

**ΣΧΕΔΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ  
ΑΝΩΣΗ - Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ**

Τάξη:

Όνόματα των μαθητών της ομάδας:

► **Γνωστική περιοχή/Χρονική διάρκεια**

Φυσική Β' Γυμνασίου-Μηχανική των ρευστών/1-2 Διδακτικές ώρες

► **Κεντρική Ιδέα**

Όταν ένα στερεό σώμα είναι βυθισμένο μέσα σε ένα ρευστό (υγρό ή αέριο), τότε το ρευστό ασκεί πάνω στο σώμα μια δύναμη που ονομάζεται άνωση. Η άνωση έχει κατεύθυνση αντίθετη του βάρους του σώματος και υπολογίζεται θεωρητικά από την αρχή του Αρχιμήδη. Στην παρούσα άσκηση θα σχεδιάσουμε ένα πείραμα με σκοπό να μετρήσουμε την άνωση και να μελετήσουμε πειραματικά τη σχέση της με τον όγκο του τμήματος του σώματος που είναι βυθισμένο στο ρευστό. Εφαρμόζουμε την Αρχή του Αρχιμήδη στις συνθήκες του πειράματος και συγκρίνουμε τις προβλέψεις της με τα πειραματικά δεδομένα.

► **Στόχοι**

- 1) Να σχεδιάζεις και να συναρμολογείς πειραματική διάταξη για τη μέτρηση της άνωσης.
- 2) Να απεικονίζεις στο χαρτί την πειραματική διάταξη και να σχεδιάζεις τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω σε σώματα που ισορροπούν.
- 3) Να εφαρμόζεις τις συνθήκες ισορροπίας και να υπολογίζεις την άνωση, με βάση τα πειραματικά δεδομένα.
- 4) Να συγκρίνεις θεωρητικά και πειραματικά δεδομένα και να ελέγχεις εμπειρικά την Αρχή του Αρχιμήδη

► **Σχεδιασμός του πειράματος**

Κάνε την υπόθεση ότι προσπαθείς να σηκώσεις μια πέτρα βάρους 100N από το έδαφος. Για να το καταφέρεις πρέπει να της ασκήσεις κατακόρυφη δύναμη τουλάχιστον όσο το βάρος της. Αν η **ίδια** πέτρα είναι βυθισμένη στη θάλασσα χρειάζεται να της ασκήσεις μικρότερη δύναμη, ας πούμε 60N. Ωστόσο το βάρος της πέτρας δεν άλλαξε, η γη συνεχίζει να την έλκει με δύναμη 100N. Οδηγούμαστε στην υπόθεση ότι το νερό ασκεί πάνω στη βυθισμένη πέτρα μια κατακόρυφη δύναμη, αντίθετη του βάρους της. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση** και τη συμβολίζουμε με το γράμμα Α.

*Πόσο είναι το μέτρο της άνωσης που σε βοήθησε να σηκώσεις με μικρότερη δύναμη τη βυθισμένη πέτρα;*

Αφού το βάρος της πέτρας δεν αλλάζει, η δύναμη των 60N που ασκείς με το χέρι σου, μαζί με την άνωση Α πρέπει να εξουδετερώνουν το βάρος των 100N της πέτρας:

$$60+A=100 \text{ (οι τιμές σε N)}$$

οπότε, η άνωση έχει την τιμή:

$$A=100-60=40$$

$$A=40\text{N}$$

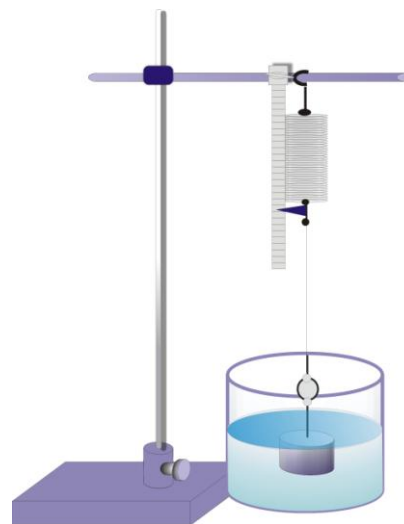
Τη διαδικασία αυτή, για τη μέτρηση της άνωσης, μπορούμε να την εφαρμόσουμε και στο εργαστήριο: Αντί για πέτρα θα χρησιμοποιήσουμε ένα κομμάτι πλαστελίνη και αντί για τα χέρια μας, ένα δυναμόμετρο (σχήμα 1). Με το δυναμόμετρο θα μετρήσουμε την κατακόρυφη δύναμη που πρέπει να ασκείται στην πλαστελίνη για να ισορροπήσει, πριν τη βυθίσουμε στο νερό και μετά. Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε τις συνθήκες ισορροπίας σώματος σε κάθε περίπτωση. Από τις εξισώσεις που προκύπτουν, υπολογίζουμε την άνωση που ασκείται στην πλαστελίνη από το νερό.



Σχήμα 1

Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη, η άνωση είναι ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζει το σώμα που βυθίζεται στο ρευστό. Για να ελέγξουμε την αξιοπιστία της Αρχής του Αρχιμήδη δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε το βάρος του νερού που εκτοπίζει το σώμα και να το συγκρίνουμε με την άνωση που ασκείται από το νερό στο σώμα.

- **Απαιτούμενα όργανα και υλικά:** Βάση, ράβδοι και σύνδεσμοι στήριξης - Ογκομετρικό δοχείο 100mL και 250mL - Δυναμόμετρο 2N, Δοχείο με στόμιο εκροής, κύλινδρος (100mL) με υποδιαιρέσεις όγκου (μέρη της συσκευής πειραματικού ελέγχου της Αρχής του Αρχιμήδη) - Ζυγός - Διαστημόμετρο - Πλαστελίνη και νήμα



Σχήμα 2

### Πειραματική διαδικασία – Φύλλο εργασίας

#### Επισημάνσεις:

- 1) Πριν τη βύθιση της πλαστελίνης στο νερό να την στεγνώσεις με απορροφητικό χαρτί.
- 2) Οι υπολογισμοί να γίνονται με προσέγγιση πρώτου σημαντικού ψηφίου.
- 3) Η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$ , να ληφθεί ίση με  $9,8\text{m/s}^2$ .

#### **Μέτρηση του βάρους σώματος με δυναμόμετρο.**

Κρέμασε το κομμάτι πλαστελίνης στο άγκιστρο κατακόρυφου δυναμόμετρου (σχήμα 1).

Σχεδίασε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. Εφάρμοσε τις συνθήκες ισορροπίας και υπολόγισε τη δύναμη ( $F_1$ ) που ασκεί το δυναμόμετρο στο σώμα και το βάρος ( $W_{\text{πλ.}}$ ) του σώματος.

Υπολογισμοί:

$$W_{\text{πλ.}} = \text{_____ N}$$

$$F_1 = \text{_____ N}$$

### **Μέτρηση της άνωσης**

Βύθισε εντελώς την πλαστελίνη στο νερό του ογκομετρικού δοχείου (σχήμα 2).

Σχεδίασε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. Εφάρμοσε τις συνθήκες ισορροπίας και υπολόγισε τη δύναμη ( $F_2$ ) που ασκεί το δυναμόμετρο στο σώμα και την άνωση ( $A$ ) που ασκεί το νερό στην πλαστελίνη.

Υπολογισμοί:

$$F_2 = \text{_____ N}$$

$$A = \text{_____ N}$$

### **Έλεγχος της Αρχής του Αρχιμήδη**

Χρησιμοποίησε το δοχείο με στόμιο εκροής για να υπολογίσεις τη μάζα και τον όγκο του νερού που εκτοπίζει η πλαστελίνη όταν βυθίζεται εντελώς στο νερό. Μέτρησε τη μάζα του νερού με το ζυγό και το όγκο του με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

$$m_{\text{νερού}} = \text{_____ Kg}$$

$$V_{\text{νερού}} = \text{_____ mL}$$

Μέτρησε τον όγκο της πλαστελίνης με τον ογκομετρικό κύλινδρο.

$$V_{\text{πλ.}} = \text{_____ mL}$$

Υπολογισμοί:

Υπολόγισε το βάρος του νερού που εκτοπίζει τη πλαστελίνη.

$$W_{\text{νερού}} = \text{_____ N}$$

Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη, η άνωση που ασκείται στο βυθισμένο σώμα από το νερό, ισούται με το βάρος του εκτοπισμένου από το σώμα νερού. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα:

A) Σύγκρινε την άνωση με το βάρος του νερού που εκτόπισε το σώμα (η πλαστελίνη). Ποια είναι η επί τοις εκατό διαφορά τους, στο πλαίσιο της ακρίβειας της πειραματικής διαδικασίας;

$$\frac{|A - W_{\text{νερού}}|}{A} = \underline{\quad\quad} = \underline{\quad\quad} \%$$

Β) Σύγκρινε τον όγκο του βυθισμένου σώματος με τον όγκο του νερού που εκτοπίζει το σώμα:

$$\frac{|V_{\text{πλ.}} - V_{\text{νερού}}|}{V_{\text{πλ.}}} = \underline{\quad\quad} = \underline{\quad\quad} \%$$

Γ) Επιβεβαιώνεται από τα πειραματικά δεδομένα η Αρχή του Αρχιμήδη σε «ικανοποιητικό» βαθμό; [**ΝΑΙ** - **ΟΧΙ**]. Πού οφείλεται η όποια απόκλιση των πειραματικών δεδομένων από τις προβλέψεις της Αρχής του Αρχιμήδη; Διάλεξε ποιες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες και αιτιολόγησε κάθε επιλογή σου:

- Σε τυχαία σφάλματα κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων.
- Η Αρχή του Αρχιμήδη ισχύει μόνο για τα ξύλινα και τα μεταλλικά σώματα.
- Η πλαστελίνη προσροφά σταγονίδια νερού, που αλλοιώνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- Τα όργανα μέτρησης δεν είναι σωστά βαθμονομημένα.
- Κάθε φορά που επαναλαμβάνεται το ίδιο πείραμα, θα καταλήγουμε σε διαφορετικά συμπεράσματα.

Αιτιολόγηση των απαντήσεων:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## Πείραμα 2

Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη, η άνωση (A) που ασκείται στο βυθισμένο σώμα από το ρευστό, είναι ίση με το βάρος (W) του ρευστού που εκτοπίζει το σώμα:

$$A = W_{\text{εκτ.ρ.ευστού}}$$

Το βάρος του εκτοπισμένου ρευστού είναι ανάλογο της μάζας του:

$$W_{\text{εκτ.ρ.ευστού}} = g \cdot m_{\text{εκτ.ρ.ευστού}}$$

και σύμφωνα με τον ορισμό της πυκνότητας, η μάζα του ρευστού εκφράζεται σε συνάρτηση με τον όγκο του με τη σχέση:

$$m_{\text{εκτ.ρ.ευστού}} = \rho_{\text{εκτ.ρ.ευστού}} \cdot V_{\text{εκτ.ρ.ευστού}}$$

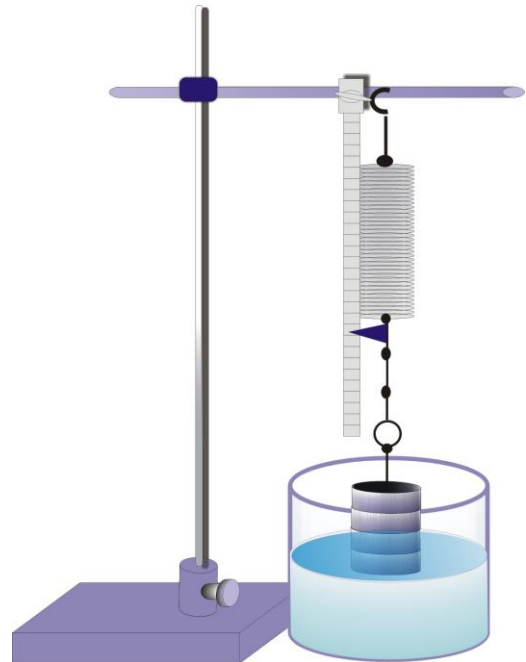
Όπως είδαμε, ο όγκος  $V_{\text{εκτ.ρ.ρ.ευστού}}$  του εκτοπισμένου ρευστού είναι ίσος με τον όγκο  $V$  του βυθισμένου σώματος. Έτσι, αν το ρευστό είναι νερό και το βυθισμένο σε αυτό μέρος του σώματος έχει όγκο  $V$ , η άνωση υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$A = g \cdot \rho_{\text{νερού}} \cdot V$$

Από τη σχέση αυτή βλέπουμε ότι η άνωση είναι ανάλογη με τον όγκο  $V$  του βυθισμένου σώματος: Όσο περισσότερο μέρος του σώματος βυθίζεται στο νερό, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η άνωση.

**Τη σχέση αναλογίας A-V, μπορούμε να την ελέγξουμε πειραματικά:** Στα διαθέσιμα όργανα υπάρχει κύλινδρος που είναι χωρισμένος με χαραγές σε τέσσερα τμήματα ίσου όγκου  $u=V/4$ . Όταν τον βυθίζουμε στο νερό μέχρι την πρώτη χαραγή, ο βυθισμένος όγκος είναι  $V/4$ . Όταν τον βυθίσουμε μέχρι τη δεύτερη, ο βυθισμένος όγκος είναι  $V=2 \times V/4$ , κλπ.

Υπολόγισε τον όγκο  $V$  του κυλίνδρου από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. Κρέμασε τον κύλινδρο στο δυναμόμετρο και μέτρησε το βάρος του. Στη συνέχεια, βύθισέ τον στο νερό, διαδοχικά μέχρι την πρώτη, τη δεύτερη κλπ χαραγή και κάθε φορά μέτρησε την άνωση που δέχεται (σχήμα 3). Συμπλήρωσε τον «Πίνακα Μετρήσεων Α».



Σχήμα 3

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία βυθισμένου όγκου ( $V$ ) - Άνωσης ( $A$ ) σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων, επιλέγοντας κατάλληλες κλίμακες. Χάραξε την ευθεία που διέρχεται από το μηδέν και βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των σημείων.

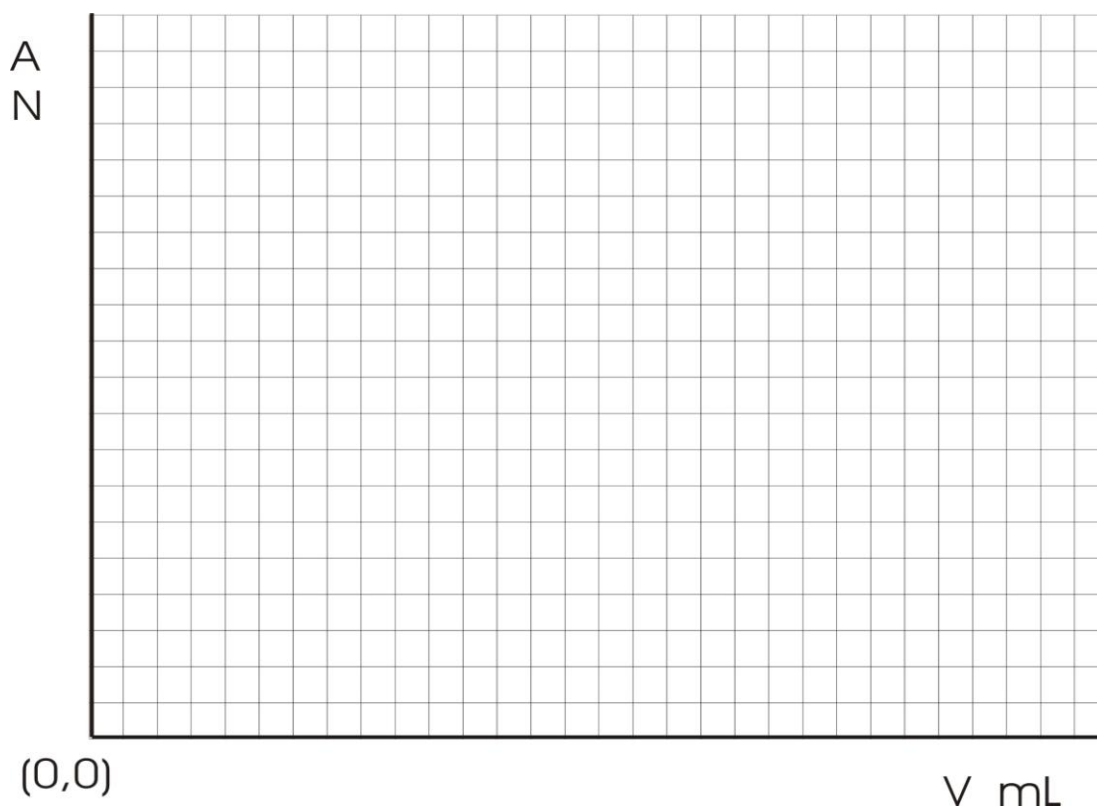
Βρίσκονται τα πειραματικά σημεία «αρκετά κοντά» στην ευθεία που χάραξαμε; Πώς μπορεί να αιτιολογηθεί το γεγονός ότι μερικά σημεία δεν βρίσκονται πάνω στην ευθεία; Διάλεξε ποιες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες και αιτιολόγησε κάθε επιλογή σου:

- Η Αρχή του Αρχιμήδη δεν ισχύει στην περίπτωση του κυλίνδρου που βυθίζουμε στο νερό.
- Κατά τις μετρήσεις υπεισέρχονται τυχαία σφάλματα.
- Τα τμήματα του κυλίνδρου που προσδιορίζονται με τις χαραγές δεν έχουν ίσους όγκους.
- Οι κλίμακες των αξόνων δεν είναι σωστές.

Αιτιολόγηση των απαντήσεων:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Α			
Συνολικός όγκος κυλίνδρου: $V = \text{_____ mL}$		Βάρος κυλίνδρου: $W = \text{_____ N}$	
χαραγές	Όγκος βυθισμένου τμήματος (mL)	Ένδειξη F του δυναμόμετρου (N)	Άνωση A (N)
-	0		
1η χαραγή	$V/4 =$		
2η χαραγή	$V/2 =$		
3η χαραγή	$3V/4 =$		
4η χαραγή	$V =$		



## Εφαρμογή

*Πώς ο Αρχιμήδης κατέληξε στην ομώνυμη Αρχή;*

Ο Αρχιμήδης ήταν ξακουστός μαθηματικός και ζούσε στις Συρακούσες. Ο βασιλιάς των Συρακουσών Ιέρωνας του ανέθεσε να εξακριβώσει αν το στέμμα που του είχαν δωρίσει ήταν από χρυσό ή είχε νοθευτεί με την προσθήκη και άλλων μετάλλων. Σύμφωνα με την παράδοση, ο Αρχιμήδης συνέλαβε την ιδέα που τον οδήγησε στη λύση του προβλήματος, όταν μπαινόντας στην μπανιέρα του το νερό υπερχείλισε. Ενθουσιασμένος αναφώνησε το περίφημο «**εύρηκα**».

Ο Αρχιμήδης, αφού εισήγαγε την έννοια της άνωσης και διατύπωσε την περίφημη Αρχή του, μια πιθανή εκδοχή για τη λύση που έδωσε στο πρόβλημα της αυθεντικότητας του στέμματος είναι η ακόλουθη:

Σε μια ζυγαριά με ίσους βραχίονες ισορρόπησε το στέμμα με ένα κομμάτι χρυσού: Ο χρυσός και το στέμμα είχαν ίσα βάρη. Στη συνέχεια, χωρίς να τα αποσυνδέσει από το ζυγό, βύθισε το στέμμα και το κομμάτι χρυσού μέσα σε νερό.



Με δεδομένη την Αρχή του Αρχιμήδη και τη σχέση πυκνότητας - μάζας - όγκου, σύνδεσε κάθε πιθανή παρατήρηση, όσον αφορά στην ισορροπία του ζυγού μετά τη βύθιση στο νερό, με το σωστό συμπέρασμα (Πίνακας Β).

Θεωρείται δεδομένο ότι η πυκνότητα του χρυσού είναι διαφορετική από την πυκνότητα του κράματος χρυσού και άλλων μετάλλων.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β	
A) Η ζυγαριά συνεχίζει να ισορροπεί	1. Το στέμμα έχει προσμίξεις και άλλων μετάλλων. Η πυκνότητα του κράματος είναι μεγαλύτερη της πυκνότητας του χρυσού.
B) Η ζυγαριά γέρνει προς τη μεριά του στέμματος	1. Το στέμμα έχει προσμίξεις και άλλων μετάλλων. Η πυκνότητα του κράματος είναι μικρότερη της πυκνότητας του χρυσού.
Γ) Η ζυγαριά γέρνει προς τη μεριά του χρυσού	Το στέμμα έχει πυκνότητα ίση με την πυκνότητα του χρυσού. Είναι κατά πάσα πιθανότητα φτιαγμένο από χρυσό.

Αιτιολόγησε τις επιλογές σου.

---

---

---

---

---

---

---

---