

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



Σάββατο 7 Φεβρουαρίου 2015

ΛΥΚΕΙΟ:

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1.

2.

3.

ΜΟΝΑΔΕΣ:

A. Εισαγωγή

A.1. Γενική εισαγωγή - το πρόβλημα

Το φως του Ήλιου είναι η κινητήρια δύναμη της ζωής. Με την ενέργειά του τα διάφορα έμβια όντα και υλικά κοντά στην επιφάνεια του πλανήτη μας εμπεριέχουν ικανή εσωτερική θερμική ενέργεια ώστε να διατηρούνται σε κατάλληλη θερμοκρασία για την επιβίωση και την ύπαρξή τους. Για τα έμβια όντα ειδικότερα με σχετικά υψηλή παραγωγή μηχανικού έργου, τα οποία μέσω κινήσεων και άσκησης δυνάμεων αφαιρούν από την εσωτερική τους ενέργεια, προκειμένου να τη διατηρήσουν, απαιτείται η λήψη κατάλληλης τροφής, που μέρος της με τη βοήθεια κατάλληλων βιοχημικών κύκλων μετατρέπεται σε εσωτερική τους ενέργεια.

Ο άνθρωπος από αρχαιοτάτων χρόνων για να διατηρήσει την εσωτερική θερμική του ενέργεια ιδιαίτερα σε ψυχρές περιόδους ανακάλυψε πηγές ενέργειας, πιο συγκεκριμένα τη χημική αντίδραση της καύσης. Υπάρχει άραγε ισοδυναμία μεταξύ των διαφόρων μορφών ενέργειας κατά τις μετατροπές της από τη μία μορφή σε άλλη; Ο άγγλος φυσικός J.P. Joule (1818-1889), στον οποίο οφείλεται το όνομα της μονάδας ενέργειας στο S.I., με το περίφημο πείραμά του απόδειξε ισοδυναμία μεταξύ του μηχανικού έργου που μέσω της τριβής μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και την αύξηση της εσωτερικής θερμικής ενέργειας σώματος στο οποίο αυτή αποδίδεται και προσδιόρισε το μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας σε $\alpha_{\mu\eta\chi} \approx 4,18 \text{ J/cal}$.

Σήμερα, χάρη στις εργασίες του άγγλου πειραματικού φυσικού Michael Faraday (1791 – 1867), έχει εδραιωθεί σε ευρεία κλίμακα η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας και της αύξησης της εσωτερικής θερμικής ενέργειας σώματος στο οποίο αυτή αποδίδεται αφού μετατραπεί σε θερμική ; Με την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουμε σήμερα, θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε σ' αυτό το πρόβλημα.

A.2. Θεωρητική εισαγωγή

Η πειραματική διερεύνηση των παραπάνω διευκολύνεται σημαντικά από τη χρήση ειδικού δοχείου για την πειραματική διάταξη γνωστού με το όνομα αδιαβατικό θερμιδόμετρο. Το θερμιδόμετρο είναι ένα δοχείο με διπλά θερμομονωτικά τοιχώματα και το χαρακτηριστικό του είναι η μη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του περιεχομένου του και του περιβάλλοντός του. Πληρούται με απιονισμένο νερό, προκειμένου να αποφευχθούν ηλεκτροχημικά φαινόμενα και στο εσωτερικό του εμβαπίζεται αντιστάτης, οι ακροδέκτες του οποίου καταλήγουν στο επίσης θερμομονωτικό καπάκι ώστε να δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο καπάκι υπάρχουν οπές για την τοποθέτηση θερμομέτρου και αναδευτήρα.



Η ηλεκτρική ενέργεια $\Delta E_{\eta\lambda}$ που καταναλώνεται σε αντιστάτη, στον οποίο εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού V και κατά συνέπεια διαρρέεται από ρεύμα έντασης I για χρονικό διάστημα Δt , δίνεται από τη σχέση :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = V I \Delta t = P \Delta t, \quad (1)$$

όπου P είναι η ηλεκτρική ισχύς στον αντιστάτη. Η ενέργεια αυτή θεωρείται ότι μετατρέπεται σε θερμική, που, εφόσον ο αντιστάτης βρίσκεται μέσα σε ορισμένο σώμα (για παράδειγμα βυθισμένος σε νερό μάζας m μέσα σε ένα θερμιδόμετρο), μεγάλο μέρος της χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμικής εσωτερικής ενέργειας του τελευταίου, που εκδηλώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του κατά $\Delta\theta$ και δίνεται από τη σχέση :

$$\Delta Q = m c \Delta\theta \quad (2)$$

όπου c χαρακτηριστική ποσότητα του υλικού γνωστή ως ειδική θερμότητα, ενώ για τη συγκεκριμένη ποσότητα του υλικού αυτού το γινόμενο mc χαρακτηρίζεται ως θερμοχωρητικότητα C . Αν υπάρχει κάποια μορφή ισοδυναμίας μεταξύ των δύο παραπάνω μορφών ενέργειας, θα πρέπει να μπορεί να γραφεί μια σχέση της μορφής :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha \Delta Q + \Delta E \quad (3)$$

όπου α συντελεστής, γνωστός ως ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας και ΔE η ηλεκτρική ενέργεια στον αντιστάτη που δεν χρησιμοποιείται για αύξηση του θερμικού περιεχομένου του νερού αλλά στην αύξηση του θερμικού περιεχομένου του αντιστάτη και των εσωτερικών τοιχωμάτων του θερμιδομέτρου. Αν η θερμοχωρητικότητα του συστήματος θερμιδομέτρου και αντιστάτη είναι $C_{\delta r}$ και θεωρήσουμε ότι αντιστάτης – νερό – εσωτερικά τοιχώματα θερμιδομέτρου βρίσκονται σε θερμική ισορροπία κατά τη μέτρηση της θερμοκρασίας, η σχέση (3) γράφεται :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha \Delta U + C_{\delta r} \Delta\theta \quad (4)$$

ή :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha m c \Delta\theta + C_{\delta r} \Delta\theta \quad (5)$$

ή :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = (\alpha V_v \rho_v c + C_{\delta r}) \Delta\theta \quad (6)$$

όπου ρ_v και V_v η πυκνότητα και ο όγκος του νερού στο θερμιδόμετρο, αντίστοιχα. Η σχέση (6) σε γραφική παράσταση με άξονα τετμημένων τη μεταβολή της θερμοκρασίας και τεταγμένων την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στον αντιστάτη, οδηγεί σε ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Από τη σχέση (6) ή τη γραφική της παράσταση, εφόσον θεωρηθεί η ειδική θερμότητα του νερού c ίση με $1 \text{ cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$, μετρηθεί ο όγκος V_v του νερού και δοθεί η πυκνότητα ρ_v του νερού και η θερμοχωρητικότητα $C_{\delta r}$ δοχείου και αντιστατών, μπορεί εύκολα να υπολογιστεί το ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας α . Τα πειραματικά σημεία για χάραξη της παραπάνω γραφικής παράστασης προκύπτουν από διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από τις τιμές V , I , Δt που επιλέγονται κάθε φορά και την μετρούμενη μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ που οφείλεται στην αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια.

B. Πειραματική διαδικασία**B.1. Εργαστηριακός εξοπλισμός και υλικό**

Στον πάγκο εργασίας θα βρείτε:

1. Ένα τροφοδοτικό υψηλής και χαμηλής τάσης (οι ακροδέκτες της υψηλής τάσης είναι καλυμμένοι με μονωτική ταινία και δεν θα χρησιμοποιηθούν)
2. Ένα διακόπτη
3. Δύο ψηφιακά πολύμετρα, από τα οποία το ένα θα χρησιμοποιηθεί ως βολτόμετρο και το άλλο ως αμπερόμετρο
4. Ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο
5. Ένα θερμιδόμετρο που αποτελείται από: δύο ποτηράκια πολυστυρενίου το ένα μέσα στο άλλο που καλύπτονται από ένα κωνικό καπάκι από πολυστυρένιο πάχους 3 cm με μία οπή για τοποθέτηση του στελέχους του ηλεκτρονικού θερμομέτρου και δύο ακροδέκτες για ηλεκτρική σύνδεση. Οι δύο αυτοί ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τα άκρα απλού ηλεκτρικού κυκλώματος που αποτελείται από δύο αντιστάτες αντίστασης 5,6Ω και αντοχής ισχύος 5W ο καθένας, συνδεδεμένους σε σειρά με μόνωση στους αγωγούς σύνδεσης. Η όλη κατασκευή στηρίζεται σε βάση από κομμένο πλαστικό μπουκάλι νερού.
6. Καλώδια σύνδεσης με ακροδέκτες τύπου μπανάνα με δυνατότητα πολλαπλών συνδέσεων (δημιουργία κόμβου)
7. Υδροφολέας 250ml με απιονισμένο νερό
8. Ογκομετρικός κύλινδρος των 100ml
9. Χρονόμετρο

B.2. Πειραματικά βήματα

1. Μετρήστε όγκο απιονισμένου νερού ίσου με 150ml.
2. Καλέστε τον επιτηρητή να αξιολογήσει την προσπάθειά σας. (3 μονάδες)
3. Εισάγετε το νερό όγκου 150ml στο θερμιδόμετρο και τοποθετείστε το καπάκι του. Οι κινήσεις σας εδώ θα πρέπει να είναι προσεκτικές ώστε αφενός μόνο το νερό του παραπάνω όγκου να εισαχθεί με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια στο θερμιδόμετρο, αφετέρου να μην προκληθεί οποιαδήποτε βλάβη στο θερμιδόμετρο. Για οτιδήποτε σχετικό εφαρμόζεται ποινή έως 7 μονάδες που εκτιμάται από τον επιτηρητή σας.
4. Κατασκευάστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος και σημειώστε το ηλεκτρικό στοιχείο/όργανο μέτρησης και τον τρόπο σύνδεσής του στο κύκλωμα

<p>E :</p> <p>Δ :</p> <p>A :</p> <p>V :</p> <p style="text-align: center;">(6 μονάδες)</p>	
---	--

5. Επιλέξτε την κλίμακα στα όργανα μέτρησης για τάση στο τροφοδοτικό έως 15V.
6. Τοποθετήστε το ηλεκτρονικό σας θερμόμετρο στην οπή του καπακιού, ώστε η σημειωμένη ένδειξη στο στελέχος του να βρίσκεται στην πάνω επίπεδη βάση του καπακιού, οπότε, όταν το καπάκι του θερμιδομέτρου βρίσκεται στη σωστή του θέση στο θερμιδόμετρο, το άκρο του στελέχους αυτού θα πρέπει να βρίσκεται σε βάθος περίπου 1cm από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού στο θερμιδόμετρο.
7. Καλέστε τον επιτηρητή σας για να αξιολογήσει την προσπάθειά σας στα παραπάνω βήματα 3 έως 6.

(12 μονάδες)

8. Από τη στιγμή που ο επιτηρητής σας ελέγξει το κύκλωμά σας και το εκτιμήσει ορθό, τότε μόνο μπορείτε να κλείσετε το διακόπτη και να συνεχίσετε την πειραματική σας εργασία.
9. Μετρήστε τη θερμοκρασία του νερού και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής με τη στήλη ϑ_0 του παρακάτω πίνακα I.
10. Επιλέξτε πολική τάση στο τροφοδοτικό περίπου 6,5V. Κλείστε το διακόπτη για χρονικό διάστημα $\Delta t = 2$ min, αναδεύοντας ελαφρά κατά την παραπάνω χρονική διάρκεια και συμπληρώστε τα κελιά των τριών (3) πρώτων στηλών μετά τη στήλη «α/α» της πρώτης γραμμής του πίνακα I.
11. Περιμένετε περίπου 1,5 - 2 min χωρίς ανάδευση, έως ότου επέλθει θερμική ισορροπία στο εσωτερικό περιεχόμενο του θερμιδομέτρου. Μετρήστε τη θερμοκρασία του νερού στο θερμιδόμετρο και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής με τη στήλη ϑ_t .
12. Καλέστε τον επιτηρητή σας και δείξτε του τη διαδικασία που ακολουθήσατε, για να αξιολογήσει την προσπάθειά σας. (5 μονάδες)
13. Για να συμπληρώσετε τα κελιά των γραμμών δεύτερης έως και πέμπτης του παρακάτω πίνακα I, επαναλάβετε τέσσερες (4) φορές τα παραπάνω βήματα 10 έως 12 αφού επιλέξετε διαδοχικά πολική τάση περίπου 8V, 9,5V, 11V και 12,5V στο τροφοδοτικό σας, μία φορά για κάθε διαφορετική επιλεγμένη τιμή τάσης, κλείνοντας το διακόπτη για χρονικό διάστημα $\Delta t = 2$ min κάθε φορά.
14. Συμπληρώστε τα υπόλοιπα κελιά του πίνακα I, υπολογίζοντας τη $\Delta E_{\eta\lambda}$ από τη σχέση (1) με προσέγγιση τριών δεκαδικών ψηφίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

α/α	V (V)	I (A)	Δt (s)	$\Delta E_{\eta\lambda}$ (J)	ϑ_0 (°C)	ϑ_t (°C)	$\Delta\vartheta = \vartheta_t - \vartheta_0$ (°C)
1							
2							
3							
4							
5							

(28 μονάδες)

15. Στο χιλιοστομετρικά τετραγωνισμένο χαρτί στην επόμενη σελίδα χαράξτε τη γραφική παράσταση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κάθε φορά στον αντιστάτη ως προς την εκάστοτε μεταβολή της θερμοκρασίας. (19 μονάδες)
16. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας γραμμής στη γραφική σας παράσταση, που θεωρείτε ότι προσεγγίζει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα πειραματικά σας σημεία και σημειώστε την στο τετραγωνίδιο που ακολουθεί.

Κλίση $\kappa = \dots\dots\dots$

(7 μονάδες)

17. Χρησιμοποιείτε τη σχέση (6) και τα παραπάνω αποτελέσματα που εκτιμάτε ότι απαιτούνται, προκειμένου να υπολογίσετε το ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας α και συμπληρώστε την τιμή που προκύπτει στο παρακάτω τετραγωνίδιο. Για τον υπολογισμό αυτόν επιπλέον λάβετε υπόψη τις παρακάτω τιμές :

- Πυκνότητα νερού : $\rho_v = 1 \text{ g/ml}$
- Ειδική θερμότητα νερού : $c = 1 \text{ cal/(g.deg)}$
- Θεωρήστε αμελητέα τη θερμοχωρητικότητα $C_{\delta r}$ θερμοδομετρικού δοχείου και αντιστατών

$\alpha = \dots\dots\dots \text{ J/cal}$

(7 μονάδες)

18. Σχολιάστε την πειραματική σας διαδικασία και τα αποτελέσματά της σχετικά με :

- Τη σχέση των τιμών της πτώσης τάσης στα άκρα του συστήματος αντιστατών με την αντίστοιχη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που μετρήσατε

- Την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνονταν σε κάθε αντιστάτη σε σχέση με την ονομαστική μέγιστη ισχύ αντοχής του

- Τη σχέση του ηλεκτρικού ισοδυνάμου της θερμότητας που προσδιορίσατε με την παραπάνω πειραματική διαδικασία, με την τιμή του μηχανικού ισοδυνάμου της θερμότητας που προσδιόρισε ο J.P.Joule και πού αποδίδετε τις τυχόν διαφοροποιήσεις.

(13 μονάδες)

Καλή επιτυχία !!!