

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Α. ΣΤΟΧΟΙ

- Η ικανότητα συναρμολόγησης μιας απλής πειραματικής διάταξης
- Η διαπίστωση του ρόλου της δύναμης τριβής στην εύκολη και με μεγάλη απόδοση μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε θερμική
- Η κατανόηση του ποσοτικού χαρακτήρα της αρχής διατήρησης της ενέργειας
- Η σύγκριση των πειραματικών δεδομένων με τις θεωρητικές προβλέψεις

Β. ΘΕΜΑ

- Ο υπολογισμός του έργου της τριβής και της θερμότητας που μεταφέρεται σε ένα σώμα λόγω τριβής.
- Ο προσδιορισμός του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας, δηλαδή της ποσοτικής σχέσης μεταξύ των δύο μονάδων ενέργειας 1 J και 1 cal.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Συμπαγής κύλινδρος από αλουμίνιο
- Βάση κατάλληλη για τοποθέτηση και στερέωση στον εργαστηριακό πάγκο με ενσωματωμένο τον μετρητή στροφών και τον κύλινδρο αλουμινίου
- Ιμάντας μήκους περίπου 3,4 m
- Σώμα μάζας 5 kg με άγκιστρο ανάρτησης
- Ψηφιακό θερμομέτρο με μεταλλικό στέλεχος και ευαισθησία 0,1 °C
- Ζυγός

Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο της Α' τάξης Γενικού Λυκείου :
 - ✓ Ενότητα 2.2.1 : Η έννοια του έργου
 - ✓ Ενότητα 2.2.8 : Η τριβή και η μηχανική ενέργεια
 - ✓ Ενότητα 2.3.5 : Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Έργο W μιας σταθερής δύναμης F , που μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της, ονομάζουμε το γινόμενο της σταθερής δύναμης επί την μετατόπιση x του σημείου εφαρμογής της :

$$W = F \cdot x \quad (1)$$

- Στην προκειμένη περίπτωση το έργο της τριβής T μεταξύ ιμάντα και κυλίνδρου που έχει ακτίνα r και περιφέρεια $x = 2 \pi r$, για n περιστροφές είναι :

$$W_T = T \cdot (2 \pi r) \cdot n \quad (2)$$

- Είναι γνωστό ότι η παρουσία δυνάμεων τριβής κατά τη διάρκεια της κίνησης ενός σώματος, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του.

- Το έργο της δύναμης της τριβής εκφράζει το ποσό της μηχανικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμική.
- Η θερμότητα Q , που προσφέρεται σ' ένα σώμα μάζας m και αυξάνεται η θερμοκρασία του από θ_1 σε θ_2 , δίνεται από τη σχέση :

$$Q = c m (\theta_2 - \theta_1) \quad (3)$$

όπου c είναι μια σταθερή, που ονομάζεται ειδική θερμότητα του υλικού.

- Είναι φανερό ότι, με την προϋπόθεση ότι η απώλεια προς το περιβάλλον είναι ασήμαντη, θα πρέπει να ισχύει $W_T = Q$.

Πειραματική διάταξη

- Ο κύλινδρος αλουμινίου έχει μικρές θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Στο κέντρο της μιας βάσης του φέρει οπή με κατάλληλη διάμετρο για εισαγωγή του στελέχους του θερμομέτρου, ενώ στην άλλη βάση του φέρει άξονα με μανιβέλα για χειροκίνητη περιστροφή.
- Γύρω από τον κύλινδρο αλουμινίου τυλίγεται ο ιμάντας στο άκρο του οποίου έχει προσδεθεί το σώμα μάζας 5 kg. Η μανιβέλα στρέφεται με κατάλληλη ταχύτητα ώστε το κρεμασμένο σώμα βάρους B να διατηρείται σε σταθερή απόσταση από το έδαφος μέσω της τριβής T που αναπτύσσεται μεταξύ του ιμάντα και του κυλίνδρου. Σ' αυτή την περίπτωση ισχύει ότι $T = B$.



ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

- Στερεώνουμε τη συσκευή στη γωνία του εργαστηριακού πάγκου όπως φαίνεται στην εικόνα, προσέχοντας ώστε να είναι οριζοντιωμένη κατά τη διεύθυνση του άξονα του κυλίνδρου.
- Περνάμε τον ιμάντα μήκους $\sim 3,4$ m, που περιλαμβάνεται στη συσκευή, από το άγκιστρο της μάζας των 5 kg και ισοσταθμίζουμε τα δύο άκρα του, δημιουργώντας έτσι έναν «διπλό» ιμάντα. Τυλίγουμε τον «διπλό» ιμάντα γύρω από τον κύλινδρο όσες φορές χρειάζεται, ώστε να καλυφθεί όλο το πλάτος του κυλίνδρου και τοποθετούμε το βάρος ακριβώς κάτω από τη συσκευή.
- Τοποθετούμε το ψηφιακό θερμόμετρο στην υποδοχή του κυλίνδρου, προσέχοντας ώστε κατά την περιστροφή να παραμένει στέρεα στην υποδοχή.

Z. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λήψη μετρήσεων

1. Καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1 τις τιμές της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ και της ειδικής θερμότητας $c = 216 \text{ cal / kg } ^\circ\text{C}$ του αλουμινίου.
2. Ζυγίζουμε τη μάζα m_σ του σώματος που κρέμεται και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (είναι ήδη σημειωμένη).
3. Ζυγίζουμε τη μάζα m_κ του κυλίνδρου που είναι συναρμολογημένη στη βάση της συσκευής και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (είναι ήδη σημειωμένη).
4. Μετράμε την ακτίνα r του κυλίνδρου και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (είναι ήδη σημειωμένη).
5. Διαβάζουμε στο ψηφιακό θερμόμετρο την αρχική θερμοκρασία θ_1 του κυλίνδρου και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
6. Μηδενίζουμε τον μετρητή στροφών περιστρέφοντας με την κατάλληλη φορά το κουμπί που είναι ενσωματωμένο πάνω του.
7. Κρατάμε το ελεύθερο άκρο του «διπλού» ιμάντα και εφαρμόζοντας μικρή δύναμη, αρχίζουμε την περιστροφή της μανιβέλας με κατάλληλη ταχύτητα, ώστε το κρεμασμένο βάρος B , αφού ανυψωθεί λίγο, να διατηρείται σε σταθερή απόσταση από το έδαφος μέσω της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ του ιμάντα και του κυλίνδρου.

8. Όταν η θερμοκρασία ανέβει μερικούς βαθμούς πάνω από την αρχική (π.χ. 4 – 5 °C), σταματάμε την περιστροφή του κυλίνδρου και καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1 τον αριθμό n των περιστροφών του κυλίνδρου, όπως καταγράφεται στο μηχανικό μετρητή.
9. Μετά τη συμπλήρωση των περιστροφών περιμένουμε μερικά δευτερόλεπτα καθώς η θερμοκρασία συνεχίζει να ανεβαίνει και όταν το θερμομέτρο δείξει τη μέγιστη θερμοκρασία θ_2 καταγράφουμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1			
ΔΕΔΟΜΕΝΑ		ΤΙΜΗ	
Επιτάχυνση της βαρύτητας	g	9,81	m / s ²
Ειδική θερμότητα αλουμινίου	c	216	cal / kg · °C
Μάζα σώματος που κρέμεται	m_{σ}	5,000	kg
Μάζα κυλίνδρου	m_{κ}	0,280	kg
Ακτίνα κυλίνδρου	r	2,5	cm
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΤΙΜΗ	
Αρχική θερμοκρασία κυλίνδρου πριν την περιστροφή	θ_1		°C
Αριθμός περιστροφών	n		περιστροφές
Μέγιστη θερμοκρασία κυλίνδρου μετά την περιστροφή	θ_2		°C

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογίζουμε τη θερμότητα Q σε cal, που μεταφέρθηκε στον κύλινδρο και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
2. Υπολογίζουμε το βάρος B_{σ} του σώματος μάζας m_{σ} και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
3. Υπολογίζουμε την τριβή T μεταξύ ιμάντα και κυλίνδρου (με δεδομένο ότι το σώμα διατηρείται σε σταθερή απόσταση από το έδαφος) και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
4. Υπολογίζουμε το έργο της τριβής W_T σε J μεταξύ ιμάντα και κυλίνδρου και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
5. Υπολογίζουμε την πειραματική τιμή του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας α_{π} και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
6. Υπολογίζουμε το σχετικό πειραματικό σφάλμα στον υπολογισμό του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας, θεωρώντας ως ακριβή την τιμή $\alpha_{\theta} = 0,24$ cal/J και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2 [$\sigma \% = (\alpha_{\theta} - \alpha_{\pi}) / \alpha_{\theta} \cdot 100 \%$].

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΡΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ		ΤΙΜΗ	
Θερμότητα που μεταφέρθηκε :	$Q = c \cdot m_{\kappa} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$	Q	cal
Βάρος σώματος :	$B_{\sigma} = m_{\sigma} \cdot g$	B_{σ}	N
Τριβή μεταξύ σχοινιού και κυλίνδρου :	$T = B_{\sigma}$	T	N
Έργο της δύναμης τριβής :	$W_T = T \cdot 2 \pi r \cdot n$	W_T	J
Πειραματικό μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας :	$\alpha_{\pi} = Q / W_T$	α_{π}	cal / J
Θεωρητική τιμή μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας		α_{θ}	0,24 cal / J

Σφάλμα μεταξύ θεωρητικής και πειραματικής τιμής	σ %		%
---	-----	--	---

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 τα συμπεράσματα από το πείραμα διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στην περίπτωση μεταφοράς θερμότητας στον κύλινδρο λόγω του έργου της τριβής ισχύει / δεν ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε.).
2. Ένας από τους παράγοντες στο σφάλμα μέτρησης του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας είναι / δεν είναι η απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.
3. Ο κυριότερος από τους παρακάτω παράγοντες στο σφάλμα μέτρησης του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας είναι η μη ακριβής μέτρηση της μάζας του κυλίνδρου / της μάζας του σώματος / του αριθμού των στροφών / της αρχικής θερμοκρασίας / της τελικής θερμοκρασίας.
4. Το σφάλμα στον προσδιορισμό του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας θα ήταν μηδενικό αν βρίσκαμε $\alpha = 1 \frac{\text{cal}}{\text{J}}$ / $\alpha = 0,24 \frac{\text{cal}}{\text{J}}$.
5. Εάν σαν μονάδα έργου και θερμότητας θεωρήσουμε το 1 J και με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας και σφάλματα στις μετρήσεις, τότε η αριθμητική τιμή του μηχανικού ισοδύναμου θα ήταν $\alpha = 1$ / $\alpha = 0$ / $\alpha = 0,24$.