

**Τοπικός διαγωνισμός πειραμάτων Φυσικών Επιστημών 2023-24  
Ανατολικής Αττικής**

**Φυσική**

Σχολείο: \_\_\_\_\_

Ονόματα των μαθητών της ομάδας:

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

**Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης**

Σκοπός της άσκησης είναι ο **πειραματικός υπολογισμός της ειδικής θερμότητας 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**.

**Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης - Πώς σχεδιάστηκε η πειραματική διαδικασία**

**Βασικές έννοιες και σχέσεις**

Θερμότητα - Θερμοκρασία - Ειδική θερμότητα - Εξίσωση της Θερμιδομετρίας - Ηλεκτρικό ρεύμα - Αντιστάτης - Αντίσταση - Ηλεκτρική ενέργεια - Νόμος του Joule - Διατήρηση της ενέργειας - Θερμικές απώλειες - Θερμικά μονωμένο δοχείο

Α) Διαθέτουμε νερό μάζας  $m$  σε αρχική θερμοκρασία  $\theta_0$ . Αν μεταφέρουμε στο νερό μια ποσότητα θερμότητας  $Q$ , παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας  $\Delta\theta=(\theta-\theta_0)$  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**»:

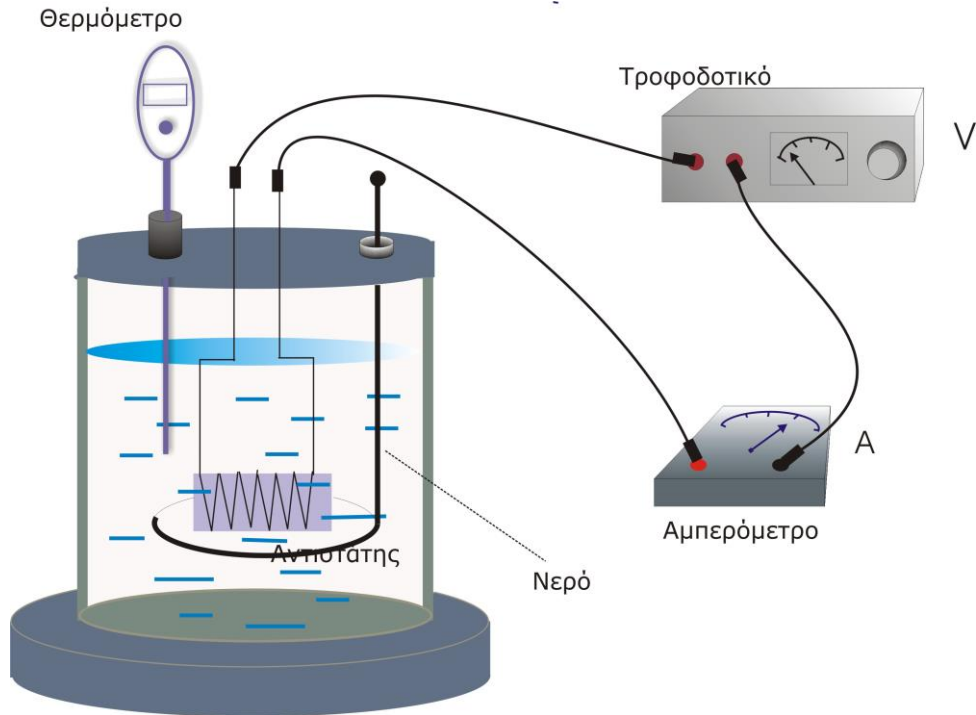
$$Q = c \cdot m \cdot (\theta - \theta_0) \quad (1)$$

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  $c$  που λαμβάνουμε από τη βιβλιογραφία είναι  $4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ . [Το  $Q$  μετρείται σε J, το  $m$  σε g 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 ( $Q_{avt}$ ) σε αντιστάτη αντίστασης  $R$ , από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα  $I$ , υπολογίζεται από το **νόμο του Joule**:

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

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



Σχήμα 1

Γ) Μέσα σε ένα δοχείο που είναι **θερμικά μονωμένο**, τοποθετούμε νερό μάζας  $m$  και έναν αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα (σχήμα 1).

Ας κάνουμε μια **αρχική υπόθεση**, 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. Τότε, 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 2, έχουμε:

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

ή:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m} \cdot t \quad (3)$$

Από τη σχέση 3 βλέπουμε ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  του νερού είναι ανάλογη του χρόνου διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος  $t$ : η γραφική παράσταση του  $\Delta\theta$  σε συνάρτηση με το  $t$  είναι μια ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Όστε αν σε ορισμένες χρονικές στιγμές  $t_1, t_2, \dots$  μετρήσουμε τις αντίστοιχες μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού  $\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, \dots$ , ως προς την αρχική  $\theta_0$ , τα πειραματικά σημεία  $(t_1, \Delta\theta_1), (t_2, \Delta\theta_2), \dots$  πρέπει να βρίσκονται πάνω σε ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Σύμφωνα με τη σχέση 3, η κλίση  $k$  της ευθείας αυτής είναι:

$$k = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m}$$

από την οποία προκύπτει ότι:

$$c = \frac{I^2 \cdot R}{k \cdot m} \quad (4)$$

Από την πειραματική διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε όλα τα μεγέθη που εμφανίζονται στο δεξί μέρος της σχέσης 4. Επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού  $c$ .

### Πειραματική διαδικασία

#### Όργανα και υλικά

1. Τροφοδοτικό DC, τάσης 0-20V 120W.
2. Πολύμετρο.
3. Ογκομετρικός κύλινδρος 50mL.
4. Ηλεκτρονικό θερμόμετρο με ακρίβεια μέτρησης 0,1C.
5. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο.
6. Αντιστάτης  $R=22\Omega$  ισχύος 5W.
7. Καλώδια.
8. Κυπελάκι χάρτινο χωρητικότητας 200mL.
9. Πλαστικό κουταλάκι - αναδευτήρας.
10. Υδροβολέας.
11. Χαρτί μιλιμετρέ.
12. Αριθμομηχανή.
13. Χάρακας 20cm.

1) Καταγράψτε την τιμή της αντίστασης  $R$  του αντιστάτη. [Τιμή του κατασκευαστή]

$$R = \text{_____} \Omega$$

- 2) Ρίξτε μέσα στο κυπελάκι νερό μάζας 50g. [Η πυκνότητα του νερού είναι 1g/mL]
- 3) Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 1. Προσέχετε ιδιαίτερα τα εξής:
  - α) Ο αντιστάτης να είναι εντελώς βυθισμένος στο νερό
  - β) Το άκρο του θερμομέτρου να είναι βυθισμένο στο νερό, και να βρίσκεται όσο το δυνατόν μακριά από τον αντιστάτη.
  - γ) Όταν τελειώσετε τη συναρμολόγηση της διάταξης και **πριν θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό**, καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή.
- 4) Ρυθμίστε το ρεύμα  $I$  που διέρχεται από τον αντιστάτη, σε μια τιμή μεταξύ 0,4 και 0,5A. Μόλις ρυθμίσετε το ρεύμα, αρχίστε **να αναδεύετε διαρκώς το νερό** του δοχείου με το πλαστικό κουταλάκι. [Με τη συνεχή ανάδευση επιδιώκουμε το σύστημα να αποκτά γρήγορα ενιαία θερμοκρασία]

Περιμένετε μέχρις ότου παρατηρήσετε αισθητή μεταβολή στην ένδειξη του θερμομέτρου ( $\sim 0,1-0,2C$ ). Τότε, θέστε σε λειτουργία το χρονόμετρο ( $t=0$ ) και ταυτόχρονα καταγράψτε τη θερμοκρασία του νερού τη στιγμή αυτή ( $\theta_0$ ). Μετρήστε τη θερμοκρασία του νερού κάθε 30 δευτερόλεπτα, **αναδεύοντας διαρκώς το νερό του δοχείου**. Καταγράψτε τις μετρήσεις στον πίνακα Α. Μόλις καταγράψετε την τελευταία μέτρηση (για  $t=240s$ ), μηδενίστε το ρεύμα. Αδειάστε το νερό από το κύπελλο, στο νεροχύτη.

#### Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

1. Συμπληρώστε όλες τις στήλες του πίνακα Α.
2. Στο τετραγωνισμένο χαρτί σχεδιάστε σύστημα αξόνων χρόνου  $t$  (οριζόντιος) - μεταβολής θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  (κάθετος), με τις κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετήστε τα

πειραματικά σημεία ( $t, \Delta\theta$ ). Χαράξτε την ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων και διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων.

3. Υπολογίστε την **κλίση  $k$**  της πειραματικής ευθείας.

---



---



---



---



---

$k =$  \_\_\_\_\_

4. Υπολογίστε την πειραματική τιμή της **ειδικής θερμότητας του νερού  $c$** .

---



---



---

$c = \dots\dots\dots \frac{J}{g \cdot ^\circ C}$

**Ερωτήσεις - Συμπεράσματα**

1. Υπολογίστε την ηλεκτρική ενέργεια ( $E_{\eta\lambda}$ ) που μετατράπηκε σε θερμότητα στον αντιστάτη, από τη χρονική στιγμή  $t=0s$  έως την τελευταία μέτρηση.

$E_{\eta\lambda} =$

---



---



---

ΠΙΝΑΚΑΣ Α		
$t_s$	$\theta \text{ } ^\circ C$	$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \text{ } ^\circ C$
0	$\theta_0 =$	0
30		
60		
90		
120		
150		
180		
210		
240		

2. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού στις συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος, είναι  $c = 4,18 \frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ . Με βάση αυτό το

δεδομένο, υπολογίστε τις απώλειες θερμότητας ( $E_{\text{απώλειες}}$ ) προς το περιβάλλον κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, από τη χρονική στιγμή  $t=0s$  έως την τελευταία μέτρηση. Εκφράστε τις απώλειες ως ποσοστό % ως προς τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια  $E_{\eta\lambda}$ :

$a = \frac{E_{\text{απώλειες}}}{E_{\text{ηλεκτρική}}}$

Ικανοποιείται η αρχική υπόθεση ότι οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον είναι μικρές σε σχέση με την προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια; [Το σύστημα θεωρείται ικανοποιητικά μονωμένο εφόσον  $a < 10\%$ ]

---



---



---



---

### Αξιολόγηση της άσκησης

#### Εργαστηριακή θέση:

#### Καταστροφή οργάνου: -10 μονάδες

Μέτρηση της μάζας του νερού	3	0 - 3	
Συναρμολόγηση και λειτουργία πειραματικής διάταξης	12	Σύνθεση κυκλώματος: 0-3 Θέσεις θερμομέτρου - αντιστάτη: 0-3 Ρύθμιση ρεύματος: 0-3 Ανάδευση: 0-3	
Συμπλήρωση 2ης στήλης του πίνακα Α	4,5	$0,5 \times 9 = 4,5$	
Συμπλήρωση 3ης στήλης του πίνακα Α	13,5	$1,5 \times 9 = 13,5$	
Βαθμονόμηση των αξόνων και μονάδες	6	Βαθμονόμηση: $2 \times 2 = 4$ Μονάδες: $1 \times 2 = 2$	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων	9	$1 \times 9 = 9$	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας	6	Σωστή θέση: 4 Διέρχεται από το μηδέν: 2	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	6	Διαδικασία: 4 Αριθμητικοί υπολογισμοί: 2	
Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας του νερού	15	Απόκλιση από την πειραματική τιμή: έως 8%: 15 από 8 έως 12%: 11 από 12 έως 15%: 7 από 15 έως 20%: 3 Απόκλιση >20%: 0	
Απάντηση στην ερώτηση 1	11	Εφαρμογή λανθασμένης σχέσης: μηδενισμός της ερώτησης  Εφαρμογή της κατάλληλης σχέσης: 5 Αριθμητικοί υπολογισμοί: 3 Σημαντικά ψηφία: 1 Μονάδες: 2	
Απάντηση στην ερώτηση 2	14	Εφαρμογή λανθασμένης σχέσης: μηδενισμός της ερώτησης  Εφαρμογή της κατάλληλης σχέσης: 5 Αριθμητικοί υπολογισμοί: 3 Σημαντικά ψηφία: 1 Μονάδες: 2 Συμπεράσματα: 3	
<b>Σύνολο (Σ)</b>	<b>100</b>	<b>Τελικός βαθμός</b>	

**Ενδεικτικές μετρήσεις**

t(s)	θ °C	Δθ=θ-θ <sub>0</sub>
0	18,4	0
30	19	0,6
60	19,5	1,1
90	20,1	1,7
120	20,6	2,2
150	21,1	2,7
180	21,6	3,2
210	22,1	3,7
240	22,6	4,2

m (g)

50

R (Ω)

22

I (A)

0,42

Εηλ. Joule

931,39

κλίση ευθείας k

0,0178 (°C/sec )

Q (Joule)νερού

877,8

c Joule/(g°C)

4,36

Απώλειες στο t<sub>max</sub>(Joule)

53,59

Σχετικές απώλειες

5,75%

