυτόνομα, είτε συντονίζοντας Περιφερειακές Μονάδες ή Μέσα Πολύμορφης Επικοινωνίας/Πληροφόρησης/Διδασκαλίας - Multi- media, ή, συντομότερα Μέσα Πολύμορφης Επικοινωνίας/Διδασκαλίας, είτε διασυνδεδεμένος σε Ηλεκτρονικά Δίκτυα (Η/Δ), είτε με συνδυασμό όλων αυτών, προσφέρει στην εκπαίδευση την ευκαιρία να επωφεληθεί από την Τεχνολογική Επανάσταση και την Επανάσταση των Επικοινωνιών (Κόκκοτας, 2000:252).

Οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης (τα προϊόντα, οι εφαρμογές και οι μέθοδοι) δεν είναι δυνατό -ούτε και πρέπει- να αγνοηθούν από τον ευρύτερο εκπαιδευτικό χώρο: την εξατομικευμένη εκπαίδευση, την προσχολική, την τυπική (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια, μεταπτυχιακή) εκπαίδευση, την άτυπη εκπαίδευση, αλλά και την επικοινωνιακή της μορφή. Από την άλλη πλευρά, δεν πρέπει να αποτελούν πανάκεια, στον εκπαιδευτικό χώρο. Στο χώρο της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα σε αυτόν της τυπικής εκπαίδευσης, είναι δυνατό να συμπληρώσουν και να διευθύνουν την παραδοσιακή μελέτη,

διδασκαλία και πρακτική, βοηθώντας τον εκπαιδευτικό, και όχι βέβαια να περιορίσουν το ρόλο του, πόσο μάλλον να τον υποκαταστήσουν (Κόκκαλη, 2014).

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης, είτε αυτές αφορούν σε hardware ή software ή συνδυασμό τους, είτε αφορούν στην εξ αποστάσεως ή άμεση μάθηση/διδασκαλία, είτε αφορούν στην εξατομικευμένη ή ομαδική μάθηση/διδασκαλία, στην αίθουσα ή στο εργαστήριο προϋποθέτουν τη διάθεση από τον χρήστη/εκπαιδευόμενο ενός προσωπικού Η/Υ διασυνδεδεμένου με τα απαραίτητα μέσα πολύμορφης διδασκαλίας (Κόκκοτας, 2000). Γενικότερα, οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών πληροφόρησης ποικίλλουν όσον αφορά στα λειτουργικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Μερικές εφαρμογές είναι οι παρακάτω:

- **Βάσεις δεδομένων εκπαιδευτικού υλικού:** Πρόκειται για τη συγκέντρωση, επιλογή, αξιολόγηση, ταξινόμηση και αποθήκευση σε ηλεκτρονική μορφή (*βάσεις δεδομένων/εκπαιδευτικού υλικού*) κάθε καταγεγραμμένης (σε κείμενο ή/και αριθμούς) οπτικής ή ηχητικής πληροφορίας, πρωτογενούς ή όχι, που προέρχεται από ανακοινώσεις, δημοσιεύσεις, βιβλία, εγκυκλοπαιδικά λήμματα, αρχεία εικόνων, ηχητικά ντοκουμέντα ή αφορά μόνο σε βιβλιογραφικές αναφορές, και που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για ενημέρωση και μελέτη στα πλαίσια της όποιας εκπαιδευτικής διαδικασίας, είναι μια εκπαιδευτική εφαρμογή των τεχνολογιών πληροφόρησης.
- **Προγράμματα κατευθυνόμενης μάθησης/διδασκαλίας:** Πρόκειται για τη δημιουργία (σχεδίαση, υλοποίηση, έλεγχος, αξιολόγηση, παραγωγή) και χρήση προγραμμάτων τα οποία κατευθύνουν τον χρήστη για τη διαδρομή που θα ακολουθήσει, εκτελώντας τα και μελετώντας συγχρόνως επαγωγικά το περιεχόμενό τους, που συνήθως αναφέρεται σε ένα γνωστικό αντικείμενο. Συνιστούν εκπαιδευτική εφαρμογή και καλούνται προγράμματα κατευθυνόμενης μελέτης-διδασκαλίας. Τα προγράμματα αυτά προτρέπουν ή και αναγκάζουν το χρήστη σε μια πορεία μάθησης, με περισσότερους ή λιγότερους βαθμούς ελευθερίας επιτρεπόμενων επιλογών κατά περίπτωση. Τα περισσότερα από αυτά τα προγράμματα δίνουν τη δυνατότητα ποικίλων επιλογών, είναι δηλαδή προγράμματα αμφίδρομης επικοινωνίας.

- **Ελεύθερα προγράμματα μάθησης/διδασκαλίας:** Πρόκειται για τη δημιουργία (σχεδίαση, υλοποίηση, έλεγχο, αξιολόγηση, παραγωγή) και χρήση εκπαιδευτικών προγραμμάτων που **δεν** καθοδηγούν τον εκπαιδευόμενο, αλλά απλώς προσφέρουν δυνατότητες επιλογών και η πορεία στο πρόγραμμα αφήνεται στη διάθεση και ικανότητα του χρήστη/εκπαιδευόμενου. Αυτά τα προγράμματα απευθύνονται συνήθως σε εκπαιδευόμενους της πανεπιστημιακής ή μη τυπικής εκπαίδευσης (επιμόρφωση, κατάρτιση, εξειδίκευση), που έχουν την ωριμότητα και γνώσεις για μια βέλτιστη χρήση τους. Τα προγράμματα αυτά είναι επίσης χρήσιμα στους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και μορφών εκπαίδευσης, οι οποίοι κάνοντας οι ίδιοι την επιλογή μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ή υποδείξουν στους μαθητές τους κατά τη διδασκαλία μιας θεματικής ενότητας ή θέματος.
- **Επεκτάσιμα προγράμματα μάθησης/διδασκαλίας:** Πρόκειται για τη δημιουργία/συμπλήρωση/επέκταση προγραμμάτων κατευθυνόμενης ή ελεύθερης μάθησης που παρέχουν τη δυνατότητα στον χρήστη να επέμβει στο πληροφοριακό υλικό χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού ή άλλες τεχνικές γνώσεις. Σε αυτήν την περίπτωση διατίθεται η δομή ενός προγράμματος με στοιχειώδη διδακτικό υλικό και τη δυνατότητα, μέσω ειδικών επιλογών του προγράμματος, εύκολης εισαγωγής από το χρήστη νέου υλικού (κειμένου, εικόνων, ήχου), επέκτασης και αλλαγών του υπάρχοντος.
- **Προγράμματα αυτοελέγχου/αξιολόγησης:** Πρόκειται για τη δημιουργία και χρήση προγραμμάτων αμφίδρομης επικοινωνίας που με διαλογική διαδικασία ερωτήσεων/ασκήσεων/προβλημάτων και των απαντήσεων/λύσεων δίδουν χαρακτηρισμούς όσον αφορά στην επίδοση των χρηστών. Σημειώνεται ότι οι ερωτήσεις που υποβάλλονται και οι ασκήσεις και τα προβλήματα που τίθενται προς λύση από τα προγράμματα αυτά είναι δυνατό να επιλέγει ο Η/Υ με τυχαίο τρόπο από ένα μεγάλο πλήθος καταχωρισμένων σε βάσεις δεδομένων κατά θέμα, βαθμό δυσκολίας ή διατιθέμενο χρόνο για απάντηση, αναλόγως των αναγκών και του επιπέδου των εξεταζόμενων. Έτσι εξασφαλίζεται η μη προβλεψιμότητα των ζητούμενων, η μη συχνή επαναληπτικότητα και η δυνατότητα της σύγχρονης εξέτασης.
- **Προγράμματα προσομοίωσης:** Πρόκειται για τη δημιουργία και χρήση προγραμμάτων αναπαραγωγής και αναπαράστασης της πραγματικότητας

(προγράμματα προσομοίωσης). Τα προγράμματα αυτά αφορούν σε δύο επίπεδα προσομοίωσης της πραγματικότητας, όπως υποδηλώνει η αναφορά των δύο όρων. Στην πρώτη περίπτωση «αναπαράγονται» από Η/Υ διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού και καθημερινού κόσμου μας όπου λόγω του μεγάλου πληθυσμού των ομάδων που συμμετέχουν ή των πολλών παραμέτρων που τα επηρεάζουν, αλλά και της τυχαιότητας της δράσης τους, η εξέλιξή τους μόνο στατιστικά είναι δυνατό να περιγραφεί/προβλεφθεί. Ο Η/Υ, έχοντας τη δυνατότητα παραγωγής «τυχαίων» αριθμών και γρήγορης επεξεργασίας αριθμών/δεδομένων, χρησιμοποιώντας τις αρχές και νόμους που διέπουν αυτές τις διαδικασίες, δημιουργεί μια «εικονική πραγματικότητα» (virtual reality), πιστή κατά το μάλλον ή ήττον με την πραγματικότητα.

Στη δεύτερη περίπτωση, την «αναπαράσταση» μόνο της πραγματικής από προγράμματα προσομοίωσης, απλώς οπτικοποιούνται / απεικονίζονται / σχεδιάζονται στην οθόνη του Η/Υ διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού και καθημερινού μας κόσμου, όπως την «αντιγράφει» ο καλλιτέχνης / προγραμματιστής. Η εξέλιξή τους, στην οθόνη του Η/Υ, βασίζεται σε μη στοχαστικές σχέσεις, τα δε δεδομένα και παράμετροι συνήθως δίνονται από το χρήστη. Αυτή η οπτικοποίηση είναι πολλές φορές εξαιρετικά χρήσιμη στην εκπαιδευτική διαδικασία, ιδίως λόγω της άμεσης ανάδρασης του Η/Υ στην αλλαγή των δεδομένων και παραμέτρων που δίνουμε, και της άμεσης διαπίστωσης της ορθότητας ή όχι των υποθέσεων μας.

3.1.1 Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στα πλαίσια των Φυσικών Επιστημών

Για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών η χρήση των ΤΠΕ εξειδικεύεται περισσότερο και προτείνεται:

- Η ενσωμάτωση δυναμικών μοντέλων προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων σε εκπαιδευτικά λογισμικά για την οικοδόμηση της γνώσης.
- Ανοικτά ή σχεδόν ανοικτά περιβάλλοντα που υποστηρίζονται από τεχνολογίες, όπως τα πολυμέσα και τα υπερμέσα, σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία.

- Τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα να περιλαμβάνουν αντικείμενα και δράσεις εμφανείς, σταδιακές και αναστρέψιμες από τον μαθητή, απευθείας χειρισμό αντικειμένων, με έμφαση στην κατά ελάχιστο ή μέγιστο αξιοποίηση της τεχνολογίας ανάλογα με το υπό μελέτη θέμα και σε περιπτώσεις όπου η διδασκαλία και η μάθηση είναι διαφορετικά αδύνατη ή δύσκολη (Μικρόπουλος, 2002).

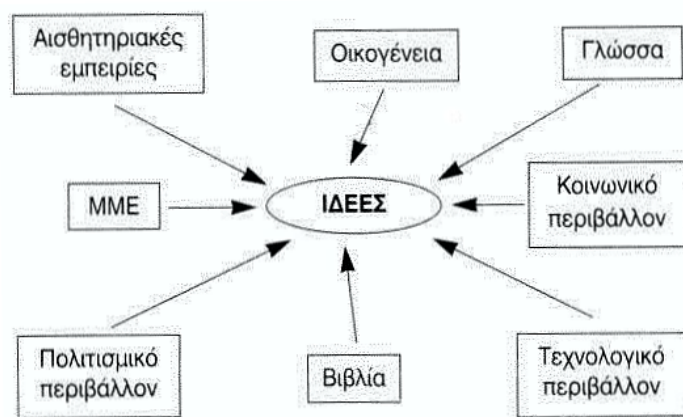
Μέσα από αυτές τις διαδικασίες τα πλεονεκτήματα για τους μαθητές στο μάθημα της Φυσικής θα μπορούσαν να είναι (Ζησιμόπουλος κ.ά., 2002):

- Να καλλιεργήσουν την ικανότητα δοκιμής και πειραματισμού με προσομοιώσεις φαινομένων, με αποτέλεσμα να βελτιώσουν τις δεξιότητες σε σχέση με την έρευνα.
- Να αυξήσουν την δυνατότητα τους να συνδέουν έννοιες, να προβλέπουν, να παρατηρούν και να αξιοποιούν πληροφορίες.
- Να έρθουν σε επαφή με απλές εποπτικές αναπαραστάσεις του μικρόκοσμου με στόχο την κατανόηση και την ερμηνεία των μακροσκοπικών φαινομένων.
- Να έχουν τη δυνατότητα παρέμβασης σε παραμέτρους και παρατήρησης των αποτελεσμάτων.
- Να συνδέουν το πραγματικό περιβάλλον με τον Η/Υ, μεταβιβάζοντας πειραματικά δεδομένα με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων, ώστε να είναι δυνατή η διαγραμματική απεικόνιση και μελέτη του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών

Οι μαθητές αναπτύσσουν ιδέες στην προσπάθεια τους να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν με αναφορά στις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους, τη γλώσσα που χρησιμοποιούν κ.ά. (Κόκκοτας, 2004).



Σχήμα 5. Παράγοντες που επιδρούν και συντελούν στην ανάπτυξη ιδεών (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

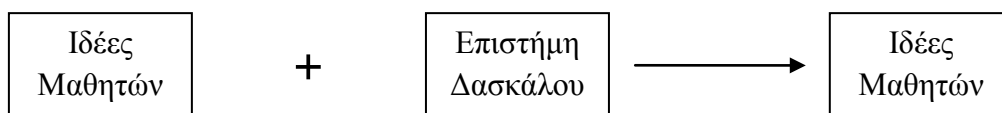
Οι ιδέες των μαθητών, οι οποίες αποκλίνουν από την επιστημονική γνώση, αποκαλούνται από πολλούς ερευνητές παρανοήσεις, εναλλακτικές ιδέες ή ιδέες που βασίζονται στην "κοινή λογική" (Knight, 2006). Συγκεκριμένα αναφέρονται ως προαντιλήψεις (preconceptions) από την Ausubel (1968), ως παρανοήσεις ή εσφαλμένες αντιλήψεις (misconceptions) από τον Novac (1990) και ως εναλλακτικές ιδέες (alternative conceptions) από τους Driver και Easley (1978) (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Η σημασία των προϋπάρχουσων ιδεών είναι πολύ σπουδαία στις περαιτέρω μαθησιακές δραστηριότητες, διότι ο τρόπος με τον οποίον οι μαθητές/ριες παρατηρούν και ερμηνεύουν τα διάφορα γεγονότα και φαινόμενα, επικοινωνούν ή δέχονται τις νέες πληροφορίες, έχει σχέση με τις ιδέες αυτές. Για το λόγο αυτόν πολλοί ερευνητές, όπως οι Driver και Easley (1978), η Viennot (1979), ο Arons (1992), κ.ά., θεωρούν ότι οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών/ριών πρέπει να βρίσκονται στο επίκεντρο του

ενδιαφέροντος των «μάχιμων» εκπαιδευτικών, αλλά και των εκπονητών των Αναλυτικών Προγραμμάτων (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

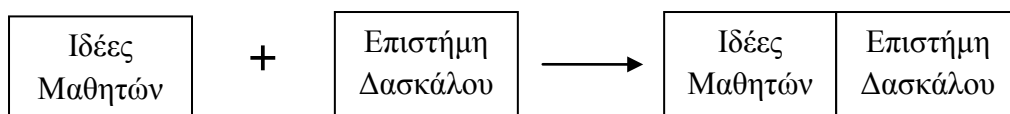
Σύμφωνα με τους Gilbert κ.ά. (1982), τον Shipstone (1984), τους Aguire κ.ά. (1990), και τον Baxter (1991), αν οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών/ριών δεν ληφθούν υπόψη από τους εκπαιδευτικούς στο σχεδιασμό κατάλληλων διδακτικών έργων, οι μαθητές/ριες μετά τη διδασκαλία θα βρίσκονται σε μια από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- a) **Οι προϋπάρχουσες ιδέες παραμένουν αναλλοίωτες:** Οι μαθητές/ριες μετά τη διδασκαλία εξακολουθούν να διατηρούν τις αρχικές τους ιδέες, παρότι μπορεί να χρησιμοποιούν πιο τεχνικούς όρους (Knight, 2006).



Σχήμα 7. (Κόκκοτας, 2004, Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

- b) **Οι προϋπάρχουσες και οι επιστημονικές ιδέες συνυπάρχουν:** Οι μαθητές/ριες διατηρούν τις απόψεις τους, ενώ παράλληλα μαθαίνουν την επιστημονική άποψη και τη χρησιμοποιούν μόνο στις διαδικασίες του σχολείου, π.χ. εξετάσεις, αλλά δεν τη συνδέουν με τις καθημερινές καταστάσεις. Η γνώση αυτή ονομάζεται στατική/μη λειτουργική γνώση. Δηλαδή υπάρχουν δύο "κόσμοι" για τους μαθητές: ο κόσμος της καθημερινής ζωής και ο επιστημονικός κόσμος, οι οποίοι λειτουργούν μεμονωμένα (Knight, 2006, Solomon, 1994).



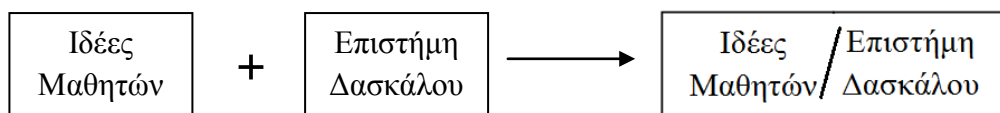
Σχήμα 8. (Κόκκοτας, 2004, Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

- c) **Η διδασκαλία ενισχύει τις παρανοήσεις τους:** Οι αρχικές παρανοήσεις των μαθητών/ριών ενισχύονται από τη διδασκαλία (Linn, 1986).



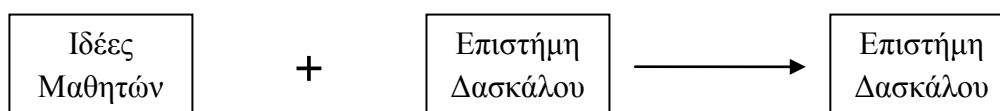
Σχήμα 9. (Κόκκοτας, 2004, Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

- d) **Οι προϋπάρχουσες επιστημονικές απόψεις είναι συγκεχυμένες:** Συχνά οι μαθητές/ριες δεν διαχωρίζουν τις επιστημονικές γνώσεις από τις εναλλακτικές τους ιδέες, και τις χρησιμοποιούν αδιακρίτως και με ασυνέπεια.



Σχήμα 10. (Κόκκοτας, 2004, Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

- e) **Οι επιστημονικές έννοιες έχουν επικρατήσει:** Οι μαθητές/ριες έχουν αντικαταστήσει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις με τις επιστημονικές, που είναι και το ζητούμενο.



Σχήμα 11. (Κόκκοτας, 2004, Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Έτσι, οι ιδέες των μαθητών επηρεάζουν τη διαδικασία απόκτησης νέων γνώσεων γιατί ενεργούν ως δομή υποδοχής. Αντιστέκονται σε αλλαγές που επιθυμούμε να επιφέρουμε με τη διδασκαλία και αν τις αγνοήσουμε παραμένουν αμετάβλητες (Κόκκοτας, 2004).

Β ΜΕΡΟΣ
ΕΡΕΥΝΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ -
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Ο Προβληματισμός, η Σημαντικότητα και τα Ερωτήματα της Παρούσας Έρευνας

1.1. Εισαγωγικά

Στο κεφάλαιο αυτό, διατυπώνεται το αντικείμενο της έρευνας και περιγράφεται ο ερευνητικός προβληματισμός και το πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται η παρούσα εργασία. Κατόπιν, διευκρινίζεται το ακριβές θέμα προς μελέτη, η σημαντικότητά του και διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα.

1.2. Ερευνητικός Προβληματισμός – Σημαντικότητα της Έρευνας

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην επίδραση των πειραμάτων προσομοίωσης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, ως δυναμικών διδακτικών εργαλείων που αναπαριστούν διάφορες φυσικές καταστάσεις. Αυτό στο οποίο κυρίως επικεντρώνεται είναι η ανάδειξη των εσφαλμένων αντιλήψεων που έχουν οι φοιτητές για τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος και η κατάρτισή τους χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον προσομοίωσης.

Ο ερευνητικός προβληματισμός της εργασίας αυτής δημιουργήθηκε από την παρατήρηση της αυξανόμενης δραστηριοποίησης των φοιτητών πάνω σε εφαρμογές και τεχνολογικά περιβάλλοντα σε όλο και περισσότερες εκφάνσεις της καθημερινής ζωής τους, καθώς και στην προσπάθεια ένταξής τους μέσα στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, στο χώρο του πανεπιστημίου και σε πολλές περιπτώσεις βοηθητικά σε διάφορα μαθήματα που παρακολουθούσαν. Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη να διερευνηθεί κατά πόσο θα βοηθούσε η αναπαράσταση φυσικών φαινομένων μέσα από το περιβάλλον του υπολογιστή με προσομοίωση πειραμάτων στην καλύτερη κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και στην καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών που εμφανίζονται. Κάνοντας μια επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, διαπιστώθηκε ότι έχουν καταγραφεί αρκετές έρευνες και στοιχεία σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες που διατυπώνουν οι φοιτητές για τη

λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος (Cohen et al, 1983, Shipstone, 1984, Licht, 1991, Lee and Law, 2001, Κουμαράς, 1989, Chasseigne, Giraudeau, Lafon, 2011, Maichle, 1981, McDermott και Shaffer, 1992), αλλά δεν έχουν εντοπιστεί αρκετές έρευνες σχετικά με τη διδασκαλία τους με τη βοήθεια προσομοίωσης.

Το κενό αυτό έρχεται να καλύψει η παρούσα εργασία, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο τεχνολογικό εργαλείο, ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός επιρροής του και διευκόλυνσης της μαθησιακής διαδικασίας.

1.3. Σκοπός - Ερευνητικά Ερωτήματα

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, **σκοπός** της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι να διερευνηθεί ο βαθμός επίδρασης των πειραμάτων προσομοίωσης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος και πιο συγκεκριμένα η ανάδειξη των σχετικών εσφαλμένων αντιλήψεων και εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών μέσα από τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πιο συγκεκριμένα, το ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας εστιάστηκε στην μελέτη των εξής **ερευνητικών ερωτημάτων**:

- 1) *Υπάρχει σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου;*
- 2) *Ποιες εναλλακτικές ιδέες εμφανίζονται σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο;*
- 3) *Σε τι βαθμό εμφανίζεται η κάθε εναλλακτική ιδέα σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου;*
- 4) *Κατά πόσο επηρέασαν οι διδακτικές παρεμβάσεις τις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών;*

1.4. Σύνοψη του κεφαλαίου

Αναφέρθηκε παραπάνω ο ερευνητικός προβληματισμός γύρω από την επίδραση των πειραμάτων προσομοίωσης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος και την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών. Έπειτα, τονίστηκε η σημαντικότητα της έρευνας και διατυπώθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα των οποίων η

απάντηση θα δοθεί μέσα από την παρατήρηση των ερωτηματολογίων των φοιτητών. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Μεθοδολογία της Έρευνας - Παρουσίαση Προγενέστερων Ερευνών σχετικά με τη Ανάδειξη των Εναλλακτικών Ιδεών στα Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος και Περιγραφή της Μεθοδολογίας της Παρούσας Έρευνας

2.1. Εισαγωγικά

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται αρχικά προγενέστερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και φοιτητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά και δικαιολογείται η μεθοδολογία που επιλέχθηκε για τη μελέτη των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στην ερευνητική μέθοδο που ακολουθήθηκε και επεξηγούνται τα χαρακτηριστικά της.

Κατόπιν, περιγράφεται το μέγεθος και ο τρόπος επιλογής του δείγματος της έρευνας. Έπειτα, καταγράφεται πιο αναλυτικά η μεθοδολογική προσέγγιση του ποσοτικού εργαλείου των ερωτηματολογίων που μοιράστηκαν, ο σχεδιασμός τους, ο τρόπος επεξεργασίας τους, όπως επίσης και οι συνθήκες συμπλήρωσής τους.

Ακολούθως, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί που προέκυψαν κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Τέλος, αναφέρονται ζητήματα αξιοπιστίας, εγκυρότητας και αντικειμενικότητας της έρευνας, με σκοπό τη σφαιρική παράθεση όλων των ερευνητικών στοιχείων στον αναγνώστη.

2.2. Παρουσίαση Αντίστοιγων Ερευνών σχετικών με την ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών

Ενώ είναι μάλλον ξεκάθαρο γιατί οι μαθητές έχουν παρανοήσεις σχετικά με τη Μηχανική, δεν είναι το ίδιο σαφές γιατί συμβαίνει να έχουν εναλλακτικές ιδέες και για τα

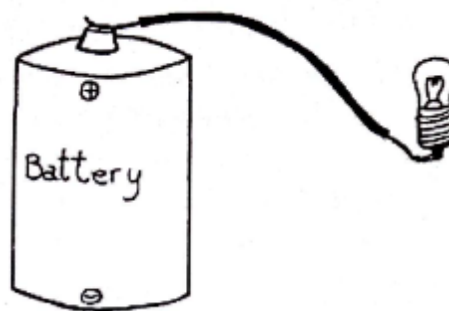
ηλεκτρικά κυκλώματα. Ελάχιστοι από αυτούς έχουν προσπαθήσει κάποια στιγμή να φτιάξουν ένα κύκλωμα. Έρευνες στο πανεπιστήμιο της Washington έχουν δείξει ότι το ποσοστό των φοιτητών που έχει έστω και στοιχειώδεις εμπειρίες με απλά κυκλώματα (αποτελούμενα από μια μπαταρία και λαμπάκια) είναι μικρότερο του 20%. Οι άμεσες εμπειρίες τους είναι πολύ πιθανό να περιορίζονται αποκλειστικά στο άνοιγμα και το κλείσιμο του διακόπτη για το φως και στην αλλαγή των μπαταριών σε κάποια συσκευή. Παρόλα αυτά οι ερευνητές της Διδακτικής της Φυσικής έχουν διαπιστώσει ότι ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών και σπουδαστών έχει ένα αναγνωρίσιμο σύνολο από εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τα κυκλώματα, που όπως και στην περίπτωση της Μηχανικής, ελάχιστα μόνο αλλάζουν από την παραδοσιακή διδασκαλία (Knight, 2006).

Η έλλειψη εξοικείωσης των μαθητών, αλλά και των φοιτητών, με τις βασικές ιδέες των κυκλωμάτων μπορεί πολύ εύκολα να διαπιστωθεί αν δώσουμε σε καθέναν μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και ένα χάλκινο σύρμα και τους ζητήσουμε να τα χρησιμοποιήσουν ώστε να ανάψουν το λαμπάκι. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι σύνδεσης που έχουν παρατηρηθεί (Fredette and Lochhead, 1980, Psillos et al, 1987, Κουμαράς, 1989, Brown, Slater and Adams, 1998, Κουμαράς, 2003) είναι οι εξής:

α)Ένας πόλος της Μπαταρίας συνδέεται με έναν πόλο της λάμπας ("open-circuit" method).

Στη διεθνή βιβλιογραφία διαπιστώνεται ότι αν δοθούν τα απαιτούμενα υλικά σε μαθητές ή φοιτητές και γενικότερα σε ενήλικες που δεν έχουν κάνει ειδικές σπουδές και τους ζητηθεί να συνδέσουν την μπαταρία με τη (βιδωτή) λάμπα, ώστε να ανάβει, οι περισσότεροι συνδέουν το κάτω μέρος της λάμπας με το θετικό πόλο της μπαταρίας είτε ακουμπώντας τη λάμπα απευθείας πάνω στον πόλο αυτόν είτε χρησιμοποιώντας ως ενδιάμεσο το χάλκινο σύρμα.

Συγκεκριμένα, σε έρευνα που έγινε στη Γαλλία δόθηκαν σε 10 μαθητές ηλικίας 7 έως 13 ετών μια κυλινδρική μπαταρία, ένα σύρμα και μια λάμπα και τους ζητήθηκε να την ανάψουν. Οι 6 από τους 10 σύνδεσαν τη βάση της λάμπας με το θετικό πόλο της μπαταρίας (Σχήμα 12). Όταν τους δόθηκαν



Σχήμα 12.

πλακέ μπαταρίες, τα κατάφεραν καλύτερα, υπήρχαν όμως ακόμη μαθητές που ακουμπούσαν τη λάμπα πάνω σε έναν πόλο της μπαταρίας και περίμεναν.

Ίδια συμπεριφορά έχουμε και από 20χρονους Σουηδούς φοιτητές Παιδαγωγικής Ακαδημίας στην έρευνα του Anderson (1987). Όταν ο ερευνητής καθηγητής τους ζήτησε να συνδέσουν μια κυλινδρική μπαταρία, με τη βοήθεια χάλκινου σύρματος, με μια λάμπα η σύνδεση: θετικός πόλος της μπαταρίας με τη βάση της λάμπας (Σχήμα 12) ήταν η πιο συνηθισμένη απόπειρα.

Την απόπειρα αυτή, συνήθως, ακολουθούσαν σχόλια όπως: "Η λάμπα είναι καμένη" ή "Αυτή η μπαταρία είναι τελειωμένη". Ο ίδιος ερευνητής για να εξακριβώσει την έκταση αυτής της μονοπολικής άποψης έδωσε γραπτά ερωτηματολόγια σε 550 Σουηδούς μαθητές ηλικίας 12 έως 16 ετών (τάξεις 6 έως και 9) και τους ζητούσε να προβλέψουν, αν σε διάφορες εικονιζόμενες συνδέσεις κυλινδρικής μπαταρίας και λάμπας, η λάμπα θα άναβε ή όχι.

Τα αποτελέσματα ήταν:

60% από τους 12χρονους (τάξη 6)

50% από τους 13χρονους (τάξη 7)

40% από τους 14χρονους (τάξη 8)

30% από τους 15χρονους (τάξη 9)

θεωρούν την μπαταρία μονοπολική.

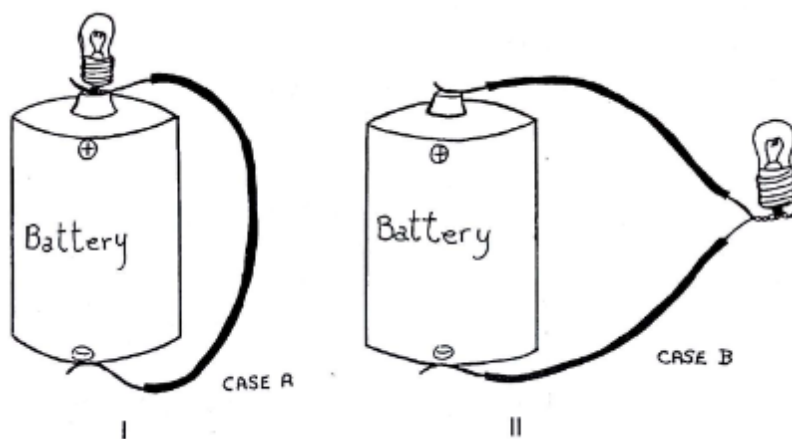
Ερώτηση αντίστοιχη με την προηγούμενη που δόθηκε σε Σουηδούς μαθητές, με πλακέ όμως μπαταρία στη θέση της κυλινδρικής, δόθηκε σε 50 Έλληνες μαθητές Γ' Γυμνασίου (14-15 ετών) πριν τη διδασκαλία. Μόνο 2 μαθητές (4%) θεωρούν την μπαταρία μονοπολική (Κουμαράς, 1989).

Συμπεραίνουμε ότι οι μαθητές στην πλακέ μπαταρία βλέπουν καθαρά τους δύο πόλους και παρακινούνται από αυτό να λάβουν υπόψη τους και τους δύο. Αντίθετα, στην κυλινδρική μπαταρία, φαίνεται μόνο ο ένας πόλος, ενώ ο άλλος θεωρείται πιθανόν από το μαθητή ότι είναι το περίβλημα της μπαταρίας και μάλλον δεν του αποδίδει διπλή λειτουργία, δηλαδή συγχρόνως τοίχωμα της μπαταρίας και δεύτερος πόλος (αρνητικός). Έτσι χρησιμοποιεί μόνο το θετικό πόλο, τον οποίο άλλωστε βλέπει να έρχεται μέσα από την μπαταρία και με αυτόν τον τρόπο δίνει προς τα έξω το "περιεχόμενο" της μπαταρίας. Μάλλον παραλληλίζει το "κύκλωμα" με το γέμισμα μιας κανάτας νερού από μια δεξαμενή μέσα από ένα σωλήνα (Duit and Rhoneck, 1998).

Τα παραπάνω συνηγορούν στην αρχική χρησιμοποίηση της πλακέ μπαταρίας από τους μαθητές και όχι της κυλινδρικής, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα.

β) Δύο πόλοι της μπαταρίας συνδέονται με έναν πόλο της λάμπας ('short-circuit' method).

Κατά τη διάρκεια ατομικών συνεντεύξεων με 24 πρωτοετείς φοιτητές Πολυτεχνείου στις ΗΠΑ (Fredette et al, 1980) ζητήθηκε από τον καθένα να συνδέσει μια λάμπα με μια κυλινδρική μπαταρία έτσι ώστε να ανάβει. Κάποιοι έκαναν κατασκευές όπως αυτές του σχήματος 13.



Σχήμα 13.

Αυτό έγινε αφορμή να δοθεί η εξής γραπτή ερώτηση σε 57 άλλους πρωτοετείς φοιτητές του Πολυτεχνείου:

"Τα παραπάνω σχήματα (I και II) δείχνουν δύο πιθανούς τρόπους σύνδεσης λάμπας με μπαταρία. Για κάθε περίπτωση απάντησε αν η λάμπα θα ανάψει και δικαιολόγησε την απάντησή σου."

Τα αποτελέσματα των απαντήσεων είχαν ως εξής:

Η λάμπα ανάβει στην περίπτωση A	Η λάμπα ανάβει στην περίπτωση B	Η λάμπα ανάβει και στις δύο περιπτώσεις	Δεν ανάβει σε καμία περίπτωση (ΣΩΣΤΟ)	Χωρίς απάντηση	Σύνολο
5	19	12	18	3	57

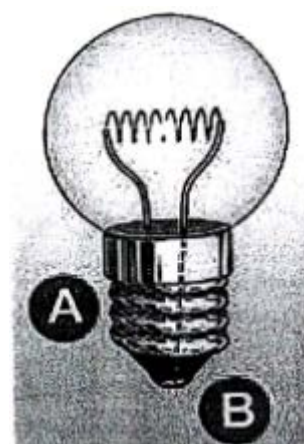
Πίνακας 1.

Μόνο το 31% έδωσε τη σωστή απάντηση.

Αντίστοιχα αποτελέσματα έχουμε με Σουηδούς μαθητές 12 έως 16 ετών και 20χρονους φοιτητές στην έρευνα του Andersson (1987). Σε ανάλογη έρευνα που διεξήχθη στη χώρα μας (Κουμαράς, 1989), με διάφορες εικονιζόμενες συνδέσεις πλακέ μπαταρίας και λάμπας, οι 21 από τους 50 μαθητές Γ' Γυμνασίου πριν τη διδασκαλία θεωρούν τη λάμπα μονοπολική και την μπαταρία διπολική.

Οι λανθασμένες απαντήσεις των μαθητών/φοιτητών και οι αποτυχημένες τους προσπάθειες για να ανάψουν το λαμπάκι μαρτυρούν την έλλειψη σημαντικής γνώσης σχετικά με το πόσες επαφές υπάρχουν σε μια λάμπα καθώς και με το πού αυτές βρίσκονται.

Η έρευνα των Engelhardt and Beichner το 2004 έδειξε ότι το 1/3 από 692 μαθητές και φοιτητές σε ΗΠΑ, Καναδά και Γερμανία πιστεύουν ότι υπάρχει μόνο μία επαφή η οποία βρίσκεται στο κάτω μέρος της λάμπας. Μάλιστα, εντύπωση προκαλεί ότι το 10% από τους υπόλοιπους αδυνατούν να τις εντοπίσουν. Υποστηρίζεται ότι η εμφάνιση της λάμπας είναι τέτοια, ώστε να θεωρείται από τους μαθητές ως μονοπολική με επαφή το κάτω μέρος, ενώ το παράπλευρο σπείρωμα είναι για να βιδώνει (Shipstone, 1984, Brown, Slater and Adams, 1998). Αυτή η άποψη ενισχύεται και από το γεγονός ότι οι μαθητές θεωρούν ότι το συρματάκι που είναι στο εσωτερικό της λάμπας καταλήγει στο κάτω μέρος της. Έτσι ζωγραφίζεται σε σχετική ερώτηση από το 80% περίπου 550 Σουηδών μαθητών ηλικίας 12-16 ετών στη έρευνα του Anderson (1987).



Σχήμα 14.

Με τη χρήση άλλης μορφής λάμπας στην οποία διακρίνονται ευκρινώς οι δύο επαφές σημειώνονται καλύτερα αποτελέσματα. Έτσι, στην παρακάτω ερώτηση που έχει δοθεί σε δύο ομάδες 15χρονων Σουηδών μαθητών (Shipstone, 1984) έχουμε πολύ μεγαλύτερα ποσοστά σωστών απαντήσεων όταν η λάμπα που εικονίζεται είναι τύπου "γόνδολας", όπως φαίνεται στο σχήμα 15.



Σχήμα 15.

"Ανάβει ή όχι η λάμπα σε καθένα από τα παρακάτω σχήματα;" (Σχήμα 16)



59%



50%



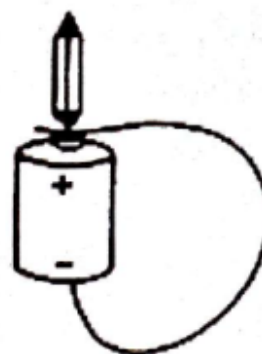
44%

I

Σωστές απαντήσεις



91%



94%

II

Σωστές απαντήσεις

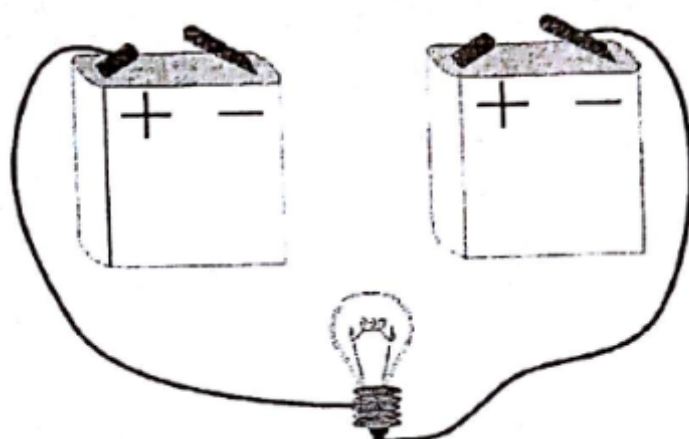
Σχήμα 16.

Η αρχική χρησιμοποίηση λάμπας στην οποία φαίνονται καθαρά οι δύο πόλοι (π.χ. ασφαλειόλαμπα, όπως αυτή που χρησιμοποιείται για το φωτισμό στον εσωτερικό χώρο του αυτοκινήτου) θα ήταν επιθυμητή. Τέτοια λάμπα όμως είναι ασυνήθιστη στην καθημερινή ζωή.

2.2.1. Που οφείλονται οι δυσκολίες των μαθητών/φοιτητών:

Οι δυσκολίες των μαθητών/φοιτητών που έχουν παρακολουθήσει μαθήματα φυσικής φαίνεται να οφείλονται ή στο ότι έχουν παρακολουθήσει θεωρητικές σειρές μαθημάτων και πιθανόν δεν έχουν κατασκευάσει κυκλώματα ή ίσως στο ότι ή ίσως στο ότι στα εργαστήρια που έκαναν, ή το πιθανότερο στην επίδειξη που παρακολούθησαν, έβλεπαν τη λάμπα μέσα σε μια βάση με εμφανείς δύο ακροδέκτες, οι οποίοι ήταν άγνωστο σε ποιο μέρος της λάμπας κατέληγαν (Arons, 1992). Η άποψη αυτή ενισχύεται από έρευνα του Evans (Evans, 1978) ο οποίος αναφέρει ότι αν ζητηθεί από μαθητές των ανωτέρων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και από φοιτητές να συνδέσουν μια λάμπα με μια μπαταρία, ώστε η λάμπα να ανάψει, οι μισοί από αυτούς δεν ξέρουν, ενώ όσοι έχουν εμπειρία το κάνουν αμέσως. Μάλιστα, ένα διόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό θα προσπαθήσει -με τη μέθοδο της δοκιμής και του λάθους- για χρονικά διαστήματα της τάξης των δέκα λεπτών ή και παραπάνω μέχρι να τα καταφέρει (McDermott and Shaffer, 1992, Niedderer and Goldberg, 1995, Brown, Slater and Adams, 1998, Knight, 2006).

Όταν τελικά οι μαθητές φτάσουν στην ανακάλυψη του σωστού τρόπου σύνδεσης της μπαταρίας με τη λάμπα και διαπιστώσουν ότι η λάμπα πρέπει να συνδεθεί σε δύο διαφορετικά σημεία της, με το θετικό και τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας αντίστοιχα, θεωρούν ότι "κάτι" (ρεύμα, ενέργεια, ηλεκτρισμός...) πηγαίνει από το θετικό πόλο της μπαταρίας στη λάμπα και από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας στη λάμπα, όπου "ενώνονται" με αποτέλεσμα το άναμμα της λάμπας (βλ. και μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων). Έτσι, θεωρούν ότι για τη φωτοβολία αρκεί η σύνδεση της λάμπας με το θετικό πόλο μιας μπαταρίας και τον αρνητικό μιας άλλης, όπως φαίνεται στο σχήμα 17 που ακολουθεί (Κουμαράς, 2003).



Σχήμα 17.

Όλες οι παραπάνω λανθασμένες προσπάθειες αποκαλύπτουν ότι οι μαθητές:

- Αφενός δε γνωρίζουν ότι το λαμπάκι είναι ένα δίπολο που πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα προκειμένου να φωτοβολήσει.
- Αφετέρου δεν κατανοούν την ανάγκη ύπαρξης ενός κλειστού κυκλώματος ώστε να ανάψει το λαμπάκι.

Αξιοσημείωτη είναι και η διαφορά των επιδόσεων ανάμεσα στα δύο φύλα. Στην έρευνα των Brown, Slater και Adams (1998) που διεξήχθη με 221 τελειόφοιτους μαθητές Λυκείου στην Montana το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των αγοριών (59%) είναι υπερδιπλάσιο των κοριτσιών (25%).

2.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών

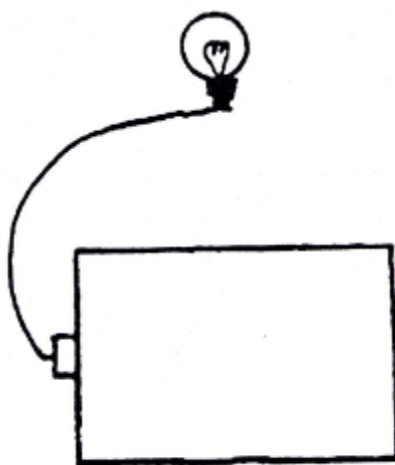
Όταν οι μαθητές καλούνται να κάνουν προβλέψεις σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα δε χρησιμοποιούν την έννοια της διαφοράς δυναμικού καθώς είναι μία έννοια υψηλής αφάιρεσης. Η επιχειρηματολογία τους στηρίζεται στη μάλλον πιο "χειροπιαστή" έννοια του ρεύματος, θεωρώντας συχνά ότι αυτό υπάρχει στην μπαταρία από όπου με κάποιο τρόπο πηγαίνει στη λάμπα. Ακόμα και όταν παροτρύνονται να αναφερθούν στην τάση, τη θεωρούν ως ιδιότητα του ρεύματος ή τη συγχέουν με αυτό. Δε συνειδητοποιούν ότι δύο διαφορετικές μεταβλητές -ρεύμα και τάση- είναι απαραίτητες για την περιγραφή των φαινομένων (Driver et al, 2000, Knight, 2006). Για να κατανοηθεί ο τρόπος σκέψης των μαθητών και να αναπτυχθεί ένα συνεπές εννοιολογικό μοντέλο στο οποίο θα βασίζονται για να επιχειρηματολογούν σχετικά με τα κυκλώματα, κρίνεται αναγκαία η γνώση των αντιλήψεών τους όχι μόνο για την τάση αλλά και για το ρεύμα και τις μπαταρίες.

2.3.1. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το Ηλεκτρικό Ρεύμα

Οι ιδέες των μαθητών σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα που διαπερνά ένα απλό κύκλωμα έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης σε πολλές χώρες του κόσμου (Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ, Νέα Ζηλανδία, Αυστραλία, Γερμανία, Ελλάδα, Γαλλία, Σουηδία). Τα αποτελέσματα των ερευνών συνοψίζονται σε τέσσερα μοντέλα που σχετίζονται τόσο με τη διεύθυνση της κίνησης του ρεύματος όσο και με την τιμή του σε διάφορα σημεία του κυκλώματος.

I. Το μονοπολικό μοντέλο. Α

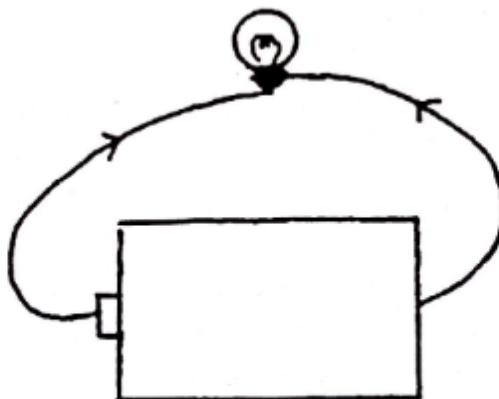
Σύμφωνα με αυτό, το ρεύμα από τον έναν πόλο της μπαταρίας πηγαίνει στη λάμπα (Σχήμα 18) όπου και χρησιμοποιείται όλο (Shipstone, 1984, Duit, 1985).



Σχήμα 18. Το μονοπολικό μοντέλο

Μερικοί μαθητές παρομοιάζουν το ρεύμα με υγρό καύσιμο που ρέει από ένα δοχείο σε μια συσκευή όπου εκεί καταναλώνεται (Duit & Rhoneck, 1998). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία μόνο σύνδεση να θεωρείται επαρκής για τη φωτοβολία της λάμπας. Παρόλο που αρκετοί αναγνωρίζουν την πρακτική αναγκαιότητα ενός πλήρους κυκλώματος, πιστεύουν ότι το δεύτερο δε διαδραματίζει κάποιο ενεργό ρόλο και απλά "χρησιμοποιείται για ασφάλεια" (Osborne & Freyberg, 1985, Driver et al, 2000).

II. Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων. Β



Σχήμα 19. Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων

Οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα -ή δύο είδη ρεύματος, θετικό και αρνητικό- ρέει και από τους δύο πόλους της μπαταρίας προς το λαμπτήρα (Σχήμα 19). Μάλιστα, ορισμένες φορές εξηγούν την ύπαρξη του φωτός στα πλαίσια της "σύγκρουσης" δύο ρευμάτων (Driver et al, 2000).

Η άποψη αυτή έχει καταγραφεί από πολλούς ερευνητές (Shipstone 1984, Duit 1985) σε μαθητές διαφόρων χωρών και είναι αυτή που είχε αποδεχτεί και ο σπουδαίος Γάλλος φυσικός Andre Ampere στις αρχές του 19ου αιώνα:

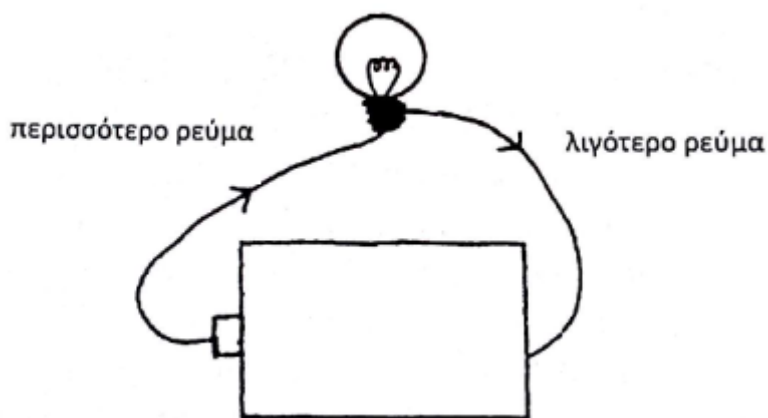
"Δύο ηλεκτρισμοί μεταφέρονται κατά τέτοιο τρόπο με αποτέλεσμα ένα διπλό ρεύμα, ένα με θετικό ηλεκτρισμό, το άλλο με αρνητικό ηλεκτρισμό, ξεκινώντας κατά αντίθετες διευθύνσεις από το σημείο που αρχίζει η ηλεκτρεγερτική δράση και βγαίνοντας έξω να ξαναενώσει στα τμήματα του κυκλώματος που είναι απομακρυσμένα από αυτά τα σημεία."

Έτσι, επιβεβαιώνεται για μία ακόμη φορά ότι οι ιδέες των παιδιών συμφωνούν με τις επιστημονικές απόψεις άλλων εποχών (Κόκκοτας, 2004).

Ο Shipstone μετά από έρευνα στη Μ. Βρετανία (Shipstone, 1984) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι αυτή η άποψη είναι η συνηθέστερα αναφερόμενη από τους μαθητές, αφού μάθουν ότι η λάμπα πρέπει να συνδεθεί και με τους δύο πόλους της μπαταρίας για να ανάψει. Μάλιστα, χρησιμοποιείται συχνά από μαθητές για την ερμηνεία διάφορων εμπειριών τους πάνω σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (Psillos et al, 1987).

III. Το καταναλωτικό μοντέλο. Γ

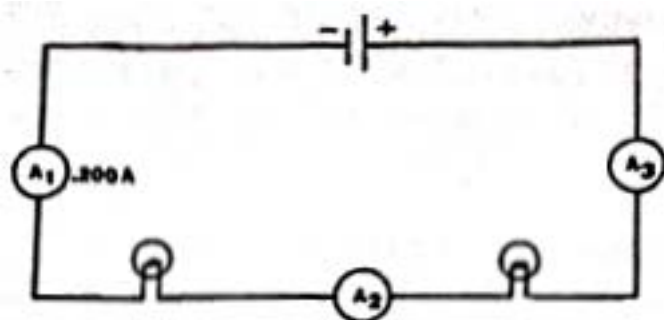
Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων συνήθως αντικαθίσταται (Shipstone, 1984) από την άποψη ότι το ρεύμα φεύγει από τον ένα πόλο της μπαταρίας (συνήθως το θετικό), φτάνει στη λάμπα, ένα μέρος του καταναλώνεται σε αυτή και το υπόλοιπο γυρίζει στον άλλο πόλο (Σχήμα 20).



Σχήμα 20. Το καταναλωτικό μοντέλο

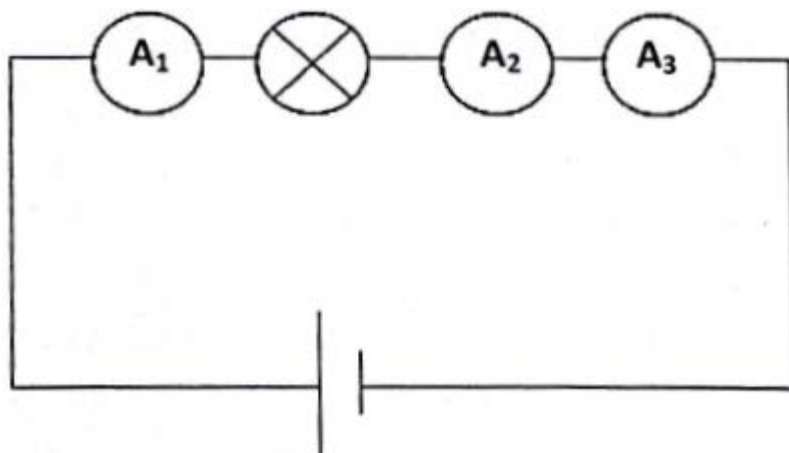
Από παρατηρήσεις ερευνητών μέσα σε τάξεις, κατά τη διάρκεια ειδικών διδασκαλιών, προκύπτει ότι οι μαθητές δέχονται εύκολα την άποψη της ροής προς μια κατεύθυνση, δέχονται όμως δύσκολα τη μη κατανάλωση του ρεύματος (Psillos et al, 1987, McDermott and Shaffer, 1992, Berg and Grosheide, 1997). Μάλιστα, η επιμονή των μαθητών στην άποψη της κατανάλωσης είναι τέτοια, ώστε απορρίπτουν ή προσαρμόζουν κατάλληλα πειραματικές μαρτυρίες σχεδιασμένες για την απόρριψη της άποψης αυτής. Άλλωστε είναι ένα πολύ γνωστό εύρημα από την έρευνα στη Διδακτική της Φυσικής ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών έχουν πολύ μεγάλη επιρροή στο τι πραγματικά βλέπουν στα πειράματα. Επιπλέον, οι μαθητές δεν είναι συνήθως "πρόθυμοι" να αλλάξουν τις αντιλήψεις τους, εάν η πρόβλεψή τους αμφισβητείται σε ένα μόνο πείραμα (Brewer & Chinn, 1993).

Έτσι ακόμα και μετά τη διεξαγωγή του πειράματος των "ίσων ενδείξεων αμπερομέτρων" (Σχήμα 21) (Shipstone & Gunstone, 1985).



Σχήμα 21.

- μόνο το 10% από τους 50 μαθητές αναθεωρεί την εγκυρότητα των απόψεων που είχε πριν το πείραμα.
- 10% επιμένει ότι οι ενδείξεις των αμπερομέτρων δεν είναι ίσες.
- 40% αναφέρει ότι το καταναλισκόμενο ρεύμα από κάθε λάμπα αντικαθίσταται με νέο από την μπαταρία.
- 40% υποστηρίζει ότι οι ίδιες ενδείξεις των αμπερομέτρων οφείλονται στο γεγονός ότι και τα τρία καταναλώνουν ίδια ποσά ρεύματος. Συνεπώς, το αμπερόμετρο αντιμετωπίζεται ως καταναλωτής όπως και η λάμπα (Psillos, Koumaras & Valassiades, 1987, Psillos, 1998). Για την αντιμετώπιση της συγκεκριμένης παρανόησης οι Kucukozer & Kocakulah (2008) προτείνουν την παρακάτω δραστηριότητα με χρήση και τρίτου αμπερομέτρου αμέσως μετά το δεύτερο (Σχήμα 22).

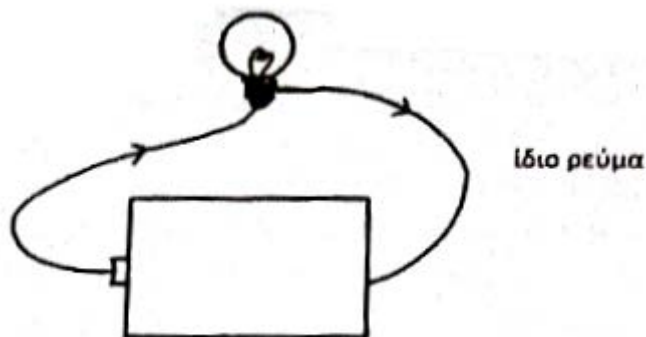


Σχήμα 22.

IV. Το επιστημονικό μοντέλο. Δ

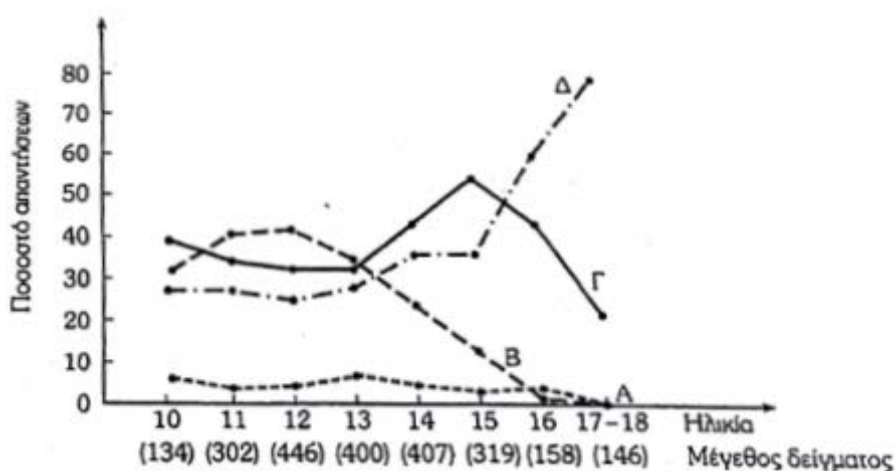
Το τέταρτο μοντέλο, που είναι και το επιστημονικά σωστό, δείχνει ότι το ρεύμα είναι το ίδιο και στα δύο καλώδια (Σχήμα 23).

Από τις έρευνες που έχουν ήδη αναφερθεί (Shipstone, 1984) προκύπτει ότι ποσοστό 60-70% από τους ερωτηθέντες Βρετανούς και Νεοζηλανδούς μαθητές στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έχουν την επιστημονική άποψη για το ρεύμα.



Σχήμα 23. Το επιστημονικό μοντέλο

Οι Osborne και Freyberg (1985) βρήκαν ότι οι απόψεις των μαθητών ηλεκτρικό ρεύμα μεταβάλλονται όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί (Σχήμα 24)



Σχήμα 24. Η συχνότητα των Μοντέλων Α, Β, Γ και Δ σε Διαφορετικές Ομάδες Ηλικιών

Το μοντέλο Α αφορά ένα μικρό ποσοστό μαθητών που ελαττώνεται ακόμα περισσότερο

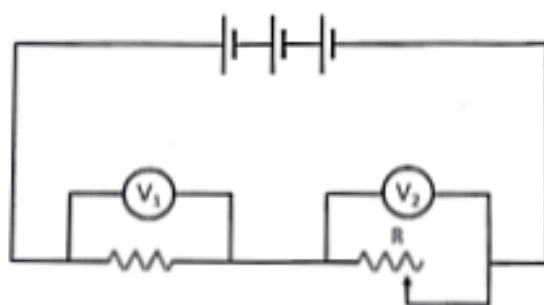
μετά το 13ο έτος της ηλικίας. Το ποσοστό των μαθητών που πιστεύουν στα "συγκρουόμενα ρεύματα" (μοντέλο Β), ενώ είναι σημαντικό (40% περίπου) για τις ηλικίες των 11-12 ετών, ελαττώνεται σταδιακά για να μηδενιστεί στην ηλικία των 16 ετών. Η σημαντική μείωση της εν λόγω παρανόησης των μαθητών με την ηλικία, όπως σημειώνεται στο διάγραμμα, δεν οφείλεται στην ηλικία των μαθητών αυτή καθ' εαυτή, αλλά στην επιμονή της διδασκαλίας προς τη ροή του ρεύματος σε μία κατεύθυνση. Ανάλογη είναι και η μεταβολή στο μοντέλο Γ, το οποίο παρουσιάζει μια έξαρση από το 13ο μέχρι το 15ο περίπου έτος της ηλικίας, ενώ στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά (Κόκκοτας, 2004).

Σημείωση: Έχει παρατηρηθεί (Shipstone, 1984) ότι την ίδια στιγμή ένας μαθητής, και κυρίως ένας αρχάριος μαθητής, είναι δυνατόν να χρησιμοποιεί και τα τρία μοντέλα ανάλογα με την περίπτωση. Εκείνο που αλλάζει κάθε φορά είναι οι συνθήκες μεταφοράς ή η διεύθυνση ροής. Πάντα όμως υπάρχει ένας σταθερός πυρήνας: το ρεύμα υπάρχει στη μπαταρία απ' όπου με κάποιο τρόπο πηγαίνει στη λάμπα και καταναλώνεται ολικά ή μερικά.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον οποίο μπορούμε να αποδώσουμε τη συγκεκριμένη παρανόηση είναι η ορολογία που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή (Gilbert et al, 1982, Leach and Scott, 2003, Kucukozer & Kocakulah, 2007). Παραδείγματος χάρη, οι ηλεκτρικές συσκευές χαρακτηρίζονται ως "καταναλωτές ηλεκτρικού ρεύματος", η ΔΕΗ ζητάει από τους πελάτες της να περιορίσουν την "κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος" κ.τ.λ..

2.3.2. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη Διαφορά Δυναμικού

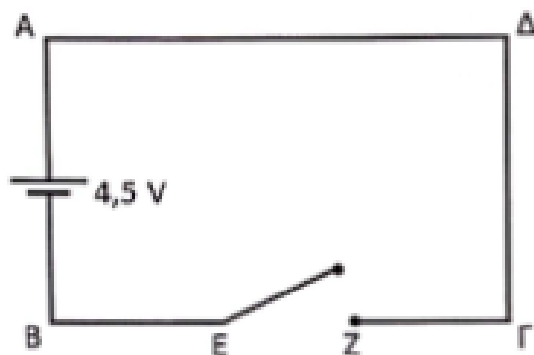
Έρευνες που έχουν διεξαχθεί διεθνώς (Cohen et al, 1983, Shipstone, 1984, Licht, 1991, Lee and Law, 2001) δείχνουν ότι οι μαθητές σκέφτονται σχεδόν αποκλειστικά στη βάση της έντασης του ρεύματος, ενώ σπάνια ή και ποτέ χρησιμοποιούν την έννοια της διαφοράς δυναμικού (Knight, 2006). Ακόμη και σε δραστηριότητες που αφορούν προβλέψεις για την τιμή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος ή προβλέψεις για ενδείξεις βολτομέτρων, οι μαθητές απαντούν μέσα από συλλογισμούς για το ρεύμα (Κουμαράς, 1989, Chasseigne, Giraudeau, Lafon and Mullet, 2011). Έτσι όταν ζητήθηκε από 16χρονους και 18χρονους μαθητές στη Μ. Βρετανία να γράψουν τι θα συμβεί στις ενδείξεις των βολτομέτρων V_1 και V_2 αν η αντίσταση R αυξηθεί (Σχήμα 25), το 75% εξήγησε την απάντησή του με όρους ρεύματος (Shipstone, 1984).



Σχήμα 25.

Η συντριπτική πλειονότητα των μαθητών δεν μπορεί να επιχειρηματολογήσει βασιζόμενη στην αφηρημένη έννοια της διαφοράς δυναμικού, ενώ σπάνια καταφεύγει στην ιδέα αυτή χωρίς την παρότρυνση του διδάσκοντα. Οι περισσότεροι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν τη διαφορά δυναμικού αποκλειστικά και μόνο στο πλαίσιο του νόμου του Ohm, δηλαδή στη μορφή $\Delta V = I \cdot R$. Με τον τρόπο αυτό όμως συνηθίζουν να αντιμετωπίζουν το ΔV σαν ένα αποτέλεσμα αντί για μια αιτία, με συνέπεια να θεωρούν την τάση ως ιδιότητα του ρεύματος και όχι ως απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξή του (Engelhardt and Beichner, 2004, Driver et al, 2000). Το παραπάνω επιβεβαιώνεται και από την έρευνα του Rhoneck το 1981 στην οποία το 62% από 198 15χρονους μαθητές συμφωνεί με την πρόταση "τάση είναι η δύναμη του ρεύματος", παρόλο που είχαν διδαχθεί τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Συνεπώς, οι μαθητές αναμένουν ότι η τάση θα μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται και το ηλεκτρικό ρεύμα.

Επιπρόσθετα, μια διόλου ευκαταφρόνητη μερίδα μαθητών θεωρεί την τάση ταυτόσημη με το ηλεκτρικό ρεύμα. Πράγματι, η Maichle (Maichle, 1981) βρήκε ότι το 23% από ένα δείγμα 300 Γερμανών μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, θεωρεί ότι η τάση και το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το ίδιο πράγμα. Οι μαθητές είναι απρόθυμοι να δεχθούν ότι, ακόμα και εάν δε ρέει καθόλου ηλεκτρικό φορτίο, μπορεί να υπάρχει διαφορά δυναμικού (Rhoneck, 1981). Έτσι, σε ατομικές τους συνεντεύξεις (Rhoneck, 1981) 14 στους 16 προβλέπουν μέγιστη τάση μεταξύ των σημείων E και Z κατά την ύπαρξη πλήρους κυκλώματος (κλειστός διακόπτης) και απουσία τάσης όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό (Σχήμα 26).

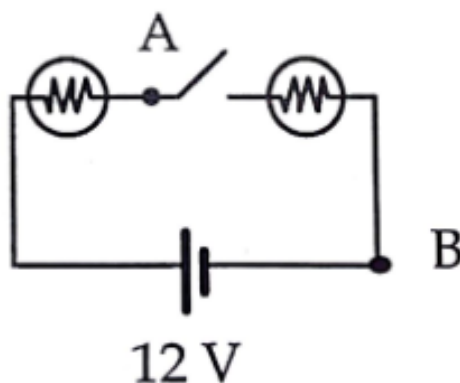


Σχήμα 26. Άποψη μαθητών:

Όταν υπάρχει ρεύμα, υπάρχει και τάση.

Όταν το ρεύμα διακόπτεται, παύει να υπάρχει και τάση.

Ανάλογα συμπεράσματα εξάγονται και από τη μεταγενέστερη έρευνα των Engelhardt και Beichner το 2004. Το 56% των 1135 μαθητών (454) και φοιτητών (681) στις ΗΠΑ ισχυρίστηκε ότι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B θα είναι μηδέν, όταν κλήθηκε να την προσδιορίσει στο παρακάτω σχήμα 27.



Σχήμα 27.

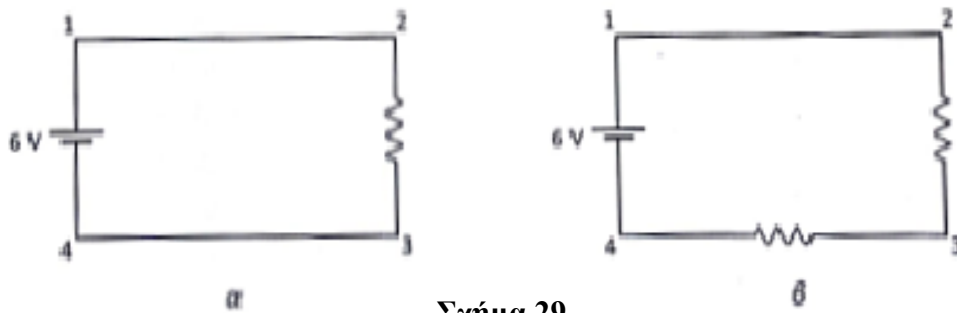
Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως η τάση δε θεωρείται από τους μαθητές ανεξάρτητη έννοια που μπορεί να απαντηθεί ακόμα και με την απουσία ρεύματος. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνεται και από την έρευνα της Maichle (Maichle, 1981) όπου:

- τα 2/3 (67%) 400 μαθητών 13-14 ετών (πριν τη διδασκαλία) διαφωνούν με την πρόταση: "τάση μπορεί να υπάρχει ανεξάρτητα από την ύπαρξη του ρεύματος".
- περισσότεροι από τους μισούς θεωρούν ότι τάση και ρεύμα υπάρχουν μαζί όταν τους δίνονται τα σχέδια του σχήματος 28.



Σχήμα 28.

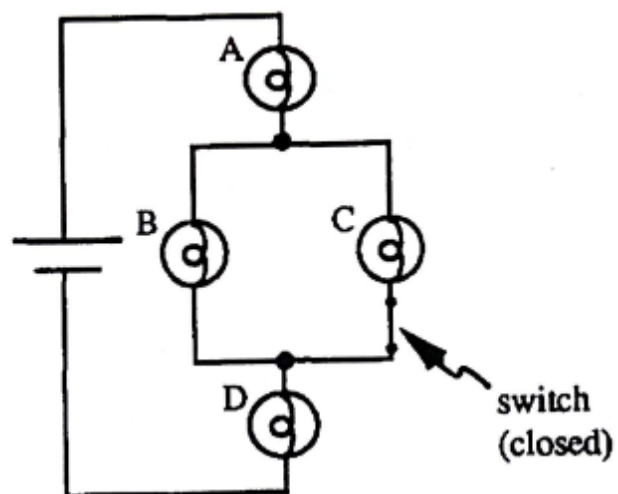
Δε χρησιμοποιούν σχεδόν ποτέ το γεγονός ότι η διαφορά δυναμικού σε μια κλειστή διαδρομή είναι μηδέν ($\Delta V_{\text{βρόχου}} = 0$) προκειμένου να σκεφθούν σχετικά με τα κυκλώματα, ενώ πολλοί δεν μπορούν καν να παρακολουθήσουν ένα επιχείρημα τέτοιου τύπου. Η αδυναμία αυτή επιβεβαιώνεται και από το εντυπωσιακό ποσοστό του 61% των μαθητών Λυκείου στη Σουηδία που για το παρακάτω κύκλωμα (Σχήμα 29) απάντησαν ότι για τις διαφορές δυναμικού θα ισχύει $\Delta V_{12} = \Delta V_{23} = \Delta V_{34} = 6V$, αντί για τη σωστή απάντηση $\Delta V_{12} = \Delta V_{34} = 0$ και $\Delta V_{23} = 6V$ (Shipstone, 1984).



Σχήμα 29.

Ποσοστό 54% απάντησαν λανθασμένα και στο κύκλωμα β του σχήματος 29, όπου οι αντιστάσεις είναι πανομοιότυπες, ότι $\Delta V_{12} = \Delta V_{23} = \Delta V_{34} = 6V$, ενώ σωστή απάντηση είναι $\Delta V_{12} = 0$, $\Delta V_{23} = \Delta V_{34} = 3V$

Οι περισσότεροι μαθητές συγχέουν το δυναμικό με τη διαφορά δυναμικού. Έτσι, όταν σε έρευνα των McDermott και Shaffer (1992) ζητήθηκε από μαθητές και φοιτητές να ταξινομήσουν τις λάμπες ανάλογα με τη φωτοβολία τους στο παρακάτω σχήμα, 35% υποστήριξαν ότι $A > B = C > D$ στηριζόμενοι στην



Σχήμα 30.

παρακάτω εσφαλμένη αιτιολογία: "Η λάμπα Α είναι η πιο φωτεινή επειδή το δυναμικό της είναι το μεγαλύτερο. Στη συνέχεια είναι οι λάμπες Β και C επειδή έχουν το ίδιο δυναμικό. Η λάμπα D είναι η λιγότερο φωτεινή εξαιτίας του χαμηλότερου δυναμικού"

Η εξήγηση αυτή των μαθητών καταδεικνύει αδυναμία διάκρισης των εννοιών δυναμικού και διαφοράς δυναμικού. Σχετίζουν λανθασμένα τη φωτεινότητα του λαμπτήρα με την τιμή του δυναμικού σε έναν από τους ακροδέκτες του, παρά με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών του. Δε συνειδητοποιούν ότι η φωτοβολία των πανομοιότυπων λαμπών εξαρτάται από το πώς αυτές είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα και όχι από το πού συνδέονται. Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι η τιμή που αποδίδεται στο δυναμικό σε ένα σημείο του κυκλώματος είναι απλώς ένας αριθμός που καθορίζεται από τη σύμβαση της λήψης του αρνητικού πόλου της μπαταρίας ως σημείο αναφοράς. Η αριθμητική τιμή δεν έχει καμία άλλη σημασία. Άλλωστε, τα βολτόμετρα πάντα διαβάζουν τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων τους ή καλύτερα το δυναμικό του θετικού άκρου σε σχέση με το δυναμικό του αρνητικού άκρου.

Δυστυχώς, πάρα πολλά διδακτικά εγχειρίδια, ανάμεσα σε αυτά και το δικό μας σχολικό βιβλίο της Β' Λυκείου, χρησιμοποιούν άστοχα το σύμβολο του δυναμικού V για να αναπαραστήσουν και τη διαφορά δυναμικού, που κανονικά θα έπρεπε να τη συμβολίζουν ΔV . Για παράδειγμα, διατυπώνουν το νόμο του Ohm στη μορφή $V = I \cdot R$, ή χρησιμοποιούν για το φορτίο ενός πυκνωτή τη σχέση $Q = C \cdot V$. Γράφοντας όμως τις εξισώσεις σε αυτή τη μορφή, οδηγούν τους μαθητές σε λανθασμένα συμπεράσματα και παρανοήσεις (Knight, 2006, Rosenthal and Henderson, 2006).

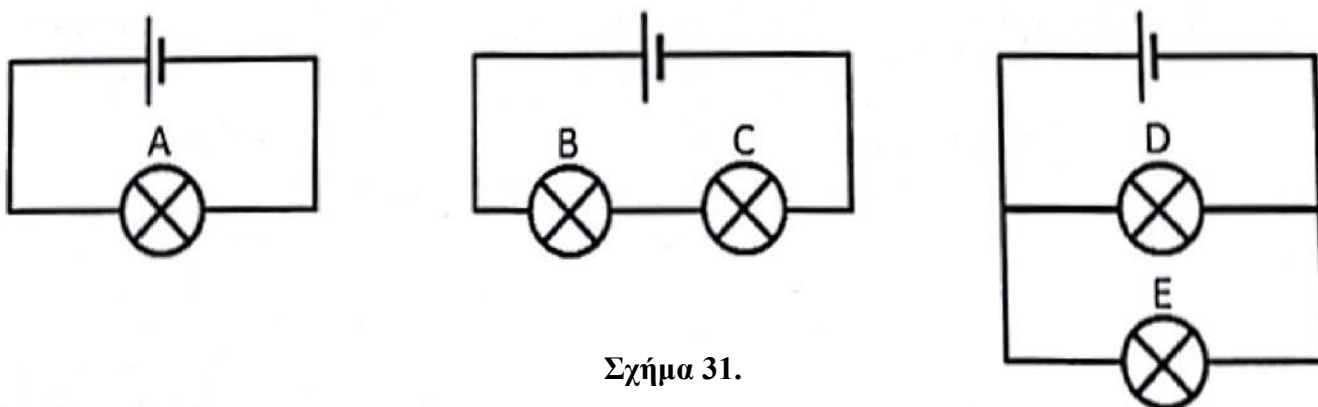
Η σύγχυση επιτείνεται και από τη χρήση του ίδιου του συμβόλου V τόσο για το δυναμικό όσο και για τη συντομογραφική παράσταση της μονάδας μέτρησής του, δηλαδή το Volt. Λανθασμένες εκφράσεις του τύπου "τα βολτ στο σημείο αυτό είναι..." συνήθως παραβλέπονται σαν μικρές ανακρίβειες, όμως αποκαλύπτουν την ύπαρξη παρανοήσεων στους μαθητές. Η προσεκτική χρήση των όρων από τους διδάσκοντες μπορεί να τους βοηθήσει να ξεκαθαρίσουν την κατάσταση.

Στην πραγματικότητα, οι μαθητές έχουν πολύ περιορισμένη αντίληψη για την έννοια της τάσης ή της διαφοράς δυναμικού (Millar and King, 1993). Η κατανόησή της δεν αποτελεί παράδειγμα όπου οι μαθητές σκέφτονται στη βάση εναλλακτικών ιδεών, αλλά μάλλον περίπτωση όπου η έννοια δεν έχει καν σχηματιστεί στο μυαλό τους (Knight, 2006).

2.3.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις Μπαταρίες

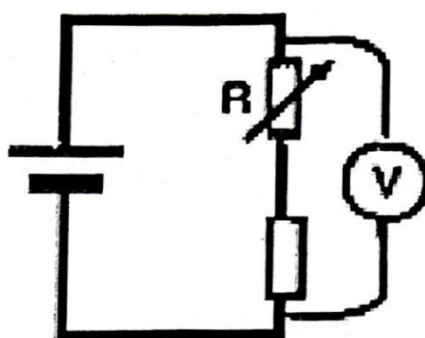
Σε ό,τι αφορά τις αρχικές τους εμπειρίες για τις μπαταρίες, οι μαθητές συχνά τις θεωρούν σαν ένα μονοπολικό "δότη" ηλεκτρισμού (Driver et al, 2000). Η συντριπτική πλειονότητα έρχεται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με μια βασική άποψη: Κάτι υπάρχει από την αρχή μέσα στη μπαταρία, το οποίο με τη βοήθεια του καλωδίου (ή των καλωδίων) πηγαίνει στη λάμπα και καταναλώνεται ολικά ή μερικά ώστε να ανάψει. Αυτό το κάτι συνήθως το ονομάζουν ρεύμα ή ηλεκτρισμό (Psillos, Koumaras and Tiberghien, 1988, Duit and Rhoneck, 1998). Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι η αντίληψη αυτή συναντάται όχι μόνο σε μαθητές αλλά και σε τριτοετείς φοιτητές Φυσικού Τμήματος. Έτσι, σε έρευνα που έγινε στη Γερμανία (Maichle, 1981), το 85% 400 μαθητών ηλικίας 13-15 ετών και το 40% 36 φοιτητών πιστεύει ότι "σε κάθε καινούρια (ασύνδετη) μπαταρία είναι αποθηκευμένο κάποιο ποσό ρεύματος". Θεωρώντας όμως ότι το ρεύμα υπάρχει από την αρχή αποθηκευμένο στη μπαταρία (Rhoneck, 1981), δεν ψάχνουν να βρουν κάποιο αίτιο για τη δημιουργία του με αποτέλεσμα από τους περισσότερους η τάση να θεωρείται ως ιδιότητα του ρεύματος που καταδεικνύει τη "δύναμή του". Αγνοείται στην ουσία και η ετυμολογία της λέξης ρεύμα: ρεύμα < ρέω, ροή, δηλαδή ροή φορτίων που αποτελεί αντίφαση με την ακινησία (Rhoneck, 1981, Rhoneck, 1984, Hewitt, 2007).

Η θεώρηση της μπαταρίας ως πηγής σταθερού ρεύματος είναι μία από τις πιο συχνά συναντούμενες παρανοήσεις στη βιβλιογραφία (Cohen, Eylon and Ganiel, 1983, Shipstone et al., 1984, McDermott and Shaffer, 1992, Lee and Law, 2001, Engelhardt and Beichner, 2004, Kucukozer & Kocakulah, 2008). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το 37% από 76 τελειόφοιτους Τούρκους μαθητές πιστεύει ότι κάθε μπαταρία παρέχει σταθερό ρεύμα ανεξάρτητα από τη διάταξη του κυκλώματος στο οποίο συνδέεται (Kucukozer & Kocakulah, 2007). Έτσι, οι μισοί περίπου από τους τυχαία επιλεγθέντες μαθητές σε συνεντεύξεις υποστήριξαν ότι "τα ρεύματα και στα τρία κυκλώματα είναι ίσα, αφού οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε αυτά είναι ίδιες", όταν τους δόθηκαν τα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 31.

Το γεγονός ότι δεν καταλαβαίνουν το ρόλο της μπαταρίας, φαίνεται και από την έρευνα των Millar και King το 1993. Μόνο το 17% από 175 15χρονους μαθητές που είχαν καλύψει την ενότητα του ηλεκτρισμού και ετοιμάζονταν να δώσουν εξετάσεις στη φυσική απάντησαν σωστά ότι η ΔV στα άκρα της μπαταρίας θα παραμείνει αμετάβλητη παρά τις αλλαγές που υφίσταται η μεταβλητή αντίσταση R (σχήμα 32).

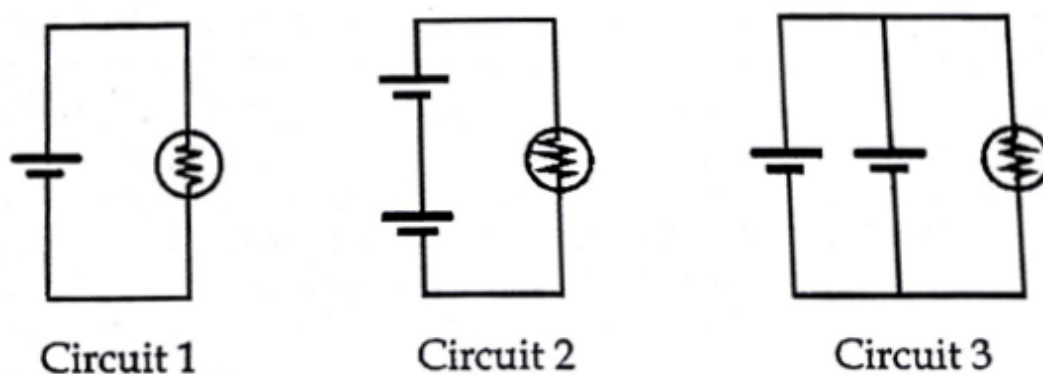


Σχήμα 32.

Είναι ιδιαίτερα δύσκολο για τους μαθητές να αναγνωρίσουν ότι μπορεί να συμβαίνουν μεταβολές της τάσης στα άκρα αντιστάσεων τοποθετημένων σε κύκλωμα, ενώ η ολική τάση μεταξύ των πόλων της μπαταρίας να μένει σταθερή (Psillos et al, 1988).

Μία άλλη λαθεμένη αντίληψη, ευρέως διαδεδομένη στους μαθητές, είναι πως όσο αυξάνεται ο αριθμός των μπαταριών σε ένα κύκλωμα τόσο περισσότερο φωτοβολεί η λάμπα, ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσής τους (Κουμαράς, 1989, Lee and Law, 2001, Kucukozzer & Kocakulah, 2008). Όταν από 692 μαθητές και φοιτητές σε Καναδά, Γερμανία και ΗΠΑ ζητήθηκε να συγκρίνουν τις φωτοβολίες των λαμπών στα παρακάτω κυκλώματα (Σχήμα 33) (Engelhardt and Beichner, 2004), το 22% ισχυρίστηκε ότι η φωτοβολία στα κυκλώματα 2 και 3 θα είναι ίδια, εφόσον και στις

δύο περιπτώσεις υπάρχουν 2 μπαταρίες και επομένως ίδια τάση.



Σχήμα 33.

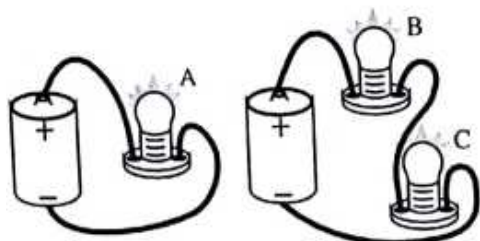
Άποψη μαθητών:

"Οι λάμπες στα κυκλώματα 2 και 3 θα φωτοβολούν περισσότερο από τη λάμπα στο κύκλωμα 1. Δεν έχει σημασία αν οι μπαταρίες συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα. Σε κάθε περίπτωση θα αθροιστεί το ίδιο ποσό τάσης με αποτέλεσμα το λαμπάκι να φωτοβολήσει το ίδιο." Φαίνεται πως οι μαθητές χρησιμοποιούν μια ποσοτική αιτιακή σχέση μεταξύ της φωτοβολίας της λάμπας και του αριθμού των μπαταριών που συνδέονται με αυτή. Απόδειξη αποτελεί και το εντυπωσιακό ποσοστό του 92% από 232 Ολλανδούς μαθητές Γ' Γυμνασίου που θεωρούν -και μάλιστα μετά τη διδασκαλία- ότι σύνδεση δύο μπαταριών παράλληλα προκαλεί διπλάσιο ρεύμα από ότι μια μπαταρία (Licht, 1991).

2.3.4. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην Συνδεσμολογία Αντιστάσεων - Λαμπτήρων

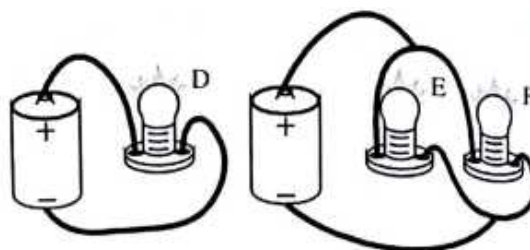
Σε συστηματικές μελέτες που έχουν γίνει, παρουσιάστηκαν σε φοιτητές τα κυκλώματα που φαίνονται στο επόμενο σχήμα και τους ζητήθηκε να κατατάξουν τις λάμπες κατά φθίνουσα σειρά φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση. Μια συνηθισμένη απάντηση για το σχήμα 34 ήταν $A = B > C$ (δηλαδή οι A και B έχουν την ίδια φωτεινότητα και η C μικρότερη), ενώ για το σχήμα 35 ήταν $D > E = F$. Οι McDermott και Schaffer (1992) διαπίστωσαν ότι σε μία τάξη, που αποτελούνταν κυρίως από φοιτητές που θα ακολουθούσαν σπουδές τεχνολογικής κατεύθυνσης, μόνο το 15% μπορούσε να απαντήσει σωστά και στα δύο παραδείγματα, όταν οι ερωτήσεις τίθεντο πριν από την έναρξη μαθημάτων Φυσικής. Το ποσοστό αυτό, όμως, δεν βελτιωνόταν σημαντικά όταν το τεστ επαναλαμβανόταν και μετά το πέρας

της διδασκαλίας του μαθήματος. (Οι διαφορετικές εκδοχές των ερωτήσεων αυτών, αλλά και οι ατομικές συνεντεύξεις, δείχνουν ότι οι λανθασμένες απαντήσεις των φοιτητών δεν οφείλονται στο γεγονός ότι σκέφτονται τις «πραγματικές» μπαταρίες, όπου υπάρχει εσωτερική αντίσταση, αντί για τις "ιδανικές" μπαταρίες που υποθέτουν τα παραδείγματα.)



Κατατάξε κατά φθίνουσα σειρά φωτεινότητας τους λαμπτήρες A, B και C

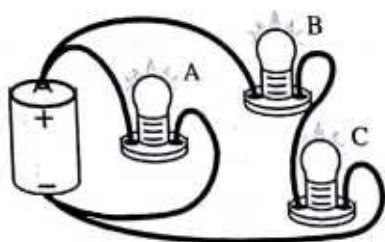
Σχήμα 34.



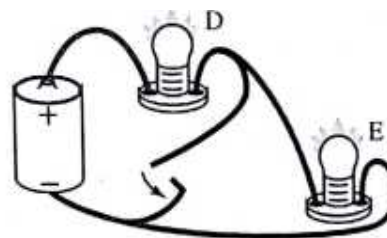
Κατατάξε κατά φθίνουσα σειρά φωτεινότητας τους λαμπτήρες D, E και F

Σχήμα 35.

Πώς μπορούν να εξηγηθούν αυτές οι απαντήσεις; Τα δύο επιπλέον κυκλώματα, με μπαταρίες και λαμπάκια, που φαίνονται στα επόμενα σχήματα μπορούν να ξεκαθαρίσουν τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι σπουδαστές.



Σχήμα 36. Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων A και B αν ο λαμπτήρας C αφαιρεθεί από την υποδοχή του;



Σχήμα 37. Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων D και E αν ο διακόπτης κλείσει;

Στο σχήμα 36, οι φοιτητές ρωτήθηκαν για το τι θα συμβεί με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων A και B όταν η λάμπα C αφαιρεθεί από την υποδοχή της. Οι περισσότεροι προέβλεψαν (σωστά) ότι η λάμπα B θα σβήσει και ότι η λάμπα A θα γίνει φωτεινότερη (πράγμα που είναι λανθασμένο). Στο κύκλωμα του σχήματος 37 πάλι, ζητήθηκε από τους φοιτητές να προβλέψουν τι θα συμβεί με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων D και E όταν ο διακόπτης κλείσει. Στην ερώτηση αυτή υπήρξε μεγάλη διασπορά απαντήσεων, σχεδόν καμία όμως δεν ήταν σωστή. Η πιο συνηθισμένη πρόβλεψη ήταν ότι η E θα φωτοβολεί ασθενέστερα, αλλά δεν θα

σβήσει, και ότι η φωτεινότητα της D δε θα αλλάξει, και τα δύο λανθασμένα (Knight, 2006, McDermott και Schaffer, 1992).

Έχει διαπιστωθεί ότι οι πιο κοινές αντιλήψεις, ανάμεσα στους σπουδαστές, με τα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι οι ακόλουθες:

- Το ρεύμα «καταναλώνεται» καθώς διαρρέει ένα κύκλωμα.
- Μια μπαταρία είναι πηγή σταθερού και αμετάβλητου ρεύματος.
- Το ρεύμα πάντα χωρίζεται στη μέση όταν φτάσει σε έναν κόμβο.

Η πρόβλεψη των φοιτητών, ότι δηλαδή $B > C$ στο κύκλωμα της συνδεσμολογίας σε σειρά του σχήματος 34, αντανάκλα την πεποίθησή τους ότι το ρεύμα εν μέρει «καταναλώνεται» από το λαμπτήρα B, άρα απομένει λιγότερο για τον C. (Ορισμένοι έξυπνοι φοιτητές θεωρούν ότι η ερώτηση προσπαθεί να τους παγιδέψει και έτσι απαντούν $C > B$. Γνωρίζουν πλέον ότι το ρεύμα «στην πραγματικότητα» είναι η κίνηση των ηλεκτρονίων. Επειδή λοιπόν τα ηλεκτρόνια ξεκινούν από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας, ο οποίος είναι πιο κοντά στο λαμπτήρα C, θα είναι ο C πιο φωτεινός!) Η αντίληψη αυτή πηγάζει από την αδυναμία διάκρισης ανάμεσα στην ενέργεια, που «καταναλώνεται» (ή ακριβέστερα μετασχηματίζεται), και στην ένταση του ρεύματος η οποία διατηρείται. Η ιδέα αυτή αλλάζει μάλλον εύκολα και οι περισσότεροι φοιτητές, μετά το πέρας της διδασκαλίας, χρησιμοποιούν σωστά τη διατήρηση του ρεύματος σε έναν αγωγό για να απαντήσουν ορθά ότι $B = C$.

Η αντίληψη που είναι πολύ πιο δύσκολο να αλλάξει είναι αυτή που αντιμετωπίζει τις μπαταρίες ως πηγές σταθερού ρεύματος. Αυτός ο τρόπος σκέψης γίνεται φανερός από τις απαντήσεις στο σχήμα 36, όπου αφαιρείται η λάμπα C. Τώρα το «σταθερό» ρεύμα της μπαταρίας διέρχεται όλο από το λαμπτήρα A, με αποτέλεσμα αυτός να φωτοβολεί εντονότερα. Παρομοίως, κλείνοντας το διακόπτη στο σχήμα 37 δεν μεταβάλλεται η φωτεινότητα του D, γιατί το ρεύμα με το οποίο τροφοδοτεί η μπαταρία το κύκλωμα παραμένει σταθερό. Είναι αυτή η αντίληψη περί σταθερού ρεύματος που οδηγεί και στην πρόβλεψη ότι $A = B$ στα κυκλώματα του σχήματος 34 (με το ίδιο ρεύμα τροφοδοτεί η μπαταρία και τα δύο κυκλώματα) και στην απάντηση ότι $D > E = F$ στο σχήμα 35 (με το ίδιο ρεύμα τροφοδοτεί η μπαταρία και τα δύο κυκλώματα, αλλά στο δεξιό κύκλωμα το ρεύμα αυτό μοιράζεται μεταξύ των E και F). Πολλοί λίγοι φοιτητές αλλάζουν αυτή την άποψη, ότι δηλαδή η μπαταρία είναι μια πηγή σταθερού ρεύματος, ως αποτέλεσμα της παραδοσιακής διδασκαλίας.

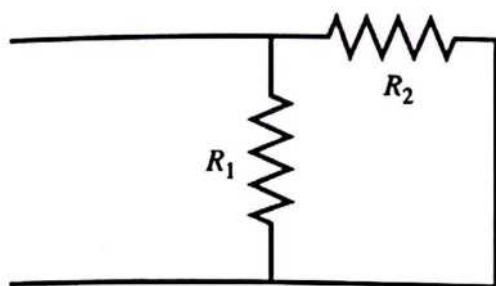
Φαίνεται μάλλον προφανές ότι στο δεξιό κύκλωμα του σχήματος 35 το ρεύμα

μοιράζεται εξίσου στους δύο λαμπτήρες, αλλά η απάντηση στο πρόβλημα της διάταξης των λαμπτήρων κατά φθίνουσα φωτεινότητα, όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα, προκαλεί κατάπληξη. Η συνήθης πρόβλεψη στο σχήμα 37 είναι ότι η φωτεινότητα του Ε μειώνεται αλλά ο λαμπτήρας δεν σβήνει τελείως. Η απάντηση αυτή ανακλά την αντίληψη των σπουδαστών ότι το ρεύμα σε έναν κόμβο μοιράζεται εξίσου από, 50% όταν έχουμε δύο δυνατές διαδρομές, ανεξάρτητα από το τι υπάρχει σε κάθε κλάδο. Με άλλα λόγια, το ρεύμα αποφασίζει «σκεπτόμενο τοπικά» (ένα καλώδιο χωρίζεται σε δύο στο συγκεκριμένο σημείο) αντί «συνολικά» («βλέποντας» την αντίσταση που πρόκειται να συναντήσει στις δύο διαδρομές).

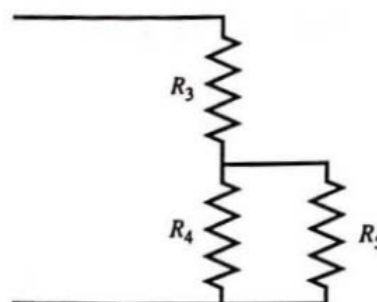
Όλα αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι κατά τη διδασκαλία της Φυσικής πρέπει να δίνουμε πολύ μεγαλύτερη προσοχή στα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν οι σπουδαστές, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούν για να σκέφτονται για τα ηλεκτρικά φαινόμενα (McDermott και Schaffer, 1992, Knight, 2006).

Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι:

Οι μαθητές γενικά δεν αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες με ασκήσεις που αναφέρονται στη σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά και παράλληλα όταν υπάρχουν δύο μόνο αντιστάτες. Όμως ασυνήθιστες διατάξεις κυκλωμάτων μπορούν να τους προκαλέσουν σύγχυση. Έτσι, για παράδειγμα, ορισμένοι μαθητές αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν ότι οι αντιστάτες R_1 και R_2 στο παρακάτω κύκλωμα είναι συνδεδεμένοι παράλληλα (σχήμα 38). Προφανώς θεωρούν ότι ο ορισμός αναφέρεται σε μια γεωμετρική αντί για μια ηλεκτρική σχέση. Περισσότερο σοβαρές δυσκολίες προκύπτουν όταν στο κύκλωμα υπάρχουν παραπάνω από δύο αντιστάτες. Έτσι, πολλοί μαθητές θεωρούν ότι οι αντιστάτες R_3 και R_4 , στο κύκλωμα του σχήματος 39, είναι συνδεδεμένοι σε σειρά (Knight, 2006, McDermott και Schaffer, 1992).



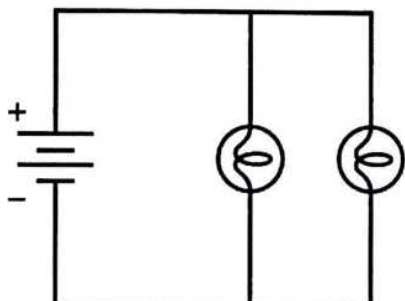
Σχήμα 38.



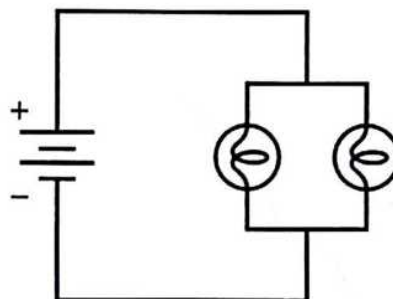
Σχήμα 39.

Οι μαθητές ερμηνεύουν τα σκίτσα με τα οποία απεικονίζουμε τα κυκλώματα κατά γράμμα. Δυσκολεύονται να συνδέσουν το σχήμα που χρησιμοποιούμε για να απεικονίσουμε ένα κύκλωμα, με τη μορφή που έχει το πραγματικό κύκλωμα όταν

αυτό υλοποιηθεί στο εργαστήριο. Ακόμα και απλές ανακατατάξεις στο σχήμα μπορούν να τους προκαλέσουν σύγχυση. Έτσι, για παράδειγμα, πολλοί μαθητές θεωρούν ότι τα δύο επόμενα σχήματα αντιπροσωπεύουν διαφορετικά κυκλώματα (Knight, 2006).



Σχήμα 40.



Σχήμα 41.

2.4. Περιγραφή της Μεθοδολογίας της Παρούσας Έρευνας

2.4.1. Ερευνητική Μέθοδος

Σύμφωνα με το Βάμβουκα (2007), έρευνα θεωρείται κάθε ενέργεια που αποσκοπεί στη σκόπιμη συλλογή πληροφοριών, και συγκεκριμένα η επιστημονική έρευνα είναι «η συστηματική προσπάθεια κατανόησης, που υποκινείται από κάποια ανάγκη ή κάποια συνειδητή δυσκολία και η οποία στρέφεται προς τη μελέτη ενός πολύπλοκου φαινομένου, το ενδιαφέρον του οποίου ξεπερνά τις άμεσες και προσωπικές ανησυχίες του ερευνητή» (σελ. 79). Η δραστηριότητα της έρευνας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με τα διάφορα χαρακτηριστικά της, τα οποία μπορεί να είναι η πρόθεση, η μέθοδος, η φύση του προβλήματος, ο τόπος και ο χρόνος διεξαγωγής, ο αριθμός των ερευνητών και η σχέση τους με τα υποκείμενα της έρευνας, το δείγμα, το είδος των δεδομένων, κ.α. (Βάμβουκας, 2007).

Ανάλογα με το είδος των δεδομένων της, μια έρευνα μπορεί να διαχωριστεί σε ποσοτική και ποιοτική (Βάμβουκας, 2007). Σε πολλές έρευνες συνήθίζεται ο συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων συλλογής δεδομένων, ή και περισσότερων, και ονομάζεται τριγωνοποίηση (Cohen & Manion, 1994).

Η ποσοτική έρευνα χαρακτηρίζεται από την επεξεργασία των δεδομένων με στατιστικές μεθόδους και την αριθμητική παρουσίαση των αποτελεσμάτων μέσω

πινάκων, διαγραμμάτων ή γραφημάτων, κ.α., ώστε προβεί ο ερευνητής σε συγκρίσεις μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών και να παράσχει αντικειμενικές επεξηγήσεις (Μαντζούκας, 2007). Έχει σταθερή και δύσκαμπτη δομή, ο σχεδιασμός της δεν αλλάζει εύκολα, υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισης μεγάλου μέρους του πληθυσμού, η δυνατότητα ανάδειξης γενικών τάσεων στον πληθυσμό, η μέτρηση θεωρητικών εννοιών μέσω εργαλείων (π.χ. ερωτηματολόγιο) και η ταχεία διεκπεραίωση της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων (Cohen & Manion, 1994).

Η ποιοτική έρευνα, από την άλλη, έχει πιο ευέλικτη δομή, η οποία επιτρέπει αλλαγές στα ερωτήματα που τίθενται, στο δείγμα και στον τρόπο που συλλέγονται τα δεδομένα (Κυριαζή, 2002). Χαρακτηρίζεται, επίσης, από τη μελέτη μικρού αριθμού περιπτώσεων, από την εις βάθος διερεύνηση, τη διαμόρφωση και τη συγκεκριμενοποίηση του θέματος με την εξέλιξη της έρευνας (Μαντζούκας, 2007). Με την ποιοτική προσέγγιση μπορεί να διαμορφωθεί μια ολική εικόνα για κάθε περίπτωση και να πραγματοποιηθεί η ανεύρεση των κοινών τους στοιχείων (Κυριαζή, 2002). Στην ποιοτική έρευνα υπάρχει, τέλος, η μη ανάδειξη γενικών τάσεων, η κατασκευή αναπαραστάσεων της κοινωνικής πραγματικότητας και η επισήμανση του ιστορικού και κοινωνικού πλαισίου για την ερμηνεία των παρατηρούμενων συμπεριφορών (Cohen & Manion, 1994).

Σε μια έρευνα, τα πρώτα στάδια είναι και τα πιο δύσκολα και τα πιο καθοριστικά για την μετέπειτα πορεία της, καθώς αν γίνει κάποιο λάθος στο σχεδιασμό και στην προετοιμασία τους, τότε ο ερευνητής δε θα μπορέσει να βγάλει τα ορθά αποτελέσματα (Βάμβουκας, 2007). Τα στάδια του σχεδιασμού της έρευνας καλύπτουν το ένα τρίτο της έρευνας, κατόπιν γίνεται η συλλογή των κατάλληλων πληροφοριών, η επεξεργασία τους και η ανάλυση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, μέρος το οποίο καταλαμβάνει τον περισσότερο χρόνο και ο υπόλοιπος χρόνος κατανέμεται στη συγγραφή της έρευνας (Βάμβουκας, 2007).

Η παρούσα έρευνα εστιάζει στη συλλογή δεδομένων και στην παρουσίαση αποτελεσμάτων με ποσοτικό τρόπο, καθώς το θέμα της επίδρασης της προσομοίωσης πειραμάτων στις φυσικές επιστήμες ενδείκνυται για ποσοτική επεξεργασία των πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα, για τη διεξαγωγή της ποσοτικής έρευνας προτιμήθηκε η χρήση ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο αυτό συμπληρώθηκε από φοιτητές του πρώτου έτους των Τμημάτων Φυσικής και Επιστήμης Υλικών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Σύμφωνα με το Robson (2010), το ερωτηματολόγιο έχει ως σκοπό να προσδιορίσει αντιλήψεις και απόψεις, ενώ σύμφωνα με τον

Παρασκευόπουλο (1993β) είναι οικονομικότερο και ταχύτερο, μπορεί να δώσει αντικειμενικά, συγκρίσιμα και μετρήσιμα αποτελέσματα, που θα μπορούν να γενικευτούν κατά το μέτρο του δυνατού και οδηγεί σε πιο εύκολη στατιστική επεξεργασία.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά το δείγμα της έρευνας, η διαδικασία που ακολουθήθηκε με βάση τη μεθοδολογική προσέγγιση, καθώς και οι περιορισμοί και οι δυσκολίες που προέκυψαν με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες.

2.4.2. Το Δείγμα της Έρευνας

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, είναι δύσκολο να προκαθοριστεί ακριβώς το μέγεθος του δείγματος που είναι κατάλληλο για κάθε έρευνα, καθώς αυτό εξαρτάται από το σκοπό και τους στόχους της έρευνας, τη μεθοδολογική προσέγγιση και από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να την επηρεάσουν (Robson, 2010). Σύμφωνα με τον Robson (2010), ο ερευνητής αυξάνει το δείγμα του μέχρι να φτάσει στον κορεσμό, κάτι όμως που εξαρτάται από παράγοντες, όπως το εύρος της μελέτης, η φύση του θέματος, η ποιότητα των δεδομένων, το σχέδιο της μελέτης και η ερευνητική μέθοδος.

Για την πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας, η επιλογή του δείγματος έγινε με βάση την προσπάθεια συγκέντρωσης όσο το δυνατόν περισσότερων και εγκυρότερων πληροφοριών, έχοντας υπόψη τους διάφορους περιορισμούς και τις ιδιαιτερότητες που μπορεί να προέκυπταν.

Ο αριθμός του δείγματος αποτελείτο από 129 ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν από τη διδακτική παρέμβαση (pre - test) και από 48 ερωτηματολόγια που αξιολογήθηκαν μετά τη διδασκαλία της αντίστοιχης ενότητας (post - test). Συγκεκριμένα, υπήρξαν 3 ομάδες, 2 από το τμήμα της Φυσικής και 1 από το τμήμα της Μηχανικής Επιστήμης των Υλικών. Κατόπιν ακολούθησαν τρεις διδακτικές παρεμβάσεις: μία με παραδοσιακή διδασκαλία, μία με παραδοσιακή διδασκαλία σε συνδυασμό με πειράματα επίδειξης σε περιβάλλον προσομοίωσης από τον ερευνητή και μία τρίτη με παραδοσιακή διδασκαλία σε συνδυασμό πειραμάτων από τους ίδιους τους φοιτητές με το ίδιο περιβάλλον προσομοίωσης χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα ένα φύλλο εργασίας με οδηγίες.

Η διδακτική παρέμβαση είναι διαφορετική σε κάθε ομάδα, καθώς στην πρώτη οι φοιτητές παρακολουθούν μία παραδοσιακή από καθηγητή του εκάστοτε τμήματος, ενώ στη δεύτερη οι φοιτητές παρακολουθούν κάποια πειράματα επίδειξης σε προσομοίωση και στην τρίτη οι φοιτητές καλούνται με τη βοήθεια ενός φύλλου εργασίας να κάνουν οι ίδιοι τα πειράματα στο πρόγραμμα προσομοίωσης και να βγάλουν συμπεράσματα.

2.4.3. Εργαλείο της έρευνας

Αρχικά, για την πραγματοποίηση της ποσοτικής έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο με δέκα ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου. Κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις από βιβλιογραφία σχετική με τη διδακτική των φυσικών επιστημών και συγκεκριμένα των κυκλωμάτων συνεχούς.

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό προσομοίωσης πειραμάτων, το Construction Kit (DC Only) του Πανεπιστημίου του Colorado (PhET), με τη βοήθεια του οποίου έγιναν κάποια πειράματα, άλλοτε επίδειξης και άλλοτε από του ίδιους τους φοιτητές, προκειμένου να εξεταστούν οι εναλλακτικές ιδέες τους.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε πιλοτική έρευνα από δέκα υποκείμενα πριν από την εφαρμογή της κύριας έρευνας, με σκοπό να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα, παραλείψεις, λάθη, ή παρερμηνείες. Σύμφωνα με τον Παρασκευόπουλο (1993α), η πιλοτική ή προκαταρτική έρευνα προτείνεται σε κάθε περίπτωση, καθώς είναι μια πρώτη διαβεβαίωση για τη δομή των ερευνητικών εργαλείων, τη μορφή των ερευνητικών ερωτημάτων και τον τρόπο σχεδιασμού της ερευνητικής μελέτης.

2.4.4. Πραγματοποίηση κυρίως έρευνας

Μετά τη σύνταξη του, το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε πριν την διδασκαλία στις τρεις ομάδες φοιτητών (pre - test). Αφού συμπληρώθηκε και διορθώθηκε, ακολούθησε η καταγραφή των συχνοτήτων των εναλλακτικών ιδεών σχετικά με τα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, καθώς και η βαθμολόγησή του στην εικοσάβαθμη κλίμακα (1-20). Κατόπιν, ακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία από τον εκάστοτε διδάσκοντα. Στη συνέχεια υπήρξε διδακτική παρέμβαση στις δύο από τις τρεις ομάδες με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης. Συγκεκριμένα στην πρώτη

πραγματοποιήθηκαν πειράματα επίδειξης από τον ερευνητή, ενώ στη δεύτερη διεξήχθησαν πειράματα από τους φοιτητές κάτω από την καθοδήγησή του μοιράζοντας ένα φύλλο εργασίας προς διευκόλυνσή τους.

Μετά από την όλη διδακτική παρέμβαση δόθηκε εκ νέου το ερωτηματολόγιο, ώστε να φανεί κατά πόσο είχαν διαφοροποιηθεί οι αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα (post - test). Έπειτα συμπληρώθηκαν, συλλέχθηκαν και ακολούθησε επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων με το πρόγραμμα SPSS 19, καθώς και με τη βοήθεια του Microsoft Excel 2007. Μετά την καταγραφή τους ακολούθησε ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων.

2.5. Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί της Παρούσας Έρευνας

Όπως σε κάθε ερευνητική διαδικασία, έτσι και στην παρούσα έρευνα υπάρχουν πλεονεκτήματα και περιορισμοί που επηρέασαν τον τρόπο διεξαγωγής της. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε εκείνα τα χαρακτηριστικά της έρευνας που θεωρούμε πλεονεκτήματά της, όπως και σε εκείνα που θεωρούμε αδυναμίες της.

Ξεκινώντας με τα πλεονεκτήματα, θεωρούμε ότι η έρευνα αυτή είναι σε θέση να καλύψει οποιοδήποτε κενό μπορεί να υπάρχει στη βιβλιογραφία σχετικά με τη μελέτη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών με τη βοήθεια προσομοίωσης. Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό ότι έγινε προσπάθεια συγκέντρωσης και κατηγοριοποίησης των εναλλακτικών ιδεών σε επίπεδο ελληνικής εκπαίδευσης.

Θετικό θεωρούμε και το γεγονός ότι η έρευνα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν έναυσμα για περεταίρω ερευνητική ανάλυση περισσότερων εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών.

Εντούτοις, ανέκυψαν και κάποιες δυσκολίες κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Αρχικά, δεν υπήρξε αρκετά μεγάλος αριθμός υποκειμένων του δείγματος, κυρίως κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των post – tests. Παρατηρήθηκε μεγάλη διαρροή στη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων μετά τη διεξαγωγή των προσομοιώσεων, κάτι που μπορεί ενδεχομένως να δυσκολεύει στην εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων. Επιπρόσθετα, μπορεί να δημιουργήθηκε κάποια διαφοροποίηση εξαιτίας της ανομοιογένειας των φοιτητών, λόγω του ότι κάποιοι προέρχονταν από διαφορετικό Τμήμα του Πανεπιστημίου.

Παρόλα αυτά, θεωρούμε ότι έγινε μια προσπάθεια συγκέντρωσης ερευνητικών δεδομένων με βάση τις αρχές της εγκυρότητας, της αξιοπιστίας και της

αντικειμενικότητας (οι οποίες αναλύονται και παρακάτω), ώστε να εξαχθούν όσο το δυνατόν πιο αξιόλογα αποτελέσματα και συμπεράσματα.

2.6. Ζητήματα Αξιοπιστίας, Εγκυρότητας και Αντικειμενικότητας

Σύμφωνα με τον Robson (2010), για να είναι μια έρευνα δεοντολογικά ορθή και να θεωρείται πιστευτή και αξιοπρόσεκτη, πρέπει να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια εγκυρότητας και αξιοπιστίας. Στη συνέχεια θα αναφερθούν οι έννοιες της αξιοπιστίας, της εγκυρότητας και της αντικειμενικότητας, ώστε να αποσαφηνιστεί το περιεχόμενό τους και η σημαντικότητά τους για την έρευνα.

Ο όρος της *αξιοπιστίας* δείχνει το βαθμό της σταθερότητας των μετρήσεων, δηλαδή το βαθμό της συμφωνίας μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες (Παρασκευόπουλος, 1993β). Σύμφωνα με τον Ιωσηφίδη (2008), αξιόπιστη είναι μία έρευνα η οποία, αν επαναληφθεί με τους ίδιους τρόπους δίνει τα ίδια ή παρόμοια αποτελέσματα και σύμφωνα με την Κυριαζή όταν μπορεί να εγγυηθεί *«σταθερότητα αποτελέσματος σε επαναληπτικές μετρήσεις υπό παρόμοιες συνθήκες»* (Κυριαζή, 2002, σελ.88). Για να είναι αξιόπιστη μια ερευνητική διαδικασία χρειάζεται να χαρακτηρίζεται, επίσης, από την προσπάθεια μείωσης του τυχαίου σφάλματος (Βάμβουκας, 2007).

Στην ποσοτική έρευνα η εξακρίβωση της αξιοπιστίας μπορεί να θεωρηθεί ως ευκολότερη διαδικασία, καθώς μπορούν ανά πάσα στιγμή να επαναληφθούν οι μετρήσεις για να διαπιστωθεί αν επιτυγχάνεται το ίδιο αποτέλεσμα. Από την άλλη, στην ποιοτική έρευνα η αξιοπιστία αναφέρεται στο βαθμό συνέπειας της ερευνητικής διαδικασίας, καθώς και στο βαθμό κατά τον οποίο τα αποτελέσματα της έρευνας έχουν ευρύτερη αξία και σημασία (Παπαριστείδη, 2011).

Ο Robson (2010) θεωρεί ότι για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας της έρευνας πρέπει να εμπλέκονται τουλάχιστον δύο ερευνητές, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να διαπιστωθεί ταυτόχρονα και στις ίδιες συνθήκες η σταθερότητα και η συνέπεια των εξαγόμενων δεδομένων.

Η έννοια της *εγκυρότητας* συχνά συγχέεται με της αξιοπιστίας, εντούτοις είναι κάτι εντελώς διαφορετικό. Αναφέρεται στο κατά πόσον τα ευρήματα είναι πράγματι αυτά που φαίνονται ότι είναι (Robson, 2010). Δείχνει κατά πόσον το ερευνητικό μέσο μετράει αυτό το οποίο προορίζεται να μετρήσει (Παρασκευόπουλος, 1993β). Στα ποσοτικά δεδομένα η εγκυρότητα βελτιώνεται μέσω της επιλογής του κατάλληλου

ερευνητικού οργάνου, της προσεκτικής δειγματοληψίας και της κατάλληλης στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων (Βάμβουκας, 2007). Στα ποιοτικά δεδομένα η εγκυρότητα μπορεί να διασφαλιστεί μέσω της αυθεντικότητας, του πλούτου, του βάθους και του περιεχομένου των δεδομένων που συλλέγονται, μέσω της έκτασης της πολυμεθοδολογικής προσέγγισης που υιοθετείται, της ανιδιοτέλειας του ερευνητή και της προσπάθειάς του να ελαττώσει στοιχεία προκατάληψης και μεροληψίας (Ιωσηφίδης, 2008).

Επιπρόσθετα με τις παραπάνω δύο έννοιες σημαντική για τη δεοντολογία της έρευνας είναι και η έννοια της *αντικειμενικότητας*, η οποία φανερώνει ότι η έρευνα *«πρέπει να διεξάγεται με τέτοιο τρόπο ώστε η συλλογή, η ανάλυση και η ερμηνεία των δεδομένων της να γίνεται χωρίς να επηρεάζονται ή να εξαρτώνται από την προσωπικότητα του ερευνητή»* (Βάμβουκας, 2007). Αυτό σημαίνει ότι αν επιχειρήσει κάποιος άλλος ερευνητής να αναλύσει και να ερμηνεύσει τα ίδια δεδομένα, θα πρέπει να καταλήξει στα ίδια αποτελέσματα. Συνεπώς, ο ερευνητής είναι απαραίτητο να είναι απαλλαγμένος από προκαταλήψεις, προσωπικές απόψεις, προκαθορισμένες ιδέες και επιθυμίες και γενικότερα από συναισθηματισμούς και υποκειμενισμό, πράγμα δύσκολο και απαιτητικό (Κόκκαλη, 2014). Παρόλα αυτά, όσο είναι δυνατόν, πρέπει να αποφεύγεται οτιδήποτε το υπερβολικό και το ανορθόδοξο κατά την ερευνητική διαδικασία, ώστε να μην υποπίπτει ο ερευνητής σε σφάλματα (Βάμβουκας, 2007).

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να τηρηθούν όλα τα παραπάνω όσο το επέτρεπαν οι συνθήκες και οι περιορισμοί που ανέκυψαν. Ως προς την αξιοπιστία της ερευνητικής διαδικασίας έγινε προσπάθεια να διατυπωθούν με τέτοιο τρόπο τα ερωτήματα, ώστε να μην υπάρξουν παρανοήσεις και προκαταλήψεις. Επίσης, τα ποσοτικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν με τρόπο συστηματικό, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου τους από άλλους ερευνητές και για το λόγο αυτό παρατίθεται το σύνολο του υλικού στο παράρτημα της εργασίας.

Ως προς την εγκυρότητα της έρευνας αυτής, έγινε διεξαγωγή πιλοτικών ερευνών, ώστε να δοκιμαστούν τα ερευνητικά μέσα πριν χρησιμοποιηθούν στην κυρίως έρευνα. Ακόμη, έγινε έλεγχος της φαινομενικής εγκυρότητας και της εγκυρότητας περιεχομένου κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του ερωτηματολογίου, όπως έχει ήδη περιγραφεί αναλυτικά παραπάνω, ώστε να διαπιστωθεί ότι το εργαλείο που δημιουργήθηκε είναι κατάλληλο για αυτό που προορίζεται να μετρήσει και για το σκοπό και τους στόχους της έρευνας.

Ως προς την έννοια, τέλος, της αντικειμενικότητας έγινε προσπάθεια απομάκρυνσης οποιασδήποτε προκατάληψης και προσωπικές απόψεις κατά τη συλλογή και την ερμηνεία των δεδομένων.

2.7. Σύνοψη του κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε η πλήρης περιγραφή της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα. Αρχικά, περιγράφηκαν παρόμοιες έρευνες που συναντήθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς και την αξιοποίηση του λογισμικού προσομοίωσης στην εκπαίδευση φυσικών επιστημών.

Κατόπιν, περιγράφηκε η μεθοδολογική ερευνητική προσέγγιση που πραγματοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ποσοτική έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίου για τη διερεύνηση των εσφαλμένων αντιλήψεων και χρήση λογισμικού προσομοίωσης, καθώς και διαχωρισμός των φοιτητών σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τη διδακτική μέθοδο που ακολούθησαν.

Στη συνέχεια, συζητήθηκαν κάποια ζητήματα εγκυρότητας, αξιοπιστίας και αντικειμενικότητας σχετικά με την παρούσα έρευνα και δεν παραλείφθηκαν να αναφερθούν τόσο τα πλεονεκτήματά της, όσο και οι περιορισμοί και οι δυσκολίες της.

Με βάση την παραπάνω μεθοδολογική ανάλυση και τα υπό μελέτη ερευνητικά ερωτήματα, στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Η Ανάλυση των Ευρημάτων και τα Αποτελέσματα της Έρευνας

3.1. Εισαγωγικά

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ερευνητικών ευρημάτων της παρούσας εργασίας. Αρχικά, μελετάται η σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια, αναλύονται οι εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος με βάση τις οχτώ κατηγορίες που δόθηκαν στο ερευνητικό εργαλείο του ερωτηματολογίου και αναδεικνύεται η συχνότητα εμφάνισής τους. Τέλος, διαπιστώνεται κατά πόσο μετασχηματίστηκαν οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών μετά από τις διδακτικές παρεμβάσεις.

3.2. Σχέση φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου

Η σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου έγινε και στις δύο φάσεις της έρευνας, pre - test και post - test. Στη δεύτερη, μελετήθηκε η παραπάνω σχέση ξεχωριστά για κάθε ομάδα.

3.2.1. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Pre-Test

Αρχικά αναγνωρίζονται οι δύο μεταβλητές **Βαθμός Ερωτηματολογίου (1-20)** και **Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ)** και τοποθετούνται στο SPSS στην καρτέλα Variable View. Η μεταβλητή Βαθμός Ερωτηματολογίου είναι αριθμητική (Scale) και η μεταβλητή Φύλο είναι ονομαστική (Nominal). Εισάγονται τα δεδομένα για την κάθε μεταβλητή στην καρτέλα Data View. Επιλέγεται το κριτήριο T-Test για τον έλεγχο των μέσων όρων του βαθμού του ερωτηματολογίου για κάθε φύλο εφόσον οι τιμές που παίρνει είναι συνεχείς αριθμητικές. Ουσιαστικά επιδιώκεται να συγκριθούν οι μέσοι όροι της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για το κάθε φύλο.

- Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test είναι οι τιμές του βαθμού για κάθε φύλο να κατανέμονται κανονικά (**προϋπόθεση κανονικής κατανομής**).

Επιλέγονται αρχικά οι τιμές της επίδοσης που αντιστοιχούν στα αγόρια και γίνεται έλεγχος κανονικής κατανομής (Πίνακας 2) αφού πρώτα διατυπωθεί η μηδενική υπόθεση και η εναλλακτική υπόθεση:

Μηδενική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **δεν είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εναλλακτική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εφαρμόζοντας το One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test παρατηρείται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $32,5\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N			66
Normal Parameters ^{a, b}	Mean		8,73
	Std. Deviation		3,312
Most Extreme Differences	Absolute		,117
	Positive		,117
	Negative		-,099
Kolmogorov-Smirnov Z			,952
Asymp. Sig. (2-tailed)			,325

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Πίνακας 2.

Στη συνέχεια ακολουθούνται τα ίδια βήματα για τον έλεγχο κανονικής κατανομής των τιμών ενδιαφέροντος που αντιστοιχούν στα κορίτσια (Πίνακας 3). Φαίνεται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $26,2\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		63
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	7,29
	Std. Deviation	3,240
Most Extreme Differences	Absolute	,127
	Positive	,095
	Negative	-,127
Kolmogorov-Smirnov Z		1,007
Asymp. Sig. (2-tailed)		,262

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 3.

Εφόσον έχει διασφαλιστεί η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test. Έπειτα γίνεται η διατύπωση της μηδενικής και της εναλλακτικής υπόθεσης για τους μέσους όρους επίδοσης των δύο φύλων.

Εναλλακτική υπόθεση:

- Τα αγόρια έχουν **υψηλότερο μέσο όρο** επίδοσης από τα κορίτσια.

Μηδενική υπόθεση:

- **Δεν υπάρχει** διαφορά στο μέσο όρο επίδοσης ανάμεσα στα δύο φύλα.

Επειδή εξετάζεται το ερώτημα εάν τα αγόρια έχουν υψηλότερο μέσο όρο επίδοσης από τα κορίτσια γίνεται **Μονόπλευρος Έλεγχος**.

Αφού εφαρμοστεί το κριτήριο Independent Samples T-Test, έχοντας επιλέξει για Test Variable τον Βαθμό Ερωτηματολογίου και για Grouping Variable το Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ) προκύπτουν οι πίνακες Group Statistics και Independent Samples Test. Σ' αυτό το σημείο γίνεται Δίπλευρος Έλεγχος διότι αντλούνται αποτελέσματα και για τα δύο φύλα.

Group Statistics

	ΦΥΛΟ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΒΑΘΜΟΣ_ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	ΑΓΟΡΙ	66	8,73	3,312	,408
	ΚΟΡΙΤΣΙ	63	7,29	3,240	,408

Πίνακας 4.

Από τον πρώτο πίνακα παρατηρείται ότι ο μέσος όρος (Mean) των αγοριών είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των κοριτσιών.

Συγκεκριμένα: $MO_{αγοριών} = 8,73$ και $MO_{κοριτσιών} = 7,29$

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	Equal variances assumed	,013	,910	2,497	127	,014	1,442	,577	,299	2,584
	Equal variances not assumed			2,499	126,922	,014	1,442	,577	,300	2,583

Πίνακας 5.

Στον δεύτερο πίνακα φαίνεται αρχικά ο έλεγχος Levene (Levene's Test for Equality of Variances) ο οποίος θεωρεί αρχικά ότι οι διασπορές είναι ίσες (Μηδενική Υπόθεση). Εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. ίση με $91\% > 5\%$ **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση, άρα οι **διασπορές είναι ίσες** και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) η οποία είναι p ίσο με $1,4\% < 5\%$. Επομένως τα αγόρια έχουν υψηλότερο μέσο όρο βαθμολογίας από τα κορίτσια.

Επειδή όμως ο έλεγχος είναι μονόπλευρος:

- p δίπλευρου ελέγχου ίσο με $1,4\%$
- Τιμή του κριτηρίου ελέγχου T-Test t , που αντιστοιχεί στο παραπάνω p , ίση με $2,497 > 0$.
- $MO_{αγοριών} > MO_{κοριτσιών}$.

Επομένως η τιμή του p του μονόπλευρου ελέγχου, είναι το μισό της τιμής του p του δίπλευρου ελέγχου. Επομένως $p = 1,4\%/2 = 0,7\% < 5\%$.

Συμπερασματικά, ο μέσος όρος επίδοσης είναι μεγαλύτερος στα αγόρια απ' ότι στα κορίτσια, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% .

3.2.2. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Post-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία)

Αρχικά αναγνωρίζονται οι δύο μεταβλητές **Βαθμός Ερωτηματολογίου (1-20)** και **Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ)** και τοποθετούνται στο SPSS στην καρτέλα Variable View. Η μεταβλητή Βαθμός Ερωτηματολογίου είναι αριθμητική (Scale) και η μεταβλητή Φύλο είναι ονομαστική (Nominal). Εισάγονται τα δεδομένα για την κάθε μεταβλητή στην καρτέλα Data View. Επιλέγεται το κριτήριο T-Test για τον έλεγχο των μέσων όρων του βαθμού του ερωτηματολογίου για κάθε φύλο εφόσον οι τιμές που παίρνει είναι συνεχείς αριθμητικές. Ουσιαστικά επιδιώκεται να συγκριθούν οι μέσοι όροι της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για το κάθε φύλο.

- Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test είναι οι τιμές του βαθμού για κάθε φύλο να κατανέμονται κανονικά (**προϋπόθεση κανονικής κατανομής**).

Επιλέγονται αρχικά οι τιμές της επίδοσης που αντιστοιχούν στα αγόρια και γίνεται έλεγχος κανονικής κατανομής (Πίνακας 6) αφού πρώτα διατυπωθεί η μηδενική υπόθεση και η εναλλακτική υπόθεση:

Μηδενική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **δεν είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εναλλακτική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εφαρμόζοντας το One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test παρατηρείται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $99,9\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		4
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	11,50
	Std. Deviation	5,196
Most Extreme Differences	Absolute	,185
	Positive	,185
	Negative	-,145
Kolmogorov-Smirnov Z		,370
Asymp. Sig. (2-tailed)		,999

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 6.

Στη συνέχεια ακολουθούνται τα ίδια βήματα για τον έλεγχο κανονικής κατανομής των τιμών ενδιαφέροντος που αντιστοιχούν στα κορίτσια (Πίνακας 7). Παρατηρείται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $74,7\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,27
	Std. Deviation	4,978
Most Extreme Differences	Absolute	,175
	Positive	,138
	Negative	-,175
Kolmogorov-Smirnov Z		,679
Asymp. Sig. (2-tailed)		,747

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 7.

Εφόσον έχει διασφαλιστεί η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test. Έπειτα γίνεται η διατύπωση της μηδενικής και της εναλλακτικής υπόθεσης για τους μέσους όρους επίδοσης των δύο φύλων.

Εναλλακτική υπόθεση:

- Τα αγόρια έχουν **υψηλότερο μέσο όρο** επίδοσης από τα κορίτσια.

Μηδενική υπόθεση:

- Δεν υπάρχει** διαφορά στο μέσο όρο επίδοσης ανάμεσα στα δύο φύλα.

Επειδή εξετάζεται το ερώτημα εάν τα αγόρια έχουν υψηλότερο μέσο όρο επίδοσης από τα κορίτσια γίνεται **Μονόπλευρος Έλεγχος**.

Αφού εφαρμοστεί το κριτήριο Independent Samples T-Test, έχοντας επιλέξει για Test Variable τον Βαθμό Ερωτηματολογίου και για Grouping Variable το Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ) προκύπτουν οι πίνακες Group Statistics και Independent Samples Test. Σ' αυτό το σημείο γίνεται Δίπλευρος Έλεγχος διότι αντλούνται αποτελέσματα και για τα δύο φύλα.

Group Statistics

	ΦΥΛΟ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	ΑΓΟΡΙ	4	11,50	5,196	2,598
	ΚΟΡΙΤΣΙ	15	8,27	4,978	1,285

Πίνακας 8.

Από τον πρώτο πίνακα παρατηρείται ότι ο μέσος όρος (Mean) των αγοριών είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των κοριτσιών.

Συγκεκριμένα: $MO_{αγοριών} = 11,50$ και $MO_{κοριτσιών} = 8,27$

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	Equal variances assumed	,049	,827	1,145	17	,268	3,233	2,823	-2,723	9,190
	Equal variances not assumed			1,115	4,589	,320	3,233	2,899	-4,423	10,890

Πίνακας 9.

Στον δεύτερο πίνακα φαίνεται αρχικά ο έλεγχος Levene (Levene's Test for Equality of Variances) ο οποίος θεωρεί αρχικά ότι οι διασπορές είναι ίσες (Μηδενική Υπόθεση). Εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. ίση με $82,7\% > 5\%$ **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση, άρα οι **διασπορές είναι ίσες** και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) η οποία είναι **p** ίσο με $26,8\% > 5\%$. Επομένως τα αγόρια δεν έχουν υψηλότερο μέσο όρο βαθμολογίας από τα κορίτσια.

Επειδή όμως ο έλεγχος είναι μονόπλευρος:

- p δίπλευρου ελέγχου ίσο με 26,8%
- Τιμή του κριτηρίου ελέγχου T-Test t , που αντιστοιχεί στο παραπάνω p , ίση με $1,145 > 0$.
- $MO_{αγοριών} > MO_{κοριτσιών}$.

Επομένως η τιμή του p του μονόπλευρου ελέγχου, είναι το μισό της τιμής του p του δίπλευρου ελέγχου. Επομένως $p = 26,8\%/2 = 13,4\% > 5\%$.

Συμπερασματικά λοιπόν, ο μέσος όρος επίδοσης δεν είναι μεγαλύτερος στα αγόρια απ' ότι στα κορίτσια, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%.

3.2.3. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Post-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία + Πείραμα Επίδειξης-Προσομοίωση)

Αρχικά αναγνωρίζονται οι δύο μεταβλητές **Βαθμός Ερωτηματολογίου (1-20)** και **Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ)** και τοποθετούνται στο SPSS στην καρτέλα Variable View. Η μεταβλητή Βαθμός Ερωτηματολογίου είναι αριθμητική (Scale) και η μεταβλητή Φύλο είναι ονομαστική (Nominal). Εισάγονται τα δεδομένα για την κάθε μεταβλητή στην καρτέλα Data View. Επιλέγεται το κριτήριο T-Test για τον έλεγχο των μέσων όρων του βαθμού του ερωτηματολογίου για κάθε φύλο εφόσον οι τιμές που παίρνει είναι συνεχείς αριθμητικές. Ουσιαστικά επιδιώκεται να συγκριθούν οι μέσοι όροι της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για το κάθε φύλο.

- Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test είναι οι τιμές του βαθμού για κάθε φύλο να κατανέμονται κανονικά (**προϋπόθεση κανονικής κατανομής**).

Επιλέγονται αρχικά οι τιμές της επίδοσης που αντιστοιχούν στα αγόρια και γίνεται έλεγχος κανονικής κατανομής (Πίνακας 10) αφού πρώτα διατυπωθεί η μηδενική υπόθεση και η εναλλακτική υπόθεση:

Μηδενική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **δεν είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εναλλακτική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εφαρμόζοντας το One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test παρατηρείται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $80,4\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	13,88
	Std. Deviation	2,167
Most Extreme Differences	Absolute	,227
	Positive	,227
	Negative	-,193
Kolmogorov-Smirnov Z		,642
Asymp. Sig. (2-tailed)		,804

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 10.

Στη συνέχεια ακολουθούνται τα ίδια βήματα για τον έλεγχο κανονικής κατανομής των τιμών ενδιαφέροντος που αντιστοιχούν στα κορίτσια (Πίνακας 11). Φαίνεται ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $95,8\% > 5\%$ επομένως **δεν**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		11
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	12,91
	Std. Deviation	2,625
Most Extreme Differences	Absolute	,153
	Positive	,120
	Negative	-,153
Kolmogorov-Smirnov Z		,508
Asymp. Sig. (2-tailed)		,958

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 11.

καταρρίπτεται η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

Εφόσον έχει διασφαλισθεί η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test. Έπειτα γίνεται η διατύπωση της μηδενικής και της εναλλακτικής υπόθεσης για τους μέσους όρους επίδοσης των δύο φύλων.

Εναλλακτική υπόθεση:

- Τα αγόρια έχουν **υψηλότερο μέσο όρο** επίδοσης από τα κορίτσια.

Μηδενική υπόθεση:

- **Δεν υπάρχει** διαφορά στο μέσο όρο επίδοσης ανάμεσα στα δύο φύλα.

Επειδή εξετάζεται το ερώτημα εάν τα αγόρια έχουν υψηλότερο μέσο όρο επίδοσης από τα κορίτσια γίνεται **Μονόπλευρος Έλεγχος**.

Αφού εφαρμοστεί το κριτήριο Independent Samples T-Test, έχοντας επιλέξει για Test Variable τον Βαθμό Ερωτηματολογίου και για Grouping Variable το Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ) προκύπτουν οι πίνακες Group Statistics και Independent Samples Test. Σ' αυτό το σημείο γίνεται Δίπλευρος Έλεγχος διότι αντλούνται αποτελέσματα και για τα δύο φύλα.

Group Statistics

	ΦΥΛΟ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	ΑΓΟΡΙ	8	13,88	2,167	,766
	ΚΟΡΙΤΣΙ	11	12,91	2,625	,791

Πίνακας 12.

Από τον πρώτο πίνακα παρατηρείται ότι ο μέσος όρος (Mean) των αγοριών είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των κοριτσιών.

Συγκεκριμένα: $MO_{αγοριών} = 13,88$ και $MO_{κοριτσιών} = 12,91$

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	Equal variances assumed	,550	,468	,850	17	,407	,966	1,137	-1,433	3,365
	Equal variances not assumed			,877	16,644	,393	,966	1,102	-1,362	3,294

Πίνακας 13.

Στον δεύτερο πίνακα φαίνεται αρχικά ο έλεγχος Levene (Levene's Test for Equality of Variances) ο οποίος θεωρεί αρχικά ότι οι διασπορές είναι ίσες (Μηδενική Υπόθεση). Εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. ίση με $46,8\% > 5\%$ **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση, άρα οι **διασπορές είναι ίσες** και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) η οποία είναι **p** ίσο με $40,7\% > 5\%$. Επομένως τα αγόρια δεν έχουν υψηλότερο μέσο όρο βαθμολογίας από τα κορίτσια.

Επειδή όμως ο έλεγχος είναι μονόπλευρος:

- **p** δίπλευρου ελέγχου ίσο με $40,7\%$
- Τιμή του κριτηρίου ελέγχου T-Test **t**, που αντιστοιχεί στο παραπάνω **p**, ίση με $0,850 > 0$.
- $MO_{αγοριών} > MO_{κοριτσιών}$.

Επομένως η τιμή του **p** του μονόπλευρου ελέγχου, είναι το μισό της τιμής του **p** του δίπλευρου ελέγχου. Επομένως **p** = $40,7\%/2 = 20,35\% > 5\%$.

Επομένως κι εδώ ο μέσος όρος επίδοσης δεν είναι μεγαλύτερος στα αγόρια απ' ότι στα κορίτσια, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% .

3.2.4. Μελέτη συσχέτισης βαθμού ερωτηματολογίου και φύλου στο Pre-Test (Παραδοσιακή Διδασκαλία + Πείραμα από τους φοιτητές-Προσομοίωση)

Αρχικά αναγνωρίζονται οι δύο μεταβλητές **Βαθμός Ερωτηματολογίου (1-20)** και **Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ)** και τοποθετούνται στο SPSS στην καρτέλα Variable View. Η μεταβλητή Βαθμός Ερωτηματολογίου είναι αριθμητική (Scale) και η μεταβλητή Φύλο είναι ονομαστική (Nominal). Εισάγονται τα δεδομένα για την κάθε μεταβλητή στην καρτέλα Data View. Επιλέγεται το κριτήριο T-Test για τον έλεγχο των μέσων όρων του βαθμού του ερωτηματολογίου για κάθε φύλο εφόσον οι τιμές που παίρνει είναι συνεχείς αριθμητικές. Ουσιαστικά επιδιώκεται να συγκριθούν οι μέσοι όροι της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για το κάθε φύλο.

- Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test είναι οι τιμές του βαθμού για κάθε φύλο να κατανέμονται κανονικά (**προϋπόθεση κανονικής κατανομής**).

Επιλέγονται αρχικά οι τιμές της επίδοσης που αντιστοιχούν στα αγόρια και γίνεται έλεγχος κανονικής κατανομής (Πίνακας 14) αφού πρώτα διατυπωθεί η μηδενική υπόθεση και η εναλλακτική υπόθεση:

Μηδενική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **δεν είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εναλλακτική υπόθεση

- Η κατανομή των μεταβλητών **είναι** στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

Εφαρμόζοντας το One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test παρατηρούμε ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $99,9\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N			2
Normal Parameters ^{a, b}	Mean		15,00
	Std. Deviation		1,414
Most Extreme Differences	Absolute		,260
	Positive		,260
	Negative		-,260
Kolmogorov-Smirnov Z			,368
Asymp. Sig. (2-tailed)			,999

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Πίνακας 14.

Στη συνέχεια ακολουθούμε τα ίδια βήματα για τον έλεγχο κανονικής κατανομής των τιμών ενδιαφέροντος που αντιστοιχούν στα κορίτσια (Πίνακας 15). Βλέπουμε ότι η πιθανότητα Asymp.Sig.(2-tailed) είναι $90,2\% > 5\%$ επομένως **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές της μεταβλητής του ενδιαφέροντος κατανέμονται **κανονικά**.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟ ΛΟΓΙΟΥ
N		8
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	13,63
	Std. Deviation	4,658
Most Extreme Differences	Absolute	,201
	Positive	,174
	Negative	-,201
Kolmogorov-Smirnov Z		,569
Asymp. Sig. (2-tailed)		,902

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 15.

Εφόσον έχει διασφαλιστεί η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test. Έπειτα γίνεται η διατύπωση της μηδενικής και της εναλλακτικής υπόθεσης για τους μέσους όρους επίδοσης των δύο φύλων.

Εναλλακτική υπόθεση:

- Τα αγόρια έχουν **υψηλότερο μέσο όρο** επίδοσης από τα κορίτσια.

Μηδενική υπόθεση:

- Δεν υπάρχει διαφορά στο μέσο όρο επίδοσης ανάμεσα στα δύο φύλα.

Επειδή εξετάζεται το ερώτημα εάν τα αγόρια έχουν υψηλότερο μέσο όρο επίδοσης από τα κορίτσια γίνεται **Μονόπλευρος Έλεγχος**.

Αφού εφαρμοστεί το κριτήριο Independent Samples T-Test, έχοντας επιλέξει για Test Variable τον Βαθμό Ερωτηματολογίου και για Grouping Variable το Φύλο (1=ΑΓΟΡΙ, 2=ΚΟΡΙΤΣΙ) προκύπτουν οι πίνακες Group Statistics και Independent Samples Test. Σ' αυτό το σημείο γίνεται Δίπλευρος Έλεγχος διότι αντλούνται αποτελέσματα και για τα δύο φύλα.

Group Statistics

	ΦΥΛΟ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	ΑΓΟΡΙ	2	15,00	1,414	1,000
	ΚΟΡΙΤΣΙ	8	13,63	4,658	1,647

Πίνακας 16.

Από τον πρώτο πίνακα παρατηρείται ότι ο μέσος όρος (Mean) των αγοριών είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των κοριτσιών.

Συγκεκριμένα: $MO_{\text{αγοριών}} = 15,00$ και $MO_{\text{κοριτσιών}} = 13,63$

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΒΑΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	Equal variances assumed	4,361	,070	,397	8	,702	1,375	3,467	-6,620	9,370
	Equal variances not assumed			,714	6,719	,499	1,375	1,927	-3,220	5,970

Πίνακας 17.

Στον δεύτερο πίνακα φαίνεται αρχικά ο έλεγχος Levene (Levene's Test for Equality of Variances) ο οποίος θεωρεί αρχικά ότι οι διασπορές είναι ίσες (Μηδενική Υπόθεση). Εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. ίση με $7\% > 5\%$ **δεν καταρρίπτεται** η μηδενική υπόθεση, άρα οι **διασπορές είναι ίσες** και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) η οποία είναι **p** ίσο με $70,2\% > 5\%$. Επομένως τα αγόρια δεν έχουν υψηλότερο μέσο όρο βαθμολογίας από τα κορίτσια.

Επειδή όμως ο έλεγχος είναι μονόπλευρος:

- **p** δίπλευρου ελέγχου ίσο με $70,2\%$
- Τιμή του κριτηρίου ελέγχου T-Test **t**, που αντιστοιχεί στο παραπάνω **p**, ίση με $0,397 > 0$.
- $MO_{\text{αγοριών}} > MO_{\text{κοριτσιών}}$.

Επομένως η τιμή του **p** του μονόπλευρου ελέγχου, είναι το μισό της τιμής του **p** του δίπλευρου ελέγχου. Επομένως **p** = $70,2\%/2 = 35,1\% > 5\%$.

Άρα ο μέσος όρος επίδοσης δεν είναι μεγαλύτερος στα αγόρια απ' ότι στα κορίτσια, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% .

Συνοψίζοντας από όλη την ανάλυση μέσω SPSS διαφαίνεται ότι στα pre - tests ο μέσος όρος των αγοριών είναι μεγαλύτερος από των κοριτσιών σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% , αλλά στα post - tests ο μέσος όρος αγοριών και κοριτσιών δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές. Επομένως φαίνεται ότι πριν την διδακτική παρέμβαση τα αγόρια εμφανίζουν μεγαλύτερη βαθμολογία απ' ότι τα κορίτσια, μια διαφορά που στην πορεία δείχνει να χάνεται.

3.3. Εναλλακτικές ιδέες σχετικές με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο

Η πρώτη εναλλακτική ιδέα που εξετάστηκε ήταν η δυσκολία αναγνώρισης σύνδεσης αντιστατών σε ασυνήθιστες διατάξεις (Knight, 2006). Οι μαθητές πιστεύουν ότι οι ορισμοί σε "σειρά" και "παράλληλα" αναφέρονται σε μια γεωμετρική αντί για μία ηλεκτρική σχέση. Η ιδέα αυτή ερευνήθηκε στην πρώτη και στην τέταρτη ερώτηση του ερωτηματολογίου σε ένα απλό και σε ένα δύσκολο κύκλωμα αντίστοιχα.

Η δεύτερη παρανόηση αφορούσε την ανάδειξη του μονοπολικού μοντέλου (Hewitt, 2007). Οι μαθητές θεωρούν την μπαταρία και/ή τη λάμπα ως ένα μονόπολο, πράγμα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μη κατανοούν τη σωστή συνδεσμολογία μεταξύ τους. Η ιδέα ερευνήθηκε στην δεύτερη ερώτηση υπό μορφή κλειστού τύπου.

Η τρίτη εναλλακτική ιδέα είχε να κάνει με το ότι οι μαθητές σκέφτονται στα κυκλώματα τοπικά κι όχι ολικά με αποτέλεσμα να θεωρούν ότι το ρεύμα πάντα χωρίζεται στη μέση σε έναν κόμβο (Κουμαράς, 1989). Η παρανόηση μελετήθηκε στην τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου δίνοντας τη δυνατότητα να αιτιολογηθεί η εκάστοτε απάντηση.

Η τέταρτη ιδέα σχετιζόταν με την πεποίθηση των μαθητών ότι όσο πιο πολλές μπαταρίες υπάρχουν σε ένα κύκλωμα, τόσο πιο μεγάλη είναι η φωτοβολία του λαμπτήρα, ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσής τους. Δηλαδή, πρόκειται για μια ποσοτική σχέση μεταξύ της φωτοβολίας της λάμπας και του πλήθους των μπαταριών (Licht, 1991). Το ζήτημα αυτό ερευνήθηκε στην πέμπτη ερώτηση η οποία ήταν πολλαπλής επιλογής με ζητούμενη αιτιολόγηση.

Η πέμπτη λανθασμένη αντίληψη ήταν το καταναλωτικό μοντέλο, δηλαδή, οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα καταναλώνεται καθώς διαρρέει ένα κύκλωμα (Psillos et al, 1985). Η παρούσα αντίληψη παρουσιάστηκε στην έκτη, καθώς και στην ένατη ερώτηση, υπό μορφή ανοικτού τύπου και τέθηκε σκόπιμα δύο φορές για να λειτουργήσει και ως ερώτηση ελέγχου.

Η έκτη παρανόηση αφορούσε την τάση των μαθητών να μην αναγνωρίζουν ότι η διαφορά δυναμικού μπορεί να υπάρχει ακόμα και μεταξύ ασύνδετων σημείων ενός κυκλώματος, δηλαδή ότι υφίσταται μόνο όταν υπάρχει ρεύμα (Knight, 2006). Η ιδέα μελετήθηκε στην όγδοη ερώτηση.

Η έβδομη εναλλακτική ιδέα σχετιζόταν με το γεγονός ότι οι μαθητές πιστεύουν ότι μια μπαταρία είναι πηγή σταθερού και αμετάβλητου ρεύματος (McDermott and Shaffer, 1992), η οποία ερευνήθηκε στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις 6, 7 και 10.

Για την όγδοη και τελευταία εναλλακτική ιδέα προέκυψε η ανάγκη της μελέτης της κατά τη διάρκεια της διόρθωσης των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων, αφού παρατηρήθηκε υψηλή συχνότητα εμφάνισης. Οι μαθητές έδειξαν να πιστεύουν πως δεν αντιλαμβάνονται ότι αφαιρώντας έναν λαμπτήρα από έναν κλάδο του κυκλώματος, δεν διαρρέεται πλέον ο δεύτερος από ρεύμα (Κουμαράς, 1989). Η τελευταία εναλλακτική ιδέα αναζητήθηκε στην δέκατη ερώτηση του ερωτηματολογίου.

3.4. Η Συχνότητα εμφάνισης κάθε εναλλακτικής ιδέας σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου

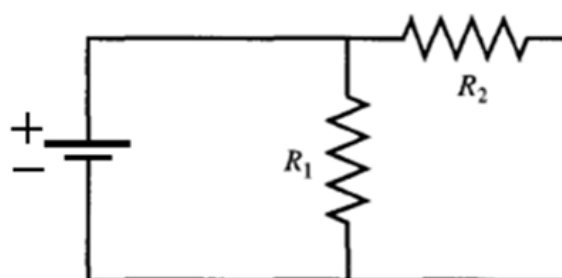
Στην ενότητα αυτή αναλύονται στατιστικά τα ποσοστά εμφάνισης, επί τοις εκατό (%), των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών, στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου. Όλες οι ερωτήσεις δόθηκαν σε όλες τις ομάδες φοιτητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Η στατιστική ανάλυση βασίστηκε στο λογισμικό Microsoft Office Excel 2007.

Ερώτηση 1

Πώς είναι συνδεδεμένοι οι αντιστάτες R_1 και R_2 στο διπλανό διάγραμμα κυκλώματος;

A. Σε σειρά ☐

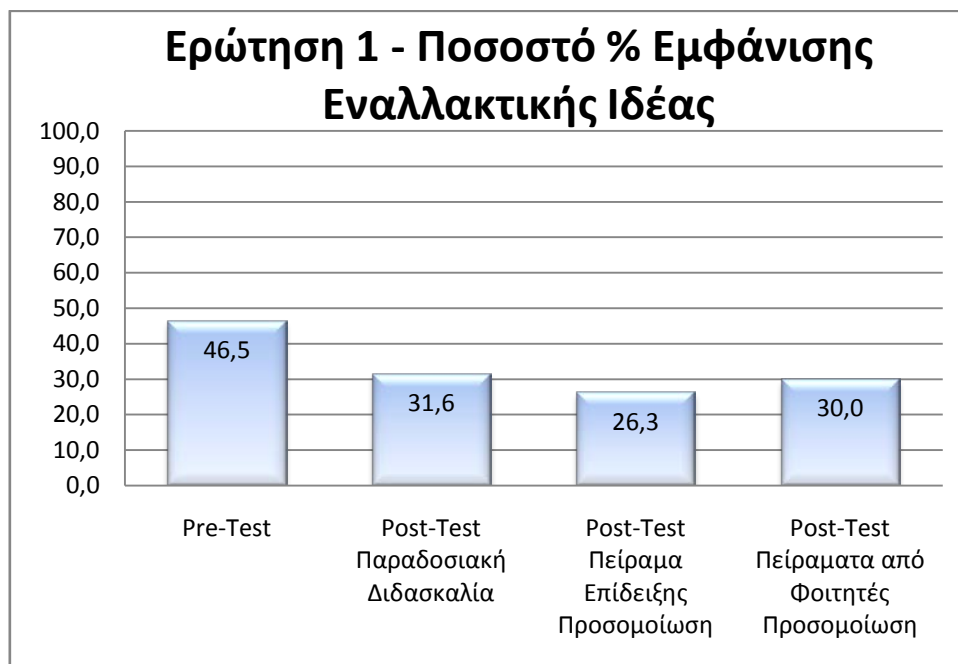
B. Παράλληλα ☒



Σχήμα 42. (Knight, 2006)

Η ερώτηση 1 έχει στόχο να διερευνήσει τη δυσκολία αναγνώρισης σωστής συνδεσμολογίας αντιστατών σε μια ασυνήθιστη αλλά εύκολη διάταξη. Η ιδέα βασίζεται στην γεωμετρική κι όχι ηλεκτρική σχέση που αποδίδουν οι μαθητές στην συνδεσμολογία αντιστάσεων. Το ποσοστό των φοιτητών που εμφάνισε την παρανόηση στη συγκεκριμένη ερώτηση στο pre - test ήταν 46,5%. Μετά την

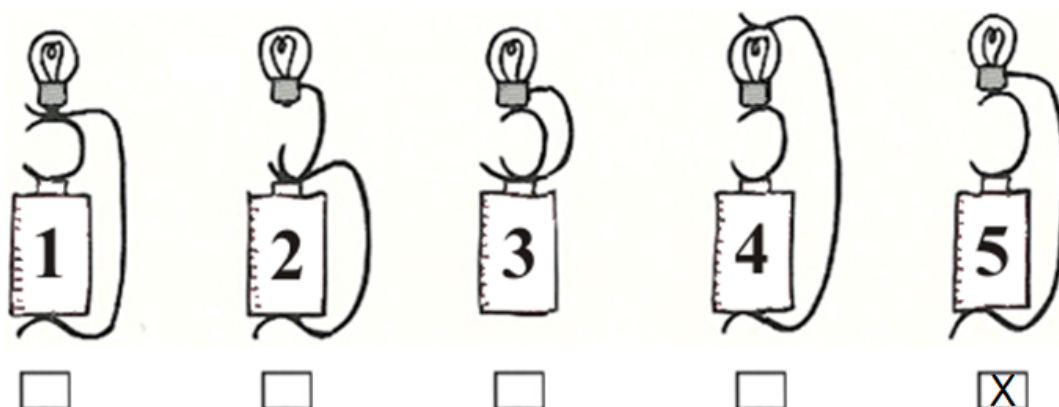
παρακολούθηση της αντίστοιχης ενότητας στο Πανεπιστήμιο οι φοιτητές εμφανίζουν την ιδέα σε ποσοστό 31,6%, ενώ ακόμη μικρότερο ποσοστό, 26,3%, παρουσιάζουν όσοι παρακολούθησαν πειράματα με τη βοήθεια προσομοίωσης. Τέλος, οι φοιτητές που οι ίδιοι χρησιμοποίησαν το λογισμικό προσομοίωσης δείχνουν να εμφανίζουν την εναλλακτική ιδέα σε ποσοστό 30%. Τα παραπάνω ποσοστά φαίνονται στο γράφημα που ακολουθεί (γράφημα 1).



Γράφημα 1.

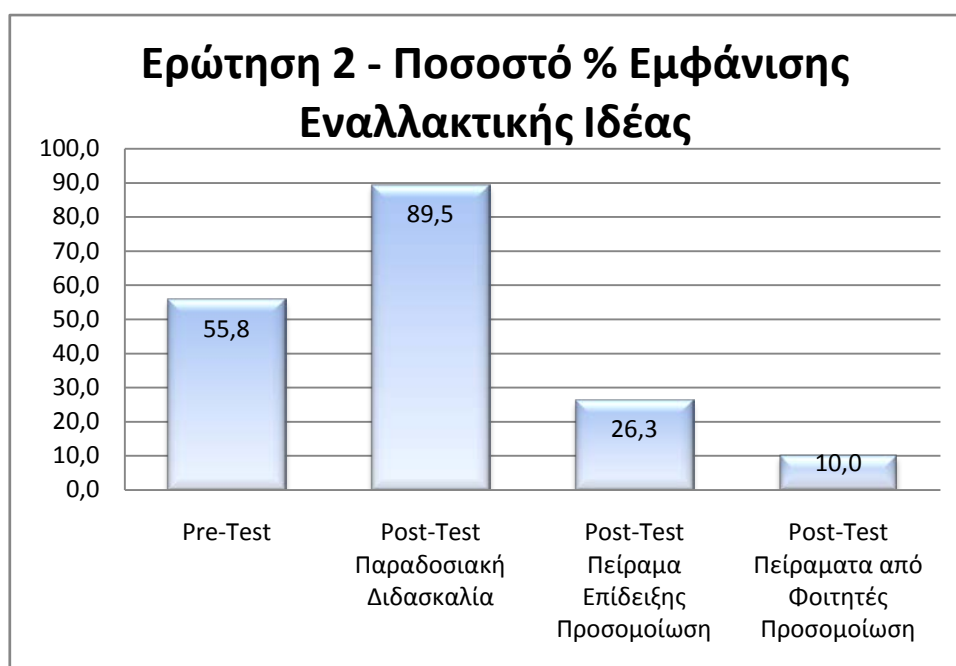
Ερώτηση 2

Σε ποιο/α από τα παρακάτω κυκλώματα υπάρχει ρεύμα για να ανάψει η λάμπα;



Σχήμα 43. (Hewitt, 2007)

Η ερώτηση 2 αποσκοπεί στην ανάδειξη του μονοπολικού μοντέλου. Εδώ οι φοιτητές πριν τη διδασκαλία εμφάνισαν την εναλλακτική ιδέα σε ποσοστό 55,8%. Μετά την παραδοσιακή διδασκαλία οι φοιτητές έδειξαν ότι παρανοούν την έννοια σε ποσοστό 89,5%, ενώ στα πειράματα επίδειξης το ποσοστό ανέρχεται στο 26,3%. Στα πειράματα από τους φοιτητές με προσομοίωση το ποσοστό αγγίζει το 10% (γράφημα 2).

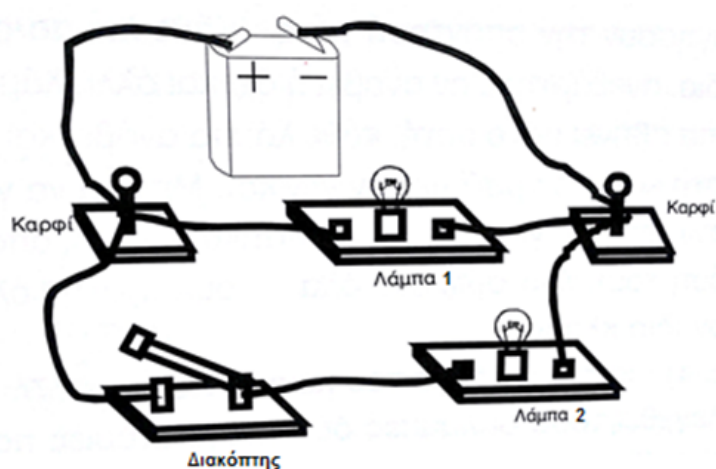


Γράφημα 2.

Ερώτηση 3

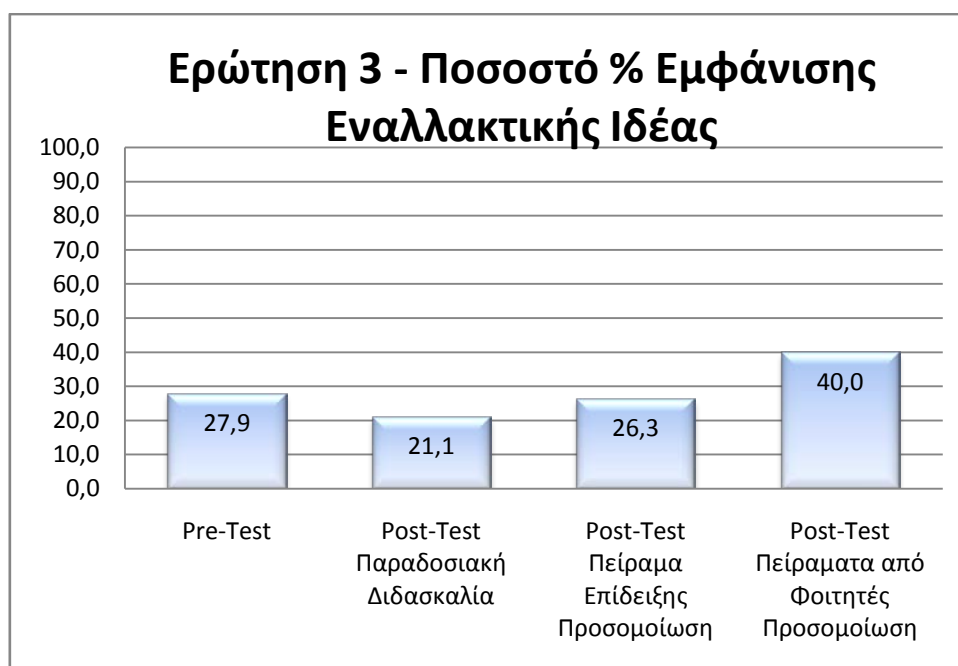
Στο διπλανό κύκλωμα η λάμπα 1 έχει μικρότερη τιμή αντίστασης από την λάμπα 2 ($R_1 < R_2$). Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπών 1 και 2 μετά το κλείσιμο του διακόπτη; (Κατάταξε τις λάμπες 1 και 2 σύμφωνα με την φωτεινότητά τους και αιτιολόγησε).

$$\Lambda_1 > \Lambda_2$$



Σχήμα 44. (Κουμαράς, 2003)

Στην ερώτηση 3 αναζητείται εάν οι φοιτητές μπορούν να σκεφτούν ολικά και να κατανοήσουν ότι το ρεύμα δεν χωρίζεται πάντα στη μέση όταν "συναντήσει" έναν κόμβο. Το ποσοστό των φοιτητών που παρουσίασαν αυτή την εναλλακτική ιδέα στο pre - test είναι 27,9%, μετά την παραδοσιακή διδασκαλία 21,1%, μετά το πείραμα επίδειξης με προσομοίωση 26,3% και ύστερα από τη διενέργεια των πειραμάτων από τους ίδιους με προσομοίωση 40% (γράφημα 3).

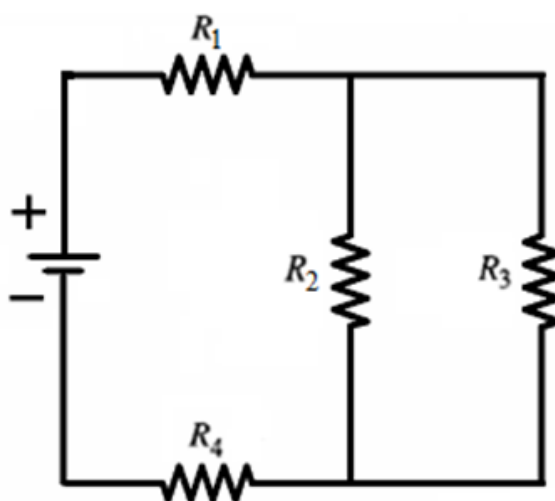


Γράφημα 3.

Ερώτηση 4

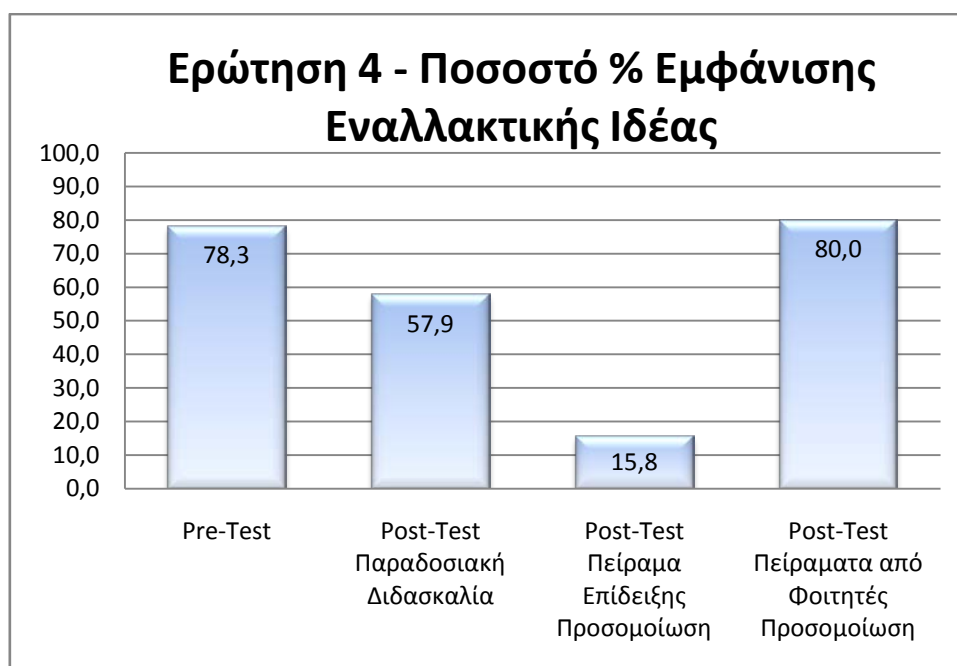
Πώς είναι συνδεδεμένοι οι αντιστάτες στο διπλανό διάγραμμα κυκλώματος;

$R_2 // R_3$, R_1 σε σειρά με R_{23}, R_4



Σχήμα 45. (Knight, 2006, McDermott και Schaffer, 1992)

Στην ερώτηση 4 η εναλλακτική ιδέα που μελετάται είναι η ίδια με της ερώτησης 1, μόνο που τώρα το κύκλωμα που δίνεται είναι πιο δύσκολο. Οι φοιτητές πριν τη διδασκαλία εμφάνισαν την παρανόηση σε ποσοστό 78,3% και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία σε ποσοστό 57,9%. Ύστερα από τα πειράματα επίδειξης με προσομοίωση το ποσοστό της παρανόησης ήταν 15,8%, ενώ στα πειράματα σε περιβάλλον της προσομοίωσης έφτασε στο 80% (γράφημα 4).

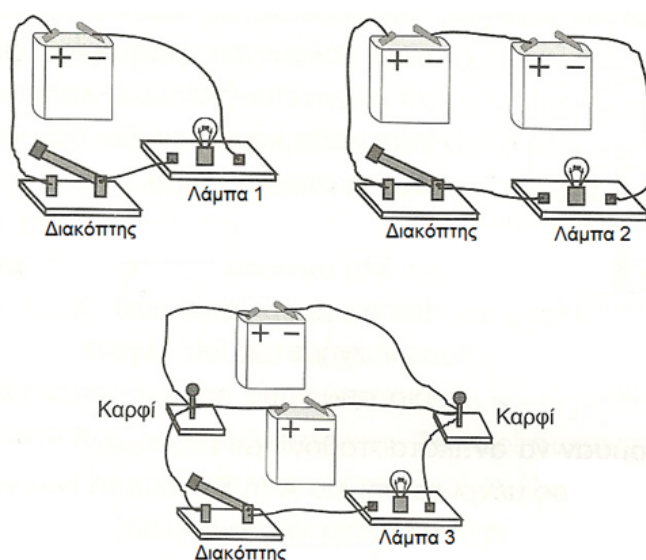


Γράφημα 4.

Ερώτηση 5

Πώς κατατάσσονται οι λαμπτήρες 1, 2 και 3 ανάλογα με τη φωτεινότητά τους μετά το κλείσιμο όλων των διακοπών;

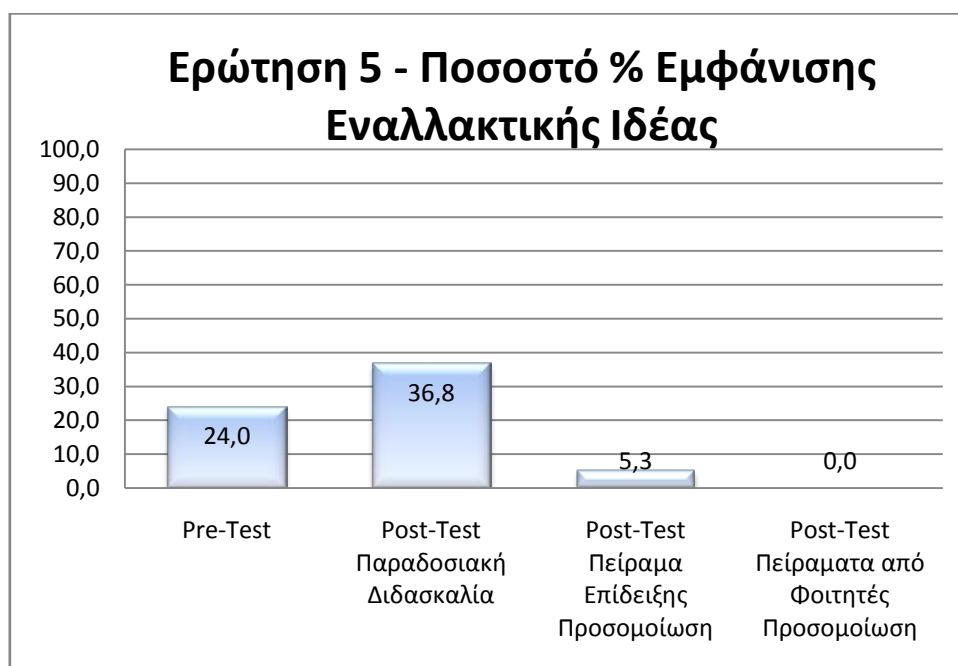
- A. $\Lambda_1 = \Lambda_2 < \Lambda_3$ ☐
- B. $\Lambda_1 < \Lambda_3 = \Lambda_2$ ☐
- C. $\Lambda_1 < \Lambda_2 < \Lambda_3$ ☐
- D. $\Lambda_1 = \Lambda_3 < \Lambda_2$ ☒



Δικαιολόγησε την απάντηση σου.

Σχήμα 46. (Κουμαράς, 2003)

Η εναλλακτική ιδέα που διερευνήθηκε στην πέμπτη ερώτηση σχετίζεται με την άποψη των μαθητών ότι όσες πιο πολλές μπαταρίες υπάρχουν σε ένα κύκλωμα, τόσο πιο μεγάλη είναι η φωτοβολία του λαμπτήρα ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσής τους. Επομένως, δημιουργούν μια ποσοτική σχέση μεταξύ της φωτοβολίας της λάμπας και του πλήθους των μπαταριών. Πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ η σωστή απάντηση είναι η τελευταία, μόνο όταν οι φοιτητές επέλεξαν την δεύτερη απάντηση εμφανιζόταν η εναλλακτική ιδέα, καθώς οι υπόλοιπες δεν εξίσωναν τα ισόποσα σε μπαταρίες κυκλώματα. Στο pre - test παρατηρήθηκε ότι η παρανόηση αυτή εμφανίστηκε σε ποσοστό 24%, ενώ στο Post - test με παραδοσιακή διδασκαλία σε ποσοστό 36,8%. Απ' την άλλη πλευρά οι φοιτητές μετά τη επίδειξη πειραμάτων με προσομοίωση είχαν την παρούσα εναλλακτική ιδέα σε ποσοστό 5,3% και μετά τα πειράματα από τους ίδιους το ποσοστό αυτό μηδενίστηκε (γράφημα 5).

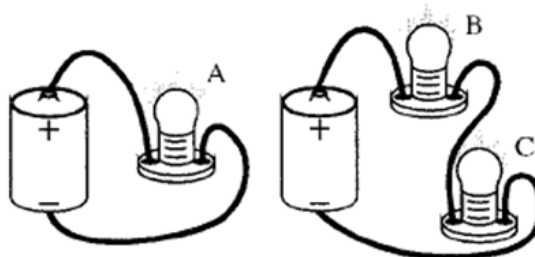


Γράφημα 5.

Ερώτηση 6

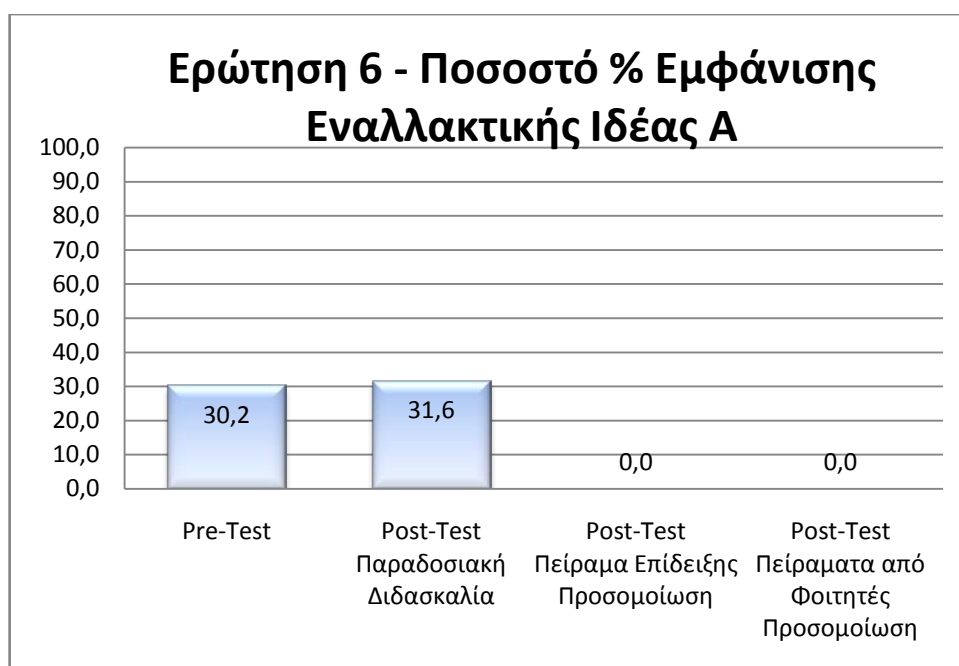
Κατάταξε τους λαμπτήρες Α, Β, C ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.

$$A > B = C$$



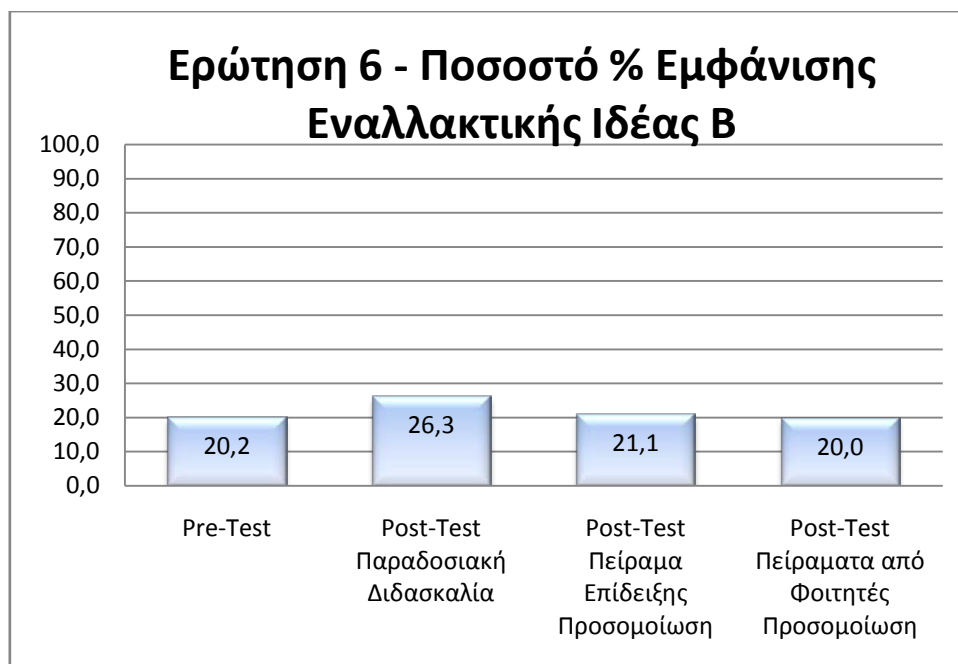
Σχήμα 46. (Knight, 2006)

Η ερώτηση 6 παρουσιάζει δύο εναλλακτικές ιδέες ταυτόχρονα. Η πρώτη αφορά στο καταναλωτικό μοντέλο όπου οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα καταναλώνεται καθώς διαρρέει ένα κύκλωμα. Τα ποσοστά εμφάνισης στο pre - test είναι 30,2% και στο post - test με παραδοσιακή διδασκαλία 31,6%. Το θετικό είναι ότι στα post - test με πείραμα επίδειξης με προσομοίωση το ποσοστό εκμηδενίστηκε (γράφημα 6).



Γράφημα 6.

Η δεύτερη εναλλακτική ιδέα που παρουσιάστηκε στην έκτη ερώτηση είχε να κάνει με την πεποίθηση των μαθητών ότι μια μπαταρία είναι πηγή σταθερού και αμετάβλητου ρεύματος. Τα ποσοστά των pre - tests και post - tests δείχνουν ότι δεν υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλες διαφορές κι ότι η διδακτική παρέμβαση δεν άλλαξε ιδιαίτερα την αντίληψή τους για το συγκεκριμένο θέμα (γράφημα 7).

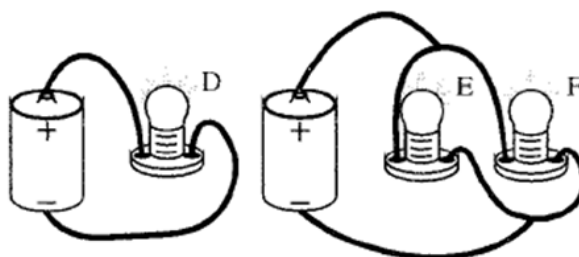


Γράφημα 7.

Ερώτηση 7

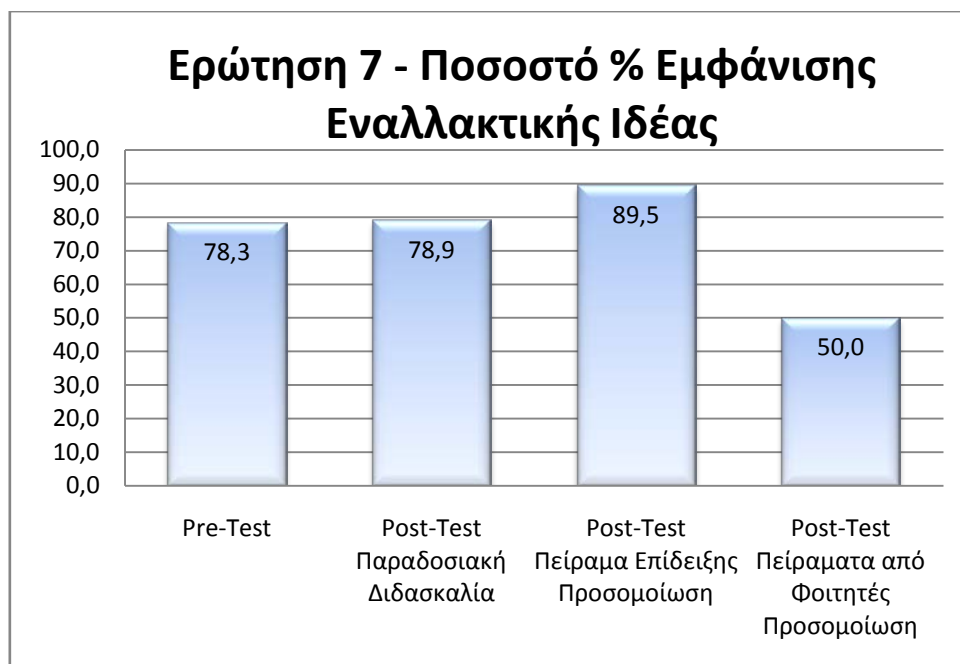
Κατάταξε τους λαμπτήρες D, E, F ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.

$$D = E = F$$



Σχήμα 47. (Knight, 2006)

Η ερώτηση 7 αναδεικνύει κι αυτή τη δεύτερη εναλλακτική ιδέα της ερώτησης 6. Οι φοιτητές πριν τη διδασκαλία παρουσιάζουν την παρούσα παρανόηση σε ποσοστό 78,3%, ενώ μετά την παραδοσιακή διδασκαλία σε ποσοστό 78,9%, στην διδασκαλία με πειράματα επίδειξης με προσομοίωση σε ποσοστό 89,5% και τέλος, στην ομάδα των φοιτητών που εργάστηκαν με το λογισμικό προσομοίωσης σε ποσοστό 50% (γράφημα 8).

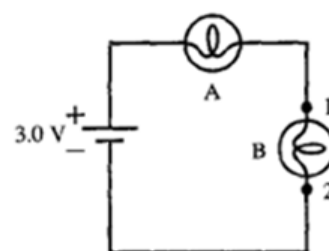


Γράφημα 8.

Ερώτηση 8

Ο λαμπτήρας Β αφαιρείται από το κύκλωμα του διπλανού σχήματος. Τότε, η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία 1 και 2 είναι:

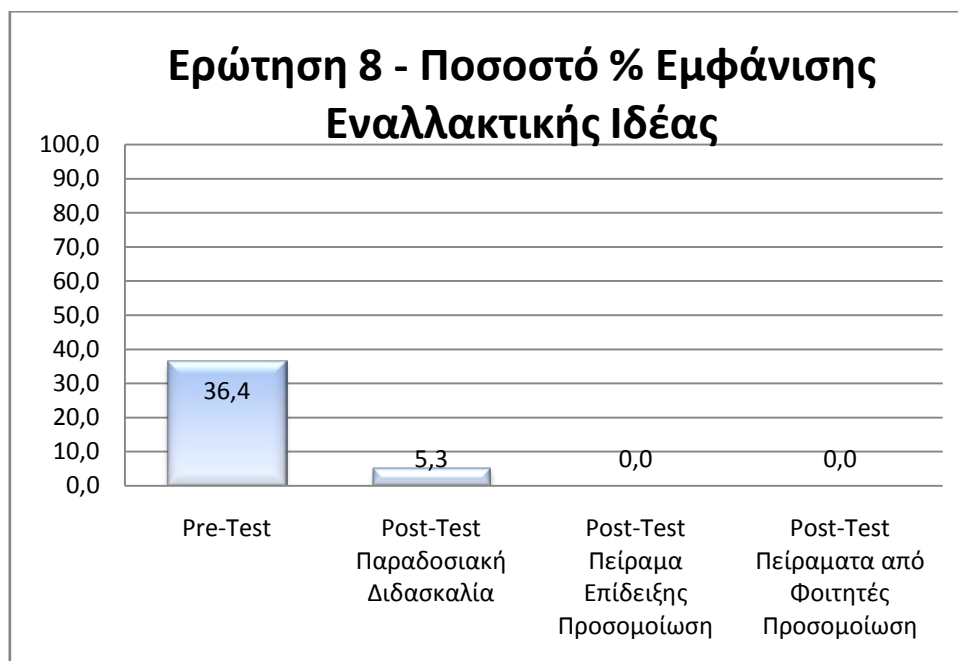
- A. 3 V ☒
- B. Ανάμεσα σε 1,5 V και 3 V ☐
- C. 1,5 V ☐
- D. Ανάμεσα σε 0 V και 1,5 V ☐
- E. 0 V ☐



Σχήμα 48. (Knight, 2006)

Η εναλλακτική που διερευνάται στην ερώτηση 8 είναι αυτή στην οποία οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι η διαφορά δυναμικού μπορεί να υπάρχει ακόμα και μεταξύ ασύνδετων σημείων ενός κυκλώματος και θεωρούν ότι η διαφορά δυναμικού υπάρχει μόνο όταν υπάρχει ρεύμα. Σημειώνουμε ότι η εναλλακτική αυτή εμφανίζεται μόνο όταν επιλέγεται η απάντηση E, διότι σε όλες τις άλλες λανθασμένες περιπτώσεις (B, C, D) οι φοιτητές γνωρίζουν τη σωστή διαφορά δυναμικού μεταξύ των ασύνδετων σημείων. Από τις απαντήσεις των φοιτητών στο pre - test προκύπτει ότι η εναλλακτική ιδέα εμφανίζεται σε ποσοστό 36,4%, ενώ στα post - tests το ποσοστό

φτάνει μόλις το 5,3% κι αυτό στην περίπτωση της παραδοσιακής διδασκαλίας (γράφημα 9).

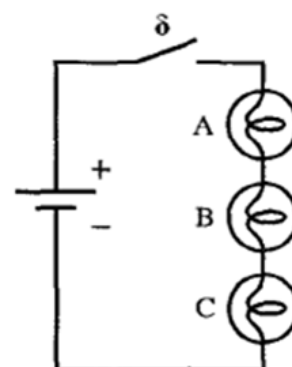


Γράφημα 9.

Ερώτηση 9

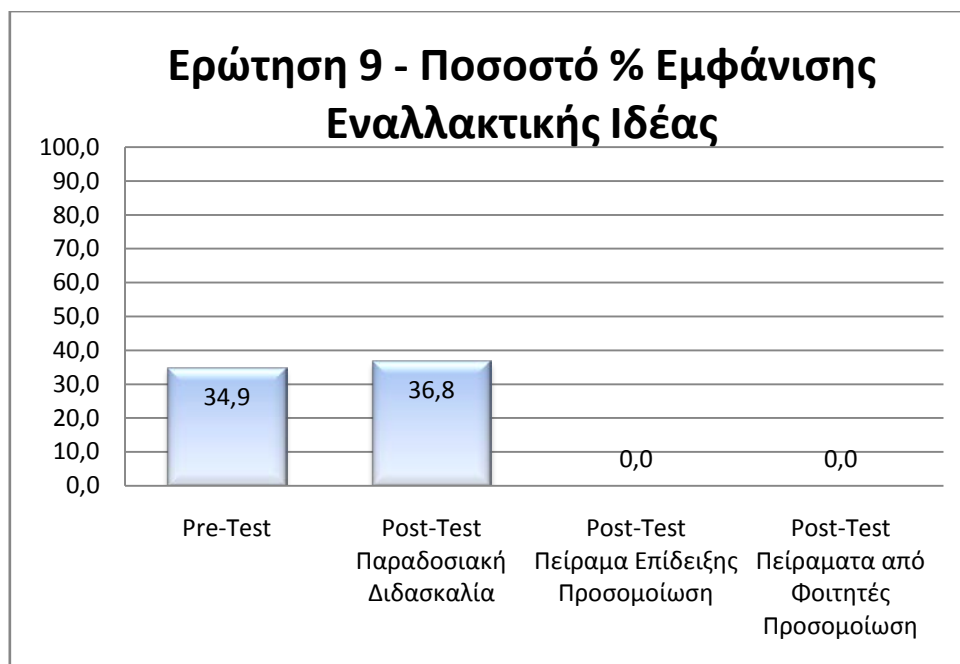
Έχουμε το κύκλωμα του διπλανού σχήματος και κλείνουμε τον διακόπτη δ. Κατάταξε τους λαμπτήρες Α, Β, C ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.

$$A = B = C$$



Σχήμα 49. (Knight, 2006)

Η ερώτηση 9 έχει στόχο την ανάδειξη της πρώτης εναλλακτικής ιδέας που εμφανίζεται στην ερώτηση 6 (καταναλωτικό μοντέλο). Οι φοιτητές στο pre - tests εμφάνισαν την λανθασμένη αντίληψη σε ποσοστό 34,9%. Μετά την παρέμβαση, οι φοιτητές της παραδοσιακής διδασκαλίας σε ποσοστό 36,8%, ενώ στις παρεμβάσεις με προσομοίωση το ποσοστό γίνεται μηδενικό (γράφημα 10).



Γράφημα 10.

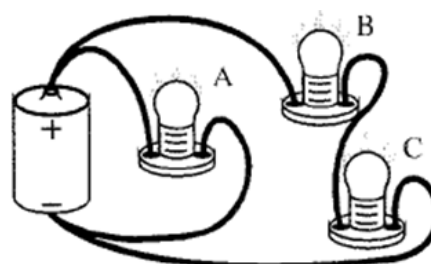
Ερώτηση 10

Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων Α, Β και C πριν και αφού αφαιρεθεί ο λαμπτήρας C από την υποδοχή του;

Πριν: $A > B = C$

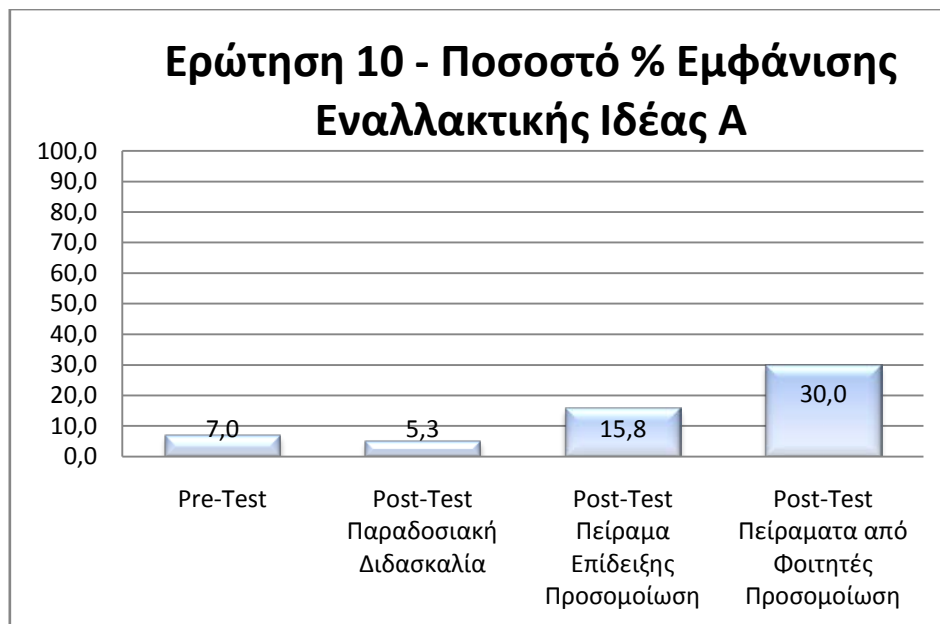
Μετά: Μόνο ο Α είναι αναμμένος

$A_{\text{πριν}} = A_{\text{μετά}}$



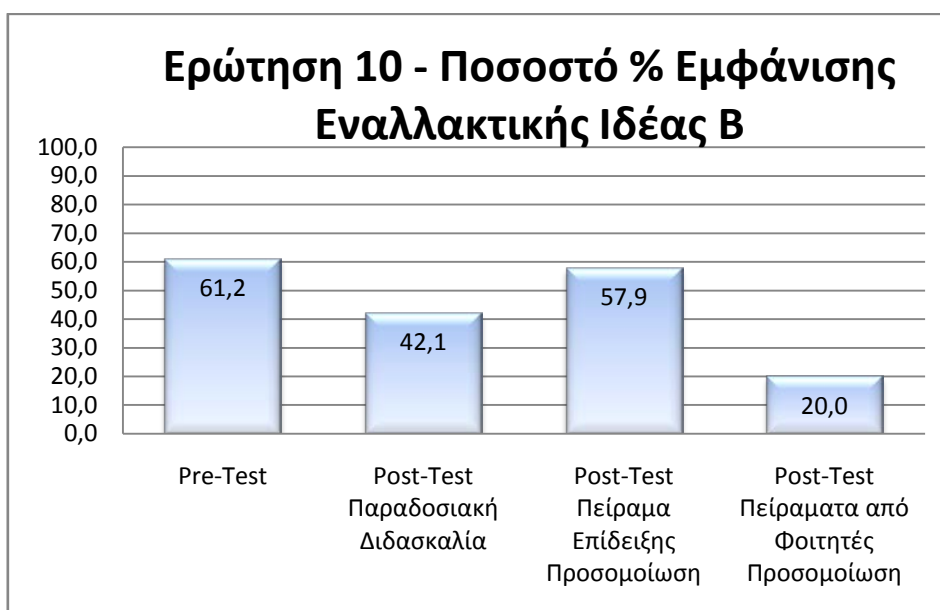
Σχήμα 50. (Knight, 2006)

Στην ερώτηση 10 περιλαμβάνονται δύο εναλλακτικές ιδέες όπως συνέβη και με την ερώτηση 6. Η πρώτη αναφέρεται στην ίδια εναλλακτική που παρουσιάστηκε στις ερωτήσεις 6 και 7 (μπαταρία ως πηγή σταθερού και αμετάβλητου ρεύματος). Στα pre - tests η παρανόηση εμφανίζεται σε ποσοστό 7% σε αντίθεση με τα post - tests και κυρίως με αυτά που σχετίζονται με την προσομοίωση, στα οποία το ποσοστό παρανόησης αυξάνεται. Η αύξηση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στη δυσκολία κατανόησης της εκφώνησης της ερώτησης (γράφημα 11).



Γράφημα 11.

Η δεύτερη εναλλακτική ιδέα που παρουσιάζεται στην ερώτηση 10 σχετίζεται με το ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται πως αφαιρώντας τον λαμπτήρα από έναν κλάδο του κυκλώματος, πλέον δεν διαρρέεται ο κλάδος από ρεύμα. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω η ανάγκη διερεύνησης της εναλλακτικής αυτής προέκυψε από τη μεγάλη συχνότητα εμφάνισής της. Τα ποσοστά της στο pre - test και στο post - test με πείραμα επίδειξης είναι αρκετά μεγάλα, σε αντίθεση με το ποσοστό των post - tests με παραδοσιακή διδασκαλία και με πειράματα από τους ίδιους τους φοιτητές, όπου φαίνεται τελικά να μειώνεται σημαντικά (γράφημα 12).



Γράφημα 12.

Συνοψίζοντας λοιπόν από όλη την ανάλυση της εμφάνισης των εναλλακτικών ιδεών ανά ερώτηση, φαίνεται ότι στις εννιά από τις δώδεκα περιπτώσεις οι παρανοήσεις αυτές μειώθηκαν σημαντικά επιτρέποντάς μας να υποθέσουμε ότι η διδακτικές παρεμβάσεις ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικές.

Πιο συγκεκριμένα, μηδενικά ποσοστά παρανοήσεων εμφανίστηκαν στις τέσσερις από αυτές, ενώ στις υπόλοιπες πέντε φάνηκε ότι οι φοιτητές είχαν καλύτερη κατανόηση όταν πραγματοποιούσαν τα πειράματα προσομοίωσης μόνοι τους. Μόνο στις τρεις από τις δώδεκα περιπτώσεις που μελετήθηκαν σημειώθηκε αύξηση του ποσοστού εμφάνισης των λανθασμένων αντιλήψεων στις διδακτικές παρεμβάσεις με προσομοίωση, κάτι που ίσως οφείλεται στη δυσκολία της εκάστοτε ερώτησης ή στις συνθήκες πραγματοποίησης των πειραμάτων.

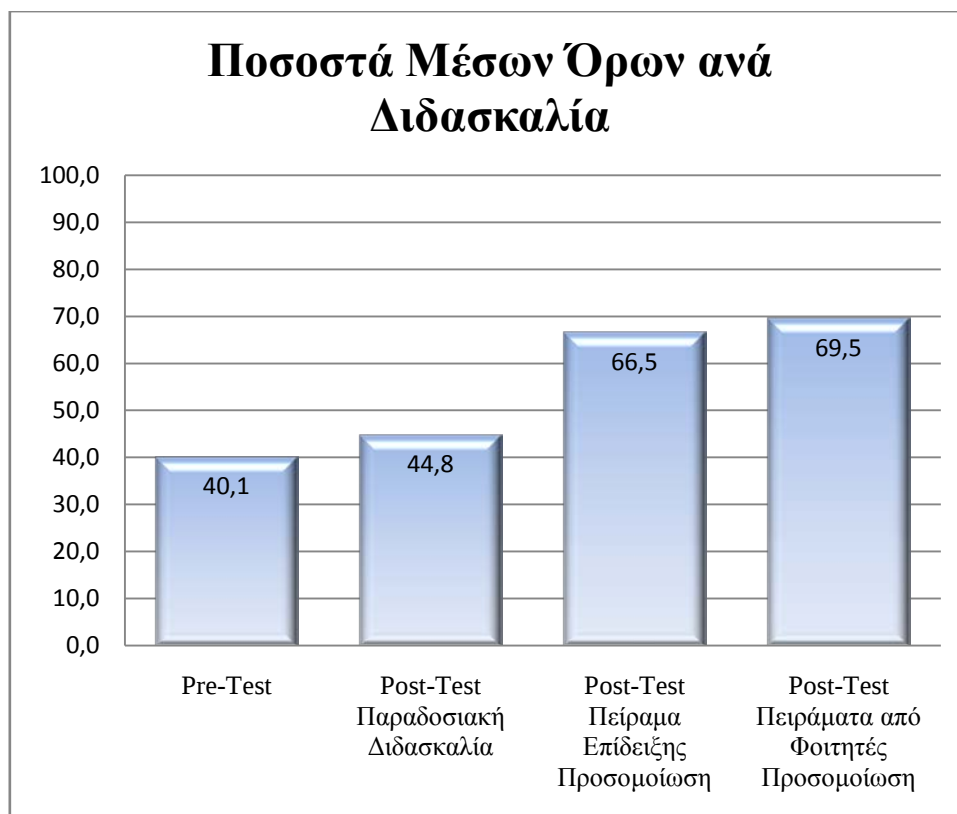
3.5. Επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών

Συνδυάζοντας τα παραπάνω ευρήματα με τα ποσοστά των μέσων όρων βαθμολογίας ανά διδασκαλία φάνηκε ότι τα πειράματα προσομοίωσης μετασχηματίζουν τη γνώση των φοιτητών πάνω στα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Αυτό είναι αντιληπτό και από τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 18).

	Pre-Test	Post-Test Παραδοσιακή Διδασκαλία	Post-Test Πείραμα Επίδειξης Προσομοίωση	Post-Test Πειράματα από Φοιτητές Προσομοίωση
Μέσος Όρος Βαθμών Ερωτηματολογίου (1-20)	8,0	9,0	13,3	13,9

Πίνακας 18. Μέσοι όροι pre - test, post - tests

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 18 κατασκευάζεται το παρακάτω ραβδόγραμμα (γράφημα 13).



Γράφημα 13.

Τέλος, υπολογίζεται ο συντελεστής αποδοτικότητας, κέρδος G, κάθε διδακτικής παρέμβασης όπως χρησιμοποιήθηκε από τον R. Hake το 1998, όταν θέλησε να εξετάσει το επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης στη Νευτώνεια Μηχανική, σε μια έρευνα που διεξήγαγε σε λύκεια και κολέγια της αμερικανικής επικράτειας. Το κέρδος G ορίζεται:

$$G = \frac{\left(\frac{\% \text{ μέσο όρος}}{\text{στο post - test}} \right) - \left(\frac{\% \text{ μέσο όρος}}{\text{στο pre - test}} \right)}{100 - \left(\frac{\% \text{ μέσο όρος}}{\text{στο pre - test}} \right)} = \left(\frac{\text{κλάσμα μέγιστου}}{\text{δυνατού κέρδους}} \right)$$

Η αποδοτικότητα μπορεί να κυμαίνεται από 0 (καμία μάθηση, αφού ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων του post - test ισούται με τον μέσο όρο των pre - test), μέχρι 1 (η καλύτερη δυνατή μάθηση, όταν ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των post - test ισούται με 100%).

Με βάση τον ορισμό του κέρδους G η αποτελεσματικότητα μετά το πέρας των διδακτικών παρεμβάσεων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 19).

	Post-Test Παραδοσιακή Διδασκαλία	Post-Test Πείραμα Επίδειξης Προσομοίωση	Post-Test Πειράματα από Φοιτητές Προσομοίωση
Κέρδος G	0,08 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,49 ± 0,01

Πίνακας 19. Κέρδος κατά Hake

Από τα δεδομένα των πινάκων 18 και 19 καθώς και του γραφήματος 13, φαίνεται ότι η βαθμολογία των φοιτητών στα post - test με προσομοίωση αυξήθηκε αισθητά, 44% και 49%, επομένως οι δύο αυτές διδακτικές παρεμβάσεις βοήθησαν τους φοιτητές να ξεκαθαρίσουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις παρανοήσεις που είχαν ερχόμενοι από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Ερμηνεία - Συμπεράσματα της Έρευνας

4.1. Εισαγωγικά

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολουθεί στο κεφάλαιο αυτό η συζήτηση και η συσχέτισή τους με το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα τελικά συμπεράσματα και τις προτάσεις που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα.

Η ενότητα της συζήτησης και της ερμηνείας των αποτελεσμάτων χωρίζεται σε τέσσερις υποενότητες σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία εστιάστηκε το ενδιαφέρον της εργασίας και τα οποία υπενθυμίζεται ότι είναι:

- 1) *Υπάρχει σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου;*
- 2) *Ποιες εναλλακτικές ιδέες εμφανίζονται σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο;*
- 3) *Σε τι βαθμό εμφανίζεται η κάθε εναλλακτική ιδέα σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου;*
- 4) *Κατά πόσο επηρέασαν οι διδακτικές παρεμβάσεις τις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών;*

4.2. Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια επιχειρήθηκε να διερευνηθεί η επίδραση των πειραμάτων προσομοίωσης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, εξετάζοντας τις αντιλήψεις των φοιτητών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Ειδικότερα, διερευνήθηκε ο ρόλος που διαδραματίζουν η παραδοσιακή διδασκαλία, η παραδοσιακή διδασκαλία σε συνδυασμό με το πείραμα επίδειξης σε υπολογιστή και τέλος η παραδοσιακή διδασκαλία σε συνδυασμό με το πείραμα από τους ίδιους μαθητές σε περιβάλλον προσομοίωσης..

Η συζήτηση των αποτελεσμάτων που ακολουθεί γίνεται, όπως αναφέρθηκε σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας αλλά και τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν κατά την ερευνητική διαδικασία.

4.2.1. Σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου

Όπως φάνηκε από την ανάλυση, με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS 19, οι μαθητές μεταβαίνουν από τη Δευτεροβάθμια στη Τριτοβάθμια εκπαίδευση έχοντας διαφορετική επίδοση ανά φύλο. Συγκεκριμένα, τα αγόρια δείχνουν καλύτερη επίδοση στις ερωτήσεις σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα απ' ό,τι τα κορίτσια, πράγμα το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται στον συγκεκριμένο προσανατολισμό που λαμβάνουν τα κορίτσια από μικρή ηλικία, να ασχολούνται με παιχνίδια που δεν απαιτούν μαθηματικό και/ή λογικό συλλογισμό. Στη συνέχεια όμως, αποδείχθηκε από τα αποτελέσματα του t-test στο SPSS, ότι μετά την παρακολούθηση της αντίστοιχης ενότητας στο Πανεπιστήμιο, είτε με παραδοσιακή διδασκαλία, είτε συνδυάζοντάς την με πειράματα προσομοίωσης, αυτή η διαφορά στη βαθμολογία τους δείχνει να μειώνεται. Ο λόγος είναι ίσως ότι η παρουσίαση της αντίστοιχης ενότητας στο Γυμνάσιο αλλά και στο Λύκειο, συνήθως γίνεται απλά παρουσιάζοντας τη χρήση των αλγεβρικών εξισώσεων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των ασκήσεων, καθώς επίσης λείπουν και τα απλά πειράματα που μπορούν διεξαχθούν με ή χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

4.2.2. Οι εναλλακτικές ιδέες που εμφανίζονται σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο ερωτηματολόγιο

Η έρευνα έδειξε ότι πλήθος εναλλακτικών ιδεών εμφανίστηκε από τους φοιτητές στις δύο φάσεις της. Αυτές οι παρανοήσεις δείχνουν ότι τα παιδιά σκέφτονται πολλές φορές λανθασμένα, διότι έχουν συνηθίσει, ερχόμενοι από το Λύκειο και τη διαδικασία των Πανελληνίων Εξετάσεων, μια μορφή αιτιατής ασκησεολογίας, βασιζόμενη σε γεωμετρικά και συμμετρικά σχήματα στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Κάτι τέτοιο διαφαίνεται από τις απαντήσεις που δίνουν στις ερωτήσεις 1 και 4 του ερωτηματολογίου, στις οποίες δυσκολεύονται να ξεχωρίσουν τον σωστό τρόπο σύνδεσης των αντιστάτων (παράλληλα ή σε σειρά).

Οι φοιτητές δείχνουν να μην αντιλαμβάνονται πλήρως τη λειτουργία καθημερινών αντικειμένων όπως είναι ο λαμπτήρας και η μπαταρία, που αυτό ίσως οφείλεται στην παρομοίωση που κάνουν ότι το ρεύμα είναι σαν ένα υγρό καύσιμο που ρέει από ένα δοχείο σε μια συσκευή. Η παρανόηση αυτή παρατηρήθηκε στην

ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου, όπου οι φοιτητές θεωρούν τον λαμπτήρα ή/και την μπαταρία ως μονόπολο.

Ακόμη θεωρούν ότι όταν το ρεύμα "συναντά" έναν κόμβο, πάντα χωρίζεται στη μέση ανεξαρτήτου υπόλοιπου κυκλώματος. Αυτό οφείλεται στον τοπικό χαρακτήρα της σκέψης των φοιτητών, οι οποίοι δεν αντιλαμβάνονται το ηλεκτρικό κύκλωμα ως σύνολο, αλλά ως μεμονωμένα μέρη. Η εναλλακτική αυτή αναδείχθηκε στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου.

Από την ερώτηση 5 φάνηκε ότι οι φοιτητές δημιουργούν απλά ποσοτικές σχέσεις μεταξύ μπαταριών και φωτοβολίας λαμπτήρα, ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσής τους. Η σύγχυση αυτή προκύπτει από το ότι οι φοιτητές θεωρούν πως είτε οι μπαταρίες είναι συνδεδεμένες παράλληλα είτε σε σειρά, η τάση που αποδίδει ο συνδυασμός τους είναι ίδια.

Επίσης, οι φοιτητές πολλές φορές συγχέουν τις έννοιες ένταση ρεύματος και διαφορά δυναμικού, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να κατανοήσουν ότι η δεύτερη μπορεί να υπάρχει χωρίς την πρώτη. Η παρανόηση αυτή φάνηκε στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου, η οποία ερμηνεύεται με το γεγονός ότι σε ένα ανοικτό κύκλωμα αντιλαμβάνονται τον χώρο μεταξύ ασύνδετων σημείων ως μηδενική αντίσταση.

Επηρεαζόμενοι από την καθομιλουμένη, μπερδεύουν την κυριολεκτική σημασία της έννοιας "κατανάλωση" με την έννοια της λέξης στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από τις απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις 6 και 9 του ερευνητικού εργαλείου, όπου αναδεικνύεται το καταναλωτικό μοντέλο.

Στη συνέχεια, παρατηρήθηκε στις ερωτήσεις 6, 7 και 10, ότι θεωρούν την μπαταρία ως πηγή σταθερού και αμετάβλητου ρεύματος, έτσι ώστε όταν συνδεθεί σε αυτήν διαφορετικό πλήθος αντιστατών, αυτοί να φωτοβολούν περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με το πλήθος τους κι όχι ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους. Ίσως παρομοιάζουν την μπαταρία με μία μηχανή συγκεκριμένου κυβισμού που όσο περισσότερο φορτίο κληθεί να μεταφέρει τόσο περισσότερο θα καταπονηθεί.

Η τελευταία εναλλακτική ιδέα που παρατηρήθηκε (ερώτηση 10), είναι αυτή στην οποία οι μαθητές δεν μπορούν να προβλέψουν ότι θα πάψει να διέρχεται ρεύμα από έναν κλάδο του κυκλώματος, όταν αφαιρέσουμε από αυτόν έναν λαμπτήρα. Η αντίληψη αυτή ίσως πηγάζει στην ελλιπή γνώση σχετικά με την δομή και τη λειτουργία του λαμπτήρα, η οποία περιέχει το μεταλλικό νήμα, μέσα από το οποίο πρέπει να περάσει το ρεύμα.

4.2.3. Η συχνότητα εμφάνισης της κάθε εναλλακτικής ιδέας σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου

Η ανάλυση που προηγήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφορικά με τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε εναλλακτικής σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου, οδήγησε σε ορισμένα συμπεράσματα.

Στην πρώτη ερώτηση που σχετίζεται με τη δυσκολία αναγνώρισης της σύνδεσης αντιστατών στα "ασυνήθιστα" κυκλώματα, είδαμε ότι οι φοιτητές παρουσίασαν μείωση στα ποσοστά εμφάνισης της εναλλακτικής ιδέας μετά από κάθε παρέμβαση, με το χαμηλότερο ποσοστό να είναι αυτό μετά από το πείραμα επίδειξης απ' τον ερευνητή. Χαμηλό είναι επίσης και το ποσοστό μετά τα πειράματα προσομοίωσης από φοιτητές, πράγμα το οποίο δείχνει ότι και τα δύο είδη προσομοίωσης βοήθησαν στην καταπολέμηση της ιδέας.

Στην δεύτερη ερώτηση που ασχολήθηκε με την ανάδειξη του μονοπολικού μοντέλου, παρατηρήθηκε ότι μετά την παραδοσιακή διδασκαλία το ποσοστό εμφάνισης της λανθασμένης αντίληψης αυξήθηκε κατά 34,3 ποσοστιαίες μονάδες, σε αντιδιαστολή με τα ποσοστά των πειραμάτων προσομοίωσης και δη αυτού που διεξήχθη από τους ίδιους τους φοιτητές (10%).

Στην τρίτη ερώτηση όπου μελετάται η τοπική κι όχι ολική σκέψη των φοιτητών, όλα τα ποσοστά κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα, με εξαίρεση αυτό του πειράματος προσομοίωσης από τους φοιτητές το οποίο αυξήθηκε κατά 12,1 ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που ίσως να οφείλεται σε απώλεια του αριθμού των συμμετεχόντων.

Στην τέταρτη ερώτηση που ασχολείται κι αυτή με την αναγνώρισης της συνδεσμολογίας αντιστατών, διαπιστώθηκε ότι τα πειράματα επίδειξης είχαν καταλυτικό χαρακτήρα, σε αντίθεση με τα πειράματα από τους φοιτητές για τα οποία εμφανίστηκε αύξηση της εναλλακτικής ιδέας. Παρατηρήθηκε απ' τον ερευνητή, κατά τη διεξαγωγή του εργαστηρίου, ότι οι φοιτητές στη πλειοψηφία τους προτίμησαν να αναπαραστήσουν τα είδη σύνδεσης των αντιστατών με γεωμετρικό τρόπο, πράγμα το οποίο είχε ως αποτέλεσμα η φύση της ερώτησης να αποκτήσει μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας.

Η εναλλακτική ιδέα της πέμπτης ερώτησης που σχετίζεται με την ποσοτική σχέση μεταξύ φωτοβολίας λαμπτήρα και πλήθους μπαταριών, καταπολεμήθηκε πλήρως έπειτα από τα πειράματα προσομοίωσης από τους φοιτητές. Παρόμοια δράση

είχε και το πείραμα επίδειξης σε περιβάλλον προσομοίωσης. Από την άλλη πλευρά η παραδοσιακή διδασκαλία δεν φάνηκε να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα ως προς την καταπολέμηση της αντίστοιχης εναλλακτικής ιδέας.

Στην έκτη ερώτηση τα ποσοστά εμφάνιση της πρώτης (καταναλωτικό μοντέλο) και της δεύτερης εναλλακτικής ιδέας (μπαταρία - σταθερό ρεύμα) συσχετίζονται με τρόπο τέτοιο, ώστε όταν εμφανίζεται η πρώτη να μην είναι εμφανής η δεύτερη και το αντίστροφο. Στο σύνολο τους τα ποσοστά δείχνουν εξάλειψη της πρώτης ιδέας των φοιτητών με τη χρήση πειραμάτων, ενώ στη δεύτερη, ελάχιστη αλλαγή παρουσιάστηκε σε όλους τους τρόπους παρεμβάσεων.

Η έβδομη ερώτηση (αντίληψη ως προς τη σταθερή παροχή ρεύματος μπαταρίας) εμφανίζει υψηλά ποσοστά σε όλα τα στάδια της διδασκαλίας, πράγμα το οποίο δείχνει ότι είναι δύσκολη η καταπολέμησή της. Αυτό δεν παρατηρήθηκε σε καμία άλλη ερώτηση του ερωτηματολογίου. Πολύ ενθαρρυντικό είναι βέβαια το γεγονός ότι μετά τη διδασκαλία με τα πειράματα από τους ίδιους τους φοιτητές, το ποσοστό εμφάνισης της παρανόησης μειώθηκε αισθητά.

Στην όγδοη, καθώς και στην ένατη ερώτηση, η εμφάνιση των εναλλακτικών ιδεών (διαφορά δυναμικού ανάλογα με την παρουσία/απουσία ρεύματος - καταναλωτικό μοντέλο αντίστοιχα) έδειξε να εξαλείφεται στα post - tests που σχετίζονται με την προσομοίωση, πράγμα το οποίο δείχνει ότι η παραδοσιακή διδασκαλία σε συνδυασμό με τα πειράματα προσομοίωσης, μετασχηματίζει τη γνώση των φοιτητών.

Τέλος, στη δέκατη ερώτηση η συχνότητα εμφάνισης των δύο εναλλακτικών ιδεών που μελετούν τις αντιλήψεις ως προς τη σταθερή παροχή ρεύματος μπαταρίας και τη διέλευση ρεύματος από ανοικτό κλάδο, είχε κάποιες σημαντικές διαφορές. Η πρώτη εναλλακτική ιδέα εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης των πειραμάτων προσομοίωσης, κάτι που δεν αναμενόταν να συμβεί. Αντιθέτως η δεύτερη εναλλακτική ιδέα της ερώτησης εμφανίστηκε πολύ λιγότερο στη διαδικασία πειραμάτων προσομοίωσης από τους φοιτητές.

4.2.4. Η επιρροή των διδακτικών παρεμβάσεων στις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών

Από τους μέσους όρους βαθμολογίας ανά διδασκαλία συμπεραίνεται ότι η χρήση των πειραμάτων προσομοίωσης είχε θετική συμβολή ως προς την κατανόηση

των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος. Αυτό εξηγήθηκε από το γεγονός ότι συγκεκριμένα τα πείράματα επίδειξης με προσομοίωση συγκέντρωσαν μεγαλύτερη βαθμολογία (13,3/20), και ακόμη μεγαλύτερη τα πείράματα που εκτέλεσαν οι ίδιοι φοιτητές σε περιβάλλον προσομοίωσης (13,9/20) από τη βαθμολογία των pre - tests (8,0/20) και από εκείνη της παραδοσιακής διδασκαλίας (9,0/20). Συνεπώς, για την καλύτερη κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους παρεμβάσεις ή να λειτουργούν επικοινωνικά.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα συμπεράσματα με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα, καταλήγουμε στα εξής:

- Φάνηκε ότι *υπάρχει σχέση μεταξύ φύλου και βαθμού ερωτηματολογίου στα pre - tests*, με τα αγόρια να έχουν καλύτερη επίδοση από τα κορίτσια, ενώ στα post - tests η συσχέτιση αυτή δεν ήταν εμφανής.
- Οι περισσότεροι φοιτητές πιστεύουν ότι *οι μπαταρίες είναι πηγές σταθερού ρεύματος πριν αλλά και μετά από τις διδακτικές παρεμβάσεις*. Αυτή αποτελεί μια παρανόηση που φαίνεται να είναι δύσκολο να καταπολεμηθεί, πράγμα που συμφωνεί και με τα ευρήματα της διπλωματικής εργασίας του Γκαρέλια Ευθύμιου (2012).
- Μεγάλο είναι το πλήθος των φοιτητών που *έχουν τη λανθασμένη αντίληψη περί συνδεσμολογίας αντιστατών σε ασυνήθιστες διατάξεις*, ειδικά όταν αντιμετωπίζουν δύσκολα κυκλώματα με περισσότερους από δύο αντιστάτες.
- Μελετώντας τις απαντήσεις των φοιτητών *διαπιστώθηκε ότι αντιλαμβάνονται την μπαταρία ή/και τον λαμπτήρα ως μονόπολο*, κυρίως κατά τη διδακτική παρέμβαση που σχετίζεται με την παραδοσιακή διδασκαλία χωρίς τη χρήση πειραμάτων.
- Υπάρχουν ερωτήσεις στις οποίες οι εναλλακτικές ιδέες *εξαλείφονται ή μειώνονται σε ικανοποιητικό βαθμό* (ερωτήσεις 2, 5, 8, 6 και 9), οι οποίες αναφέρονται στο μονοπολικό μοντέλο, στην ποσοτική σχέση μεταξύ φωτοβολίας λαμπτήρα και πλήθους μπαταριών, στο καταναλωτικό μοντέλο και στη διαφορά δυναμικού ανάλογα με την παρουσία ή απουσία ρεύματος.
- Βρέθηκαν περιπτώσεις στις οποίες οι εναλλακτικές ιδέες *όχι μόνο δεν εξαλείφθηκαν με τις διδακτικές παρεμβάσεις με προσομοίωση, αλλά και*

ξεπέρασαν τα ποσοστά πριν τη διδασκαλία (ερωτήσεις 4 και 10). Σε παρόμοιο πόρισμα κατέληξε και η έρευνα του Παπακώστα Αλέξανδρου (2009).

- Γενικεύοντας επομένως το συμπέρασμα που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας έρευνας, μπορεί να ειπωθεί ότι *η πειραματική διδασκαλία με τη μέθοδο της προσομοίωσης, είτε από τον ερευνητή είτε από τους φοιτητές, φάνηκε να επιφέρει θετικά αποτελέσματα και να βοηθά στην καταπολέμηση των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών*. Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι ερευνητικές διπλωματικές εργασίες του Παππά Γ. Χρήστου (2008), Παπακώστα Αλέξανδρου (2009) και του Γκαρέλια Ευθύμιου (2012), οι οποίοι σύγκριναν την παραδοσιακή με την πειραματική διδασκαλία για να προωθήσουν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών - φοιτητών.

4.3. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με την ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών και την καταπολέμησή τους με τη χρήση περιβάλλοντος προσομοίωσης, στους Πρωτοετείς φοιτητές του Πανεπιστημίου των Ιωαννίνων. Τα ευρήματα λοιπόν της έρευνας, εστίασαν στη σύγκριση των βαθμολογιών των δύο φύλων πριν και έπειτα από κάθε διδακτική παρέμβαση. Επίσης μελετήθηκε το είδος και η συχνότητα εμφάνισης της κάθε ιδέας στο πλήθος των φοιτητών και κατά πόσο η κάθε εναλλακτική καταπολεμήθηκε μετά το πέρας των διδακτικών παρεμβάσεων.

Κατά τη διάρκεια όμως της ερευνητικής διαδικασίας αναδύθηκαν επιπλέον ζητήματα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενα μελλοντικών εργασιών. Οι προτάσεις αυτές περιλαμβάνουν:

Τη διερεύνηση συσχέτισης του φύλου των φοιτητών με τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε εναλλακτικής ιδέας πριν και έπειτα από κάθε διδακτική παρέμβαση.

Την αναζήτηση σχέσης μεταξύ βαθμού Φυσικής Β' Λυκείου γενικής παιδείας με το βαθμό επίδοσης του ερωτηματολογίου, διότι σε αυτήν την τάξη του σχολείου παρακολουθούν τα παιδιά, για τελευταία φορά, την αντίστοιχη ενότητα φυσικής.

Επίσης, η έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί συμπεριλαμβάνοντας πειράματα εργαστηρίου κι έτσι να μελετηθεί η επίδραση των πειραμάτων των δύο προσεγγίσεων (εργαστηριακών πειραμάτων - πειραμάτων προσομοίωσης).

Βιβλιογραφία

- Arons, A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας Φυσικής*. Εκδόσεις Τροχαλία. Μετάφραση: Ανδρέας Βαλαδάκης.
- Aguirre, J. M., et al. (1990). "Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education." International Journal of Science Education 12(4): 381-390.
- Anderson, C.W. and Smith, E.L. (1987). *Teaching Science*. In the educator's handbook: A research perspective pp. 84-111, ed. Longmann, New York.
- Baxter, J. (1991). *A constructivist approach to astronomy in the National Curriculum*. Phys. Educ., 26, pp. 38-45.
- Berg, E., Grosheide, W (1997). *Learning and teaching about energy, power, current and voltage*. School Science Review
- Brewer, W.F., Chinn, C.A. (1993). *The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction*. Review of educational research.
- Brown, T. R. , Slater, T. F. and Adams, J. P. (1998). *Gender differences with batteries and bulbs*. The Physics Teacher 36, 526
- Bruner, J. (1966). *The Process of Education*. Chicago: University of Chicago Press.
- Chasseigne, G., Giraudeau, C., Lafon, P. et al. (2011). *Improving students' ability to intuitively infer resistance from magnitude of current and potential difference information: A functional learning approach*. Eur J Psychol Educ 26: 1.
- Cohen, R., Eylon, B. and Ganiel, U. (1983). *Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts*. Am. J. Phys. 51 (5), 407-412.
- Cohen, L., Manion, L, Morrison, K. (1994). *Educational research methodology*. Athens: Metaixmio
- Dewey, J. (1964). *Demokratie und Erziehung*. Braunschweig: Westermann.

- Driver, R. and Easley, J. (1978). *Pupils and Paradigms: a Review of the Literature related to Concept Development in Adolescent Science Students*. Science Education. 5. pp. 61-84.
- Driver, R., Oldham, V. (1986). *A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science*. Studies in Science Education 13
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robins, V. (2000). *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Τυπωθήτω. Μετάφραση: Μαρία Χαντζή.
- Duit, R., Rhoneck, C. (1998). *Learning and understanding key concepts of electricity*. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education - An International Commission on Physics Education,
- Duit, R. , Jung, W., Rhoneck, C. (1985). *Aspects of understanding electricity*. Proceedings of an international workshop.
- Edgeworth, R. I., Edgeworth, M. (1811). *Essays on practical education*. (3rd ed). London: Johnson.
- Engelhardt, P. and Beichner, R. (2004). *Students' understanding of direct current resistive electrical circuits*. Am. J. Phys. 72 (1), 98-115.
- Evans, J. (1978). *Teaching electricity with batteries and bulbs*. The Physics Teacher, 15-22.
- Fredette, N., Lochhead, J. (1980). *Student conceptions of simple circuits*. The physics teacher (194).
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., Fensham, P. J. (1982). *Children's Science and its consequences for teaching*.
- Glauert, E. (2009). How young children understand electric circuits: prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, 31 (8). pp. 1025-1047.
- Hake, R. (1998). *Intereactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for ontroductory physocs courses*. Am. J. Phys. 66 (1), 64-74.
- Hewitt, P. (2007). *Οι Έννοιες της Φυσικής*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. Μετάφραση: Ελένη Σηφάκη, Γιάννης Παπαδόγγονας.
- Ausubel, D. (1968). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, Grune and Stratton. New York.

- Kärqvist, C. (1985). *Development of reasoning in electricity by means of experiments and discussions.*
- Knight, R. (2006). *Πέντε Εύκολα Μαθήματα. Στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της Φυσικής.* Εκδόσεις Δίαυλος. Μετάφραση: Παύλος Τζαμαλής.
- Kukucozer, H. and Kocakulah, S. (2007). *Secondary School Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits.* Journal of Turkish Science Education, Vol. 4 (1), 101-115.
- Kukucozer, H. and Kocakulah, S. (2008). *Effect of Simple Electric Circuits Teaching on Conceptual Change in Grade 9 Physics Course.* Journal of Turkish Science Education, Vol. 5 (1), 59-74.
- Leach, J., Scott, P. (2003). *Individual and sociocultural views of learning in science education.* Science & Education - Springer.
- Lee, Y. and Law, N. (2001). *Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift.* International Journal of Science Education. 23(2): 111-149.
- Licht, P. (1991). *Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach.* Phys. Educ. 26 (5), 272-277.
- Licht, P. (1991). *Using a Diagnostic Test of Pupils' Alternative Conceptions to Plan a Teaching Strategy on Electric Circuits.* European Journal of Teacher Education, Vol. 14 (1), 19-30.
- Linn, M. C. (1986). *Journal of research and science teaching. Special issue.* Volume 23, Issue 5.
- Maichle, U. (1981). *Representation of knowledge in basic electricity and its use for problem solving.* Proceedings of the International Workshop.
- McDermott, L. and Shaffer, P. (1992). *Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding.* Am. J. Phys. 60 (11), 994-1003.
- McDermott, L. and Shaffer, P. (2001). *Μαθήματα Εισαγωγικής Φυσικής.* Εκδόσεις Τυπωθύτω. Μετάφραση: Παύλος Μίχας.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichts Methoden.* Bd II. Frankfurt/a.M.: Cornlesen.
- Millar, R. and King, T. (1993). *Students' understanding of voltage in simple series electric circuits.* Int. J. Sci. Educ., Vol. 15 (3), 339-349.

- Millar, R. (1987). Towards a role of experiment in the science teaching laboratory. *Studies in Science Education*, 14, 109-118.
- Mueller, M., (1997). “Erziehung” in einer vom Fachwissen dominierten Schulpraxis? *Chimica didactica*, 1,1997, s. 32-62.
- Niedderer, H., Goldberg, F. (1995). *Learning pathway and knowledge construction in electric circuits*. European Conference on Research in Science.
- Novac, J.D. (1990). *Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning*. *Instructional Science*. 19. pp. 29-52.
- Osborne, R., Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The Implications of Children's Science*. - ERIC
- Osborne, R.J., Wittrock, M.C. (1985). *Learning Science: A Generative Process*. *Science Education*. 67(4): 489-503.
- Piaget, J. (1964), *Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning*. *J. Res. Sci. Teach.*, 2: 176–186.
- Psillos, D. (1998). *Teaching Introductory Electricity*. International Commission on Physics Education 1997, 1998 (from: Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, Tiberghien A., Jossem E. and Barojas J.)
- Psillos, D., Koumaras, P. and Tiberghien, A. (1988). *Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits*. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 10 (1), 29-43.
- Psillos, D., P. Koumaras, et al. (1987). *Pupils' Representations of Electric Current before, during and after Instruction on DC Circuits*. Research in Science & Technological Education 5(2): 185-199.
- Rhoneck, C. (1981). *Students' conceptions of the electric circuit before physics instruction*. Proceedings of the International Workshop.
- Rhoneck, C. (1984). *The instruction of voltage as an independent variable-the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. Aspects of understanding electricity*. Proceedings of the International Workshop.
- Robson, C. (2010). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου. Ένα μέσον για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές*. Αθήνα: Gutenberg.

- Rogers, C.R. (1963). *The actualizing tendency in relation to “motives” and to consciousness*. In. M.R. Jones (Ed.) Nebraska Symposium on motivation (pp. 1-24) Lincoln: University of Nebraska Press.
- Rosenthal, A. and Henderson, C. (2006). *Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference*. Am. J. Phys. 74 (4), 324-328.
- Scheller, M. (1995). *Die Stellung des Menschen im Kosmos*. Bonn: Bouvier-Verlag.
- Shipstone, D.M., Gunstone, R.F. (1985). *Teaching children to discriminate between current and energy*. Aspects of understanding electricity.
- Shipstone, D.M. (1984). *A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits*, European Journal of Science Education, 6:2, 185-198.
- Shipstone, D., Rhoneck, C., Karrqvist, C. Dupin, J. Johsua, S. and Licht, P. (1984). *A study of students' understanding of electricity in five European countries*. Int. J. Sci. Educ., Vol. 10 (3), 303-316.
- Solomon, J. (1994). *The rise and fall of constructivism*. Studies in Science Education 23: 1–19.
- Solomon, J., P. Black, et al. (1985). *The pupils' view of electricity*. European Journal of Science Education 7(3): 281-294.
- Solomon, J. (1983). *Is physics easy?* Physics Education, Volume 18: 155-60, The Institute of Physics.
- Solomonidou, C. & Kakana, D.-M. (2000). *Preschool children's conceptions about the electric current and the functioning of electric appliances*. European Early Childhood Education Research Journal, 8 (1), 95-111.
- Viennot, L. (1979). *“Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics”*. European Journal of Science Education, vol. 1/2, pp. 205-221.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Wagenschein, M. (1990). *Kinder auf dem Weg zur Physik*. Berlin: Weinheim.
- Young, H. (1994). *Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος II*. Εκδόσεις Παπαζήση.
- Αποστολοπούλου, Δ., Παναγιωτακόπουλος, Χ. & Καρατράντου, Α. (2012). *Οι Θεωρίες Μάθησης και η Ενσωμάτωσή τους στο Εκπαιδευτικό Λογισμικό: Μια εμπειρική έρευνα*.

- Βάμβουκας, Μ. (2007). *Εισαγωγή στην Ψυχοπαιδαγωγική Έρευνα και Μεθοδολογία*. Όγδοη Έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Βασιλούδης, Ι. (2011). *Δημιουργία κινήτρων με τη βοήθεια των Νέων Τεχνολογιών: Μελέτη Περίπτωσης*. Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τις Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση της Ε.Τ.Π.Ε., 28-30/4/2011. Ανακτήθηκε 20 Ιανουαρίου 2013, από <http://www.cetl.elemedu.upatras.gr/proc2/proceedings.html>
- Βοσνιάδου, Σ. (2006). *Παιδιά, σχολεία και υπολογιστές. Προοπτικές, προβλήματα και προτάσεις για την αποτελεσματικότερη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γκαρέλιας, Ε. (2012). *Μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών της Β' Λυκείου για τη διαφορά δυναμικού στα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Σύγκριση της παραδοσιακής διδασκαλίας με την πειραματική. Μια διαφορετική προσέγγιση με βάση την μπαταρία*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, Ιωάννινα.
- Ευθυμίου, Α. (2013). *Θεωρίες Μάθησης και ΤΠΕ*. Αδημοσίευτη εργασία στα πλαίσια των μαθημάτων του προγράμματος «Διδακτική Επιστημών με Νέες Τεχνολογίες». Εργαστήριο Κοινωνικής και Πειραματικής Ψυχολογίας του Πάντειου Πανεπιστημίου Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών.
- Ζησιμόπουλος, Γ., Καφετζόπουλος, Κ., Μουτζούρη-Μανούσου Ε., Παπασταματίου, Ν. (2002): *Θέματα διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών*, Εκδ. Πατάκη, Αθήνα
- Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές μέθοδοι έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- Ιωσηφίδου, Ε. & Καλαϊτζινός, Τ. (2012, Σεπτέμβριος). *Ποια είναι η επίδραση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των δικτύων επικοινωνίας στον τομέα της εκπαίδευσης σήμερα;* Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Βόλος.
- Κασσωτάκης, Μ, Φλουρής, Γ. (2003). *Μάθηση και Διδασκαλία*. Τόμος Α΄, Μάθηση. Αυτοέκδοση, Αθήνα.
- Κόκκαλη, Α. (2014). *Η αξιοποίηση του παγκόσμιου ιστού μέσα από τους διαδικτυακούς χώρους των σχολείων της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην*

Αχαΐα. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πάτρα.

- Κόκκοτας, Π. (2000). *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες. Σύγχρονοι Προβληματισμοί*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Κόκκοτας, Π. (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος II: Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Παναγιώτης Κόκκοτας.
- Κόκκοτας, Π. (2005). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος πρώτο*. Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. & Βλάχος, Ι. (2001). *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κολιάδης, Ε. (1997). *Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη, τομ. Γ*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Κολιάδης, Ε. (1996). *Θεωρίες μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη. Συμπεριφοριστικές θεωρίες*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Κοσσυβάκη, Φ. (2004). *Η μορφωτική σημασία της πειραματικής διαδικασίας στο σχολείο, στο Επιστημονική Επετηρίδα Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Νο 17, Σχολή Επιστημών Αγωγής Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Ιωάννινα*.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*. Διδακτορική διατριβή., Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ.
- Κουμαράς, Π. (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Κυριαζή, Ν. (2002). *Η Κοινωνιολογική Έρευνα. Κριτική Επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής & Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Λαφατζή, Ι. (2005). *Νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη.
- Μαντζούκας, Σ. (2007). *Ποιοτική έρευνα σε έξι εύκολα βήματα. Η επιστημολογία, οι μέθοδοι και η παρουσίαση*. Νοσηλευτική, 46(1), 88-98.

- Ματσαγγούρας, Γ. Η. (1999). *Θεωρίες Μάθησης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Γ. Η. (2003). *Η σχολική τάξη*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Μικρόπουλος, Α. (2002). *Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες*, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση.
- Μπασέτας, Κ. (2002). *Ψυχολογία της μάθησης*. Αθήνα : Ατραπός.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ. & Κουστουράκης, Γ. (2005). *Η εφαρμογή των τεχνολογιών της πληροφορίας και επικοινωνίας στην εκπαίδευση: Διεθνείς, ευρωπαϊκές και εθνικές εξελίξεις*. Επιστημονική Επετηρίδα Αρέθας, 3, 293-312.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ. (1999). *Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο, Ανοιχτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση, το εκπαιδευτικό υλικό και οι Νέες Τεχνολογίες*. Τόμος Γ. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρακέας, Χ., & Πιντέλας, Π. (2003). *Το εκπαιδευτικό λογισμικό και η αξιολόγησή του*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Παπαδοπούλου, Ε., & Κοτρίδης, Α. (2010). *Θεωρητικό πλαίσιο εφαρμογής των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαιδευτική πρακτική*. Στο Β. Κολτσάκης & Γ. Σαλονικίδης & Μ. Δοδόντσης (επιμ.) Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας. Βέροια & Νάουσα 23, 24, 25 Απριλίου 2010. Ανακτημένο στις 1-5-2015 από το δικτυακό τόπο <http://www.ekped.gr>
- Παπακώστας, Α. (2009). *Μελέτη της επίδρασης του πειράματος επίδειξης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος στους μαθητές της Β' τάξης Λυκείου και σύγκριση αυτής με την παραδοσιακή διδασκαλία*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, Ιωάννινα.
- Παπαριστείδη, Μ. (2011). *Η προώθηση της άτυπης δια βίου εκπαίδευσης στα πλαίσια online κοινοτήτων. Η μελέτη του online πολυχρηστικού παιχνιδιού Hattrick: Μια μελέτη περίπτωσης*. (Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2011). Ανακτήθηκε 22 Φεβρουαρίου 2013, από <http://nemertes.lis.upatras.gr>

- Παππάς, Χ. (2008). *Πειραματική διδασκαλία των φαινομένων ανάκλασης και διάθλασης του φωτός σε μαθητές Β' Γυμνασίου και σύγκριση αυτής με την παραδοσιακή διδασκαλία*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, Ιωάννινα.
- Παρασκευόπουλος, Ι. (1993). *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας*. Τόμος Α'. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Παρασκευόπουλος, Ι. (1993). *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας*. Τόμος Β'. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2006). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας. Ολική Προσέγγιση*. Τόμος Α'. Αθήνα: Εκδόσεις Αριστοτέλης Ράπτης.
- Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Σταχτέας, Χ. (2002). *Πληροφορική στην Εκπαίδευση. Οι Υπολογιστές στο Σχολείο του Μέλλοντος*. Αθήνα: Τυπωθήτω – ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.
- 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, 64-78, Ιωάννινα, Μάιος
- Φλουρής, Γ. (2005). *Η αρχιτεκτονική της διδασκαλίας και η διαδικασία της μάθησης*. 6η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρης.
- Χαλκιά, Κ. (2000). *Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για Φυσικές Επιστήμες - Πώς διδάσκουμε Φυσική στην τάξη και στο σχολικό εργαστήριο*; Τεύχος 6, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1.

Ερωτηματολόγιο



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Νέων Τεχνολογιών
και Έρευνας στην Διδακτική της Φυσικής**



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Φύλο: ☐ Αγόρι ☐ Κορίτσι, Έτος Εισαγωγής: _____

Βαθμός Πανελληνίων Φυσικής Κατεύθυνσης: _____

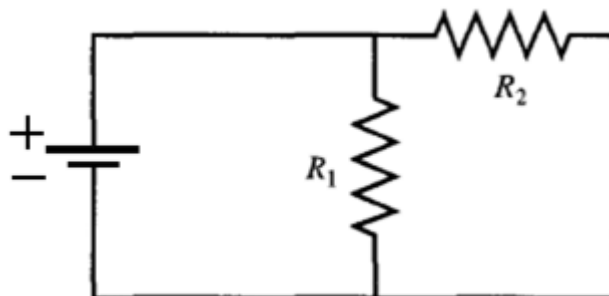
Οι **αντιστάσεις**, τα **λαμπάκια**, οι **μπαταρίες** και τα **καλώδια** των κυκλωμάτων είναι **όμοια** και **ιδανικά**, εκτός αν δηλώνεται το αντίθετο στην εκφώνηση κάθε ερώτησης.

1. Πώς είναι συνδεδεμένοι οι αντιστάτες R_1 και R_2 στο διπλανό διάγραμμα κυκλώματος;

A. Σε σειρά

☐

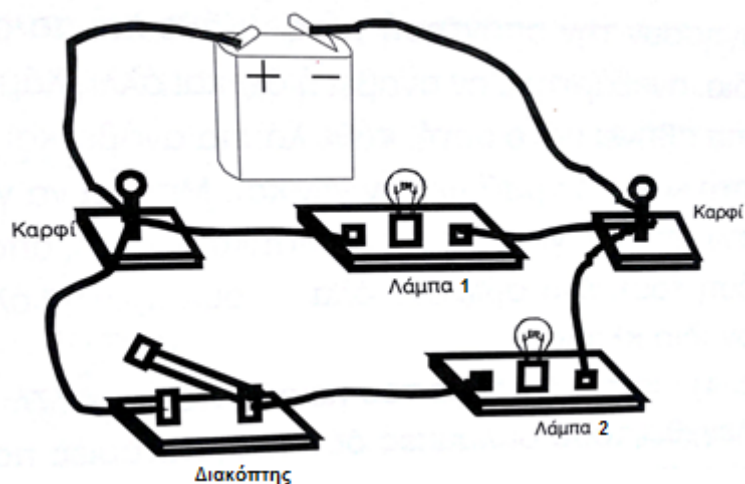
B. Παράλληλα

☐

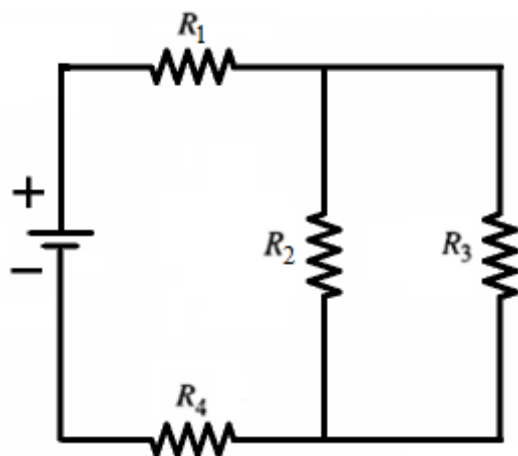
2. Σε ποιο/α από τα παρακάτω κυκλώματα υπάρχει ρεύμα για να ανάψει η λάμπα;

☐☐☐☐☐

3. Στο διπλανό κύκλωμα η λάμπα 1 έχει μικρότερη τιμή αντίστασης από την λάμπα 2 ($R_1 < R_2$). Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπών 1 και 2 μετά το κλείσιμο του διακόπτη; (Κατάταξε τις λάμπες 1 και 2 σύμφωνα με την φωτεινότητά τους και αιτιολόγησε).



4. Πώς είναι συνδεδεμένοι οι αντιστάτες στο διπλανό διάγραμμα κυκλώματος;



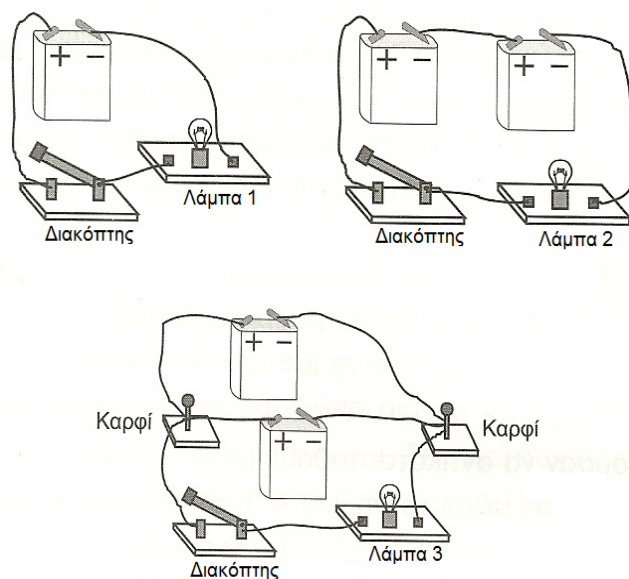
5. Πώς κατατάσσονται οι λαμπτήρες 1, 2 και 3 ανάλογα με τη φωτεινότητά τους μετά το κλείσιμο όλων των διακοπών;

A. $\Lambda_1 = \Lambda_2 < \Lambda_3$ ☐

B. $\Lambda_1 < \Lambda_3 = \Lambda_2$ ☐

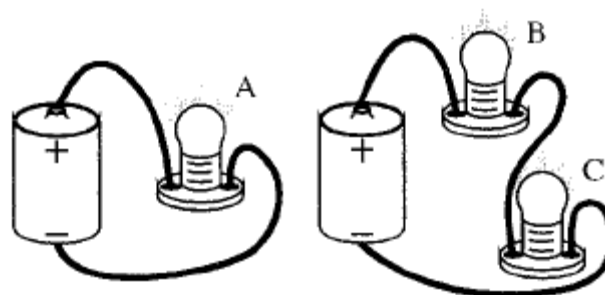
C. $\Lambda_1 < \Lambda_2 < \Lambda_3$ ☐

D. $\Lambda_1 = \Lambda_3 < \Lambda_2$ ☐

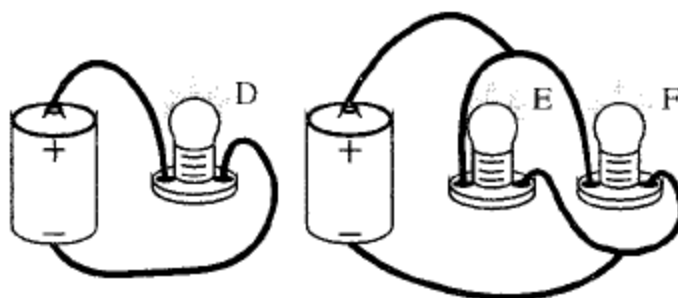


Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

6. Κατάταξε τους λαμπτήρες A, B, C ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.

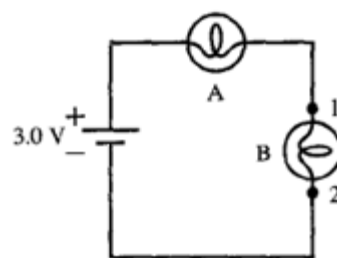


7. Κατάταξε τους λαμπτήρες D, E, F ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.

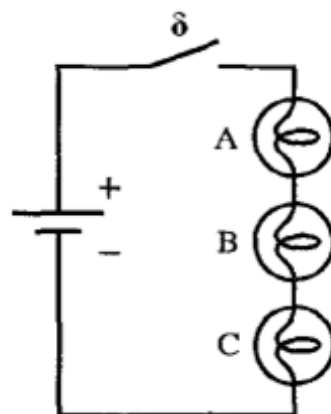


8. Ο λαμπτήρας B αφαιρείται από το κύκλωμα του διπλανού σχήματος. Τότε, η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία 1 και 2 είναι:

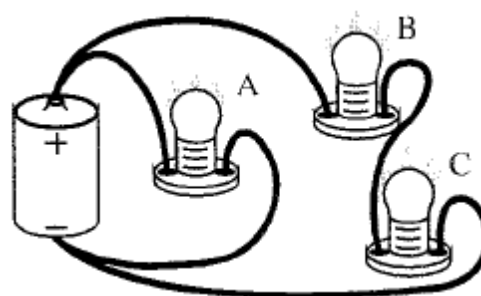
- A. 3 V ☐
- B. Ανάμεσα σε 1,5 V και 3 V ☐
- C. 1,5 V ☐
- D. Ανάμεσα σε 0 V και 1,5 V ☐
- E. 0 V ☐



9. Έχουμε το κύκλωμα του διπλανού σχήματος και κλείνουμε τον διακόπτη δ . Κατάταξε τους λαμπτήρες A, B, C ανάλογα με τη φωτοβολία τους, ξεκινώντας από τον πιο φωτεινό.



10. Τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων A, B και C πριν και αφού αφαιρεθεί ο λαμπτήρας C από την υποδοχή του;



Παράρτημα 2.

Φύλλο Εργασίας

Ηλεκτρικά Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος

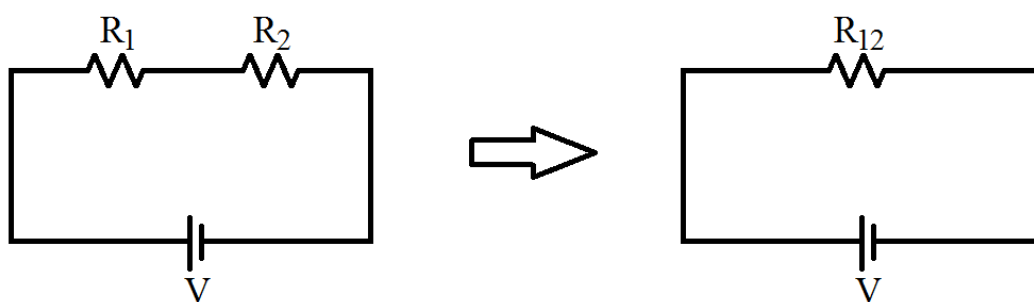
Εισαγωγή:

Αντίσταση δίπολου: $R = \frac{\Delta V}{I}$,

Ένταση Ρεύματος: $I = \frac{\Delta V}{R}$

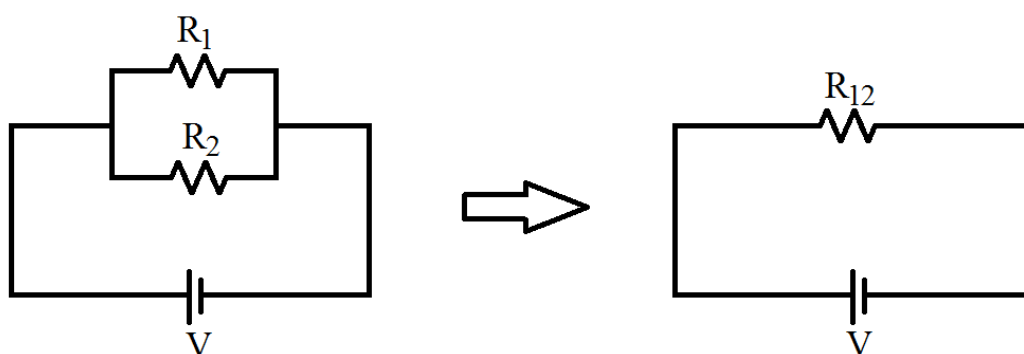
Διαφορά Δυναμικού: $\Delta V = IR$

Σύνδεση αντιστατών σε σειρά:



$$R_{12} = R_1 + R_2$$

Σύνδεση αντιστατών παράλληλα:



$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

1η Δραστηριότητα:

- 1 Μπαταρία
- 1 Λαμπτήρας
- Καλώδια

a) Πάρτε μία μπαταρία και έναν λαμπτήρα και παρατηρήστε τα. Τι κοινό έχουν;

b) Στη συνέχεια με τη βοήθεια καλωδίων φτιάξτε ένα κύκλωμα ώστε να ανάψει ο λαμπτήρας. Πώς συνδέσατε τα καλώδια;

2η Δραστηριότητα:

- 1 Μπαταρία 20V
- 2 ίδιοι Λαμπτήρες
- Αμπερόμετρο μη επαφής
- Βολτόμετρο
- Καλώδια

a) Φτιάξτε ένα κλειστό κύκλωμα που να αποτελείται από μία μπαταρία των **20V** και δύο ίδιους λαμπτήρες ($R_1 = R_2 = 10\Omega$) συνδεδεμένους **σε σειρά**. Συγκρίνετε την φωτεινότητά τους.

Χρησιμοποιώντας το **αμπερόμετρο μη επαφής** καταγράψτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη μπαταρία και κάθε λαμπτήρα.

$I_{\text{μπαταρίας}} =$, $I_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $I_{\text{λαμπτήρα2}} =$

Τι παρατηρείτε;

Έπειτα χρησιμοποιώντας το **βολτόμετρο** καταγράψτε την διαφορά δυναμικού της μπαταρίας και του κάθε λαμπτήρα.

$\Delta V_{\text{μπαταρίας}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα2}} =$

Τι παρατηρείτε;

b) Αλλάζοντας την τιμή της αντίστασης του δεύτερου λαμπτήρα στα 30Ω ($R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 30\Omega$) επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία.

Σύγκριση Φωτεινότητας Λαμπτήρων: _____

$I_{\text{μπαταρίας}} =$, $I_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $I_{\text{λαμπτήρα2}} =$

Τι παρατηρείτε;

$\Delta V_{\text{μπαταρίας}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα2}} =$

Τι παρατηρείτε;

Συμπεράσματα:

3η Δραστηριότητα:

- 1 Μπαταρία 20V
- 2 ίδιοι Λαμπτήρες
- Αμπερόμετρο μη επαφής
- Βολτόμετρο
- Καλώδια

- a) Φτιάξτε ένα κλειστό κύκλωμα που να αποτελείται από μία μπαταρία των **20V** και δύο **ίδιους** λαμπτήρες ($R_1 = R_2 = 10\Omega$) συνδεδεμένους **παράλληλα**. Συγκρίνετε την φωτεινότητά τους.

Χρησιμοποιώντας το **βολτόμετρο** καταγράψτε την διαφορά δυναμικού της μπαταρίας και του κάθε λαμπτήρα.

$\Delta V_{\text{μπαταρίας}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα2}} =$

Τι παρατηρείτε;

Έπειτα χρησιμοποιώντας το **αμπερόμετρο μη επαφής** καταγράψτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη μπαταρία και κάθε λαμπτήρα.

$I_{\text{μπαταρίας}} =$, $I_{\text{λαμπτήρας1}} =$, $I_{\text{λαμπτήρας2}} =$

Τι παρατηρείτε;

- b) Αλλάζοντας την τιμή της αντίστασης του δεύτερου λαμπτήρα στα 30Ω ($R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 30\Omega$) επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία.

Σύγκριση Φωτεινότητας Λαμπτήρων: _____

$I_{\text{μπαταρίας}} =$, $I_{\text{λαμπτήρας1}} =$, $I_{\text{λαμπτήρας2}} =$

Τι παρατηρείτε;

$\Delta V_{\text{μπαταρίας}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα1}} =$, $\Delta V_{\text{λαμπτήρα2}} =$

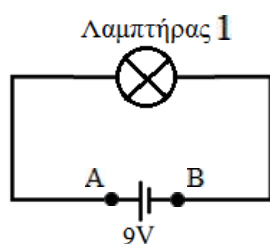
Τι παρατηρείτε;

Συμπεράσματα:

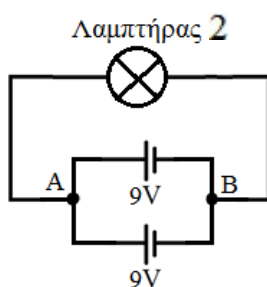
4η Δραστηριότητα:

- 5 ίδιες Μπαταρίες
- 3 ίδιοι Λαμπτήρες
- Καλώδια

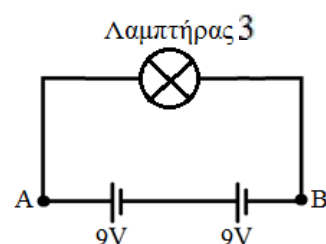
Φτιάξτε ένα κλειστό κύκλωμα χρησιμοποιώντας μία μπαταρία και έναν λαμπτήρα (Σχήμα 1). Δίπλα στο πρώτο κύκλωμα φτιάξτε άλλο ένα χρησιμοποιώντας δύο μπαταρίες, **συνδεδεμένες παράλληλα**, και έναν λαμπτήρα (Σχήμα 2). Και τέλος δίπλα στο δεύτερο φτιάξτε ένα κύκλωμα χρησιμοποιώντας δύο μπαταρίες, **συνδεδεμένες σε σειρά**, και έναν λαμπτήρα (Σχήμα 3).



Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3

Συγκρίνετε τη φωτεινότητα των λαμπτήρων: Λ_1 Λ_2 Λ_3
Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το βολτόμετρο μετρήστε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B σε κάθε κύκλωμα.

$$\Delta V_{AB1} =$$

$$\Delta V_{AB2} =$$

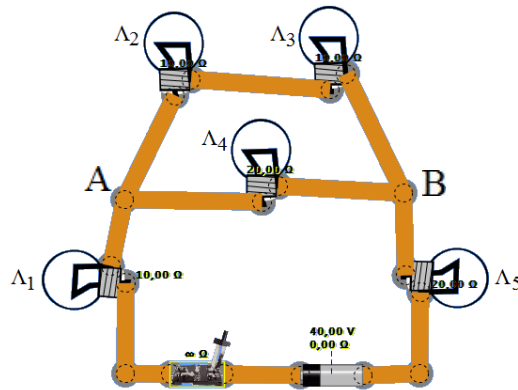
$$\Delta V_{AB3} =$$

Τι συμπεράσματα βγάξετε;

5η Δραστηριότητα:

Για την 5η δραστηριότητα θα χρειαστούμε ένα κύκλωμα το οποίο είναι αποθηκευμένο σε ένα αρχείο στον υπολογιστή μας. Πηγαίνετε πάνω δεξιά και πατήστε το κουμπί "Εισαγωγή". Έπειτα πηγαίνετε και ανοίξτε το αρχείο "dr5".

Αρχικά ας ονομάσουμε τους λαμπτήρες σύμφωνα με το επόμενο σχήμα.



Καταγράψτε την τιμή της αντίστασης του κάθε λαμπτήρα:

$R_1 =$, $R_2 =$, $R_3 =$, $R_4 =$, $R_5 =$

- a) Πώς πιστεύετε ότι είναι συνδεδεμένοι οι Λ_1 και Λ_5 ; _____

Αφού κλείσετε τον διακόπτη πάρτε το αμπερόμετρο μη επαφής κι ελέγξτε το ρεύμα που διαρρέει αυτές τις δύο λάμπες: $I_1 =$ $I_5 =$

Τι παρατηρείτε; _____

Τοποθετείστε τους λαμπτήρες Λ_1 και Λ_5 αριστερά και δεξιά του λαμπτήρα Λ_4 .

Τι συμπεραίνετε τελικά για τους λαμπτήρες Λ_1 και Λ_5 ; _____

- b) Πώς πιστεύετε ότι είναι συνδεδεμένοι οι λαμπτήρες Λ_2 , Λ_3 και Λ_4 ;

Συγκρίνετε τη φωτεινότητα των λαμπτήρων: Λ_2 Λ_3 Λ_4
Γιατί συμβαίνει αυτό; _____

Μετρήστε με το βολτόμετρο τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των κόμβων A και B.

$\Delta V_{AB} =$

Επιλέξτε τον Λ_3 και πατώντας "Delete" από το πληκτρολόγιο σβήστε τον.

Πώς και γιατί άλλαξε η φωτεινότητα των λαμπτήρων Λ_2 και Λ_4 ;

Τέλος χρησιμοποιώντας το βολτόμετρο ξαναμετρήστε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των κόμβων A και B και μεταξύ των ασύνδετων σημείων. Τι παρατηρείτε;

Παράρτημα 3.

Παρουσίαση - Πειράματα Επίδειξης με Προσομοίωση

Προσομοιώσεις Πειραμάτων σε Ηλεκτρικά Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Τμήμα Φυσικής
Π.Μ.Σ. : Νέες Τεχνολογίες & Έρευνα στη Διδακτική της
Φυσικής

Επιβλέπων Καθηγητής: Ματθαίος Καμαράτος

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Χρίστος Σταύρου

Ιωάννινα 2013

Εισαγωγή



- Αντίσταση δίπολου:

$$R = \frac{\Delta V}{I},$$

- Ένταση Ρεύματος:

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

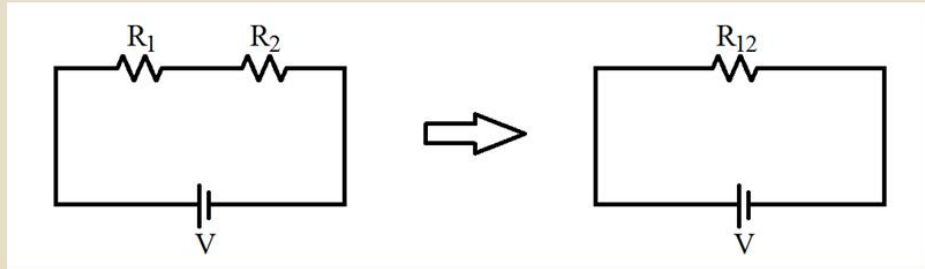
- Διαφορά Δυναμικού:

$$\Delta V = IR$$

Εισαγωγή (συνέχεια)



- Σύνδεση αντιστατών σε σειρά:

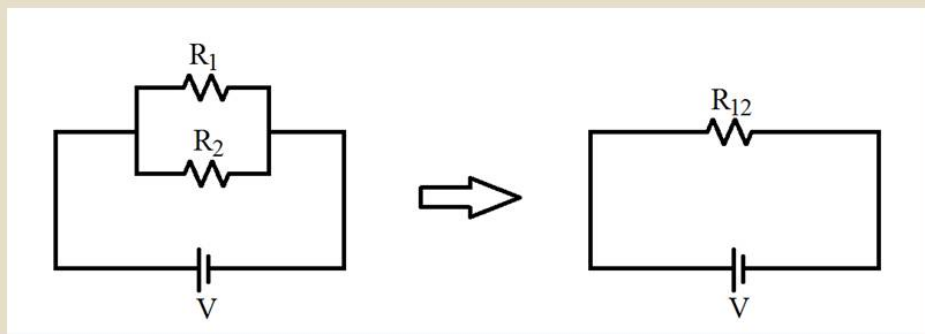


$$R_{12} = R_1 + R_2$$

Εισαγωγή (συνέχεια)



- Σύνδεση αντιστατών παράλληλα:



$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Δραστηριότητα 1



- Τι κοινό έχουν μια μπαταρία και ένας λαμπτήρας;
[video](#)
- Πώς συνδέουμε μια μπαταρία με έναν λαμπτήρα για να ανάψει;
[video](#)

Δραστηριότητα 2



- Σε ένα κλειστό κύκλωμα παρατηρούμε τη φωτεινότητα 2 λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι **σε σειρά**. [video](#)
 - Η φωτεινότητα του κάθε λαμπτήρα εξαρτάται από την αντίστασή του;
 - Ποιο μέγεθος παραμένει σταθερό και ποιο μεταβάλλεται;

Δραστηριότητα 3



- Σε ένα κλειστό κύκλωμα παρατηρούμε τη φωτεινότητα 2 λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι **παράλληλα**. [video](#)
 - Η φωτεινότητα του κάθε λαμπτήρα εξαρτάται από την αντίστασή του;
 - Ποιο μέγεθος παραμένει σταθερό και ποιο μεταβάλλεται;

Δραστηριότητα 4



- Πώς μεταβάλλεται η φωτεινότητα ενός λαμπτήρα σε ένα κλειστό κύκλωμα, όταν η πηγή είναι:
 - Μια μπαταρία;
 - Δύο μπαταρίες συνδεδεμένες **παράλληλα**;
 - Δύο μπαταρίες συνδεδεμένες **σε σειρά**;[video](#)
- Ποια μεγέθη μεταβάλλονται στα τρία κυκλώματα;
- Εξαρτώνται από τη συνδεσμολογία;

Δραστηριότητα 5

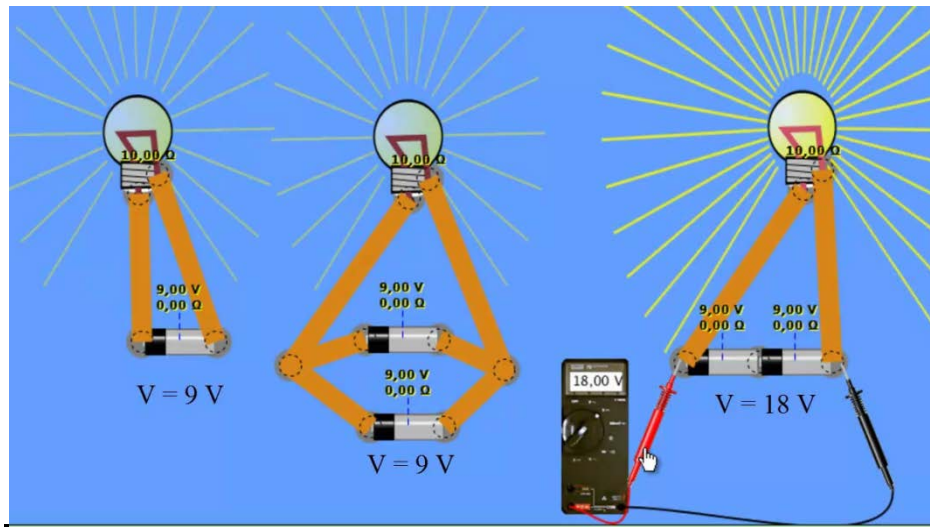


- Πώς μπορούμε να αναγνωρίσουμε τη σωστή συνδεσμολογία μεταξύ λαμπτήρων; [video](#)
- Πώς μεταβάλλεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων όταν «αλλάζει» το κύκλωμά μας.
- Μπορεί να υπάρχει διαφορά δυναμικού σε ανοικτό κύκλωμα μεταξύ ασύνδετων σημείων;
[video](#)

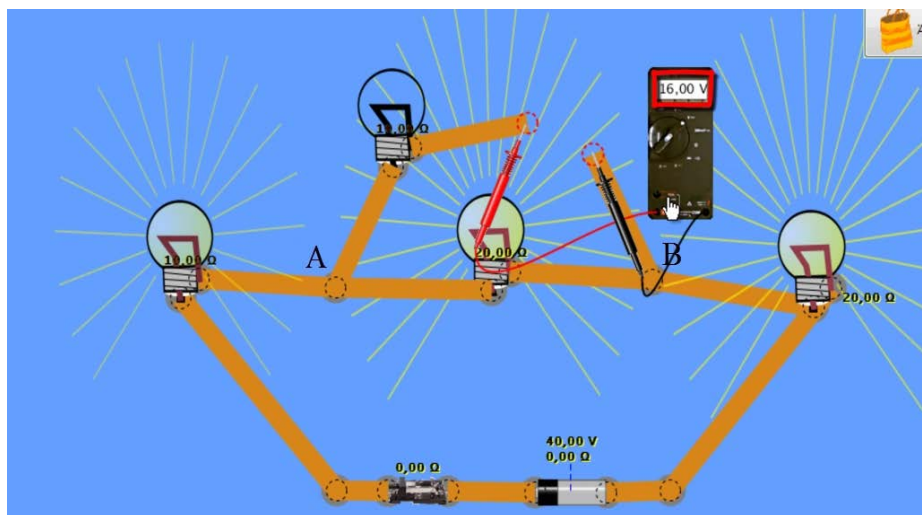
Σας Ευχαριστώ!

Παράρτημα 4.

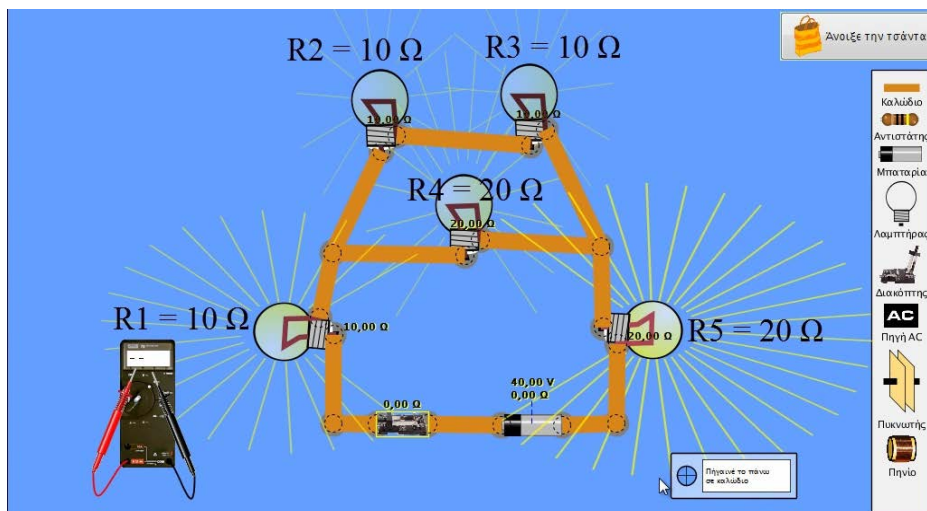
Περιβάλλον Προσομοίωσης



Εικόνα 1.



Εικόνα 2.



Εικόνα 3.