

Σχολείο: _____
 Ονόματα των μαθητών της ομάδας: 1) _____
 2) _____ 3) _____

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:

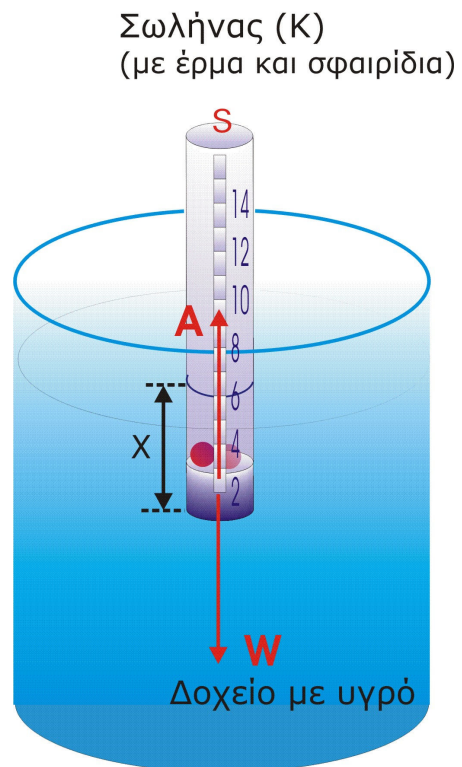
$$A = g \cdot \rho_u \cdot V_\epsilon \quad (1)$$

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, ρίχνουμε μέσα σ' αυτόν λίγα σκάγια (έρμα). Το σωλήνα αυτόν το ονομάζουμε K .

Μπορούμε να αυξάνουμε τη μάζα του K , ρίχνοντας μέσα στο σωλήνα σφαιρίδια γνωστής μάζας m_σ .

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

$$V_\epsilon = S \cdot x \quad (2)$$



Σχήμα 1

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

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3)$$

όπου, το αριστερό μέρος της εξίσωσης 3 συμβολίζει το άθροισμα όλων των δυνάμεων που ενεργούν στον Κ.

Οι δυνάμεις που ενεργούν στο Κ είναι το βάρος του W και η άνωση A, που δέχεται το βυθισμένο τμήμα του. Οι δυνάμεις W και A έχουν κατακόρυφη διεύθυνση, επομένως η συνθήκη ισορροπίας (3) εκφράζεται με την εξίσωση:

$$W = A \quad (4)$$

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 4, γράφεται:

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

ή:

$$M + m = \rho_v \cdot S \cdot x$$

και τελικά:

$$m = \rho_v \cdot S \cdot x - M \quad (5)$$

Η εξίσωση 5 μας λέει ότι η μάζα των σφαιριδίων m, που έχουμε ρίξει μέσα στο σωλήνα Κ, εκφράζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του μήκους x, του βυθισμένου τμήματος του σωλήνα.

Αν κατασκευάσουμε πειραματικά, την ευθεία $m=f(x)$ που αντιστοιχεί στην εξίσωση 5, τότε από την κλίση της μπορούμε να υπολογίσουμε το γινόμενο $\rho_v \cdot S$ και μετρώντας τη διατομή S του σωλήνα, μπορούμε να υπολογίσουμε την πυκνότητα ρ_v του υγρού. Επιπλέον από την τομή της ευθείας με τον άξονα των μαζών m, μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την μάζα του σωλήνα και του έρματος, M. Η μάζα του σωλήνα και του έρματος 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 αξιολογήσουμε τόσο την πειραματική διαδικασία, όσο και τη θεωρία, με βάση την οποία σχεδιάσαμε το πείραμα.

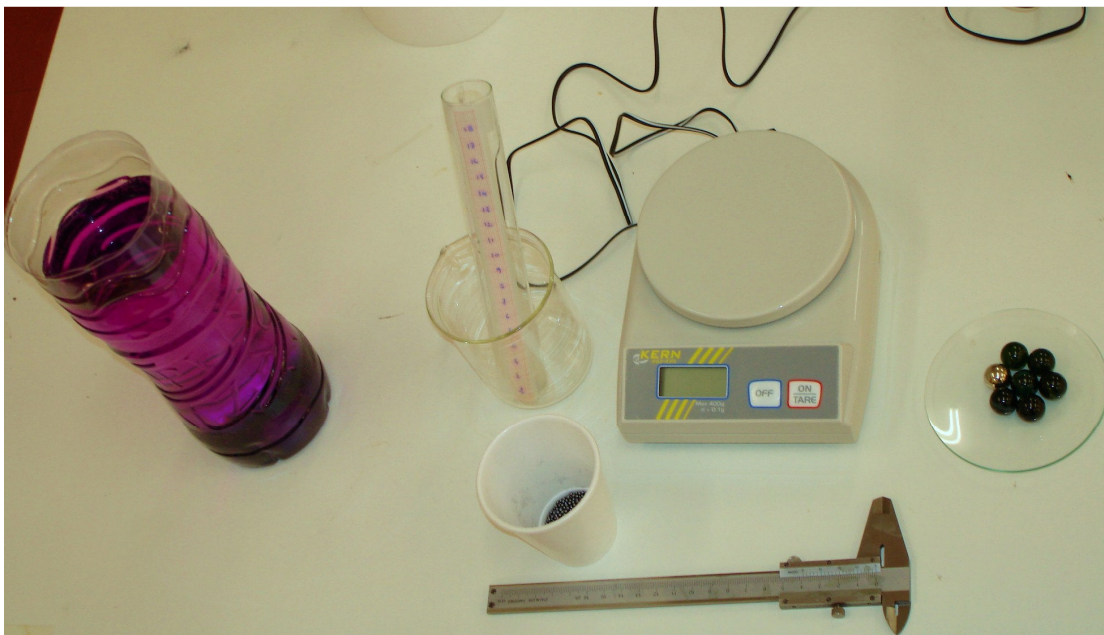
Με τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης εργαστηριακής άσκησης, επιδιώκουμε:

- 1) Να κατασκευάσουμε πειραματικά την ευθεία $m=f(x)$ που αντιστοιχεί στην εξίσωση 5. [Στον άξονα x θα μετράμε το μήκος x του βυθισμένου τμήματος του σωλήνα και στον άξονα y τη συνολική μάζα m των σφαιριδίων που έχουμε ρίξει μέσα στο σωλήνα]
- 2) Από την κλίση της πειραματικής ευθείας $m=f(x)$, και τη μέτρηση της διατομής του σωλήνα, να υπολογίσουμε την πυκνότητα του υγρού.
- 3) Από την πειραματική ευθεία $m=f(x)$, να υπολογίσουμε τη μάζα M του σωλήνα και του έρματος. Να συγκρίνουμε την τιμή αυτή με τη μάζα (M') που προκύπτει από τη ζύγιση σωλήνα και έρματος, με χρήση ηλεκτρονικού ζυγού.

- 4) Να χρησιμοποιήσουμε την πειραματική ευθεία $m=f(x)$ για να μετρήσουμε τη μάζα δεδομένου σώματος.

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. Χαρτί millimeter.
12. Πλαστικό ποτηράκι.



Πειραματική διαδικασία

Α μέρος: Μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών της πειραματικής διάταξης

1. Μέτρηση της μάζας M' του σωλήνα, μαζί με το έρμα: Τοποθέτησε τα σκάγια που βρίσκονται στο πλαστικό ποτηράκι μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα. Με τον ηλεκτρονικό ζυγό μέτρησε τη μάζα M' του σωλήνα μαζί με το έρμα.

$M' = \underline{\hspace{2cm}} \text{g}$

2. Μέτρηση της μέσης μάζας των (γυάλινων) σφαιριδίων: Τα γυάλινα σφαιρίδια έχουν μάζες που μπορεί να διαφέρουν το πολύ σε ένα ή δύο δέκατα του γραμμαρίου. Η διαφορές αυτές δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της πειραματικής μας διαδικασίας. 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.

$$6m_{\sigma} = \text{_____g}$$

$$m_{\sigma} = \text{_____g}$$

3. Χρησιμοποίησε το διαστημόμετρο και μέτρησε την εξωτερική διάμετρο (Δ) του δοκιμαστικού σωλήνα. Στη συνέχεια υπολόγισε το εμβαδόν S της (κυκλικής) διατομής του, με προσέγγιση εκατοστού του cm^2 .

$$\Delta = \text{_____cm}$$

$$S = \text{_____cm}^2$$

B μέρος: Πειραματική κατασκευή της ευθείας:

$$m = \rho_{\nu} \cdot S \cdot x - M \quad (5)$$

4. 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 5 είναι μηδέν. Μέτρησε το αντίστοιχο x και συμπλήρωσε την πρώτη γραμμή του πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Αριθμός σφαιριδίων	Συνολική μάζα σφαιριδίων m g	x cm
0	0	
1		
2		
3		
4		
5		
6		

5. Ρίξε ένα σφαιρίδιο μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα. Περιμένε μέχρι να ισορροπήσει και μέτρησε τη νέα τιμή του x . Συμπλήρωσε τη 2^η γραμμή του πίνακα 1.

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

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

- 1) Στο χαρτί millimeter, σχεδίασε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: μήκος x (οριζόντιος) – συνολική μάζα σφαιριδίων m (κατακόρυφος). Βαθμονόμησε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα, ώστε να συμπεριλαμβάνονται όλες οι πειραματικές τιμές που έχεις καταχωρήσει στον πίνακα 1.
- 2) Τοποθέτησε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία μήκους (x) – μάζας (m), σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 1. Εξέτασε αν τα πειραματικά σημεία βρίσκονται (περίπου) πάνω σε μια ευθεία. Σχεδίασε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα από το σύνολο των σημείων και προέκτεινέ τη, μέχρις ότου τμήσει τον άξονα των μαζών. [Αν χρειαστεί, σχεδίασε και δεύτερο σύστημα αξόνων].
- 3) Από την πειραματική ευθεία που σχεδίασες, υπολόγισε τη μάζα M του δοκιμαστικού σωλήνα με το έρμα.

$$M = \text{_____} \text{ g}$$

Σύγκρινε την τιμή του M με την M' , που έχει προκύψει από την απευθείας ζύγιση του δοκιμαστικού σωλήνα με το έρμα, στη δραστηριότητα 1 του Α μέρους της πειραματικής διαδικασίας. Για να έχεις μια ποσοτική αξιολόγηση των υπολογισμών σου, υπολόγισε την επί τοις εκατό απόκλιση μεταξύ των δύο τιμών, μέσω του λόγου:

$$\left| \frac{M - M'}{M'} \right| = \text{_____} \%$$

- 4) Σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλεται κατά τη γνώμη σου η απόκλιση των τιμών M και M' ; [Επίλεξε ποιες από τις ακόλουθες απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες. Κάθε σωστή απάντηση βαθμολογείται με 2 μονάδες στις 100, κάθε λανθασμένη με -2 και η μη απάντηση με 0]
 - A) Στα υποκειμενικά σφάλματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
 - B) Η θεωρία, στην οποία στηρίχτηκε ο σχεδιασμός του πειράματος δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε.
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
 - C) Στη χάραξη της πειραματικής ευθείας: Κανονικά θα έπρεπε να σχεδιάσουμε την ευθεία στο περιβάλλον ενός κατάλληλου λογισμικού, όπως το EXCEL.
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
 - D) Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει μόνο για το νερό.
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Ε) Το υλικό του έρματος είναι διαφορετικό από εκείνο των σφαιριδίων, με συνέπεια να μην ισχύει ακριβώς η αρχή του Αρχιμήδη.

ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

5) Υπολόγισε την κλίση κ της πειραματικής ευθείας και μέσω αυτής, την πυκνότητα του υγρού.

Υπολογισμοί:

Συμπεράσματα:

$\kappa =$ _____

$\rho_{\upsilon} =$ _____ g/cm^3

6) Βγάλε από το δοκιμαστικό σωλήνα τα σφαιρίδια, χωρίς να μεταβάλεις την ποσότητα του έρματος. Στη συνέχεια, τοποθέτησε μέσα στο σωλήνα το μεταλλικό σφαιρίδιο Σ . Χρησιμοποίησε την πειραματική ευθεία που έχεις σχεδιάσει για να βρεις τη μάζα m_{Σ} του σφαιριδίου Σ .

$x =$ _____ cm	$m_{\Sigma} =$ _____ g
-------------------------	---------------------------------

Αξιολόγηση της άσκησης

Ζύγιση σωλήνα – έρματος.	2	
Υπολογισμός της μάζας κάθε σφαιριδίου.	3	
Μέτρηση της διαμέτρου της διατομής του σωλήνα.	3	
Υπολογισμός του εμβαδού της διατομής του σωλήνα.	4	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων.	7	
Κλίμακες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος.	10	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων.	7	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας.	8	
Υπολογισμός της τεταγμένης του σημείου τομής της προέκτασης της πειραματικής ευθείας με τον άξονα των μαζών.	10	
Υπολογισμός του M και της επί τοις εκατό απόκλισης των τιμών M και M' .	4	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	10	
Απαντήσεις στην ερώτηση πολλαπλής επιλογής: +2 κάθε σωστή απάντηση, -2 κάθε εσφαλμένη, 0 κάθε κενή.	10	
Πειραματικός υπολογισμός της πυκνότητας του υγρού.	8	
Πειραματικός υπολογισμός της μάζας του σφαιριδίου Σ , με χρήση της πειραματικής ευθείας.	14	
Σύνολο	100	