

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2018-19
Τοπικός Διαγωνισμός Ανατολικής Αττικής στη Φυσική

Σχολείο: _____

Ονόματα των μαθητών της ομάδας:

- 1) _____
2) _____
3) _____

Εφαρμογές της Αρχής του Αρχιμήδη & της συνθήκης πλευσης

Στόχοι:

- 1) Να αξιοποιήσετε τις γνώσεις σας, σχετικά με την Αρχή του Αρχιμήδη και την συνθήκη πλευσης, προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε ένα **όργανο μέτρησης πυκνότητας και μάζας**.
- 2) να κατασκευάσετε πειραματική ευθεία, από την κλίση της $\Delta h = f(m)$, να **υπολογίσετε την πυκνότητα ενός υγρού**.
- 3) Να χρησιμοποιήσετε την **πειραματική ευθεία $\Delta h = f(m)$** για να μετρήσετε τη **μάζα δεδομένου σώματος**.

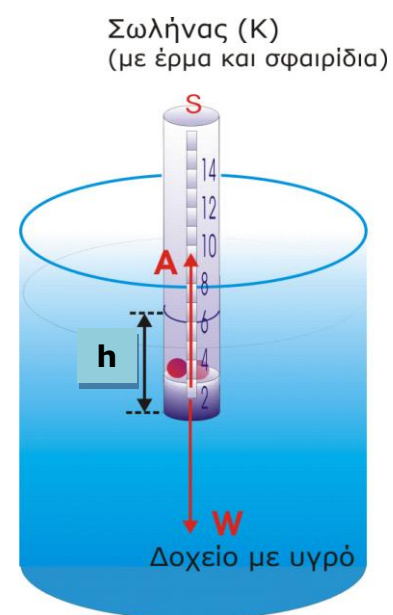
Επισημάνσεις από τη θεωρία

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 (A)** ισούται με το **βάρος του υγρού που εκτοπίζει** το σώμα. Έτσι, αν συμβολίσουμε με ρ_u **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:

$$A = g \cdot \rho_u \cdot V_\epsilon \quad (1)$$

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, έχουμε ρίξει 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 .

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

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

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

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

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:

$$(M + m) \cdot g = g \cdot \rho_v \cdot V_\varepsilon$$

ή:

$$M + m = \rho_v \cdot S \cdot h \quad (4)$$

ενώ αρχικά (χωρίς επιπλέον μάζα σφαιριδίων)

$$M = \rho_v \cdot S \cdot h_0 \quad (5)$$

και τελικά αφαιρώντας κατά μέλη τις εξισώσεις 4 και 5 :

$$h = \left[\frac{1}{\rho_v \cdot S} \right] m + h_0 \Leftrightarrow h - h_0 = \left[\frac{1}{\rho_v \cdot S} \right] m$$

$$\Delta h = \left[\frac{1}{\rho_v \cdot S} \right] \cdot m$$

(6)

όπου **Δh** : η μεταβολή του μήκους **του βυθισμένου τμήματος** σωλήνα με κάποια σφαιρίδια (μπίλιες) m , σε σχέση με το μήκος **του βυθισμένου τμήματος** σωλήνα μόνο με το έρμα (**h_0**)

S : εμβαδόν S της (κυκλικής) διατομής του σωλήνα

ρ_v : **πυκνότητα ρ_v του υγρού**

m : **η συνολική μάζα** των γυάλινων σφαιριδίων (**μπίλιες**)

Έτσι αν για ορισμένες **τιμές της μάζας (m)** των σφαιριδίων και του μήκους **του βυθισμένου τμήματος** σωλήνα (**h**) υπολογίσουμε

τις αντίστοιχες διαφορές μήκους βυθισμένου τμήματος σωλήνα από την αρχική τιμή (**h_0**) : **$\Delta h_1, \Delta h_2, \dots$** ,

τότε τα **πειραματικά σημεία ($m_1, \Delta h_1$), ($m_2, \Delta h_2$), ...** πρέπει να βρίσκονται πάνω σε ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Η σχέση (6) είναι συνάρτηση της μορφής $\psi = k \cdot x$, όπου **k η κλίση** της πειραματικής Από την κλίση της πειραματικής ευθείας $\Delta h = f(m)$, μπορούμε να υπολογίσουμε την **πυκνότητα ρ_u του υγρού**.

Επιπλέον από την τομή της ευθείας με τον άξονα των μαζών m, μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την **μάζα σφαιριδίου (Σ), m_x**

Όργανα και υλικά

1. Δοχείο ύψους 20cm (περίπου) και διαμέτρου 8cm (περίπου). (Μπορεί να χρησιμοποιηθεί δοχείο νερού 1,5L).
2. Δοκιμαστικός σωλήνας μεγάλου μεγέθους, με έρμα (σκάγια). 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).
3. Stand του δοκιμαστικού σωλήνα (ποτήρι ζέσης 250mL).
4. Διαστημόμετρο.
5. Σκάγια.
6. Πέντε όμοια γυάλινα σφαιρίδια.
7. Μεταλλικό σφαιρίδιο (Σ), άγνωστης μάζας.
8. Υγρό άγνωστης πυκνότητας.
9. Αριθμομηχανή.
10. Χαρτί millimeter.
11. Πλαστικό ποτηράκι.



Πειραματική διαδικασία

Α μέρος: Μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών της πειραματικής διάταξης

1. Μέτρηση της μέσης μάζας των (γυάλινων) σφαιριδίων (Προζυγισμένα) : Θα θεωρήσουμε ως μάζα κάθε σφαιριδίου (m_σ) τη μέση τιμή της μάζας των πέντε σφαιριδίων που διαθέτεις, με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου.

$$m_\sigma = 5,3g$$

2. Με την χρήση του **διαστημόμετρου**, υπολογίστε το **εμβαδόν S** της (κυκλικής) διατομής του, με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου.

$$\Delta = \dots\dots\dots \text{cm και } r = \dots\dots\dots \text{cm}$$

$$S = \dots\dots\dots \text{cm}^2$$

Β μέρος: Πειραματική κατασκευή της ευθείας:

$$\Delta h = \left[\frac{1}{\rho_v \cdot S} \right] m$$

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

3. Τοποθετήστε **προσεκτικά** το δοκιμαστικό σωλήνα με το έρμα μέσα στο υγρό του δοχείου. Ανακινήστε τον σωλήνα με το έρμα, μέχρι όπου **ισορροπήσει** σε (σχεδόν) **κατακόρυφη θέση**. Μέσα στο σωλήνα δεν έχουμε ρίξει, ακόμα, κανένα σφαιρίδιο επομένως το m στη σχέση 6 είναι μηδέν.
4. Μέτρησε το **αντίστοιχο h₀** και συμπλήρωσε την πρώτη γραμμή του πίνακα Α.
5. **Βγάλτε το πυκνόμετρο** από το δοχείο και ρίξτε μέσα ένα σφαιρίδιο .
6. **Τοποθετήστε προσεκτικά** το πυκνόμετρο στο δοχείο με υγρό, κρατώντας το συνεχώς με το ένα χέρι.
7. Περιμένετε να **ισορροπήσει** - χωρίς υποβοήθηση-και μετρήστε τη νέα **τιμή του h**. Συμπληρώστε τη 2^η γραμμή του πίνακα Α.
8. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία, **προσθέτοντας κάθε φορά ένα σφαιρίδιο**, και συμπληρώστε όλα τα κελιά του πίνακα Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α			
Αριθμός σφαιριδίων	Συνολική μάζα σφαιριδίων m (g)	μήκος βυθισμένου σωλήνα h (cm)	$\Delta h = h - h_0$ (cm)
0	0	h₀ =.....	
1			
2			
3			
4			
5			

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

- 1) Στο χαρτί μιλλιμετρέ, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: **μεταβολή μήκους Δh (κατακόρυφος) – συνολική μάζα σφαιριδίων m (οριζόντιος).**
- 2) Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία **μήκους (Δh) – μάζας (m)**, σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα Α.
- 3) **Χαράξτε την ευθεία** που περνάει από την αρχή των αξόνων και διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων ($m, \Delta h$)
- 4) Υπολογίστε την **κλίση k της πειραματικής ευθείας** με προσέγγιση δυο δεκαδικών ψηφίων
- 5) Στην συνέχεια υπολογίστε την **πυκνότητα ρ_u του άγνωστου υγρού**, με προσέγγιση δυο δεκαδικών ψηφίων.

Υπολογισμοί:

$k = \dots\dots\dots$ Άρα $\rho_u = \dots\dots\dots \text{g/cm}^3$

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

- 6) **Βγάλτε το πυκνόμετρο** από το δοχείο.
 Αδειάστε τον σωλήνα από τα σφαιρίδια (μπίλιες) και στη συνέχεια, τοποθετήστε μέσα στο σωλήνα την **μεταλλικής σφαίρας**.
Τοποθετήστε προσεκτικά το πυκνόμετρο στο δοχείο με υγρό, κρατώντας το συνεχώς με το ένα χέρι.
Σημειώστε την νέα θέση ισορροπίας στο δοχείο με το υγρό h'_x .
 Χρησιμοποιήστε την πειραματική ευθεία που έχετε σχεδιάσει για να βρείτε τη **μάζα M_x του σφαιριδίου**, με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου.

$h'_x = \dots\dots\dots \text{cm}$	$\Delta h' = \dots\dots\dots \text{cm}$
$M_x = \dots\dots\dots \text{g}$	

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Να κυκλώσετε την **ΣΩΣΤΗ** από τις παρακάτω προτάσεις :

- Σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλεται κατά τη γνώμη σας η απόκλιση μεταξύ των τιμών της μάζας του M_x που προσδιορίστηκε με το πυκνόμετρο και της τιμής που δίνει ο ζυγός του εργαστηρίου.

Α) Στα υποκειμενικά σφάλματα των μετρήσεων – π.χ. Σφάλμα παράλλαξης- που πραγματοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.

ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Β) Στο γεγονός ότι η θεωρία, στην οποία στηρίχτηκε ο σχεδιασμός του πειράματος δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε.

ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Γ) Στη χάραξη της πειραματικής ευθείας:

ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Δ) Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει μόνο για το νερό

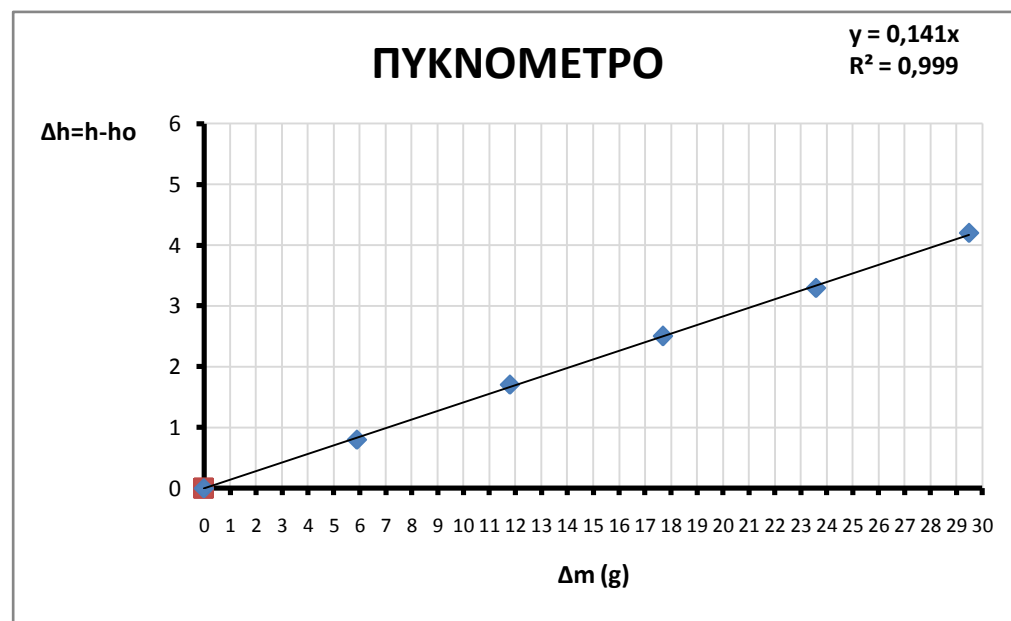
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Μέτρηση της διαμέτρου της διατομής του σωλήνα.	7	
Υπολογισμός του εμβαδού της διατομής του σωλήνα.	4	
Συμπλήρωση 2 ^{ης} στήλης του πίνακα μετρήσεων Α (5x1μ.)	5	
Συμπλήρωση 3ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Α (6x1,5μ.)	9	
Συμπλήρωση 4ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Α (6x1,5μ.)	9	
Κλίμακες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος.	6	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων Διασπορά άνω του 10%: 0μ (6x2μ.)	12	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας.	9	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	9	
Πειραματικός υπολογισμός της πυκνότητας του υγρού.	10	i) Από 0,98 έως 1,03 10μ. ii) $0,94 < \rho_u < 0,98$ και 6μ. $1,03 < \rho_u < 1,08$ iii) $\rho_u \leq 0,94$ ή $\rho_u \geq 1,08$ 0μ.
Πειραματικός υπολογισμός της μάζας του σφαιριδίου M_x , με χρήση της πειραματικής ευθείας.	12	Εκατοστιαία Σχετική απόκλιση $ \Delta M_x $ % ως προς την τιμή αναφοράς 0 έως και 3%: 12μ 3% έως και 5% : 8μ 5% έως και 8% : 3μ $ \Delta M_x $ % > 8%: 0μ
Απαντήσεις στην ερώτηση πολλαπλής επιλογής: (4x 2μ.)	8	
Σύνολο	100	

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Δm	h
0	12,7
5,9	13,5
11,8	14,4
17,7	15,2
23,6	16
29,5	16,9

Δm	$\Delta h = h - h_0$
0	0
5,9	0,8
11,8	1,7
17,7	2,5
23,6	3,3
29,5	4,2

**Πυκνότητα άγνωστου υγρού :**

$$\rho_v = \left[\frac{1}{k \cdot S} \right] = \frac{1}{0,14 \cdot 7,1} \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{1}{0,994} = 1,006 = 1,01 \left(\frac{g}{cm^3} \right)$$

➤ **ΜΑΖΑ ΣΩΛΗΝΑ ΜΟΝΟ ΜΕ ΤΟ ΕΡΜΑ Μ :** $M = \frac{h_0}{k} = \frac{12,7}{0,14} g = 90,7g$

σχετική % απόκλιση : $\frac{|M' - M|}{M} = \frac{0,7}{90} = 0,7\%$

➤ **ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΦΑΙΡΙΔΙΟ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΜΑΖΑΣ M_x :** $\Delta h_x = 1,9 \text{ cm}$ και

$$M'_x = \frac{\Delta h'_x}{k} = \frac{1,9}{0,14} = 13,6g \text{ και } M_x = 13,8g \text{ (με ζύγιση)}$$

σχετική % απόκλιση : $\frac{|M'_x - M_x|}{M_x} = \frac{0,2}{13,8} = 1,4\%$