

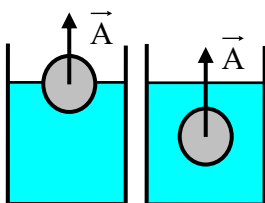
4.5 Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη

ΟΡΙΣΜΟΙ

Άνωση είναι η δύναμη που ασκείται από τα υγρά (αλλά και από τα αέρια) σε σώματα που είναι κατά ένα τμήμα ή εντελώς βυθισμένα σ' αυτά.

Έχει διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα πάνω.

Το μέτρο της άνωσης καθορίζεται από την αρχή του Αρχιμήδη και είναι ίσο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από τα σώματα, δηλαδή $A = w_{\text{εκτ. υγρ}}$.



ΝΟΜΟΙ - ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

Φαινόμενο βάρος σώματος μέσα σε υγρό:

$$w_{\phi} = w - A$$

δηλαδή είναι η διαφορά του βάρους του σώματος w (που έχει φορά προς τα κάτω) με την άνωση A που δέχεται από το υγρό (που έχει φορά προς τα πάνω).
(ΚΑΝΟΥΜΕ ΤΟ ΑΠΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 1).

Αρχή του Αρχιμήδη:

Η άνωση που ασκούν τα υγρά (αλλά και τα αέρια) σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά είναι δύναμη κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της ισούται με το βάρος του υγρού (ή αερίου) που εκτοπίζεται από το σώμα, δηλαδή:

$$A = w_{\text{εκτ. υγρ. ή αερ.}} \quad \text{ή} \quad A = \rho \cdot g \cdot V_{\text{βυθ}}$$

όπου A η άνωση που ασκείται σε σώμα βυθισμένο σε υγρό (ή αέριο) πυκνότητας ρ , $V_{\text{βυθ}}$ ο όγκος (ή το μέρος του όγκου) του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό (ή το αέριο) και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

(ΚΑΝΟΥΜΕ ΤΟ ΑΠΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 2).

ΑΠΛΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

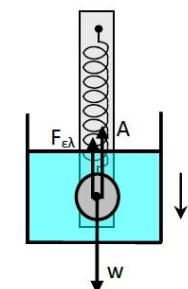
1. Πειραματική μέτρηση της άνωσης με χρήση δυναμόμετρου.

(Χρειάζεται να διαθέτουμε ή να κατασκευάσουμε πρόχειρα ένα δυναμόμετρο).

Ένα σώμα βυθισμένο σε υγρό δέχεται τη δύναμη του βάρους του w και την άνωση A . Θεωρώντας $w > A$, η συνολική δύναμη (με θετική φορά προς τα κάτω) είναι $w - A$, δηλαδή το βάρος του σώματος ελαττωμένο κατά A . Έτσι το σώμα μέσα στο υγρό φαίνεται να έχει μικρότερο βάρος. Αν λοιπόν μετρήσουμε με ένα δυναμόμετρο τη συνολική δύναμη (φαινόμενο βάρος του σώματος), όπως δείχνει το σχήμα, τότε η

ένδειξη του δυναμόμετρου, που εκφράζεται από τη δύναμη $F_{\text{ελ}}$ του ελατηρίου του, θα είναι $F_{\text{ελ}} = w - A$. Από την εξίσωση αυτή προκύπτει $A = w - F_{\text{ελ}}$.

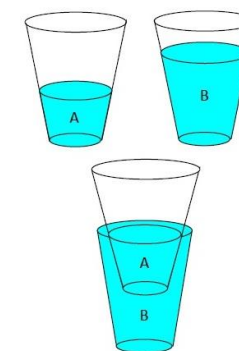
Έτσι, για να μετρήσουμε την άνωση κάνουμε τα εξής: Μετράμε το βάρος w του σώματος έξω από το υγρό. Βυθίζουμε το σώμα στο υγρό και βρίσκουμε το φαινομενικά μικρότερο βάρος $F_{\text{ελ}}$. Η διαφορά των δυο ενδείξεων θα είναι η άνωση. Αν π.χ. έξω από το υγρό βρούμε $w = 0,85 \text{ N}$ και μέσα στο νερό $F_{\text{ελ}} = 0,60 \text{ N}$, τότε η άνωση θα είναι $A = w - F_{\text{ελ}} = 0,85 \text{ N} - 0,60 \text{ N} = 0,25 \text{ N}$.



2. Πείραμα επαλήθευσης της αρχής του Αρχιμήδη.

Παίρνουμε δυο ποτήρια από διαφανές, άχρωμο πλαστικό και τα αριθμούμε ως A και B. Στο ποτήρι A ρίχνουμε νερό μέχρι το 1/4 (62,5 mL περίπου ή ενάμισι δάχτυλο) και στο ποτήρι B ρίχνουμε νερό μέχρι τα 3/4 (187,5 mL περίπου ή τέσσερα δάχτυλα). Βάζουμε προσεκτικά το ποτήρι A μέσα στο ποτήρι B και το αφήνουμε να ισορροπήσει.

Παρατηρούμε ότι στο ποτήρι B βυθίζεται τόσος όγκος του ποτηριού A, όσος περίπου είναι αυτός που περιέχει το νερό, δηλαδή το 1/4 του όγκου του ποτηριού. Παράλληλα, από το νερό του ποτηριού B εκτοπίστηκε τόσος όγκος νερού, όσος υπολειπόταν για να γεμίσει το ποτήρι, δηλαδή πάλι το 1/4 του όγκου του ποτηριού. Με δεδομένο ότι το βάρος του ποτηριού A είναι ίσο με την άνωση που δέχεται, αφού το ποτήρι A ισορροπεί, συμπεραίνουμε ότι τα παραπάνω επαληθεύουν την αρχή του Αρχιμήδη. Πράγματι το βάρος του ποτηριού A, άρα και η άνωση που δέχεται, ισούται με το βάρος του νερού που εκτόπισε από το ποτήρι B.



ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...

1. Πότε γίνεται εύκολα αντιληπτή η δύναμη της άνωσης και πότε όχι;
2. Ένας φελλός και μια σιδερένια μπίλια έχουν ίδιο όγκο 1 cm^3 . Πώς συγκρίνεται η άνωση που δέχονται από το νερό, αν βυθιστούν εξολοκλήρου μέσα σε αυτό;
3. Πώς μπορούμε να μετρήσουμε την άνωση με χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου, αν γνωρίζουμε την πυκνότητα του νερού και την επιτάχυνση της βαρύτητας στον τόπο μας;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Χαρακτηρίστε τις προτάσεις σωστές ή λανθασμένες:

- α) Άνωση ασκείται και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα.
- β) Το βάρος μιας πέτρας είναι μικρότερο όταν βρίσκεται μέσα στο νερό από το βάρος που έχει όταν βρίσκεται στον αέρα.
- γ) Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται από ένα υγρό σε ένα σώμα λόγω της υδροστατικής πίεσης είναι η άνωση.
- δ) Η άνωση δεν εξαρτάται από το σχήμα, αλλά εξαρτάται από το βάρος του σώματος που βυθίζεται.
- ε) Όταν ένα σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο σε υγρό, η άνωση σε αυτό είναι ανεξάρτητη του βάθους στο οποίο βρίσκεται.
- στ) Όσο περισσότερο μέρος του όγκου ενός σώματος βυθίζουμε μέσα σε ένα υγρό, τόσο αυξάνεται η άνωση που ασκείται στο σώμα.
- ζ) Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από ένα σώμα, ισούται με τον όγκο του σώματος ή του μέρους του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ένα σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο σε υγρό πυκνότητας $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$. Να υπολογίσετε το μέτρο της άνωσης A που δέχεται από το υγρό, αν ο όγκος του σώματος είναι $V = 0,2 \text{ m}^3$. Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

2. Ένα σώμα βυθισμένο σε υγρό πυκνότητας $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ δέχεται δύναμη άνωσης μέτρου $A = 20 \text{ N}$. Να υπολογίσετε τον όγκο του τμήματος του σώματος που βρίσκεται μέσα στο υγρό. Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ «ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...»

1. Είναι εύκολο να αντιληφθούμε την άνωση στα υγρά, όταν λειτουργεί σαν δύναμη στήριξης των σωμάτων που επιπλέουν στο νερό ή όταν κινεί προς τα πάνω ένα ελαφρύ σώμα (μπάλα) ή όταν φαίνεται να μειώνει το βάρος των βυθισμένων σωμάτων. Αντίθετα είναι δύσκολο να την αντιληφθούμε όταν βλέπουμε ένα βαρύ και πυκνό σώμα (βότσαλο) να βυθίζεται στον πυθμένα μιας λίμνης. Ακόμα πιο δύσκολο είναι να αντιληφθούμε την άνωση που επιδρά στα περισσότερα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα, μεταξύ αυτών και το σώμα μας. Εκεί γίνεται άμεσα αντιληπτή σε μπαλόνια και αερόστατα που περιέχουν ήλιο ή θερμό αέρα.

2. Η εξίσωση της άνωσης $A = \rho_{\text{υγρού}} \cdot V_{\text{βυθ}} \cdot g$ δείχνει ότι το μέτρο της άνωσης είναι ανάλογο με τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται (ή αλλιώς με τον όγκο του σώματος που είναι βυθισμένος) και με την πυκνότητα του υγρού, ενώ εξαρτάται και από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Δεν εξαρτάται από το σχήμα και το βάρος σωμάτων συγκεκριμένου όγκου και από το βάθος για εντελώς βυθισμένο σώμα. Έτσι η άνωση που προκύπτει από την εκτόπιση 1 mL νερού είναι ίδια είτε το νερό εκτοπίζεται από έναν φελλό, είτε από μια σιδερένια μπίλια, χωρίς να παίζει ρόλο το διαφορετικό σχήμα τους ή το βάθος στο οποίο βρίσκονται.

3. Ρίχνουμε νερό σε ογκομετρικό κύλινδρο και βυθίζουμε το σώμα μέσα στο νερό. Τότε η στάθμη του νερού ανεβαίνει και μετρώντας τη διαφορά στάθμης βρίσκουμε τον όγκο $V_{\text{εκτοπ}}$ του νερού που εκτοπίζεται. Από τον όγκο αυτό, που ισούται με τον όγκο του σώματος που είναι βυθισμένος $V_{\text{βυθ}}$, και αν γνωρίζουμε την πυκνότητα του νερού και την επιτάχυνση της βαρύτητας g στον τόπο του πειράματος, μπορούμε να βρούμε το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού, δηλαδή την άνωση, αφού είναι:
 $A = w_{\text{εκτοπ. υγρού}} = m_{\text{υγρού}} \cdot g = \rho_{\text{υγρού}} \cdot V_{\text{βυθ}} \cdot g.$