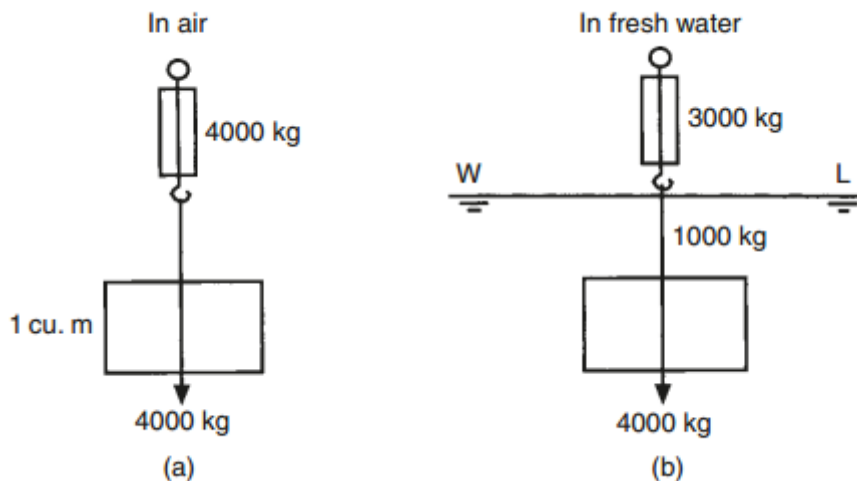


## ΑΝΩΣΗ-ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

Η πυκνότητα του γλυκού νερού είναι  $1000 \frac{Kg}{m^3}$ . Εάν ένα σώμα βυθιστεί σε γλυκό νερό θα φαίνεται σα να χάνει  $1000 Kg$  για κάθε  $1 m^3$  νερού που εκτοπίζει. Αν τώρα ένα κιβωτιόσχημο σώμα όγκου  $1 m^3$  και βάρους  $4000 Kg$  κρεμαστεί από ένα μετρητή («καντάρι») και βυθιστεί σε γλυκό νερό η ένδειξη που θα πάρουμε στο μετρητή θα είναι  $3000 Kg$ !

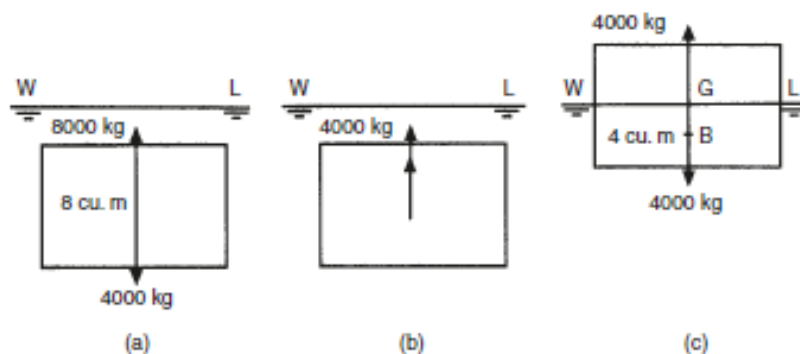


Φυσικά η μάζα του σώματος δε μεταβλήθηκε! Η μόνη λογική ερμηνεία είναι ότι με κάποιο τρόπο ο μετρητής δείχνει μικρότερη τιμή, γιατί υπάρχει κάποια δύναμη με αντίθετη φορά και μέτρο τέτοιο ώστε να προκαλεί αυτή τη φαινομενική απώλεια βάρους του σώματος κατά  $1000 Kg$ . Η δύναμη αυτή είναι η άνωση (ή άντωση). Το σημείο εφαρμογής της είναι το κέντρο του βυθισμένου όγκου του σώματος.

Θεωρούμε τώρα αντίστοιχο κιβωτιόσχημο σώμα βάρους  $4000 Kg$ , το οποίο όμως έχει μεγαλύτερο όγκο από το σώμα του προηγούμενου παραδείγματος, ας πούμε  $8 m^3$ . Αν το βυθίσουμε μέσα σε γλυκό νερό, ο όγκος του νερού που θα εκτοπισθεί θα είναι ίσος με τον όγκο του σώματος. Άρα σε αυτή την κατάσταση κι επειδή τα  $8 m^3$  γλυκού νερού ισούνται με μάζα  $8000 Kg$  η δύναμη για την οποία μιλήσαμε παραπάνω η άνωση θα έχει μέτρο  $8000 Kg$ .

Σ' αυτή την περίπτωση η φαινομενική απώλεια βάρους του σώματος θα είναι  $8000 Kg$ . Όμως το σώμα έχει βάρος  $4000 Kg$ ! Άρα θα υπάρχει μια περίσσεια δύναμης αντίθετης προς το βάρος του σώματος ( $4000 Kg$ ), η οποία θα προκαλέσει κίνηση του σώματος προς τα πάνω... όταν η δύναμη αυτή γίνει ίση με το βάρος, τότε το σώμα θα σταματήσει να κινείται προς τα πάνω και θα ισορροπήσει. (συμπέρασμα: για να παραμείνει όλο το σώμα βυθισμένο πρέπει να το «κρατήσουμε» βυθισμένο, δηλαδή να το «πατήσουμε» προς τα κάτω μέσα στο νερό, όπως κάνουμε με μια μπάλα όταν θέλουμε να τη βουλιάσουμε μέσα στη θάλασσα). Δηλαδή πρέπει η άνωση να ισούται με

4000 Kg για να παραμείνει το σώμα σε μια θέση ισορροπίας. Για να ισούται η άνωση με 4000 Kg το σώμα πρέπει να εκτοπίζει όγκο ίσο με 4 m<sup>3</sup> γλυκού νερού. Αυτό θα συμβεί όταν το συγκεκριμένο σώμα είναι βυθισμένο κατά το ήμισυ του όγκου του. Σ' αυτή την περίπτωση η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα θα είναι μηδέν.



## Αρχή Αρχιμήδη

Ένα σώμα το οποίο είναι βυθισμένο κατά ένα μέρος του ή ολόκληρο σ' ένα υγρό δέχεται κατακόρυφη δύναμη ίση με το βάρος που έχει ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα. Η φορά της δύναμης αυτής είναι αντίθετη από τη φορά του βάρους. Η δύναμη αυτή λέγεται άνωση. Το μέτρο της δίδεται από τον τύπο:

$$B = \rho g \nabla = \gamma \nabla$$

*B η άνωση*

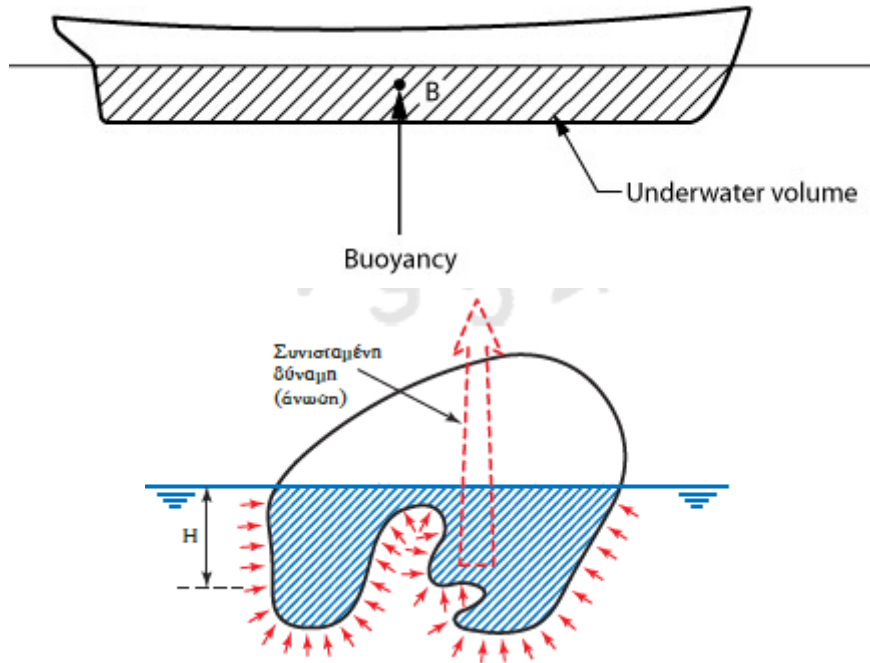
*$\rho$  η πυκνότητα του υγρού*

*g η επιτάχυνση βαρύτητας*

*$\nabla$  ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού*

*$\gamma$  το ειδικό βάρος του υγρού ( $\gamma = \rho g$ )*

Η άνωση οφείλεται στο ότι η υδροστατική πίεση αυξάνει με το βάθος και στο ότι η αυξανόμενη πίεση ασκείται σε όλες τις κατευθύνσεις (αρχή PASCAL). Έτσι η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο βυθισμένο σώμα λόγω του νερού έχει διεύθυνση προς τα πάνω. Το σημείο εφαρμογής της άνωσης B λέγεται κέντρο άνωσης και είναι το γεωμετρικό κέντρο του βυθισμένου όγκου.



Το βάρος που έχει ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα ονομάζεται **εκτόπισμα** του σώματος και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα **Δ**. Επειδή το σώμα ισορροπεί βυθισμένο κατά ένα μέρος του ή ολόκληρο μέσα στο υγρό, θα ισχύει ότι η συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν σ' αυτό είναι 0. Δηλαδή το βάρος **W** του σώματος και η άνωση **B**, είναι ίσες. Επομένως:

Βάρος = Άνωση = Εκτόπισμα

$$W=B=\Delta$$

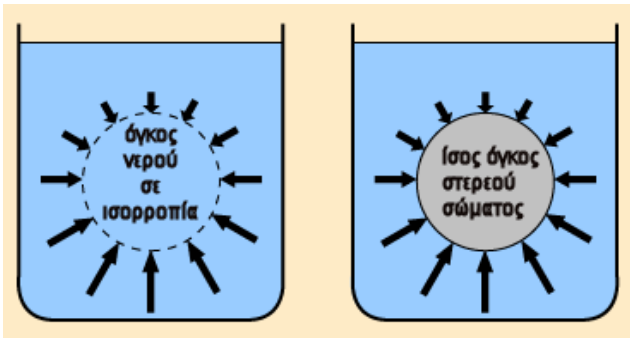
### Υπολογισμός εκτόπισματος Δ

Το εκτόπισμα του πλοίου Δ είναι το βάρος του ύδατος το οποίο εκτοπίζεται από τα ύφαλα του πλοίου. Αλλά το βάρος του εκτοπιζόμενου ύδατος είναι ίσο με τον όγκο του επί το ειδικό βάρος του ύδατος  $\gamma \nabla$ .

Προκειμένου να υπολογιστεί το εκτόπισμα Δ (δηλαδή το βάρος W) ενός πλοίου για μια ορισμένη κατάσταση φόρτου, βρίσκεται ο όγκος των υφάλων  $\nabla$  μέχρι την ίσαλο στην οποία επιπλέει το πλοίο και στην συνέχεια πολλαπλασιάζεται επί το ειδικό βάρος του ύδατος  $\gamma$ .

Το ειδικό βάρος του θαλάσσιου ύδατος λαμβάνεται ως 1,0275 τόνοι/m<sup>3</sup> ή 1/35 τόνοι/ft<sup>3</sup> και του ποσίμου ύδατος 1,000 τόνοι/m<sup>3</sup> ή 1/36 τον./ft<sup>3</sup>.

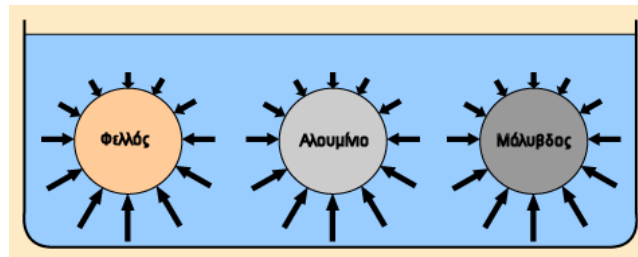
## Παραδείγματα-Εφαρμογές



1. Δεδομένου ότι η "**σφαίρα νερού**" στο αριστερό μέρος του σχήματος ισορροπεί λόγω του ότι το βάρος της ισούται με τη δύναμη που προέρχεται από τη διαφορά πίεσης, και το στερεό αντικείμενο στο δεξί μέρος του σχήματος δέχεται ακριβώς την ίδια πίεση, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η δύναμη της άνωσης στο στερεό αντικείμενο ισούται με το βάρος του νερού που εκτοπίζει (αρχή του Αρχιμήδη).

2. Ίσοι όγκοι δέχονται ίσες δυνάμεις άνωσης.

Υποθέστε ότι είχατε ίσες μεγέθους σφαίρες από φελλό, μόλυβδο και αργίλιο, με πυκνότητες 0,2, 11,3, και 2,7. Εάν ο όγκος κάθε σφαίρας είναι 10 κυβικά εκατ. οι μάζες τους θα είναι αντίστοιχα 2, 113, και 27 g.



Κάθε μια σφαίρα θα εκτόπιζε 10 γραμμάρια ύδατος, άρα οι φαινόμενες μάζες θα ήταν 8 (ο φελλός θα επιτάχυνε προς τα πάνω), 103 και 17 γραμμαρίων αντίστοιχα.