ΕΚΦΕ Αχαρνών

Η άσκηση αποτελεί τροποποιημένη εκδοχή του θέματος φυσικής, της Ευρωπαϊκής Ολυμπιάδας Φυσικών Επιστημών 2009_επιμέλεια θέματος: Κώστας Παπαμιχάλης

Εφαρμογές της Αρχής του Αρχιμήδη & της συνθήκης πλεύσης

Στόχοι:

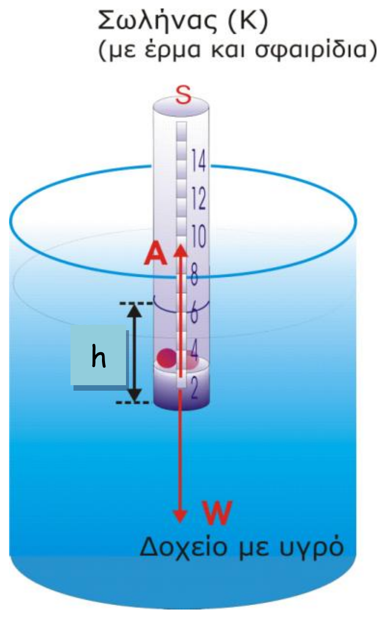
1) Να αξιοποιήσουμε τις γνώσεις μας, σχετικά με την Αρχή του Αρχιμήδη και την συνθήκη πλεύσης, προκειμένου να κατασκευάσουμε ένα **όργανο μέτρησης πυκνότητας και μάζας**.
2) να κατασκευάσουμε πειραματική ευθεία, από την κλίση της h=f(m), να **υπολογίσουμε την πυκνότητα του υγρού**.
3) Να χρησιμοποιήσουμε την **πειραματική ευθεία h=f(m)** για να μετρήσουμε τη **μάζα δεδομένου σώματος**.

Επισημάνσεις από τη θεωρία

Πάνω στον πάγκο του εργαστηρίου βρίσκεται ένα δοχείο που περιέχει υγρό. Το υγρό ισορροπεί και η ελεύθερη επιφάνειά του είναι οριζόντια. Αν τοποθετήσουμε μέσα στο υγρό του δοχείου ένα στερεό σώμα, τότε το υγρό θα ασκήσει πάνω του μια δύναμη με κατακόρυφη διεύθυνση και φορά αντίθετη του βάρους του σώματος, που ονομάζεται **άνωση**.
Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, το μέτρο της άνωσης (Α) ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα. Έτσι, αν συμβολίσουμε με ρ_υ την πυκνότητα του υγρού, με g την επιτάχυνση της βαρύτητας και με V_ε τον όγκο του βυθισμένου τμήματος του σώματος (δηλαδή τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα),
τότε ισχύει η σχέση:

$$\boxed{A = g \cdot \rho_\upsilon \cdot V_\varepsilon \qquad (1)}$$

Ας υποθέσουμε τώρα, ότι τοποθετούμε στο υγρό ένα κυλινδρικό σωλήνα, ο οποίος ισορροπεί με τον άξονά του κατακόρυφο, όπως δείχνει το σχήμα 1. Για να επιτύχουμε ευσταθή ισορροπία του σωλήνα, ρίχνουμε μέσα σ' αυτόν λίγα σκάγια (έρμα). Το σωλήνα αυτόν το ονομάζουμε Κ.
Μπορούμε να αυξάνουμε τη μάζα του Κ, ρίχνοντας μέσα στο σωλήνα σφαιρίδια γνωστής μάζας m_σ.



Σχήμα 1

Το βυθισμένο τμήμα του σωλήνα **έχει μήκος h**.
Αν το **S** συμβολίζει το εμβαδόν της διατομής του, τότε ο **όγκος του βυθισμένου τμήματος** είναι:

$$V_\varepsilon = S \cdot h \qquad (2)$$

Αφού ο σωλήνας ισορροπεί, η συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν πάνω του ισούται με το μηδέν. **Η συνθήκη ισορροπίας** εκφράζεται με τη σχέση:

$$W = A \qquad (3)$$

Συμβολίζουμε με **M τη μάζα του σωλήνα και του έρματος** (των σκαγιών).

Έστω ότι στο σωλήνα έχουμε ρίξει ορισμένο **αριθμό σφαιριδίων συνολικής μάζας m**. Τότε, σε συνδυασμό με τις σχέσεις 1 και 2, η **εξίσωση ισορροπίας 3,** γράφεται:

$$(M+m)\cdot g = g\cdot \rho_{\upsilon}\cdot V_{\varepsilon}$$

ή:

$$M+m = \rho_{\upsilon}\cdot S\cdot h \qquad (4)$$

ενώ αρχικά (χωρίς επιπλέον μάζα σφαιριδίων)

$$M = \rho_{\upsilon}\cdot S\cdot h_0 \qquad (5)$$

και τελικά αφαιρώντας κατά μέλη τις εξισώσεις 4 και 5 :

$$\boxed{h = \left[\frac{1}{\rho_{\upsilon}\cdot S}\right] m + h_o} \qquad (6)$$

όπου **h** : το μήκος **του βυθισμένου τμήματος** σωλήνα μαζί με κάποιο αριθμό σφαιριδίων (μπίλιες) m

- **h_o** : το μήκος **του βυθισμένου τμήματος** σωλήνα μόνο με το έρμα
- **S** : εμβαδόν S της (κυκλικής) διατομής του σωλήνα
- **ρ_{υ}** : **πυκνότητα ρ_{υ} του υγρού**
- **m : η συνολική μάζα των γυάλινων σφαιριδίων (μπίλιες)**

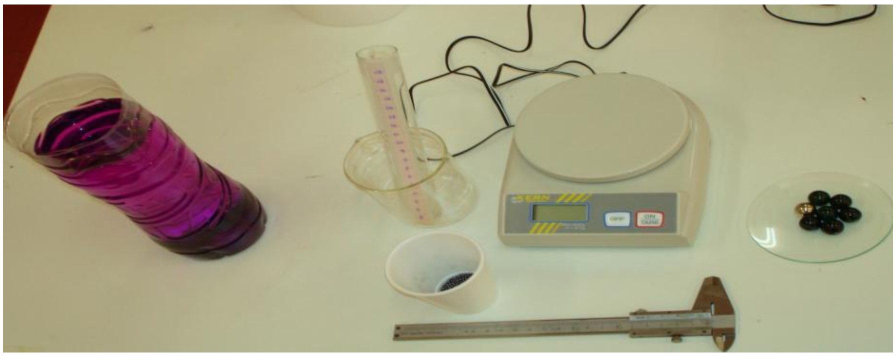
Η εξίσωση 6 μας λέει ότι, το **μήκος h, του βυθισμένου τμήματος** του σωλήνα
εκφράζεται ως μια **γραμμική συνάρτηση της μάζας των σφαιριδίων m,**
της μορφής ψ=a*x + b

Από την κλίση της πειραματικής ευθείας h=f(m), μπορούμε να υπολογίσουμε μπορούμε να υπολογίσουμε την **πυκνότητα ρ_{υ} του υγρού**.

Επιπλέον από την **τομή της πειραματικής ευθείας με τον άξονα των μαζών m**, μπορούμε να υπολογίσουμε την **μάζα ενός σφαιριδίου** (Σ), **m_x** άγνωστης μάζας.
Η άγνωστη μάζα του μετρείται και με απευθείας ζύγιση του σώματος Κ. Έστω m' η τιμή που προκύπτει από τη ζύγιση αυτή. Από τη σύγκριση των δύο τιμών, m και m' μπορούμε να ελέγξουμε την αξιοπιστία της πειραματικής διαδικασίας.

Όργανα και υλικά

1. Δοχείο ύψους 20cm (περίπου) και διαμέτρου 8cm (περίπου). (Μπορεί να χρησιμοποιηθεί δοχείο νερού 1,5L).
2. Ηλεκτρονικός ζυγός με ακρίβεια 0,1g.
3. Δοκιμαστικός σωλήνας μεγάλου μεγέθους. Κατά μήκος του δοκιμαστικού σωλήνα έχει επικολληθεί μετρητική ταινία, με το μηδέν να αντιστοιχεί στον πυθμένα του (περίπου στο μέσον του κοίλου τμήματος του πυθμένα).
4. Stand του δοκιμαστικού σωλήνα (ποτήρι ζέσης 250 mL).
5. Διαστημόμετρο.
6. Σκάγια.
7. Έξι όμοια γυάλινα σφαιρίδια.
8. Μεταλλικό σφαιρίδιο (Σ), άγνωστης μάζας.
9. Υγρό άγνωστης πυκνότητας.
10. Αριθμομηχανή.
11. Πλαστικό ποτηράκι.



Πειραματική διαδικασία

<u>Α μέρος:</u> <u>Μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών της πειραματικής διάταξης</u>

1. <u>Μέτρηση της μέσης μάζας των (γυάλινων) σφαιριδίων</u>: Θα θεωρήσουμε ως μάζα κάθε σφαιριδίου (**$m_σ$**) τη μέση μάζα των έξι σφαιριδίων που διαθέτεις. Για να βρεις το $m_σ$, ζύγισε όλα μαζί τα **γυάλινα** σφαιρίδια και διαίρεσε το αποτέλεσμα με το πλήθος τους. Κατάγραψε το αποτέλεσμα με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου.

$6m_σ$=_______g

$m_σ$=________g

2. Χρησιμοποίησαμε το **διαστημόμετρο** και μετρήσαμε την **εξωτερική διάμετρο (Δ)** του δοκιμαστικού σωλήνα και στην συνέχεια υπολογίσαμε το **εμβαδόν S** της (κυκλικής) **διατομής του**, με προσέγγιση εκατοστού του cm^2.

Δ=3 cm και r=1,5 cm

$S = \pi \cdot r^2 = 7{,}06$ **cm²**

Β μέρος: Πειραματική κατασκευή της ευθείας:

$$h = \left[\frac{1}{\rho_\upsilon \cdot S}\right] m + h_o$$

3. Τοποθέτησε το δοκιμαστικό σωλήνα με το έρμα μέσα στο υγρό του δοχείου. Παρατήρησε ότι ισορροπεί σε κατακόρυφη θέση. Μέσα στο σωλήνα δεν έχουμε ρίξει, ακόμα, κανένα σφαιρίδιο επομένως το m στη σχέση 6 είναι μηδέν.
4. Μέτρησε το **αντίστοιχο h_o** και συμπλήρωσε την τρίτη γραμμή του πίνακα 1.

5. Ρίξε ένα σφαιρίδιο μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα. Περίμενε μέχρι να ισορροπήσει και μέτρησε τη νέα **τιμή του h**. Συμπλήρωσε την $2^η$ & την $3^η$ γραμμή του πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Αριθμός σφαιριδίων	**Συνολική μάζα σφαιριδίων m (g)**	**μήκος βυθισμένου σωλήνα h (cm)**
0	0	h_0=
1		
2		
3		
4		
5		
6		

6. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία, προσθέτοντας κάθε φορά ένα σφαιρίδιο, και συμπλήρωσε όλα τα κελιά του πίνακα 1.

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

1) Στους άξονες του γραφήματος που ακολουθεί έχουμε τοποθετήσει :
Το μήκος h στον κατακόρυφος & την συνολική **μάζα σφαιριδίων m στον οριζόντιο**.

2) Τοποθέτησε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία **μήκους (h) – μάζας (m)**, σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 1.
3) Εξέτασε αν τα πειραματικά σημεία βρίσκονται (περίπου) πάνω σε μια ευθεία. Σχεδίασε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα από το σύνολο των σημείων.

4) Υπολόγισε την **κλίση k της πειραματικής ευθείας** και μέσω αυτής, την πυκνότητα του υγρού.

Υπολογισμοί:

$\boldsymbol{k}= \left[\frac{1}{\rho_\upsilon \cdot S}\right] = \frac{1}{\rho_\upsilon \cdot 7,06}$ =...

Άρα $\rho_\upsilon = \frac{1}{k \cdot 7,06}$ = ...g/cm^3


ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ
μήκος βυθισμένου σωλήνα h (cm)
14,5
14,3
14,1
13,9
13,7
13,5
13,3
13,1
12,9
12,7
12,5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
Συνολική μαζα σφαιριδίων m (g)

Συμπεράσματα:

k=_______	**$\rho_{υ}$=______g/cm^3**

5) Βγάλε από το δοκιμαστικό σωλήνα τα σφαιρίδια, με ένα πλαστικό κουταλάκι, χωρίς να αφαιρέσεις σκάγια Pb.

6) Στη συνέχεια, τοποθέτησε μέσα στο σωλήνα το **γυάλινο σφαιρίδιο Σ**. Χρησιμοποίησε την πειραματική ευθεία που έχεις σχεδιάσει για να βρεις τη **μάζα m_x του σφαιριδίου Σ**.

h=______cm	**m_x=_______g**

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Αριθμός σφαιριδίων	m	h
0	0	12,5
1	2,7	12,9
2	5,4	13,3
3	8,1	13,7
4	10,8	14,1
5	13,5	14,5

$$\rho_{\upsilon} = \frac{1}{k \cdot 7{,}06} = \frac{1}{0{,}148 \cdot 7{,}06} = 0.95 \simeq 1 g / cm^3$$

ΣΦΑΙΡΙΔΙΟ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΜΑΖΑΣ m : **h = 13,5 cm και m' =6,7 g και m=6,5g (με ζύγιση)**

σχετική % απόκλιση : $\frac{|m' - m|}{m} = \frac{0{,}2}{6{,}5} = 3{,}07\%$

Δm	Δh=h-ho
0	0
2,7	0,4
5,4	0,8
8,1	1,2
10,8	1,6
13,5	2