

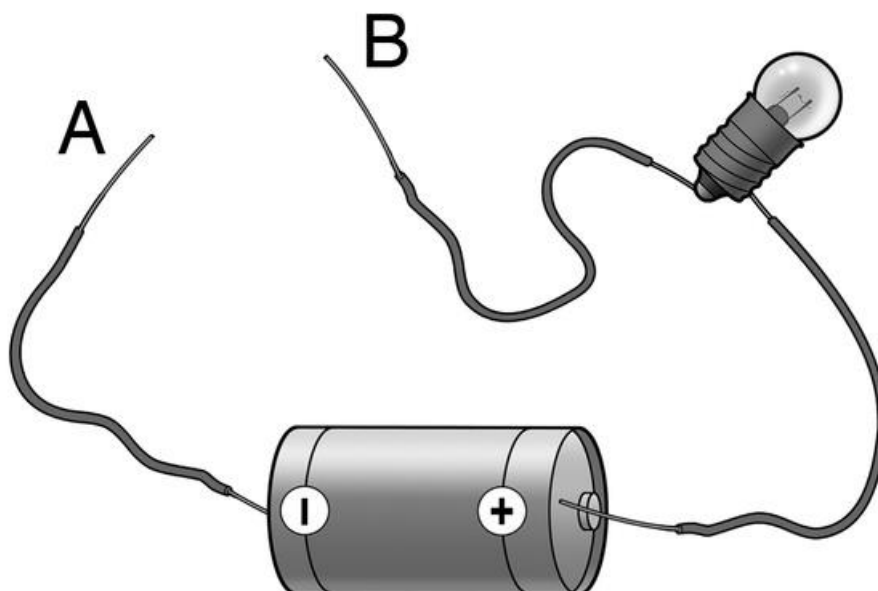
**ΡΑΛΛΕΙΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΘΗΛΕΩΝ ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**Σχολικό Έτος : 2016-2017**  
**ΤΑΞΗ Γ2β – ομάδα 1η**  
**Μάθημα : Τεχνολογία**

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

**Ποια υλικά είναι καλοί και ποια κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού;**

**ΜΕΛΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ**

<b>Τσιακμάκη Μαριεύη</b>	<b>( Συντονίστρια )</b>
<b>Χρονοπούλου Μάρθα</b>	<b>( Κατασκευάστρια )</b>
<b>Σταματάκου Σοφία</b>	<b>( Σχεδιάστρια )</b>
<b>Αλεξανδρή Εύη</b>	<b>( Συγγραφέας )</b>



**Καθηγητής : ΗΡ. ΝΤΟΥΣΗΣ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΑ-ΕΝΟΤΗΤΕΣ

ΣΕΛ.

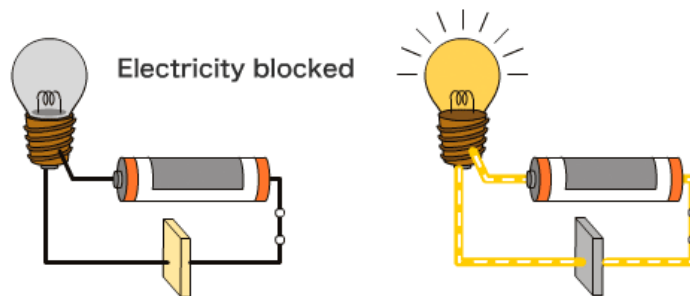
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	
2α. Περιγραφή του προβλήματος.....	3
2β. Περιγραφή του σκοπού της έρευνας.....	4
2γ. Περιγραφή των κοινωνικών αναγκών που εξυπηρετεί η έρευνα.....	4
2δ. Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας.....	6
2ε. Ανάλυση των παραμέτρων που θεωρήθηκαν ότι δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας.....	6
2στ. Περιγραφή των ορίων – περιορισμών της έρευνας.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΕΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ	
3α. Ιστορική αναδρομή.....	7
3β. Ορισμοί εννοιών που συνδέονται με την έρευνα .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
4α. Σχεδιασμός πειραματικής διάταξης – αιτιολόγηση επιλογών.....	11
4β. Διάγραμμα διαδικασίας του πειράματος.....	12
4γ. Εκτέλεση και φωτογραφίες του πειράματος.....	12
4δ. Κατάλογος υλικών- συσκευών- μηχανών-εργαλείων πειράματος και εκτίμησης κόστους της έρευνας .....	13
4ε. Παρουσίαση δεδομένων –μετρήσεων.....	14
4στ. Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ.....	16

### ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ομάδα μας στο μάθημα της τεχνολογίας, σχετικά με την πειραματική έρευνα που περιλαμβάνει η δραστηριότητα του μαθήματος στην γ' γυμνασίου, επέλεξε σαν θέμα, να ασχοληθεί με το ποια υλικά αποτελούν αγωγούς και ποια μονωτές του ηλεκτρισμού.

Και τα 4 μέλη της ομάδας αποφασίσαμε ομόφωνα, γιατί θεωρήσαμε πολύ ενδιαφέρον θέμα, να μελετήσουμε τον τρόπο που μπορούμε να εξακριβώσουμε το ποια υλικά κατατάσσονται στη κατηγορία αγωγοί και ποια μονωτές του ηλεκτρισμού.



**Εικόνα 1**

Η γραπτή μας έκθεση, θα σας παρουσιάσει, χρήσιμο θεωρητικό υλικό για τη σημαντική αυτή δραστηριότητα που ανήκει στην ηλεκτρολογία, αλλά και όλη τη διαδικασία του πειραματικού μέρους που ακολουθήσαμε στην έρευνά μας. Σαν υλικά διεξαγωγής της έρευνάς μας, όπως θα διαπιστώσετε επιλέξαμε υλικά της καθημερινότητάς μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

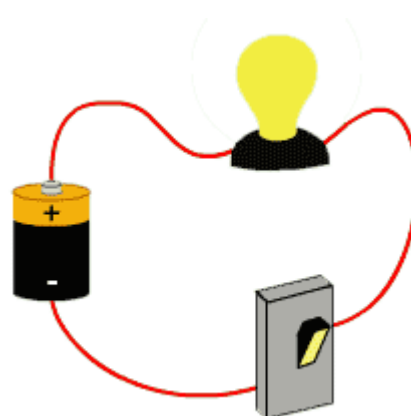
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ		ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	ΕΚΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ											
2	ΠΡΟΛΟΓΟΣ											
3	ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ											
4	ΣΥΛΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ-ΣΥΣΚΕΥΩΝ- ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ											
5	ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ											
6	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ											
7	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ											
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ											
9	ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ											
10	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΟΝΙΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ											
11	ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ											
12	ΑΥΤΟ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ											

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 2α.Περιγραφή του προβλήματος

Θέμα έρευνας : Η ομάδα μας επέλεξε να μελετήσει ένα θέμα σχετικό με την ηλεκτρική ενέργεια , που κυριαρχεί στην καθημερινότητά μας. Τα περισσότερα αντικείμενα γύρω μας τροφοδοτούνται από πρίζες ή και μπαταρίες. Όλες οι ηλεκτρικές μας συσκευές οφείλουν την λειτουργία τους στη «ροή» της ηλεκτρικής ενέργειας , που δημιουργείται από το συνδυασμό διαφόρων υλικών που αποτελούν , αυτό που ονομάζουμε ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ηλεκτρικό κύκλωμα ονομάζεται κάθε διάταξη που αποτελείται από αγωγίμους "δρόμους" μέσα από τους οποίους μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα. Σε ένα κύκλωμα που τροφοδοτείται από μπαταρία, υπάρχουν δύο αντίθετα φορτισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε ηλεκτρικούς πόλους ή αλλιώς ηλεκτρόδια. Μεταξύ των πόλων της μπαταρίας υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο, για αυτό αν συνδέσουμε τους πόλους με μεταλλικό σύρμα, ασκείται ηλεκτρική δύναμη στα ηλεκτρισμένα σωματίδια του σύρματος. Τα αρνητικά σωματίδια κινούνται από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας και στο σύρμα εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα . Αυτό ονομάζεται κλειστό κύκλωμα , όπως φαίνεται στην εικ.2.



**Εικόνα 2 :**  
**Κλειστό κύκλωμα**

Αν η κίνηση αυτή δεν είναι δυνατή, δηλ. τα αρνητικά σωματίδια δεν μπορούν να ακολουθήσουν μία κλειστή διαδρομή , δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα και το κύκλωμα ονομάζεται ανοικτό. Ένα κλειστό κύκλωμα μετατρέπεται σε ανοικτό και αντίστροφα, με τη χρήση του διακόπτη.

Τι είδους υλικά είναι κατάλληλα για την κατασκευή ενός κυκλώματος; Ποια επιτρέπουν την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος , εύκολα μέσα απ' αυτά; Όσα υλικά το επιτρέπουν τα ονομάζουμε αγωγούς. Οι πιο συνηθισμένοι αγωγοί είναι τα μέταλλα, π.χ. άργυρος, χαλκός, σίδηρος. Την ιδιότητα αυτή την ονομάζουμε ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Όμως εξ ίσου σημαντικά είναι και τα υλικά που εμποδίζουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσα απ' αυτά και τα ονομάζουμε μονωτές. Ορισμένοι μονωτές είναι το ξύλο, το γυαλί, το λάστιχο. Η γνώση των υλικών που ανήκουν στους μονωτές , μπορεί να βοηθήσει στην προστασία μας από ένα ηλεκτρικό σοκ όταν αγγίζουμε ένα σύρμα, ή να βοηθήσει στην προστασία ενός ευαίσθητου κυκλώματος από βλάβη. Για παράδειγμα, το καλώδιο ρεύματος για ένα φανάρι αποτελείται από μεταλλικά σύρματα μέσα σε ένα ελαστικό μονωτικό, και ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι μπορεί να έχει μια πλαστική θήκη που προστατεύει το κύκλωμα μέσα από βλάβη.

Επεξήγηση των ορίων της έρευνας : Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο τεχνολογίας του σχολείου μας , όπου εκτελέσαμε ένα πείραμα , σχηματίζοντας ένα απλό κύκλωμα με μια μπαταρία και ένα δοκίμιο ενός ανεμιστήρα που κινείται με τη βοήθεια ενός μικρού μοτέρ και το χρησιμοποιήσετε για να ελέγξουμε αν κάποια κοινά οικιακά υλικά είναι αγωγοί ή μονωτές.

### Ορισμός μεταβλητών :

**Ανεξάρτητη :** Διάφορα υλικά , όπως μεταλλικός συνδετήρας-πλαστικός συνδετήρας, αλουμινόχαρτο, μακετόχαρτο, ανταλλακτικό συρραπτικού , ξύλο, βαμμένο ξύλο, πλαστική ρόδα, κέρμα του € , μεταλλική βίδα, κεραμικό φλυτζάνι και αθλητικό ποτό Gatorade

**Εξαρτημένη :** Ο χαρακτηρισμός ως αγωγού η μονωτή του ηλεκτρισμού για το κάθε διαφορετικό υλικό

**Σταθερές :**

- ❖ Η χρήση του δοκιμίου, του ηλεκτρικού ανεμιστήρα που χρησιμοποιήσαμε στο πείραμα
- ❖ Η ίδια μπαταρία σε κάθε δοκιμή υλικού
- ❖ Οι ίδιοι αγωγοί ( κροκοδειλάκια) σύνδεσης του ηλεκτρικού κυκλώματος.

## 2β. Περιγραφή του σκοπού της έρευνας

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε , για να διαπιστώσουμε , για μία ομάδα διαφορετικών υλικών, αν είναι ηλεκτρικοί αγωγοί ή μονωτές.

## 2γ.Περιγραφή των κοινωνικών αναγκών που εξυπηρετεί η έρευνα

Η έρευνα μας είναι συνδεδεμένη άμεσα με την ηλεκτρική ενέργεια ,αφού ασχολείται με τη γνώση των υλικών που άγουν ή όχι το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα οφέλη είναι προφανή γιατί συνδέονται με τη σημαντικότερη πηγή ενέργειας . Σε κάθε ηλεκτρική διάταξη συναντάμε υλικά και από τις 2 κατηγορίες , ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο της,

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας του πολιτισμού. Αποτελεί τη βάση της οικονομίας και της σύγχρονης ζωής, λόγω των εφαρμογών



**Εικόνα 3:** Στα δίκτυα Μεταφοράς και Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας παρατηρούμε τη χρήση μονωτήρων, δηλαδή διατάξεων που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των ηλεκτροφόρων στοιχείων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης από τα μη ηλεκτροφόρα.

της. Το ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφέρει ενέργεια από τις πηγές που το παράγουν (Εργοστάσια ΔΕΗ, Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια, Φωτοβολταϊκά Πάρκα, Αιολικά Πάρκα κτλ.), στα σπίτια μας. Εκεί, με τις ηλεκτρικές συσκευές, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα στον θερμοσίφωνα ή στην εστία της ηλεκτρικής κουζίνας, σε φως στις λάμπες ή στην τηλεόραση, σε κινητική ενέργεια στους ανεμιστήρες ή στο πλυντήριο. Σ' όλες τις παραπάνω

εφαρμογές περιλαμβάνονται υλικά και από τις 2 κατηγορίες που μελετά η έρευνα μας.

Η επιλογή του υλικού των αγωγών , εξαρτάται από το πόσο εύκολα πρέπει να ρέει το ηλεκτρικό ρεύμα , αλλά και από το κόστος του υλικού. Ο χρυσός και ο άργυρος για παράδειγμα, είναι πολύ καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μικρών βυσμάτων, με τα οποία συνδέονται μεταξύ τους , ευαίσθητες ηλεκτρικές συσκευές , όπως είναι τα επιστημονικά όργανα μέτρησης ή τα ακριβά ηχητικά συστήματα. Είναι προφανές ότι η επιλογή των υλικών αυτών για την κατασκευή μεγαλύτερων καλωδίων είναι ασύμφορη. Στα καλώδια της ΔΕΗ , χρησιμοποιείται κυρίως χαλκός και ένα κράμα αλουμινίου. Το μήκος των καλωδίων που διαθέτει η ΔΕΗ είναι τόσο μεγάλο , ώστε τα μέταλλα , από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα καλώδιά της , είναι ένα από τα βασικά περιουσιακά της στοιχεία.

Οι εφαρμογές του ηλεκτρικού ρεύματος δεν περιορίζονται μόνο στις ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας. Επεκτείνονται σε ηλεκτρικές συσκευές που υπάρχουν σε διάφορους επαγγελματικούς χώρους π.χ. στο γραφείο (φαξ, σκάνερ κ.α.), στα νοσοκομεία (καρδιογράφοι, συσκευές υποστήριξης αναπνοής, υπερηχογράφοι κ.α.) κτλ. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, τον προηγούμενο αιώνα οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα έχει ορισμένα βιολογικά αποτελέσματα. Έτσι άρχισαν να εφαρμόζουν τον ηλεκτρισμό στη θεραπεία διαφόρων παθήσεων, μέσα από ειδικές συσκευές και με τέτοιο τρόπο ώστε να μην κινδυνεύει ο θεραπευόμενος από ηλεκτροπληξία.

Ο ηλεκτρισμός είναι μια μεγάλη δύναμη της φύσης που ο άνθρωπος κατάφερε μέσα από την τεχνολογία να παράγει, να δαμάσει και να χρησιμοποιήσει προς όφελός του. Όμως όταν ο ηλεκτρισμός δεν χρησιμοποιείται σύμφωνα με τους απλούς κανόνες ασφαλείας, μπορεί να προκαλέσει το θάνατο, να τραυματίσει, να προκαλέσει πυρκαγιά ή έκρηξη. Η γνώση και η πρόληψη είναι οι καλύτεροι σύμβουλοι για την ασφάλειά μας.

Οι μονωτές αποτελούν υλικά που αξιοποιούνται για την προστασία μας από τους κινδύνους του ηλεκτρισμού. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η χρήση τους ως περίβλημα των αγωγών. Το περίβλημα των καλωδίων των ηλεκτρικών συσκευών είναι συνήθως διπλό. Κάθε καλώδιο περιβάλλεται από πλαστικό μονωτή , ενώ δύο, τρία ή και περισσότερα καλώδια τοποθετούνται σε δεύτερο πλαστικό περίβλημα , συνήθως λευκό ή μαύρο. Και οι 2 αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος δηλαδή , βρίσκονται μέσα στο ίδιο καλώδιο.

Το εξωτερικό τμήμα μια πρίζας , επίσης μονώνεται. Παλαιότερα, στις πρίζες χρησιμοποιούνταν το ξύλο και η πορσελάνη. Στις μέρες μας τόσο στις πρίζες , όσο και στα φεις χρησιμοποιούνται διάφορα συνθετικά υλικά με πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες. Όταν στο σπίτι υπάρχουν μικρά παιδιά , η προστασία αυτή δεν είναι αρκετή. Στις πρίζες τότε πρέπει να τοποθετούμε προστατευτικές τάπες από μονωτικά υλικά.

Επίσης η μόνωση έχει τεράστια σημασία για την στήριξη των αγωγών του δικτύου της ΔΕΗ στις κολόνες. Εκεί χρησιμοποιούνται ειδικά μονωτικά εξαρτήματα από γυαλί ή πορσελάνη. Μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται επίσης



στις λαβές των εργαλείων των ηλεκτρολόγων , καθώς και στο περίβλημα πολλών ηλεκτρικών συσκευών.

## **2δ. Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας**

Τα υλικά εκείνα που θα προκαλέσουν κίνηση της φτερωτής του δοκιμίου του ανεμιστήρα δηλ. θα άγουν την ηλεκτρική ενέργεια , θα χαρακτηρισθούν ως αγωγοί ( ως τέτοια προβλέπουμε ότι θα είναι ο Μεταλλικός συνδετήρας, το ανταλλακτικό συρραπτικού, το αλουμινόχαρτο, Μεταλλική βίδα, το κέρμα του ευρώ και το Αθλητικό ποτό Gatorade ) και εκείνα τα υλικά που δεν θα προκαλέσουν τη κίνηση της φτερωτής του ανεμιστήρα δηλ. εμποδίζουν την ηλεκτρική ενέργεια να ρέει μέσα από αυτά , θα χαρακτηρισθούν ως μονωτές (ο πλαστικός συνδετήρας, το Μακετόχαρτο, το Ξύλο, το βαμμένο ξύλο, η Πλαστική ρόδα και το κεραμικό φλυτζάνι.

## **2ε. Ανάλυση των παραμέτρων που θεωρήθηκαν ότι δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας**

Παράμετροι που κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας δεν εντοπίσθηκε ότι επηρεάζουν τα αποτελέσματα ,είναι :

- ❖ Ο τύπος και η μάρκα της μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε στη πειραματική διάταξη μας.
- ❖ Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στο χώρο του εργαστηρίου κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης του πειράματος.

## **2στ. Περιγραφή των ορίων – περιορισμών της έρευνας**

Σαν παράγοντες που τείνουν να περιορίσουν την αξιοπιστία της έρευνας, θα χαρακτηρίζαμε :

- ❖ Η διεξαγωγή περισσότερων πειραμάτων , αντί 2 που πραγματοποιήθηκαν
- ❖ Ο έλεγχος περισσότερων υλικών στη πειραματική μας διαδικασία



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΕΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ

### 3α. Ιστορική αναδρομή

Είναι εντυπωσιακό ότι, αν και η ιστορία του ηλεκτρικού ρεύματος είναι σχετικά μικρή, η καθημερινή μας ζωή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτό. Από τότε που ανακαλύφθηκε, αποτέλεσε μεγάλο προνόμιο για τη ζωή του ανθρώπου. Τη διευκόλυνε και την εξέλιξε σε όλους τους τομείς. Κατασκεύασε νέες μηχανές, νέα εργαλεία, ανακάλυψε διαφορετικές μορφές ενέργειας, κάλυψε βασικές ανάγκες επιβίωσης, νέους τρόπους θεραπείας διάφορων παθήσεων, βελτίωσε γενικά το βιοτικό του επίπεδο

Ο ηλεκτρισμός δεν είναι δημιούργημα του ανθρώπου. Ηλεκτρικά φαινόμενα υπάρχουν όσο υπάρχει και η γη. Σε παλαιότερες εποχές οι άνθρωποι εντυπωσιάζονταν από τους κεραυνούς, τους οποίους - σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία- έριχνε στη γη ο Δίας για να τιμωρήσει τους ανθρώπους.

Ο ηλεκτρισμός πήρε το όνομά του από το «ήλεκτρον», την ελληνική ονομασία για το κεχριμπάρι. Εδώ και χιλιάδες χρόνια ήταν γνωστό ότι, το κεχριμπάρι όταν τρίβεται με ένα ύφασμα αποκτά ηλεκτρικές ιδιότητες.

Γύρω στο 1700, ο Στέφεν Γκρέυ ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό φορτίο περνά και μέσα από το ανθρώπινο σώμα. Έκανε ένα πείραμα, που σήμερα μας φαίνεται λίγο παράξενο. Κρέμασε ένα εννιάχρονο αγόρι οριζόντια και κάτω από τη μύτη του τοποθέτησε ένα σκαμνί, πάνω στο οποίο υπήρχαν κομματάκια χαρτιού. Στη συνέχεια ακούμπησε στις πατούσες του αγοριού μια γυάλινη ράβδο που είχε τρίψει νωρίτερα με μάλλινο ύφασμα. Τα κομματάκια χαρτιού πετάχτηκαν στο πρόσωπο του αγοριού, το οποίο ο Γκρέυ ονόμασε «ηλεκτρικό άνθρωπο».

Αργότερα οι επιστήμονες έκαναν υποθέσεις ότι οι μικροί σπινθήρες που παρατηρούσαν στα πειράματα και οι κεραυνοί οφείλονται στο ίδιο φαινόμενο. Για να το αποδείξει αυτό ο Μπέντζαμιν Φράνκλιν, επιδίωξε να πέσει ένας κεραυνός πάνω σε ένα χαρταετό. Τον Ιούνιο του 1752, μια μέρα με καταιγίδα άφησε μαζί με τον γιο του ένα χαρταετό να σηκωθεί. Για καλή του τύχη, το σχοινί του χαρταετού ήταν ακόμα στεγνό, όταν έπεσε κοντά ένας κεραυνός. Έτσι ο Φράνκλιν αισθάνθηκε μόνο ένα δυνατό χτύπημα. Ένας άλλος επιστήμονας που έκανε το ίδιο πείραμα, έχασε τη ζωή του.

Γύρω στα 1800, ο Ιταλός φυσικός Αλεσάντρο Βόλτα, κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία, με την οποία μπορούσε να δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα για τα πειράματά του. Μέχρι τότε ήταν γνωστοί μόνο οι σπινθήρες.

Με την εμφάνιση του ηλεκτρισμού ξεκίνησε η δεύτερη «Βιομηχανική Επανάσταση», όπου οι συνθήκες παραγωγής προϊόντων άλλαξαν, εφόσον αυτός αντικατέστησε τον ατμό, το πετρέλαιο και το φωταέριο. Η ηλεκτρική ενέργεια προσέφερε μεγάλη οικονομία, ασφάλεια, υψηλή ποιότητα και μικρότερη μόλυνση στο περιβάλλον. Έτσι, η βιομηχανία και οι πόλεις πήραν νέα μορφή.

Όλα ξεκίνησαν το 1881, όταν λειτούργησε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ισχύος 746 KW, στην Αγγλία. Τη γεννήτρια κινούσαν δύο υδρόμυλοι και η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτιόταν απόλυτα από τις

βροχοπτώσεις. Τον επόμενο χρόνο, εγκαταστάθηκε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Στουτγάρδη της Γερμανίας. Για να καταλάβουμε τα πρώτα μεγέθη, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η μονάδα παραγωγής στη Στουτγάρδη παρήγε ηλεκτρική ενέργεια για 30 λάμπες πυρακτώσεως. Η δημιουργία όμως δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας θα ξεκινήσει στο Βερολίνο το 1885.

Μεταξύ 1880-1890, διάφοροι εφευρέτες και κατασκευαστές προσπαθήσουν να εξελίξουν τις μεθόδους και τις διαδικασίες, καθώς και να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που συναντούσαν κατά την ανάπτυξη και εξέλιξη της νέας τότε τεχνολογίας.

Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα ήρθε το 1889. Στην Αθήνα, η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ιδρύεται από την «Γενική Εταιρεία Εργοληψιών», στην οδό Αριστείδου. Η παραγωγή ηλεκτρικού φωτός και ηλεκτρικής ενέργειας, κάλυπτε την περιοχή που περικλειόταν εντός των ορίων της πλατείας Ομονοίας, της οδού Πανεπιστημίου, της πλατείας Συντάγματος και των οδών Ερμού και Αθηνάς. Τα δε Ανάκτορα, ήταν το πρώτο κτίριο που ηλεκτροφωτίστηκε στην Αθήνα.

Από τότε και για 60 περίπου έτη (πριν την ίδρυση της ΔΕΗ, το 1950), η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται από ένα πλήθος -μικρών κατά κανόνα- ιδιωτικών ή δημοτικών εταιρειών, διασπαρμένων στην ελληνική επικράτεια. Η οικιακή κατανάλωση είναι εξαιρετικά περιορισμένη, καθώς η τιμή του ρεύματος είναι υψηλή, καθιστώντας το πολυτέλεια.

Έξι χρόνια μετά την ίδρυσή της (1956), η ΔΕΗ ορίστηκε από το Ελληνικό Κράτος, ως μοναδικός φορέας για την παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας αναλαμβάνοντας την εξαγορά των υφιστάμενων τοπικών ηλεκτρικών εκμεταλλεύσεων και την εφαρμογή ενιαίου χαμηλού τιμολογίου σε ολόκληρη τη χώρα. Το 1970, είχε πλέον κατορθώσει τη δημιουργία του εθνικού μας δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, προσφέροντας ισότιμα σε όλο τον πληθυσμό της Ελληνικής Επικράτειας, πρόσβαση στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Σαράντα δύο χρόνια αργότερα (2012), την ισότιμη πρόσβαση στο δίκτυο που διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια στη Χώρα μας, καθώς και τη φροντίδα του, την ανέλαβε η θυγατρική Εταιρία της ΔΕΗ, ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε., δηλαδή ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, όπως φαίνεται και από τα αρχικά της. Αν και είναι 100% θυγατρική εταιρία της ΔΕΗ Α.Ε., είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά, τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας που υπάρχουν στις ισχύουσες νομοθετικές ρυθμίσεις.

### **3β.Ορισμοί εννοιών που συνδέονται με την έρευνα**

Οι έννοιες που συνδέονται με την έρευνα μας , είναι οι εξής :

**Ηλεκτρική ενέργεια:** είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, που αναφέρεται στην κινητική ενέργεια των κινούμενων ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού.

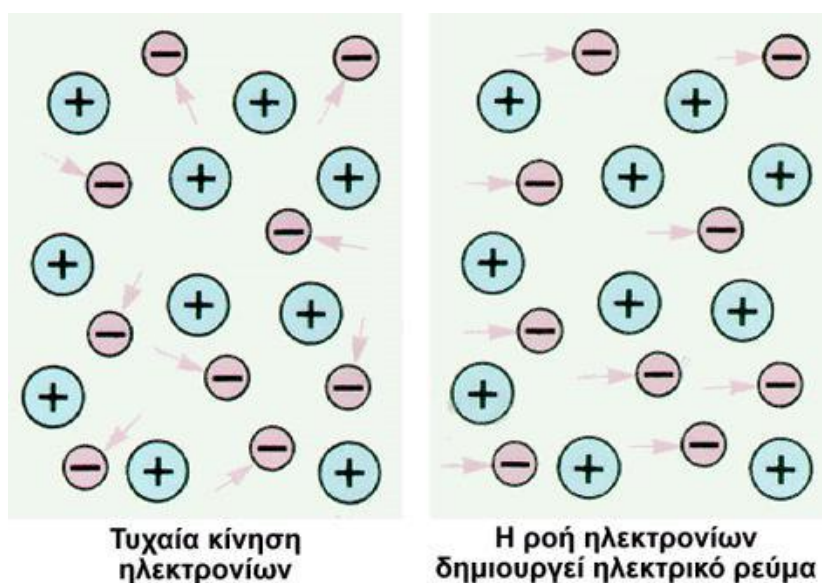
Όταν γίνεται χρήση του ηλεκτρισμού η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας π.χ. σε κινητική ενέργεια όταν λειτουργεί ένας κινητήρας ή σε φως όταν ανάβει ένας λαμπτήρας.

Ο σύγχρονος κόσμος εξαρτά την επιβίωση και την ευημερία του από αυτό το είδος ενέργειας. Η πλειονότητα των συσκευών λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυριότεροι είναι η καύση διαφόρων ουσιών (λιγνίτης, πετρέλαιο, κάρβουνο), τα πυρηνικά εργοστάσια, τα ηλιακά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά φράγματα και τα αιολικά πάρκα. Τα τελευταία 20 χρόνια γίνονται έντονες προσπάθειες αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).

Το μεγάλο μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δύσκολη, σχεδόν αδύνατη μακροχρόνια αποθήκευσή της. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να καταναλώνεται ταυτόχρονα με την παραγωγή της ή να αποθηκεύεται αφού πρώτα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (π.χ. χημική, δυναμική κ.λπ.). Η ανάγκη άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης.

**Ηλεκτρικό Ρεύμα:** Όλα τα υλικά σώματα αποτελούνται από άτομα. Κάθε



άτομο με τη σειρά του αποτελείται από έναν πυρήνα, γύρω από τον οποίο περιστρέφονται μικροσκοπικά σωματίδια που λέγονται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια διαθέτουν αρνητικό φορτίο, που εξισορροπείται από το θετικό φορτίο του πυρήνα.

Σε ορισμένα υλικά που λέγονται μέταλλα, ο πυρήνας δεν μπορεί να συγκρατήσει τα ηλεκτρόνια σταθερά στην τροχιά τους κι έτσι αυτά περιφέρονται ελεύθερα στο εσωτερικό του υλικού. Σε συνηθισμένες συνθήκες, η κίνηση τους γίνεται τυχαία, αν όμως εφαρμοστεί μια διαφορά δυναμικού στα άκρα του υλικού, τότε τα ηλεκτρόνια,

**Εικόνα 4: Σχηματική παράσταση της ροής ηλεκτρονίων μέσα σε έναν αγωγό.**

μιας και είναι αρνητικά φορτισμένα, έλκονται από το θετικό πόλο της πηγής και επομένως κινούνται όλα μαζί προς την ίδια κατεύθυνση. Αυτήν την συντονισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων την ονομάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα.

Γι' αυτό άλλωστε από τα μέταλλα περνά ηλεκτρικό ρεύμα (αγωγοί), ενώ από άλλα υλικά, όπως το πλαστικό ή το ξύλο που δεν έχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια δεν περνά (μονωτές).

**Ηλεκτρικό κύκλωμα :** Κύκλωμα ονομάζεται μία κλειστή αγώγιμη από το ηλεκτρικό ρεύμα διαδρομή. Τα στοιχεία τα οποία συμμετέχουν στο κύκλωμα ονομάζονται ηλεκτρικά στοιχεία. Υπάρχουν βασικά τριών ειδών ηλεκτρικά στοιχεία:

1. Τα παραγωγικά ηλεκτρικά στοιχεία, δηλαδή οι πηγές. Στις πηγές οφείλεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ), η οποία είναι η αιτία του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα, δηλαδή οι πηγές δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο, ώστε να ασκούνται δυνάμεις στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κυκλώματος, άρα και να δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα.

2. Οι αγωγοί. Οι αγωγοί συνδέουν την πηγή με τις συσκευές και μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα, άρα και την ηλεκτρική ενέργεια εκεί που χρειάζεται.
3. Τα καταναλωτικά ηλεκτρικά στοιχεία, δηλαδή οι συσκευές. Οι συσκευές καταναλώνουν την ηλεκτρική ενέργεια, για να εκτελέσουν μία λειτουργία, όπως ο φωτισμός.

Οι πηγές, άρα και τα κυκλώματα και οι συσκευές, είναι δύο ειδών, συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (DC) και εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (AC). Η μπαταρία είναι φορητή πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Οι θερμικές συσκευές μπορούν να δουλέψουν με τον ίδιο τρόπο και στα δύο είδη ρεύματος. Οι αγωγοί επειδή λειτουργούν και αυτοί σαν θερμικές συσκευές δε διαχωρίζονται σε αυτές τις δύο κατηγορίες.

Στα στοιχεία για κυκλώματα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχει επισήμανση + και -, όπως και στην πηγή. Σε κάθε συσκευή το άκρο + συνδέεται με το άκρο + της πηγής ή με άκρο - μιας άλλης συσκευής, ενώ το άκρο - της συσκευής συνδέεται με το άκρο - της πηγής ή άκρο + μιας άλλης συσκευής.

✿ Αγωγός-μονωτής : Επεξηγήθηκαν στην ενότητα 2α.

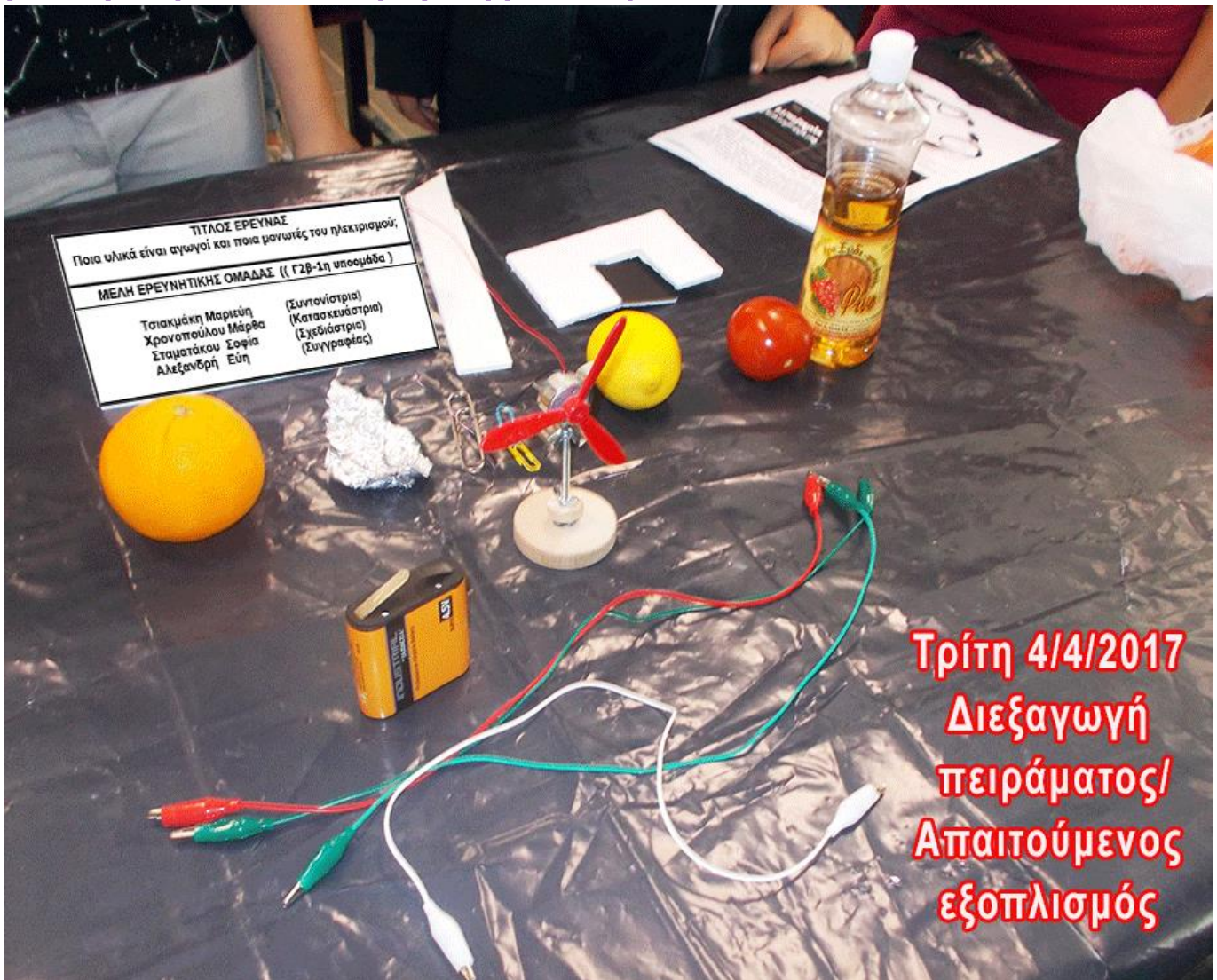


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4α. Σχεδιασμός πειραματικής διάταξης – αιτιολόγηση επιλογών

Για την πραγματοποίηση του πειράματός μας ,

1. Αρχικά συγκεντρώσαμε όλα τα απαιτούμενα υλικά που θέλαμε να μελετήσουμε αν είναι αγωγοί ή μονωτές



Εικόνα 5

2. Σχηματίσαμε μια διάταξη απλού « ανοικτού» ηλεκτρικού κυκλώματος , με 1 μπαταρία 4,5V – 4 αγωγούς σύνδεσης ( κροκοδειλάκια) και μία μικρή κατασκευή ανεμιστήρα ,που υπήρχε στο εργαστήριο τεχνολογίας και την αξιοποιήσαμε ως καταναλωτή του κυκλώματος. Το πείραμα και φωτογραφικό υλικό ακολουθεί στην ενότητα 4γ.

## 4β. Διάγραμμα διαδικασίας του πειράματος

1. Συγκέντρωση των υλικών. Σχηματισμός του ηλεκτρικού κυκλώματος

2. Σχηματισμός απλού «ανοικτού» ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία 4,5 V – 4 αγωγούς σύνδεσης ( κροκοδειλάκια) και μικροκατασκευή ανεμιστήρα.

3. Τοποθέτηση διαδοχικά των διαφόρων υλικών σε σύνδεση σε σειρά με τον ανεμιστήρα στο κύκλωμα και παρατήρηση αν προκαλούν κίνηση της φτερωτής του ανεμιστήρα ή όχι

4. Καταχώρηση σε κατάλληλο πίνακα των υλικών που είναι αγωγοί ή μονωτές του ηλεκτρισμού

## 4γ. Εκτέλεση και φωτογραφίες του πειράματος

Πραγματοποιήσαμε 2 πειράματα για την έρευνά μας ,

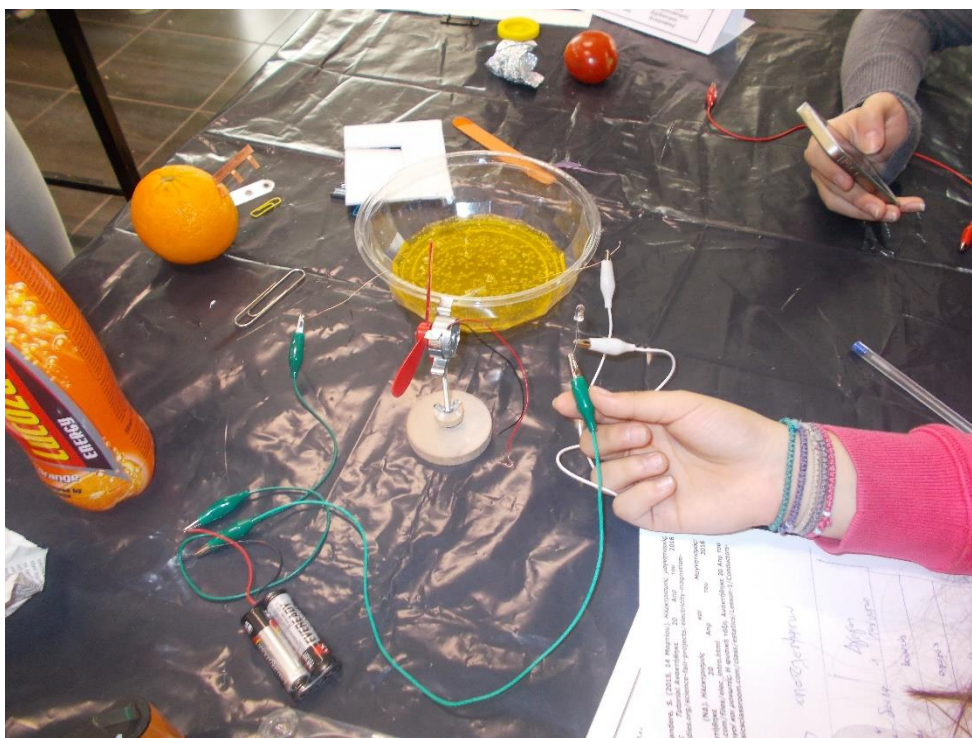
α) Το 1ο την Τετάρτη 5/4/2017 και  
β) Το 2ο την Τετάρτη 26/4/2016. Για την εκτέλεση του , αφού είχαμε σχηματίσει το «ανοικτό» κύκλωμα που περιγράψαμε στην ενότητα 4α , συνδέσαμε σε σειρά με το ανεμιστηράκι, διαδοχικά και τα 11 υλικά στο κύκλωμα και στις περιπτώσεις που κάποιο από τα υλικά , προκαλούσε περιστροφή της φτερωτής του ανεμιστήρα , τότε το χαρακτηρίζαμε ως αγωγό , ενώ σε αντίθετη περίπτωση , ως μονωτή.



**Εικόνα 6**

**Εικόνα 7**





**Εικόνα 8:**

**Προσθήκη στο κύκλωμα, δοχείου που περιέχει αθλητικό ποτό Gatorade , στο οποίο βυθίσαμε καλαμάκι με μικρά κομμάτια χάλκινου αγωγού και αφού συνδέθηκε στο κύκλωμα, ελέγξαμε αν αποτελεί αγωγό του ηλεκτρισμού (φαινόμενο ηλεκτρόλυσης)**

**4δ. Κατάλογος υλικών- συσκευών- μηχανών-εργαλείων πειράματος και εκτίμησης κόστους της έρευνας**

<b>A/A</b>	<b>Υλικό – συσκευή- εργαλείο- μηχανή</b>	<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ</b>
<b>1.</b>	<b>Μπαταρία αλκαλική πλακέ 4,5V</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>1,80 €</b>
<b>2.</b>	<b>Αγωγοί σύνδεσης ( κροκοδειλάκια)</b>	<b>4 τμχ.</b>	<b>Από το εργ/ριο</b>
<b>3.</b>	<b>Μικροκατασκευή ανεμιστήρα</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από το εργ/ριο</b>
<b>4.</b>	<b>Πλαστικό δοχείο</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από μέλος της ομάδας</b>
<b>5.</b>	<b>Μεταλλικός συνδετήρας</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από το εργ/ριο</b>
<b>6.</b>	<b>Πλαστικός συνδετήρας</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από το εργ/ριο</b>
<b>7.</b>	<b>Ανταλλακτικό Συρραπτικού</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από το εργ/ριο</b>
<b>8.</b>	<b>Αλουμινόχαρτο</b>	<b>1 τμχ.</b>	<b>Από μέλος της ομάδας</b>



9.	Μακετόχαρτο	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
10.	Ξύλο	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
11.	Βαμμένο ξύλο	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
12.	Πλαστική ρόδα	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
13.	Κέρμα του ευρώ	1 τμχ.	Από μέλος της ομάδας
14.	Μεταλλική βίδα	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
15.	Κεραμικό Φλυτζάνι	1 τμχ.	Από το εργ/ριο
16.	Αθλητικό ποτό Gatorade	1 τμχ.	1,60 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ</b>			<b>3,40 €</b>

#### 4ε. Παρουσίαση δεδομένων –μετρήσεων

Μετρήσεις 1ου και 2ου πειράματος Εργαστήριο τεχνολογίας ( 4 <sup>η</sup> διδακτική ώρα)			
Υλικό	1 <sup>ο</sup> πείραμα- Τετάρτη 5/4/2017 Φτερωτή ανεμιστήρα ( περιστρέφεται ή όχι;)	2 <sup>ο</sup> πείραμα- Τετάρτη 26/4/2017 Φτερωτή ανεμιστήρα ( περιστρέφεται ή όχι;)	Αγωγός ή μονωτής;
Μεταλλικός συνδετήρας	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός
Πλαστικός συνδετήρας	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Ανταλλακτικό Συρραπτικού	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός
Αλουμινόχαρτο	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός
Μακετόχαρτο	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Ξύλο	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Βαμμένο ξύλο	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Πλαστική ρόδα	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Κέρμα του ευρώ	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός
Μεταλλική βίδα	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός

Κεραμικό Φλυτζάνι	Δεν περιστρέφεται	Δεν περιστρέφεται	Μονωτής
Αθλητικό ποτό Gatorade	Περιστρέφεται	Περιστρέφεται	Αγωγός

#### 4στ. Πίνακας και ανάλυση αποτελεσμάτων

##### Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Υλικό	Αγωγός	Μονωτής
Μεταλλικός συνδετήρας	Αγωγός	
Πλαστικός συνδετήρας		Μονωτής
Ανταλλακτικό Συρραπτικού	Αγωγός	
Αλουμινόχαρτο	Αγωγός	
Μακετόχαρτο		Μονωτής
Ξύλο		Μονωτής
Βαμμένο ξύλο		Μονωτής
Πλαστική ρόδα		Μονωτής
Κέρμα του €	Αγωγός	
Μεταλλική βίδα	Αγωγός	
Κεραμικό Φλυτζάνι		Μονωτής
Αθλητικό ποτό Gatorade	Αγωγός	

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα , για την καλύτερη αποτύπωση και κατάταξη των υλικών , κατασκευάσαμε τον παρακάτω πίνακα :

Από την παρατήρηση του παραπάνω πίνακα , καταλήξαμε ότι από τα 12 αντικείμενα που ελέγξαμε την αγωγιμότητά τους , στην κατηγορία των αγωγών ανήκουν ο Μεταλλικός συνδετήρας, το ανταλλακτικό συρραπτικού, το αλουμινόχαρτο, Μεταλλική βίδα, το κέρμα του ευρώ και το Αθλητικό ποτό Gatorade. Στη κατηγορία των μονωτών ανήκουν τα υπόλοιπα 6 υλικά , ο πλαστικός συνδετήρας, το Μακετόχαρτο, το Ξύλο, το βαμμένο ξύλο, η Πλαστική ρόδα και το κεραμικό φλυτζάνι'

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το τελικό συμπέρασμα της έρευνας που επιβεβαίωσε την υπόθεση , είναι ότι :

Υλικά που εξ ολοκλήρου , είναι κατασκευασμένα από μέταλλα και ποτά που περιέχουν ηλεκτρολύτες είναι αγωγοί του ηλεκτρισμού. Υλικά που είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα με ξύλο – χαρτί και πλαστικό είναι μονωτές του ηλεκτρισμού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ

Στις προτάσεις μας για συμπληρωματικές έρευνες , συμπεριλάβαμε τις εξής :

1<sup>η</sup> προτεινόμενη έρευνα : Ποιο από τα υλικά του πειράματος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα ; ( Διεξαγωγή πειράματος με διάφορα αγωγιμα υλικά και σύγκριση της αγωγιμότητας που παρουσιάζουν)

2<sup>η</sup> προτεινόμενη έρευνα : Ποιο από τα υλικά του πειράματος , παρουσιάζει την μεγαλύτερη αντίσταση μόνωσης σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα; ( Διεξαγωγή πειράματος π.χ. με διάφορους αγωγούς με μόνωση και μέτρηση της αντίστασης μόνωσης τους)

3<sup>η</sup> προτεινόμενη έρευνα : Οι τιμές της ωμικής αντίστασης που δίνονται από τον χρωματικό κώδικα υπολογισμού τους , τι διαφορά ( ανοχή) τιμής παρουσιάζουν κατά την μέτρησή τους με το ωμόμετρο;

## ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ



- ✿ [http://www.physics4kids.com/files/elec\\_intro.html](http://www.physics4kids.com/files/elec_intro.html)
- ✿ <http://www.physicsclassroom.com/class/estatics/Lesson-1/Conductors-and-Insulators>
- ✿ [http://electrondiaryart.blogspot.gr/2013/01/blog-post\\_10.html](http://electrondiaryart.blogspot.gr/2013/01/blog-post_10.html)
- ✿ <http://www.15athenscouts.gr/wp-content/uploads/2014/10/%CE%95%CE%9A%CE%95-%CE%A4%CE%91-%CE%9F%CE%A6%CE%95%CE%9B%CE%97-%CE%9A%CE%91%CE%99-%CE%9F%CE%99-%CE%9A%CE%99%CE%9D%CE%94%CE%A5%CE%9D%CE%9F%CE%99-%CE%A4%CE%9F%CE%A5-%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A5.pdf>
- ✿ [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1)
- ✿ [http://anamorfosi.teicm.gr/paradotea/pps2\\_d\\_3\\_3/ikoniko\\_electric\\_circuits/askisi\\_1.1.html](http://anamorfosi.teicm.gr/paradotea/pps2_d_3_3/ikoniko_electric_circuits/askisi_1.1.html)
- ✿ [http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/fisiki\\_e/math\\_60\\_74.pdf](http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/fisiki_e/math_60_74.pdf)