

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αναδόμηση Μαθητικών Παρανοήσεων για το Περιβάλλον και τις Φυσικές
Επιστήμες: Σύγκριση Εργαστηριακών Προσεγγίσεων»

Βαμβακίδης Δημήτριος

Βόλος 2025

UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT AND
DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION



JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE ENVIRONMENT»

JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**« Reconstructing Students' Misconceptions about the Environment and Natural
Sciences: A Comparison of Laboratory Approaches »**

Vamvakidis Dimitrios

VOLOS 2025

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Έτος (έτος ολοκλήρωσης της Μ.Δ.Ε.) Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγησης.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Στεριανή Ματσιώρη , Καθηγήτρια, Π.Θ, Επιβλέπουσα.

Σοφοκλής Δρίτσας, Μέλος Ε.Δ.Ι.Π. Βαθμίδα Α΄, Π.Θ, Μέλος.

Στέφανος Παρασκευόπουλος, Καθηγητής, Π.Θ, Μέλος

I. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία αποσκοπεί στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας δύο διαφορετικών εργαστηριακών προσεγγίσεων (του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου) σε σχέση με την αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, καθώς και στη διερεύνηση της συμβολής τους στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών. Υιοθετήθηκε μεικτός, οιονεί πειραματικός σχεδιασμός με 43 μαθητές της Β' Λυκείου, καταναμεμημένους σε δύο προϋπάρχοντα τμήματα (τμήμα 1: πραγματικό και τμήμα 2: εικονικό εργαστήριο). Συλλέχθηκαν ποσοτικά δεδομένα μέσω διαγνωστικών ερωτηματολογίων (pre-test, post-test) και ποιοτικά δεδομένα μέσω ημι-δομημένων συνεντεύξεων και ανάθεσης προαιρετικής εργασίας.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι και οι δύο εργαστηριακές προσεγγίσεις οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών. Ωστόσο, μετά τον έλεγχο των αρχικών γνώσεων, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αποτελεσματικότητα μεταξύ των δύο προσεγγίσεων ως προς την εννοιολογική αλλαγή για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και τα επιμέρους εννοιολογικά μοντέλα. Οι προϋπάρχουσες γνώσεις αναδείχθηκαν ως ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρέασε την τελική επίδοση. Παρά την ισοδύναμη γνωστική αποτελεσματικότητα των δύο εργαστηρίων, οι μαθητές έδειξαν ισχυρή προτίμηση για το πραγματικό εργαστήριο, επικαλούμενοι τον βιωματικό, πρακτικό και κοινωνικό του χαρακτήρα. Η συμμετοχή σε προαιρετική περιβαλλοντική εργασία που τους ανατέθηκε ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα του πραγματικού εργαστηρίου, υποδηλώνοντας ότι η βιωματική φύση του ενθαρρύνει βαθύτερη εμπλοκή και φιλοπεριβαλλοντικές στάσεις. Οι συνεντεύξεις αποκάλυψαν επίσης την επιμονή παρανοήσεων, κυρίως του Καταναλωτικού Μοντέλου, και δυσκολίες

στην ανάκληση της εργαστηριακής εμπειρίας λόγω παρέλευσης χρόνου και ισχύος των προϋπαρχουσών αντιλήψεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Στα Αγγλικά:

Electrical Circuits

Misconceptions in science

Hands on Laboratory

Virtual Laboratory

Environmental Awareness

Conceptual Change

Στα Ελληνικά:

Μαθητικές παρανοήσεις

Εννοιολογική αλλαγή

Γνωστική σύγκρουση

Εναλλακτικές ιδέες

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1.Διάρθρωση της εργασίας.....	2
1.2. Το πρόβλημα και η σημασία της έρευνας.....	3
1.3. Γιατί επιλέχθηκαν τα ηλεκτρικά κυκλώματα;	4
1.4. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα	5
1.5. Υποθέσεις.....	7
1.6. Θεωρητικό πλαίσιο	7
1.6.1. Μαθητικές Παρανοήσεις: Η Έννοια των Εναλλακτικών Ιδεών που Επιμένουν μετά τη Διδασκαλία	7
1.6.2. Τα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα	9
1.6.3. Ο Εποικοδομισμός και η σημασία της Αναδόμησης των Εναλλακτικών Ιδεών	12
1.6.4. Ο ρόλος του εργαστηρίου στις Φυσικές Επιστήμες	13
1.6.4.α. Το πραγματικό Εργαστήριο	14
1.6.4.β. Το εικονικό εργαστήριο.	14
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ / ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
2.1. Ερευνητικός σχεδιασμός	17
2.2. Περιγραφή των εργαλείων συλλογής δεδομένων.....	18
2.2.1. Ερωματολογία πριν και μετά την παρέμβαση	19
2.2.2. Ημι-δομημένες Συνεντεύξεις	27

2.2.3. Προαιρετική εργασία	30
2.3 Περιγραφή του δείγματος	31
2.4. Περιγραφή της διδακτικής παρέμβασης	32
2.4.1. Η διαδικασία των συνεντεύξεων	36
2.4.2. Η παρέμβαση με το πραγματικό εργαστήριο	37
Συνοπτική Περιγραφή της Διδακτικής Παρέμβασης	37
2.4.3. Η παρέμβαση με το εικονικό εργαστήριο	41
Συνοπτική Περιγραφή της Διδακτικής Παρέμβασης	41
2.5. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων	44
2.5.1. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν.....	44
2.5.2. Στατιστικοί έλεγχοι	48
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	49
3.1. Έλεγχος Κανονικότητας.....	49
3.2. Περιγραφικά στατιστικά.....	50
3.3. Αξιολόγηση Ομοιογένειας Δείγματος (Σύγκριση Επιδόσεων Pre-test)	52
Independent Samples t-test.....	52
Two-way ANOVA (Group x Gender).....	53
3.4. Αξιολόγηση Βελτίωσης Εντός Κάθε Ομάδας (Σύγκριση Pre_test με Post_Test)	55
Paired-samples t-test.....	55

3.5. Σύγκριση Αποτελεσματικότητας Παρεμβάσεων (Σύγκριση Επιδόσεων Post-test)	58
Ανάλυση Συνδιακύμανσης (ANCOVA)	58
3.6. Ανάλυση Επιδόσεων στα εννοιολογικά Μοντέλα των μαθητών.....	61
Ανάλυση Συνδιακύμανσης (ANCOVA)	61
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	65
4.1. Θεματική Ανάλυση των Συνεντεύξεων.....	65
4.1.1. Κωδικός 1: Αποτελεσματικότητα εργαστηριακής προσέγγισης στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.	65
4.1.2. Κωδικός 2: Σύγκριση αποτελεσματικότητας των δυο εργαστηριακών προσεγγίσεων στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.....	67
4.1.3. Κωδικός 3: Προτίμηση των μαθητών μεταξύ του εικονικού και του πραγματικού εργαστηρίου.	67
4.1.4. Κωδικός 4: Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκληση και εφαρμογή της εργαστηριακής γνώσης.	69
4.1.5. Κωδικός 5: Αντιλήψεις για τη φύση του ρεύματος.....	71
4.2. Η Προαιρετική Εργασία.....	73
4.2.1. Ανάλυση της Συμμετοχής των Μαθητών στην Προαιρετική Εργασία:	74
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
5.1 Ερμηνεία αποτελεσμάτων της ποσοτικής έρευνας	76
5.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων της ποιοτικής έρευνας (Συνεντεύξεις και ανάθεση προαιρετικής εργασίας).....	78

Αποτελεσματικότητα των εργαστηριακών προσεγγίσεων στην αναδόμηση ιδεών:	78
.....	78
Σύγκριση αποτελεσματικότητας:.....	79
Προτίμηση εργαστηρίου:.....	79
Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκληση γνώσης:.....	79
Εμμένουσες παρανοήσεις για τη φύση του ρεύματος:	80
Ερμηνεία της συμμετοχής στην προαιρετική εργασία	80
5.3. Σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας	81
5.4. Προτάσεις για τη διδακτική πρακτική	84
5.5. Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.....	85
5.6. Περιορισμοί της έρευνας	86
Βιβλιογραφία	88
6. ABSTRACT	92
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	93
7.1. Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν	93
7.1.1. Ερωτηματολόγιο πριν την παρέμβαση	93
7.1.2. Ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση.....	108
7.2. Συνεντεύξεις	125
Συνέντευξη 1:	125
Συνέντευξη 2:	129
Συνέντευξη 3:	130

Συνέντευξη 4:	132
Συνέντευξη 5:	134
Συνέντευξη 6:	136
Συνέντευξη 7:	140
Συνέντευξη 8:	144
Συνέντευξη 9:	147
Συνέντευξη 10	151
Συνέντευξη 11	156
Συνέντευξη 12:	159
7.3. Συνοδευτική επιστολή για γονείς-κηδεμόνες	164
7.4. Προαιρετική Εργασία: Βρες το ηλεκτρικό σου αποτύπωμα.....	166

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι άνθρωποι από πολύ μικρή ηλικία στην ανάγκη τους να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο δημιουργούν νοητικά μοντέλα με τα οποία ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους. Οι αυθόρμητες αυτές ερμηνείες βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα και δεν στηρίζονται κατ' ανάγκη σε επιστημονική γνώση. Για παράδειγμα, πολλοί άνθρωποι για να εξηγήσουν το γεγονός ότι η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι σε σύγκριση με τον χειμώνα, θεωρούν ότι το καλοκαίρι η απόσταση της Γης από τον Ήλιο είναι μικρότερη σε σχέση με τον χειμώνα, μια ερμηνεία φαινομενικά εύλογη, αλλά επιστημονικά λανθασμένη (Vosniadou & Brewer, 1992). Τα μοντέλα αυτά, δεν είναι τυχαίες σκέψεις και ερμηνείες, αλλά αποτελούν εδραιωμένες αντιλήψεις με τις οποίες το άτομο οργανώνει την καθημερινή αίσθηση του φυσικού κόσμου, καθοδηγεί την συμπεριφορά του και εν τέλει νοηματοδοτεί το φυσικό του περιβάλλον.

Τα παιδιά πριν να προσέλθουν στο σχολείο έχουν ήδη διαμορφώσει ένα δίκτυο ιδεών με το οποίο ερμηνεύουν το φυσικό τους περιβάλλον. Οι ιδέες αυτές έχουν μελετηθεί ευρύτατα από τη βιβλιογραφία και ονομάζονται εναλλακτικές ιδέες των παιδιών (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000). Οι αντιλήψεις αυτές των παιδιών είναι πολύ δύσκολο να αλλάξουν, γιατί είναι προσωπικές και βαθιά ριζωμένες, ενώ δίνουν ερμηνείες (έστω και λανθασμένες) για το τι συμβαίνει στο φυσικό τους περιβάλλον. Συνεπώς, μια διδασκαλία φυσικών επιστημών στο σχολείο που αγνοεί τις ιδέες των παιδιών είναι καταδικασμένη σε αποτυχία. Για να είναι αποτελεσματική μια διδακτική παρέμβαση θα πρέπει αφενός να αναδεικνύει τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών και αφετέρου να δημιουργεί εννοιολογική αλλαγή, έτσι ώστε η νέα γνώση να εναρμονίζονται

με την επιστημονική γνώση, δημιουργώντας λειτουργικούς ορισμούς για τις έννοιες των φυσικών επιστημών (Arons, 1992).

Η διερεύνηση και ο μετασχηματισμός των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών αποτελεί αντικείμενο έντονου ενδιαφέροντος στην επιστημονική κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Οι διδακτικές παρεμβάσεις όταν είναι σχεδιασμένες με βάση τον εποικοδομητισμό, μπορούν να οδηγήσουν σε αναδόμηση των αρχικών ιδεών και στη σταδιακή οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Μια προσέγγιση που προτείνεται από πολλούς επιστήμονες είναι η αξιοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων, καθώς οδηγεί τους μαθητές σε αναγνώριση των εσφαλμένων αντιλήψεών τους (Kumari, Mwesigye, & Balimuttajjo, 2024).

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην αναδόμηση μαθητικών παρανοήσεων σχετικών με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, μέσα από συγκριτική μελέτη διαφορετικών εργαστηριακών προσεγγίσεων. Με την σύγκριση της επίδρασης διαφορετικών διδακτικών παρεμβάσεων, επιχειρείται να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο μπορούν να μετασχηματιστούν οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και να ενισχυθεί η επιστημονική τους κατανόηση. Η σημασία της έρευνας αυτής έγκειται στο ότι προσφέρει εμπειρικά δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν στον σχεδιασμό πιο αποδοτικών μαθησιακών εμπειριών, ενισχύοντας την επιστημονική εγγραμματοσύνη των μαθητών.

1.1.Διάρθρωση της εργασίας

Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζεται η έρευνα που διενεργήθηκε. Διατυπώνονται οι απαραίτητοι ορισμοί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ενώ γίνεται αναφορά στο μοντέλο του εποικοδομισμού, στη σημασία της αναδόμησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και στον ρόλο των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια, αναλύεται διεξοδικά η μεθοδολογία της έρευνας, το δείγμα που

χρησιμοποιήθηκε και ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Τέλος, στα παραρτήματα παρουσιάζονται εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, όπως οι απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις των μαθητών, τα ερωτηματολόγια και άλλα χρήσιμα για τον αναγνώστη στοιχεία.

1.2. Το πρόβλημα και η σημασία της έρευνας

Η επιστημονική έρευνα που αφορά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και των περιβαλλοντικών εννοιών έχει εξελιχθεί πολύ τις τελευταίες δεκαετίες. Άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά, βιβλία διδακτικής ΦΕ και επιστημονικά συνέδρια έχουν αναδείξει αξιόλογες προσπάθειες για την αντιμετώπιση των μαθητικών παρανοήσεων στις ΦΕ. Εντούτοις όμως η έρευνα άλλα και η εμπειρία χιλιάδων εκπαιδευτικών, δείχνει ότι αυτές οι αντιλήψεις, που έχουν διαμορφωθεί από προσωπικές εμπειρίες και αυθόρμητες παρατηρήσεις της καθημερινότητας των παιδιών, μπορεί να παραμένουν ανθεκτικές στην αλλαγή, ακόμα και μετά από τη διδασκαλία (Κασσέτας, 2004). Οι εναλλακτικές ιδέες λειτουργούν σαν ένας παραμορφωτικός καθρέφτης που διαστρεβλώνει την επιστημονικά ορθή εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Επομένως, η διατήρηση των μαθητικών παρανοήσεων δημιουργεί ένα σημαντικό παιδαγωγικό πρόβλημα, καθώς εμποδίζει την ουσιαστική κατανόηση βασικών εννοιών και τη διαμόρφωση επιστημονικού εγγραμματισμού για τον πολίτη του 21^{ου} αιώνα (Allen, 2014).

Ιδιαίτερα στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών θεμάτων, όπου οι αντιλήψεις των μαθητών επηρεάζουν και τη στάση τους απέναντι σε κρίσιμα ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή ή η αειφορία και η βιώσιμη ανάπτυξη, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για αποτελεσματικές διδακτικές παρεμβάσεις που θα προάγουν τον εννοιολογικό

μετασχηματισμό. Η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις και ειδικότερα οι εργαστηριακές δραστηριότητες, μπορούν να συμβάλουν στην αναδόμηση αυτών των παρανοήσεων είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες. Καθώς τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετά τα εικονικά εργαστήρια, τα οποία παρέχουν μια ευέλικτη και συστηματική αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Ψύλλος, 2021), προκύπτει η ανάγκη της σύγκρισής τους με το πραγματικό εργαστήριο φυσικών επιστημών. Στην βιβλιογραφία υπάρχει περιορισμένος αριθμός έρευνών που επιχειρούν αυτή τη σύγκριση, ο οποίος όμως δεν είναι επαρκής για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα. Διαπιστώνεται λοιπόν η ανάγκη για εμπλουτισμό των δεδομένων προς αυτήν την κατεύθυνση. Η παρούσα έρευνα επιχειρεί να συμβάλει σε αυτό το πεδίο, εξετάζοντας την αποτελεσματικότητα διαφορετικών εργαστηριακών προσεγγίσεων (εικονικό εργαστήριο vs πραγματικό εργαστήριο) στην αναδόμηση των μαθητικών εναλλακτικών ιδεών.

1.3. Γιατί επιλέχθηκαν τα ηλεκτρικά κυκλώματα;

Στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί εναλλακτικές ιδέες μαθητών σε πάρα πολλά πεδία των φυσικών επιστημών. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας επιλέχθηκαν τα ηλεκτρικά κυκλώματα για τους παρακάτω λόγους:

- Στην κατανόηση της λειτουργίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων υπάρχουν πολλές και διαφορετικού τύπου εναλλακτικές ιδέες, οι οποίες έχουν κατανεμηθεί σε κατηγορίες. Αυτό καθιστά το πεδίο ιδιαίτερα κατάλληλο για ποσοτική αλλά και ποιοτική έρευνα.
- Το θέμα είναι ιδανικό για πειραματισμό με μπαταρίες, λαμπτήρες, καλώδια στο πραγματικό εργαστήριο, κάτι που διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών.

- Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί πληθώρα αξιολογών προσομοιώσεων εργαστηρίων ηλεκτρισμού, με εξαιρετικά ψηφιακά περιβάλλοντα. Αυτό επιτρέπει την άμεση σύγκριση των δύο προσεγγίσεων, στο πλαίσιο της έρευνας, με στόχο την αξιολόγηση της εκπαιδευτικής τους αποτελεσματικότητας.
- Η χρήση του ηλεκτρισμού είναι άμεσα συνδεδεμένη με την καθημερινότητα των παιδιών (συσκευές, φως, φόρτιση κινητών, κ.ά.), γεγονός που βοηθά στη δημιουργία μαθησιακών εμπειριών με νόημα.
- Το θέμα προσφέρεται για διασύνδεση με την περιβαλλοντική εκπαίδευση, καθώς η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας συσχετίζεται με το ηλεκτρικό αποτύπωμα των ατόμων, παρέχοντας μια γέφυρα προς θέματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης και υιοθέτησης υπεύθυνης στάσης απέναντι στη χρήση των φυσικών πόρων.

1.4. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Γενικός σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα δύο διαφορετικών εργαστηριακών προσεγγίσεων (του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου), στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Ειδικότεροι στόχοι της έρευνας είναι:

- Να καταγραφούν και να αναλυθούν οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές για τα ηλεκτρικά κυκλώματα.
- Να διερευνηθεί η αξία της εργαστηριακής εμπειρίας σε σύγκριση με την παραδοσιακή μετωπική διδασκαλία.
- Να αξιολογηθεί η επίδραση του πραγματικού εργαστηρίου στη μεταβολή αυτών των ιδεών.

- Να αξιολογηθεί η επίδραση του εικονικού εργαστηρίου στη μεταβολή αυτών των ιδεών.
- Να συγκριθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα των δύο προσεγγίσεων (πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου).
- Να διερευνηθεί η προτίμηση των μαθητών σε σχέση με τους δυο τύπους εργαστηρίων.
- Να εξεταστεί η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών και στη σύνδεση των εννοιών της ηλεκτρικής ενέργειας με το φυσικό περιβάλλον.

Ερευνητικά ερωτήματα:

1. Υπάρχει σημαντικός μετασχηματισμός των μαθητικών παρανοήσεων μετά την εργαστηριακή παρέμβαση;
2. Ποια από τις δύο εργαστηριακές προσεγγίσεις (πραγματικό ή εικονικό εργαστήριο) είναι πιο αποτελεσματική στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων;
3. Ποια από τις δύο εργαστηριακές προσεγγίσεις είναι πιο αποτελεσματική στην αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων για κάθε εννοιολογικό μοντέλο των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα;
4. Ποια είναι η προτίμηση των μαθητών ανάμεσα στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο;
5. Ποιο είδος εργαστηριακής προσέγγισης συμβάλλει περισσότερο στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών;

1.5. Υποθέσεις

Με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που επιλέχθηκαν για διερεύνηση, διατυπώνονται παρακάτω οι εξής υποθέσεις:

Υπόθεση 1^η : Οι μαθητές θα παρουσιάσουν στατιστικά παρατηρήσιμη αναδόμηση των παρανοήσεών τους για τα ηλεκτρικά κυκλώματα μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Υπόθεση 2^η : Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών θα μειωθούν μετά την παρέμβαση, με μεγαλύτερη επίδραση στο τμήμα που συμμετείχε στο εικονικό εργαστήριο.

Υπόθεση 3^η : Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών θα μειωθούν μετά την παρέμβαση, με μεγαλύτερη επίδραση στο τμήμα που συμμετείχε στο εικονικό εργαστήριο για όλα τα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Υπόθεση 4^η : Οι μαθητές προτιμούν το πραγματικό εργαστήριο σε σχέση με το εικονικό και την παραδοσιακή μετωπική διδασκαλία τύπου διάλεξης.

Υπόθεση 5^η : Τα δύο είδη εργαστηρίου συμβάλλουν το ίδιο στην ενδυνάμωση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών.

1.6. Θεωρητικό πλαίσιο

Παρακάτω επιχειρείται μια καταγραφή των θεωρητικών εννοιών που αφορούν την παρούσα έρευνα, όπως αυτές αποτυπώνονται στην Ελληνική και στη διεθνή βιβλιογραφία.

1.6.1. Μαθητικές Παρανοήσεις: Η Έννοια των Εναλλακτικών Ιδεών που Επιμένουν μετά τη Διδασκαλία

Καθώς τα παιδιά προσπαθούν να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο, διαμορφώνουν εξηγήσεις και ερμηνείες των φαινομένων με βάση την προσωπική τους εμπειρία, την παρατήρηση και τη γλώσσα της καθημερινότητας. Οι νοητικές αυτές κατασκευές, όπως προαναφέρθηκε είναι γνωστές στη βιβλιογραφία ως εναλλακτικές ιδέες (alternative

conceptions), αποτελούν σημαντικό αντικείμενο μελέτης στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000). Ο όρος εναλλακτική ιδέα αναφέρεται σε σταθερές και επίμονες αντιλήψεις των μαθητών, που συχνά διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές ερμηνείες. Η ερευνητική ομάδα της Rosalind Driver, που υπήρξε πρωτοπόρος στη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών, υιοθέτησε κατά καιρούς διαφορετικούς όρους για να περιγράψει τις αντιλήψεις των μαθητών που αποκλίνουν από την επιστημονική γνώση. Πέρα από τον ευρέως διαδεδομένο όρο «εναλλακτικές ιδέες» (alternative conceptions), η Driver χρησιμοποιεί τον όρο «εναλλακτικά σχήματα» (alternative frameworks), τονίζοντας ότι οι ιδέες των μαθητών αποτελούν οργανωμένα και λειτουργικά συστήματα κατανόησης του φυσικού κόσμου (Driver & Easley, 1978). Ένας ακόμη όρος που χρησιμοποιήθηκε από την Driver και την ομάδα της είναι «μαθητικές παρανοήσεις» (student misconceptions) και έγινε αποδεκτός στην ευρύτερη βιβλιογραφία, αν και η ίδια η Driver δεν προτείνει τη χρήση του, καθώς αποδίδει στις ιδέες αυτές μια αρνητικότητα, δηλαδή κάτι λανθασμένο, χωρίς να λαμβάνει υπόψη το γνωστικό υπόβαθρο του παιδιού (Driver & Erickson, 1983). Ενώ ο όρος «εναλλακτικές ιδέες» μπορεί να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα αντιλήψεων που διαφέρουν από τις επιστημονικές, ο όρος «μαθητικές παρανοήσεις» φαίνεται να χρησιμοποιείται συχνά, για να δηλώσει εκείνες τις εναλλακτικές ιδέες ή αντιλήψεις που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές και επιμένουν (διατηρούνται) ακόμα και μετά την επίσημη διδασκαλία του σχετικού θέματος (Soeharto, 2021). Η αντιμετώπιση αυτών των επίμονων παρανοήσεων αποτελεί σημαντική πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς και βασικό στόχο των σύγχρονων διδακτικών προσεγγίσεων στις Φυσικές Επιστήμες. Η επιλογή λοιπόν του όρου «μαθητικές παρανοήσεις» στον τίτλο της παρούσας έρευνας

έγινε σκόπιμα, γιατί οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν μετά από μετωπική διδασκαλία, όπως θα αναλυθεί στη μεθοδολογία της έρευνας.

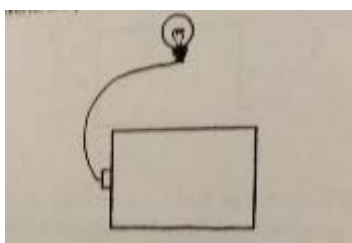
1.6.2. Τα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Κατά τη μελέτη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, έχει καταγραφεί από την βιβλιογραφία πληθώρα εναλλακτικών ιδεών, οι οποίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ποικίλα αίτια. Το μεγάλο πλήθος εναλλακτικών ιδεών στα ηλεκτρικά κυκλώματα οφείλεται κυρίως στην αφηρημένη και αόρατη φύση των εννοιών όπως το ρεύμα και η τάση, καθιστώντας δύσκολη την δημιουργία λειτουργικών ορισμών (Κασσέτας, 2004). Οι καθημερινές εμπειρίες με ηλεκτρικές συσκευές και η κοινή, μη επιστημονική χρήση της γλώσσας (Arons, 1992) οδηγούν σε διαισθητικές, αλλά εσφαλμένες, αντιλήψεις. Επιπλέον, κάποιες παραπλανητικές αναλογίες που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία, αν δεν εξηγηθούν σωστά, μπορούν να ενισχύσουν αυτές τις παρερμηνείες. Οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών είναι συχνά ανθεκτικές στις επιστημονικές εξηγήσεις, οδηγώντας σε πλήρη απόρριψη ή παρερμηνεία νέων πληροφοριών. Τέλος, οι παραδοσιακές διδακτικές μέθοδοι, που εστιάζουν στην απομνημόνευση αντί στην βαθιά κατανόηση, συμβάλλουν στη διαιώνιση αυτών των δυσκολιών (Burde, Weatherby, & Wilhelm, 2022).

Κατά καιρούς έγιναν αρκετές προσπάθειες ομαδοποίησης των εννοιολογικών μοντέλων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για την εξήγηση των φαινομένων που παρατηρούνται στα ηλεκτρικά κυκλώματα με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η ομαδοποίηση που έκαναν Οι Driver, Squires, Rushworth και Wood-Robinson (2000), στην οποία παρουσιάζουν τέσσερα διακριτά νοητικά μοντέλα που εντοπίζονται συστηματικά στις αντιλήψεις των μαθητών:

1. Το Μονοπολικό Μοντέλο

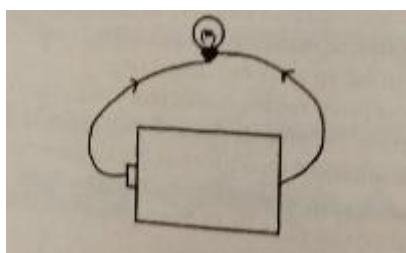
Στο μοντέλο αυτό, οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα εξέρχεται από έναν μόνο πόλο της μπαταρίας (συνήθως τον θετικό) και κατευθύνεται προς τη λάμπα ή άλλο εξάρτημα, όπου και «χάνεται». Δεν αντιλαμβάνονται τη ροή ως κυκλική ή την ανάγκη κλειστού κυκλώματος, γεγονός που οδηγεί σε εσφαλμένες ερμηνείες της λειτουργίας του κυκλώματος (Κουμαράς, 2002). Επομένως θεωρούν ότι αρκεί ένα καλώδιο, μια πηγή και ένα λαμπάκι για να ανάψει το λαμπάκι (εικόνα 1)



Εικόνα 1: το μονοπολικό μοντέλο (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000)

2. Το Μοντέλο Συγκρουόμενων Ρευμάτων

Σύμφωνα με αυτή την ιδέα, το ρεύμα ξεκινά ταυτόχρονα από και τους δύο πόλους της μπαταρίας και συγκρούεται στην λάμπα (Shipstone, 1984). Οι μαθητές φαντάζονται δύο αντίθετες ροές που συναντώνται στο λαμπάκι το οποίο κατά τη σύγκρουση των ρευμάτων ανάβει (εικόνα 2).

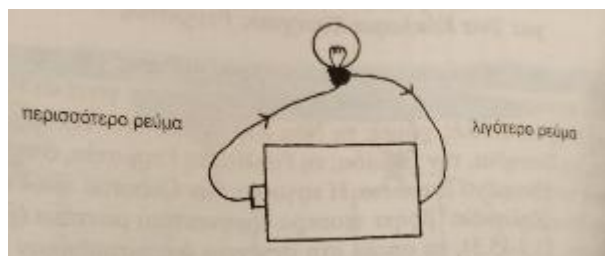


Εικόνα 2: Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000)

3. Το Καταναλωτικό μοντέλο ή Μοντέλο Εξασθένησης

Εδώ, οι μαθητές πιστεύουν ότι το ρεύμα «καταναλώνεται» κατά τη διάρκεια της ροής του μέσα στο κύκλωμα. Σύμφωνα με αυτή την ερμηνεία, η ενέργεια μειώνεται ή «εξαντλείται» από τη μία συσκευή στην άλλη, και συνεπώς δεν φτάνει ποτέ «ολόκληρη»

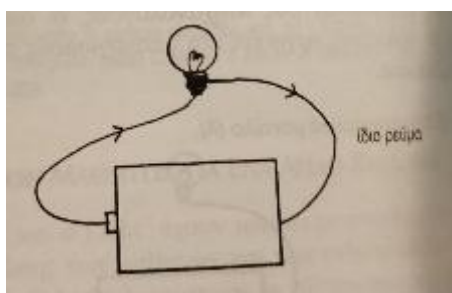
στον τελικό αποδέκτη (Millar & King, 1993). Αυτό οδηγεί, για παράδειγμα, στην πεποίθηση ότι το ρεύμα εξασθενεί κατά τη διέλευση μέσα από τη λάμπα, άρα ελαττώνεται η έντασή του (εικόνα 3).



Εικόνα 3: Το καταναλωτικό μοντέλο (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000)

4. Το Επιστημονικό Μοντέλο

Είναι το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα κυκλοφορεί στο κύκλωμα και διατηρείται (δηλαδή δεν καταναλώνεται), αλλά μεταφέρει ενέργεια μέσω του κυκλώματος (εικόνα 4). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη κλειστού κυκλώματος, ενώ η ένταση του ρεύματος παραμένει σταθερή σε κάθε σημείο του κυκλώματος (σε απλά κυκλώματα). Ακόμη και στο μοντέλο αυτό εμφανίζονται εναλλακτικές ιδέες, όπως για παράδειγμα ότι στην παράλληλη σύνδεση το ρεύμα διατηρείται ίδιο στους δυο κλάδους (Saxena, 1992).



Εικόνα 4: Το επιστημονικό μοντέλο (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000)

Τα μοντέλα αυτά δείχνουν ότι οι μαθητές προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα με βάση τη λογική τους και την εμπειρία. Η αναγνώριση και η αξιοποίησή τους στη

διδασκτική διαδικασία είναι ουσιαστικό βήμα για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (Arons, 1992).

1.6.3. Ο Εποικοδομισμός και η σημασία της Αναδόμησης των Εναλλακτικών Ιδεών

Ο Εποικοδομισμός αποτελεί μια θεμελιώδη θεωρία μάθησης, που εμφανίζεται τις δεκαετίες 1970 και 1980, η οποία υποστηρίζει ότι η νέα γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά κατασκευάζεται ενεργά από τον μαθητή. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει καθώς οι μαθητές έρχονται σε επαφή με νέες εμπειρίες και ενσωματώνουν νέες πληροφορίες στα ήδη υπάρχοντα γνωστικά τους πλαίσια. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού μεταβάλλεται από απλό μεταδότη πληροφοριών και μορφή αυθεντίας σε «διευκολυντή», ο οποίος σχεδιάζει κατάλληλες συνθήκες μάθησης που προωθούν την ενεργό εμπλοκή και την παραγωγική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών (Garbett, 2011). Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει ότι μια καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό έχει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από μια προσέγγιση με ελάχιστη καθοδήγηση (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Η «καθοδηγούμενη διερεύνηση» είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική μάθηση, ειδικά όταν πρόκειται για αρχάριους. Η ενεργός συμμετοχή, στο πλαίσιο του εποικοδομισμού, αναφέρεται σε μια προσωπική διαδικασία απόδοσης νοήματος, η οποία διευκολύνεται και καθοδηγείται από τον εκπαιδευτικό ή από καλά σχεδιασμένα μαθησιακά περιβάλλοντα και δεν αφήνεται στην τύχη. Οι επικριτές της άποψης αυτής υποστηρίζουν ότι τα ευρήματα αυτά δεν συνάδουν με τις αρχές του εποικοδομισμού, καθώς παραπέμπουν σε πιο δασκαλοκεντρικά μοντέλα μάθησης (συμπεριφορισμός). Όμως, πολλοί είναι οι ερευνητές που θεωρούν ότι η παροχή συστηματικής και οργανωμένης υποστήριξης προς τους μαθητές είναι απόλυτα συμβατή με την υποβοήθηση (scaffolding) που προτείνουν οι εποικοδομητικές προσεγγίσεις (Δημητριάδης Σ., 2015)

Για την παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν για τις παρεμβάσεις φύλλα εργασίας, τα οποία καθοδηγούν τους μαθητές σε στοχευμένες εργαστηριακές δραστηριότητες, για την ουσιαστική αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών.

Η αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων και η εννοιολογική αλλαγή δεν αφορά μόνο την απόκτηση νέας γνώσης και την εξάλειψη των εναλλακτικών ιδεών, αλλά και την αντικατάστασή τους με τις επιστημονικά ορθές αντιλήψεις. Ακριβώς αυτή η διαδικασία είναι πολύ δύσκολη, καθώς φέρνει τους μαθητές στην άβολη για αυτούς θέση να διαπιστώσουν ότι αυτά που πίστευαν δεν ερμηνεύουν σωστά τα φαινόμενα (γνωστική σύγκρουση). Αυτή η διαδικασία είναι καταλυτική για να επέλθει η αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών, η εννοιολογική αλλαγή και εν τέλει να προκύψει νέα γνώση και μάθηση. Αν δεν συμβεί αυτό, τότε οι μαθητές είναι δυνατόν να τροποποιήσουν προσωρινά τη συμπεριφορά τους προκειμένου ενδεχομένως να γράψουν καλά σε ένα τεστ ή να πάρουν καλό βαθμό, όμως στην πραγματικότητα δεν θα έχουν απαλλαγεί από τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους οι οποίες θα επανέλθουν απaráλλαχτες μετά από κάποιο καιρό (Lodge, Kennedy, Lockyer, & Arguel, 2018). Ένας από τους στόχους της παρούσας έρευνας είναι να διαπιστωθεί αν οι διδακτικές παρεμβάσεις είχαν ως αποτέλεσμα την ουσιαστική εννοιολογική αλλαγή και την οικοδόμηση νέας γνώσης με αντοχή στον χρόνο.

1.6.4. Ο ρόλος του εργαστηρίου στις Φυσικές Επιστήμες

Οι φυσικές επιστήμες χρησιμοποιούν την επιστημονική μέθοδο, της οποίας αναπόσπαστο κομμάτι είναι η εργαστηριακή εμπειρία. Το εργαστήριο αποτελεί ένα ιδανικό περιβάλλον για να εφαρμοστούν οι εποικοδομητικές μέθοδοι διδασκαλίας, όπως η καθοδηγούμενη διερεύνηση. Το εργαστήριο είναι εκείνος ακριβώς ο τόπος που η θεωρία συναντά την πράξη, ενώ παράλληλα είναι ο χώρος όπου κρίνονται όλες οι επιστημονικές υποθέσεις

για τη δυνατότητά τους να εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα. Το πείραμα είναι ο «δικαστής» που θα αποφασίσει για την επιστημονικότητα ή μη μιας υπόθεσης (Τραχανάς, 2024)

1.6.4.α. Το πραγματικό Εργαστήριο

Το πραγματικό εργαστήριο αποτελεί μια απαραίτητη εμπειρία για τους μαθητές, για την εμπέδωση και την οικοδόμηση της γνώσης. Προσφέρει πρακτική εμπειρία με υλικά, όργανα μέτρησης και αναπτύσσουν ποικίλες δεξιότητες όπως η παρατήρηση, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων, η επίλυση προβλημάτων και η κριτική σκέψη. Παράλληλα ενισχύει και κοινωνικοσυναισθηματικές δεξιότητες όπως η συνεργατικότητα, η ομόνοια και η ομαδική εργασία. Μέσα στο εργαστήριο οι μαθητές θα συνδέσουν την επιστημονική γνώση με την καθημερινότητα και μέσω των πολλαπλών αναπαραστάσεων θα οικοδομηθεί η νέα γνώση (Kumari, Mwesigye,, & Balimuttajjo, 2024).

Ωστόσο, τα πραγματικά εργαστήρια αντιμετωπίζουν και κάποιους περιορισμούς, όπως το υψηλό κόστος εξοπλισμού και συντήρησης και ζητήματα ασφάλειας. Ακόμη, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μεγάλο πλήθος παιδιών σε μια τάξη, ένας εκπαιδευτικός δεν αρκεί για να εποπτεύσει και να καθοδηγήσει αποτελεσματικά το πείραμα. Τέλος, κάποιες αφηρημένες έννοιες όπως η ροή ηλεκτρονίων μέσα στα καλώδια που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν γίνονται απόλυτα κατανοητές, διαιωνίζοντας παρανοήσεις που πηγάζουν από την αόρατη φύση του ηλεκτρισμού (Arons, 1992).

1.6.4.β. Το εικονικό εργαστήριο.

Τα εικονικά εργαστήρια και οι προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στην καθημερινή εκπαιδευτική πράξη, καθώς λειτουργούν ως γνωστικά εργαλεία υποστηρίζοντας την οικοδόμηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες. Βασικό τους πλεονέκτημα είναι η ασφάλεια και η δυνατότητα εξερεύνησης περιοχών που είναι δύσκολο να διερευνηθούν με το πραγματικό εργαστήριο, είτε λόγω επικινδυνότητας

(π.χ. ραδιενεργές διασπάσεις), είτε διότι οι έννοιες αφορούν τον μικρόκοσμο (π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, ατομική δομή) (Πιερράτος & Κουμαράς , 2022). Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη τους είναι η οπτικοποίησή αφηρημένων εννοιών, καθώς μπορούν να καταστήσουν το αόρατο ορατό (π.χ. κίνηση ηλεκτρονίων, διαφορές δυναμικού) μέσω γραφικών και χρωματικής κωδικοποίησης, αντιμετωπίζοντας αποτελεσματικά τις παρανοήσεις που πηγάζουν από την αόρατη φύση του ηλεκτρισμού (Atashon, 2024). Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, τα εικονικά εργαστήρια έχουν περιορισμούς, κυρίως την απομάκρυνση από την εμπειρία των αισθήσεων που προσφέρει το πραγματικό εργαστήριο. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μια σύγκριση των δυο τύπων εργαστηριακών προσεγγίσεων με στόχο να αναδειχτούν τόσο τα οφέλη του καθενός, όσο και οι προτιμήσεις των παιδιών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ / ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα μελέτη εντάσσεται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής έρευνας και φέρει τα χαρακτηριστικά μιας μικτής, ημιπειραματικής (οιονεί πειραματικής) προσέγγισης. Συγκεκριμένα, αξιοποιεί ποσοτικά δεδομένα, μέσω διαγνωστικών ερωτηματολογίων τεστ πριν (pre_test) και τεστ μετά (post_test) την εκπαιδευτική παρέμβαση, καθώς και ποιοτικά δεδομένα (μέσω συνεντεύξεων), με στόχο τη σφαιρική αποτύπωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και των γνωστικών μετασχηματισμών των μαθητών. Η ημιπειραματική (ή οιονεί πειραματική) φύση της έρευνας προκύπτει από τη σύγκριση δύο προϋπαρχουσών ομάδων (μιας που εργάστηκε με τη χρήση πραγματικού εργαστηρίου και μιας με εικονικό εργαστήριο) χωρίς τυχαία ανάθεση. Η επιλογή αυτής της μεθοδολογίας, η οποία αιτιολογείται παρακάτω, αποσκοπεί στη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των διαφορετικών εργαστηριακών προσεγγίσεων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και στη συμβολή τους στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με μαθητές δύο τμημάτων της Β' Λυκείου του Γενικού Λυκείου Σκύδρας, κατά το σχολικό έτος 2024-2025. Αρχικά ο ερευνητής επικοινωνήσε με τη διεύθυνση δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης Πέλλας, για να ανακοινώσει την πρόθεσή του για τη διεξαγωγή της έρευνας. Στη συνέχεια, υποβλήθηκε αίτηση στο Γ.Ε.Λ Σκύδρας (αριθμός πρωτοκόλλου 217), στην οποία ζητούνταν από τη διεύθυνση να επιτραπεί η διεξαγωγή της έρευνας. Αφού ο ερευνητής έλαβε την έγκριση από τη διεύθυνση του σχολείου, απέστειλε στους γονείς και κηδεμόνες των μαθητών των τμημάτων που θα συμμετείχαν στην έρευνα, έγγραφο υπεύθυνης δήλωσης συναίνεσης, καθώς και συνοδευτική επιστολή (παράρτημα 7.3), που αναλύονταν ο σκοπός και το πλαίσιο της έρευνας. Παρακάτω αναλύεται διεξοδικά ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε.

2.1. Ερευνητικός σχεδιασμός

Η παρούσα έρευνα υιοθέτησε έναν οιονεί πειραματικό σχεδιασμό με δύο ομάδες παρέμβασης (τμήμα 1 και τμήμα 2), οι οποίες αντιστοιχούν σε δυο τμήματα της Β΄ τάξης του ΓΕ.Λ Σκύδρας κατά το σχολικό έτος 2024-25. Ο σχεδιασμός αυτός επιλέχθηκε για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των εργαστηριακών παρεμβάσεων και να συγκριθούν μεταξύ τους το πραγματικό (hands on) εργαστήριο, με το εικονικό εργαστήριο μέσω ψηφιακών προσομοιώσεων εργαστηρίων (simulations). Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες κατανεμήθηκαν ως εξής:

- Αρχικά, σε όλους τους μαθητές του δείγματος, παρουσιάστηκαν οι απαραίτητες θεωρητικές έννοιες πριν από τις παρεμβάσεις.
- Μία ομάδα που συμμετείχε σε παρέμβαση με χρήση πραγματικού εργαστηρίου (τμήμα 1).
- Μία ομάδα που συμμετείχε σε παρέμβαση με χρήση εικονικού εργαστηρίου (τμήμα 2).

Ο λόγος που επιλέχθηκε ο οιονεί πειραματικός τρόπος προσέγγισης της έρευνας με την επιλογή δυο τμημάτων της Β λυκείου και όχι η τυχαία επιλογή του δείγματος από όλο το σχολείο, είναι ότι στο πλαίσιο του σφιχτού προγράμματος σπουδών του γενικού λυκείου κάτι τέτοιο θα επέφερε αναστάτωση στο ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου. Επιπλέον, οι διδακτικές παρεμβάσεις στα τμήματα 1 και 2, που θα αναλυθούν παρακάτω, βασίζονται στον εποικοδομισμό και απαιτούν ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες, στις οποίες η ομοιογένεια του τμήματος και οι διαπροσωπικές σχέσεις μεταξύ των μελών της κάθε ομάδας είναι επιθυμητές (Antonio & Prudente , 2024). Τέλος, οι παρεμβάσεις και η συλλογή των δεδομένων διήρκεσαν περίπου τέσσερις μήνες, επομένως η τυχαία

επιλογή μαθητών από διάφορα τμήματα θα απαιτούσε οι παρεμβάσεις να γίνουν εκτός ωρολογίου προγράμματος, κάτι που θεωρήθηκε ανέφικτο.

Αρχικά λοιπόν, παρουσιάστηκε στους μαθητές των δυο τμημάτων η θεωρία με μετωπική παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό. Στη συνέχεια δόθηκε στους μαθητές και των δυο τμημάτων ένα κοινό ερωτηματολόγιο 50 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής *pre_test* (παράρτημα 7.1). Ακολούθησαν τρεις διδακτικές παρεμβάσεις διάρκειας 45min η καθεμία σε κάθε τμήμα. Στο τμήμα 1 οι τρεις παρεμβάσεις ήταν εργαστηριακές με χρήση πραγματικού εργαστηρίου, ενώ στο τμήμα 2 χρησιμοποιήθηκε εικονικό εργαστήριο. Το δεύτερο ερωτηματολόγιο *post_test* (Παράρτημα 7.1) δόθηκε στους μαθητές των δυο τμημάτων τρεις μήνες μετά τις παρεμβάσεις και αφού είχαν προχωρήσει τη διδακτέα ύλη τους σε επόμενο κεφάλαιο (η φύση του φωτός). Αυτό έγινε για να διαπιστωθεί η ανθεκτικότητα των παρανοήσεων στη διάρκεια του χρόνου.

Η σύγκριση διαφορετικών διδακτικών στρατηγικών (μη εργαστηριακή, πραγματικό, εικονικό εργαστήριο) είναι κρίσιμη για την κατανόηση των πλεονεκτημάτων και περιορισμών κάθε προσέγγισης και στην αντιμετώπιση των γνωστών και επίμονων παρανοήσεων στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Αυτή η πολυδιάστατη προσέγγιση στον σχεδιασμό της μεθοδολογίας είναι σημαντική για την κατανόηση του πώς διαφορετικές διδακτικές στρατηγικές μπορούν να συμβάλουν στην εννοιολογική αλλαγή και στην αποτελεσματική μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

2.2. Περιγραφή των εργαλείων συλλογής δεδομένων

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία συλλογής δεδομένων:

- Ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση.
- Ημι-δομημένες συνεντεύξεις.
- Προαιρετική εργασία για περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.

Παρακάτω αναλύεται το πλαίσιο μέσα στο οποίο δημιουργήθηκαν τα εργαλεία αυτά.

2.2.1. Ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση

Δημιουργήθηκαν δύο ερωτηματολόγια πολλαπλών επιλογών με 50 ερωτήσεις το καθένα, τα οποία δόθηκαν στους μαθητές πριν (pre_test) και μετά την παρέμβαση (post_test). Οι ερωτήσεις του δευτέρου ερωτηματολογίου ήταν ίδιες ως προς το περιεχόμενο με του πρώτου, ελαφρώς αναδιατυπωμένες και με διαφορετική επιλογή σωστής απάντησης. Οι 50 ερωτήσεις καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εννοιών, ενώ η δομή των ερωτήσεων, με τέσσερις επιλογές απάντησης, επιτρέπει τόσο την ποσοτική αξιολόγηση της ορθότητας όσο και την πιθανή διάγνωση παρανοήσεων.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κατανεμήθηκαν στα τέσσερα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών που αναφέρθηκαν στο θεωρητικό μέρος (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000), έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η λεπτομερής ανάλυση της αποτελεσματικότητας κάθε παρέμβασης στην αναδόμηση συγκεκριμένων τύπων παρερμηνειών. Η ταξινόμηση των ερωτήσεων ανά εννοιολογικό μοντέλο εικονίζεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1 Ταξινόμηση Ερωτήσεων ανά εννοιολογικό Μοντέλο των μαθητών

Μοντέλο	Βασική Αρχή	Χαρακτηριστικές Παρερμηνείες	Ερωτήσεις (Αριθμός Ερώτησης)
Μονοπολικό	Το ρεύμα ρέει από έναν πόλο και «χάνεται» ή «εξαντλείται». Δεν απαιτείται κλειστό κύκλωμα.	Το ρεύμα φεύγει από τον θετικό πόλο και δεν επιστρέφει. Μια συσκευή λειτουργεί με μία μόνο σύνδεση στην πηγή. Η μπαταρία «γεννά» ρεύμα που εξαντλείται.	7, 8
Συγκρουόμενων Ρευμάτων	Το ρεύμα ρέει ταυτόχρονα και από τους δύο πόλους και «συγκρούεται» στη συσκευή.	Το ρεύμα έχει δύο αντίθετες ροές που συναντιούνται	15, 20, 21
Καταναλωτικό	Το ρεύμα είναι μια «αναλώσιμη» ουσία που «καταναλώνεται» από τις συσκευές.	Η ένταση του ρεύματος μειώνεται μετά από κάθε συσκευή σε σειρά. Ο πρώτος λαμπτήρας σε σειρά φωτίζει περισσότερο. Το	3, 6, 10, 12, 14, 34, 41, 44, 50

		ρεύμα «εξαντλείται» στους αγωγούς.	
Επιστημονικό (Διατήρησης Ρεύματος)	Το ρεύμα (ροή φορτίου) διατηρείται σε ένα κλειστό κύκλωμα. Η ενέργεια μετασχηματίζεται, όχι το ρεύμα.	Το ρεύμα στην παράλληλη σύνδεση μοιράζεται εξίσου στους κλάδους.	1, 2, 4, 5, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49

Η κατάταξη των ερωτήσεων στα παραπάνω μοντέλα και οι πιθανές παρερμηνείες που ανιχνεύονται από κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου που δόθηκε μετά την παρέμβαση, αναλύονται ως εξής:

Μονοπολικό μοντέλο.

Οι ερωτήσεις που σχετίζονται με το Μονοπολικό Μοντέλο συχνά εξετάζουν την κατανόηση της ανάγκης για ένα πλήρες κύκλωμα ή την αντίληψη ότι το ρεύμα ρέει μόνο προς μία κατεύθυνση χωρίς επιστροφή στην πηγή.

Ερώτηση 8: «Αν ενώσουμε τα δύο άκρα μιας μπαταρίας με έναν αγωγό χωρίς άλλες συσκευές, τι θα συμβεί;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Δ) Θα εξαντληθεί η μπαταρία γρήγορα. Αυτό περιγράφει το φαινόμενο του βραχυκυκλώματος, όπου η σύνδεση των πόλων της πηγής με αγωγό χαμηλής αντίστασης οδηγεί σε πολύ μεγάλο ρεύμα και ταχεία εκφόρτιση της μπαταρίας.

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Μονοπολικό): Γ) Τίποτα, γιατί χρειάζεται λαμπτήρας. Αυτή η απάντηση αποκαλύπτει ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται τον ρόλο

του αγωγού ως μέρους ενός κυκλώματος και ότι το ρεύμα χρειάζεται έναν «καταναλωτή» για να υπάρξει.

Ερώτηση 7: «Σε ένα κλειστό κύκλωμα με λαμπτήρα και μπαταρία, η μπαταρία τροφοδοτεί το κύκλωμα με ρεύμα μόνο όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Ναι γιατί μόνο τότε διαρρέεται από ρεύμα.

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Μονοπολικό/Καταναλωτικό): Α) Ναι γιατί η μπαταρία καταναλώνει ρεύμα. Αυτή η απάντηση αποκαλύπτει μια βαθύτερη εννοιολογική σύγχυση σχετικά με την ταυτότητα και τη λειτουργία των στοιχείων του κυκλώματος. Η ιδέα ότι η μπαταρία «καταναλώνει» ρεύμα είναι μια σοβαρή παρερμηνεία, καθώς η μπαταρία είναι η αιτία δημιουργίας τάσης, όχι καταναλωτής. Μπορεί επίσης να συνδέεται με το μονοπολικό μοντέλο, όπου το ρεύμα θεωρείται ότι απλώς «φεύγει» από την πηγή και «χάνεται» είτε στη συσκευή είτε στην ίδια την πηγή.

Μοντέλο Συγκρουόμενων Ρευμάτων

Ερώτηση 15: «Ποια είναι η πραγματική φορά του ρεύματος σε σχέση με τη ροή των ηλεκτρονίων;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Αντίθετη.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτική ιδέα: Α) Η ίδια. Αυτή η απάντηση υποδηλώνει έλλειψη κατανόησης της διάκρισης μεταξύ συμβατικού ρεύματος και ροής ηλεκτρονίων, η οποία είναι θεμελιώδης για την κατανόηση της ροής του ρεύματος. Δ) Δεν υπάρχει φορά στο ρεύμα: υποδηλώνει πλήρη έλλειψη κατανόησης της έννοιας της φοράς του ρεύματος.

Ερώτηση 20: «Σε ένα κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα, ποια είναι η κατεύθυνση του συμβατικού ρεύματος;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Α) Από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας.

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Συγκρουόμενων Ρευμάτων): Γ) Και προς τις δύο κατευθύνσεις. Αυτή είναι η πιο άμεση ένδειξη του μοντέλου συγκρουόμενων ρευμάτων, όπου οι μαθητές πιστεύουν ότι το ρεύμα ρέει ταυτόχρονα από τους δύο πόλους της πηγής και «συναντιέται» κάπου στο κύκλωμα (συνήθως στον λαμπτήρα) για να τον κάνει να λειτουργήσει.

Ερώτηση 21: «Σε ένα κύκλωμα, ποια είναι η κατεύθυνση της κίνησης των ηλεκτρονίων;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας.

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Συγκρουόμενων Ρευμάτων): Γ) Και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η επιλογή υποδηλώνει το μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων, εφαρμοσμένο στη ροή των φορέων φορτίου. Οι μαθητές που επιλέγουν αυτή την απάντηση έχουν μια συνεπή (αν και λανθασμένη) εννοιολογική δομή όπου η λειτουργία του κυκλώματος βασίζεται στην αμφίδρομη ροή.

Καταναλωτικό Μοντέλο ή Μοντέλο Εξασθένισης

Το Καταναλωτικό Μοντέλο ή μοντέλο εξασθένισης είναι ίσως το πιο διαδεδομένο. Οι ερωτήσεις που επιχειρούν να το διαγνώσουν επικεντρώνονται στην ένταση του ρεύματος σε διαφορετικά σημεία ενός κυκλώματος σειράς και στη φωτεινότητα των λαμπτήρων σε διαφορετικά σημεία.

Ερώτηση 6: «Το ρεύμα που παράγει μια μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Όχι, γιατί η πηγή διατηρεί σταθερή διαφορά δυναμικού στα άκρα της.

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Καταναλωτικό): Α) Ναι, μειώνεται σταδιακά. Αυτή η απάντηση αποτελεί άμεση ένδειξη του Καταναλωτικού Μοντέλου, όπου το ρεύμα θεωρείται ότι «εξαντλείται - εξασθενεί» ή «καταναλώνεται» από τους αγωγούς (ή τις συσκευές), αντί να διατηρείται.

Ερώτηση 10: «Σε ένα κύκλωμα με τέσσερις ίδιους λαμπτήρες και μια μπαταρία σε σειρά»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Α) Όλοι οι λαμπτήρες φωτίζουν το ίδιο.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Β) Ο λαμπτήρας Λ_1 που είναι πιο κοντά στον θετικό πόλο της μπαταρίας φωτίζει περισσότερο. Γ) Ο λαμπτήρας Λ_4 που είναι πιο κοντά στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας φωτίζει περισσότερο. Δ) Οι τελευταίοι λαμπτήρες σχεδόν δεν ανάβουν καθόλου. Όλες αυτές οι επιλογές αντικατοπτρίζουν την ιδέα ότι το ρεύμα «χάνεται» ή «μειώνεται» καθώς περνά από τους λαμπτήρες, με αποτέλεσμα οι επόμενοι να λαμβάνουν λιγότερο. Η επιλογή Β είναι η πιο κοινή έκφραση του Καταναλωτικού Μοντέλου.

Ερώτηση 12: «Στο κύκλωμα φαίνονται μια πηγή, δυο αντιστάτες και δυο αμπερόμετρα συνδεδεμένα σε σειρά. Μεγαλύτερο ρεύμα μετράει:»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Τα δύο αμπερόμετρα μετρούν την ίδια ένταση.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Α) Μεγαλύτερη ένταση μετράει το αμπερόμετρο 1. Γ) Μεγαλύτερη ένταση μετράει το αμπερόμετρο 2. Και οι δύο υποδηλώνουν ότι το ρεύμα αλλάζει ένταση σε ένα κύκλωμα σειράς, μια άμεση έκφραση του Καταναλωτικού Μοντέλου.

Ερώτηση 14: «Σε ένα κύκλωμα συνδέεται ένας λαμπτήρας με μια ηλεκτρική πηγή. Αν συνδέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Μειώνεται (λόγω αύξησης της συνολικής αντίστασης).

Επιλογή που υποδηλώνει εναλλακτική ιδέα (Καταναλωτικό ή Ελλιπής Κατανόηση): Α) Αυξάνεται. Αυτή η απάντηση μπορεί να προκύπτει από την εσφαλμένη αντίληψη ότι περισσότεροι λαμπτήρες «τραβούν» περισσότερο ρεύμα, αγνοώντας την αύξηση της συνολικής αντίστασης σε σειρά σύνδεση, η οποία οδηγεί σε μείωση του συνολικού ρεύματος σύμφωνα με τον Νόμο του Ohm.

Ερώτηση 34: «Σε μια σύνδεση δύο ίδιων λαμπτήρων σε σειρά, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητά τους αν προσθέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Α) Όλοι οι λαμπτήρες μειώνουν τη φωτεινότητά τους.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Β) Η φωτεινότητα παραμένει ίδια. Γ) Η φωτεινότητα αυξάνεται. Δ) Μειώνεται μόνο ο τελευταίος λαμπτήρας. Η επιλογή Δ είναι μια σαφής ένδειξη του Καταναλωτικού Μοντέλου, καθώς υποδηλώνει ότι το ρεύμα εξασθενεί σταδιακά καθώς περνά από τους λαμπτήρες, επηρεάζοντας μόνο τους «τελευταίους».

Ερώτηση 41: «Σε ένα κύκλωμα με δύο αντιστάτες σε σειρά, ποιο από τα παρακάτω ισχύει για την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αντιστάτες;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Α) Είναι η ίδια για όλους τους αντιστάτες.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Β) Είναι μεγαλύτερη στον πρώτο αντιστάτη. Γ) Είναι μεγαλύτερη στον δεύτερο αντιστάτη. Αυτές οι απαντήσεις είναι άμεσες εκφράσεις του Καταναλωτικού Μοντέλου, όπου το ρεύμα θεωρείται ότι μειώνεται ή αυξάνεται καθώς περνά μέσα από τους αντιστάτες.

Ερώτηση 44: «Ένα κύκλωμα με μια πηγή, δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα αμπερόμετρο τοποθετημένο πριν από τον πρώτο λαμπτήρα. Τι δείχνει το αμπερόμετρο;»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Β) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει και τους δύο λαμπτήρες (ίδια για όλους).

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Α) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον πρώτο λαμπτήρα. Γ) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει μόνο τη μπαταρία. Δ) Δεν δείχνει τίποτα, γιατί το ρεύμα αλλάζει μετά από κάθε λαμπτήρα. Η επιλογή Δ είναι μια σαφής έκφραση του Καταναλωτικού Μοντέλου, καθώς υποδηλώνει ότι το ρεύμα μεταβάλλεται μετά από κάθε καταναλωτή.

Ερώτηση 50: «Ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο αντιστάτες και δυο αμπερόμετρα όλα σε σειρά με την πηγή.»

Επιστημονικά ορθή απάντηση: Δ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν την ίδια ένταση.

Επιλογές που υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες (Καταναλωτικό): Α) Μεγαλύτερη ένταση δείχνει το αμπερόμετρο Α1 γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή. Β) Το αμπερόμετρο Α3 δείχνει την μικρότερη ένταση γιατί το ρεύμα έχει εξασθενήσει περνώντας από τους αντιστάτες. Γ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν διαφορετικές εντάσεις που εξαρτώνται από τις αντιστάσεις R_1 και R_2 . Οι επιλογές Α και Β είναι κλασικές εκφράσεις του Καταναλωτικού Μοντέλου, υποδηλώνοντας ότι το ρεύμα «καταναλώνεται» ή «εξασθενεί» καθώς περνά μέσα από τους αντιστάτες.

Η πληθώρα των ερωτήσεων (Ερωτήσεις 6, 10, 12, 14, 34, 41, 44, 50) που στοχεύουν άμεσα στη διάγνωση του Καταναλωτικού Μοντέλου, ειδικά όσον αφορά τη διατήρηση του ρεύματος σε κυκλώματα σειράς, υπογραμμίζει την κεντρική σημασία και την ευρεία διάδοση αυτής της παρερμηνείας. Η συνέπεια στις λανθασμένες απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις, όπου οι μαθητές αντιμετωπίζουν το ρεύμα ως ένα αναλώσιμο αγαθό που «χρησιμοποιείται» από τις συσκευές, είναι η χαρακτηριστικότερη ένδειξη αυτού του μοντέλου. Αυτή η παρατήρηση έχει σημαντικές παιδαγωγικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς οι μαθητές αδυνατούν να συνδέσουν το ηλεκτρικό ρεύμα με την μετατροπή της ενέργειας και επομένως την κατανάλωση φυσικών πόρων.

Επιστημονικό Μοντέλο

Όλες οι υπόλοιπες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αφορούν το επιστημονικό μοντέλο, που αντιπροσωπεύει την ορθή επιστημονική κατανόηση. Οι ερωτήσεις που το ελέγχουν απαιτούν την εφαρμογή των αρχών της διατήρησης του φορτίου, του Νόμου του Ohm και της κατανόησης της τάσης και της αντίστασης σε διάφορες διατάξεις κυκλωμάτων. Οι λανθασμένες απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις συχνά αποκαλύπτουν ελλιπή κατανόηση ή σύγχυση. Η διάκριση μεταξύ της συμπεριφοράς των κυκλωμάτων σε σειρά και παράλληλη σύνδεση (όπως εξετάζεται στις Ερωτήσεις 5, 14, 17, 40) είναι ένας κρίσιμος δείκτης της εννοιολογικής κατανόησης του επιστημονικού μοντέλου. Οι παρερμηνείες σε αυτές τις ερωτήσεις συχνά προκύπτουν από την αδυναμία εφαρμογής της αρχής της διατήρησης του φορτίου και του Νόμου του Ohm σε διαφορετικές συνδεσμολογίες κυκλωμάτων. Οι λανθασμένες απαντήσεις δεν είναι απλώς τυχαία λάθη, αλλά συχνά αποκαλύπτουν συστηματικές παρερμηνείες (Arons, 1992). Για παράδειγμα, η σύγχυση μεταξύ της σε σειρά και παράλληλης σύνδεσης (π.χ., αναμένοντας ότι σε παράλληλη σύνδεση θα σβήσουν όλοι οι λαμπτήρες αν αφαιρεθεί ένας, όπως στην Ερώτηση 40, επιλογή Δ) υποδηλώνει μια ελλιπή εννοιολογική διάκριση των ιδιοτήτων κάθε τύπου σύνδεσης (Πιερράτος & Κουμαράς, 2022). Αυτό αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο για τη διδασκαλία, καθώς η σαφής κατανόηση αυτών των δύο βασικών τοπολογιών είναι θεμελιώδης για την περαιτέρω πρόοδο στον ηλεκτρισμό.

2.2.2. Ημι-δομημένες Συνεντεύξεις

Διεξήχθησαν ημι-δομημένες συνεντεύξεις με ένα υποσύνολο μαθητών (12 μαθητές, 6 από κάθε ομάδα παρέμβασης) για την εις βάθος διερεύνηση των αντιλήψεών τους, των αιτιών των παρανοήσεων και της εμπειρίας τους από τις διδακτικές παρεμβάσεις. Στο πλαίσιο της ενίσχυσης της εγκυρότητας της παρούσας ποιοτικής έρευνας εκτός από τις

ημι-δομημένες συνεντεύξεις με τους μαθητές, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να σχεδιάσουν ηλεκτρικά κυκλώματα, προκειμένου να αποτυπώσουν εναλλακτικές ιδέες που ενδεχομένως δεν εκφράστηκαν λεκτικά. Ο συνδυασμός λεκτικών και γραφικών δεδομένων επέτρεψε την πολυδιάστατη κατανόηση των αντιλήψεων των μαθητών, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η εγκυρότητα ενισχύθηκε μέσω της πλήρους παράθεσης των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων στο παράρτημα 7.2, γεγονός που επιτρέπει τη διαφάνεια της ερευνητικής διαδικασίας και την επαληθευσσιμότητα των ερμηνειών.

Η ανάλυση των συνεντεύξεων πραγματοποιήθηκε με βάση τη θεματική ανάλυση, μια ευέλικτη μέθοδο που επιτρέπει την συστηματική αναγνώριση, οργάνωση και κατανόηση επαναλαμβανόμενων μοτίβων νοήματος εντός ενός συνόλου δεδομένων.

Τα βασικά στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν περιλαμβάνουν (Τσιώλης, 2018):

- **Μετεγγραφή των συνεντεύξεων :** Οι ηχογραφημένες συνεντεύξεις μεταφέρθηκαν σε γραπτό κείμενο με ακρίβεια, αποδίδοντας τόσο τα λόγια των μαθητών, όσο και αυτά του συνεντευκτή. Έγινε προσπάθεια να μεταφερθεί ο προφορικός λόγος χωρίς παρεμβάσεις, καθώς οι παύσεις, τα σημεία έμφασης, τα σημεία δισταγμού, μεταφέρθηκαν κατά το δυνατό αυτούσια στο γραπτό κείμενο.
- **Εξοικείωση με τα δεδομένα και εντοπισμός σχετικών αποσπασμάτων:** Το μετεγγραμμένο υλικό διαβάστηκε προσεκτικά για καλύτερη κατανόησή του και εξοικείωση με τη γλώσσα των μαθητών. Εντοπίστηκαν και συγκεντρώθηκαν τα αποσπάσματα που αποκάλυπταν πληροφορίες για τα ερευνητικά ερωτήματα, με σκοπό να λειτουργήσουν ως φίλτρο για την χρησιμοποίηση των απαραίτητων για τους ερευνητικούς σκοπούς της εργασίας δεδομένων.

- **Κωδικοποίηση:** Πραγματοποιήθηκε ερμηνεία των δεδομένων και απόδοση νοήματος μέσω προσδιορισμού εννοιών, οι οποίοι ονομάζονται κωδικοί. Οι κωδικοί που αποδόθηκαν ήταν ερμηνευτικού τύπου, προερχόμενοι από την ερμηνεία του νοήματος που κρύβονταν πίσω από τις απαντήσεις των μαθητών. Κατά τη διαδικασία της κωδικοποίησης, αναδείχθηκαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων οι εξής κωδικοί:

Κωδικός 1: Αποτελεσματικότητα εργαστηριακής προσέγγισης στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Κωδικός 2: Σύγκριση αποτελεσματικότητας των δυο εργαστηριακών προσεγγίσεων στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Κωδικός 3: Προτίμηση των μαθητών μεταξύ του εικονικού και του πραγματικού εργαστηρίου.

Κωδικός 4: Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκληση και εφαρμογή της εργαστηριακής γνώσης.

Κωδικός 5: Αντιλήψεις για τη φύση του ρεύματος.

- **Μετάβαση από τους κωδικούς στα θέματα:** Έγινε επεξεργασία των κωδικών και αφού συγκρίθηκαν, συγχωνεύτηκαν για τη δημιουργία θεμάτων. Τα θέματα είναι πιο αφηρημένες και γενικές εννοιολογικές κατασκευές που αντιστοιχούν σε επαναλαμβανόμενα μοτίβα νοήματος, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα. Κατά τη φάση αυτή, ορίστηκαν τα θέματα και προσδιορίστηκε το περιεχόμενό τους. Στη συνέχεια αποτυπώθηκαν τα αποτελέσματα της επεξεργασίας, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

2.2.3. Προαιρετική εργασία

Μετά την παρέμβαση και αφού δόθηκε το δεύτερο ερωτηματολόγιο (post_test), ανατέθηκε στους μαθητές των δυο τμημάτων μια προαιρετική εργασία, με θέμα την εύρεση του ηλεκτρικού τους αποτυπώματος και ερωτήσεις που σχετίζονται με ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης (παράρτημα 7.4). Ενώ η συμμετοχή σε μια προαιρετική άσκηση μπορεί σίγουρα να υποδηλώνει κάποιο ενδιαφέρον ή αρχική ευαισθητοποίηση των μαθητών για ένα θέμα που αφορά το περιβάλλον, εντούτοις δεν αποτελεί άμεσο μέτρο της ενίσχυσης της περιβαλλοντικής ευαισθησίας. Η αληθινή περιβαλλοντική συνείδηση υποδηλώνει μια βαθύτερη κατανόηση, μια αλλαγή των στάσεων και όχι απλώς εμπλοκή σε μια σχολική εργασία. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας η προαιρετική συμμετοχή σε μια εργασία που αφορά το ηλεκτρικό αποτύπωμα, η οποία δεν θα έχει άμεσο αντίκτυπο στους βαθμούς των παιδιών (αυτό τους τονίστηκε), θεωρήθηκε ως ένας έμμεσος δείκτης για ενεργοποίηση της περιβαλλοντικής συνείδησης και ίσως πρόδρομο για υιοθέτηση φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων. Συνεπώς, αναγνωρίζοντας τους περιορισμούς της χρήσης της συμμετοχής ως μοναδικού μέτρου της περιβαλλοντικής συνείδησης, η παρούσα έρευνα θα ερμηνεύσει τα υψηλότερα ποσοστά συμμετοχής ως ένα θετικό σημάδι αυξημένης εμπλοκής των μαθητών και αρχικής ευαισθητοποίησης σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ηλεκτρισμού, θέτοντας τα θεμέλια για πιθανές μελλοντικές αλλαγές στάσεων ή συμπεριφορών.

Τα παραπάνω εργαλεία συλλογής δεδομένων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 2

Πίνακας 2: Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Εργαλείο Συλλογής Δεδομένων	Περιγραφή	Σκοπός στην Έρευνα

Pre_test Κατανόησης	Εννοιολογικής	Ερωτηματολόγιο 50 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής	Διάγνωση αρχικών γνώσεων και παρανοήσεων μετά την μετωπική διδασκαλία και πριν την παρέμβαση.
Post_test Κατανόησης	Εννοιολογικής	Ερωτηματολόγιο 50 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής	Αξιολόγηση της αναδόμησης και της εννοιολογικής αλλαγής μετά την παρέμβαση.
Ημι-δομημένες Συνεντεύξεις		Συνεντεύξεις με ανοιχτές ερωτήσεις	Εις βάθος διερεύνηση των εννοιολογικών μοντέλων, των αιτιών των παρανοήσεων, των προτιμήσεων και των εμπειριών των μαθητών από τις παρεμβάσεις.
Προαιρετική εργασία		Υπολογισμός ηλεκτρικού αποτυπώματος	Δείκτης περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης

2.3 Περιγραφή του δείγματος

Το δείγμα αποτελούνταν από 43 μαθητές και μαθήτριες της Β΄ Λυκείου η κατανομή των οποίων φαίνεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Κατανομή Δείγματος ανά Τμήμα και Φύλο

ΤΜΗΜΑ	ΑΓΟΡΙΑ	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
1 (πραγματικό εργαστήριο)	13	8	21
2 (εικονικό εργαστήριο)	6	16	22
ΣΥΝΟΛΟ	19	24	43

Η ανισορροπία φύλου στις δύο ομάδες είναι ένας παράγοντας που προβληματίσε τον ερευνητή, καθώς η βιβλιογραφία παρουσιάζει μια σύνθετη εικόνα όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ των φύλων στη συνολική ακαδημαϊκή επίδοση σε μαθήματα φυσικής. Δηλαδή, ενώ ορισμένες μελέτες δεν αναφέρουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων στις εξετάσεις μαθημάτων φυσικών επιστημών και στους τελικούς βαθμούς, άλλες έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι οι άνδρες υπερτερούν των γυναικών. Αυτό υποδηλώνει ότι οι συνολικές μετρήσεις επίδοσης ενδέχεται να μην αποκαλύπτουν πάντα τις υποκείμενες ανισότητες (Dew, Perry, Ford, Bassichis, & Erukhimova, 2021). Στην στατιστική ανάλυση που ακολουθεί θα γίνει έλεγχος πιθανής επίδρασης του φύλου στις επιδόσεις. Ωστόσο, αυτή η ανισορροπία στο δείγμα θα αναφερθεί και στους περιορισμούς της έρευνας.

2.4. Περιγραφή της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτικές παρεμβάσεις σχεδιάστηκαν για να αντιμετωπιστούν οι μαθητικές παρανοήσεις στα ηλεκτρικά κυκλώματα που περιγράφηκαν παραπάνω. Αρχικά, παρουσιάστηκε στους μαθητές και των δύο τμημάτων από τον εκπαιδευτικό η θεωρία

των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στις δυο ομάδες μαθητών παρουσιάστηκαν οι εξής έννοιες:

- Ηλεκτρικό ρεύμα και πραγματική και συμβατική φορά του
- Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος
- Διαφορά δυναμικού-Τάση
- Αντίσταση αντιστάτη
- Ηλεκτρικές πηγές-ιδανικές πηγές
- Νόμος του Ohm
- Ωμικοί - μη ωμικοί αγωγοί
- Σύνδεση αντιστατών (σε σειρά και παράλληλη)
- Ενέργεια και Ισχύς αντιστάτη
- Χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας συσκευών
- Ασφάλειες
- Βραχυκύκλωμα

Οι παραπάνω έννοιες αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης του προγράμματος σπουδών της Β΄ Γενικού λυκείου (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, 2024) και παρουσιάστηκαν στους μαθητές με χρήση διαφανειών, με το κλασικό μοντέλο διδασκαλίας (μεταφοράς), το οποίο στηρίζεται στις αρχές του συμπεριφορισμού (Garbett, 2011). Η διδασκαλία ακολούθησε τις εξής φάσεις:

- Εμπλοκή
- Αναζήτηση
- Εξήγηση
- Εμπέδωση
- Αξιολόγηση

Η επιλογή αυτή έγινε σκόπιμα, αφενός για να δοθεί στους μαθητές το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο και αφετέρου γιατί ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα του παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας, με τον δάσκαλο σε ρόλο μεταδότη γνώσης. Να σημειωθεί ότι τις έννοιες αυτές οι μαθητές τις έχουν ξαναδεί στην Γ΄ Γυμνασίου. Για τον έλεγχο της εμπέδωσης των εννοιών που διδάχθηκαν, οι μαθητές και των δυο τμημάτων απάντησαν στο ερωτηματολόγιο pre_test (παράρτημα 7.1) και για τη συμπλήρωσή του το κάθε τμήμα είχε στη διάθεσή του 45-50min. Το ερωτηματολόγιο pre_test δόθηκε στο τμήμα 1 στις 24/1/2025, ενώ στο τμήμα 2 στις 27/1/2025.

Στη συνέχεια, ακολούθησαν τρεις διδακτικές παρεμβάσεις διάρκειας 45min η καθεμιά σε κάθε τμήμα. Στο τμήμα 1 οι τρεις παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο φυσικών επιστημών του σχολείου με τον εργαστηριακό του εξοπλισμό, ενώ στο τμήμα 2 οι τρεις παρεμβάσεις υλοποιήθηκαν στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου, όπου για την κατασκευή και ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων, χρησιμοποιήθηκε το εικονικό εργαστήριο [Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab](#) της πλατφόρμας PhET του Πανεπιστημίου του Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations, χ.χ.).

Οι παρεμβάσεις στηρίχθηκαν στις αρχές της Καθοδηγούμενης Διερευνητικής Μάθησης -Guided Inquiry-Based Learning (Antonio & Prudente , 2024) και ακολουθήθηκε η εξής δομή:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος
2. Προβληματισμός-Υποθέσεις
3. Πειραματισμός
4. Αποτελέσματα-Συμπεράσματα
5. Εφαρμογές-Γενίκευση

Η διδακτικές παρεμβάσεις σχεδιάστηκαν μεθοδικά για να αντιμετωπιστούν οι γνωστές παρερμηνείες των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα, οι οποίες συχνά πηγάζουν από τον αφηρημένο χαρακτήρα των εννοιών, την έλλειψη πρακτικής εμπειρίας και την εξάρτηση από καθημερινές αναλογίες που μπορεί να είναι παραπλανητικές. Πιο συγκεκριμένα, ο σχεδιασμός των παρεμβάσεων στηρίζεται σε γενικές αρχές του εποικοδομισμού, όπως:

- **Η Ενεργός Συμμετοχή:** Σε όλες τις παρεμβάσεις οι μαθητές είχαν πρωταγωνιστικό ρόλο, ενώ ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν υποστηρικτικός και διευκολυντικός (Arons, 1992).
- **Διάγνωση Προϋπάρχουσας Κατανόησης:** Κάθε ενότητα της παρέμβασης είχε ως αφετηρία τη διάγνωση των αρχικών ιδεών και παρερμηνειών των μαθητών, καθώς και τη διατύπωση των υποθέσεών τους, κάτι που αποτελεί κρίσιμο σημείο της εποικοδομητικής προσέγγισης (Driver & Easley, Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students, 1978).
- **Γνωστική Σύγκρουση:** Οι δραστηριότητες των παρεμβάσεων δομήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να φέρουν τους μαθητές αντιμέτωπους με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους και τις υποθέσεις που διατύπωσαν. Σκοπός των δραστηριοτήτων αυτών ήταν να έρθουν οι μαθητές στην «αμήχανη» θέση στην οποία οι αντιλήψεις τους δεν μπορούν να δώσουν εξηγήσεις σε φαινόμενα που παρουσιάζονται μπροστά τους. Έτσι, επέρχεται γνωστική σύγκρουση, που σύμφωνα με τον εποικοδομισμό είναι το πρώτο στάδιο για την εννοιολογική αλλαγή και την ενσωμάτωση της νέας γνώσης (Κουμαράς, 2002).

- Υποβοήθηση (Scaffolding): Ο εκπαιδευτικός, όπου κρίθηκε αναγκαίο, παρείχε συστηματική και οργανωμένη υποστήριξη, η οποία θα αποσύρονταν σταδιακά, καθώς οι μαθητές ανέπτυσσαν τις επιδιωκόμενες γνώσεις (Arons, 1992).
- Αναστοχασμός: Σε όλες τις παρεμβάσεις υπήρχαν δραστηριότητες γενίκευσης και εφαρμογής της νέας γνώσης, προκειμένου οι μαθητές να συνδέσουν τη νέα γνώση με την προϋπάρχουσα και να αναγνωρίσουν τις αλλαγές στην κατανόησή τους. Επίσης, ενσωματώθηκε το ιστορικό πλαίσιο της ανακάλυψης του λαμπτήρα, γιατί αναφορές στην ιστορία της επιστήμης και η συνειδητοποίηση ότι δεν υπάρχει απόλυτη αλήθεια ή αλάθητο στην επιστήμη, έχει αποδειχτεί ότι ενθαρρύνει τους εκπαιδευόμενους και ενισχύει το ενδιαφέρον τους για την επιστημονική έρευνα (Αθανασίου, 2015).

Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με την συμπλήρωση των post_test (παράρτημα 7.1) που χορηγήθηκαν στους μαθητές και των δυο τμημάτων στις 30/4/2025, για τη διερεύνηση μαθητικών παρανοήσεων που εμμένουν μετά τις παρεμβάσεις ή πιθανές νέες παρερμηνείες. Επίσης, διερευνήθηκε πιθανή εννοιολογική αλλαγή μετά τις παρεμβάσεις.

2.4.1. Η διαδικασία των συνεντεύξεων

Οι συνεντεύξεις διεξήχθησαν με 12 μαθητές (6 από το 1^ο τμήμα και 6 από το 2^ο), αφού ολοκληρώθηκαν οι διδακτικές παρεμβάσεις και η συμπλήρωση των post_test. Ο σκοπός των συνεντεύξεων ήταν να διερευνηθεί σε βάθος αν οι σωστές απαντήσεις τους στα ερωτηματολόγια ήταν προϊόν εννοιολογικής αλλαγής, καθώς επίσης να αναλυθούν εμμένουσες παρανοήσεις. Οι συνεντεύξεις ήταν ημι-δομημένες και κάλυψαν κυρίως το καταναλωτικό μοντέλο, καθώς σε αυτό διαπιστώθηκαν οι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες που παρέμειναν μετά τις παρεμβάσεις. Τους ζητήθηκε να εξηγήσουν αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο σκέφτηκαν για να απαντήσουν σε συγκεκριμένες ερωτήσεις, ενώ

όπου χρειάστηκε τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν κυκλώματα. Επιπλέον, οι μαθητές ρωτήθηκαν αν για τις απαντήσεις τους βοηθήθηκαν από τις εργαστηριακές παρεμβάσεις και αν όχι, ποιος ήταν ο βασικότερος λόγος. Τέλος, τους ζητήθηκε να διατυπώσουν την προτίμησή τους μεταξύ εικονικού και πραγματικού εργαστηρίου, καθώς στη σχολική τους διαδρομή είχαν εμπειρίες και των δυο προσεγγίσεων. Η διαδικασία των συνεντεύξεων συνέβαλε στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές βίωσαν τη γνωστική ανισορροπία όταν οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους συγκρούστηκαν με τα επιστημονικά δεδομένα, και πώς αυτή η διαδικασία οδήγησε ή όχι σε εννοιολογική αλλαγή.

2.4.2. Η παρέμβαση με το πραγματικό εργαστήριο

Στους μαθητές του τμήματος 1 πραγματοποιήθηκαν τρεις διδακτικές παρεμβάσεις διάρκειας 45 min η καθεμιά, οι οποίες διεξήχθησαν στο εργαστήριο φυσικών επιστημών του σχολείου. Η πρώτη υλοποιήθηκε στις 29/1/2025, η δεύτερη στις 31/1/2025 και η τρίτη στις 5/2/2025.

Συνοπτική Περιγραφή της Διδακτικής Παρέμβασης

Γνωστικό Αντικείμενο: Φυσική Γενικής Παιδείας Β' Λυκείου - Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Σχολική Τάξη: Β' Λυκείου / Τμήμα 1

Διάρκεια: 3 Διδακτικές Ώρες

Θεωρητικό Πλαίσιο: Η διδακτική παρέμβαση βασίζεται στον εποικοδομητισμό, αναγνωρίζοντας τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών. Στόχος είναι η πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης μέσω καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης και η οικοδόμηση επιστημονικά αποδεκτών νοητικών σχημάτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αντιμετώπιση των παρανοήσεων που σχετίζονται με το Μονοπολικό, Καταναλωτικό και

Συγκρουόμενων Ρευμάτων μοντέλα, με απώτερο σκοπό την εμπέδωση του Επιστημονικού Μοντέλου.

Ειδικοί Στόχοι

- Πραγματοποίηση μετρήσεων τάσης και έντασης ρεύματος.
- Σχεδιασμός και κατασκευή κυκλωμάτων σειράς και παράλληλα.
- Σύγκριση μετρήσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων.
- Εφαρμογή του Νόμου του Ohm.
- Διάκριση διαφορών σύνδεσης σε σειρά και παράλληλα.
- Κατανόηση της διατήρησης του ρεύματος.
- Αναγνώριση της σημασίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην καθημερινή ζωή.

Υλοποίηση: Η παρέμβαση υλοποιήθηκε στο εργαστήριο φυσικών επιστημών του σχολείου. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες των 4 παιδιών και μια ομάδα των 5 παιδιών.

Υλικά: Μπαταρίες, λαμπτήρες, βάσεις, καλώδια, διακόπτες, πολύμετρα (αμπερόμετρα, βολτόμετρα), αντιστάτες (εικόνα 5).

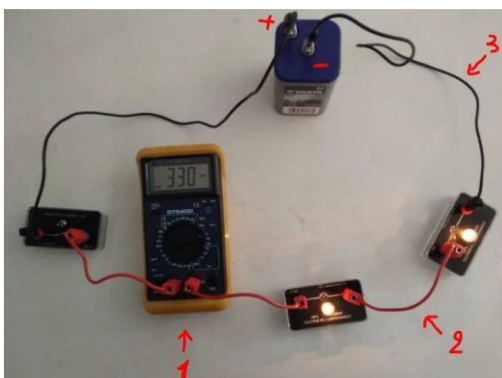


Εικόνα 5: Υλικά-Όργανα

Δομή Διδακτικών Ωρών:

Ωρα 1^η (45min): Ενεργοποίηση Προϋπάρχουσας Γνώσης και Πρόκληση Προβληματισμού

- Φάση 1 (Εναυσμα και Ιδέες):** Παρουσίαση δορυφορικών φωτογραφιών της Γης τη νύχτα - Ανακάλυψη λαμπτήρα από τον Έντισον. Συζήτηση στην ολομέλεια για την εξάρτηση του σύγχρονου ανθρώπου από το ηλεκτρικό ρεύμα. Προβληματισμός για τη ροή του ρεύματος σε απλά κυκλώματα («Τι συμβαίνει όταν ανάβουμε το φως;»). Προβλέψεις των μαθητών για κυκλώματα σειράς (εικόνα 6) φωτεινότητα λαμπτήρων, ροή ρεύματος, ποιος λαμπτήρας ανάβει πρώτος, αναδεικνύοντας αρχικές παρανοήσεις (Μονοπολικό, Καταναλωτικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων).

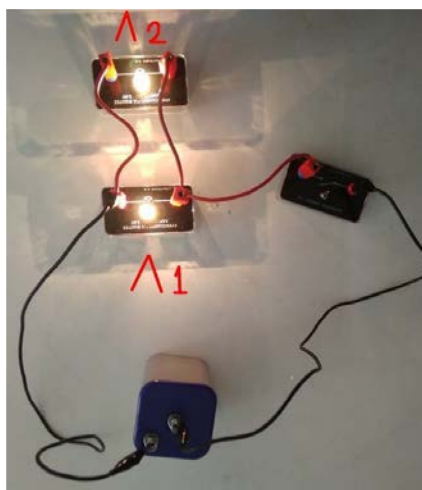


Εικόνα 6: Σύνδεση λαμπτήρων σε σειρά

- Φάση 2 (Πειραματισμός και Σύγκρουση):** Κατασκευή κυκλώματος σειράς (εικόνα 6). Οι μαθητές ξεβιδώνουν λαμπτήρες, μετρούν την ένταση του ρεύματος σε διάφορα σημεία (1,2 και 3) και την τάση με χρήση πολυμέτρων, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τις προβλέψεις τους. Πειραματίζονται για να κατανοήσουν την έννοια του κλειστού κυκλώματος, αντιμετωπίζοντας το μονοπολικό μοντέλο. Η άμεση απόδειξη της διατήρησης του ρεύματος αντιμετωπίζει τα Καταναλωτικό και Συγκρουόμενων Ρευμάτων μοντέλα.

Ωρα 2^η (45min): Οικοδόμηση Νέας Γνώσης (Τάση, Αντίσταση, σε σειρά και παράλληλη σύνδεση)

- **Φάση 3 (Εισαγωγή Εννοιών και Προβληματισμός):** Συζήτηση για την τάση («Τι μετράει το βολτόμετρο;»), ακολουθούμενη από μετρήσεις και προβλέψεις για κυκλώματα παράλληλης σύνδεσης (φωτεινότητα, επίδραση αποσύνδεσης λαμπτήρα). Αναδύονται εκ νέου παρανοήσεις για το ρεύμα σε παράλληλους κλάδους (εικόνα 7).



Εικόνα 7: Παράλληλη σύνδεση

- **Φάση 4 (Πειραματισμός και Εμβάθυνση):** Κατασκευή παράλληλου κυκλώματος (εικόνα 7). Μέτρηση τάσης και έντασης σε διάφορα σημεία, αναδεικνύοντας τη διατήρηση της τάσης και τη διακλάδωση του ρεύματος. Πειραματισμός με την αποσύνδεση λαμπτήρα για την κατανόηση της ανεξαρτησίας των κλάδων, αντιμετωπίζοντας τις Καταναλωτικές αντιλήψεις.

Ωρα 3η: Εφαρμογές, Γενίκευση και Αξιολόγηση

- **Φάση 5 (Εφαρμογές και Γενίκευση):** Εφαρμογή του Νόμου του Ohm για τον υπολογισμό αντίστασης. Συζήτηση για εφαρμογές κυκλωμάτων σε σειρά και παράλληλα στην καθημερινότητα (π.χ. χριστουγεννιάτικα λαμπάκια, οικιακές συσκευές), εστιάζοντας στο γιατί οι συσκευές συνδέονται παράλληλα στα σπίτια (σταθερή τάση, αυτονομία).

- **Φάση 6 (Αξιολόγηση και Ανατροφοδότηση):** Επίλυση επιλεγμένων προβλημάτων και ερωτήσεων εφαρμογής από ειδικό ερωτηματολόγιο (που στοχεύει στις αρχικές παρανοήσεις). Αναστοχασμός των μαθητών για την αλλαγή των ιδεών τους και τη συνολική τους μάθηση.

2.4.3. Η παρέμβαση με το εικονικό εργαστήριο

Στους μαθητές του τμήματος 2 πραγματοποιήθηκαν τρεις διδακτικές παρεμβάσεις διάρκειας 45 min η καθεμιά, οι οποίες διεξήχθησαν στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου. Η πρώτη υλοποιήθηκε στις 29/1/2025, η δεύτερη στις 3/2/2025 και η τρίτη στις 10/2/2025.

Συνοπτική Περιγραφή της Διδακτικής Παρέμβασης

Γνωστικό Αντικείμενο: Φυσική Γενικής Παιδείας Β' Λυκείου - Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Σχολική Τάξη: Β' Λυκείου / Τμήμα 2

Διάρκεια: 3 Διδακτικές Ώρες (45 min η καθεμιά)

Θεωρητικό Πλαίσιο: Ίδιο με το σενάριο του πραγματικού εργαστηρίου.

Ειδικοί Στόχοι: Ίδιοι με τους στόχους της προηγούμενης παρέμβασης.

Υλοποίηση: Η παρέμβαση υλοποιείται στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου. Οι μαθητές χωρίζονται σε έξι (6) ομάδες των 3 παιδιών και μία (1) ομάδα των 4 παιδιών, με κάθε ομάδα να χρησιμοποιεί έναν υπολογιστή.

Υλικά: Διαδραστικός πίνακας, Υπολογιστές με πρόσβαση στο διαδίκτυο και στο εικονικό εργαστήριο [PhET Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab](#).

Δομή Διδακτικών Ωρών (Εργαστήριο Πληροφορικής - PhET).

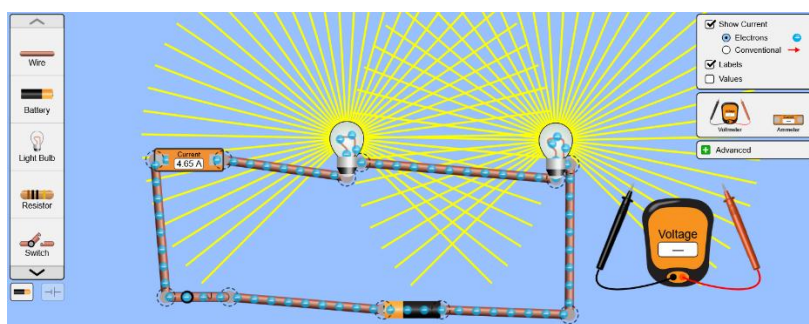
Ωρα 1η (45min): Ενεργοποίηση Προϋπάρχουσας Γνώσης και Πρόκληση Προβληματισμού

- **Φάση 1 (Εναυσμα και Ιδέες):**

Παρουσίαση δορυφορικών φωτογραφιών της Γης τη νύχτα - Ανακάλυψη λαμπτήρα από τον Έντισον. Συζήτηση στην ολομέλεια για την εξάρτηση του σύγχρονου ανθρώπου από το ηλεκτρικό ρεύμα. Προβληματισμός για τη ροή του ρεύματος σε απλά κυκλώματα («Τι συμβαίνει όταν ανάβουμε το φως;»).

Εισαγωγή στο PhET: Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στον διαδραστικό πίνακα την προσομοίωση, δείχνοντας πώς να προσθέτουν στοιχεία (μπαταρίες, λαμπτήρες, καλώδια, διακόπτες), να τα συνδέουν/αποσυνδέουν, και να χρησιμοποιούν τα εικονικά πολύμετρα. Εξηγεί τη λειτουργία «Show Current» (πραγματική και συμβατική φορά) και «Show Values». Οι μαθητές, σε ομάδες, εξοικειώνονται με το PhET.

Προβλέψεις των μαθητών για εικονικά κυκλώματα σειρά (Εικόνα 8). Φωτεινότητα λαμπτήρων, ροή ρεύματος, ποιος λαμπτήρας ανάβει πρώτος, αναδεικνύοντας αρχικές παρανοήσεις (Μονοπολικό, Καταναλωτικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων).



Εικόνα 8: Σύνδεση λαμπτήρων σε σειρά (PhET Interactive Simulations, χ.χ.)

- **Φάση 2 (Εικονικός Πειραματισμός και Σύγκρουση):**

Οι μαθητές, σε ομάδες, κατασκευάζουν το εικονικό κύκλωμα σειράς στο PhET (παρόμοια με την Εικόνα 8).

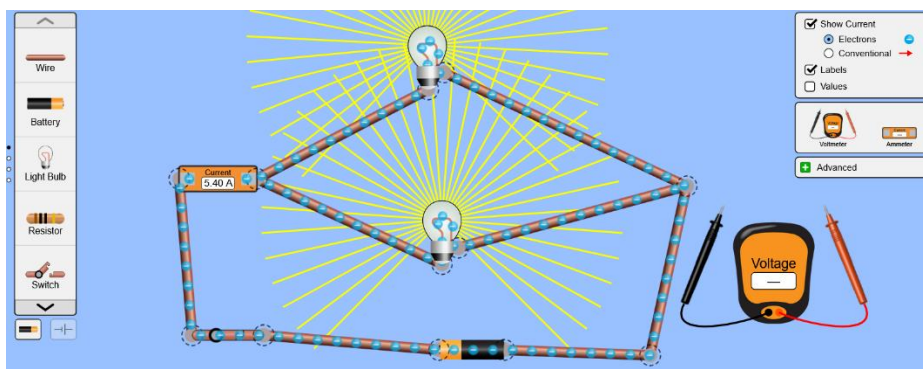
Οι μαθητές «ξεβιδώνουν» εικονικά λαμπτήρες (αφαιρώντας τους), μετρούν την ένταση του ρεύματος σε διάφορα σημεία (με το εικονικό αμπερόμετρο) και την τάση (με το εικονικό βολτόμετρο), συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τις προβλέψεις τους.

Χρήση «Show Current»: Οι μαθητές παρατηρούν την οπτικοποίηση της ροής των φορτίων για να κατανοήσουν την έννοια του κλειστού κυκλώματος, αντιμετωπίζοντας το Μονοπολικό μοντέλο. Η άμεση οπτική απόδειξη της διατήρησης του ρεύματος αντιμετωπίζει τα Καταναλωτικό και Συγκρουόμενων Ρευμάτων μοντέλα.

Ωρα 2η (45min): Οικοδόμηση Νέας Γνώσης (Τάση, Αντίσταση, σε σειρά και παράλληλη σύνδεση)

- **Φάση 3 (Εισαγωγή Εννοιών και Προβληματισμός):**

Συζήτηση για την τάση («Τι μετράει το βολτόμετρο;»), ακολουθούμενη από μετρήσεις με το εικονικό βολτόμετρο και προβλέψεις για εικονικά κυκλώματα παράλληλης σύνδεσης (Εικόνα 9). Φωτεινότητα, επίδραση αποσύνδεσης λαμπτήρα. Αναδύονται εκ νέου παρανοήσεις για το ρεύμα σε παράλληλους κλάδους.



Εικόνα 9: παράλληλη σύνδεση Λαμπτήρων (PhET Interactive Simulations, χ.χ.)

- **Φάση 4 (Εικονικός Πειραματισμός και Εμβάθυνση):**

Οι μαθητές, σε ομάδες, κατασκευάζουν το εικονικό παράλληλο κύκλωμα στο PhET (παρόμοια με την Εικόνα 9). Μέτρηση τάσης και έντασης σε διάφορα σημεία με τα εικονικά πολύμετρα, αναδεικνύοντας τη διατήρηση της τάσης και τη διακλάδωση του ρεύματος. Πειραματισμός με την αποσύνδεση ενός εικονικού λαμπτήρα για την κατανόηση της ανεξαρτησίας των κλάδων, αντιμετωπίζοντας τις Καταναλωτικές αντιλήψεις.

Ωρα 3η (45min): Εφαρμογές, Γενίκευση και Αξιολόγηση

- **Φάση 5 (Εφαρμογές και Γενίκευση):**

Εφαρμογή του Νόμου του Ohm για τον υπολογισμό αντίστασης, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις εικονικές μετρήσεις του PhET.

Πειραματισμός με Αντίσταση στο PhET: Οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν την αντίσταση των λαμπτήρων στην προσομοίωση και να παρατηρήσουν τις επιπτώσεις στην ένταση και τη φωτεινότητα.

Συζήτηση για εφαρμογές κυκλωμάτων σε σειρά και παράλληλα στην καθημερινότητα (π.χ. χριστουγεννιάτικα λαμπάκια, οικιακές συσκευές), εστιάζοντας στο γιατί οι συσκευές συνδέονται παράλληλα στα σπίτια (σταθερή τάση, αυτονομία). Οι μαθητές ενθαρρύνονται να δοκιμάσουν να αναπαραστήσουν απλοποιημένα αυτά τα σενάρια στο PhET.

- **Φάση 6 (Αξιολόγηση και Ανατροφοδότηση):**

Επίλυση επιλεγμένων προβλημάτων και ερωτήσεων εφαρμογής από ειδικό ερωτηματολόγιο (που στοχεύει στις αρχικές παρανοήσεις).

Αναστοχασμός των μαθητών για την αλλαγή των ιδεών τους και τη συνολική τους μάθηση, με έμφαση στο πώς η χρήση του εικονικού εργαστηρίου συνέβαλε σε αυτή την κατανόηση.

2.5. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων

2.5.1. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν

Όπως προαναφέρθηκε, η παρούσα μελέτη υιοθετεί έναν οιονεί πειραματικό σχεδιασμό με στόχο τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας δύο διαφορετικών προσεγγίσεων εργαστηριακών παρεμβάσεων: του πραγματικού (hands-on) εργαστηρίου και του

εικονικού εργαστηρίου μέσω ψηφιακών προσομοιώσεων. Παρακάτω αναλύονται τα δεδομένα και οι μέθοδοι ανάλυσής τους.

Η ανεξάρτητη μεταβλητή της μελέτης είναι ο τύπος της εργαστηριακής παρέμβασης, η οποία έχει δύο επίπεδα: Πραγματικό Εργαστήριο (Ομάδα 1) και Εικονικό Εργαστήριο (Ομάδα 2). Αυτή η μεταβλητή ορίζει την κύρια διαφορά στην εκπαιδευτική προσέγγιση που αξιολογείται.

Οι εξαρτημένες μεταβλητές είναι η εννοιολογική κατανόηση των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα, όπως μετριέται μέσω:

- Συνολικών βαθμολογιών σε ένα ερωτηματολόγιο 50 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής πριν (pre-test) και μετά (post-test) την εκπαιδευτική παρέμβαση. Αυτά παρέχουν ένα συνολικό μέτρο της απόκτησης γνώσης και της εννοιολογικής αλλαγής.
- Σύνθετων βαθμολογιών που αντικατοπτρίζουν την κατανόηση εντός συγκεκριμένων Εννοιολογικών Μοντέλων (Μονοπολικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό, Επιστημονικό), οι οποίες προκύπτουν από τα ίδια ερωτηματολόγια pre-test και post-test. Αυτές οι αναλυτικές βαθμολογίες επιτρέπουν μια πιο λεπτομερή ανάλυση συγκεκριμένων παρανοήσεων.

Ως συνμεταβλητή θα χρησιμοποιηθεί η συνολική βαθμολογία του pre-test στις συγκρίσεις του post-test, προκειμένου να ελεγχθούν στατιστικά οι αρχικές διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων. Αυτό είναι ένα κρίσιμο βήμα δεδομένης της οιονεί πειραματικής φύσης της μελέτης, καθώς η ομοιογένεια των ομάδων στην αρχική φάση βοηθά στην στατιστική εξίσωση.

Τα δεδομένα των ερωτηματολογίων pre_test και post_test συγκεντρώθηκαν και κωδικοποιήθηκαν σε ένα φύλλο excel πριν να εισαχθούν στο SPSS για στατιστική ανάλυση. Δημιουργήθηκαν οι εξής στήλες:

- ID: Ένας μοναδικός αναγνωριστικός κωδικός για κάθε μαθητή (1 ως 43).
- Group: Κατηγορική μεταβλητή που υποδηλώνει την ομάδα παρέμβασης (1 = Πραγματικό Εργαστήριο, 2 = Εικονικό Εργαστήριο).
- Gender: Κατηγορική μεταβλητή που υποδηλώνει το φύλο του μαθητή (1 = αγόρι, 2 = κορίτσι).
- Q1_Pre έως Q50_Pre: Διχοτομικές βαθμολογίες (0 για λανθασμένη, 1 για σωστή) για καθεμία από τις 50 ερωτήσεις του pre-test.
- Q1_Post έως Q50_Post: Διχοτομικές βαθμολογίες (0 για λανθασμένη, 1 για σωστή) για καθεμία από τις 50 ερωτήσεις του post-test.
- Pre_Tot1, Pre_Tot2, Pre_Tot: Προϋπολογισμένες συνολικές βαθμολογίες για το pre-test.
- Post_Tot1, Post_Tot2, Post_Tot: Προϋπολογισμένες συνολικές βαθμολογίες για το post-test.

Ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν η σύγκριση της επίδοσης πριν και μετά την παρέμβαση για κάθε ένα από τα τέσσερα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών που αναλύθηκαν παραπάνω. Έτσι, για κάθε μαθητή, υπολογίζεται μια σύνθετη βαθμολογία (άθροισμα σωστών απαντήσεων) για καθένα από τα τέσσερα μοντέλα (Μονοπολικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό, Επιστημονικό) τόσο για το pre-test όσο και για το post-test. Αυτή η ανάλυση των απαντήσεων ανά εννοιολογικό μοντέλο κρίθηκε απαραίτητη γιατί επιτρέπει πιο στοχευμένη ανάλυση της αναδόμησης των μαθητικών παρανοήσεων. Το να διερευνήσουμε απλώς αν και κατά πόσο βελτιώθηκε η επίδοση σε

κάθε τμήμα, χωρίς να γνωρίζουμε ποιες συγκεκριμένες παρανοήσεις (π.χ. καταναλωτικό μοντέλο) αντιμετωπίστηκαν, δεν θα προσέδιδαν στην έρευνα την αξιοπιστία που επιδιώχθηκε. Οι υπολογισμοί των σύνθετων βαθμολογιών ανά μοντέλο έγιναν με την εισαγωγή των εξής μεταβλητών:

Μονοπολικό Μοντέλο:

- Pre-test: Pre_Monopolar = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του pre_test που αφορούν το μονοπολικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)
- Post-test: Post_Monopolar = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του post_test που αφορούν το μονοπολικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)

Μοντέλο Συγκρουόμενων Ρευμάτων:

- Pre-test: Pre_Conflicting = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του pre_test που αφορούν το μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων (βλ. πίνακα 1)
- Post-test: Post_Conflicting = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του post_test που αφορούν το μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων (βλ. πίνακα 1)

Καταναλωτικό Μοντέλο:

- Pre-test: Pre_Consumptive = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του pre_test που αφορούν το καταναλωτικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)
- Post-test: Post_Consumptive = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του post_test που αφορούν το καταναλωτικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)

Επιστημονικό Μοντέλο:

- Pre-test: Pre_Scientific = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του pre_test που αφορούν το επιστημονικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)

- Post-test: Post_Scientific = άθροισμα επιδόσεων στις ερωτήσεις του post_test που αφορούν το επιστημονικό μοντέλο (βλ. πίνακα 1)

2.5.2. Στατιστικοί έλεγχοι

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω στατιστικοί έλεγχοι των οποίων η διαδικασία και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

- Έλεγχος Κανονικότητας και Περιγραφικά Στατιστικά
- Αξιολόγηση Ομοιογένειας Δείγματος (Σύγκριση Επιδόσεων Pre-test)
- Αξιολόγηση βελτίωσης για κάθε τμήμα (Σύγκριση Pre_test-Post_test)
- Σύγκριση Αποτελεσματικότητας Παρεμβάσεων (Σύγκριση Επιδόσεων Post-test)
- Ανάλυση Επιδόσεων για κάθε εννοιολογικό Μοντέλο

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1. Έλεγχος Κανονικότητας

Αρχικά, έγινε έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων. Αυτό είναι απαραίτητο, καθώς καθορίζει την επιλογή μεταξύ παραμετρικών και μη παραμετρικών δοκιμών και παρέχει μια βασική κατανόηση των ιδιοτήτων των δεδομένων και της σύνθεσης του δείγματος.

Ο έλεγχος κανονικότητας πραγματοποιήθηκε για τις συνολικές βαθμολογίες Pre_Tot και Post_Tot, πριν και μετά την παρέμβαση, για το σύνολο του δείγματος, αλλά και ξεχωριστά για κάθε ομάδα (Τμήμα 1 και Τμήμα 2), καθώς οι υποθέσεις κανονικότητας ισχύουν σε επίπεδο ομάδας για πολλούς ελέγχους. Επίσης, πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας για τις σύνθετες βαθμολογίες των Μοντέλων Εναλλακτικών Ιδεών.

Για την εκτέλεση του ελέγχου κανονικότητας στο SPSS, χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Shapiro-Wilk, ο οποίος ενδείκνυται για την αξιολόγηση της κανονικότητας, ιδιαίτερα σε μικρότερα μεγέθη δείγματος ($N < 50$), όπως ισχύει στην παρούσα μελέτη (συνολικό $N=43$, με μεγέθη ομάδων 21 και 22). Μια τιμή p μικρότερη του 0.05 για τη δοκιμή Shapiro-Wilk υποδηλώνει στατιστικά σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα.

Τα αποτελέσματα για τις συνολικές μεταβλητές έδειξαν ότι (Πίνακας 4):

- Οι μεταβλητές Pre_Tot1, Pre_Tot2, Pre_Tot, Post_Tot1, Post_Tot2, Post_Tot παρουσιάζουν p -τιμές > 0.05 γεγονός που υποδηλώνει κανονική κατανομή των δεδομένων.
- Οι μεταβλητές Consumptive_Pre ($p = 0.193$), Scientific_Pre ($p = 0.166$), Scientific_Post ($p = 0.435$) δεν αποκλίνουν σημαντικά από την κανονικότητα.
- Οι μεταβλητές Monopolar_Pre ($p < .001$), Monopolar_Post ($p = .001$), Conflicting_Pre ($p = .016$), Conflicting_Post ($p = .002$) και Consumptive_Post (p

= .046) παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές p-τιμές, γεγονός που υποδηλώνει απόκλιση από την κανονικότητα.

Επομένως, για τις συνολικές βαθμολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι. Για τις μεταβλητές που δεν παρουσιάζουν κανονική κατανομή θα χρησιμοποιηθεί η Ανάλυση Συνδιακύμανσης (ANCOVA) η οποία σύμφωνα με τη βιβλιογραφία παρουσιάζει κάποια ανθεκτικότητα σε μη κανονικές κατανομές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δείγματα μεγαλύτερα του 30 (Tabachnick & Fidell, 2013)

Πίνακας 4: Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος Κανονικότητας						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pre_Tot1	,138	21	,200	,946	21	,291
Pre_Tot2	,122	21	,200	,951	21	,356
Pre_Tot	,138	21	,200	,946	21	,291
Post_Tot1	,107	21	,200	,958	21	,481
Post_tot2	,123	21	,200	,955	21	,417
post_tot	,107	21	,200	,958	21	,481
Monopolar_Pre	,446	21	<,001	,570	21	<,001
Monopolar_Post	,216	21	,012	,812	21	,001
Conflicting_Pre	,219	21	,010	,882	21	,016
Conflicting_Post	,284	21	<,001	,825	21	,002
Consumptive_Pre	,182	21	,068	,937	21	,193
Consumptive_Post	,227	21	,006	,906	21	,046
Scientific_Pre	,119	21	,200	,934	21	,166
Scientific_Post	,100	21	,200	,956	21	,435

3.2. Περιγραφικά στατιστικά

Υπολογίστηκαν περιγραφικά στατιστικά (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, ελάχιστη βαθμολογία, μέγιστη βαθμολογία), για τις μεταβλητές Pre_Tot, Post_Tot για τα τμήματα 1 και 2 και ανά φύλο, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5: Περιγραφικά Στατιστικά των Βαθμολογιών Pre-test και Post-test

Ανά Ομάδα Παρέμβασης και Φύλο για τις συνολικές βαθμολογίες.

Μεταβλητή	Ομάδα	Φύλο	N	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
Pre_Tot	1 (Πραγματικό)	Αγόρι	11	22.27	5.44	16	34
Pre_Tot	2 (Εικονικό)	Αγόρι	6	25.83	6.11	17	33
Pre_Tot	1 (Πραγματικό)	Κορίτσι	10	31.0	6.25	22	40
Pre_Tot	2 (Εικονικό)	Κορίτσι	16	26.75	7.1	17	41
Post_Tot	1 (Πραγματικό)	Αγόρι	11	26.36	5.14	20	35
Post_Tot	2 (Εικονικό)	Αγόρι	6	30.83	7.47	21	40
Post_Tot	1 (Πραγματικό)	Κορίτσι	10	34.3	6.17	25	43
Post_Tot	2 (Εικονικό)	Κορίτσι	16	29.0	6.93	19	44

Αγόρια:

- Στο Πραγματικό Εργαστήριο (Group 1), η μέση βαθμολογία στο Pre-test ήταν 22,27 (SD = 5,44), ενώ στο Post-test αυξήθηκε σε 26,36 (SD = 5,14).
- Στο Εικονικό Εργαστήριο (Group 2), τα αγόρια ξεκίνησαν με μέση τιμή 25,83 (SD = 6,11) και κατέληξαν με 30,83 (SD = 7,47).

Κορίτσια:

- Στην Ομάδα 1, οι βαθμολογίες ήταν αισθητά υψηλότερες, με μέσο όρο 31,00 (SD = 6,25) στο Pre-test και 34,30 (SD = 6,17) στο Post-test.
- Στην Ομάδα 2, τα κορίτσια είχαν μέση τιμή 26,75 (SD = 7,10) στο Pre-test και 29,00 (SD = 6,93) στο Post-test.

Συνολικά, φαίνεται πως και τα δύο φύλα παρουσίασαν βελτίωση από Pre_test σε Post_test, με την Ομάδα 1 να εμφανίζει μεγαλύτερη αύξηση. Τα κορίτσια της Ομάδας 1 ξεκινούν με υψηλότερες επιδόσεις, ενώ η Ομάδα 2 είχε μικρότερη μεταβολή. Αυτός ο πίνακας παρέχει μια άμεση επισκόπηση της κεντρικής τάσης και της μεταβλητότητας των δεδομένων, ενώ επιτρέπει γρήγορες οπτικές συγκρίσεις της επίδοσης των ομάδων στην αρχική φάση και μετά την παρέμβαση και παράλληλα αναδεικνύει την κατανομή του φύλου εντός κάθε ομάδας. Ακολουθεί περαιτέρω διερεύνηση για να διαπιστωθεί αν οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές.

3.3. Αξιολόγηση Ομοιογένειας Δείγματος (Σύγκριση Επιδόσεων Pre-test)

Independent Samples t-test

Καθώς η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί ως δείγμα δύο προκαθορισμένα τμήματα της Β Λυκείου για σύγκριση σε σχέση με το είδος της παρέμβασης, είναι απαραίτητο να ελεγχθεί αν οι δυο ομάδες ήταν στατιστικά συγκρίσιμες στην εννοιολογική τους

κατανόηση πριν από την έναρξη των παρεμβάσεων. Η διαπίστωση της ομοιογένειας του δείγματος είναι αποφασιστικής σημασίας για την ερμηνεία των επιδόσεων στα post_test μετά τις παρεμβάσεις. Έτσι λοιπόν, πρέπει να συγκριθούν οι επιδόσεις των δυο τμημάτων στο pre_test. Αυτή η σύγκριση αποσκοπεί να διαπιστώσει εάν οι ομάδες ξεκίνησαν από παρόμοιο επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης μετά την αρχική παραδοσιακή διδασκαλία. Αρχικά τα δυο τμήματα υποβλήθηκαν σε Independent Samples t-test για τη σύγκριση των μέσων όρων των επιδόσεων των δυο τμημάτων στο pre_test.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων, $t(41)=-0,034$, $p=0,973$. Η μέση τιμή στο τμήμα 1 ήταν ελαφρώς μικρότερη από αυτή του τμήματος 2, με μέση διαφορά $-0,071$. Επιπλέον, ο δείκτης Cohen's $d=-0,01$, δηλώνοντας αμελητέο μέγεθος επίδρασης, άρα οι δύο ομάδες είχαν πρακτικά ισοδύναμη αρχική επίδοση στο pre-test (πίνακας 6)

Πίνακας 6: Independent Samples t-test για Pre-Test

Σύγκριση των μέσων όρων του Pre-Test μεταξύ Ομάδας 1 (Πραγματικό Εργαστήριο) και Ομάδας 2 (Εικονικό Εργαστήριο).

t	df	p (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% CI Lower	95% CI Upper	Cohen's d
-0.034	41	.973	-0.071	2.128	-4.369	4.226	-0.010

Two-way ANOVA (Group x Gender)

Όπως είδαμε παραπάνω, υπήρχε μια ανισορροπία φύλων στα δυο δείγματα. Για να συμπεριληφθεί και ο παράγοντας φύλο στον αρχικό έλεγχο ομοιογένειας των δυο τμημάτων έγινε έλεγχος Two-way ANOVA κάθε τμήματος σε σχέση με το φύλο (group

x Gender). Αυτό έγινε γιατί όπως προαναφέρθηκε δεν υπήρχε ισοκατανομή αγοριών – κοριτσιών στα δυο τμήματα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 7.

Η πιο σημαντική διαπίστωση από τον παραπάνω έλεγχο είναι ότι η κύρια επίδραση του τμήματος (Group) στην επίδοση του pre_test (Pre_tot_ALL) δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($F = 0.028$, Sig. = 0.869), όπως φαίνεται στον πίνακα 7. Αυτό σημαίνει ότι, οι δύο ομάδες (Πραγματικό Εργαστήριο και Εικονικό Εργαστήριο) ήταν αρχικά ομοιογενείς ως προς τη συνολική τους επίδοση στο pre-test πριν από την εφαρμογή οποιασδήποτε παρέμβασης. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς διασφαλίζει ότι τυχόν μελλοντικές διαφορές που θα παρατηρηθούν στο post-test μπορούν να αποδοθούν στην εκπαιδευτική παρέμβαση και όχι σε αρχικές ανισότητες μεταξύ των ομάδων.

Ωστόσο, παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου (Sig. = 0.025) στις επιδόσεις του pre_test. Παρόλα αυτά, η αλληλεπίδραση φύλου τμήματος εμφανίζει οριακά μη σημαντική αλληλεπίδραση τμήματος - φύλου (Sig. = 0.067). Επομένως, ενώ το φύλο αποτελεί έναν παράγοντα που πρέπει να ληφθεί υπόψη λόγω της στατιστικά σημαντικής του επίδρασης στην αρχική επίδοση, η μη στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση Τμήματος * Φύλου ενισχύει το συμπέρασμα ότι οι δύο ομάδες (Πραγματικό Εργαστήριο και Εικονικό Εργαστήριο) ήταν συγκρίσιμες ως προς την αρχική τους κατάσταση, καθώς η επίδραση του φύλου ήταν ομοιογενής προς τις δυο ομάδες. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εγκυρότητα της έρευνας, καθώς διασφαλίζει ότι οι ομάδες ξεκινούν από παρόμοια βάση όσον αφορά το πώς το φύλο επηρεάζει τις αρχικές τους επιδόσεις.

Πίνακας 7: Test Επίδρασης φύλου-τμήματος

Dependent Variable: Pre_tot_ALL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	402,683	3	134,228	3,288	,031
Intercept	26674,964	1	26674,964	653,463	<,001
Group	1,131	1	1,131	,028	,869
Gender	221,402	1	221,402	5,424	,025
Group * Gender	145,225	1	145,225	3,558	,067
Error	1592,015	39	40,821		
Total	32112,000	43			
Corrected Total	1994,698	42			

3.4. Αξιολόγηση Βελτίωσης Εντός Κάθε Ομάδας (Σύγκριση Pre_test με Post_Test)

Paired-samples t-test

Στην ανάλυση αυτή θα διερευνηθεί αν οι παρεμβάσεις στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών του κάθε τμήματος. Συγκρίνοντας τις επιδόσεις κάθε τμήματος στο pre_test με το post_test ελέγχουμε αν οι μαθητές κάθε τμήματος ωφελήθηκαν από τις παρεμβάσεις.

Για τη σύγκριση των μέσων τιμών δύο σχετιζόμενων (ζευγαρωτών) δειγμάτων, όπως οι βαθμολογίες pre-test και post-test από τα ίδια άτομα κατάλληλος έλεγχος είναι το Paired-samples t-test, καθώς πληρούνται οι προϋποθέσεις της κανονικότητας. Ο έλεγχος αυτός διενεργήθηκε ξεχωριστά για το τμήμα 1 (πραγματικό εργαστήριο) και το τμήμα 2

(εικονικό εργαστήριο). Καθώς τα δυο τμήματα είχαν ήδη διδαχθεί με μετωπική διδασκαλία τις έννοιες πριν από τις παρεμβάσεις, η όποια παρατηρούμενη βελτίωση από το pre-test στο post-test εντός κάθε ομάδας, θα αντιπροσωπεύει το πρόσθετο μαθησιακό όφελος που αποδίδεται στη συγκεκριμένη εργαστηριακή παρέμβαση. Αυτό διευκρινίζει την ερμηνεία της αναδόμησης των μαθητικών παρανοήσεων που αναφέρεται στον τίτλο της εργασίας. Δηλαδή, δεν πρόκειται απλώς για μάθηση από το μηδέν, αλλά για την ανάδειξη της αξίας και αποτελεσματικότητας των εργαστηριακών εμπειριών στην προώθηση βαθύτερης εννοιολογικής αλλαγής. Αυτή η διάκριση είναι κρίσιμη για την κατανόηση της λογικής πάνω στην οποία δομήθηκε η έρευνα.

Για το τμήμα 1 (πραγματικό εργαστήριο), όπως φαίνεται στον πίνακα 8, η μέση τιμή στο pre-test (Pre_Tot1) ήταν 26,43 (SD = 7,24), ενώ στο post-test (Post_Tot1) αυξήθηκε σε 30,14 (SD=6,84). Η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική, $t(20) = -7,76, p < .001$, με μέσο όρο διαφοράς -3,71 μονάδες. Το μέγεθος επίδρασης ήταν πολύ μεγάλο, με Cohen's $d = 1,69$, γεγονός που υποδεικνύει ότι η παρέμβαση είχε ουσιαστική και θετική επίδραση στις επιδόσεις των μαθητών.

Πίνακας 8: Σύγκριση επιδόσεων πριν και μετά την παρέμβαση για το τμήμα 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre_Tot1	26,43	21	7,236	1,579
	Post_Tot1	30,14	21	6,843	1,493

Paired Samples Test

		Paired Differences							Significance	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	One-Sided p	Two-Sided p
					Lower	Upper				
Pair 1	Pre_Tot1 - Post_Tot1	-3,714	2,194	,479	-4,713	-2,716	-7,757	20	<,001	<,001

Paired Samples Effect Sizes

			Standardizer	Point Estimate	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Pair 1	Pre_Tot1 - Post_Tot1	Cohen's d	2,194	-1,693	-2,358	-1,010
		Hedges' correction	2,281	-1,628	-2,268	-,972

Για το τμήμα 2 (εικονικό εργαστήριο), όπως φαίνεται στον πίνακα 9, η μέση βαθμολογία στο pre-test (Pre_Tot2) ήταν 26,50 (SD = 6,72), ενώ στο post-test (Post_Tot2) αυξήθηκε σε 29,50 (SD = 6,95).

Η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική, $t(21) = -3,67$, $p = .001$, με μέση διαφορά -3,00 μονάδες. Το μέγεθος επίδρασης (Cohen's d) ήταν 0.78, γεγονός που υποδηλώνει μέτρια προς υψηλή επίδραση της παρέμβασης στις επιδόσεις των μαθητών.

Πίνακας 9: Σύγκριση επιδόσεων πριν και μετά την παρέμβαση για το τμήμα 1**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre_Tot2	26,50	22	6,717	1,432
	Post_tot2	29,50	22	6,947	1,481

Paired Samples Test

		Paired Differences					Significance			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	Pre_Tot2 - Post_tot2	-3,000	3,830	,816	-4,698	-1,302	-3,674	21	<,001	,001

Paired Samples Effect Sizes

			Standardizer	Point Estimate	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Pair 1	Pre_Tot2 - Post_tot2	Cohen's d	3,830	-,783	-1,256	-,297
		Hedges' correction	3,974	-,755	-1,210	-,286

Επομένως, και οι δύο παρεμβάσεις (πραγματική και εικονική) είχαν θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις των μαθητών. Ωστόσο, το Πραγματικό Εργαστήριο (Τμήμα 1) οδήγησε σε μεγαλύτερη βελτίωση από το εικονικό εργαστήριο (τμήμα 2), όπως αποτυπώνεται από το πολύ υψηλότερο μέγεθος επίδρασης (Cohen's d).

3.5. Σύγκριση Αποτελεσματικότητας Παρεμβάσεων (Σύγκριση Επιδόσεων Post-test)

Ανάλυση Συνδιακύμανσης (ANCOVA)

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, διεξήχθη ανάλυση ANCOVA για να συγκριθούν οι επιδόσεις στο post_test μεταξύ δύο ομάδων (Πραγματικό Εργαστήριο και Εικονικό Εργαστήριο) και να διερευνηθεί έτσι, ποια από τις δύο παρεμβάσεις ωφέλησε περισσότερο τους μαθητές. Σε αυτή την ανάλυση, λήφθηκαν υπόψη η ομάδα των συμμετεχόντων (τμήμα 1, τμήμα 2), το φύλο (Gender) και η αρχική τους επίδοση στο pre-test (Pre_tot_ALL), η οποία χρησιμοποιήθηκε ως παράγοντας ελέγχου (συν-μεταβλητή). Επίσης, εξετάστηκε το ενδεχόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ ομάδας και φύλου. Λήφθηκε υπόψη η ομοιογένεια των δυο τμημάτων στις αρχικές τους γνώσεις που αναλύθηκε παραπάνω.

Από την ανάλυση ANCOVA προέκυψαν τα εξής ευρήματα:

- Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρέασε την επίδοση των μαθητών στο post_test είναι οι επιδόσεις τους στο pre_test, δηλαδή οι προϋπάρχουσες γνώσεις. Το εύρημα αυτό ήταν στατιστικά σημαντικό ($F(1,38)=137.175$, $p<0.001$, Partial Eta Squared=0.783). Αυτό σημαίνει ότι το αρχικό επίπεδο γνώσεων ή ικανοτήτων αποτελεί τον κύριο καθοριστικό παράγοντα για την τελική επίδοση.
- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην συνολική επίδοση στο post_test, λαμβάνοντας υπόψη και τις αρχικές επιδόσεις. Δηλαδή, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση του post_test μεταξύ του Πραγματικού Εργαστηρίου και του Εικονικού Εργαστηρίου ($F(1,38)=0.012$, $p=0.912$, Partial Eta Squared =0.000), αφού ελέγχθηκαν οι αρχικές επιδόσεις και το φύλο. Αυτό υποδηλώνει ότι και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές ως

προς την επίδοση στο post-test. Παρόλο που το Paired-samples t-test (ενότητα 3.4.) έδειξε ότι το πραγματικό εργαστήριο (Τμήμα 1) οδήγησε σε μεγαλύτερη βελτίωση από το εικονικό εργαστήριο (τμήμα 2), εντούτοις η πιο ολοκληρωμένη ανάλυση ANCOVA δείχνει ότι, αφού ληφθεί υπόψη η αρχική επίδοση των συμμετεχόντων στο pre-test, η συμμετοχή σε μία από τις ομάδες δεν συσχετίζεται με σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα στο post-test. Αυτό υποδηλώνει ότι και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές ως προς τη βελτίωση της επίδοσης.

- Το φύλο δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην επίδοση του post_test ($F(1,38)=1.388, p=0.246$, Partial Eta Squared =0.035), μετά τον έλεγχο των άλλων παραγόντων.
- Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ Ομάδας και Φύλου ($F(1,38)=1.905, p=0.176$, Partial Eta Squared =0.048), υποδεικνύοντας ότι η επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας στην επίδοση του post-test δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Τα παραπάνω ευρήματα συνοψίζονται στον πίνακα 10

Πίνακας 10: Ευρήματα του ελέγχου Συνδιακύμανσης ANCOVA

Πηγή (Source)	F	Sig. (p-value)	Partial Eta Squared	Συμπέρασμα
Τμήμα (Group)	0,012	0,912	0,000	Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση του post-test μεταξύ

				των δύο τμημάτων, μετά τον έλεγχο των συνμεταβλητών.
Φύλο (Gender)	1,388	0,246	0,035	Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου στην επίδοση του post-test, μετά τον έλεγχο των συνμεταβλητών.
Pre_tot_ALL (Pre-test)	137,175	<0,001	0,783	Οι προϋπάρχουσες γνώσεις είναι ένας ισχυρά στατιστικά σημαντικός προβλεπτικός παράγοντας της επίδοσης του post-test. Οι αρχικές γνώσεις επηρεάζουν σημαντικά την τελική επίδοση.
Τμήμα * Φύλο (Group * Gender)	1,905	0.176	0,048	Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση, δηλαδή η επίδραση της ομάδας δεν διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το φύλο και το αντίστροφο.

3.6. Ανάλυση Επιδόσεων στα εννοιολογικά Μοντέλα των μαθητών

Ανάλυση Συνδιακύμανσης (ANCOVA)

Για να συγκριθούν οι σύνθετες βαθμολογίες Post_test για καθένα από τα τέσσερα εννοιολογικά Μοντέλα (Μονοπολικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό, Επιστημονικό) μεταξύ των ομάδων του Πραγματικού και του Εικονικού Εργαστηρίου, πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Συνδιακύμανσης ANCOVA. Στην ανάλυση αυτή, δεν συμπεριλήφθηκε ο παράγοντας «φύλο», καθώς διερευνήθηκε προηγουμένως. Αυτό θα αποκαλύψει εάν μια παρέμβαση ήταν πιο αποτελεσματική στην αλλαγή συγκεκριμένων τύπων εννοιολογικής κατανόησης. Αυτή η ανάλυση αντιμετωπίζει την τελική απαίτηση και εμβαθύνει στις συγκεκριμένες εννοιολογικές αλλαγές που διευκολύνθηκαν από κάθε παρέμβαση. Εξετάζοντας πώς κάθε τύπος εργαστηρίου επηρέασε την κατανόηση των μαθητών εντός των μοντέλων Μονοπολικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό και Επιστημονικό, η μελέτη μπορεί να παρέχει εξαιρετικά στοχευμένες πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων παρανοήσεων και στην προώθηση της ακριβούς επιστημονικής κατανόησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 11

Πίνακας 11: Αποτελέσματα ANCOVA για τις Σύνθετες Βαθμολογίες Post-test των Μοντέλων

Εναλλακτικών Ιδεών μεταξύ των Ομάδων Παρέμβασης, με Έλεγχο των Αντίστοιχων

Βαθμολογιών Pre-test

Μοντέλο	Πηγή	Τύπος III Αθροισμα Τετραγώνων	df	Μέσο Τετράγωνο	F	p- value	Partial η^2
Μονοπολικό	Monopolar_Pre	0.002	1	0.002	0.003	0.956	0.000

	Group	0.014	1	0.014	0.020	0.888	0.001
	Σφάλμα	27.371	39				
Συγκρουόμενων Ρευμάτων	Conflicting_Pre	3.763	1	3.763	4.167	0.048	0.097
	Group	0.001	1	0.001	0.001	0.971	0.000
	Σφάλμα	35.222	39				
Καταναλωτικό	Consumptive_Pre	21.220	1	21.220	8.369	0.006	0.177
	Group	1.399	1	1.399	0.552	0.462	0.014
	Σφάλμα	98.893	39				
Επιστημονικό	Scientific_Pre	609.231	1	609.231	61.398	0.000	0.612
	Group	5.957	1	5.957	0.600	0.443	0.015
	Σφάλμα	386.984	39				

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να εξαγάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Για τις κατηγορίες Μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων ($p = 0.048 < 0.05$), Καταναλωτικό μοντέλο ($p = 0.006 < 0.01$) και επιστημονικό Μοντέλο ($p = 0.000 < 0.001$), οι αντίστοιχες αρχικές βαθμολογίες (Conflicting_Pre, Consumptive_Pre, Scientific_Pre) είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στις βαθμολογίες μετά την παρέμβαση. Αυτό υποδηλώνει ότι οι αρχικές αντιλήψεις των συμμετεχόντων ήταν σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες για τις τελικές τους αντιλήψεις σε αυτές τις κατηγορίες, όπως ακριβώς συμβαίνει με τα συνολικά αποτελέσματα.

- Αντίθετα, η αρχική βαθμολογία **Monopolar_Pre** δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη βαθμολογία Monopolar_Post ($p = 0.956 > 0.05$). Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι το μονοπολικό μοντέλο δεν είναι τόσο διαδεδομένο στις ηλικίες των παιδιών του δείγματος (16 ετών)
- Για όλες τις εξεταζόμενες κατηγορίες (Μονοπολικό Μοντέλο, Μοντέλο Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό Μοντέλο και Επιστημονικό Μοντέλο), δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τμημάτων παρέμβασης (Group) στις βαθμολογίες του Post-test, αφού ελέγχθηκε για την επίδραση των αρχικών βαθμολογιών (Pre-test).
 - ✓ Monopolar_Post: $F = 0.020, p = 0.888$
 - ✓ Conflicting_Post: $F = 0.001, p = 0.971$
 - ✓ Consumptive_Post: $F = 0.552, p = 0.462$
 - ✓ Scientific_Post: $F = 0.600, p = 0.443$

Αυτό υποδηλώνει ότι ο τύπος της παρέμβασης (δηλαδή, η ομάδα στην οποία ανήκε ο συμμετέχων - Πραγματικό Εργαστήριο έναντι Εικονικού Εργαστηρίου) δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τις τελικές βαθμολογίες στις συγκεκριμένες κατηγορίες.

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι, ενώ οι αρχικές γνώσεις ή αντιλήψεις των συμμετεχόντων ήταν σημαντικές για την τελική τους επίδοση στις περισσότερες κατηγορίες, ο τύπος εργαστηριακής παρέμβασης (πραγματικό ή εικονικό) δεν προκάλεσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τελικές βαθμολογίες μεταξύ των ομάδων.

Το ποσοτικό μέρος της παρούσας έρευνας αποδεικνύει ότι ο καθοριστικός παράγοντας που έχει ισχυρότατη επίδραση στην αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων είναι οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις, όπως ακριβώς υποστηρίζουν οι αρχές του εποικοδομισμού. Η εργαστηριακή εμπειρία έχει πολύ θετική επίδραση στην αναδόμηση

των ιδεών αυτών, χωρίς όμως κάποιο από τα δύο είδη (εικονικό ή πραγματικό) να επηρεάζει το μέγεθος της επίδρασης αυτής.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της θεματικής ανάλυσης των συνεντεύξεων και τα στοιχεία της προαιρετικής εργασίας που δόθηκε στους μαθητές.

4.1. Θεματική Ανάλυση των Συνεντεύξεων

Σύμφωνα με τους κωδικούς που αναλύθηκαν στη μεθοδολογία της έρευνας διαπιστώθηκαν τα εξής ευρήματα:

4.1.1. Κωδικός 1: Αποτελεσματικότητα εργαστηριακής προσέγγισης στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Η εργαστηριακή προσέγγιση (τόσο η πραγματική όσο και η εικονική), φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στην αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων, ειδικά όταν οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να ανακαλέσουν ή να επανεξετάσουν την εργαστηριακή εμπειρία.

Πολλοί μαθητές αρχικά διατηρούσαν εναλλακτικές ιδέες, όπως το σταδιακό άναμμα των λαμπτήρων μετά το κλείσιμο του διακόπτη, η κατανάλωση ρεύματος, η εξασθένιση του ρεύματος και η μη διακοπή του κυκλώματος σε περίπτωση αφαίρεσης (ξεβιδώματος) του λαμπτήρα σε σειρά.

Όταν οι μαθητές εκτέθηκαν ξανά ή τους ζητήθηκε να ανακαλέσουν την εργαστηριακή εμπειρία κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, αρκετοί από αυτούς αναγνώρισαν τις αρχικές τους παρανοήσεις και τις διόρθωσαν. Συγκεκριμένα:

Η μαθήτρια Σ... (Τμήμα 2) αρχικά απάντησε λάθος για το σταδιακό άναμμα των λαμπτήρων και την ένταση του ρεύματος σε σειρά, αλλά βλέποντας το εικονικό εργαστήριο, συνειδητοποίησε ότι οι λαμπτήρες ανάβουν ταυτόχρονα και ότι η ένταση είναι **ίδια**. Επίσης, για την Ερώτηση 3, άλλαξε την απάντησή της όταν είδε την επίδραση

της αποσύνδεσης λαμπτήρα στο εικονικό εργαστήριο. Η ίδια δήλωσε «όλα όσα είχα απαντήσει λάθος, τώρα τα κατάλαβα πλήρως».

Η μαθήτρια Ι... (Τμήμα 2) αρχικά πίστευε ότι η αφαίρεση ενός λαμπτήρα σε σειρά θα έκανε τον άλλο να φωτίζει περισσότερο (Ερώτηση 3), αλλά βλέποντας το εικονικό εργαστήριο, αναγνώρισε ότι «κόβεται το κύκλωμα» και ο άλλος λαμπτήρας θα σβήσει.

Η μαθήτρια Ελ... (Τμήμα 2) αρχικά πίστευε ότι η αφαίρεση λαμπτήρα σε σειρά δεν θα άλλαζε τίποτα (Ερώτηση 3) και ότι σε παράλληλη σύνδεση η φωτεινότητα θα παρέμενε ίδια (Ερώτηση 40). Με την επανεξέταση στο εικονικό εργαστήριο, συνειδητοποίησε ότι το ρεύμα διακόπτεται και αναγνώρισε το βραχυκύκλωμα στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης.

Ο μαθητής Ρ... (Τμήμα 1) αρχικά απάντησε ότι αν ξεβιδώσουμε τον έναν λαμπτήρα, ο άλλος θα φωτίζε πιο έντονα σε παράλληλη σύνδεση (Ερώτηση 5), αλλά αφού σκέφτηκε την ιδανική πηγή και την τάση, διόρθωσε την απάντησή του στο ότι η φωτεινότητα θα ήταν ίδια.

Η μαθήτρια Χρ... (Τμήμα 1) άλλαξε την αρχική της αντίληψη για την «εξάντληση» του ρεύματος (Ερώτηση 6) ενθουμούμενη τον κανόνα του Kirchhoff, και διόρθωσε την κατανόησή της για την προσθήκη λαμπτήρα σε σειρά (Ερώτηση 14) και την αφαίρεση σε παράλληλη (Ερώτηση 40). Επίσης, για την Ερώτηση 48, όπου ένας λαμπτήρας καίγεται σε κύκλωμα σε σειρά, αρχικά είπε ότι το βολτόμετρο θα έδειχνε την τάση της πηγής, αλλά μετά διόρθωσε σε μηδενική τάση επειδή δεν θα περνούσε ρεύμα.

Η μαθήτρια Κ... (Τμήμα 1) για την Ερώτηση 2, άλλαξε την απάντησή της από το σταδιακό στο ταυτόχρονο άναμμα των λαμπτήρων, ενθουμούμενη το πείραμα. Επίσης, για την Ερώτηση 3, ανέφερε «θυμήθηκα το πείραμα και είδα ότι ο λαμπτήρας έσβησε», παρά την αρχική της δυσπιστία.

Τα ευρήματα αυτά ενισχύουν το συμπέρασμα της ποσοτικής έρευνας που προηγήθηκε ότι οι εργαστηριακές παρεμβάσεις οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών, παρέχοντας ποιοτική τεκμηρίωση για την εννοιολογική αλλαγή.

4.1.2. Κωδικός 2: Σύγκριση αποτελεσματικότητας των δυο εργαστηριακών προσεγγίσεων στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών.

Η ποσοτική ανάλυση που προηγήθηκε δεν διαπίστωσε στατιστικά σημαντική διαφορά στην συνολική αποτελεσματικότητα μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου, όταν ελήφθησαν υπόψη οι αρχικές επιδόσεις και το φύλο.

Από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων, τόσο οι μαθητές που συμμετείχαν στο πραγματικό όσο και αυτοί που συμμετείχαν στο εικονικό εργαστήριο, έδειξαν σημάδια εννοιολογικής αλλαγής και διόρθωσαν παρανοήσεις τους όταν ανακλήθηκε ή επανεξετάστηκε η εργαστηριακή τους εμπειρία. Αυτό υποδηλώνει ότι και οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να είναι αποτελεσματικές στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και στην αναδόμηση ιδεών, εφόσον ο μαθητής ενεργοποιήσει τη γνώση που αποκτήθηκε από το εργαστήριο.

4.1.3. Κωδικός 3: Προτίμηση των μαθητών μεταξύ του εικονικού και του πραγματικού εργαστηρίου.

Η ποιοτική ανάλυση αποκαλύπτει μια σαφή προτίμηση των μαθητών για το πραγματικό εργαστήριο, κυρίως λόγω του βιωματικού και διαδραστικού του χαρακτήρα, καθώς και της κοινωνικής του διάστασης:

Ο Ρ... (Τμήμα 1) δηλώνει: «Εννοείται βοηθητικό γιατί μας δίνει την εικόνα... το βλέπουμε μπροστά μας». Προτιμά το πραγματικό γιατί «το κάνουμε εμείς πρακτική... ουσιαστικά αυτά που έχουμε μάθει στην τάξη τα κάνουμε στην πράξη».

Η Χ... (Τμήμα 1) προτιμά το πραγματικό εργαστήριο «γιατί προσπαθούμε και εμείς μόνοι μας να το φτιάξουμε και το επεξεργαζόμαστε κάπως αλλιώς στο μυαλό μας».

Η Χρ... (Τμήμα 1) δηλώνει προτίμηση για το πραγματικό εργαστήριο: «Το πραγματικό σίγουρα ... γιατί στο πραγματικό ξέρω ακριβώς τι κάνω... και γιατί εγώ επιλέγω τις κινήσεις μου... ενώ στο λογισμικό, στο εικονικό, δεν ξέρω ακριβώς τι κάνει το πρόγραμμα». Τονίζει επίσης ότι είναι «πιο οπτικός τύπος» και θέλει να το βλέπει «από κοντά για να καταλαβαίνει τι γίνεται».

Η Κ... (Τμήμα 1) αναφέρει: «Το πρώτο εργαστήριο που κάναμε στο εργαστήριο της φυσικής, γιατί ήταν πιο βιωματικό... δηλαδή το θυμάμαι να το έβλεπα...». Προσθέτει όμως για το εικονικό εργαστήριο: «και εδώ το βλέπω...αλλά δεν μπορώ να το νιώσω...να το αισθανθώ... ότι ανάβουνε και οι δύο». Εκτιμά επίσης την αυθεντικότητα του πραγματικού εργαστηρίου, συμπεριλαμβανομένων των λαθών: «εδώ όλα πάνε καλά» (στο εικονικό) ενώ «εκεί (στο πραγματικό) είναι πιο χαλαρά...συμβαίνουνε και λάθη, όπως τότε που κάψαμε το αμπερόμετρο». Προτείνει περισσότερο εργαστήριο, τουλάχιστον δύο με τρεις ώρες το μήνα.

Ο Σ... (Τμήμα 1) τονίζει τη ζωντανή, διά ζώσης εμπειρία του πραγματικού εργαστηρίου: «Είναι το ζωντανά εργαστήριο, το δια ζώσης... γιατί είναι ας πούμε... αυτό που λέω ότι συνοδεύεται και από μία εμπειρία... γιατί αν κάποιος δεν έχει κάποιο άλλο βίωμα, πιο εύκολα θα θυμηθεί ότι ααα ναι τότε πήγαμε στο εργαστήριο και ο καθηγητής μας έδειξε αυτό... και το είδα και το έκανα και εγώ ίσως... παρά το να είναι στην τάξη στον διαδραστικό ή στον υπολογιστή και απλά να το δει... γιατί αυτό μένει απλώς μια πληροφορία... ενώ το άλλο (εννοεί το πραγματικό εργαστήριο) μένει και ως ανάμνηση».

Ακόμη και η μαθήτρια Ι... (Τμήμα 2), που ήταν στην ομάδα του εικονικού εργαστηρίου, δήλωσε προτίμηση για το πραγματικό: «Στο εργαστήριο κύριε. Γιατί εκεί κάνουμε πειράματα...τα βλέπουμε μπροστά μας».

Η Ελ... (Τμήμα 2) αναφέρει ότι «και τα δύο είναι καλά κύριε. Το εργαστήριο κάτω (εννοεί το πραγματικό) έχει πιο πολύ διασκέδαση...μιλάμε, γελάμε, συζητάμε, ενώ αυτό (το εικονικό) είναι πιο πολύ... μάθημα».

Γενικά, οι μαθητές φαίνεται να εκτιμούν την ενεργό συμμετοχή, την αισθητηριακή εμπειρία και την κοινωνική αλληλεπίδραση που προσφέρει το πραγματικό εργαστήριο, κάνοντάς το πιο αξιομνημόνευτο, πιο βιωματικό και πιο διασκεδαστικό.

4.1.4. Κωδικός 4: Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκληση και εφαρμογή της εργαστηριακής γνώσης.

Παρά την αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα των εργαστηρίων στην αναδόμηση των ιδεών, οι μαθητές συχνά δυσκολεύτηκαν να ανακαλέσουν και να εφαρμόσουν αυτή τη γνώση κατά την απάντηση των ερωτήσεων του τεστ. Οι παράγοντες που επηρέασαν την ανάκληση και εφαρμογή είναι:

Ο χρόνος που μεσολαβεί: Αυτός ήταν ο πιο συχνά αναφερόμενος λόγος για τη μη ανάκληση της εργαστηριακής γνώσης. Η Σ.. ανέφερε: «είχαμε καιρό να το δούμε οπότε μου είχε ξεφύγει». Η Γ... είπε «πέρασε καιρός που το είδαμε». Η Ευ... ανέφερε: «Ήταν πριν από μήνες... είχαμε και τα διαγωνίσματα», ενώ η Ελ... ισχυρίστηκε: «Πέρασε καιρός...αν μας το δίνετε (το τεστ εννοεί) αμέσως μετά (εννοεί την παρέμβαση με το εικονικό εργαστήριο) τότε θα το έκανα». Ακόμη, η Χ... είπε: «Είχαμε καιρό που το κάναμε... δεν κάναμε και επανάληψη... για αυτό» και «πέρασε πολύς καιρός ...είχαμε ασχοληθεί και με άλλα πράγματα... είχαμε προχωρήσει την ύλη».

Άγχος και συγκέντρωση κατά την εξέταση: Ορισμένοι μαθητές δήλωσαν ότι ήταν συγκεντρωμένοι στις ερωτήσεις και στο να βρουν τη λύση, παρά στο να ανακαλέσουν τις εργαστηριακές εμπειρίες. Η Σ... ανέφερε: «Ήμουν συγκεντρωμένη στις ερωτήσεις». Η Κ... (από πραγματικό εργαστήριο) είπε: «ήταν πολλές οι ερωτήσεις και αγχώθηκα ότι δεν θα προλάβω». Ο Σ... ανέφερε «ίσως και από βιασύνη, προσπάθησα να σκεφτώ την καλύτερη δυνατή απάντηση στο πιο σύντομο χρονικό διάστημα».

Ισχύς των προϋπαρχουσών αντιλήψεων/προσωπικών εμπειριών: Κάποιες εναλλακτικές ιδέες είναι βαθιά ριζωμένες και οι προσωπικές, αυθόρμητες εμπειρίες μπορούν να επισκιάσουν τη νέα, επιστημονική γνώση από το εργαστήριο. Ο Σ... (Τμήμα 1) απάντησε αρχικά λάθος στην Ερώτηση 3, βασιζόμενος σε προσωπική εμπειρία, παρά το γεγονός ότι θυμήθηκε το αντίστοιχο πείραμα. Δήλωσε: «τα προσωπικά μας βιώματα συνήθως μας είναι λίγο πιο καλά εντυπωμένα... παρά αυτό που κάναμε σε ένα εργαστήριο». Επίσης, η Χ... (Τμήμα 1) χρησιμοποίησε μια λανθασμένη αναλογία με τα φώτα του σπιτιού για να απαντήσει στην Ερώτηση 3. Αυτό ενισχύει και το ποσοτικό μας εύρημα ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις αποτελούν τον σημαντικότερο παράγοντα που επηρέασε την τελική επίδοση των μαθητών.

Διατύπωση των ερωτήσεων: Η Χρ... (Τμήμα 1) υπαινίχθηκε ότι η διατύπωση της ερώτησης 3 ήταν διφορούμενη και μπορεί να την οδήγησε σε λάθος απάντηση, παρά την ανάκληση του πειράματος.

Αντίληψη του «τύπου» της γνώσης: Ο Σ... (Τμήμα 1) διαχώρισε την εργαστηριακή εμπειρία ως «ανάμνηση» και τη γνώση του εικονικού εργαστηρίου ως «πληροφορία», υποδηλώνοντας διαφορετική επεξεργασία και ανάκληση. Χαρακτηριστική ήταν η διατύπωση της Χ... ότι «όταν λύνουμε ασκήσεις κύριε δεν σκέφτομαι τα πειράματα, αλλά πώς θα λύσω την άσκηση...γιατί χρειάζεται να βρω τη λύση». Κάτι τέτοιο

υποδηλώνει ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν τη σχολική εμπειρία σαν κάτι ξεχωριστό από την εμπειρία του φυσικού περιβάλλοντος. Υπάρχει δηλαδή η φυσική του σχολείου και η φυσική της καθημερινότητας που δεν σχετίζονται μεταξύ τους.

4.1.5. Κωδικός 5: Αντιλήψεις για τη φύση του ρεύματος.

Οι συνεντεύξεις αποκάλυψαν ποικίλες μαθητικές παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος, οι οποίες επιμένουν και μετά από την εργαστηριακή παρέμβαση. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν εμμένουσες εναλλακτικές ιδέες που ανήκουν κατά κύριο λόγο στο Καταναλωτικό Μοντέλο:

Η Σ... (Τμήμα 2) πιστεύει ότι το ρεύμα «ξεκινάει από τον διακόπτη και πηγαίνει πρώτα στον Λ_1 και μετά στον Λ_2 ».

Ο Ξ... (Τμήμα 1) υποστήριξε ότι το ρεύμα «ξεκινά από την πηγή και φτάνει πρώτα στον Λ_1 και μετά στον Λ_2 ».

Η Γ... (Τμήμα 2) σκέφτηκε ότι το ρεύμα διαρρέει το κύκλωμα από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο και ότι ο Λ_2 (πιο κοντά στον αρνητικό) θα άναβε πρώτος. Επίσης, θεωρεί ότι οι «λαμπτήρες περιμένουν να φτάσει το ρεύμα για να ανάψουν».

Η Χ... (Τμήμα 1) θεώρησε ότι το ρεύμα πηγαίνει πρώτα από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο, με αποτέλεσμα ο πρώτος λαμπτήρας να ανάβει πιο πολύ, λαμβάνοντας «το πρώτο ρεύμα».

Η Κ... (Τμήμα 1) πίστευε ότι ο Λ_1 θα άναβε πρώτος επειδή «ήταν πιο κοντά στην πηγή».

Ο Σ... (Τμήμα 1) για την Ερώτηση 8 (βραχυκύκλωμα), πίστευε ότι «τίποτα δεν γίνεται» γιατί χρειάζεται λαμπτήρας για να «καταναλωθεί» το ρεύμα.

Ο Ξ... (Τμήμα 1) πίστευε ότι ο Λ_1 «κατανάλωσε λίγη από την ενέργεια του ρεύματος», μειώνοντας την ένταση για τον Λ_2 .

Η Ι... (Τμήμα 2) εξήγησε την αντίληψή της ότι το ρεύμα «εξαντλείται» ως εξής: «το ρεύμα το τρώνε οι λάμπες», αλλά και ότι «συνεχώς ανανεώνεται από την μπαταρία».

Η Ευ... (Τμήμα 2) πίστευε ότι η ένταση του ρεύματος «δεν είναι ίδια» πριν και μετά τον λαμπτήρα, και ότι το ρεύμα «κάτι χάνει», ή ακόμη ότι «εξαντλείται». Επίσης, σε παράλληλη σύνδεση, νόμιζε ότι η αφαίρεση ενός λαμπτήρα θα έκανε τον άλλο να φωτίζει πιο έντονα, επειδή θα περνούσε «πιο πολύ ρεύμα».

Η Ελ... (Τμήμα 2) αρχικά θεώρησε «ότι το ρεύμα και η μπαταρία είναι το ίδιο» και δεν μπορούσε να εξηγήσει γιατί το ρεύμα δεν εξαντλείται.

Η Χρ... (Τμήμα 1) ερμήνευσε την «εξάντληση» του ρεύματος ότι «κάποια στιγμή τελειώνει η μπαταρία» και ότι το ρεύμα «μετατρέπεται σε θερμότητα» και «εξαντλείται τόσο πολύ, ώστε όλο το ρεύμα θα γίνει θερμότητα».

Ακόμη διαπιστώθηκε δυσκολία στην κατανόηση του κλειστού κυκλώματος (σχετίζεται με **Μονοπολικό/Καταναλωτικό μοντέλο**):

Πολλοί μαθητές (Σ..., Ι..., Γ..., Ελ..., Χ..., Χρ..., Σ...) δυσκολεύτηκαν να σχεδιάσουν ένα ανοιχτό κύκλωμα όταν αφαιρείται ένας λαμπτήρας σε σειρά, υπονοώντας ότι το ρεύμα θα συνεχίζει να κυκλοφορεί. Αυτό φαίνεται στα κυκλώματα που σχεδίασαν (παράρτημα 7.3)

Ο Ρ... (Τμήμα 1) και ο Σ... (Τμήμα 1) ακόμα και όταν ένας λαμπτήρας «καίγεται», πίστευαν ότι «λίγο ρεύμα περνάει», γεγονός που εμποδίζει την πλήρη κατανόηση της διακοπής του κυκλώματος.

Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων παρουσιάστηκε λιγότερο συχνά, κυρίως ως σύγχυση σχετικά με τη φορά του ρεύματος, όπως η Κ... (Τμήμα 2) που είχε τη σωστή κατεύθυνση των ηλεκτρονίων και τη σωστή αντίληψη για ένα μόνο ρεύμα (το συμβατικό)

Παρά τις παρανοήσεις, υπήρξαν και περιπτώσεις όπου οι μαθητές έδειξαν στοιχεία του **επιστημονικού μοντέλου** ή διόρθωσαν τις ιδέες τους κατά τη συνέντευξη: Ο Ξ... (Τμήμα 1) είχε σωστή αντίληψη για τη διακλάδωση του ρεύματος σε παράλληλη σύνδεση. Η Κ... (Τμήμα 2) διόρθωσε την αντίληψή της για τη φωτεινότητα σε παράλληλη σύνδεση, συνειδητοποιώντας ότι η τάση παραμένει ίδια. Η Χρ... (Τμήμα 1) ανακάλεσε τον κανόνα του Kirchhoff για τη διατήρηση του ρεύματος. Ο Ρ... (Τμήμα 1) διόρθωσε την κατανόησή του για τη σταθερή τάση σε παράλληλη σύνδεση από ιδανική πηγή.

4.2. Η Προαιρετική Εργασία

Η προαιρετική εργασία, η οποία ανατέθηκε στους μαθητές μετά την παρέμβαση και πριν τη συμπλήρωση του post-test, σχεδιάστηκε με κεντρικό στόχο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και την ενεργοποίηση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών. Αυτή η προσέγγιση συνδεόταν άμεσα με έναν από τους ειδικότερους στόχους της έρευνας που ήταν η διερεύνηση της συμβολής της εργαστηριακής εμπειρίας στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών και στη σύνδεση των εννοιών της ηλεκτρικής ενέργειας με την κατανάλωση φυσικών πόρων.

Η εργασία επικεντρώθηκε στην εύρεση του «ηλεκτρικού αποτυπώματος» των μαθητών και περιλάμβανε ερωτήσεις που σχετίζονται με ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους μαθητές να δημιουργήσουν μια λίστα με τις ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού τους, να υπολογίσουν την κατανάλωση ενέργειας σε κιλοβατώρες (KWh) και, στη συνέχεια, το κατά προσέγγιση ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, περιλάμβανε ερωτήσεις για την κριτική σκέψη σχετικά με την αναγκαιότητα της χρήσης πολλών συσκευών και τη συχνότητά τους, καθώς και τη σύγκριση της μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά κάτοικο σε παγκόσμιο επίπεδο, μέσω ενός διαδραστικού διαγράμματος (Ritchie, Rosado, & Roser, 2023).

4.2.1. Ανάλυση της Συμμετοχής των Μαθητών στην Προαιρετική Εργασία:

Συνολική Συμμετοχή: Από το σύνολο των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα (43 μαθητές και μαθήτριες), 17 μαθητές από το Τμήμα 1 (πραγματικό εργαστήριο) και 13 μαθητές από το Τμήμα 2 (εικονικό εργαστήριο) εκπόνησαν την προαιρετική εργασία.

Ποσοστά Συμμετοχής ανά Τμήμα:

Το Τμήμα 1 (πραγματικό εργαστήριο) είχε 21 μαθητές, άρα το ποσοστό συμμετοχής ήταν περίπου 80,95% .

Το Τμήμα 2 (εικονικό εργαστήριο) είχε 22 μαθητές, άρα το ποσοστό συμμετοχής ήταν περίπου 59,09% .

Ερμηνεία και Σύγκριση της Συμμετοχής: Η αισθητά υψηλότερη συμμετοχή της ομάδας του πραγματικού εργαστηρίου στην προαιρετική εργασία (80,95% έναντι 59,09%), σε συνδυασμό με τη σαφή ποιοτική προτίμηση των μαθητών για αυτό, υποδηλώνει ότι η πιο άμεση, βιωματική και κοινωνική φύση του πραγματικού εργαστηρίου ενθαρρύνει μεγαλύτερη συνολική εμπλοκή και διάθεση για εθελοντική δράση, ακόμα και σε μη βαθμολογούμενες δραστηριότητες που συνδέονται με το περιεχόμενο.

Ενώ και οι δύο προσεγγίσεις είναι εξίσου αποτελεσματικές στην προώθηση της εννοιολογικής κατανόησης (όπως φάνηκε από τα post-test αποτελέσματα μετά τον έλεγχο των αρχικών γνώσεων), το πραγματικό εργαστήριο φαίνεται να προάγει μια ευρύτερη και βαθύτερη εμπλοκή, η οποία μπορεί να εκδηλώνεται σε αυξημένη προθυμία για συμμετοχή σε προαιρετικές, πρακτικές και περιβαλλοντικά συνδεδεμένες δραστηριότητες. Αυτή η αυθεντικότητα και η αισθητηριακή εμπειρία του πραγματικού εργαστηρίου μπορεί να δημιουργεί ένα πιο ισχυρό κίνητρο για τους μαθητές να ασχοληθούν περαιτέρω με ένα περιβαλλοντικό ζήτημα που σχετίζεται με την

κατανάλωση ενέργειας στην καθημερινότητά του. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το πραγματικό εργαστήριο φαίνεται να θέτει ισχυρότερα θεμέλια για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης και φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα, όπως προαναφέρθηκε, υιοθέτησε έναν μεικτό, οιονεί πειραματικό σχεδιασμό, αξιοποιώντας τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα. Το δείγμα αποτελούνταν από μαθητές της Β' Λυκείου, κατανεμημένους σε δύο προϋπάρχοντα τμήματα, ένα για το πραγματικό (τμήμα 1) και ένα για το εικονικό (τμήμα 2) εργαστήριο. Πριν από τις παρεμβάσεις, οι δύο ομάδες ελέγχθηκαν και αποδείχθηκαν στατιστικά συγκρίσιμες ως προς τη συνολική εννοιολογική τους κατανόηση. Παρότι παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου στην αρχική επίδοση, η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τμήματος δεν ήταν στατιστικά σημαντική, υποδηλώνοντας ότι η επίδραση του φύλου ήταν ομοιογενής και στις δύο ομάδες.

5.1 Ερμηνεία αποτελεσμάτων της ποσοτικής έρευνας

Οι δύο εργαστηριακές παρεμβάσεις, τόσο αυτή του πραγματικού εργαστηρίου όσο και αυτή του εικονικού εργαστηρίου, οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών από την αρχική (pre_test) στην τελική (post_test) μέτρηση. Αυτό αναδεικνύει την θετική επίδραση της εργαστηριακής εμπειρίας στις φυσικές επιστήμες για την αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων, προσφέροντας πρόσθετο μαθησιακό όφελος πέραν της αρχικής παραδοσιακής διδασκαλίας. Ακόμη, τα περιγραφικά στατιστικά των επιδόσεων των μαθητών στο pre_test, δείχνουν χαμηλές επιδόσεις μετά από την αρχική συμπεριφορική προσέγγιση της διδακτέας ύλης. Αυτό αποδεικνύει την ανεπάρκεια της δασκαλοκεντρικής πρακτικής και την ανάγκη να απαγκιστρωθεί η διδασκαλία των φυσικών επιστημών από τη μέθοδο αυτή.

Κατά τη σύγκριση της συνολικής αποτελεσματικότητας των δύο παρεμβάσεων, αφού ελέγχθηκαν οι αρχικές επιδόσεις και η επίδραση του φύλου, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην τελική συνολική επίδοση μεταξύ του πραγματικού

και του εικονικού εργαστηρίου. Αυτό υποδηλώνει ότι, όταν λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις, και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές ως προς τη βελτίωση της επίδοσης. Το ποσοτικό μέρος της έρευνας αναδεικνύει ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρέασε την τελική επίδοση των μαθητών ήταν οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις τους.

Ως προς την αναδόμηση των συγκεκριμένων μοντέλων εναλλακτικών ιδεών (Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό), οι αρχικές βαθμολογίες είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στις αντίστοιχες τελικές επιδόσεις. Για κανένα από τα εξεταζόμενα εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών (Μονοπολικό, Συγκρουόμενων Ρευμάτων, Καταναλωτικό, Επιστημονικό), δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αποτελεσματικότητα μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου, αφού ελέγχθηκε η επίδραση των αρχικών βαθμολογιών.

Επομένως, ένα από τα πλέον σημαντικά ευρήματα είναι ότι, κατά τη σύγκριση της συνολικής αποτελεσματικότητας των δύο παρεμβάσεων, αφού ελέγχθηκαν οι αρχικές επιδόσεις και η επίδραση του φύλου, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην τελική συνολική επίδοση μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου. Αυτό υποδηλώνει ότι, όταν λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις, και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές ως προς τη βελτίωση της επίδοσης στην εννοιολογική αλλαγή. Ιδιαίτερη έμφαση λοιπόν, πρέπει να δοθεί στον καθοριστικό ρόλο των προϋπαρχουσών γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών. Το ποσοτικό μέρος της έρευνας καταδεικνύει ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις αποτελούν τον σημαντικότερο παράγοντα που επηρέασε την τελική επίδοση των μαθητών στο post-test. Αυτό το εύρημα ήταν στατιστικά ιδιαίτερα σημαντικό και συνάδει πλήρως με τις αρχές του εποικοδομισμού, υπογραμμίζοντας τη θεμελιώδη σημασία των αρχικών γνωστικών

σχημάτων των μαθητών για την επιτυχή εννοιολογική αλλαγή. Η ανάλυση των επιδόσεων στα επιμέρους εννοιολογικά μοντέλα των μαθητών (όπως το Μοντέλο Συγκρουόμενων Ρευμάτων, το Καταναλωτικό και το Επιστημονικό) επιβεβαίωσε επίσης ότι οι αρχικές βαθμολογίες είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στις αντίστοιχες τελικές επιδόσεις.

Συνοψίζοντας, η ποσοτική έρευνα επιβεβαιώνει την αξία της εργαστηριακής εμπειρίας στην αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων, αλλά υπογραμμίζει ότι ο τύπος του εργαστηρίου (πραγματικό ή εικονικό) δεν προσδίδει στατιστικά σημαντικό πλεονέκτημα έναντι του άλλου όσον αφορά την εννοιολογική αλλαγή, αφού ληφθούν υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Οι προϋπάρχουσες αυτές γνώσεις αποτελούν τον πλέον καθοριστικό παράγοντα για την τελική μαθησιακή έκβαση.

5.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων της ποιοτικής έρευνας (Συνεντεύξεις και ανάθεση προαιρετικής εργασίας)

Η ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων αφενός μεν παρείχε σαφή επιβεβαίωση των ποσοτικών ευρημάτων, αφετέρου δε αποκάλυψε βαθύτερες πτυχές των αντιλήψεων και των προτιμήσεων των μαθητών.

Αποτελεσματικότητα των εργαστηριακών προσεγγίσεων στην αναδόμηση ιδεών:

Και οι δύο εργαστηριακές προσεγγίσεις (πραγματικό και εικονικό εργαστήριο) αποδείχθηκαν αποτελεσματικές στην αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων, ιδιαίτερα όταν οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να ανακαλέσουν ή να επανεξετάσουν την εργαστηριακή εμπειρία. Πολλοί μαθητές, βλέποντας ξανά τα πειράματα, διόρθωσαν αρχικές παρανοήσεις όπως το διαδοχικό άναμμα των λαμπτήρων και η κατανάλωση ή εξασθένιση του ρεύματος.

Σύγκριση αποτελεσματικότητας:

Η ποιοτική ανάλυση επιβεβαίωσε την απουσία σημαντικής διαφοράς στην αποτελεσματικότητα μεταξύ πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου, καθώς και οι δύο προσεγγίσεις οδήγησαν σε εννοιολογική αλλαγή, ιδιαίτερα όταν οι μαθητές ανακάλεσαν την εργαστηριακή εμπειρία.

Προτίμηση εργαστηρίου:

Παρά την παρόμοια αποτελεσματικότητα, οι μαθητές έδειξαν σαφή προτίμηση για το πραγματικό εργαστήριο. Αυτό οφείλεται στον βιωματικό, διαδραστικό και κοινωνικό του χαρακτήρα. Θεωρήθηκε πιο «ζωντανό», προσέφερε την αίσθηση «το κάνουμε εμείς πρακτική» και δημιουργούσε «ανάμνηση» έναντι της «πληροφορίας» του εικονικού. Το εικονικό εργαστήριο θεωρήθηκε ως «στημένο», δηλαδή ότι έχει προκατασκευαστεί έτσι ώστε να δίνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντίθετα, η αυθεντικότητα και η δυνατότητα λαθών στο πραγματικό εργαστήριο εκτιμήθηκαν.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκληση γνώσης:

Οι μαθητές συχνά δυσκολεύτηκαν να ανακαλέσουν και να εφαρμόσουν την εργαστηριακή γνώση στο τεστ. Οι βασικοί παράγοντες ήταν:

- **Ο χρόνος που μεσολαβούσε** από την παρέμβαση μέχρι το τεστ.
- Το **άγχος και η συγκέντρωση** στην επίλυση των ερωτήσεων του τεστ, παρά στην ανάκληση πειραμάτων.
- Η **ισχύς των προϋπαρχουσών αντιλήψεων και των προσωπικών εμπειριών**, οι οποίες επισκίαζαν τη νέα, επιστημονική γνώση. Αυτό ενισχύει το ποσοτικό εύρημα ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις είναι ο σημαντικότερος παράγοντας.
- Η **αντίληψη του «τύπου» της γνώσης**, όπου οι μαθητές διαχώριζαν την εργαστηριακή εμπειρία ως «ανάμνηση» και την επίλυση ασκήσεων ως μια

ξεχωριστή διαδικασία: «όταν λύνουμε ασκήσεις κύριε δεν σκέφτομαι τα πειράματα, αλλά πώς θα λύσω την άσκηση...γιατί χρειάζεται να βρω τη λύση».

Η τελευταία πρόταση είναι πολύ διαφωτιστική για τον τρόπο που διδάσκονται οι φυσικές επιστήμες (και ειδικότερα η φυσική) στο σύγχρονο Ελληνικό σχολείο. Οι μαθητές δεν αισθάνονται ότι η φυσική είναι μια επιστήμη της καθημερινότητας, η οποία δίνει απαντήσεις σε απορίες σχετικές με φυσικά φαινόμενα που παρατηρούνται στο φυσικό τους περιβάλλον. Έχουν την εντύπωση ότι η φυσική χρησιμεύει στο να λύνουν προβλήματα τα οποία ουδεμία πιθανότητα έχουν να συναντήσουν ποτέ στην ζωή τους. Έχει χαθεί δηλαδή το βασικό συστατικό που κάνει τη φυσική γοητευτική, δηλαδή ότι μπορεί να ερμηνεύσει τα φυσικά φαινόμενα. Τα αίτια αυτής της κατάστασης θα μπορούσαν να διερευνηθούν σε μια έρευνα που θα αφορά το σύγχρονο Ελληνικό σχολείο.

Εμμένουσες παρανοήσεις για τη φύση του ρεύματος:

Οι συνεντεύξεις αποκάλυψαν την επιμονή παρανοήσεων, κυρίως του Καταναλωτικού Μοντέλου, όπως η πεποίθηση ότι το ρεύμα «εξαντλείται» ή «καταναλώνεται» από τις συσκευές, ή ότι οι λαμπτήρες ανάβουν διαδοχικά. Παρατηρήθηκε επίσης δυσκολία στην κατανόηση του κλειστού κυκλώματος. Ωστόσο, υπήρξαν και περιπτώσεις όπου μαθητές έδειξαν στοιχεία του επιστημονικού μοντέλου ή διόρθωσαν τις ιδέες τους κατά τη συνέντευξη.

Ερμηνεία της συμμετοχής στην προαιρετική εργασία

Τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η εργαστηριακή εμπειρία, τόσο η πραγματική (Hands on) όσο και η εικονική (Virtual), μπορεί να συμβάλει στην προαγωγή της φιλοπεριβαλλοντικής συνείδησης. Η συμμετοχή στην προαιρετική εργασία, η οποία

είχε ρητό περιβαλλοντικό χαρακτήρα, ήταν σημαντική και στις δύο ομάδες (80,95% και 59,09% αντίστοιχα). Το γεγονός ότι οι μαθητές αφιέρωσαν χρόνο σε μια μη βαθμολογούμενη δραστηριότητα που αφορούσε περιβαλλοντικά ζητήματα, μετά από διδακτική παρέμβαση που συνέδεε τις έννοιες του ηλεκτρισμού με το φυσικό περιβάλλον, υποδηλώνει ότι η εργαστηριακή δραστηριότητα, ως μέσο εννοιολογικής αλλαγής και βιωματικής μάθησης, ενισχύει την περιβαλλοντική επίγνωση των μαθητών. Αυτή η εμπλοκή, ακόμα και αν δεν είναι άμεσο μέτρο της «αληθινής συνείδησης», θέτει ισχυρά θεμέλια για την ανάπτυξη φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων.

5.3. Σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας συνοψίζονται στα εξής σημεία:

1. **Η εργαστηριακή προσέγγιση βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών, ανεξάρτητα από το φύλο.** Και οι δύο εργαστηριακές παρεμβάσεις, τόσο του πραγματικού όσο και του εικονικού εργαστηρίου, οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών από την αρχική (pre-test) στην τελική (post-test) μέτρηση. Το φύλο των μαθητών δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην επίδοση του post-test, ούτε παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της ομάδας παρέμβασης και του φύλου, υποδεικνύοντας ότι η επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.
2. **Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου.** Μετά τον έλεγχο των αρχικών επιδόσεων και της επίδρασης του φύλου, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην τελική συνολική επίδοση μεταξύ των δύο

εργαστηριακών προσεγγίσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι, ως προς την εννοιολογική αλλαγή, και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές.

3. **Ο κυριότερος παράγοντας που επηρέασε την επίδοση των μαθητών είναι οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις τους.** Οι επιδόσεις των μαθητών στο pre-test αποτέλεσαν τον πιο σημαντικό και ισχυρότατο καθοριστικό παράγοντα για την τελική τους επίδοση στο post-test. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει πλήρως τις αρχές της εποικοδομητικής θεωρίας μάθησης, η οποία υπογραμμίζει τη θεμελιώδη σημασία των αρχικών γνωστικών σχημάτων των μαθητών για την επιτυχή εννοιολογική αλλαγή.

4. **Οι μαθητές έδειξαν σαφή και ισχυρή προτίμηση για το πραγματικό εργαστήριο,** παρόλο που η ποσοτική ανάλυση δεν βρήκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αποτελεσματικότητα ως προς την εννοιολογική αλλαγή. Η προτίμηση αυτή βασίστηκε σε πολλούς παράγοντες, όπως:

- **Η Βιωματική και Πρακτική Εμπειρία:** Οι μαθητές ανέφεραν επανειλημμένα την αξία της άμεσης εμπλοκής, («το κάνουμε εμείς πρακτική... ουσιαστικά αυτά που έχουμε μάθει στην τάξη τα κάνουμε στην πράξη»), τονίζοντας την εφαρμογή της θεωρίας. Η ενεργός συμμετοχή έχει μεγάλη αξία για τους μαθητές («προσπαθούμε και εμείς μόνοι μας να το φτιάξουμε και το επεξεργαζόμαστε κάπως αλλιώς στο μυαλό μας»). Η αίσθηση ότι οι μαθητές έχουν τον έλεγχο αναδείχθηκε χαρακτηριστικά («στο πραγματικό ξέρω ακριβώς τι κάνω... και γιατί εγώ επιλέγω τις κινήσεις μου»).
- **Η Αισθητηριακή Αντίληψη:** Η άμεση παρατήρηση των φαινομένων τονίστηκε («μας δίνει την εικόνα... το βλέπουμε μπροστά μας»).

Χαρακτηριστικό εύρημα ήταν ότι το πραγματικό εργαστήριο ήταν πιο αληθινό για τους μαθητές («πιο βιωματικό... δηλαδή το θυμάμαι να το έβλεπα»), αντιπαραβάλλοντάς το με το εικονικό, όπου δεν το θεωρούν ως κάτι που πραγματικά συμβαίνει («δεν μπορώ να το νιώσω...να το αισθανθώ»). Ακόμη και μαθητές της ομάδας του εικονικού εργαστηρίου, εξέφρασαν προτίμηση για το πραγματικό εργαστήριο («Γιατί εκεί κάνουμε πειράματα...τα βλέπουμε μπροστά μας»). Το εικονικό εργαστήριο φαντάζει στα μάτια των μαθητών ως κάτι φτιαχτό ή στημένο, που κατασκευάστηκε με σκοπό να επιβεβαιώσει τη θεωρία, ενώ στο πραγματικό η φύση έχει τον κυρίαρχο ρόλο («Δεν ξέρω... μου φαίνεται πιο στημένο, πιο ιδανικό...ενώ στο άλλο (εννοεί στο πραγματικό εργαστήριο) ό,τι είναι να γίνει θα γίνει (γελάει) εκεί είναι πιο χαλαρά...συμβαίνουνε και λάθη, όπως τότε που κάψαμε το αμπερόμετρο (γελάει) ... εδώ όλα πάνε καλά»)

- **Η κοινωνική διάσταση και η αίσθηση της διασκέδασης αναδείχθηκαν ως ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα της έρευνας** όσον αφορά την προτίμηση των μαθητών για το πραγματικό εργαστήριο. Για τους μαθητές το πραγματικό εργαστήριο είναι χώρος όπου αναπτύσσονται κοινωνικές σχέσεις και διασκεδάζουν, ενώ το εικονικό εργαστήριο έχει πιο πολύ τον χαρακτήρα των παραδοσιακών μαθημάτων («και τα δύο είναι καλά κύριε. Το εργαστήριο κάτω (εννοεί το πραγματικό) έχει πιο πολύ διασκέδαση...μιλάμε, γελάμε, συζητάμε, ενώ αυτό (το εικονικό) είναι πιο πολύ... μάθημα»). Επομένως, το πραγματικό εργαστήριο αντιμετωπίζεται ως ένας χώρος ζωντανής αλληλεπίδρασης και ευχαρίστησης, ενώ το

εικονικό, παρά τα εκπαιδευτικά του οφέλη, παραμένει μια πιο τυπική, σχολική δραστηριότητα.

Η σημασία του τελευταίου ευρήματος έγκειται στο ότι, πέρα από την καθαρά γνωστική αποτελεσματικότητα, η εμπειρία του πραγματικού εργαστηρίου φαίνεται να προάγει μια ευρύτερη και βαθύτερη συνολική εμπλοκή των μαθητών. Η αυξημένη προθυμία για εθελοντική δράση, όπως φάνηκε από την αισθητά υψηλότερη συμμετοχή της ομάδας του πραγματικού εργαστηρίου στην προαιρετική εργασία περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης (80,95% έναντι 59,09% για το εικονικό), αποτελεί έναν έμμεσο αλλά ισχυρό δείκτη αυτής της ενισχυμένης εμπλοκής. Αυτό υποδηλώνει ότι ο βιωματικός, διαδραστικός και κοινωνικός χαρακτήρας του πραγματικού εργαστηρίου δημιουργεί πιο ισχυρά κίνητρα για τους μαθητές να ασχοληθούν περαιτέρω με το αντικείμενο, ακόμη και σε μη βαθμολογούμενες δραστηριότητες. Έτσι, η κοινωνική διάσταση και η διασκέδαση δεν είναι απλώς μια προτίμηση, αλλά ισχυρό εσωτερικό κίνητρο για τη συνολική δέσμευση και την ανάπτυξη στάσεων που σχετίζονται με τη μάθηση και την περιβαλλοντική συνείδηση.

5.4. Προτάσεις για τη διδακτική πρακτική

Με βάση τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας προτείνονται κάποιες διδακτικές πρακτικές που είναι δυνατόν να φανούν χρήσιμες στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Αρχικά, κρίνεται αναγκαία η ενσωμάτωση εργαστηριακών προσεγγίσεων στη διδασκαλία, καθώς τόσο το πραγματικό όσο και το εικονικό εργαστήριο οδήγησαν σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών. Αυτό υπογραμμίζει την αναγκαιότητα της συστηματικής αξιοποίησης της εργαστηριακής εμπειρίας στις φυσικές επιστήμες για την αναδόμηση των μαθητικών παρανοήσεων.

Οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν τον ισχυρότερο παράγοντα που επηρεάζει την τελική επίδοση των μαθητών, κατά συνέπεια οι εκπαιδευτικοί είναι ανάγκη να εστιάζουν στις αρχικές ιδέες των μαθητών και να σχεδιάζουν διδακτικές παρεμβάσεις που προκαλούν γνωστική σύγκρουση, σύμφωνα με τις αρχές του εποικοδομισμού.

Το πραγματικό εργαστήριο είναι ένας χώρος που μπορούν να επιτευχθούν πληθώρα κοινωνικοσυναισθηματικών εκπαιδευτικών στόχων. Προτείνεται να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν συχνότερα και να δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να δημιουργούν κοινωνικές σχέσεις και κυρίως να διασκεδάζουν, κάτι που δυστυχώς λείπει από την Ελληνική εκπαιδευτική καθημερινότητα.

Προτείνεται συμπληρωματική χρήση των εικονικών εργαστηρίων, καθώς προσφέρουν πλεονεκτήματα όπως η οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά ή σε περιπτώσεις όπου το πραγματικό εργαστήριο είναι ανέφικτο.

Τέλος, προτείνεται απομάκρυνση από την παραδοσιακή μετωπική διδασκαλία, καθώς τα χαμηλά αποτελέσματα των μαθητών στο pre-test μετά την αρχική διδασκαλία με το «κλασικό μοντέλο διδασκαλίας (μεταφοράς)», υποδεικνύουν την ανεπάρκεια της δασκαλοκεντρικής προσέγγισης και την ανάγκη για μετατόπιση προς εποικοδομητικές και διερευνητικές μεθόδους μάθησης.

5.5. Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

- Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα θα ήταν να διενεργηθεί η παραπάνω έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα και σε βάθος χρόνου. Θα μπορούσε να εφαρμοστεί η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας σε χρονικό ορίζοντα τριετίας σε όλα τα τμήματα μιας σχολικής μονάδας.

- Ενδιαφέρον θα είχε η διενέργεια της έρευνας με τη μορφή συνεντεύξεων στους ίδιους μαθητές του δείγματος (όλους ή ένα μέρος αυτών), μετά από χρονικό διάστημα τριών χρόνων. Κάτι τέτοιο θα ενδυνάμωνε τα συμπεράσματα και θα διερευνούσε την ανθεκτικότητα των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στην πάροδο του χρόνου.
- Μια ακόμη ερευνητική πρόταση είναι να διενεργηθεί η έρευνα αυτή σε μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου (οι οποίοι επίσης διδάσκονται τα ηλεκτρικά κυκλώματα), και μετά από δύο χρόνια, όταν οι μαθητές αυτοί θα φοιτούν στη Β΄ Λυκείου να επαναλάβουν την διαδικασία της έρευνας. Έτσι θα διαπιστωθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών κατά τη μετάβαση από το Γυμνάσιο στο Λύκειο.

5.6. Περιορισμοί της έρευνας

Κάποιοι από τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας ήταν οι εξής:

- **Ανισορροπία φύλου στο δείγμα:** Η ανισορροπία φύλου στις δύο ομάδες παρέμβασης αποτελεί έναν αναγνωρισμένο περιορισμό της έρευνας. Συγκεκριμένα, στην ομάδα του πραγματικού εργαστηρίου συμμετείχαν 13 αγόρια και 8 κορίτσια, ενώ στην ομάδα του εικονικού εργαστηρίου υπήρχαν 6 αγόρια και 16 κορίτσια, με συνολικό δείγμα 43 μαθητών. Παρόλο που έγινε στατιστικός έλεγχος (Two-way ANOVA) που έδειξε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ τμήματος και φύλου δεν ήταν στατιστικά σημαντική, η αρχική αυτή ανισορροπία στο δείγμα αναφέρεται ως περιορισμός της έρευνας.
- **Οιονεί πειραματικός σχεδιασμός χωρίς τυχαία ανάθεση:** Η μελέτη χρησιμοποίησε έναν οιονεί πειραματικό σχεδιασμό, όπου οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο προϋπάρχοντα τμήματα της Β' Λυκείου, αντί να γίνει τυχαία ανάθεση σε ομάδες. Αυτή η επιλογή αιτιολογήθηκε από πρακτικούς λόγους, όπως το σφιχτό

πρόγραμμα σπουδών, η αποφυγή αναστάτωσης στο ωρολόγιο πρόγραμμα και η επιθυμία για ομοιογένεια των τμημάτων στις ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες. Παρόλο που ελέγχθηκε η ομοιογένεια των ομάδων στην αρχική τους επίδοση (pre-test), η απουσία τυχαίας ανάθεσης είναι ένας περιορισμός στην εσωτερική εγκυρότητα της έρευνας.

- **Περιορισμένο μέγεθος δείγματος:** Το περιορισμένο μέγεθος δείγματος (συνολικά 43 μαθητές) αποτελεί έναν ακόμα περιορισμό. Αν και ο έλεγχος Shapiro-Wilk ενδείκνυται για μικρότερα μεγέθη δείγματος ($N < 50$), όπως ισχύει στην παρούσα μελέτη, ένα μικρότερο δείγμα μπορεί να επηρεάσει τη στατιστική ισχύ της έρευνας και τη γενίκευση των ευρημάτων σε ευρύτερους πληθυσμούς.

Βιβλιογραφία

- Allen, M. (2014). *ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ*. ΑΘΗΝΑ: GUTENBERG.
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2024). Effects of inquiry-based approaches on students'. (*IJEMST*), 12(1), σσ. 251-281.
doi:<https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Arons, A. B. (1992). *ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ*. ΑΘΗΝΑ: ΤΡΟΧΑΛΙΑ.
- Atashov, I. A. (2024). Advantages and Disadvantages of Using Virtual Physics. *American journal of science on Integration and Human Development*, 2(6).
- Burde, J. P., Weatherby, T. S., & Wilhelm, T. (2022). Putting Potential at the Core of Teaching Electric Circuits. *The Physics Teacher*, 60(5), σσ. 340-343. doi:
<https://doi.org/10.1119/5.0046298>
- Dew, M., Perry, J., Ford, L., Bassichis, W., & Erukhimova, T. (2021). Gendered performance differences in introductory physics: A study from a large land-grant university. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1).
doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010106>
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. 5.
doi:<https://doi.org/10.1080/03057267808559857>
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action and children's understanding of science. *Studies in Science Education*, 10(1).
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: ΤΡΟΧΑΛΙΑ.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *OIKO-ΔΟΜΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ*. Αθήνα: τυπωθήτω.
- Garbett, D. (2011). Constructivism Deconstructed in Science Teacher Education. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(6). doi:10.14221/ajte.2011v36n6.5
- Kirschner, P. A., Sweller, j., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), σσ. 75–86. doi:10.1207/s15326985ep4102_1
- Kumari, P., Mwesigye,, A., & Balimuttajjo, S. (2024). Science laboratory education and students' perceived behavior towards science education: A review. *Journal of Research Innovation and Implications in Education*, 8(4), σσ. 555–561. doi:<https://doi.org/10.59765/pws538jgt>
- Lodge, J. M., Kennedy, G., Lockyer, L., & Arguel, A. (2018, 5). Difficulties and Emotions in Learning: An Integrative Review. *Frontiers in Education*, 3. doi:10.3389/feduc.2018.00049
- Millar, R., & King, T. (1993). Students understanding of voltage in simple series electrical circuits. *International Journal of Science Education*, 15(3), σσ. 339-349.
- PhET Interactive Simulations*. (χ.χ.). Ανάκτηση από Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab. University of Colorado Boulder: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023, June 24). *Our World in Data*. Ανάκτηση July 5, 2025, από Data Page: Primary energy consumption per capita: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use?region=Europe>

- Saxena, A. B. (1992). An attempt to remove misconceptions related to electricity. *International Journal of Science Education*, 14(2). doi:doi.org/10.1080/0950069920140204
- Shipstone, D. M. (1984). A Study of Children's Understanding. *European Journal of Science Education*, σσ. 185–198. doi:https://doi.org/10.1080/0140528840060208
- Soeharto, S. (2021). Development of a diagnostic assessment test to evaluate science misconceptions in terms of school grades: A Rasch measurement approach. *Journal of Turkish Science Education*, 18(3), σσ. 351-370. doi:https://doi.org/10.36681/tused.2021.78
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics*. Boston, : MA: Pearson.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), σσ. 535-585.
- Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της Βιολογίας*. Αθήνα: www.kallipos.gr.
- Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες Μάθησης & Εκπαιδευτικό Λογισμικό*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών www.kallipos.gr.
- Δημητριάδης, Σ. Ν. (2015). *Θεωρίες Μάθησης & Εκπαιδευτικό Λογισμικό*. Αθήνα: WWW.kallipos.gr.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. (2024). Ανάκτηση από Διδακτικό υλικό Γενικού Λυκείου για το σχολικό έτος 2024-2025: <https://www.iep.edu.gr/el/graf-b-yliko-2024-2025/geniko-lykeio-2024-2025>
- Καραγεώργος, Δ. Λ. (2003). *ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ των Θετικών Επιστημών*. Αθήνα: Σαββάλλας.
- Κασσέτας, Α. Ι. (2004). *το Μήλο και το Κουάρκ*. Αθήνα: Σαββάλλας.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. ΧΡΟΝΟΣ.

- Πιερράτος, Θ., & Κουμαράς, Π. (2022). *ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ των φυσικών επιστημών με πειράματα*. Θεσσαλονίκη: ΡΟΠΗ.
- Τραχανάς, Σ. (2024). *Ο ΚΥΚΛΟΣ Επιστήμη και δημοκρατία σε ανήσυχους καιρούς*. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ.
- Τσιώλης, Γ. (2018). Η θεματική ανάλυση ποιοτικών δεδομένων. Στο *Ερευνητικές διαδρομές στις Κοινωνικές Επιστήμες: Θεωρητικές – Μεθοδολογικές συμβολές και μελέτες περίπτωσης* (σσ. 98-112). Ρέθυμνο: Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Ψύλλος, Δ. (2021). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Ψηφιακές Τεχνολογίες: Όψεις και Μετασχηματισμοί. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), σσ. 191–212. doi:<https://doi.org/10.12681/riste.27276>

6. ABSTRACT

This postgraduate dissertation aims to compare the effectiveness of two different laboratory approaches (real and virtual laboratories) in restructuring students' misconceptions about electrical circuits, as well as to investigate their contribution to the students' environmental awareness. A mixed, quasi-experimental design was adopted with 43 second-grade high school students, divided into two pre-existing groups (real and virtual laboratory). Quantitative data were collected through diagnostic questionnaires (pre-test, post-test) and qualitative data through semi-structured interviews and an optional assignment.

The findings showed that both laboratory approaches led to a statistically significant improvement in student performance. However, after controlling for prior knowledge, no statistically significant difference in effectiveness was observed between the two approaches concerning conceptual change for electrical circuits and the individual conceptual models. Prior knowledge emerged as the most significant factor influencing final performance. Despite similar cognitive effectiveness, students showed a strong preference for the real laboratory, citing its experiential, practical, visual, and social character. Participation in the optional environmental assignment was significantly higher in the real laboratory group, suggesting that its experiential nature encourages deeper engagement and pro-environmental attitudes. The interviews also revealed the persistence of misconceptions, mainly the Consumer Model, and difficulties in knowledge recall due to time and the strength of pre-existing conceptions.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

7.1. Ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν

7.1.1. Ερωτηματολόγιο πριν την παρέμβαση

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ:

Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσετε την απάντηση που θεωρείτε σωστή

1. Αν ανοίξουμε τον διακόπτη σε κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και λαμπτήρα σε σειρά, ποιο θα είναι το αποτέλεσμα για τον λαμπτήρα;

A) Φωτίζει περισσότερο

B) Σβήνει

Γ) Φωτίζει λιγότερο

Δ) Δεν συμβαίνει τίποτα

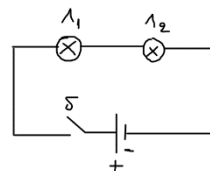
2. Σε κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και ανοιχτό διακόπτη, τι θα συμβεί μόλις κλείσουμε τον διακόπτη;

A) Ο Λ1 ανάβει πρώτος

B) Ο Λ2 ανάβει πρώτος

Γ) Οι λαμπτήρες δεν ανάβουν καθόλου

Δ) Οι λαμπτήρες ανάβουν ταυτόχρονα



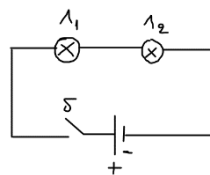
3. Αν αφαιρέσουμε έναν από δύο ίδιους λαμπτήρες που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, τι θα συμβεί στον άλλον;

A) Φωτίζει πιο δυνατά

B) Σβήνει

Γ) Φωτίζει πιο αδύναμα

Δ) Δεν επηρεάζεται



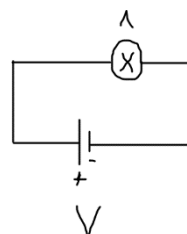
4. Σε κύκλωμα με έναν λαμπτήρα και μια μπαταρία, τι θα αλλάξει αν αυξηθεί η τάση της μπαταρίας;

A) Θα φωτίζει περισσότερο

B) Θα φωτίζει λιγότερο

Γ) Δεν θα ανάβει καθόλου

Δ) Δεν αλλάζει τίποτα



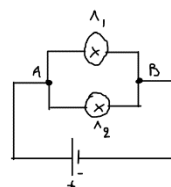
5. Αν σε παράλληλη σύνδεση δύο ίδιων λαμπτήρων αφαιρέσουμε τον έναν, τι θα γίνει με τον άλλον;

A) Σβήνει

B) Φωτίζει πιο έντονα

Γ) Φωτίζει λιγότερο

Δ) Η φωτεινότητά του δεν αλλάζει



6. Το ρεύμα που κυκλοφορεί από μπαταρία, μειώνεται καθώς διαρρέει τους αγωγούς;

A) Ναι, σταδιακά

B) Όχι, επειδή η πηγή διατηρεί σταθερή τάση

Γ) Εξαρτάται από τον αγωγό

Δ) Όχι, επειδή το ρεύμα ανανεώνεται από την μπαταρία

7. Ένα κύκλωμα με λαμπτήρα και μπαταρία λειτουργεί μόνο όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί;

Α) Ναι, γιατί η μπαταρία καταναλώνει ρεύμα

Β) Ναι, τότε μόνο υπάρχει ροή ρεύματος

Γ) Δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι

Δ) Εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα

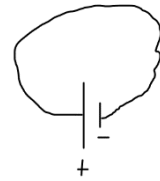
8. Αν ενώσουμε απευθείας τους δύο πόλους μιας μπαταρίας με ένα σύρμα, τι συνέπειες έχει αυτό;

Α) Εκπέμπει φως

Β) Παράγει ήχο

Γ) Δεν γίνεται τίποτα

Δ) Η μπαταρία εξαντλείται γρήγορα



9. Πού θα έχουμε μεγαλύτερη ένταση ρεύματος: σε λεπτό ή χοντρό σύρμα;

Α) Στο λεπτό

Β) Στο χοντρό

Γ) Είναι ίδια

Δ) Εξαρτάται από την τάση της πηγής

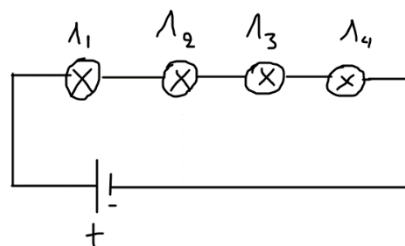
10. Αν συνδέσουμε τέσσερις ίδιους λαμπτήρες διαδοχικά με μια μπαταρία, πώς θα φωτίζουν;

A) Όλοι με ίδια ένταση

B) Ο πρώτος φωτίζει πιο έντονα

Γ) Ο τελευταίος φωτίζει πιο έντονα

Δ) Οι τελευταίοι δεν φωτίζουν σχεδόν καθόλου



11. Το ρεύμα μέσα σε έναν αγωγό κινείται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση;

A) Ναι, πάντα

B) Όχι, εξαρτάται από τον τύπο της πηγής

Γ) Εξαρτάται από τη θερμοκρασία

Δ) Εξαρτάται από τον ίδιο τον αγωγό

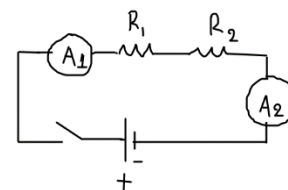
12. Σε κύκλωμα με δύο αντιστάτες και δύο αμπερόμετρα όλα σε σειρά, ποιο είναι το αποτέλεσμα της μέτρησης των οργάνων;

A) Το πρώτο αμπερόμετρο δείχνει μεγαλύτερη τιμή

B) Και τα δύο δείχνουν ίδια ένταση ρεύματος

Γ) Το δεύτερο δείχνει μεγαλύτερη τιμή

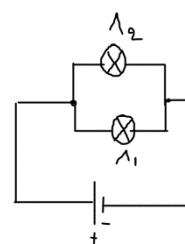
Δ) Μετρούν τάσεις στους αντιστάτες



13. Σε παράλληλο κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες, ποιος έχει περισσότερη φωτεινότητα;

A) Ο πρώτος γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή

B) Ο δεύτερος επειδή είναι πιο μακριά



Γ) Και οι δύο φωτίζουν εξίσου

Δ) Η θέση καθορίζει τη φωτεινότητα

14. Αν προσθέσουμε έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά με άλλον που είναι ήδη συνδεδεμένος σε μια πηγή, τι αλλάζει στην ένταση του ρεύματος;

A) Αυξάνεται

B) Μειώνεται

Γ) Μένει σταθερή

Δ) Εξαρτάται από την πηγή

15. Ποια είναι η σχέση της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος με την κατεύθυνση των ηλεκτρονίων;

A) Ταυτίζονται

B) Είναι αντίθετες

Γ) Εξαρτάται από τις συνθήκες

Δ) Το ρεύμα δεν έχει συγκεκριμένη φορά

16. Αν προστεθεί ακόμα ένας ίδιος λαμπτήρας σε κύκλωμα με πηγή και λαμπτήρα, τι συμβαίνει στην ένταση ρεύματος που περνά από την πηγή;

A) Αυξάνεται

B) Μειώνεται

Γ) Δεν μεταβάλλεται

Δ) Εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης

17. Αν σε παράλληλο κύκλωμα προστεθεί δεύτερος ίδιος λαμπτήρας, πώς επηρεάζεται η ένταση ρεύματος από την πηγή;

A) Αυξάνεται

B) Μειώνεται

Γ) Παραμένει ίδια

Δ) Μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί

18. Ποιος είναι ο ρόλος ενός διακόπτη σε ηλεκτρικό κύκλωμα;

A) Όταν είναι κλειστός, διακόπτει το ρεύμα

B) Όταν είναι ανοιχτός, το ρεύμα περνάει

Γ) Όταν είναι ανοιχτός, σταματά το ρεύμα

Δ) Παρέχει την απαραίτητη τάση στο κύκλωμα

19. Σε σειρά σύνδεση τριών λαμπτήρων με μία μπαταρία, πώς κατανέμεται η τάση στους λαμπτήρες;

A) Εξαρτάται από τον τύπο κάθε λαμπτήρα

B) Είναι μηδενική

Γ) Μοιράζεται ισόποσα σε όλους

Δ) Δεν εξαρτάται από τις αντιστάσεις των λαμπτήρων

20. Ποια είναι η κατεύθυνση του συμβατικού ρεύματος σε κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα;

A) Από θετικό προς αρνητικό πόλο

B) Από αρνητικό προς θετικό

Γ) Προς κάθε κατεύθυνση

Δ) Δεν υπάρχει κατεύθυνση ρεύματος

21. Προς ποια κατεύθυνση κινούνται τα ηλεκτρόνια σε ένα κύκλωμα με πηγή;

A) Από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο

B) Από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο

Γ) Προς τις δύο κατευθύνσεις

Δ) Δεν υπάρχει κίνηση ηλεκτρονίων

22. Τι αλλάζει στην αντίσταση ενός σύρματος όταν το μήκος του διπλασιαστεί;

A) Διπλασιάζεται

B) Μειώνεται στο μισό

Γ) Μένει ίδια

Δ) Τετραπλασιάζεται

23. Ποια είναι η συνέπεια αύξησης της διατομής ενός αγωγού στην ηλεκτρική του αντίσταση;

A) Αυξάνεται

B) Μειώνεται

Γ) Παραμένει αμετάβλητη

Δ) Επηρεάζεται μόνο από τη θερμοκρασία

24. Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, από τι εξαρτάται η ένταση ρεύματος σε έναν αντιστάτη με σταθερή θερμοκρασία;

- A) Από την αντίστασή του**
- B) Από την τάση στα άκρα του**
- Γ) Από την τάση και την αντίσταση ταυτόχρονα**
- Δ) Ο νόμος δεν σχετίζεται με την ένταση ρεύματος**

25. Αν διπλασιάσουμε την τάση στα άκρα ενός αντιστάτη, πώς επηρεάζεται το ρεύμα που τον διαρρέει;

- A) Διπλασιάζεται**
- B) Μειώνεται στο μισό**
- Γ) Παραμένει το ίδιο**
- Δ) Τετραπλασιάζεται**

26. Πώς επηρεάζεται η ηλεκτρική αντίσταση ενός αντιστάτη όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του;

- A) Αυξάνεται**
- B) Μειώνεται**
- Γ) Παραμένει σταθερή**
- Δ) Σχετίζεται με το μήκος του**

27. Όταν δύο αντιστάτες τοποθετηθούν σε σειρά, τι συμβαίνει με τη συνολική αντίσταση;

- A) Γίνεται μεγαλύτερη από κάθε μία**
- B) Είναι μικρότερη από τις μεμονωμένες**

Γ) Μένει ίδια

Δ) Δεν επηρεάζεται από τη σύνδεση

28. Αν συνδέσουμε δύο αντιστάτες παράλληλα, πώς αλλάζει η συνολική αντίσταση;

A) Είναι μεγαλύτερη από κάθε έναν ξεχωριστά

B) Είναι μικρότερη από κάθε έναν ξεχωριστά

Γ) Παραμένει ίδια

Δ) Δεν επηρεάζεται η τιμή της

29. Αν χρησιμοποιηθούν δύο μπαταρίες σε σειρά, πώς επηρεάζεται η συνολική τάση του κυκλώματος;

A) Αυξάνεται

B) Μειώνεται

Γ) Μένει σταθερή

Δ) Εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος

30. Αν δύο λαμπτήρες τοποθετηθούν παράλληλα, τι συμβαίνει με την τάση που λαμβάνει ο καθένας;

A) Έχουν την ίδια τάση

B) Ο πρώτος έχει περισσότερη

Γ) Ο δεύτερος έχει περισσότερη

Δ) Επηρεάζεται από τη θέση τους

31. Πότε περνά μικρότερο ρεύμα από έναν αντιστάτη;

- A) Όταν το μήκος του μικραίνει**
- B) Όταν αυξάνεται η τάση**
- Γ) Όταν πέφτει η θερμοκρασία**
- Δ) Όταν μειώνεται η διατομή του**

32. Σε αγωγό σταθερής αντίστασης, αν διπλασιαστεί η ένταση του ρεύματος, τι θα γίνει με την τάση;

- A) Διπλασιάζεται**
- B) Μειώνεται στο μισό**
- Γ) Παραμένει ίδια**
- Δ) Σχετίζεται με το μήκος του αγωγού**

33. Πώς επηρεάζεται η ισχύς που καταναλώνει ένας λαμπτήρας όταν αυξάνεται η τάση που του εφαρμόζεται;

- A) Αυξάνεται**
- B) Μειώνεται**
- Γ) Παραμένει σταθερή**
- Δ) Μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί**

34. Τι γίνεται με τη φωτεινότητα δύο λαμπτήρων σε σειρά αν προσθέσουμε και τρίτο ίδιο λαμπτήρα στη σειρά;

- A) Όλοι φωτίζουν λιγότερο**
- B) Η φωτεινότητα δεν αλλάζει**

Γ) Αυξάνεται η φωτεινότητα

Δ) Μειώνεται μόνο στον τελευταίο λαμπτήρα

35. Αν ένας λαμπτήρας και ένας αντιστάτης συνδεθούν παράλληλα στην ίδια πηγή, ποια πρόταση είναι σωστή;

Α) Έχουν ίδια τάση στα άκρα τους

Β) Ο αντιστάτης έχει μεγαλύτερη τάση

Γ) Ο λαμπτήρας έχει μεγαλύτερη τάση

Δ) Έχουν ίδια ένταση ρεύματος

36. Αν συνδεθούν δύο ίδιοι λαμπτήρες παράλληλα σε πηγή, τι γίνεται με το συνολικό ρεύμα σε σχέση με πριν;

Α) Αυξάνεται

Β) Μειώνεται

Γ) Μένει ίδιο

Δ) Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε

37. Αν αντιστάτης με τιμή $10\ \Omega$ διπλασιαστεί σε μήκος, ποια είναι η νέα του αντίσταση;

Α) $20\ \Omega$

Β) $5\ \Omega$

Γ) $10\ \Omega$

Δ) $40\ \Omega$

38. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την αντίσταση ενός αγωγού;

- A) Το υλικό του**
- B) Το μήκος του**
- Γ) Η διατομή του**
- Δ) Όλα τα παραπάνω**

39. Τι συμβαίνει όταν βραχυκυκλώνεται μια μπαταρία;

- A) Η τάση στα άκρα γίνεται μηδέν**
- B) Δεν περνά ρεύμα**
- Γ) Η τάση αυξάνεται στο μέγιστο**
- Δ) Δεν συμβαίνει τίποτα από αυτά**

40. Αν αφαιρέσουμε έναν λαμπτήρα από παράλληλη σύνδεση, τι θα γίνει με τη φωτεινότητα των υπολοίπων;

- A) Παραμένει η ίδια**
- B) Αυξάνεται**
- Γ) Μειώνεται**
- Δ) Σβήνουν όλοι οι λαμπτήρες**

41. Σε σειρά σύνδεση δύο αντιστατών, τι συμβαίνει με την ένταση ρεύματος που τους διαρρέει;

- A) Είναι ίδια για και τους δύο**
- B) Μεγαλύτερη στον πρώτο**
- Γ) Μεγαλύτερη στον δεύτερο**
- Δ) Εξαρτάται από την πηγή**

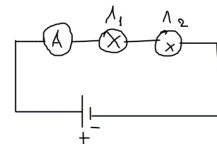
42. Σε παράλληλη σύνδεση αντιστατών, ποια είναι η τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη;

- A) Ίδια σε όλους
- B) Μεγαλύτερη σε αυτόν με μεγαλύτερη αντίσταση
- Γ) Μικρότερη σε αυτόν με μικρότερη αντίσταση
- Δ) Εξαρτάται από το ρεύμα

43. Αν αυξηθεί η τάση της πηγής σε κύκλωμα με σταθερό αντιστάτη, τι συμβαίνει με την ένταση ρεύματος;

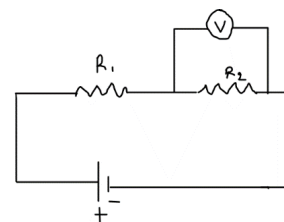
- A) Αυξάνεται
- B) Μειώνεται
- Γ) Μένει σταθερή
- Δ) Εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντιστάτη

44. Σε κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και αμπερόμετρο πριν από τον πρώτο, τι δείχνει το όργανο;



- A) Το ρεύμα στον πρώτο λαμπτήρα
- B) Την ένταση ρεύματος και για τους δύο (ίδια)
- Γ) Το ρεύμα μόνο στη μπαταρία
- Δ) Δεν μετρά τίποτα γιατί το ρεύμα αλλάζει μετά τον λαμπτήρα

45. Σε κύκλωμα με βολτόμετρο παράλληλα με δεύτερο αντιστάτη, τι μετρά το όργανο;



- A) Την τάση μόνο στον δεύτερο αντιστάτη
- B) Την τάση όλου του κυκλώματος

Γ) Την τάση στον πρώτο αντιστάτη

Δ) Την τάση και στους δύο αντιστάτες μαζί

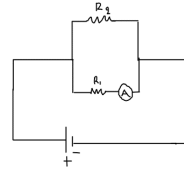
46. Σε παράλληλη σύνδεση με δύο αντιστάτες και αμπερόμετρο στον κλάδο του πρώτου, τι δείχνει το αμπερόμετρο;

Α) Το ρεύμα στον πρώτο αντιστάτη

Β) Το ρεύμα όλου του κυκλώματος

Γ) Το ρεύμα στον δεύτερο αντιστάτη

Δ) Τίποτα, γιατί το ρεύμα είναι μηδέν εκεί



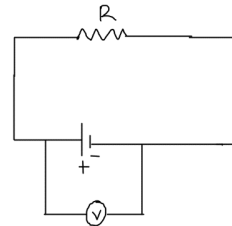
47. Τι δείχνει ένα βολτόμετρο που είναι συνδεδεμένο παράλληλα με την πηγή σε κύκλωμα με έναν αντιστάτη;

Α) Την τάση στον αντιστάτη μόνο

Β) Την τάση της πηγής (ίση με αυτή του αντιστάτη)

Γ) Την ένταση του ρεύματος

Δ) Την αντίσταση του αντιστάτη



Ερώτηση 48

Ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στον λαμπτήρα Λ_2 .

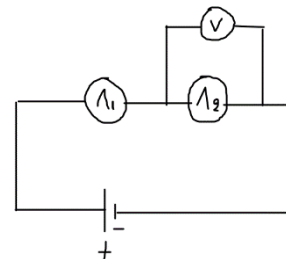
Αν ο λαμπτήρας Λ_1 καεί, τι δείχνει το βολτόμετρο;

Α) Μηδενική τάση

Β) Την τάση της πηγής

Γ) Μικρότερη τάση από πριν

Δ) Δεν αλλάζει τίποτα, γιατί η τάση παραμένει ίδια.



Ερώτηση 49

Ένα κύκλωμα με μια ιδανική πηγή που συνδέεται με δύο αντιστάτες σε παράλληλη σύνδεση και ένα βολτόμετρο τοποθετημένο παράλληλα στον ένα από τους αντιστάτες.

Αν αυξήσουμε τη διατομή του δεύτερου αντιστάτη, τι συμβαίνει με την ένδειξη του βολτόμετρου;

- A) Παραμένει ίδια**
- B) Αυξάνεται**
- Γ) Μειώνεται**
- Δ) Εξαρτάται μόνο από την τάση της πηγής**

Ερώτηση 50

Ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο αντιστάτες και δυο αμπερόμετρα όλα σε σειρά με την πηγή.

- A) Μεγαλύτερη ένταση δείχνει το αμπερόμετρο**

A₁ γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή

- B) Το αμπερόμετρο A₃ δείχνει την μικρότερη**

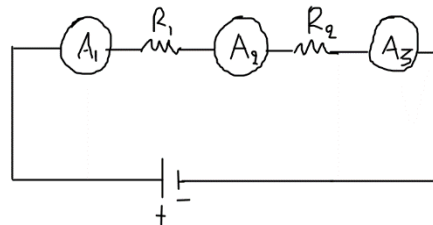
ένταση γιατί το ρεύμα έχει εξασθενήσει

περνώντας από τους αντιστάτες

- Γ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν διαφορετικές εντάσεις που εξαρτώνται από τις**

αντιστάσεις R_1 και R_2

- Δ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν την ίδια ένταση**



7.1.2. Ερωτηματολόγιο μετα την παρέμβαση

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ:

Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσετε την απάντηση που θεωρείτε σωστή

Ερώτηση 1

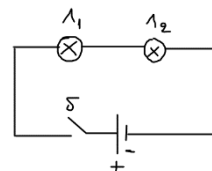
Σε ένα κύκλωμα με μπαταρία, λαμπτήρα και διακόπτη σε σειρά, αν ανοίξουμε τον διακόπτη, τι συμβαίνει στον λαμπτήρα;

- Α) Φωτίζει περισσότερο
- Β) Σβήνει
- Γ) Φωτίζει λιγότερο
- Δ) Δεν αλλάζει τίποτα

Ερώτηση 2

Σε ένα κύκλωμα με μια μπαταρία, έναν ανοιχτό διακόπτη και δυο λαμπτήρες (Λ_1 και Λ_2) σε σειρά, αν κλείσουμε τον διακόπτη

- Α) Πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας Λ_1
- Β) Πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας Λ_2
- Γ) Οι δυο λαμπτήρες θα παραμείνουν σβηστοί

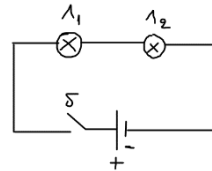


- Δ) Οι δυο λαμπτήρες θα ανάψουν ταυτόχρονα

Ερώτηση 3

Σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά, τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα;

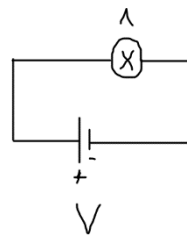
- Α) Ο άλλος λαμπτήρας φωτίζει περισσότερο
- Β) Ο άλλος λαμπτήρας σβήνει
- Γ) Ο άλλος λαμπτήρας φωτίζει λιγότερο
- Δ) Δεν αλλάζει τίποτα



Ερώτηση 4

Σε ένα κύκλωμα με μια μπαταρία και έναν λαμπτήρα, τι θα συμβεί στον λαμπτήρα αν αυξήσουμε την τάση της μπαταρίας;

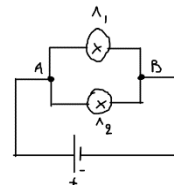
- Α) Θα φωτίζει περισσότερο
- Β) Θα φωτίζει λιγότερο
- Γ) Δεν θα ανάβει καθόλου
- Δ) Δεν θα αλλάξει τίποτα



Ερώτηση 5

Σε ένα κύκλωμα μια ιδανική πηγή συνδέεται με δύο ίδιους λαμπτήρες παράλληλα, αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα, τι συμβαίνει στον άλλο;

- Α) Ο άλλος σβήνει
- Β) Ο άλλος φωτίζει περισσότερο
- Γ) Ο άλλος φωτίζει λιγότερο
- Δ) Ο άλλος φωτίζει το ίδιο με πριν



Ερώτηση 6

Το ρεύμα που παράγει μια μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς;

- A) Ναι, μειώνεται σταδιακά
- B) Όχι, γιατί η πηγή διατηρεί σταθερή διαφορά δυναμικού στα άκρα της
- Γ) Ναι, εξαρτάται από τον αγωγό
- Δ) Όχι, γιατί το ρεύμα ανανεώνεται από την ίδια την μπαταρία

Ερώτηση 7

Σε ένα κλειστό κύκλωμα με λαμπτήρα και μπαταρία, η μπαταρία τροφοδοτεί το κύκλωμα

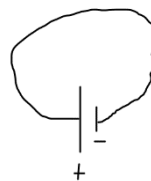
με ρεύμα μόνο όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί;

- A) Ναι γιατί η μπαταρία καταναλώνει ρεύμα
- B) Ναι γιατί μόνο τότε διαρρέεται από ρεύμα
- Γ) Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε
- Δ) Εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα

Ερώτηση 8

Αν ενώσουμε τα δύο άκρα μιας μπαταρίας με έναν αγωγό χωρίς άλλες συσκευές, τι θα συμβεί;

- A) Θα παράγει φως
- B) Θα παράγει ήχο
- Γ) Τίποτα, γιατί χρειάζεται λαμπτήρας
- Δ) Θα εξαντληθεί η μπαταρία γρήγορα

**Ερώτηση 9**

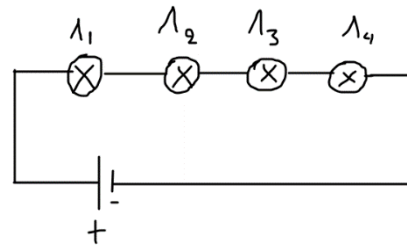
Η ένταση του ρεύματος είναι μεγαλύτερη σε έναν λεπτό ή σε έναν χοντρό αγωγό;

- A) Σε έναν λεπτό

- Β) Σε έναν χοντρό
- Γ) Έχουν το ίδιο ρεύμα
- Δ) Εξαρτάται από τη μπαταρία

Ερώτηση 10

Σε ένα κύκλωμα με τέσσερις ίδιους λαμπτήρες και μια μπαταρία σε σειρά



- Α) Όλοι οι λαμπτήρες φωτίζουν το ίδιο
- Β) Ο λαμπτήρας λ_1 που είναι πιο κοντά στον θετικό πόλο της μπαταρίας φωτίζει περισσότερο
- Γ) Ο λαμπτήρας λ_4 που είναι πιο κοντά στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας φωτίζει περισσότερο
- Δ) Οι τελευταίοι λαμπτήρες σχεδόν δεν ανάβουν καθόλου.

Ερώτηση 11

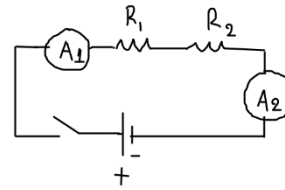
Το ηλεκτρικό ρεύμα έχει πάντα την ίδια φορά μέσα σε έναν αγωγό;

- Α) Ναι
- Β) Όχι, εξαρτάται από το είδος της ηλεκτρικής πηγής
- Γ) Εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- Δ) Εξαρτάται από τον αγωγό

Ερώτηση 12

Στο κύκλωμα φαίνονται μια πηγή, δυο αντιστάτες και δυο αμπερόμετρα συνδεδεμένα σε σειρά. Μεγαλύτερο ρεύμα μετράει:

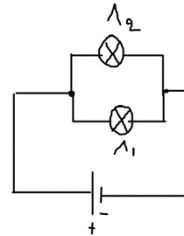
- Α) Μεγαλύτερη ένταση μετράει ο αμπερόμετρο 1
- Β) Τα δύο αμπερόμετρα μετρούν την ίδια ένταση
- Γ) Μεγαλύτερη ένταση μετράει ο αμπερόμετρο 2
- Δ) Τα αμπερόμετρα μετρούν την τάση σε κάθε αντιστάτη



Ερώτηση 13

Σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε παράλληλη σύνδεση, ποιος λαμπτήρας φωτίζει περισσότερο;

- Α) Ο Λ_1 γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή
- Β) Ο Λ_2 γιατί είναι πιο μακριά από την πηγή
- Γ) Και οι δύο το ίδιο
- Δ) Εξαρτάται από τη θέση τους



Ερώτηση 14

Σε ένα κύκλωμα συνδέεται ένας λαμπτήρας με μια ηλεκτρική πηγή. Αν συνδέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα

- Α) Αυξάνεται
- Β) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει σταθερή
- Δ) Εξαρτάται από τη μπαταρία

Ερώτηση 15

Ποια είναι η πραγματική φορά του ρεύματος σε σχέση με τη ροή των ηλεκτρονίων;

- Α) Η ίδια

- Β) Αντίθετη
- Γ) Εξαρτάται από την αντίσταση
- Δ) Δεν υπάρχει φορά στο ρεύμα

Ερώτηση 16

Αν προσθέσουμε έναν ίδιο λαμπτήρα σε ένα κύκλωμα με λαμπτήρα και πηγή, τι θα συμβεί στην ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή;

- Α) Θα αυξηθεί
- Β) Θα μειωθεί
- Γ) Δεν θα αλλάξει
- Δ) Θα εξαρτηθεί από τον τρόπο σύνδεσης

Ερώτηση 17

Σε ένα κύκλωμα συνδέεται ένας λαμπτήρας με μια ηλεκτρική πηγή. Αν συνδέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε παράλληλα στον πρώτο, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή

- Α) Θα αυξηθεί
- Β) Θα μειωθεί
- Γ) Δεν θα αλλάξει
- Δ) άλλοτε αυξάνεται και άλλοτε μειώνεται

Ερώτηση 18

Ποια είναι η λειτουργία του διακόπτη σε ένα κύκλωμα;

- Α) Όταν κλείνει διακόπτει το ρεύμα
- Β) Όταν ανοίγει επιτρέπει στο ρεύμα να διαρρέει το κύκλωμα
- Γ) Όταν ανοίγει διακόπτει το ρεύμα

- Δ) Παρέχει τάση στο κύκλωμα

Ερώτηση 19

Αν συνδέσουμε τρεις λαμπτήρες σε σειρά με μια μπαταρία, η τάση στα άκρα του καθενός

- Α) Εξαρτάται από τον λαμπτήρα
- Β) Είναι μηδέν
- Γ) Είναι πάντα ίδια σε κάθε λαμπτήρα
- Δ) Δεν επηρεάζεται από την αντίσταση του κάθε λαμπτήρα

Ερώτηση 20

Σε ένα κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα, ποια είναι η κατεύθυνση του συμβατικού ρεύματος;

- Α) Από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας
- Β) Από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας
- Γ) Και προς τις δύο κατευθύνσεις
- Δ) Δεν υπάρχει κατεύθυνση

Ερώτηση 21

Σε ένα κύκλωμα, ποια είναι η κατεύθυνση της κίνησης των ηλεκτρονίων;

- Α) Από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας
- Β) Από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας
- Γ) Και προς τις δύο κατευθύνσεις
- Δ) Τα ηλεκτρόνια δεν κινούνται

Ερώτηση 22

Τι συμβαίνει στην αντίσταση ενός αγωγού αν διπλασιαστεί το μήκος του;

- Α) Η αντίσταση διπλασιάζεται
- Β) Η αντίσταση μειώνεται στο μισό
- Γ) Η αντίσταση παραμένει σταθερή
- Δ) Η αντίσταση τετραπλασιάζεται

Ερώτηση 23

Αν αυξηθεί η διατομή ενός αγωγού, τι συμβαίνει στην αντίστασή του;

- Α) Αυξάνεται
- Β) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει ίδια
- Δ) Εξαρτάται από τη θερμοκρασία

Ερώτηση 24

Στον Νόμο του Ohm, η ένταση του ρεύματος σε έναν αντιστάτη σταθερής θερμοκρασίας, είναι ανάλογη:

- Α) Της αντίστασης του αντιστάτη
- Β) Της τάσης στα άκρα του αντιστάτη
- Γ) Και της αντίστασης και της τάσης
- Δ) Ο Νόμος του Ohm δεν αφορά την ένταση.

Ερώτηση 25

Αν διπλασιαστεί η τάση στα άκρα ενός αντιστάτη, τι θα συμβεί στην ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει;

- Α) Θα διπλασιαστεί
- Β) Θα μειωθεί στο μισό
- Γ) Θα παραμείνει ίδια

- Δ) Θα τετραπλασιαστεί

Ερώτηση 26

Αν σε έναν αντιστάτη αυξηθεί η θερμοκρασία του, η αντίστασή του:

- Α) Αυξάνεται
- Β) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει σταθερή
- Δ) Εξαρτάται από το μήκος του

Ερώτηση 27

Αν δύο αντιστάτες συνδεθούν σε σειρά, τότε:

- Α) Η συνολική αντίσταση είναι μεγαλύτερη από κάθε έναν από τους δύο
- Β) Η συνολική αντίσταση είναι μικρότερη από κάθε έναν από τους δύο
- Γ) Η συνολική αντίσταση παραμένει ίδια
- Δ) Η σύνδεση δεν επηρεάζει την αντίσταση

Ερώτηση 28

Αν δύο αντιστάτες συνδεθούν παράλληλα, τότε:

- Α) Η συνολική αντίσταση είναι μεγαλύτερη από κάθε έναν από τους δύο
- Β) Η συνολική αντίσταση είναι μικρότερη από κάθε έναν από τους δύο
- Γ) Η συνολική αντίσταση παραμένει ίδια
- Δ) Η σύνδεση δεν επηρεάζει την αντίσταση

Ερώτηση 29

Σε ένα κύκλωμα με δύο μπαταρίες σε σειρά, τι συμβαίνει με την τάση που παρέχεται στο κύκλωμα σε σχέση με όταν ήταν μία;

- Α) Είναι μεγαλύτερη
- Β) Είναι μικρότερη
- Γ) Παραμένει ίδια
- Δ) Εξαρτάται από την ένταση

Ερώτηση 30

Αν δύο λαμπτήρες συνδεθούν σε παράλληλη σύνδεση, τότε:

- Α) Και οι δύο δέχονται την ίδια τάση
- Β) Ο πρώτος δέχεται μεγαλύτερη τάση
- Γ) Ο δεύτερος δέχεται μεγαλύτερη τάση
- Δ) Εξαρτάται από τη θέση τους

Ερώτηση 31

Σε έναν αντιστάτη διέρχεται μικρότερο ρεύμα όταν:

- Α) Το μήκος του μειώνεται
- Β) Η τάση αυξάνεται
- Γ) Η θερμοκρασία μειώνεται
- Δ) Η διατομή του μειώνεται

Ερώτηση 32

Σε έναν αγωγό σταθερής αντίστασης, αν διπλασιαστεί η ένταση του ρεύματος, τι συμβαίνει με την τάση;

- Α) Διπλασιάζεται
- Β) Μειώνεται στο μισό
- Γ) Παραμένει σταθερή
- Δ) Εξαρτάται από το μήκος του αγωγού

Ερώτηση 33

Τι συμβαίνει με την ισχύ που καταναλώνεται από έναν λαμπτήρα όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζεται σε αυτόν;

- Α) Αυξάνεται
- Β) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει σταθερή
- Δ) Άλλοτε αυξάνεται και άλλοτε μειώνεται

Ερώτηση 34

Σε μια σύνδεση δύο ίδιων λαμπτήρων σε σειρά, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητά τους αν προσθέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά;

- Α) Όλοι οι λαμπτήρες μειώνουν τη φωτεινότητά τους
- Β) Η φωτεινότητα παραμένει ίδια
- Γ) Η φωτεινότητα αυξάνεται
- Δ) Μειώνεται μόνο ο τελευταίος λαμπτήρας

Ερώτηση 35

Σε έναν κύκλωμα με λαμπτήρα και αντιστάτη συνδεδεμένους παράλληλα με την πηγή, ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

- Α) Ο αντιστάτης και ο λαμπτήρας έχουν την ίδια τάση
- Β) Ο αντιστάτης έχει μεγαλύτερη τάση από τον λαμπτήρα
- Γ) Ο λαμπτήρας έχει μεγαλύτερη τάση από τον αντιστάτη
- Δ) Ο αντιστάτης και ο λαμπτήρας έχουν την ίδια ένταση

Ερώτηση 36

Αν συνδέσουμε δύο ίδιους λαμπτήρες παράλληλα σε μια πηγή, τι συμβαίνει με τη συνολική ένταση του ρεύματος που παρέχει η πηγή, σε σχέση με αυτήν που ήταν με έναν μόνο λαμπτήρα;

- A) Αυξάνεται
- B) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει ίδια
- Δ) Δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε

Ερώτηση 37

Αν ένας αντιστάτης έχει αντίσταση $10\ \Omega$ και διπλασιαστεί το μήκος του, ποια θα είναι η νέα του αντίσταση;

- A) $20\ \Omega$
- B) $5\ \Omega$
- Γ) $10\ \Omega$
- Δ) $40\ \Omega$

Ερώτηση 38

Σε έναν αγωγό, ποιοι από τους παρακάτω παράγοντες επηρεάζουν την αντίστασή του;

- A) Το υλικό του αγωγού
- B) Το μήκος του αγωγού
- Γ) Η διατομή του αγωγού
- Δ) Όλα τα παραπάνω

Ερώτηση 39

Όταν βραχυκυκλώνουμε μια μπαταρία

- A) Η τάση στα άκρα του είναι μηδέν

- Β) δεν διαρρέεται από ρεύμα
- Γ) Η τάση στα άκρα του είναι μέγιστη
- Δ) Τίποτα από τα παραπάνω

Ερώτηση 40

Όταν αφαιρέσουμε έναν λαμπτήρα από μια παράλληλη σύνδεση με ιδανική πηγή, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των υπόλοιπων λαμπτήρων;

- Α) Παραμένει ίδια
- Β) Αυξάνεται
- Γ) Μειώνεται
- Δ) Σβήνουν όλοι οι λαμπτήρες

Ερώτηση 41

Σε ένα κύκλωμα με δύο αντιστάτες σε σειρά, ποιο από τα παρακάτω ισχύει για την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αντιστάτες;

- Α) Είναι η ίδια για όλους τους αντιστάτες
- Β) Είναι μεγαλύτερη στον πρώτο αντιστάτη
- Γ) Είναι μεγαλύτερη στον δεύτερο αντιστάτη
- Δ) Εξαρτάται από την τάση της πηγής

Ερώτηση 42

Σε ένα κύκλωμα με αντιστάτες σε παράλληλη σύνδεση, ποιο από τα παρακάτω ισχύει για την τάση που εφαρμόζεται σε κάθε αντιστάτη;

- Α) Είναι ίδια για όλους τους αντιστάτες
- Β) Είναι μεγαλύτερη στον αντιστάτη με τη μεγαλύτερη αντίσταση
- Γ) Είναι μικρότερη στον αντιστάτη με τη μικρότερη αντίσταση

- Δ) Εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος

Ερώτηση 43

Αν η τάση της πηγής αυξηθεί, τι συμβαίνει με την ένταση του ρεύματος σε έναν αντιστάτη σταθερής αντίστασης;

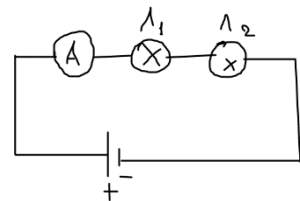
- Α) Αυξάνεται
- Β) Μειώνεται
- Γ) Παραμένει ίδιο
- Δ) Εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντιστάτη

Ερώτηση 44

Ένα κύκλωμα με μια πηγή, δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα αμπερόμετρο τοποθετημένο πριν από τον πρώτο λαμπτήρα.

Τι δείχνει το αμπερόμετρο;

- Α) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον πρώτο λαμπτήρα
- Β) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει και τους δύο λαμπτήρες (ίδια για όλους)
- Γ) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει μόνο τη μπαταρία
- Δ) Δεν δείχνει τίποτα, γιατί το ρεύμα αλλάζει μετά από κάθε λαμπτήρα

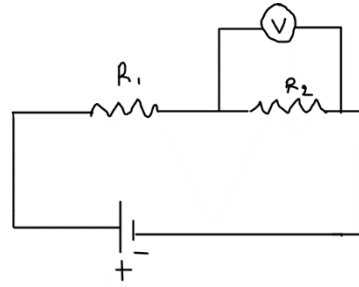


Ερώτηση 45

Ένα κύκλωμα με δύο αντιστάτες σε σειρά και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στον δεύτερο αντιστάτη.

Τι μετράει το βολτόμετρο;

- Α) Την τάση μόνο στον δεύτερο αντιστάτη
- Β) Την τάση ολόκληρου του κυκλώματος
- Γ) Την τάση στον πρώτο αντιστάτη
- Δ) Την τάση που διαρρέει και τους δύο αντιστάτες μαζί

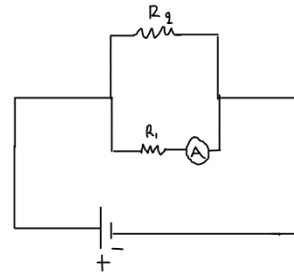


Ερώτηση 46

Ένα κύκλωμα με δύο αντιστάτες σε παράλληλη σύνδεση και ένα αμπερόμετρο τοποθετημένο στον κλάδο με τον πρώτο αντιστάτη.

Τι δείχνει το αμπερόμετρο;

- Α) Την ένταση του ρεύματος στον πρώτο αντιστάτη
- Β) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει όλο το κύκλωμα
- Γ) Την ένταση του ρεύματος στον δεύτερο αντιστάτη
- Δ) Τίποτα, γιατί το ρεύμα μοιράζεται και είναι μηδέν στον πρώτο κλάδο

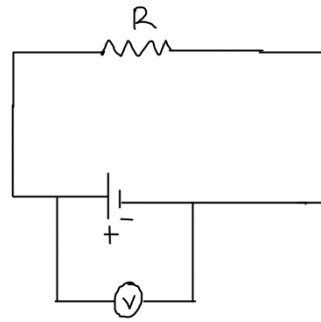


Ερώτηση 47

Ένα κύκλωμα με έναν αντιστάτη, μια πηγή και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα με την πηγή.

Τι δείχνει το βολτόμετρο;

- Α) Μόνο την τάση στον αντιστάτη
- Β) Την τάση της πηγής που είναι ίση με την τάση στα άκρα του αντιστάτη
- Γ) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα
- Δ) Την αντίσταση του αντιστάτη

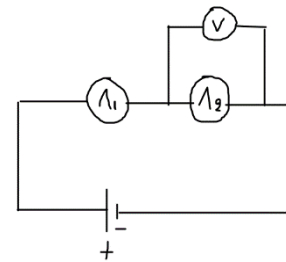


Ερώτηση 48

Ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στον λαμπτήρα Λ_2 .

Αν ο λαμπτήρας Λ_1 καεί, τι δείχνει το βολτόμετρο;

- Α) Μηδενική τάση
- Β) Την τάση της πηγής
- Γ) Μικρότερη τάση από πριν
- Δ) Δεν αλλάζει τίποτα, γιατί η τάση παραμένει ίδια.



Ερώτηση 49

Ένα κύκλωμα με μια ιδανική πηγή που συνδέεται με δύο αντιστάτες σε παράλληλη σύνδεση και ένα βολτόμετρο τοποθετημένο παράλληλα στον ένα από τους αντιστάτες.

Αν αυξήσουμε τη διατομή του δεύτερου αντιστάτη, τι συμβαίνει με την ένδειξη του βολτόμετρου;

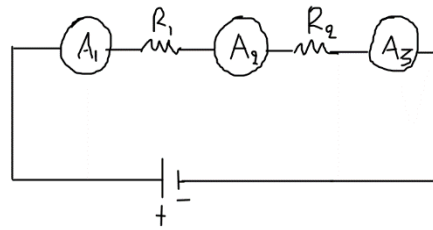
- Α) Παραμένει ίδια
- Β) Αυξάνεται
- Γ) Μειώνεται

- Δ) Εξαρτάται μόνο από την τάση της πηγής

Ερώτηση 50

Ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο αντιστάτες και δυο αμπερόμετρα όλα σε σειρά με την πηγή.

- Α) Μεγαλύτερη ένταση δείχνει το αμπερόμετρο A_1 γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή
- Β) Το αμπερόμετρο A_3 δείχνει την μικρότερη ένταση γιατί το ρεύμα έχει εξασθενήσει περνώντας από τους αντιστάτες
- Γ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν διαφορετικές εντάσεις που εξαρτώνται από τις αντιστάσεις R_1 και R_2
- Δ) Τα τρία αμπερόμετρα δείχνουν την ίδια ένταση



7.2. Συνεντεύξεις

Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων ο εκπαιδευτικός έδειχνε ερωτήσεις από τα Post_test στους μαθητές για να θυμηθούν τις ερωτήσεις και τις απαντήσεις που έδωσαν. Επίσης, υπήρχε υπολογιστής με το εργαστήριο PhET που χρησιμοποιήθηκε στο τμήμα 2. Τέλος, υπήρχε χαρτί και στυλό για να σχεδιάσουν κυκλώματα.

Στις συνεντεύξεις ο εκπαιδευτικός καλείται E, ενώ οι συνεντευξιζόμενοι καλούνται με το πρώτο γράμμα του ονόματός τους.

Συνέντευξη 1:

Η Σ ... είναι μαθήτρια της Β λυκείου και ήταν στο Τμήμα 2

E: Γεια σου.

Σ: Γεια σας.

E: Θέλω να σε ενημερώσω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται, συμφωνείς;

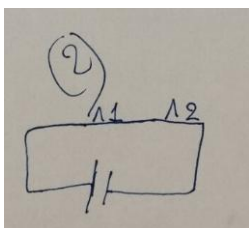
Σ: Ναι συμφωνώ.

E: Ωραία, ας ξεκινήσουμε πρώτα με την ερώτηση 2... « σε ένα κύκλωμα με μία μπαταρία έναν ανοιχτό διακόπτη και δύο λαμπτήρες σε σειρά, αν κλείσουμε τον διακόπτη τι θα συμβεί;» και εσύ απάντησες ότι πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας 1 και μετά ο λαμπτήρας 2. Μπορείς να εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

Σ: Θεώρησα ότι ο λαμπτήρας 1 ήταν πιο κοντά στην πηγή, οπότε θα ανάψει πρώτος και έπειτα ο δεύτερος.

E: Ωραία, μπορείς να μου κάνεις το κύκλωμα εκεί (δείχνει το χαρτί) και να μου δείξεις πώς πηγαίνει το ρεύμα; πως φαντάζεσαι ότι πηγαίνει το ρεύμα; όπως νομίζεις ... με κλειστό το διακόπτη.

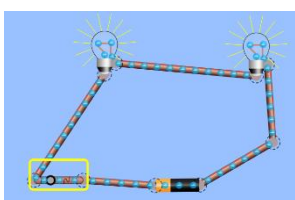
Σ: (Σχεδιάζει – σχήμα 1)



Σχήμα 1

Ε: Ωραία, άρα λοιπόν ο Λ_2 καθυστερεί λίγο να ανάψει σε σχέση με τον Λ_1 . Σωστά;

Σ: Ναι.



Εικόνα 10

Ε: Τώρα να δεις κάτι και να μου πεις... αυτό το εργαστήριο το εικονικό το θυμάσαι όταν το είδαμε στην τάξη; (δείχνει το εικονικό εργαστήριο στον υπολογιστή, με το κύκλωμα σχηματισμένο – εικόνα 10. Η Σ...γνέφει καταφατικά). Εδώ...

για να δούμε λίγο αν κλείσουμε τον διακόπτη, αυτοί οι δύο λαμπτήρες ... (δείχνει) πρώτα θα ανάψει ο ένα και μετά ο δύο ή συμβαίνει κάτι άλλο;

Σ: Ταυτόχρονα ανάβουνε.

Ε: Τώρα που βλέπεις το εργαστήριο, μπορείς να σκεφτείς γιατί συμβαίνει αυτό;

Σ: Αρχικά ανάβουν ταυτόχρονα και οι δύο λαμπτήρες ... καθώς το ρεύμα κινείται σε όλο το κύκλωμα ... εγώ θεωρούσα ότι ξεκινάει από τον διακόπτη και πάει πρώτα στον λαμπτήρα 1 και μετά στο 2.

Ε: Πάρα πολύ ωραία... να σε ρωτήσω κάτι τώρα... όταν απαντούσες σε αυτή την ερώτηση, θυμόσουν καθόλου αυτό το εργαστήριο ή όχι;

Σ: Θυμόμουνα πιο πολύ το σχήμα ... αυτό.

Ε: Το θεωρείς βοηθητικό αυτό το εργαστήριο.

Σ: Αρκετά.

Ε: Αλλά παρόλα αυτά όταν έκανες την ερώτηση δεν το έφερες στο μυαλό σου. Σωστά;

Σ: Θυμόμουν απλά ένα σχήμα.

Ε: Μήπως μπορείς να υποθέσεις γιατί δεν το θυμόσουν, ενώ τώρα που το βλέπεις είδες ότι το κατάλαβες;

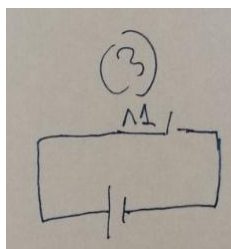
Σ: Ίσως δεν το είχα σκεφτεί εκείνη την ώρα που κοιτούσα τις ερωτήσεις ... δεν μου είχε έρθει στο μυαλό και γι' αυτό μου διέφυγε. Ήμουν συγκεντρωμένη στις ερωτήσεις.

Ε: Πολύ ωραία πάμε τώρα στην ερώτηση 3... η ερώτηση λέει: «σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα;» Εσύ είπες ο άλλος λαμπτήρας θα φωτίζει λιγότερο. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;

Σ: Θεώρησα ότι από τη στιγμή που θα ξεβιδώσουμε και θα ... αφαιρέσει ... ότι δεν θα σταματήσει να πάει το ρεύμα και ο άλλος απλά θα φωτίζει λιγότερο ... μάλιστα από τη στιγμή που δεν θα είναι και οι δύο μαζί.

Ε: Να σε ρωτήσω ... όταν ξεβιδώνουμε τον έναν λαμπτήρα ... μπορείς να μου σχεδιάσεις πώς θα είναι το κύκλωμα με τον λαμπτήρα τον έναν ξεβιδωμένο;

Σ: (σχεδιάζει – σχήμα 2)



Σχήμα 2

Δεν ξέρω τώρα αν είναι ενωμένο ή αν σπώνεται ίσως;

Ε: Όπως νομίζεις.

Σ: Μάλλον έτσι.

Ε: Ωραία δεν μου λες τώρα ... έτσι όπως έχεις σχεδιάσει το κύκλωμα αυτό, πιστεύεις ότι το ρεύμα θα περνάει ή όχι από τον λαμπτήρα ένα.

Σ: Όχι γιατί είναι ανοιχτό (με σιγουριά).

Ε: Για να απαντήσεις τώρα αυτό, σε βοήθησε καθόλου αυτό που είδες πιο πριν στο εργαστήριο;

Σ: Ναι αυτό εδώ (δείχνει τον λαμπτήρα στο εικονικό εργαστήριο) ... αν ξεβιδώσουμε αυτόν τον λαμπτήρα σημαίνει ότι εδώ διακόπτουμε ... οπότε δεν περνάει το ρεύμα.

Ε: Θεωρείς βοηθητικό αυτό το εργαστήριο;

Σ: Ναι πολύ.

Ε: Παρόλα αυτά όμως δεν το θυμήθηκες καθόλου. Τι μπορεί να φταίει σε αυτό; Τι πιστεύεις ότι φταίει και δεν το θυμήθηκες την ώρα που έγραφες;

Σ: Ίσως δεν ήμουν τόσο συγκεντρωμένη να το σκεφτώ.

Ε: Αν το παραβλέψουμε αυτό;

Σ: Ο καιρός που πέρασε έπαιξε ρόλο ... είχαμε καιρό να το δούμε οπότε μου είχε ξεφύγει.

Ε: Πάμε τέλος και στην ερώτηση 50... μας λέει ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο αντιστάτες και δύο αμπερόμετρα όλα σε σειρά με την πηγή και εσύ απαντάς ότι μεγαλύτερη ένταση δείχνει το αμπερόμετρο A_1 γιατί είναι πιο κοντά στην πηγή. Μπορείς να το εξηγήσεις λίγο πώς το σκέφτηκες;

Σ: Ναι θεώρησα πάλι ότι το A_1 είναι πιο κοντά στην πηγή οπότε θα είχε τη μεγαλύτερη ένταση το ρεύμα ... πάλι θα περνούσε από κει και μετά θα συνέχιζε στο A_2 και στο A_3 ... (διστάζει) σκέφτηκα όμως τώρα και την προηγούμενη ερώτηση που είχαμε πει ότι ανάβουν ταυτόχρονα οι δύο λαμπτήρες, οπότε έτσι θα συμβεί και με αυτούς τους λαμπτήρες και η ένταση θα είναι ίδια.

Ε: Το εικονικό εργαστήριο βοήθησε εδώ;

Σ: Ναι αυτό σκέφτηκα.

Ε: Ωραία σε ευχαριστώ πολύ για τη βοήθειά σου.

Σ: Παρακαλώ.

Συνέντευξη 2:

Ο Ξ είναι μαθητής της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 1

E: Να σε ενημερώσω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται... συμφωνείς;

Ξ: Συμφωνώ.

E: Στην ερώτηση 2 βλέπω ότι έχεις απαντήσει ότι πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας 1 και μετά ο λαμπτήρας 2... μπορείς να μου εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

Ξ: Διότι το ρεύμα ξεκινάει από την πηγή και με τη φορά που έχει, θα φτάσει πρώτα στο Λ_1 Και μετά στο Λ_2 .

E: Και τι θεωρείς ότι συνέβη στην ένταση του ρεύματος περνώντας από το λαμπτήρα 1; αυξήθηκε; μειώθηκε; έμεινε ίδια; τι νομίζεις ότι έγινε;

Ξ: Μειώθηκε γιατί το Λ_1 κατανάλωσε λίγη από την ενέργεια του ρεύματος.

E: Εάν οι δύο λαμπτήρες είχαν συνδεθεί παράλληλα, η απάντησή σου θα ήταν ίδια;

Ξ: Όχι.

E: Τότε τι θα συνέβαινε;

Ξ: Θα ανάβανε ταυτόχρονα.

E: Για ποιο λόγο; μπορείς να μου εξηγήσεις;

Ξ: Γιατί δεν θα χρησιμοποιούσανε το ίδιο ρέμα. Θα χωριζόταν το ρεύμα και ο καθένας θα έπαιρνε το ίδιο μερίδιο, αλλά ξεχωριστά.

E: Πάρα πολύ ωραία ευχαριστώ πολύ!

Ξ: Παρακαλώ.

Συνέντευξη 3:

Η Ι... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 2

Ε:Γεια σου.

Ι: Γεια σας.

Ε: Να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη ηχογραφείται έχεις κάποια αντίρρηση;

Ι: Όχι.

Ε: Ωραία... λοιπόν στην ερώτηση 3 διάβασε την λιγάκι...

Ι: (διαβάζει) «σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά, τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα;

Ε: Εδώ βλέπουμε ότι απάντησες το άλφα, ότι ο άλλος λαμπτήρας φωτίζει περισσότερο. Μπορείς να μου εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

Ι: Σκέφτηκα ότι αφού ένας ο λαμπτήρας σβήνει, θα περάσει περισσότερο ρεύμα από τον άλλο τον λαμπτήρα.

Ε: Ωραία... όταν λες σβήνει ο λαμπτήρας, τι ακριβώς συμβαίνει και σβήνει;

Ι: Εκεί ουσιαστικά... επειδή τον αφαιρούμε από το ρεύμα δεν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα οπότε σταματάει να λειτουργεί, άρα ο άλλος... όλο το ρεύμα το οποίο διέρχεται από το κύκλωμα θα πηγαίνει στον άλλον τον λαμπτήρα.

Ε: Θυμάσαι όταν κάναμε το εικονικό εργαστήριο αυτό εδώ (δείχνει στον υπολογιστή το κύκλωμα στο PhET-εικόνα 10), θυμάσαι τι συνέβαινε όταν κλείναμε εδώ τον διακόπτη;

Ι: Ανάβανε και οι δύο.

Ε: Τώρα εάν ξεβιδώσουμε τον ένα λαμπτήρα εδώ πέρα (δείχνει τον πρώτο λαμπτήρα), τι ακριβώς θα συμβεί;

Ι: Ααα ναι ... θα σβήσει και ο άλλος.

E: Τώρα που το ξαναβλέπεις το θυμήθηκες το εργαστήριο; Όταν την έκανες την άσκηση σου ήρθε στο μυαλό το εργαστήριο αυτό ή όχι;

I: Μου ήρθε, αλλά δεν σκέφτηκα ότι κόβουμε τελείως το κύκλωμα.

E: Πολύ ωραία... πάμε στην ερώτηση νούμερο 6... διάβασε τη σε παρακαλώ.

I: (διαβάζει) «το ρεύμα που παράγει μία μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς»

E: Ωραία... εδώ βλέπουμε ότι απάντησες «όχι, γιατί το ρεύμα ανανεώνεται από την ίδια την μπαταρία»... πώς το σκέφτηκες; τι ακριβώς εννοείς;

I: Ουσιαστικά δεν χάνεται αλλά συνεχώς ανανεώνεται από την μπαταρία... αφού περνάει από τους λαμπτήρες, μετά θα περάσει και από την μπαταρία, οπότε η μπαταρία θα δώσει κι άλλο ρεύμα

E: Εδώ τη λέξη «εξαντλείται» πώς την καταλαβαίνεις; τι ακριβώς δηλαδή φαντάζεσαι ότι συμβαίνει;

I: Ότι ουσιαστικά εννοούσα ότι με κάποιον τρόπο το ρεύμα το τρώνε οι λάμπες... κάπως έτσι το σκέφτηκα.

E: Αν σε ρωτούσα ποιο εργαστήριο θεωρείς πιο χρήσιμο για σένα, το εικονικό που χρησιμοποιήσαμε εδώ, ή το πραγματικό κάτω στο εργαστήριο φυσικών επιστημών που κάνουμε πειράματα, τι θα επέλεγες;

I: Στο εργαστήριο κύριε.

E: Γιατί;

I: Γιατί εκεί κάνουμε πειράματα...τα βλέπουμε μπροστά μας.

E: Ευχαριστώ πολύ.

I: Και εγώ.

Συνέντευξη 4:

Η Γ... είναι μαθήτρια της Β' Λυκείου και είναι στο τμήμα 2

Ε: Γεια σου.

Γ: Γεια σας.

Ε: Να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη καταγράφεται...έχεις κάποια αντίρρηση;

Γ: Όχι, συμφωνώ.

Ε: Λοιπόν, ας ξεκινήσουμε με την ερώτηση 2 (διαβάζει) «σε έναν σε ένα κύκλωμα με μία μπαταρία, έναν ανοιχτό διακόπτη και δύο λαμπτήρες Λ_1 , Λ_2 σε σειρά όπως τους βλέπουμε στο σχήμα, αν κλείσουμε το διακόπτη τι από τα παρακάτω θα συμβεί;» και εσύ είπες πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας 2 ...δες ποιος είναι ο δύο... και μετά θα ανάψει ο λαμπτήρας 1. Θες να μου πεις πώς το σκέφτηκες αυτό;

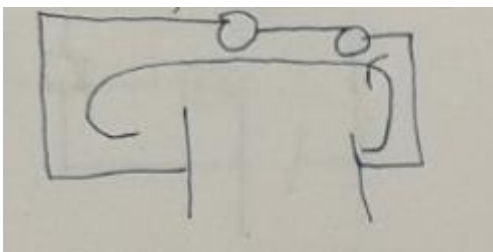
Γ: Σκέφτηκα ότι θα διαρρέει το ρεύμα από τον αρνητικό πόλο προς τον θετικό ...άρα αν κλείσει ο διακόπτης θα ανάψει πρώτα ο Λ_1 και μετά ο δεύτερος.

Ε: Άρα θεωρείς ότι το ρεύμα ξεκινάει από πού;

Γ: Από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο.

Ε: Μάλιστα... μπορείς να μου σχεδιάσεις εδώ (δείχνει το χαρτί) το κύκλωμα και να μου πεις πώς φαντάζεσαι ότι ξεκινάει το ρεύμα; από πού ξεκινάει και πώς πηγαίνει;

Γ: Ναι... (σχεδιάζει το σχήμα 3)



Σχήμα 3

Ε: Πες μου πώς το σκέφτεσαι;

Γ: Σκέφθηκα ότι θα διαρρέει το ρεύμα από τον αρνητικό πόλο προς το θετικό... άρα αν κλείσει ο διακόπτης θα ανάψει πρώτα ο Λ_2 που είναι πιο κοντά στον αρνητικό πόλο. Από εδώ προς τα εδώ (δείχνει το σχέδιο).

Ε: Άρα ξεκινάει από την πηγή το ρεύμα και οι δύο λαμπτήρες περιμένουν να φτάσει το ρεύμα σ' αυτούς. Έτσι το σκέφτεσαι;

Γ: Ναι... περιμένουν για να ανάψουν.

Ε: Πάρα πολύ ωραία θέλω να πάμε λίγο στην ερώτηση τρία όπου λέει σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά, τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα; εσύ απάντησες ο άλλος λαμπτήρας θα φωτίζει λιγότερο μπορείς να μου εξηγήσεις γιατί;

Γ: Ναι, σκέφτηκα ότι επειδή είναι το ίδιο κύκλωμα άρα θα διαρρέει τους δύο λαμπτήρες το ίδιο ρεύμα... άρα αν αφαιρέσουμε τον έναν...στην ουσία ο άλλος θα πάρει λιγότερο ρεύμα.

Ε: Δηλαδή αν αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα, θεωρείς ότι θα συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα;

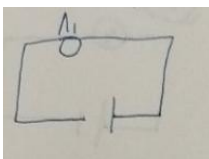
Γ: Ναι

Ε: Μπορείς να μου πεις τι φαντάζεσαι ότι συμβαίνει όταν ξεβιδώνουμε το λαμπτήρα;

Γ: Είναι σαν να μην υπάρχει

Ε: Μπορείς να μου το σχεδιάσεις εδώ το κύκλωμα όταν ο λαμπτήρας έχει ξεβιδωθεί; πώς το φαντάζεσαι το κύκλωμα; για κάνε μου ένα σχήμα

Γ: (...σχεδιάζει) να αυτό (σχήμα 4)



Σχήμα 4

Ε: Τώρα θέλω να μου πεις, όταν απαντούσες αυτή την ερώτηση αυτό εδώ το εργαστήριο (δείχνει την εικόνα 10 με το εικονικό εργαστήριο PhET) που είχαμε δει το θυμήθηκες;

Γ: Όχι...δεν μου ήρθε στο μυαλό.

Ε: Γιατί;

Γ: Δεν ξέρω...πέρασε καιρός που το είδαμε.

Ε: Σε ευχαριστώ πάρα πολύ.

Γ: Παρακαλώ.

Συνέντευξη 5:

Η Ευ ... είναι μαθήτρια της Β΄ Λυκείου και ήταν στο τμήμα 2

Ε: Γεια σου

Ευ: Γεια σας

Ε: Θέλω να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη ηχογραφείται... συμφωνείς;

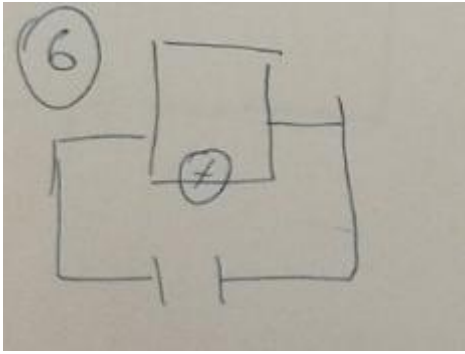
Ευ: Συμφωνώ.

Ε: Ωραία...σε ένα κύκλωμα μία ιδανική πηγή συνδέεται με δύο ίδιους λαμπτήρες παράλληλα. Αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα τι θα συμβεί στον άλλον; εσύ από ότι βλέπω απάντησες: «ο άλλος θα φωτίζει περισσότερο»... μπορείς να μου πεις πως το σκέφτηκες;

Ευ: Σύμφωνα με το δικό μου σκεπτικό, από τη στιγμή που συνδέεται παράλληλα, τότε θα περάσει εεε... το ρεύμα που θα περάσει θα πάει πιο πολύ στο έναν λαμπτήρα, οπότε θα φωτίσει περισσότερο, γιατί δεν θα μοιράζεται και στον άλλον.

Ε: Ωραία... μπορείς να μου σχεδιάσεις εδώ (δείχνει το χαρτί) πώς φαντάζεσαι το κύκλωμα όταν θα έχεις ξεβιδώσει τον έναν λαμπτήρα; πώς θα το σχεδιάζες εδώ;

Ευ: (σχεδιάζει σχήμα 5) έτσι είναι.



Σχήμα 5

Ε: Ωραία... για να σε ρωτήσω κάτι... όπως έχεις σχεδιάσει το κύκλωμα από τον πάνω κλάδο θεωρείς θα περνάει ρεύμα ή όχι;

Εν: Θα περνάει απλώς δεν θα υπάρχει κάποιο συσκευή για να το τραβήξει το ρεύμα.

Ε: Μάλιστα πάρα πολύ ωραία... και κάτι τελευταίο... θυμάσαι το εικονικό εργαστήριο που είχαμε κάνει;

Εν: Ναι το θυμάμαι.

Ε: Ωραία... θέλω να σε ρωτήσω όταν απαντούσες τις ερωτήσεις αυτές, θυμόσουν καθόλου το εικονικό αυτό εργαστήριο;

Εν: Όχι δεν το έφερα στο μυαλό μου.

Ε: Γιατί;

Εν: Ήταν πριν από μήνες... είχαμε και τα διαγωνίσματα.

Ε: Πάμε στην ερώτηση έξι τώρα... το ρεύμα λέει που παράγει μια μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς; εσύ απάντησες ναι εξαρτάται από τον αγωγό... θέλω να μου πεις, τι θεωρείς ότι παθαίνει το ρεύμα όταν περνάει μέσα από ένα λαμπτήρα;

Εν: Η μπαταρία διαθέτει ένα συγκεκριμένο αριθμό ...λογικά ένα συγκεκριμένο ρεύμα... κάποιος αγωγός μπορεί να πάρει περισσότερο ρεύμα, κάποιος άλλος λιγότερο.

Ε: Ααα μάλιστα... δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα περνώντας από τον ένα λαμπτήρα τι παθαίνει;

Ευ: Η ένταση του ρεύματος πριν τον αγωγό και μετά τον αγωγό δεν είναι ίδια...δηλαδή ότι το ρεύμα περνώντας από τον λαμπτήρα κάτι χάνει.

Ε: Θυμάσαι που βάζαμε αμπερόμετρο πριν και μετά τον λαμπτήρα στο εικονικό κύκλωμα; Τι έδειχνε το αμπερόμετρο;

Ευ: Το ίδιο έδειχνε.

Ε: αυτό δεν το θυμήθηκες όταν απαντούσες στην ερώτηση;

Ευ: Το θυμήθηκα, αλλά νόμισα ότι δεν ρωτάει για την ένταση... το ρεύμα λείει εξαντλείται.

Ε: Σε ευχαριστώ πάρα πολύ.

Ευ: Παρακαλώ.

Συνέντευξη 6:

Η Ελ... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 2

Ε: Γεια σου.

Ελ: Γεια σας.

Ε: Να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη καταγράφεται... συμφωνείς;

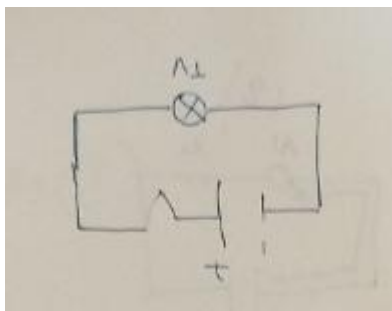
Ελ: Ναι συμφωνώ.

Ε: Ωραία, ας ξεκινήσουμε από την ερώτηση 3... σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα; εσύ απάντησες δεν αλλάζει τίποτα... μπορείς να μου πεις πως το σκέφτηκες;

Ελ: Λοιπόν ,είδα τις 4 απαντήσεις... τις διάβασα... αφαίρεσα τις δύο που ήμουν ασίγουρη ότι δεν είναι σωστές, επειδή είχε το σχήμα δίπλα στην ερώτηση... θεώρησα ότι άμα βγάλουμε τον έναν από τους δύο, τότε από κάτω θα είναι ήδη συνδεδεμένο και δεν θα έχει κενό έτσι ώστε να σβήσει... ο λαμπτήρας που απομένει.

Ε: Ωραία αυτό μπορείς να μου το σχεδιάσεις λίγο εδώ σε παρακαλώ;(δείχνει το χαρτί)... αυτό ακριβώς που είπες... πώς το σκέφτηκες;

Ελ: (σχεδιάζει σχήμα 6) αυτό κύριε.



Σχήμα 6

Ε: Άρα ο άλλος λαμπτήρας;

Ελ: Έχει φύγει εντελώς και από κάτω είναι ήδη συνδεδεμένος.

Ε: Τώρα θέλω να σε ρωτήσω κάτι: όταν διάβασες αυτή την ερώτηση, θυμόσουν αυτό το εικονικό εργαστήριο (δείχνει την εικόνα 10) που το είχαμε δει;

Ελ: Όχι.

Ε: Σε αυτό το εικονικό εργαστήριο, αν κλείσουμε εδώ τον διακόπτη (δείχνει στον υπολογιστή) βλέπεις ότι οι δύο ελατήρες φωτίζουν. Τι φαντάζεσαι ότι συμβαίνει όταν ξεβιδώνω τον έναν λαμπτήρα εδώ; (δείχνει τον πρώτο λαμπτήρα)

Ελ: Κόβεται το ρεύμα... ναι...ναι... το είχαμε δει.

Ε: Τώρα ποια απάντηση θα έδινες;

Ελ: Το β (ο άλλος λαμπτήρας σβήνει).

Ε: Το εργαστήριο δεν σε βοήθησε καθόλου;

Ελ: Τώρα ναι, αλλά όταν την έλυνα δεν το θυμήθηκα.

Ε: Θα πάμε τώρα στην επόμενη ερώτηση: το ρεύμα που παράγει μία μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς ... και τι απαντήσεις;

Ελ: Απάντησα το δ: «όχι, γιατί το ρεύμα ανανεώνεται από την ίδια την μπαταρία»

Ε: Τι εννοείς ότι ανανεώνεται από την ίδια την μπαταρία;

Ελ: Θεώρησα ότι το ρεύμα και η μπαταρία είναι το ίδιο... και τώρα δεν μπορώ να βγάλω καμία από τις άλλες απαντήσεις και δεν έχω ιδέα ποια είναι η σωστή.

Ε: Ο ρόλος μιας πηγής ένα κύκλωμα είναι να διατηρεί τη διαφορά δυναμικού σταθερή

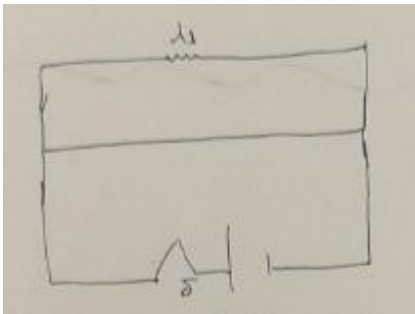
Ελ: Ο.Κ... (με επιφύλαξη)

Ε: Πάμε στην ερώτηση 40: «Όταν αφαιρέσουμε ένα λαμπτήρα από μία παράλληλη σύνδεση με ιδανική πηγή τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των υπόλοιπων λαμπτήρων;» εσύ απάντησες παραμένει ίδια.

Ελ: Απάντησα κύριε με το ίδιο σκεπτικό που έβαλα το δ στην ερώτηση 3... ότι αν βγάλουμε τη λάμπα θα είναι από κάτω συνδεδεμένο και δεν θα είναι αλλάξει.

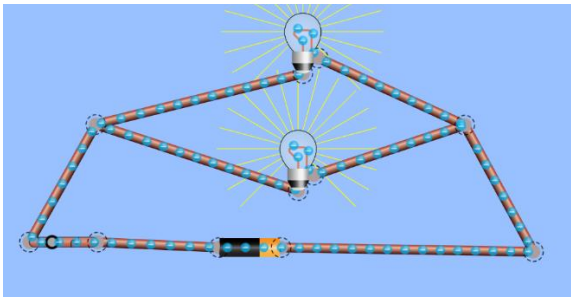
Ε: Αυτό μπορείς να μου το σχεδιάσεις εδώ σε παρακαλώ;

Ελ: Ναι (σχεδιάζει το σχήμα 7)



Σχήμα 7

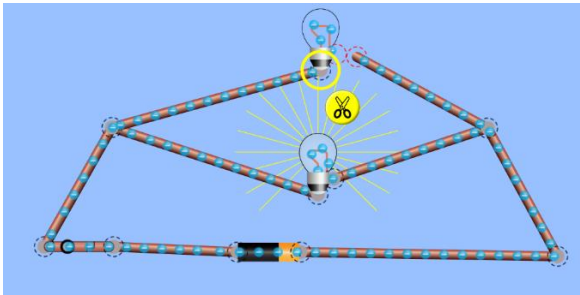
Ε: Πάμε πάλι λίγο στο εικονικό εργαστήριο είμαστε εδώ (δείχνει την εικόνα 11 στο εικονικό εργαστήριο PhET).



Εικόνα 11

εδώ πέρα αν αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα τι γίνεται; (της δίνει το ποντίκι να το κάνει μόνη της).

Ελ: (αφαιρεί τον λαμπτήρα...εικόνα 12)



Εικόνα 12

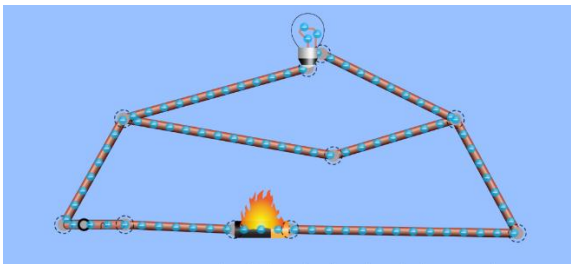
Βρίσκει δρόμο να πάει το ρεύμα από τον κάτω λαμπτήρα

Ε: Δες λίγο αυτό που σχεδιάσες πριν. Αν κάνεις αυτό που σχεδιάσες τι λες ότι θα γίνει;

Ελ: Ααα θα πάρει φωτιά... το θυμάμαι.

Ε: Για σχεδιάσέ το.

Ελ: (κατασκευάζει στο εικονικό εργαστήριο την εικόνα 13)



Εικόνα 13

Ε: Θυμάσαι πώς λέγεται αυτό;

Ελ: Όχι ...μια λέξη...

Ε: Αυτό λέγεται βραχυκύκλωμα.

Ελ: Ναι ναι (με ενθουσιασμό) είπαμε και για τις ασφάλειες στο μάθημα.

Ε: όλα αυτά τα θυμήθηκες όταν απαντούσες τις ερωτήσεις;

Ελ: Καθόλου κύριε... πέρασε καιρός...αν μας το δίνετε (το τεστ εννοεί) αμέσως μετά (εννοεί την παρέμβαση με το εικονικό εργαστήριο) τότε θα το έκανα.

Ε: Ποιο εργαστήριο προτιμάς; Το πραγματικό που κάνουμε στο εργαστήριο φυσικής ή αυτό, το εικονικό;

Ελ: Και τα δύο είναι καλά κύριε. Το εργαστήριο κάτω (εννοεί το πραγματικό) έχει πιο πολύ διασκέδαση...μιλάμε, γελάμε, συζητάμε, ενώ αυτό (το εικονικό) είναι πιο πολύ... μάθημα.

Ε: Σ' ευχαριστώ πολύ:

Ελ: Κι εγώ.

Συνέντευξη 7

Η Κ... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 2

Ε: Γεια σου να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη καταγράφεται... συμφωνείς;

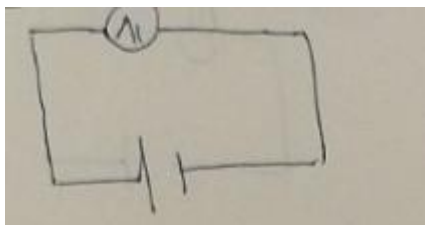
Κ: Ναι.

Ε: Θα ξεκινήσουμε με την ερώτηση 3: « σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά, τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν;», εσύ απάντησες δεν αλλάζει τίποτα... μπορείς να μου εξηγήσεις τι ακριβώς σκέφτηκες και απάντησες αυτό;

Κ: Επειδή σκέφτηκα ότι περνάει το ίδιο ρεύμα... οπότε και να ξεβιδωθεί ο ένας λαμπτήρας... επειδή θα έχουμε ίδιο ρεύμα ο άλλος δεν θα πάθει κάτι.

Ε: Ωραία... αυτό που είπες, μπορείς να μου το σχεδιάσεις εδώ; δηλαδή πώς θα είναι το κύκλωμα όταν θα έχεις ξεβιδώσει τον ένα λαμπτήρα; ας πούμε τον Λ_2 ;

Κ: Ο.Κ. (σχεδιάζει το σχήμα 8) έτσι.



Σχήμα 8

Ε: Θυμάσαι αυτό το εικονικό εργαστήριο που είχαμε κάνει; (δείχνει το εικονικό εργαστήριο PhET στον υπολογιστή - εικόνα 10).

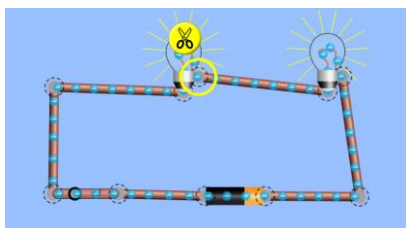
Κ: Ναι βέβαια.

Ε: Τι θα έκανες εδώ για να ξεβιδώσεις τον λαμπτήρα;

Κ: Θυμάμαι έχει ένα ψαλίδι.

Ε: Για δείξε μου (της δίνει το ποντίκι του υπολογιστή).

Κ: Να εδώ (εικόνα 14) ...θα κοπεί το ρεύμα



Εικόνα 14)

Ε: Αυτό που σχεδιάσες πριν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα;

Κ: Όχι ... θα σβήσει γιατί κόβεται το κύκλωμα.

Ε: Όταν την έκανες την άσκηση το θυμήθηκες το εργαστήριο;

Κ: Το θυμόμουν...αλλά νόμισα ότι θα υπάρχει ρεύμα...δεν θυμήθηκα το ψαλίδι (εννοεί το άνοιγμα του κυκλώματος)

Ε: Θεωρείς βοηθητικό όμως αυτό το εργαστήριο;

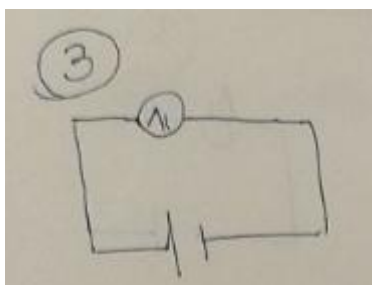
Κ: Ναι αρκετά.

Ε: Ωραία πάμε τώρα στην επόμενη ερώτηση που λέει «σε ένα κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα ποια είναι η κατεύθυνση του συμβατικού ρεύματος;»

Κ: Βασικά έτσι σκέφτηκα διότι θεώρησα ότι τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο και πάνε από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο.

Ε: Σχεδίασε μου λίγο εδώ πέρα ένα κύκλωμα με ένα λαμπτήρα και μία μπαταρία (δείχνει το χαρτί).

Κ: (σχεδιάζει το σχήμα 9) αυτό.



Σχήμα 9

Ε: Ωραία, θέλω να μου πεις τώρα σε αυτό το κύκλωμα, από την μπαταρία φεύγει ένα ρεύμα ή δύο (δηλαδή ένα από τον θετικό πόλο και ένα από τον αρνητικό) ;

Κ: Ένα ρεύμα κύριε.

Ε: Όχι δύο ρεύματα;

Κ: Όχι.

Ε: Και ο λαμπτήρας για να ανάψει περιμένει να φτάσει το ρεύμα από την μπαταρία ή ανάβει αμέσως μόλις κλείσουμε τον διακόπτη;

Κ: Νομίζω ότι επειδή είναι γρήγορη η κίνηση των ηλεκτρονίων ανάβει αμέσως.

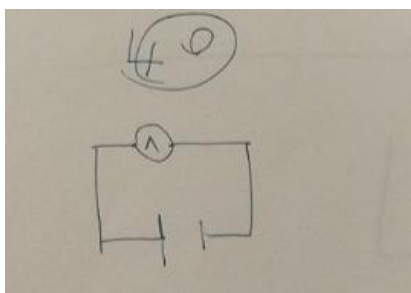
Ε: Ωραία... πάμε και στην τελευταία ερώτηση... είναι η ερώτηση 40... για να τη δούμε λίγο... μας λέει όταν αφαιρέσουμε ένα λαμπτήρα από παράλληλη σύνδεση με ιδανική

πηγή, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των υπολοίπων λαμπτήρων; και εσύ απάντησες αυξάνεται... πες μου λίγο πώς το σκέφτηκες;

K: Σε αυτή την ερώτηση σκέφτηκα ότι επειδή είναι παράλληλη σύνδεση και η δεν έχουνε ίδιο ρεύμα, όταν θα αφαιρέσουμε τον έναν όλο το ρεύμα θα πάει στον άλλον... οπότε θα αυξηθεί (εννοεί η φωτεινότητα).

E: Μπορείς να μου το σχεδιάσεις εδώ; (δείχνει το χαρτί). θέλω να μου κάνεις πώς θα είναι το κύκλωμα, όταν θα έχεις ξεβιδώσει τον ένα λαμπτήρα.

K: (σχεδιάζει το σχήμα 10) κάπως έτσι θα είναι κύριε.



Σχήμα 10

E: Ωραία... πες μου λίγο τώρα πάλι, γιατί αυτός ο λαμπτήρας θα φωτίζει περισσότερο; Από τι εξαρτάται δηλαδή το πόσο θα φωτίζει;

K: Την ένταση του ρεύματος.

E: Η ένταση του ρεύματος εξαρτάται από κάτι άλλο;

K: Από την τάση.

E: Πιστεύεις ότι η τάση άλλαξε όταν αφαιρέσαμε τον λαμπτήρα;

K: Στην παράλληλη σύνδεση η τάση δεν είναι ίδια;

E: Άλλαξε λοιπόν;

K: Όχι.

E: Οπότε τι φαντάζεσαι ότι θα συμβαίνει στην πραγματικότητα;

K: Φωτίζει το ίδιο.

E: Πάρα πολύ ωραία... Αυτό το εικονικό εργαστήριο είπες το θυμάσαι;

K: Ναι το θυμάμαι πέρασαν και μήνες... αλλά ναι το θυμάμαι.

E: Το θεωρείς βοηθητικό;

K: Ναι βοηθάει πολύ στην κατανόηση των κυκλωμάτων.

E: Είπες πριν όμως ότι όταν απαντούσες σε αυτές τις ερωτήσεις, δεν το έφερες αυτό στο μυαλό σου... μπορείς να σκεφτείς κάποιο λόγο που δεν το έφερες στο μυαλό σου;

K: Δεν το σκέφτηκα η αλήθεια είναι, αλλά βοηθάει πάρα πολύ... δηλαδή όλα αυτά που είχα κάνει λάθος, τώρα τα κατανόησα πλήρως .

E: Σε ευχαριστώ πάρα πολύ.

K: Και εγώ κύριε;

Συνέντευξη 8:

Ο Ρ... είναι μαθητής της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 1

E: Γεια σου, να σε ενημερώσω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται...έχεις κάποια αντίρρηση;

P: Όχι.

E: ωραία, ας ξεκινήσουμε με την ερώτηση 5: « σε ένα κύκλωμα μια ιδανική πηγή συνδέεται με δύο ίδιους λαμπτήρες παράλληλα. Αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα, τι συμβαίνει στον άλλον;». Εσύ απάντησες ο άλλος θα φωτίζει περισσότερο... μπορείς να μου εξηγήσεις λίγο πώς το σκέφτηκες;

P: ναι γιατί είπα ότι αφού συνδέονται παράλληλα θα διαρρέονται από διαφορετικό ρεύμα... άρα ο ένας θα έχει λιγότερο από τον άλλον... ή μπορεί να έχουν και οι ίδιοι...

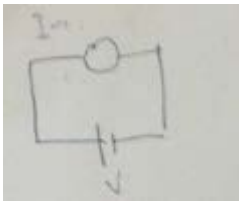
το ολικό ρεύμα θα είναι το άθροισμά τους... οπότε αν αφαιρέσουμε τον έναν, ο άλλος φωτίζει περισσότερο.

E: Τι θεωρείς ότι επηρεάζει τη φωτεινότητα ενός λαμπτήρα; η ένταση ή η τάση;

P: η ένταση.

E: μπορείς να μου σχεδιάσεις το κύκλωμα όταν έχουμε αφαιρέσει τον ένα λαμπτήρα;

P: Να (σχεδιάζει το σχήμα 11).



Σχήμα 11

E: Η ένταση του ρεύματος που σχεδιάσες με τι είναι ίση;

P: V προς R την αντίσταση του λαμπτήρα

E: Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ίδιο λαμπτήρα στο προηγούμενο κύκλωμα εδώ (δείχνει το κύκλωμα των δυο λαμπτήρων συνδεδεμένων παράλληλα), με τι είναι ίση;

P: Η τάση είναι ίδια; Ααα λέει ιδανική πηγή.

E: Επομένως...

P: Είναι ίδια... άρα η ένταση είναι πάλι V προς R

E: Τι θα απαντούσες τώρα;

P: Το ίδιο θα φώτιζε... τίποτα δεν θα άλλαζε.

E: Τώρα θέλω να σε ρωτήσω κάτι... θυμάσαι αυτό το κύκλωμα που το είχαμε δει στο εργαστήριο φυσικών επιστημών; όταν κάναμε τα πειράματα την παράλληλη σύνδεση;

P: Εννοείται

E: Αν θυμάσαι είχαμε δυο τέτοιους λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα και ξεβιδώναμε τον έναν... αυτό σαν πείραμα το θυμήθηκες όταν γράφαμε το τεστ;

P: Ναι το θυμόμουν, αλλά δεν κατάλαβα ότι η ερώτηση ήταν για αυτό το πείραμα.

E: Τι θεωρείς ότι έφταιξε και δεν θυμήθηκες το πείραμα του εργαστηρίου για να απαντήσεις αυτή την ερώτηση;

P: Ότι είδαμε πολλά πειράματα στο εργαστήριο και ότι πέρασε καιρός από τότε.

E: Γενικά θεωρείς το εργαστήριο βοηθητικό ή όχι;

P: Εννοείται βοηθητικό γιατί μας δίνει την εικόνα... το βλέπουμε μπροστά μας.

E: Αν είχες να συγκρίνεις μεταξύ του πραγματικού εργαστηρίου που πήγαμε και του εικονικού εργαστηρίου, που υποθέτω θα θυμάσαι ότι τα είδαμε και αυτά, τι θεωρείς ότι σε βοηθάει περισσότερο στην κατανόηση των κυκλωμάτων, το πραγματικό εργαστήριο ή το εικονικό;

P: Νομίζω το πραγματικό γιατί το κάνουμε εμείς πρακτική... ουσιαστικά αυτά που έχουμε μάθει στην τάξη τα κάνουμε στην πράξη.

E: Παρόλα αυτά το εικονικό εργαστήριο το βρίσκεις βοηθητικό στην κατανόηση ή όχι;

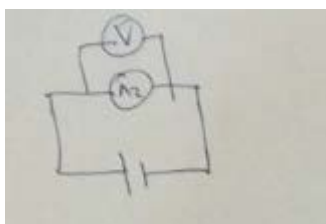
P: Εννοείται σίγουρα βοηθάει και αυτό αλλά θεωρώ ότι περισσότερο με βοήθησε το πραγματικό.

E: Ας δούμε και την ερώτηση 48: «ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στο λαμπτήρα 2... αν ο λαμπτήρας ένα καεί, τι θα δείχνει το βολτόμετρο;»... η απάντησή σου είναι «την τάση της πηγής»... μπορείς να μου εξηγήσεις πως το σκέφτηκες;

P: Υπέθεσα ότι αν καεί ο λαμπτήρας 1 τότε στην αντίσταση του Λ_2 επειδή είναι συνδεδεμένο το βολτόμετρο, θα δείξει την ολική την τάση της πηγής

E: Μπορείς να μου σχεδιάσεις το κύκλωμα πως το φαντάζεσαι όταν ο λαμπτήρας ένα έχει καεί;

P: Ναι (σχεδιάζει το σχήμα 12)



Σχήμα 12

E: Δεν μου λες... όταν ένας λαμπτήρας καίγεται τι πιστεύεις ότι συμβαίνει μέσα του;

P: (σκέφτεται) ... η τάση του αυξάνεται ραγδαία και καίγεται.

E: Ευχαριστώ πολύ.

P: Να είστε καλά.

Συνέντευξη 9:

Η Χ... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 1

E: Γεια σου.

X: Γεια σας.

E: Σε ενημερώνω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται... συμφωνείς;

X: Ναι.

E: Ωραία... ξεκινάμε με την ερώτηση 3, λέει: «σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά, τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα;»... εσύ απάντησες δεν αλλάζει τίποτα...μπορείς να μου πεις το σκέφτηκες και απάντησες;

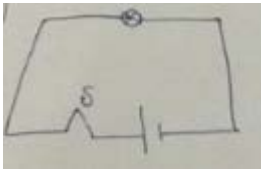
X: Στην αρχή σκέφτηκα ότι επειδή το κύκλωμα είναι σε σειρά, η λάμπα η πρώτη θα ανάβει πιο πολύ από τη δεύτερη.... πράγμα που δεν ισχύει... μετά στην πορεία άλλαξα και είπα ότι πάλι δεν θα αλλάξει κάτι άμα βγάλουμε μία λάμπα, γιατί και στο σπίτι όταν βγάζουμε μία λάμπα από το πολύφωτο δεν αλλάζει κάτι... πάλι ανάβουν οι λάμπες... οι υπόλοιπες.

E: Πολύ ωραία... να σε ρωτήσω κάτι: στο σπίτι οι λάμπες στο πολύφωτο πιστεύεις ότι είναι συνδεδεμένες σε σειρά;

X: Όχι σε όλα τα δωμάτια... ίσως...

E: Δεν μου λες τώρα... εάν εδώ πέρα (δείχνει το κύκλωμα με τους δυο λαμπτήρες παράλληλα) αν ξεβιδώσουμε τον ένα λαμπτήρα, μπορείς να μου σχεδιάσεις εδώ πώς θα είναι το κύκλωμα;

X: Ναι (σχεδιάζει το σχήμα 13) κάπως έτσι.



Σχήμα 13

E: Δηλαδή εδώ που υπήρχε ο λαμπτήρας που ξεβιδώσαμε έκλεισε κάπως το κύκλωμα;

X: Είναι κλειστό το κύκλωμα εκεί ναι.

E: Δεν μου λες... θυμάσαι στο εργαστήριο όταν πήγαμε ότι κάναμε ένα τέτοιο πείραμα με δύο λαμπάκια στη σειρά; θυμάσαι τι συνέβαινε στον άλλο λαμπτήρα όταν ξεβιδώνατε τον έναν;

X: Νομίζω έσβηνε ο άλλος

E: Το θυμήθηκες... μπορείς να μου πεις τώρα, όταν απαντούσες αυτή την ερώτηση θυμόσουν το πείραμα στο εργαστήριο ή όχι;

X: Όχι... τώρα που το συζητήσαμε το θυμήθηκα.

E: Τι πιστεύεις ότι μεσολάβησε και ξέχασες αυτό που κάναμε στο εργαστήριο;

X: Είχαμε καιρό που το κάναμε... δεν κάνουμε και επανάληψη... για αυτό.

E: Ωραία επίσης θέλω να ρωτήσω κάτι άλλο... το ίδιο πράγμα σας το είχα δείξει και σε ένα τέτοιο εικονικό εργαστήριο όπως αυτό που βλέπεις τώρα (δείχνει το εικονικό εργαστήριο PhET στον υπολογιστή) αυτό το πείραμα το θυμόσουν;

X: Όχι.

E: Ποιο από τα δύο πειράματα θεωρείς ότι είναι πιο βοηθητικό για έναν μαθητή;

X: Το πραγματικό, αυτό που φτιάχνουμε εμείς... γιατί το βλέπουμε με τα μάτια μας πώς γίνεται και μας είναι πιο εύκολο μετά στο μυαλό πάρα πολύ.

E: Προχωράμε στην ερώτηση 5 ... μας λέει: « σε ένα κύκλωμα μία ιδανική πηγή συνδέεται με δύο ίδιους λαμπτήρες παράλληλα... αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα τι συμβαίνει στον άλλον;» εσύ απάντησες ο άλλος φωτίζει περισσότερο ...αυτό μπορείς να μου εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

X: Επειδή η μοιράζονται το ίδιο ρεύμα φαντάστηκα ότι μετά μόνος του το τραβάει όλο το ρεύμα και θα είναι σε σειρά το κύκλωμά μας... οπότε θα περνάει πιο πολύ ρεύμα.

E: Ωραία...Μπορείς να μου πεις από τι εξαρτάται το πόσο πολύ φωτίζει ο λαμπτήρας;

X: Από την μπαταρία ...δηλαδή από την τάση της μπαταρίας.

E: Άλλαξε η πηγή;

X: Όχι.

E: Επομένως γιατί να φωτίζει περισσότερο από δεύτερος λαμπτήρας αφού έμεινε ίδια η πηγή και όπως λες εξαρτάται από την πηγή το πόσο φωτίζει ένας λαμπτήρας; πώς το σκέφτεσαι τώρα;

X: Τώρα που το σκέφτομαι είναι σε είναι παράλληλη σύνδεση, οπότε και πάλι θα ναι η ίδια η τάση... οπότε θα φωτίζει το ίδιο.

E: Πολύ ωραία... θυμάσαι ότι και αυτό το πείραμα το είχαμε κάνει στο εργαστήριο; Όταν το έκανες αυτό σου ήρθε καθόλου στο μυαλό ή όχι;

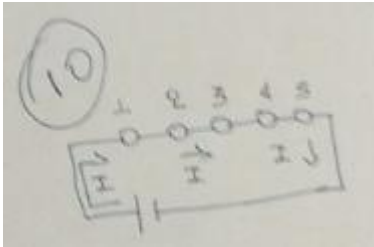
X: Όχι... το' χα ξεχάσει εντελώς ... πέρασε πολύς καιρός ...είχαμε ασχοληθεί και με άλλα πράγματα... είχαμε προχωρήσει την ύλη.

E: Στην ερώτηση 10 λέει ότι σε ένα κύκλωμα με τέσσερις ίδιους λαμπτήρες και μία μπαταρία σε σειρά... απάντησες ότι ο λαμπτήρας που είναι πιο κοντά στο θετικό πόλο της μπαταρίας φωτίζει περισσότερο... μπορείς να μου εξηγήσεις γιατί θεώρησες κάτι τέτοιο;

X: Γιατί θεώρησα ότι τα ηλεκτρόνια πηγαίνουνε όπως είχαμε πει, ότι περνάνε πρώτα από το θετικό προς την αρνητικό πόλο... οπότε θεώρησα ότι επειδή η λάμπα που παίρνει το πρώτο ρεύμα θα ανάβει πιο πολύ από τις άλλες.

E: Θα μπορούσες να μου σχεδιάσεις εδώ το ίδιο κύκλωμα βάζοντας μου και τη φορά του ρεύματος όπως τη φαντάζεσαι;

X: Ναι (σχεδιάζει το σχήμα 14).



Σχήμα 14

E: Αν είχες ένα χρονόμετρο και σαν χρονική στιγμή μηδέν βάζαμε τη στιγμή που κλείνουμε τον διακόπτη...μπορείς να μου σχεδιάσεις τη σειρά με την οποία θα άναβαν οι 4 λαμπτήρες;

X: Ναι (σχεδιάζει τα 1,2,3,4 στο σχήμα 14)

E: Το ίδιο πείραμα του είχαμε δει στο εργαστήριο όχι με τέσσερις λαμπτήρες αλλά με δύο... θυμάσαι όταν κλείναμε τον διακόπτη, περιμέναμε και άναβε μετά από λίγη ώρα ο ένας λαμπτήρας, μετά ο άλλος ή είδαμε κάτι άλλο;

X: Νομίζω ανάβανε και τα δύο ταυτόχρονα.

E: Άρα η σωστή απάντηση είναι αυτή ...πάλι όταν απαντούσες αυτή την ερώτηση έφερες καθόλου το στο μυαλό σου το πείραμα;

X: Όχι είχα απαντήσει με βάση αυτά που διάβαζα και δεν σκέφτηκα καθόλου το πείραμα... όταν λύνουμε ασκήσεις κύριε δεν σκέφτομαι τα πειράματα, αλλά πώς θα λύσω την άσκηση...γιατί χρειάζεται να βρω τη λύση.

E: Θεωρείς χρήσιμη την παρουσία μας τα εργαστήρια, είτε το εικονικό είτε το πραγματικό;

X: Ναι, γιατί μας δίνει να καταλάβουμε πιο εύκολα ένα πείραμα ή να έχουμε μία εικόνα στο μυαλό μας με το τι συμβαίνει;

E: Ωραία... ποιο από τα δύο εργαστήρια θεωρείς ότι είναι πιο βοηθητικό για έναν μαθητή το εργαστήριο το πραγματικό ή το εικονικό;

X: Το πραγματικό γιατί προσπαθούμε και εμείς μόνοι μας να το φτιάξουμε και το επεξεργαζόμαστε κάπως αλλιώς στο μυαλό μας.

E: Πάρα πολύ ωραία σε ευχαριστώ πολύ.

X: Και εγώ.

Συνέντευξη 10

Η Χρ... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 1

E: Γεια σου.

Χρ: Γεια σας.

E: Να σε ενημερώσω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται...συμφωνείς;

Χρ: Ναι συμφωνώ.

Ε: Ας ξεκινήσουμε από την ερώτηση 3... λέει: «σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον έναν λαμπτήρα;» και εσύ απάντησες ότι ο άλλος θα φωτίζει περισσότερο.... μπορείς να μου εξηγήσεις λίγο πώς το σκέφτηκες;

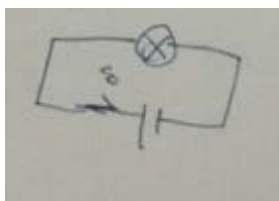
Χρ: Η αλήθεια είναι ότι την προηγούμενη φορά που τα είχαμε κάνει, πριν κάνουμε τα πειράματα (εννοεί το pre_test) , είχα βάλει ότι δεν θα αλλάξει τίποτα... μετά που κάναμε τα πειράματα... εγώ θυμόμουν ότι, δεν ξέρω για ποιο λόγο, ότι τον βάζαμε τον δεύτερο λαμπτήρα και κατέβαινε η ένταση με την οποία ανάβει το φως... οπότε πίστευα θα γίνει το αντίθετο άμα βγάzaμε το λαμπτήρα

Ε: Μάλιστα δηλαδή θεώρησες ότι όταν αφαιρέσουμε το λαμπτήρα θα φωτίσει περισσότερο αυτός ο άλλος;

Χρ: Ναι αυτός που απομένει

Ε: Δεν μου λες... μπορείς να μου σχεδιάσεις λίγο εδώ το κύκλωμα; πώς το φαντάζεσαι ότι θα είναι αν ξεβιδώσω τον ένα λαμπτήρα, πώς θα είναι το κύκλωμα;

Χρ: (σχεδιάζει το σχήμα 15)



Σχήμα 15

Ε: Δεν μου λες, δηλαδή εδώ στη θέση του λαμπτήρα που ξεβιδώσαμε ενώθηκαν τα δύο καλώδια;

Χρ: εεε έτσι το σκέφτηκα (γέλια)

Ε: Στο πείραμα που κάναμε στο εργαστήριο, είπες το θυμάσαι... θυμάσαι τι πραγματικά συνέβαινε όταν ξεβιδώνατε τον ένα λαμπτήρα;

Χρ: Έσβησαν όλα... γιατί δεν ήταν συνδεδεμένα τα καλώδια μεταξύ τους... ουσιαστικά έμενε κενό στη θέση του λαμπτήρα που ξεβιδώσαμε.

Ε: Τώρα θέλω να σε ρωτήσω κάτι... είπες το πείραμα το θυμήθηκες (γνέφει καταφατικά), όταν απαντούσες στην ερώτηση... παρόλα αυτά απάντησες λάθος... τι πιστεύεις ότι πήγε στραβά; δηλαδή για ποιο λόγο θεωρείς ότι δεν σε βοήθησε το πείραμα να απαντήσεις αυτή την ερώτηση;

Χρ: Επειδή σκεφτόμουν το πείραμα και τότε είχαμε βγάλει κατευθείαν τον λαμπτήρα και ξανασυνδέσαμε αμέσως τον άλλον και έφεγγε πιο δυνατά. Δεν σκέφτηκα ότι ρωτάει αμέσως μετά που ξεβιδώσαμε τον λαμπτήρα, χωρίς να ξανασυνδέσουμε τι έγινε. Αυτό το θυμόμουν... ότι σβήνει.

Ε: Άρα θεωρείς ότι έφταιγε η διατύπωση της ερώτησης εδώ;

Χρ: Εεε ναι κύριε... μπορεί και εγώ να μην το κατάλαβα καλά...και το σκεφτόμουν ...λέω τα συνδέουμε ξανά τα καλώδια ή τα αφήνουμε έτσι;

Ε: Δεν μου λες... αυτό εδώ το εικονικό εργαστήριο το θυμάσαι; (δείχνει το εικονικό εργαστήριο PhET – εικόνα 10)

Χρ: Ναι το ίδιο πείραμα είναι.

Ε: Ποιο θεωρείς πιο βοηθητικό για έναν μαθητή το πραγματικό εργαστήριο ή το εικονικό;

Χρ: Το εικονικό είναι πιο εύκολα προσβάσιμο, ενώ το πραγματικό επειδή παίρνεις και εσύ μέρος σε αυτό, μπορείς να δεις κι άλλες περιπτώσεις εκείνη τη στιγμή στην μπροστά σου.

Ε: Αν σου έλεγα να επιλέξεις ένα, ποιο θα επέλεγες;

Χρ: Το πραγματικό σίγουρα ... γιατί στο πραγματικό ξέρω ακριβώς τι κάνω... και γιατί εγώ επιλέγω τις κινήσεις μου... ενώ στο λογισμικό, στο εικονικό, δεν ξέρω ακριβώς τι κάνει το πρόγραμμα.

Ε: Στην ερώτηση 6 λέει το ρεύμα που παράγει μια μπαταρία εξαντλείται καθώς περνά μέσα από τους αγωγούς και λες: ναι εξαντλείται και εξαρτάται από τον αγωγό. Μπορείς να μου εξηγήσεις τι θεωρείς ότι σημαίνει η λέξη εξαντλείται; το ρεύμα εξαντλείται... τι θεωρείς ότι σημαίνει;

Χρ: Ότι κάποια στιγμή τελειώνει η μπαταρία. Εγώ έτσι το κατάλαβα... ότι κάποια στιγμή τελειώνει η ένταση της μπαταρίας και για αυτό το λόγο κάποτε θα σταματήσει να υπάρχει ρεύμα.

Ε: Ωραία... λέγοντας ότι εξαντλείται το ρεύμα περνώντας από το λαμπτήρα, πώς ακριβώς το εννοείς;

Χρ: Επειδή ο λαμπτήρας έχει μία αντίσταση... μία δικιά του αντίσταση μέσα... πίστευα ότι ουσιαστικά... επειδή δυσκολεύεται το ρεύμα να περάσει ...και κατά τη διάρκεια μετατρέπεται το ρεύμα σε θερμότητα... λόγω του αντιστάτη πιστεύω ότι κάποια στιγμή θα εξαντληθεί τόσο πολύ, ώστε όλο το ρεύμα θα γίνει θερμότητα.

Ε: Δηλαδή η ένταση του ρεύματος και η θερμότητα είναι το ίδιο πράγμα;

Χρ: Όχι (με έμφαση) εκείνη τη στιγμή έτσι το σκέφτηκα...τώρα σκέφτομαι και τον κανόνα του Kirchhoff, όσο ρεύμα μπαίνει τόσο βγαίνει, άρα διατηρείται... το β είναι (με σιγουριά).

Ε: Προχωράμε τώρα στην ερώτηση 14: «σε ένα κύκλωμα συνδέεται ένας λαμπτήρας και μία ηλεκτρική πηγή, αν συνδέσουμε ακόμα έναν ίδιο λαμπτήρα σε σειρά τότε...» λέει η ένταση που διαρρέει το κύκλωμα... και εσύ λες παραμένει σταθερή.

Χρ: Σκέφτηκα ότι είτε βάλω ένα παραπάνω λαμπτήρα, είτε όχι, δεν θα αλλάξει κάτι... αλλά από την άλλη, τώρα που το ξανασκέφτομαι, ίσως όταν βάζω, θα πάρω διπλάσια αντίσταση από αυτή που είχα πριν και κατά συνέπεια θα γίνει μισή η ένταση.

Ε: Μάλιστα... ας προχωρήσουμε και σε μία ακόμη στην ερώτηση, την 40... όπου μας λέει ότι όταν αφαιρέσουμε ένα λαμπτήρα από μία παράλληλη σύνδεση με ιδανική πηγή, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των υπόλοιπων λαμπτήρων; Εδώ λες αυξάνεται... πώς το σκέφτηκες;

Χρ: Αυτή τη στιγμή δεν το έχω σχεδιάσει για να το σκεφτώ καλύτερα... γιατί τώρα όμως που είναι παράλληλα είναι σαν το ρεύμα έτσι όπως πηγαίνει να μοιράζεται. Αν αφαιρέσουμε τον έναν ο άλλος θα ανάβει το ίδιο, γιατί η πηγή δεν άλλαξε... η τάση στην παράλληλη είναι ίδια.

Ε: Πάλι αυτό το είχαμε δει στο εργαστήριο... το θυμήθηκες;

Χρ: Ναι θυμήθηκα ότι όταν ξεβιδώναμε τον έναν λαμπτήρα ο άλλος άναβε.

Ε: Πάμε και σε μια τελευταία ερώτηση την 48... κύκλωμα με δύο λαμπτήρες οι οποίοι είναι σε σειρά και έχουμε και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στο λαμπτήρα 2... όπως βλέπεις το κύκλωμα...και λέει εάν ο λαμπτήρας 1 καεί, τι δείχνει το βολτόμετρο; και εσύ λες την τάση της πηγής...αυτό πες μου λίγο πώς το σκέφτηκες;

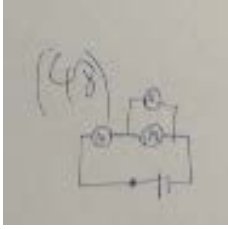
Χρ: Σκέφτηκα το ότι εφόσον δεν θα λειτουργεί ο λαμπτήρας... αλλά και πάλι στο μυαλό μου είχα δεδομένο το ότι συνδέουμε ξανά τα καλώδια και ξαναπερνάει το ρεύμα... σκέφτηκα το ότι όσο δίνει τάση η πηγή, τόσο θα περνάει και από τον λαμπτήρα 2... άρα λέω δεν θα αλλάξει κάτι.

Ε: Ενώ τώρα που το ξανασκέφτεσαι τι θα έλεγες;

Χρ: Τώρα πιστεύω ότι θα έδειχνε μηδενική τάση γιατί δεν θα περνούσε ρεύμα.

Ε: Μπορείς να μου σχεδιάσεις πώς θα ήταν το κύκλωμα

Χρ: Ναι (σχεδιάζει το σχήμα 16)



Σχήμα 16

Ε: Και πάλι σε ρωτάω, μεταξύ των δύο εργαστηρίων του εικονικού και του πραγματικού ποιο θα προτιμούσες; Τι θα επέλεγες;

Χρ: Εεε πάλι το πραγματικό... γιατί όταν το βλέπεις από κοντά καταλαβαίνεις τι ακριβώς γίνεται... δηλαδή εγώ είμαι πιο οπτικός τύπος... δηλαδή θέλω να το βλέπω από κοντά για να καταλαβαίνω τι γίνεται.

Ε: Πάρα πολύ ωραία... ευχαριστώ πολύ!

Χρ: Και εγώ.

Συνέντευξη 11

Η Κ... είναι μαθήτρια της Β Λυκείου και ήταν στο τμήμα 1

Ε: Γεια σου.

Κ: Γεια σας.

Ε: Να σε ενημερώσω ότι συνέντευξη ηχογραφείται... συμφωνείς;

Κ: Ναι συμφωνώ.

Ε: Ωραία... ξεκινάμε λοιπόν από την ερώτηση 2 που απάντησες λάθος: «σε ένα κύκλωμα με μία μπαταρία έναν ανοιχτό διακόπτη και δύο λαμπτήρες λ1 λ2 σε σειρά αν κλείσουμε τον διακόπτη...» απαντάς πρώτα θα ανάψει ο λαμπτήρας 1 και μετά ο λ2... μπορείς να μου εξηγήσεις λίγο πώς το σκέφτηκες;

K: Επειδή ο λαμπτήρας ένα είναι πιο κοντά στην πηγή, σκέφτηκα ότι το ρεύμα πρώτα θα περάσει από το λαμπτήρα ένα και στη συνέχεια το λαμπτήρα δύο...

E: Άρα θεωρείς ότι το ρεύμα ξεκινάει από πού;

K: Από το θετικό πόλο πάει προς την αρνητικό.... επομένως πρώτα ανάβει ο ένα

E: Ωραία να σε ρωτήσω κάτι άλλο... θυμάσαι ήταν κάναμε το πείραμα αυτό στο εργαστήριο;

K: Ναι το θυμάμαι.

E: Όταν κλείσαμε τον διακόπτη ότι συνέβη αυτό που λες τώρα;

K: Όχι... όχι άναψαν μαζί.

E: Ωραία δηλαδή στο πραγματικό εργαστήριο ανάβουν ταυτόχρονα.

K: Ναι ταυτόχρονα.

E: Δεν μου λες τώρα, όταν απαντούσες αυτή την ερώτηση έφερες στο μυαλό σου καθόλου το πείραμα;

K: Όχι...βασικά σκέφτηκα ότι έστω και με πολύ λίγη διαφορά χρόνου θα ανάψει ο λαμπτήρες ένα... δηλαδή για πολύ λίγο... πάρα πολύ λίγο...αλλά τελικά έκανα λάθος.

E: Το εργαστήριο όπως το είδαμε, θεωρείς ότι είναι βοηθητικό;

K: Τώρα που το σκέφτομαι σίγουρα.

E: Τι νομίζεις ότι έφταιξε και δεν το έφερες στο μυαλό σου όταν απαντούσες;

K: Δεν ξέρω ... ήταν πολλές οι ερωτήσεις και αγχώθηκα ότι δεν θα προλάβω.

E: Τώρα με την ησυχία σου αν το σε έβαζε κάποιος μόνο αυτή την ερώτηση θα την απαντούσες φέρνοντας στο μυαλό σου το εργαστήριο;

K: Ναι σίγουρα θα το σκεφτόμουν...δηλαδή έτσι νομίζω.

E: Κάτι άλλο θέλω να σε ρωτήσω... το ίδιο ακριβώς πείραμα το είχαμε κάνει αν θυμάσαι και σε ένα εικονικό εργαστήριο εδώ πέρα (της δείχνει την εικόνα 10-εργαστήριο PhET στον υπολογιστή).

K: Ναι το θυμάμαι με τα καλώδια που βγάσαμε.

E: Τώρα συγκρίνοντας τα δύο εργαστήρια ποιο θεωρείς ότι είναι πιο βοηθητικό για έναν μαθητή ένα καλό μαθητή ή μία καλή μαθήτρια όπως είσαι εσύ;

K: Το πρώτο εργαστήριο που κάναμε στο εργαστήριο της φυσικής, γιατί ήταν πιο βιωματικό... δηλαδή το θυμάμαι να το έβλεπα...

E: Εδώ (της δείχνει το εικονικό εργαστήριο) δεν το βλέπεις;

K: (γελάει) και εδώ το βλέπω...αλλά δεν μπορώ να το νιώσω...να το αισθανθώ ότι ανάβουνε και οι δύο.

E: Πολύ ωραία ... Θεωρείς ότι κάποιος παρεμβαίνει στο εικονικό εργαστήρια και το φτιάχνει ας πούμε όπως θέλει να φαίνεται;

K: Δεν ξέρω... μου φαίνεται πιο στημένο, πιο ιδανικό...ενώ στο άλλο ό,τι είναι να γίνει θα γίνει (γελάει) εκεί (εννοεί στο πραγματικό εργαστήριο) είναι πιο χαλαρά...συμβαίνουνε και λάθη, όπως τότε που κάψαμε το αμπερόμετρο (γελάει) ... εδώ όλα πάνε καλά.

E: Ας πάμε λίγο τώρα στην ερώτηση 40 που επίσης απάτησες λάθος: «όταν αφαιρέσουμε έναν λαμπτήρα από μία παράλληλη σύνδεση με ιδανική πηγή, τι συμβαίνει με τη φωτεινότητα των υπόλοιπων λαμπτήρων;» και εσύ απάντησες ότι παραμένει ίδια...

K: Επειδή είναι παράλληλη σύνδεση σκέφτηκα ότι δεν θα αλλάξει.

E: Ας πάμε λίγο και σε μια ερώτηση που απάντησες σωστά... είναι η ερώτηση 3: «σε ένα κύκλωμα με δύο ίδιους λαμπτήρες σε σειρά τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα;... και λες ο άλλος λαμπτήρας σβήνει ...

K: Θυμήθηκα το πείραμα το πείραμα... εγώ δεν το πίστευα τότε ότι θα σβήσει αλλά όταν το ξεβιδώσαμε έσβησε

E: Τι θα πρότεινες να γίνεται σε όλη την σχολική χρονιά σε σχέση με το εργαστήριο; θα έπρεπε να γίνονται περισσότερα πειράματα

K: Ναι για να δούμε κι εμείς οι μαθητές τι πραγματικά τι συμβαίνει... όχι μόνο στη θεωρία

E: Στη διάρκεια ας πούμε του μήνα που έχουμε συνολικά 8 ώρες μάθημα, πόσες ώρες θα έλεγες ότι θα χρειαζόταν να κάνουμε εργαστήριο;

K: Δύο...αν όχι τρεις... τρεις είναι υπερβολικές γιατί πρέπει να παραδοθεί και η θεωρία... αλλά σίγουρα πιο πολλά πειράματα χρειάζεται ειδικά στη φυσική για να το καταλαβαίνουμε και εμείς πώς γίνεται στον κόσμο τον αληθινό

E: Θεωρείς ότι η θεωρία που είπες... θα μπορούσε να παρουσιαστεί μέσα από πείραμα

K: Ναι θα ήταν προτιμότερο ας πούμε κάθε μέρα να συνοδεύεται και από ένα πείραμα...ένα μάθημα πιο διαδραστικό για τα παιδιά ...και νομίζω ότι πιο πολλά παιδιά θα συμμετείχανε στο μάθημα ενεργά

E: Πάρα πολύ ωραία σε ευχαριστώ πολύ

K: Παρακαλώ

Συνέντευξη 12:

Ο Σ ... είναι μαθητής Β λυκείου και ήταν στο Τμήμα 1

E: Γεια σου να σε ενημερώσω ότι η συνέντευξη ηχογραφείται... συμφωνείς;

Σ: Ναι βέβαια.

Ε: Ωραία, ας ξεκινήσουμε από την ερώτηση 3... στη διαβάζω «σε ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά τι συμβαίνει αν ξεβιδώσουμε και αφαιρέσουμε τον ένα λαμπτήρα;»... απάντησες ο άλλος λαμπτήρας φωτίζει περισσότερο... μπορείς να μου εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

Σ: Κοιτάζετε, η αλήθεια είναι ότι σε αυτή την απάντηση εγώ βασίστηκα λίγο εμπειρικά... σε μία δική μου εμπειρία... γιατί θυμόμουν κάποια στιγμή ότι είχα μία συσκευή στην οποία είχε δύο λαμπάκια και όταν είχα ξεβιδώσει το ένα το άλλο είχε φωτίσει λίγο λιγότερο... τώρα βέβαια αυτό δεν ξέρω, εφόσον δεν ισχύει, δεν ξέρω πώς έγινε... μήπως είχε κάποιον αλλά αντιστάτη... ή μήπως είχε κάποιο άλλο σύστημα μέσα, το οποίο του επέτρεπε να φωτίζει λιγότερο... αλλά ναι η αλήθεια είναι ότι αυτό σκέφτηκα και όχι τόσο τις γνώσεις μου.

Ε: Πολύ ωραία... Θυμάσαι αυτό το πείραμα που το είχαμε κάνει στο εργαστήριο; που είχαμε βάλει δύο λαμπάκια σε σειρά και το ένα το ξεβιδώσατε;

Σ: Ναι, φυσικά.

Ε: Μήπως θυμάσαι τι συνέβη στον άλλο λαμπτήρα;

Σ: Ναι η αλήθεια είναι ότι όταν απάντησα ο άλλος λαμπτήρας ανάβει περισσότερο, θυμήθηκα αμέσως ότι είχαμε κάνει ένα πείραμα μαζί... και ότι όντως ο άλλος λαμπτήρας σβήνει.

Ε: Ωραία... να σε ρωτήσω τώρα, όταν έκανες στην ερώτηση αυτή δεν έφερες στο μυαλό σου το πείραμα που είχαμε κάνει;

Σ: Όχι γιατί αλήθεια είναι πρώτα μου ήρθε το εμπειρικό που είπα πριν και μετά το πείραμα.

Ε: Τι πιστεύεις ότι φταίει για αυτό; ας πούμε γιατί δεν έφερες στο μυαλό σου την εμπειρία του εργαστηρίου αλλά πηγες στη δική σου εμπειρία;

Σ: Ξέρετε τι... νομίζω ότι, όχι μόνο για μένα αλλά και για τους περισσότερους, τα προσωπικά μας βιώματα συνήθως μας είναι λίγο πιο καλά εντυπωμένα... βέβαια ευτυχώς ή δυστυχώς στο κεφάλι μας, παρά αυτό που κάναμε σε ένα εργαστήριο... που βέβαια εντάξει ήτανε αρκετά

ενδιαφέρουν αυτό που κάναμε, απλά δεν μου είχε εντυπωθεί τόσο καθαρά στο μυαλό όσο μία εμπειρία μου.

Ε: Δηλαδή, δεν σε έπεισε το γεγονός ότι το είδαμε στο εργαστήριο, αλλά εμπιστεύτηκες τη δική σου εμπειρία;

Σ: Με έπεισε... απλά η αλήθεια είναι ότι ίσως και από βιασύνη, προσπάθησα να σκεφτώ την καλύτερη δυνατή απάντηση στο πιο σύντομο χρονικό διάστημα ...για να μη μου πάρει πάρα πολύ χρόνο... και αυτό μου ήρθε πιο γρήγορα στο μυαλό.

Ε: Ωραία... θυμάσαι που είχαμε κάνει το ίδιο πράγμα και σε ένα εικονικό εργαστήριο; που βάζαμε λαμπάκια σε σειρά και τα συνδέαμε; το έχεις αυτό σαν εικόνα στο μυαλό σου;

Σ: Αμυδρά, ναι

Ε: Εάν σου έλεγα να συγκρίνεις ή να διαλέξεις είδος εργαστηρίου θεωρείς ότι έχει μεγαλύτερο όφελος για έναν μαθητή, το πραγματικό εργαστήριο ή το εικονικό;

Σ: Είναι το ζωντανά εργαστήριο, το δια ζώσης... γιατί είναι ας πούμε... αυτό που λέω ότι συνοδεύεται και από μία εμπειρία... γιατί αν κάποιος δεν έχει κάποιο άλλο βίωμα, πιο εύκολα θα θυμηθεί ότι ααα ναι τότε πήγαμε στο εργαστήριο και ο καθηγητής μας έδειξε αυτό... και το είδα και το έκανα και εγώ ίσως... παρά το να είναι στην τάξη στον διαδραστικό ή στον υπολογιστή και απλά να το δει... γιατί αυτό μένει απλώς μια πληροφορία... ενώ το άλλο (εννοεί το πραγματικό εργαστήριο) μένει και ως ανάμνηση.

Ε: Πάρα πολύ ωραία... συνεχίζουμε με την ερώτηση 8... στη διαβάζω: «αν ενώσουμε τα δύο άκρα μιας μπαταρίας με έναν αγωγό χωρίς άλλες συσκευές, τι θα συμβεί;»... και βλέπεις και το σχήμα εδώ... εσύ απάντησες τίποτα, γιατί χρειάζεται λαμπτήρα... όταν λες τίποτα τι ακριβώς εννοείς; πώς το σκέφτεσαι το τίποτα; πες το μου λίγο έτσι πιο αναλυτικά;

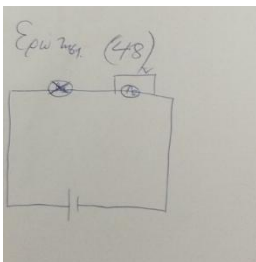
Σ: Την επέλεξα αυτή την απάντηση βασισμένος στο ότι αν συνδέσουμε τα δύο άκρα της μπαταρίας... δηλαδή βασισμένος στη λογική ότι αν συνδέσουμε τα δύο άκρα μιας μπαταρίας χωρίς να υπάρχει μία συσκευή, δεν θα μπορέσει ας πούμε να καταναλωθεί...γιατί ας πούμε έστω ότι έχουμε ένα μπουκαλάκι με νερό... έτσι με ένα λίτρο και αδειάζουμε το μισό λίτρο σε ένα ποτήρι και το ξαναρίξουμε μέσα, θα είναι πάλι ένα λίτρο το μπουκάλι... οπότε βασισμένος σε αυτή τη λογική απάντησα.

Ε: Μια τελευταία ερώτηση, 48... στη διαβάζω: «ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά και ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο παράλληλα στο λαμπτήρα λ 2, ο λαμπτήρας ένα καεί, τι δείχνει το βολτόμετρο;» είπες την τάση της πηγής... αυτό μπορείς να μου το εξηγήσεις πώς το σκέφτηκες;

Σ: Σκέφτηκα ότι το βολτόμετρο μετράει πάντα την τάση της μπαταρίας

Ε: Μπορείς να σχεδιάσεις το κύκλωμα με τον λαμπτήρα 1 καμένο;

Σ: Βέβαια (σχεδιάζει το σχήμα 17)



Σχήμα 17

Ε: Αυτό το X που έβαλες στον λαμπτήρα 1 τι υποδηλώνει;

Σ: Ότι είναι καμένος.

Ε: Ο λαμπτήρας έχει ένα συρματάκι μέσα.

Σ: Ναι το βλέπαμε.

Ε: Όταν καίγεται τι φαντάζεσαι ότι παθαίνει αυτό το συρματάκι;

Σ: Φαντάζομαι ότι πλέον έχει εξασθενήσει δύναμή του, οπότε μένει έτσι χωρίς να μπορεί να φωτοβολήσει... δηλαδή δεν έχει δύναμη να παράξει ρεύμα.

Ε: Δηλαδή το συρματάκι αυτό τι διαφορά έχει με το συρματάκι ενός λαμπτήρα που ανάβει;

Σ: Ότι πλέον δεν είναι αγωγίμο...δεν μπορεί να περάσει ρεύμα με την ίδια... με την ίδια δύναμη ας πούμε.

Ε: Παρόλα αυτά περνάει καθόλου ρεύμα;

Σ: Έστω και λίγο ναι... θεωρώ ότι λίγο περνάει για αυτό και αυτός εδώ (εννοεί ο δεύτερος) έχει τάση.

Ε: Ευχαριστώ πολύ!

Σ: Να είστε καλά.

7.3. Συνοδευτική επιστολή για γονείς-κηδεμόνες

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

Αγαπητοί Γονείς,

Στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας για το Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον» που διοργανώνουν το Παιδαγωγικό τμήμα Ειδικής Αγωγής και το τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πρόκειται να πραγματοποιήσω μια έρευνα με θέμα τις μαθητικές παρανοήσεις ή Εναλλακτικές Ιδέες των μαθητών/τριών στις Φυσικές Επιστήμες και το περιβάλλον. Στις φυσικές επιστήμες, **οι εναλλακτικές ιδέες** (ή αλλιώς *παρανοήσεις* ή *προϋπάρχουσες αντιλήψεις*) αναφέρονται σε αντιλήψεις ή εξηγήσεις για φυσικά φαινόμενα που έχουν διαμορφώσει οι μαθητές ή ακόμα και ενήλικες **πριν από την επίσημη επιστημονική εκπαίδευση** ή ανεξάρτητα από αυτήν. Συνήθως βασίζονται στην καθημερινή εμπειρία και λογική, αλλά δεν ευθυγραμμίζονται με τις επιστημονικά αποδεκτές εξηγήσεις.

Για την εκπόνηση της έρευνας που διεξάγω, θα ήθελα οι μαθητές/ήτριες, αφού απαντήσουν σε ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής σχετικά με τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα, να μου παραχωρήσουν μια συνέντευξη (εφόσον και οι ίδιοι/ες το επιθυμούν) στην οποία θα μου εξηγούν τον τρόπο με τον οποίον οδηγήθηκαν στις απαντήσεις που έδωσαν. Η συνέντευξη θα χρησιμοποιηθεί **ΑΝΩΝΥΜΑ** στην διπλωματική μου εργασία και για δική μου διευκόλυνση θα ήθελα να ηχογραφηθεί. Σας

παρακαλώ λοιπόν να συναινέσετε για την παραχώρηση της συνέντευξης, υπογράφοντας την υπεύθυνη δήλωση που σας αποστέλλω.

Σας Ευχαριστώ πολύ!

Με Εκτίμηση

Βαμβακίδης Δημήτριος , Φυσικός ΓΕ.Λ Σκύδρας

7.4. Προαιρετική Εργασία: Βρες το ηλεκτρικό σου αποτύπωμα.

Θέλεις να υπολογίσεις πόσα χρήματα σας κοστίζει το χρόνο η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας;

ΒΗΜΑ 1^ο :Δημιούργησε μια λίστα για τη χρήση ενέργειας στο σπίτι σου. Γράψε τις συσκευές που χρησιμοποιείτε στο σπίτι σας, τις ώρες που λειτουργούν κάθε μέρα, την ισχύ της κάθε συσκευής σε KW (κιλοβάτ) και την ενέργεια που καταναλώνει η κάθε συσκευή σε KWh (κιλοβατώρες).

Για παράδειγμα: Χρησιμοποιείτε πλυντήριο πιάτων; Ένα πλυντήριο; Στεγνώνετε τα μαλλιά σας με στεγνωτήρα μαλλιών; κ.λπ. Μην αφήσετε τίποτα έξω. Μην ξεχάσετε τα φώτα! Τα έχετε πάντα αναμμένα; Εάν δεν έχετε αρκετές γραμμές στον πίνακα, μη διστάσετε να χρησιμοποιήσετε το σημειωματάριό σας ή οποιοδήποτε άλλο εργαλείο

Γράψε τις παραπάνω τιμές σε έναν πίνακα όπως ο παρακάτω

Συσκευή	Ώρες που λειτουργεί /Μέρα	Ισχύς σε KW	Ενέργεια σε Κιλοβατώρες KWh/Μέρα
1 Λάμπα κουζίνας	6 ώρες	0.06 KW	0.36 KWh/Μέρα
2 Σίδερο	0.5 ώρες	2.8 KW	1.4 KWh/Μέρα
3 Φούρνος	2 ώρες	2 KW	4 KWh/Μέρα
4 Βραστήρας	0.25 ώρες	2.2 KW	0.55 KWh/Μέρα
5 Τηλεόραση	4 ώρες	0.075 KW	0.3 KWh/Μέρα
6 Τoστίερα	0.25 ώρες	0.7 KW	0.175 KWh/Μέρα
7 Ψυγείο	24 ώρες	0.4 KW	9.6 KWh/Μέρα
8 Πλυντήριο ρούχων	1 ώρα	0.75 KW	0.75 KWh/Μέρα
9 Πιστολάκι μαλλιών	0.16 ώρες	2.1 KW	0.336 KWh/Μέρα
10 Ηλεκτρική σκούπα	0.16 ώρες	0.8 KW	0.128 KWh/Μέρα

ΒΗΜΑ 2° :Ψάξε πόσο κοστίζει η τιμή της κάθε κιλοβατώρας στον πάροχο ενέργειας που χρησιμοποιείτε.

ΒΗΜΑ 3° :Στη συνέχεια βρες πόσες κιλοβατώρες καταναλώνετε στο σπίτι κάθε μέρα (άθροισε όλες τις καταναλώσεις που έγραψες στην 4η στήλη στον πίνακα που συμπλήρωσες) και πολλαπλασίασε επί 365 (ημέρες το χρόνο)

ΒΗΜΑ 4° :Πολλαπλασίασε την τιμή που βρήκες στο Βήμα 2 επί την τρέχουσα τιμή της κιλοβατώρας. Το νούμερο που βρήκες είναι (κατά προσέγγιση) τα χρήματα που δίνετε για ρεύμα σε ένα χρόνο.

Ερώτηση 1:

Εσείς και η οικογένειά σου χρησιμοποιείτε πολλές συσκευές; Είναι όλα απαραίτητα; Πρέπει πραγματικά να χρησιμοποιούμε όλες αυτές τις συσκευές και να τις χρησιμοποιούμε τόσο συχνά ή μπορούμε να τις χρησιμοποιούμε λίγο λιγότερο;

Ερώτηση2:

Στον παρακάτω σύνδεσμο μπορείς να δεις την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο σε όλο τον κόσμο. Σύγκρινε τις διάφορες χώρες και γράψε τα συμπεράσματά σου

<https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use?region=Europe>