

**Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2009
Πανελλήνιος προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική
16-01-2010**

Σχολείο: _____
Όνόματα των μαθητών της ομάδας:
1) _____
2) _____
3) _____

Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης

Ο βασικός στόχος της άσκησης είναι **ο πειραματικός υπολογισμός των ειδικών θερμότητων του νερού και κράματος αλουμινίου**. Ο σχεδιασμός του πειράματος στηρίζεται στην **εξίσωση της θερμιδομετρίας**, στο **νόμο του Joule** και στην **αρχή της διατήρησης της ενέργειας σε απομονωμένο σύστημα**.

Πώς σχεδιάστηκε η πειραματική διαδικασία - Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης

A) Διαθέτουμε μια ποσότητα νερού σε αρχική θερμοκρασία θ_0 . Αν μεταφέρουμε στο νερό μια ποσότητα θερμότητας Q , παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία (θ) 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 4200J/KgC. [Το Q μετριέται σε Joule, το m σε Kg και η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου C.]

Με αντίστοιχη σχέση συνδέεται η θερμότητα που μεταφέρουμε σε ένα μεταλλικό σώμα, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του. Αν η μάζα του μεταλλικού σώματος είναι M , τότε η θερμότητα $Q_{\text{μετ}}$ που απαιτείται για να μεταβάλει τη θερμοκρασία του σώματος από μια αρχική τιμή θ_0 σε μια άλλη θ , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{μετ}} = c_{\text{μετ}} \cdot M \cdot (\theta - \theta_0) \quad (2)$$

όπου $c_{\text{μετ}}$ είναι η ειδική θερμότητα του υλικού του μεταλλικού σώματος.

B) 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 ($Q_{\alpha\upsilon\tau}$) σε αντιστάτη αντίστασης R , από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα I , υπολογίζεται από το **νόμο του Joule**:

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

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

Γ) Ας συνδυάσουμε τα φαινόμενα A και B, 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 (θ), 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 κ της ευθείας αυτής είναι:

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

Στη σχέση 6 τα μεγέθη κ , 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.

Δ) Ας υποθέσουμε ότι επαναλαμβάνουμε το πείραμα Γ με τη διαφορά, ότι μέσα στο θερμικά μονωμένο δοχείο ρίχνουμε **νερό μάζας m_1 και ένα μεταλλικό σώμα μάζας M** . Τότε ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη, μεταφέρεται στο νερό και το υπόλοιπο στο μεταλλικό σώμα. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας περιγράφεται με τη σχέση:

$$c \cdot m_1 \cdot (\theta - \theta_0) + M \cdot c_\mu \cdot (\theta - \theta_0) = I^2 \cdot R \cdot t$$

ή:

$$(c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu) \cdot \Delta\theta = I^2 \cdot R \cdot t$$

Η ευθεία Δ - t περιγράφεται, στην περίπτωση αυτή, από την εξίσωση:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu} \cdot t \quad (7)$$

που έχει κλίση:

$$\kappa_1 = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu} \quad (8)$$

Με βάση τη σχέση 8, μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την ειδική θερμότητα c_μ του μεταλλικού σώματος, δεδομένου ότι όλες οι άλλες ποσότητες έχουν γνωστές πειραματικές τιμές.

Ε) Συνοπτική περιγραφή της πειραματικής μας δραστηριότητας.

1. Σε κοινό σύστημα ορθογωνίων αξόνων ($\Delta\theta$ - t) θα σχεδιάσουμε δύο πειραματικές ευθείες, που αντιστοιχούν στις εξισώσεις 5 και 7. Για να βρούμε την πρώτη θερμαίνουμε με τον αντιστάτη, μέσα στο κύπελλο, μόνο νερό μάζας m , ενώ για να βρούμε τη δεύτερη μέσα στο κύπελλο ρίχνουμε νερό μάζας m_1 και ένα μεταλλικό σώμα μάζας M . Στη συνέχεια, υπολογίζουμε τις κλίσεις κ και κ_1 των δύο πειραματικών ευθειών.
2. Από τις σχέσεις 6 και 8 θα υπολογίσουμε τις πειραματικές τιμές της ειδικής θερμότητας του νερού (c) και του μετάλλου (c_μ):

$$c = \frac{I^2 \cdot R}{\kappa \cdot m} \quad (9)$$

$$c_\mu = \frac{1}{M} \cdot \left(\frac{I^2 \cdot R}{\kappa_1} - c \cdot m_1 \right) \quad (10)$$

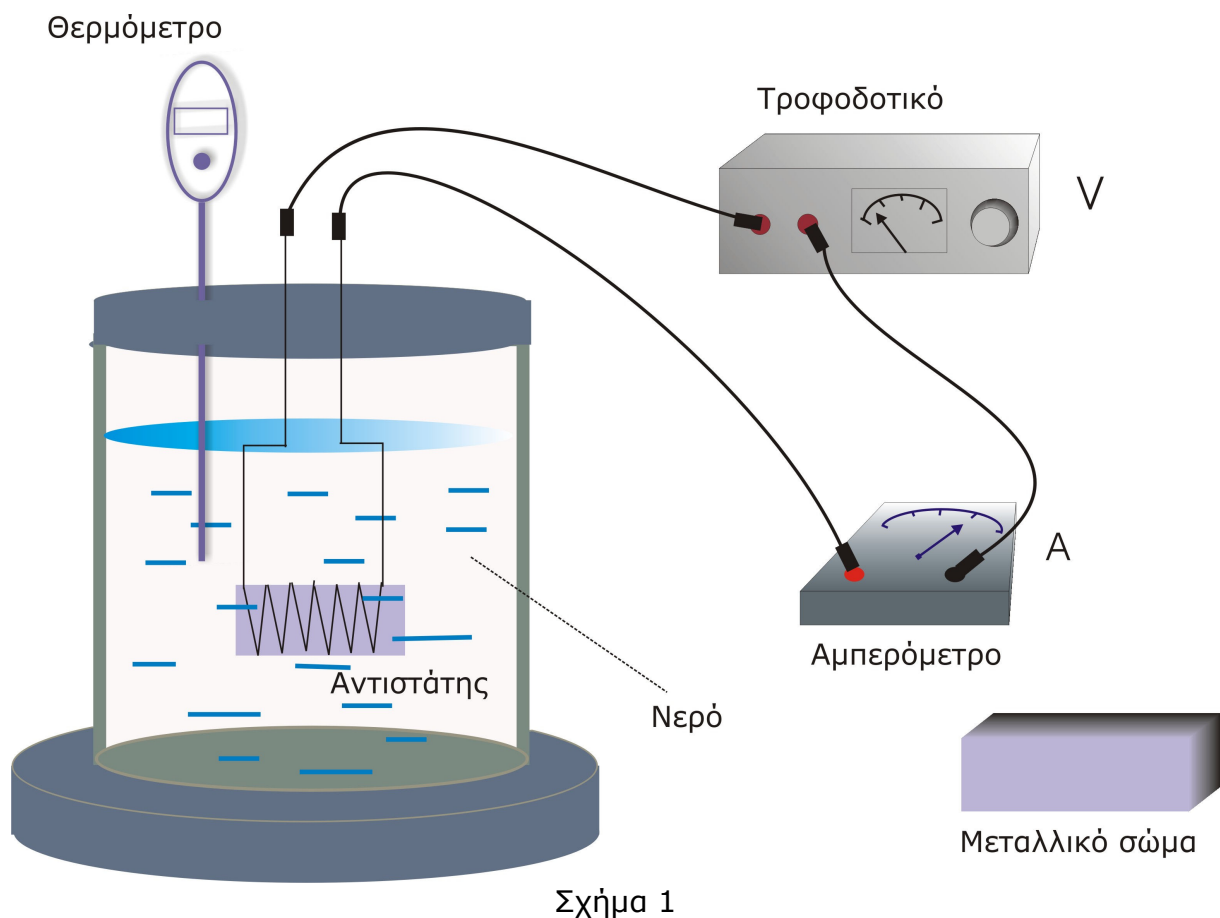
[Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και τον διαρρέει το ίδιο ρεύμα I , και στα δύο πειράματα.]

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.

7. Μεταλλικό πλακίδιο από κράμα αλουμινίου.
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.

Πειραματική διαδικασία - Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων



- 1) Μετρήστε την αντίσταση R του αντιστάτη και καταγράψτε την τιμή της. [Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Περιμένετε μέχρι η ένδειξη του ωμομέτρου σταθεροποιηθεί στην ελάχιστη τιμή]

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

Πείραμα 1

- 2) Ρίξτε μέσα στο κυπελάκι νερό μάζας 0,2Kg και σφραγίστε το με το καπάκι του.
- 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, αλλά να μην ακουμπά στο κύπελλο και να βρίσκεται όσο το

δυνατόν μακριά από τον αντιστάτη. Όταν κάνετε τη συναρμολόγηση της διάταξης και πριν θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό, καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή.

- 4) Ρυθμίστε το ρεύμα I του αντιστάτη στα $0,7A$. Μόλις ρυθμίσετε το ρεύμα πρέπει να κουνάτε ελαφρά το δοχείο, ώστε **το νερό να αναδεύεται διαρκώς** (με τη συνεχή ανάδευση επιδιώκουμε το σύστημα να αποκτά γρήγορα ενιαία θερμοκρασία). Περιμένετε μέχρις ότου παρατηρήσετε αισθητή μεταβολή στην ένδειξη του θερμομέτρου. Τότε, θέστε σε λειτουργία το χρονόμετρο και πάρτε μετρήσεις θερμοκρασίας-χρόνου κάθε 30 δευτερόλεπτα, **ξεκινώντας από το $t=0$** . Καταγράψτε τις μετρήσεις στον πίνακα Α. Μόλις καταγράψετε την τελευταία μέτρηση (για $t=240s$), μηδενίστε το ρεύμα, βγάλτε το καπάκι από το κύπελλο και αδειάστε το νερό από το κύπελλο.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α [Πείραμα 1]		
t s	θ C	$\Delta\theta=\theta-\theta_0$ C
0		0
30		
60		
90		
120		
150		
180		
210		
240		

ΠΙΝΑΚΑΣ Β [Πείραμα 2]		
t s	θ C	$\Delta\theta=\theta-\theta_0$ C
0		0
30		
60		
90		
120		
150		
180		
210		
240		

Πείραμα 2

- 5) Ζυγίστε το πλακίδιο αλουμινίου (M) και τοποθετήστε το μέσα στο κύπελλο. Ρίξτε μέσα στο κύπελλο νερό μάζας $m_1=0,12Kg$, σφραγίστε το με το καπάκι του και επαναλάβετε τα βήματα 3 και 4, καταγράφοντας τις μετρήσεις σας στον πίνακα Β.

Μάζα πλακιδίου αλουμινίου: $M=$ _____Kg

Επεξεργασία δεδομένων

- 6) Συμπληρώστε όλες τις στήλες των πινάκων Α και Β.
7) Στο τετραγωνισμένο χαρτί σχεδιάστε σύστημα αξόνων χρόνου t (οριζόντιος) - μεταβολής θερμοκρασίας $\Delta\theta$ (κάθετος), με τις κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία (σύμφωνα με τους πίνακες μετρήσεων Α και Β) και χαράξτε τις πειραματικές ευθείες που αντιστοιχούν στα δύο πειράματα. Υπολογίστε την κλίση κάθε ευθείας:

Κλίση της ευθείας που αντιστοιχεί στη θέρμανση μόνο νερού (πείραμα1):

$$k = \underline{\hspace{2cm}}$$

Κλίση της ευθείας που αντιστοιχεί στη θέρμανση νερού και μετάλλου (πείραμα 2):

$$k_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Εφαρμόστε τις σχέσεις 9 και 10 και υπολογίστε τις πειραματικές τιμές των ειδικών θερμοτήτων του νερού (c) και του μετάλλου (c_{μ}).

$$c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J/KgC}$$

$$c_{\mu} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J/KgC}$$

Ερωτήσεις

1. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα, υπολογίστε την ηλεκτρική ενέργεια ($E_{\eta\lambda}$) που μετατράπηκε σε θερμότητα στον αντιστάτη, από τη χρονική στιγμή $t=0s$ έως την τελευταία μέτρηση, σε κάθε πείραμα.

Στο πείραμα 1: $\underline{\hspace{5cm}}$

Στο πείραμα 2: $\underline{\hspace{5cm}}$

2. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα του πειράματος 2, υπολογίστε τη θερμότητα Q που μεταφέρθηκε στο νερό και τη θερμότητα $Q_{\mu\epsilon\tau}$ που μεταφέρθηκε στο αλουμινένιο πλακίδιο, από τη χρονική στιγμή $t=0s$ έως την τελευταία μέτρηση, που έχετε καταγράψει στον πίνακα Β. Ελέγξτε κατά πόσον ικανοποιείται η αρχή διατήρησης της ενέργειας.

$$Q = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$$

$$Q_{\mu\epsilon\tau} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$$

$\underline{\hspace{5cm}}$
 $\underline{\hspace{5cm}}$

3. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι στην περιοχή θερμοκρασιών, όπου διεξήχθη η πειραματική διαδικασία, η τιμή της ειδικής θερμότητας του

νερού, είναι $c=4190\text{J/KgC}$. Σε ποιους από τους παρακάτω λόγους πιστεύετε ότι οφείλεται η όποια διαφορά της πειραματικής τιμής που βρήκατε, από εκείνη της βιβλιογραφίας; [Επιλέξτε ποιες από τις ακόλουθες απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες]

- a. Σε υποκειμενικά σφάλματα κατά τη μέτρηση του χρόνου και της θερμοκρασίας του συστήματος. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- b. Σε αναπόφευκτες απώλειες θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον του. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- c. Η θεωρία, με βάση την οποία έγινε ο σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας, δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- d. Σε σφάλματα που έγιναν κατά τη χάραξη της πειραματικής ευθείας και στον υπολογισμό της κλίσης της. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- e. Η αρχή της διατήρησης της ενέργειας δεν ισχύει ακριβώς, όταν η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**

Αξιολόγηση της άσκησης

Λύκειο _____

Μέτρηση αντίστασης	3	0 - 3	
Ζυγίσεις	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	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων στο πείραμα 1	4	0-4	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων στο πείραμα 2	4	0-4	
Συμπλήρωση των πινάκων Α και Β	8	Συμπλήρωση των στηλών με τις θερμοκρασίες: 0-2 Συμπλήρωση των στηλών με τις μεταβολές θερμοκρασίας: 0-6	
Κλίμακες, μονάδες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος.	8	Κλίμακα - βαθμονόμηση: 0-6 Μονάδες: 0-2	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων.	4	0-4	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας.	6	Πείραμα1: 0-3 Πείραμα2: 0-3	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	6	Πείραμα1: 0-3 Πείραμα2: 0-3	
Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας του νερού	10	Απόκλιση έως 10%: 10 Απόκλιση 10 έως 20%: 7 Απόκλιση 20-30%: 3 Απόκλιση >30%: 0	
Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας του μετάλλου	10	Απόκλιση έως 10%: 10 Απόκλιση 10 έως 20%: 7 Απόκλιση 20-30%: 3 Απόκλιση >30%: 0	
Απάντηση στην ερώτηση 1	4	Στο πείραμα 1: 0-2 Στο πείραμα 2: 0-2	
Απάντηση στην ερώτηση 2	8	1η υπό-ερώτηση: 0-2 2η υπό-ερώτηση: 0-2 3η υπό-ερώτηση: 0-4	
Απάντηση στην ερώτηση 3	10	0-2 για κάθε σωστή επιλογή	
Σύνολο	100		