

Ζ Υ Γ Α Ρ Ι Α Α Ν Ω Σ Η Σ

Η άσκηση αποτελεί μια παραλλαγή του θέματος Φυσικής του τοπικού διαγωνισμού EUSO 2015-16 των Ε.Κ.Φ.Ε της Δ.Δ.Ε Α΄ Αθήνας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την παρούσα εργαστηριακή άσκηση θέλουμε να κατασκευάσουμε μια ζυγαριά χωρίς ελατήρια και δίσκους αξιοποιώντας την αρχή του Αρχιμήδη και τη συνθήκη πλεύσης (ισορροπία).

Η πρακτική που ακολουθείται στην κατασκευή οργάνων μέτρησης μετά τη συναρμολόγησή τους είναι η βαθμονόμησή τους, που πραγματοποιείται συνήθως μέσω μιας γραφικής παράστασης. Για την κατασκευή της προηγούνται μετρήσεις με πρότυπα (δηλαδή ήδη γνωστές τιμές) του μεγέθους που πρόκειται να μετρά το όργανο.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

Κάθε υγρό ασκεί δύναμη στα σώματα που βυθίζονται σε αυτό. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση, είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = d_{\text{υγρ}} \cdot g \cdot V_{\text{εκτ}} \quad (1)$$

όπου A η άνωση που ασκείται σε σώμα βυθισμένο σε υγρό πυκνότητας $d_{\text{υγρ}}$, $V_{\text{εκτ}}$ ο όγκος (ή το μέρος του όγκου) του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό ή αλλιώς ο όγκος του εκτοπιζόμενου από το σώμα υγρού και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Ένα σώμα που επιπλέει σε ένα υγρό δέχεται 2 δυνάμεις, το βάρος του (W) και την άνωση (A). Αφού ισορροπεί θα ισχύει $W=A$ (συνθήκη πλεύσης).

Στον πάγκο του εργαστηρίου υπάρχουν μεταξύ άλλων ένας ογκομετρικός κύλινδρος, ένας δοκιμαστικός σωλήνας και διάφορες βίδες για τις οποίες γνωρίζουμε τη μάζα τους. Έστω ότι ρίχνουμε μια ποσότητα υγρού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο. Αν βυθίσουμε άδειο τον δοκιμαστικό σωλήνα στο υγρό του ογκομετρικού ώστε να επιπλέει (εικόνα 1) τότε σε συμφωνία με τα παραπάνω θα ισχύει:

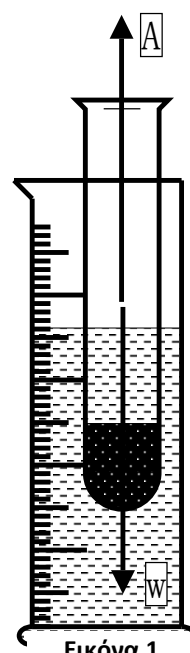
$$W_{\delta} = A \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{ή} \quad M \cdot g &= d_{\text{υγρ}} \cdot g \cdot V_{\text{εκτ},0} \\ \text{και} \quad M &= d_{\text{υγρ}} \cdot V_{\text{εκτ},0} \end{aligned} \quad (3)$$

όπου M η μάζα του δοκιμαστικού σωλήνα

$d_{\text{υγρ}}$ η πυκνότητα του υγρού και

$V_{\text{εκτ},0}$ ο όγκος του άδειου δοκιμαστικού σωλήνα που έχει βυθιστεί στο



Εικόνα 1

υγρό του ογκομετρικού κυλίνδρου, ή αλλιώς ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού.

Αν βάλουμε μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα μερικά βαρίδια τότε θα βυθιστεί περισσότερο. Αν με m συμβολίσουμε τη μάζα των βαριδιών και $V_{εκτ}$ τον επιπλέον όγκο που βυθίζεται ή αλλιώς τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται επιπλέον λόγω των βαριδιών, θα ισχύει:

$$W_{ολ} = A \quad (4)$$

$$\text{συνεπώς } (M+m) \cdot g = d_{υγρ} \cdot g \cdot (V_{εκτ,0} + V_{εκτ})$$

$$\text{ή } M + m = d_{υγρ} \cdot V_{εκτ,0} + d_{υγρ} \cdot V_{εκτ} \quad (5)$$

Και λόγω της (3) θα έχουμε τελικά:

$$m = d_{υγρ} \cdot V_{εκτ} \quad (6)$$

Η σχέση (6) συνδέει τη μάζα ενός αντικειμένου με τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται όταν τοποθετηθεί μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα ο οποίος επιπλέει. Μετρώντας πειραματικά τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται ($V_{εκτ}$) για διάφορα βαρίδια γνωστής μάζας (m), μπορούμε να κατασκευάσουμε τη γραφική παράσταση μάζας-εκτοπιζόμενου όγκου. Στη συνέχεια αν βάλουμε στον δοκιμαστικό σωλήνα ένα αντικείμενο άγνωστης μάζας και μετρήσουμε τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται μπορούμε να χρησιμοποιούμε την γραφική παράσταση για να υπολογίσουμε τη μάζα του αντικειμένου.

Πραγματοποιώντας την άσκηση θα παρατηρήσετε ότι ο δοκιμαστικός σωλήνας δεν στέκεται εντελώς κατακόρυφος μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο αλλά «γέρνει» και ακουμπά στα τοιχώματά του. Η μελέτη της ισορροπίας του δοκιμαστικού σωλήνα σε αυτή την περίπτωση υπερβαίνει το επίπεδο του Γυμνασίου ενώ η απλοποιημένη προσέγγιση που ακολουθήσαμε είναι περισσότερο από ικανοποιητική.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

1. Ογκομετρικός κύλινδρος 100mL.
2. Ποτήρι ζέσης 250 mL με υγρό.
3. Δοκιμαστικοί σωλήνες μικρού μεγέθους δεμένοι με νήμα(2, ο ένας εφεδρικός).
4. Stand του δοκιμαστικού σωλήνα.
5. Τρεις Βίδες των 1.9gr (βίδες Α)
6. Δύο Βίδες των 2.7gr (βίδες Β)
7. Μεταλλικά σώματα άγνωστης μάζας
8. Υδροβολέας.
9. Σταγονόμετρο.
10. Χιλιοστομετρικό χαρτί.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Προκαταρκτικά

Παρατηρείστε τις υποδιαίρεσεις της κλίμακας ογκομετρικού κυλίνδρου.

Σε πόσα ml αντιστοιχεί κάθε υποδιαίρεση στον κύλινδρο των 100ml;

Θεωρείστε ότι η ακρίβεια που παρέχει κάθε ογκομετρικός είναι ίση με το μισό της μικρότερης υποδιαίρεσής του.

A. Μετρήσεις

1. Στον ογκομετρικό κύλινδρο βάλτε 70mL υγρό από το ποτήρι ζέσης. Χρησιμοποιήστε τον υδροβολέα για να προσθέτετε μικροποσότητες και το σταγονόμετρο για να αφαιρείτε.

2. Κρατώντας τον από το νήμα, τοποθετήστε τον δοκιμαστικό σωλήνα μέσα στο υγρό του μεγάλου ογκομετρικού κυλίνδρου. Σημειώστε την ένδειξη της στάθμης του υγρού στον ογκομετρικό κύλινδρο στην 1^η γραμμή του πίνακα. Η ένδειξη αυτή αποτελεί τον αρχικό όγκο με βάση τον οποίο θα υπολογίζετε συνεχώς παρακάτω τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται.

3. Βγάλτε τον δοκιμαστικό σωλήνα από τον κύλινδρο, γείρτε τον σωλήνα στο πλάι και βάλτε μέσα μια βίδα Α. Ελέγξτε ξανά ότι ο όγκος του υγρού στον ογκομετρικό είναι 70mL και βάλτε πάλι στο υγρό τον δοκιμαστικό σωλήνα. Μόλις ο σωλήνας ισορροπήσει παρατηρείστε τη νέα ένδειξη της στάθμης του υγρού στον ογκομετρικό κύλινδρο. Συμπληρώστε τη 2^η γραμμή του πίνακα. Για την τελευταία στήλη του πίνακα (πυκνότητα υγρού) χρησιμοποιείτε τη σχέση (6) και στρογγυλοποιήστε τα αποτελέσματα σε ένα δεκαδικό ψηφίο.

4. Επαναλάβετε το 3^ο βήμα, προσθέτοντας κάθε φορά μια βίδα διαφορετικού μεγέθους (δηλαδή βίδες Α και Β εναλλάξ) και συμπληρώστε όλα τα κελιά του πίνακα.

Περιγραφή σωμάτων μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα	Μάζα των σωμάτων μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα $m \text{ (g)}$	Ένδειξη ογκομετρικού κυλίνδρου (mL)	Όγκος υγρού που εκτοπίζεται λόγω των σωμάτων $V_{\text{εκτ}} \text{ (mL)}$	Πυκνότητα υγρού $d_{\text{υγρ}} \text{ (g/mL)}$
Κανένα σώμα	0		0	
1 βίδα A				
1 βίδα A + 1 βίδα B				
2 βίδες A + 1 βίδα B				
2 βίδες A + 2 βίδες B				
3 βίδες A + 2 βίδες B				

5. Υπολογίστε την μέση τιμή της πυκνότητας του υγρού

.....
.....

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Β. Κατασκευή χαρακτηριστικού διαγράμματος της πειραματικής διάταξης-Βαθμονόμηση ζυγαριάς

1. Σε χιλιοστομετρικό χαρτί κατασκευάστε ένα σύστημα 2 ορθογωνίων αξόνων με τον οριζόντιο άξονα να αποτελεί τον άξονα του εκτοπιζόμενου όγκου ($V_{\text{εκτ}}$) και τον κατακόρυφο τον άξονα της μάζας (m). Με βάση τις πειραματικές τιμές του πίνακα τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία μάζας (m) – εκτοπιζόμενου όγκου ($V_{\text{εκτ}}$) στο σύστημα αξόνων. Σχεδιάστε ευθεία που περνάει όσο το δυνατό πλησιέστερα στα σημεία.
2. Από το γράφημα που σχεδιάσατε υπολογίστε πόση είναι η πυκνότητα του υγρού που χρησιμοποιήσατε;

.....

.....

.....

.....

.....

Γ. Προσδιορισμός της μάζας των άλλων μεταλλικών αντικειμένων

1. Βγάλτε τον δοκιμαστικό σωλήνα από τον ογκομετρικό κύλινδρο. Αφαιρέστε όλες τις βίδες και γέρνοντας τον στο πλάι, τοποθετήστε μέσα, πάντα με προσοχή, το μεταλλικό σώμα, την μάζα του οποίου θέλετε να προσδιορίσετε. Μετρήστε και σημειώστε στον παρακάτω πίνακα τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται από το σωλήνα και το μεταλλικό αντικείμενο.
2. Επαναλάβετε για τα υπόλοιπα αντικείμενα αγνώστου μάζας

Μεταλλικά αντικείμενα	Ένδειξη ογκομετρικού κυλίνδρου με άδειο δοκιμαστικό σωλήνα V_0 (mL)	Ένδειξη ογκομετρικού κυλίνδρου με το μεταλλικό αντικείμενο μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα V' (mL)	Εκτοπιζόμενος όγκος $V_{\text{εκτ}} = V' - V_0$ (mL)
1ο			
2ο			

3. Με τη βοήθεια της πειραματικής ευθείας που σχεδιάσατε και του εκτοπιζόμενου όγκου που σημειώσατε για κάθε σώμα, προσδιορίστε τη μάζα m κάθε σώματος. Δείξτε πάνω στο διάγραμμα πώς το υπολογίσατε.

$m_1 = \dots\dots\dots$ $m_2 = \dots\dots\dots$

4. Ζυγίστε με μια ζυγαριά του εργαστηρίου τα μεταλλικά αντικείμενα και συγκρίνετε με τις τιμές μάζας που υπολογίσατε εσείς. Που οφείλονται τυχόν διαφορές;

.....
.....
.....
.....
.....

5. Έχετε κατασκευάσει και βαθμονομήσει μια μη συνηθισμένη ζυγαριά.

Η ζυγαριά αυτή μπορεί να λειτουργήσει σε περιοχές με διαφορετικό g ή θα χρειάζεται νέα βαθμονόμηση; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

.....
.....
.....
.....
.....