

## ΣΧΕΔΙΟ ΥΠΟΒΟΛΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ των μαθητών

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ		
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΠΥΛΩΝΑΣ
ΜΩΡΑΪΤΑΚΗΣ ΗΛΙΑΣ	ΠΕ04.01 ΦΥΣΙΚΟΣ	ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/-ΤΡΙΩΝ		
A/A	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΤΑΞΗ/ΤΜΗΜΑ
1	ΑΤΣΟΥ ΝΑΤΑΛΙΑ	B1
2	ΓΡΑΙΚΟΥΣΗ ΕΛΠΙΔΑ	B1
3	ΚΑΒΑΛΑΚΗ ΕΛΙΝΑ	B2
4	ΚΙΤΣΑΡΑ ΕΛΕΝΑ	B2

### 1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΤΙΤΛΟΣ : ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ JOULE ... ΜΑΣ ΖΕΣΤΑΙΝΕΙ

.....

.....

1.2 ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ Φαινόμενο Joule, θέρμανση μεταλλικού αγωγού, ηλεκτρικές συσκευές παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικός λαμπτήρας πυρακτώσεως

#### 1.3 ΣΚΟΠΟΣ

Η ερμηνεία του φαινομένου JOULE .

Η πειραματική μελέτη του νόμου του JOULE

Οι εφαρμογές του φαινομένου σε ηλεκτρικές συσκευές.

#### 1.4 ΜΑΘΗΜΑ/ ΚΕΦΑΛΑΙΟ/ΕΝΟΤΗΤΑ

Φυσική/Ηλεκτρικό ρεύμα/Νόμος JOULE.

#### 1.5 ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Επιδιώκεται οι μαθητές:

- 1) Να ερμηνεύσουν το φαινόμενο JOULE.
- 2) Να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο και να ελέγξουν ποσοτικά τον αντίστοιχο νόμο.
- 3) Να συσχετίσουν το φαινόμενο με εφαρμογές του σε ηλεκτρικές διατάξεις στην καθημερινή ζωή.
- 4) Να ασκηθούν στην χειρισμό ηλεκτρικών διατάξεων στο Εργαστήριο καθώς και στην λήψη, επεξεργασία πειραματικών δεδομένων και σχεδίαση γραφικών παραστάσεων.

5) Να αναπτύξουν θετικές στάσεις απέναντι στην Επιστήμη με την αναγνώριση της υπόστασής της ως μέρους του ευρύτερου κοινωνικού και πολιτισμικού γίνεσθαι.

6) Η ενίσχυση του πνεύματος συνεργασίας και κριτικής ανταλλαγής απόψεων.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της δημιουργικής εργασίας ασχοληθήκαμε με το **φαινόμενο JOULE**. Μέσα από πηγές του σχολικού βιβλίου, διαδικτυακές πηγές αλλά και πειραματική εφαρμογή του φαινομένου καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο joule και ο νόμος του joule, έχουν ποικίλες εφαρμογές με μεγάλη χρησιμότητα στην καθημερινή μας ζωή.

Το φαινόμενο Joule είναι η έκλυση θερμότητας σε ένα μεταλλικό αγωγό σταθερής θερμοκρασίας λόγω της σύγκρουσης των ελεύθερων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα. Ο ορισμός αυτός, όπως και η πλειοψηφία των πληροφοριών, αντλήθηκε από το σχολικό βιβλίο (Φυσική Β' Γενικού Λυκείου, σελ. 92-95). Με βάση τις πληροφορίες αυτές, διατυπώθηκε το ερώτημα για την ερμηνεία και τις εφαρμογές του φαινομένου.

Πιο συγκεκριμένα σκοπός της εργασίας ήταν:

- Η ερμηνεία του φαινομένου joule
- Η πειραματική μελέτη του νόμου του joule
- Οι εφαρμογές του φαινομένου σε ηλεκτρικές διατάξεις στην καθημερινή ζωή.

Για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων εκτός από τις πληροφορίες, που αντλήσαμε από το σχολικό βιβλίο, προχωρήσαμε σε πειραματική μελέτη του φαινομένου μέσω της οποίας προσδιορίσαμε την ειδική θερμότητα του νερού.

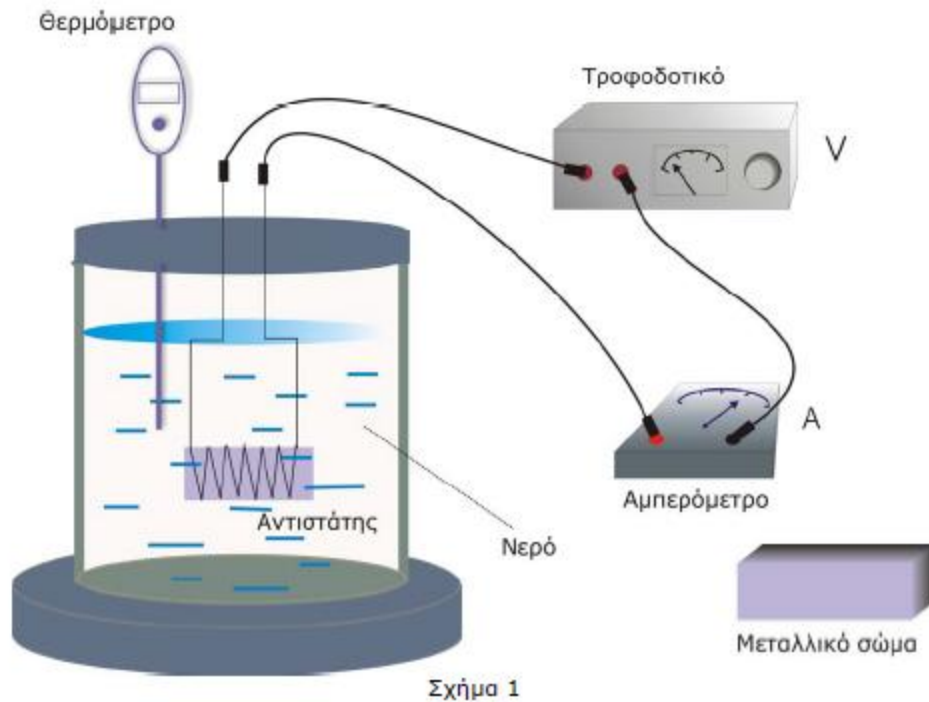
Ο σχεδιασμός του πειράματος στηρίζεται στην εξίσωση της θερμιδομετρίας, στο νόμο του joule, και στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας σε απομονωμένο σύστημα. Επιπλέον, παρακολουθήσαμε οπτικοακουστικό υλικό για την απαγωγή της θερμότητας στις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή.

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ JOULE.

- Σε ένα μεταλλικό αγωγό η μείωση της κινητικής ενέργειας ελεύθερων ηλεκτρονίων, λόγω των συγκρούσεων με τα θετικά ιόντα, έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του μεταλλικού αγωγού. Συνέπεια αυτού είναι να μεταφέρεται θερμότητα από τον αγωγό στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **φαινόμενο joule**.
- Με βάση το **νόμο του JOULE** που περιγράφει ποσοτικά το φαινόμενο:  
«Το ποσό θερμότητας  $q$  που ελκύεται σε ένα μεταλλικό αγωγό σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογο του τετραγώνου της έντασης  $I$  του ρεύματος που το διαρρέει, ανάλογο της αντίστασης  $R$  και ανάλογο του χρόνου  $t$  διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος».

$$Q = I^2 R t$$

Πειραματική επαλήθευση του νόμου του JOULE  
Θεωρητικό υπόβαθρο-Σχεδίαση πειράματος



Σχήμα 1

A) Διαθέτουμε μια ποσότητα νερού σε αρχική θερμοκρασία  $\theta_0$ . Αν μεταφέρουμε στο νερό μια ποσότητα θερμότητας  $Q$ , παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία ( $\theta$ ) του νερού αυξάνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας ( $\theta - \theta_0$ ) του νερού είναι ανάλογη της προσφερόμενης θερμότητας  $Q$ . Επιπλέον, το ποσό θερμότητας που πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό για να επιτύχουμε συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας του, είναι ανάλογο της μάζας του  $m$ . Οι δύο αυτοί φυσικοί νόμοι περιγράφονται με την «**εξίσωση της θερμιδομετρίας**»:

$$Q = c \cdot m \cdot (\theta - \theta_0) \quad (1)$$

Η ποσότητα  $c$  είναι μια σταθερά, που ονομάζεται ειδική θερμότητα του νερού. Η τιμή της ειδικής θερμότητας εξαρτάται από το υλικό του σώματος που θερμαίνουμε. Για το νερό, η τιμή του  $c$ , σε μονάδες του συστήματος S.I., είναι περίπου  $4200 \text{ J/KgC}$ . [Το  $Q$  μετριέται σε Joule, το  $m$  σε Kg και η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου C.]

Β) Όταν από έναν αντιστάτη περνά ηλεκτρικό ρεύμα, τότε ο αντιστάτης θερμαίνεται: Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία μεταφέρεται στο περιβάλλον του αντιστάτη. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο Joule. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα ( $Q_{αντ}$ ) σε αντιστάτη αντίστασης  $R$ , από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα  $I$ , υπολογίζεται από το **νόμο του Joule**:

$$Q_{αντ} = I^2 \cdot R \cdot t \quad (3)$$

όπου  $t$ , παριστάνει το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από τον αντιστάτη.

Γ) Ας συνδυάσουμε τα φαινόμενα Α και Β, που περιγράφονται από τις εξισώσεις 1, 2 και 3, χρησιμοποιώντας μια πολύ γενική αρχή της φυσικής: την **Αρχή της Διατήρησης της Ενέργειας**:

Μέσα σε ένα δοχείο, που είναι **θερμικά μονωμένο**, τοποθετούμε μια μάζα  $m$  νερού και έναν αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Θεωρούμε ότι στο χρόνο διεξαγωγής του πειράματος, οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον της πειραματικής διάταξης είναι αμελητέες σε σχέση με το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται στο νερό. Έτσι, σύμφωνα με την αρχή της διατήρησης της ενέργειας, η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη, μεταφέρεται (σχεδόν) εξ ολοκλήρου στο νερό και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του κατά  $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ . Σύμφωνα με τις σχέσεις 1 και 3, ισχύει:

$$c \cdot m \cdot (\theta - \theta_0) = I^2 \cdot R \cdot t$$

ή:

$$c \cdot m \cdot \Delta\theta = I^2 \cdot R \cdot t \quad (4)$$

όπου  $\Delta\theta = \theta - \theta_0$

Το ηλεκτρικό ρεύμα ( $I$ ), το χρόνο ( $t$ ) διέλευσής του από τον αντιστάτη ( $R$ ) και τη θερμοκρασία του νερού ( $\theta$ ), μπορούμε να τα μετράμε με αντίστοιχα όργανα μέτρησης (αμπερόμετρο, χρονόμετρο, θερμόμετρο).

Από τη σχέση 4 βλέπουμε ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  του νερού είναι ανάλογη του χρόνου διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος  $t$ . Από την 4 προκύπτει η εξίσωση:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m} \cdot t \quad (5)$$

η οποία σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων  $\Delta\theta$ - $t$ , παριστάνει μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν.

Η κλίση  $\kappa$  της ευθείας αυτής είναι:

$$\kappa = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m} \quad (6)$$

Στη σχέση 6 τα μεγέθη  $\kappa$ ,  $I$ ,  $R$ ,  $m$  είναι δυνατό να υπολογιστούν πειραματικά. Επομένως μπορούμε να τη λύσουμε ως προς  $c$  και να υπολογίσουμε την τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού, όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.

### Όργανα και υλικά

1. Τροφοδοτικό DC, τάσης 0-20V, μέγιστο ρεύμα 6A.
2. Πολύμετρο.
3. Ζυγός με ακρίβεια μέτρησης 1g.
4. Ηλεκτρονικό θερμόμετρο με ακρίβεια μέτρησης 0,1C.
5. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο.
6. Αντιστάτης αντίστασης  $R$ , ισχύος >15W.

8. Καλώδια.
9. Κυπελάκι από φελιζόλ χωρητικότητας >350mL, με καπάκι και βάση.
10. Δοχείο ζέσεως 300mL.
11. Υδροβολέας.
12. Χαρτί μιλιμετρέ.
13. Αριθμομηχανή.
14. Χάρακας 20cm.
15. Μολύβι, στυλό.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Μελετήσαμε το πείραμα για την επαλήθευση του παραπάνω νόμου (σχήμα 1).

- ✓ Αρχικά χρησιμοποιήθηκε θερμιδόμετρο joule (το οποίο αποτελείται από το σύρμα αντίστασης R σε δοχείο φελιζόλ).
- ✓ Συνδέσαμε τα άκρα του σύρματος με 2 καλώδια. Όταν την ίδια στιγμή τοποθετήσαμε το ένα θερμόμετρο μέσα στο θερμιδόμετρο (δοχείο φελιζόλ)
- ✓ Γεμίσαμε τα 2/3 του δοχείου με νερό
- ✓ Δημιουργήσαμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε διακόπτης, αντίσταση, αμπερόμετρο, βολτόμετρο).
- ✓ Ρυθμίσαμε την ένταση του ρεύματος στον αντιστάτη περίπου στα 0,7 A και υπολογίσαμε την αντίστασή του:

$$I = 0,69 \text{ A} \quad V = 9,92 \text{ V}, \quad R = 14,4 \text{ } \Omega$$

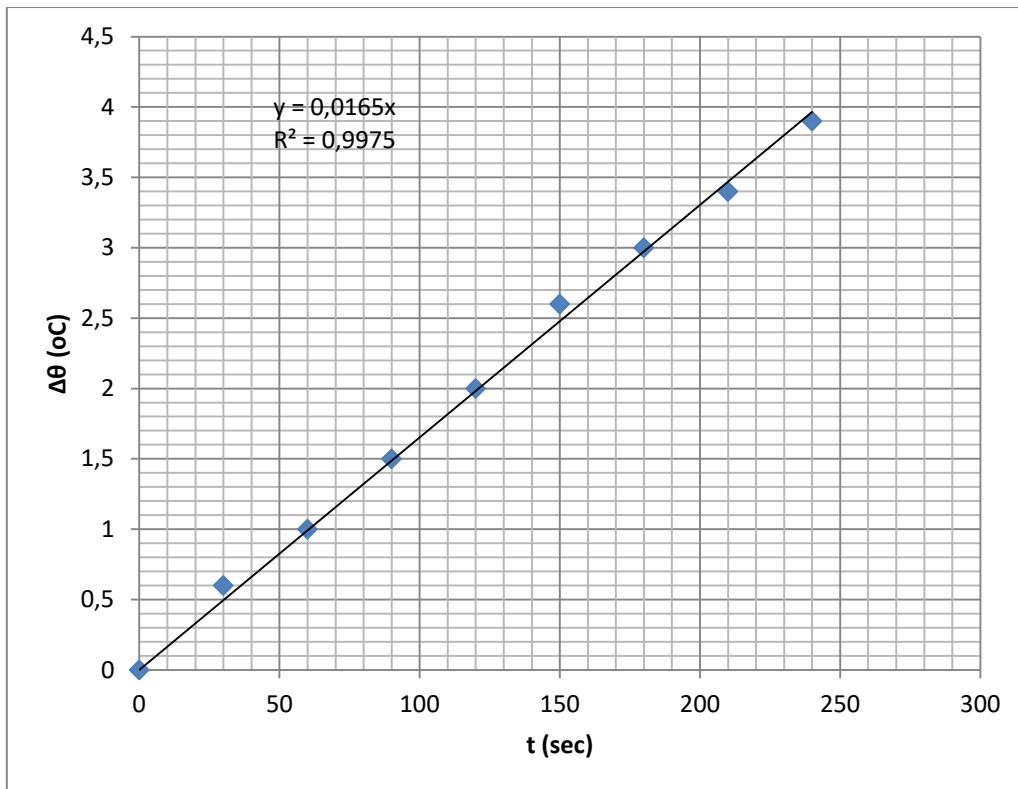
- ✓ Θέσαμε σε λειτουργία το χρονόμετρο ( $t=0$ ) και πήραμε μετρήσεις θερμοκρασίας –χρόνου κάθε 30 δευτερόλεπτα. Καταγράψαμε τις μετρήσεις μας στον πίνακα τιμών.
- ✓ Υπολογίσαμε την αύξηση της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) και συμπληρώσαμε τον πίνακα τιμών.
- ✓ Σε χιλιοστομετρικό χαρτί σχεδιάσαμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) σε συνάρτηση με τον χρόνο (t).
- ✓ Διαπιστώσαμε ότι η **αύξηση της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) είναι ανάλογη του χρόνου**, άρα και το **ποσό θερμότητας που εκλύεται από τον αντιστάτη είναι ανάλογο του χρόνου**, που επιβεβαιώνει το **νόμο JOULE**.
- ✓ Χαράξαμε την κατάλληλη πειραματική ευθεία και υπολογίσαμε την κλίση της:

$$k = 0,016 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{sec}$$

- ✓ Από την κλίση υπολογίσαμε την ειδική θερμότητα του νερού:

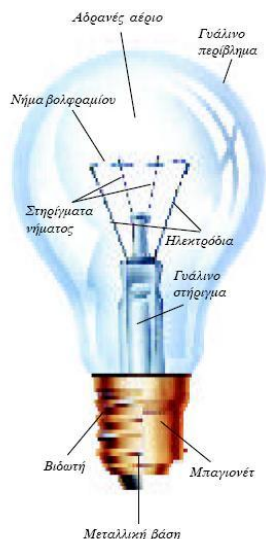
$$c = 4250 \text{ J/kg}$$

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ</b>		
<b>t(s)</b>	<b><math>\theta</math>(o C)</b>	<b><math>\Delta\theta = \theta - \theta_0</math> (o C)</b>
0	23,5	0
30	24,1	0,6
60	24,5	1
90	25	1,5
120	25,5	2
150	26,1	2,6
180	26,5	3
210	26,9	3,4
240	27,4	3,9



### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Στον λαμπτήρα πυρακτώσεως η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική (στο σύρμα του λαμπτήρα) και ένα μικρό μέρος της θερμικής ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή (όταν η θερμοκρασία του σύρματος αυξάνεται αρκετά, αυτό φωτοβολεί). Η ηλεκτρική κουζίνα ή ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνα αποτελούνται από έναν ή περισσότερους αντιστάτες. Όταν από αυτούς διέρχεται με ηλεκτρικό ρεύμα, θερμότητα μεταφέρεται προς το μαγειρικό σκεύος ή το νερό.

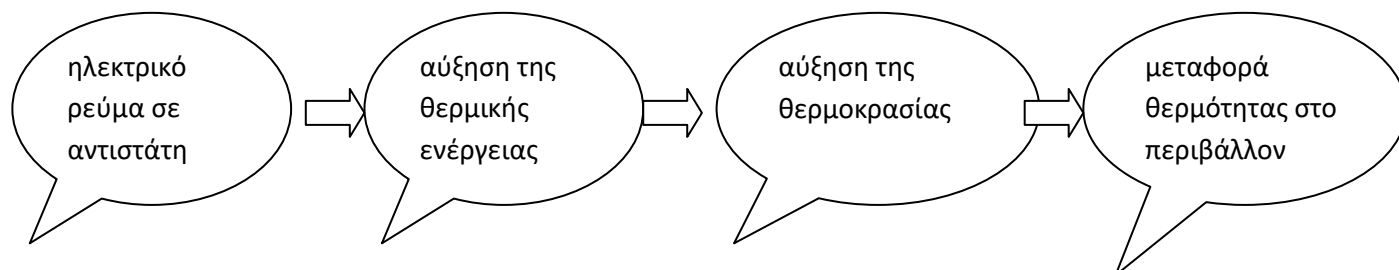


Αυτές οι ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν με βάση την κανονική τάση λειτουργίας. Αν εφαρμοστεί τάση μεγαλύτερη από την κανονική, η συσκευή υπερλειτουργεί με κίνδυνο καταστροφής. Για την αποφυγή του κινδύνου αυτού χρησιμοποιούνται ασφάλειες. Τα παραπάνω εφαρμόζονται και στο βίντεο που παρακολουθήσαμε

<<See the Joule effect in a copper wire>>, στο οποίο φαίνεται ότι όταν ξεπεραστούν οι κανονικές τιμές της τάσης σε έναν αγωγό προκαλείται αμέσως τήξη του μετάλλου και διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ μέσω ενός ανεμιστήρα επιτυγχάνεται η απαγωγή της θερμότητας. Άρα η συσκευή δεν καταστρέφεται.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το φαινόμενο joule εκτελείται στα παρακάτω στάδια :



και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την καθημερινή μας ζωή.

Συμπερασματικά στην εργασία αυτή:

- ✓ Ερμηνεύσαμε το φαινόμενο Joule.
- ✓ Διερευνήσαμε πειραματικά το νόμο του Joule.
- ✓ Μελετήσαμε εφαρμογές του φαινομένου σε ηλεκτρικές διατάξεις στην καθημερινή ζωή.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Φυσική Β Γενικού Λυκείου γενικής παιδείας , Βιβλίο μαθητή σελ. 92-95.**
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Joule\\_heating#Reason\\_for\\_high-voltage\\_transmission\\_of\\_electricity](https://en.wikipedia.org/wiki/Joule_heating#Reason_for_high-voltage_transmission_of_electricity)
- <https://www.youtube.com/watch?v=mNri-cH-GgA>  
Περιγραφή και ερμηνεία του φαινομένου
- Εργαστηριακή δραστηριότητα- Νόμος Joule, σχολικό βιβλίο σελ. 136 ή
- **Πανελλήνιος Διαγωνισμός Φυσικών Επιστημών EUSO 2010/Φυσική** και η προσομοίωση
- <https://seilias/swf/jouleLaw.swf>  
Πειραματική διαπίστωση του νόμου του JOULE στο Εργαστήριο ΦΕ με ένα απλό θερμιδόμετρο.