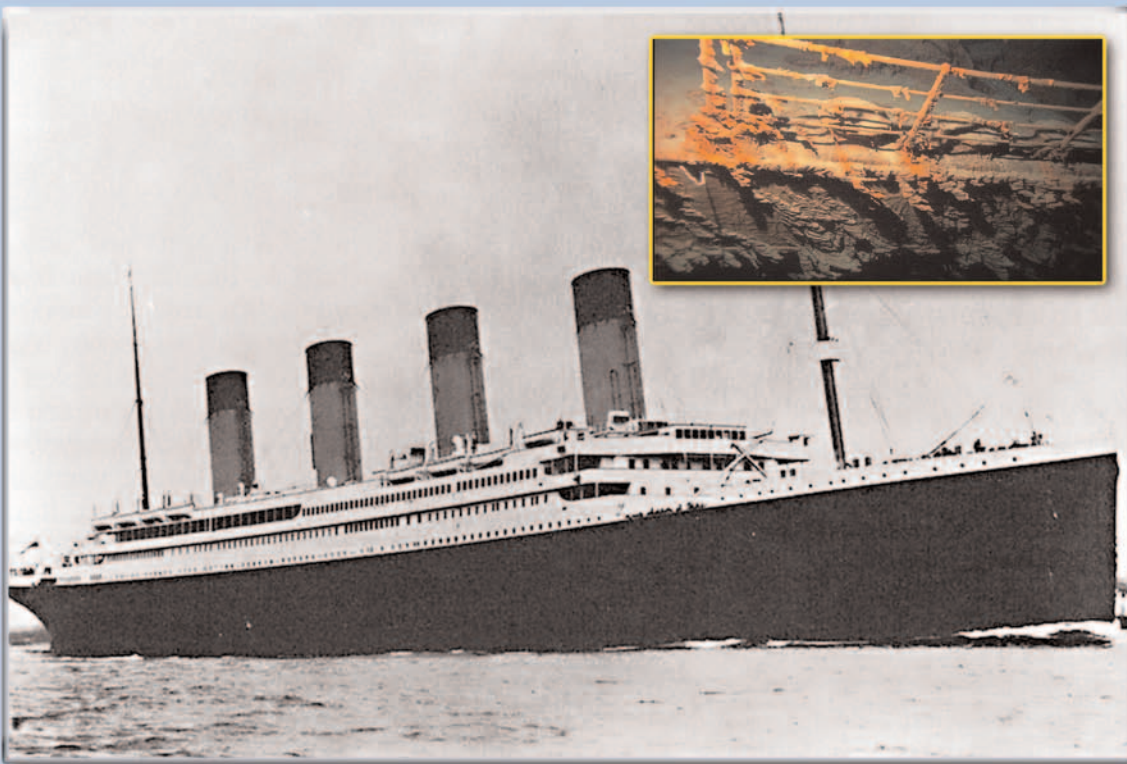


## Μια μικρή ιστορία ...

Το 1912 το πολυτελές υπερωκεάνιο Τιτανικός ξεκίνησε το παρθενικό του ταξίδι από τη Βρετανία προς την Αμερική. Μετά από πρόσκρουση σε παγόβουνο, το πλοίο βυθίστηκε νοτίως του Καναδά. Το ναυάγιο αυτό, το πιο πολύνεκρο στην ιστορία, στοίχισε τη ζωή σε 1520 άτομα.

Το 1985 το ναυάγιο του Τιτανικού ανακαλύφθηκε στο βυθό του ωκεανού σε βάθος περίπου 4.000 μέτρων με τη βοήθεια μη επανδρωμένου υποβρυχίου σκάφους.

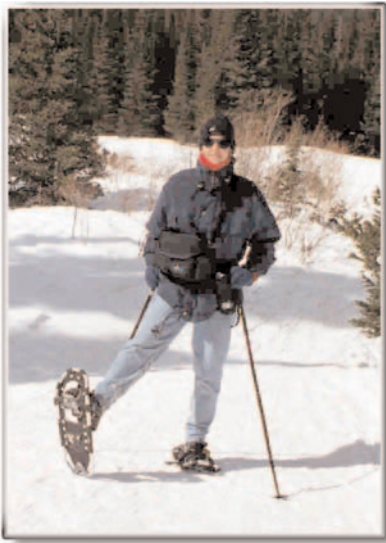
Ο Τιτανικός είχε όγκο  $137.000 \text{ m}^3$  και μάζα  $46.000.000 \text{ kg}$ . Μελετώντας αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε να προσδιορίζουμε την πίεση του νερού στο βάθος του ναυαγίου, τη δύναμη που ασκούσε το θαλάσσιο νερό στο πλοίο, ενώ αυτό έπληε, καθώς επίσης πόσο μέρος του πλοίου ήταν βυθισμένο στο νερό.



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα προσεγγίσουμε τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης, της ατμοσφαιρικής πίεσης και της άνωσης.
- Θα μελετήσουμε τη μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά, την αρχή του Αρχιμήδη για την άνωση και τη συνθήκη πλεύσης.

## ΠΙΕΣΗ



Εικόνα 4.1.

Όταν ο χιονοδρόμος χρησιμοποιεί χιονοπέδιλα, τα πόδια του δε βυθίζονται στο χιόνι.

Φυσική  
και Τεχνολογία

Εικόνα 4.2.

Τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μεγάλων φορτίων έχουν πολλά και φαρδιά ελαστικά. Με αυτό τον τρόπο αυξάνουν το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκούν τη δύναμη.

## ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Πολλές φορές θα έχεις προσπαθήσει να βαδίσεις πάνω σ' ένα παχύ στρώμα από χιόνι. Δυσκολεύεσαι, τα παπούτσια σου βουλιάζουν. Αντίθετα, παρατηρείς τους χιονοδρόμους να κινούνται με άνεση πάνω σ' αυτό φορώντας τα χιονοπέδιλά τους τα οποία έχουν φαρδιά πέλματα (εικόνα 4.1). Το ίδιο ένα μικρό επιβατηγό αυτοκίνητο βουλιάζει στη λάσπη ή στην άμμο, ενώ τα ειδικά αυτοκίνητα (τζιπ) τα οποία έχουν φαρδιά λάστιχα μπορούν να κινούνται με άνεση. Παρατηρώντας προσεκτικά τα παραπάνω φαινόμενα, διαπιστώνουμε ότι η παραμόρφωση μιας επιφάνειας δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται σε αυτήν, αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη.

Αν καταδυθούμε μέσα στη θάλασσα, σε κάπως μεγάλο βάθος, ή αν ανέβουμε ένα βουνό, θα αισθανθούμε πόνο στα αυτιά. Τι προκαλεί αυτό τον πόνο; Για να περιγράψουμε φαινόμενα όπως αυτά, χρησιμοποιούμε την έννοια της πίεσης.

## 4.1 Πίεση

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι οι δυνάμεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στα σώματα στα οποία ασκούνται. Ο χιονοδρόμος που φαίνεται στην εικόνα 4.1 είναι ακίνητος. Η δύναμη που ασκεί στο έδαφος ισούται με το βάρος του. Όμως το μέγεθος της παραμόρφωσης του χιονιού (δηλαδή το πόσο βουλιάζουν τα παπούτσια του στο χιόνι), εκτός από τη δύναμη, εξαρτάται και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία αυτή ασκείται. Ο χιονοδρόμος φορώντας χιονοπέδιλα, τα οποία έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τα κοινά παπούτσια, αν και δε μεταβάλλει τη δύναμη που ασκεί στο χιόνι (έδαφος), παρόλα αυτά, προκαλεί σ' αυτό μικρότερη παραμόρφωση. Τότε λέμε ότι η πίεση στο χιόνι είναι μικρότερη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φαρδιά λάστιχα των αυτοκινήτων (εικόνα 4.2).

**Τι είναι πίεση;**

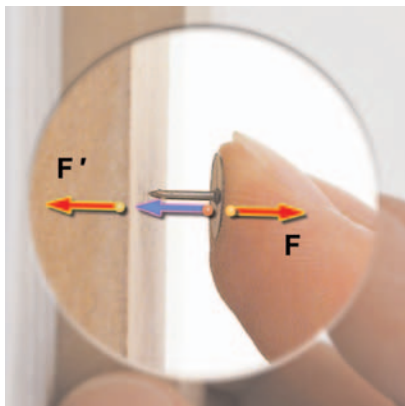
Πίεση ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$



Εικόνα 4.3.

Ο φακίρης μπορεί να ξαπλώνει με άνεση πάνω στην επιφάνεια των καρφιών. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;



Εικόνα 4.4.

Η πινέζα ασκεί δυο δυνάμεις: (α) στο δάχτυλο: την  $F$  και (β) στον πίνακα:  $F'$ .  $F=F'$ . Η επιφάνεια επαφής πινέζας-δάχτυλου είναι  $A_{\text{κεφάλι}}$  και πινέζας-πίνακα είναι  $A_{\text{μύτη}}$ . Αλλά  $A_{\text{κεφάλι}}=400 A_{\text{μύτη}}$ .

Επομένως  $p_{\Delta} = \frac{F}{A_{\text{κεφαλι}}}$  και  $p_{\kappa} = \frac{F}{A_{\text{μυτη}}}$

$$\frac{p_{\kappa}}{p_{\Delta}} = \frac{A_{\Delta}}{A_{\kappa}} = 400$$



Εικόνα 4.5.

**Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) 1623–1662**

Μαθηματικός, φυσικός και φιλόσοφος που έζησε στη Γαλλία. Έγινε γνωστός κυρίως για τις μελέτες του στα μαθηματικά οι οποίες αφορούσαν τις πιθανότητες. Στη φυσική μελέτησε το έργο του Γαλιλαίου καθώς και του Τορικέλλι και δημοσίευσε πολλές σημαντικές εργασίες σε σχέση με τις ιδιότητες των ρευστών.

Χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα γράφουμε:

$$p = \frac{F_{\kappa}}{A} \quad (4.1)$$

όπου  $F_{\kappa}$  είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού  $A$ .

Κάθε φορά που χρειάζεται να κρεμάσεις μια ανακοίνωση στον αντίστοιχο πίνακα που υπάρχει στο σχολείο ή στο δωμάτιό σου χρησιμοποιείς πινέζες. Έχεις αναρωτηθεί γιατί; Αν όχι, ας σκεφτούμε μαζί με βάση τη σχέση 4.1. Με το χέρι σου ασκείς δύναμη στο κεφάλι της πινέζας. Όπως μάθαμε όμως στο προηγούμενο κεφάλαιο, το χέρι σου και η πινέζα αλληλεπιδρούν, επομένως και η πινέζα ασκεί στο χέρι σου αντίθετη δύναμη. Η πινέζα τελικά ασκεί δυο δυνάμεις. Μια στο δάχτυλό σου ( $F$ ) και μια στον πίνακα ( $F'$ ). Οι δυνάμεις αυτές έχουν σχεδόν ίσα μέτρα (εικόνα 4.4). Η επιφάνεια επαφής της πινέζας με το δάχτυλό σου (κεφάλι της πινέζας)  $A_{\kappa}$  είναι περίπου 400 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια επαφής  $A_{\mu}$  της πινέζας με τον πίνακα. Σύμφωνα με τη σχέση 4.1, η πίεση  $P_{\mu}$  που δέχεται ο πίνακας από την πινέζα είναι 400 φορές μεγαλύτερη από την πίεση  $P_{\Delta}$  που δέχεται το δάχτυλό σου. Γι' αυτό η πινέζα διεισδύει στον πίνακα και όχι στο δάχτυλό σου. Γενικότερα, **η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της.**

### Μονάδες της πίεσης

Η πίεση είναι παράγωγο μέγεθος, επομένως οι μονάδες προκύπτουν από τον ορισμό της μέσω της σχέσης 4.1. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.), η μονάδα της δύναμης  $F$  είναι το  $N$  και του εμβαδού  $A$  της επιφάνειας το  $m^2$ . Άρα, η μονάδα της πίεσης θα είναι το  $\frac{N}{m^2}$ . Η μονάδα αυτή λέγεται και Pascal (Πασκάλ) προς τιμή του Γάλλου μαθηματικού, φυσικού και φιλοσόφου Μπλαιζ Πασκάλ (εικόνα 4.5), δηλαδή:

$$1 P_a = 1 \frac{N}{m^2}$$

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και το  $kP_a$  (Κιλοπασκάλ) που ισούται με  $1000 P_a$ .

Πολλές φορές στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, συγχέουμε τη δύναμη με την πίεση. Στη φυσική πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί και να μη χρησιμοποιούμε το ένα μέγεθος αντί του άλλου. Η δύναμη και η πίεση είναι δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Η δύναμη έχει κατεύθυνση, είναι διανυσματικό μέγεθος και μετριέται σε  $N$ , ενώ η πίεση δεν έχει κατεύθυνση, δεν είναι διανυσματικό μέγεθος. **Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται κάθετα στη μονάδα επιφάνειας και μετριέται σε  $\frac{N}{m^2}$ .**

**Δραστηριότητα**

Πόση πίεση ασκείς όταν στέκεσαι στο έδαφος με τα δύο ή με το ένα πόδι;

- ▶ Υπολόγισε το βάρος σου σε N.
- ▶ Σημείωσε σ' ένα χαρτί το περίγραμμα του παπουτσιού σου.
- ▶ Σχεδίασε ένα ορθογώνιο που να έχει περίπου το ίδιο εμβαδόν με το περίγραμμα.
- ▶ Υπολόγισε το εμβαδόν του σε τετραγωνικά μέτρα.
- ▶ Με βάση τον ορισμό της πίεσης, βρες την πίεση που ασκείς στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.

**ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΠΙΕΣΗΣ**

Δύναμη	Πίεση
Διάνυσμα	Δεν είναι διάνυσμα
Μονάδες: N	Μονάδες: $\frac{N}{m^2}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.

**Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΑΣ**

Τόπος	Πίεση σε Pa
Κέντρο του Ήλιου	$2 \times 10^{16}$
Κέντρο της Γης	$4 \times 10^{11}$
Μέγιστο βάθος των ωκεανών	$10^8$
Πίεση στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης	$9 \times 10^6$
Ψηλά τακούνια στο πάτημα	$10^6$
Λάστιχο αυτοκινήτου	$2 \times 10^5$
Πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας	$10^5$
Στην κορυφή του Έβερεστ	$3 \times 10^4$
Αρτηριακή πίεση	$1,6 \times 10^4$
Πίεση δυνατού ήχου	30
Πίεση ασθενούς ήχου	$3 \times 10^{-5}$
Μέγιστο κενό (που πετύχαμε πειραματικά)	$10^{-12}$

**Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και καθημερινή ζωή****Δύναμη και πίεση**

Σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή επιδιώκουμε να έχουμε άλλοτε μικρές και άλλοτε μεγάλες πιέσεις. Ελέγχουμε την πίεση που δέχεται μια επιφάνεια όχι μέσω της δύναμης που ασκούμε, αλλά κυρίως μέσω του εμβαδού της επιφάνειας επαφής.

**Μικρή επιφάνεια επαφής-μεγάλη πίεση: το σώμα κόβεται**

Για να κοπεί μια επιφάνεια, πρέπει να δεχτεί μεγάλη πίεση και όχι ν' ασκηθεί σ' αυτή μεγάλη δύναμη. Γι' αυτό τα μαχαίρια και τα ψαλίδια έχουν μικρή επιφάνεια, ώστε ν' ασκούν μεγάλες πιέσεις και να κόβουν εύκολα.



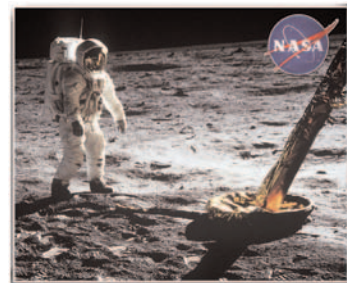
- ▶ Εκτίμησε το εμβαδόν της κόψης ενός ψαλιδιού, μετρώντας τις αντίστοιχες διαστάσεις του.
- ▶ Υπολόγισε την πίεση του ψαλιδιού σε ένα φύλλο χαρτί, αν η δύναμη που ασκείς σε αυτό καθώς το χρησιμοποιείς είναι 10 N.

**Μεγάλη επιφάνεια-μικρή πίεση: δε βουλιάζει**

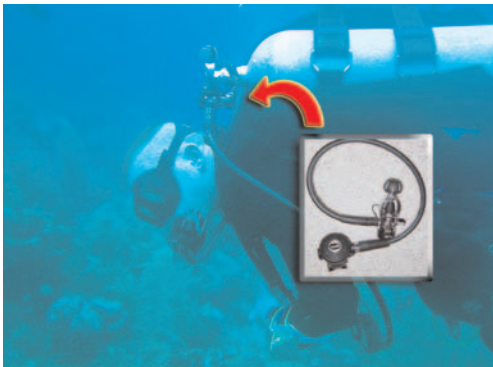
Τα βαριά οχήματα, όπως τα τανκς και οι μπουλντόζες, καθώς και τα βαριά ζώα, όπως τα παχύδερμα (ελέφαντες, ρινόκεροι, ιπποπόταμοι) για να μπορούν να κινούνται χωρίς να βουλιάζουν σε μαλακά λασπώδη εδάφη, θα πρέπει να ασκούν μικρές πιέσεις. Γι' αυτό τα τανκς και οι μπουλντόζες διαθέτουν ερπύστριες που αποτελούνται από μεγάλες μεταλλικές επιφάνειες, ενώ τα παχύδερμα πολύ μεγάλα πέλματα. Με αυτό τον τρόπο το βάρος κατανέμεται σε μεγάλη επιφάνεια επαφής και η πίεση στο έδαφος είναι πολύ μικρή.



- ▶ Αναζήτησε πληροφορίες για το βάρος και τις διαστάσεις του πέλματος ενός ρινόκερου.
- ▶ Υπολόγισε την πίεση που ασκεί στο έδαφος.
- ▶ Σύγκρινέ τη με την πίεση που εσύ ασκείς στο έδαφος.



Οι σχεδιαστές διαστημοπλοίων που προορίζονται να προσεδαφιστούν στη σελήνη ή σε άλλους πλανήτες τα εφοδιάζουν με ειδικά μαλακά πέλματα μεγάλου εμβαδού ώστε να μη βυθίζονται σε άγνωστα εδάφη.



Εικόνα 4.6.

Η πίεση του αέρα που αναπνέουν οι δύτες ρυθμίζεται κατάλληλα, ώστε να εξισορροπεί την υδροστατική πίεση του νερού.

### Πίεση των ρευστών

Το λάδι, το πετρέλαιο, το μέλι, ο αέρας είναι ρευστά. **Ρευστά** ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Τα ρευστά σώματα επίσης έχουν τη δυνατότητα να ρέουν. Τα πιο κοινά ρευστά είναι το νερό και ο αέρας.

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. Έτσι το νερό όταν βουτάμε σ' αυτό ή ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζουν τα τύμπανα των αυτιών μας (εικόνα 4.6). Η πίεση αυτή προκαλεί το αίσθημα του πόνου στα αυτιά μας όταν ανεβαίνουμε σε μεγάλο ύψος στην ατμόσφαιρα ή όταν καταδυόμαστε σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα. Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται **υδροστατική** πίεση. Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται **ατμοσφαιρική** πίεση.

## 4.2

### Υδροστατική πίεση

#### Πού οφείλεται η υδροστατική πίεση;

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.

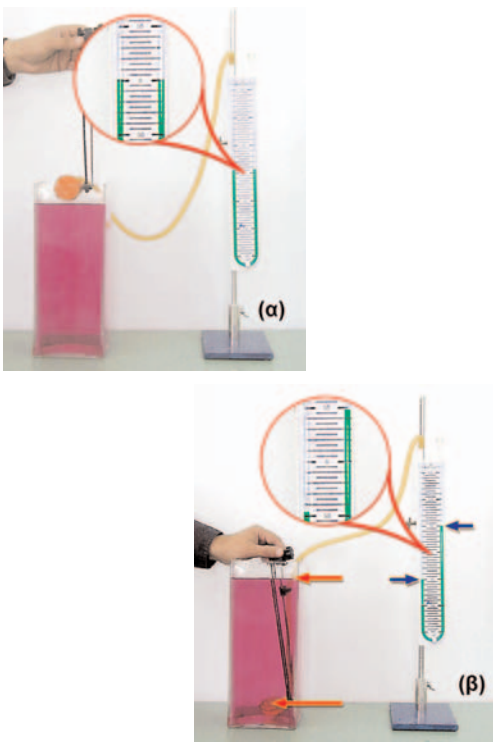
Ένα υγρό που βρίσκεται μέσα σε δοχείο λόγω του βάρους του πιέζει τον πυθμένα του δοχείου. *Πόση είναι αυτή η υδροστατική πίεση;* Εφόσον το υγρό ισορροπεί, η δύναμη που ασκεί στον πυθμένα του δοχείου ισούται με το βάρος του. Επομένως, η πίεση σύμφωνα με τον ορισμό της (σχέση 4.1) είναι ίση με το πηλίκο του βάρους του υγρού προς το εμβαδόν του πυθμένα  $p = \frac{W}{A}$ . Αν είχαμε τη δυνατότητα να μεταφέρουμε ένα κλειστό δοχείο γεμάτο με νερό από την επιφάνεια της γης στην επιφάνεια της σεληνης, θα διαπιστώναμε ότι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του έχει τιμή περίπου 6 φορές μικρότερη από την τιμή της στην επιφάνεια της γης. Αυτό συμβαίνει γιατί το βάρος του νερού στη σελήνη είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος του στη γη.

#### Μέτρηση υδροστατικής πίεσης

Τα όργανα με τα οποία μετράμε την υδροστατική πίεση ονομάζονται **μανόμετρα**. Ένας τύπος μανόμετρου, όπως αυτό που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο φυσικής, εικονίζεται στην εικόνα 4.7. Με το μανόμετρο μετράμε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια μιας ελαστικής μεμβράνης, την οποία βυθίζουμε μέσα στο υγρό. Ο σωλήνας τύπου **U** περιέχει υδράργυρο ή κάποιο άλλο υγρό, συνήθως λάδι. Η διαφορά ύψους του υγρού στα δύο σκέλη του σωλήνα είναι ανάλογη της υδροστατικής πίεσης.

#### Νόμος της υδροστατικής

Είδαμε ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα. Στη φυσική όμως, εκτός από τις αιτίες των φαινομένων, μας ενδιαφέρουν και οι σχέσεις που συνδέουν τα φυσικά μεγέθη. *Με ποια*



Εικόνα 4.7.

#### Πώς μετράμε την υδροστατική πίεση.

(α) Όταν η ελαστική μεμβράνη βρίσκεται εκτός του υγρού, τότε το υγρό στα δυο σκέλη του σωλήνα βρίσκεται στο ίδιο ύψος. Στη μεμβράνη δεν ασκείται πίεση. (β) Όταν η μεμβράνη τοποθετηθεί στο υγρό, τότε το υγρό που βρίσκεται στο σκέλος που συνδέεται με τη μεμβράνη βρίσκεται σε μικρότερο ύψος. Στη μεμβράνη ασκείται πίεση. Η διαφορά στάθμης του υγρού που βρίσκεται στο σωλήνα «μετρά» την υδροστατική πίεση στη μεμβράνη.

άλλα φυσικά μεγέθη σχετίζεται η υδροστατική πίεση και με ποιον τρόπο συνδέεται με αυτά;

Για να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα, θα χρησιμοποιήσουμε την εμπειρία μας και θα καταφύγουμε στο πείραμα.

#### Υδροστατική πίεση και προσανατολισμός

Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που είναι βυθισμένη στο υγρό;

Βυθίζουμε τη μεμβράνη σε ορισμένο βάθος και μεταβάλλουμε τον προσανατολισμό της, για παράδειγμα, από οριζόντια (εικόνα 4.8α) την περιστρέφουμε ώστε να γίνει κατακόρυφη (εικόνα 4.8β). Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μανομέτρου δε μεταβάλλεται. Συμπεραίνουμε ότι η πίεση είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού της επιφάνειας της μεμβράνης. **Τα υγρά ασκούν πίεση προς κάθε κατεύθυνση.**

#### Υδροστατική πίεση και βάθος

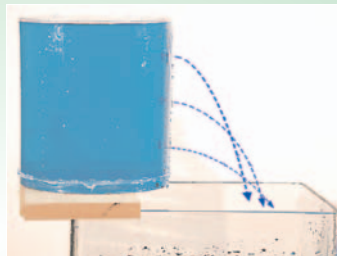
Πολλές φορές, όταν κολυμπάς στην πισίνα του κολυμβητηρίου ή στην θάλασσα, σου αρέσει να κάνεις βουτιές. Διαπιστώνεις ότι όσο πιο βαθιά βουτάς, τόσο μεγαλύτερη πίεση αισθάνεσαι σ' αυτά σου. Υποθέτεις ότι η πίεση αυξάνεται με το βάθος του υγρού. *Πώς εξαρτάται η πίεση από το βάθος;* Για να ελέγξεις την υπόθεσή σου και να απαντήσεις στο ερώτημά σου, καταφεύγεις στο πείραμα. Βυθίζεις στο υγρό τη μεμβράνη του μανομέτρου σε διάφορα βάθη και μετράς την αντίστοιχη πίεση (εικόνα 4.9).

Διαπιστώνεις ότι **η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος.**

#### Δραστηριότητα

##### Υδάτινες τροχιές

- ▶ Γέμισε με νερό ένα πλαστικό δοχείο.
- ▶ Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο θρανίο σου, ώστε ο πυθμένας του να βρίσκεται σε ύψος από την επιφάνειά του ίσο με το ύψος του δοχείου.
- ▶ Με μια καρφίτσα άνοιξε τρύπες σε διάφορα σημεία του δοχείου που βρίσκονται πάνω από το μισό του ύψους του.



Παρατήρησε την απόσταση στην οποία εκτοξεύονται οι πίδακες του νερού πάνω στην επιφάνεια του θρανίου.

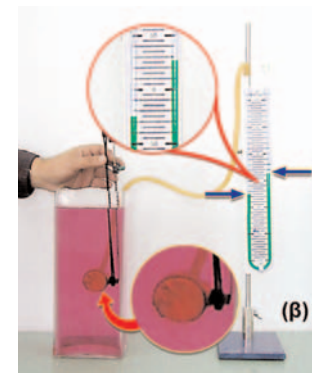
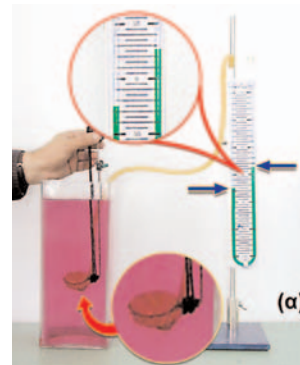
Τι διαπιστώνεις;

Προσπάθησε να ερμηνεύσεις τις διαπιστώσεις σου.

#### Υδροστατική πίεση και είδος υγρού

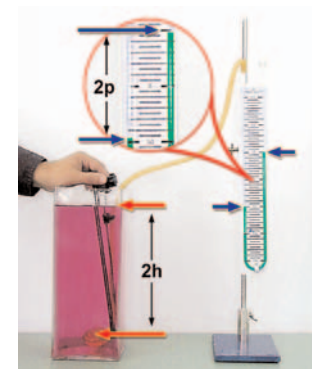
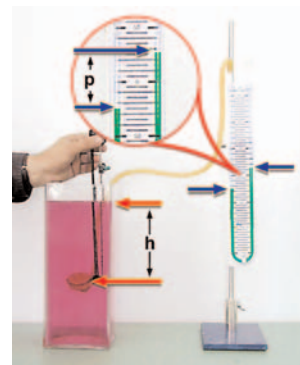
Σε δυο διαφορετικά υγρά στο ίδιο βάθος η υδροστατική πίεση είναι η ίδια ή διαφορετική;

Παίρνουμε δυο δοχεία, ένα με καθαρό οινόπνευμα που έχει πυκνότητα  $\rho_{\text{οιν}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  και το άλλο με αλατόνερο πυκνότητας  $\rho_{\text{αλατ}} = 1.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Μετράμε την υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος



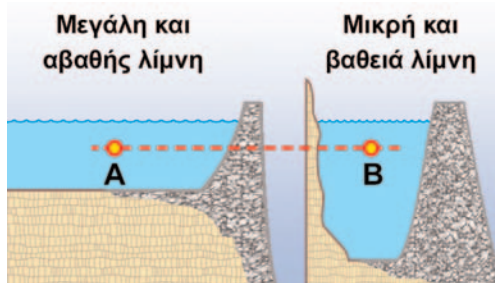
Εικόνα 4.8.

Η επιφάνεια βρίσκεται σε βάθος  $h$  και είναι: (α) οριζόντια, (β) κατακόρυφη.



Εικόνα 4.9.

Σε διπλάσιο βάθος έχουμε διπλάσια υδροστατική πίεση.

Φυσική  
και Τεχνολογία

Εικόνα 4.10.

Το φράγμα στο οποίο ασκείται μεγαλύτερη πίεση είναι εκείνο στο οποίο η λίμνη έχει μεγαλύτερο βάθος και όχι εκείνο που η λίμνη έχει μεγαλύτερο όγκο νερού. Άρα στη βάση αυτού του φράγματος ασκείται από το νερό μεγαλύτερη δύναμη. Συνεπώς το φράγμα αυτό κατασκευάζεται με μεγαλύτερο πάχος.

και στα δύο υγρά. Διαπιστώνουμε ότι στο αλατόνερο η πίεση είναι διπλάσια. Από παρόμοια πειράματα, εξαγάγουμε το συμπέρασμα ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματά μας καταλήγουμε ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη:

1. του βάθους από την επιφάνεια του υγρού
2. της πυκνότητας του υγρού
3. της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα εκφράζονται στη γλώσσα των μαθηματικών από τη σχέση:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \text{ (νόμος της υδροστατικής πίεσης)}$$

όπου:  $p$  η υδροστατική πίεση σε  $\frac{N}{m^2}$ ,  $\rho$  η πυκνότητα του υγρού σε  $\frac{kg}{m^3}$ ,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας σε  $\frac{m}{s^2}$  και  $h$  το βάθος από την επιφάνεια σε  $m$ .

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού. Στα σημεία A και B που φαίνονται στην εικόνα 4.10 η πίεση του νερού είναι ίδια, διότι βρίσκονται στο ίδιο βάθος, παρότι ο όγκος του νερού στην αβαθή λίμνη είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ό,τι στη βαθιά λίμνη. Αισθανόμαστε την ίδια πίεση όταν κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθιστεί κατά ένα μέτρο είτε σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους.



## Βαρύτητα και υδροστατική πίεση

- ▶ Τοποθέτησε σε βάθος  $h$  τη μεμβράνη του μανομέτρου, όπως στη διπλανή εικόνα.
- ▶ Θεώρησε έναν κύλινδρο πάνω από τη μεμβράνη ο οποίος να έχει ως βάση την επιφάνειά της.
- ▶ Υπόθεσε ότι η υδροστατική πίεση στη μεμβράνη οφείλεται στο βάρος του νερού που περιέχεται στον κύλινδρο.
- ▶ Με βάση τον ορισμό της πίεσης, υπολόγισε την υδροστατική πίεση  $p$  στη μεμβράνη.
- ▶ Να αποδείξεις ότι η έκφραση που βρίσκεις συμπίπτει με αυτή που προκύπτει από το νόμο της υδροστατικής.

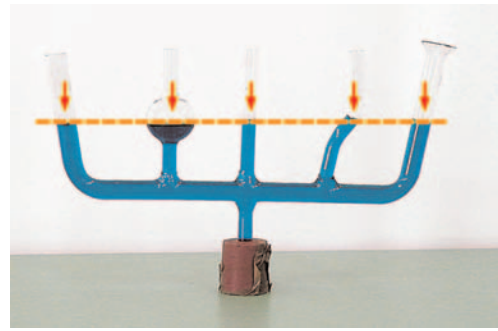
Φυσική  
και Μαθηματικά

## Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης

## Συγκοινωνούντα δοχεία

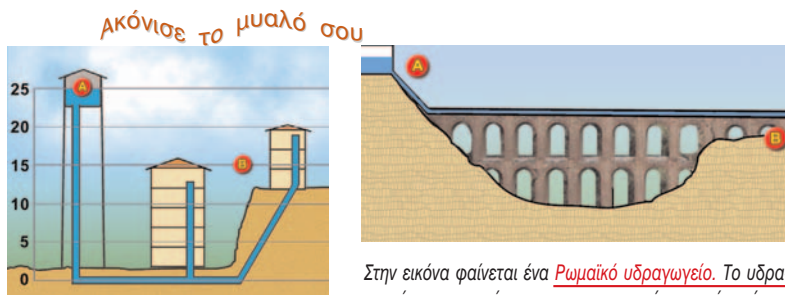
Γεμίζουμε με υγρό μια σειρά από δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία συγκοινωνούν μέσω ενός σωλήνα (εικόνα 4.11). Παρατηρούμε ότι σε όλα τα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε την παραπάνω παρατήρηση; Το υγρό που βρίσκεται στον κοινό οριζόντιο σωλήνα ισορροπεί. Για να συμβαίνει αυτό, θα πρέπει σε όλα τα σημεία του να επικρατεί η ίδια πίεση. Αν

σε κάποιο σημείο η πίεση ήταν διαφορετική, τότε θα ασκούνταν επιπλέον δύναμη που θα προκαλούσε την κίνηση του υγρού. Από το νόμο της υδροστατικής προκύπτει ότι αν σε κάποιο από τα δοχεία η στάθμη του υγρού ήταν σε μεγαλύτερο ύψος, η πίεση στο αντίστοιχο σημείο του κοινού σωλήνα θα ήταν μεγαλύτερη. Έτσι λοιπόν συμπεραίνουμε ότι **δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος δηλ. στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο**. Αυτό συμβαίνει ακόμη και όταν το υγρό βρίσκεται σε διαφορετικά, αλλά συγκοινωνούντα δοχεία. Η αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων έχει πολλές εφαρμογές όπως στην κατασκευή των δεξαμενών ύδρευσης των πόλεων. Οι δεξαμενές κατασκευάζονται στα ψηλότερα σημεία έτσι ώστε το νερό να μπορεί να φθάσει και στους ψηλότερους ορόφους των σπιτιών χωρίς να χρειάζεται αντλία (εικόνα 4.12).



Εικόνα 4.11.

Στα συγκοινωνούντα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού που ισορροπεί βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.



Η δεξαμενή του νερού και οι σωλήνες του δικτύου αποτελούν συγκοινωνούντα δοχεία. Μπορείς να εξηγήσεις το λόγο για τον οποίο οι δεξαμενές νερού κατασκευάζονται στα ψηλότερα σημεία των πόλεων;

Στην εικόνα φαίνεται ένα **Ρωμαϊκό υδραγωγείο**. Το υδραγωγείο κατασκευάστηκε για να μεταφέρει νερό από την κορυφή Α σε μια πόλη σε χαμηλότερο υψόμετρο Β. Μπορείς να σκεφτείς μια βασική αρχή της φυσικής που δελήφθηκε υπόψη στην κατασκευή του; Πώς κατασκευάζαν οι Ρωμαίοι τα υδραγωγεία τους; Να το συγκρίνεις με ένα σύγχρονο.

Εικόνα 4.12.

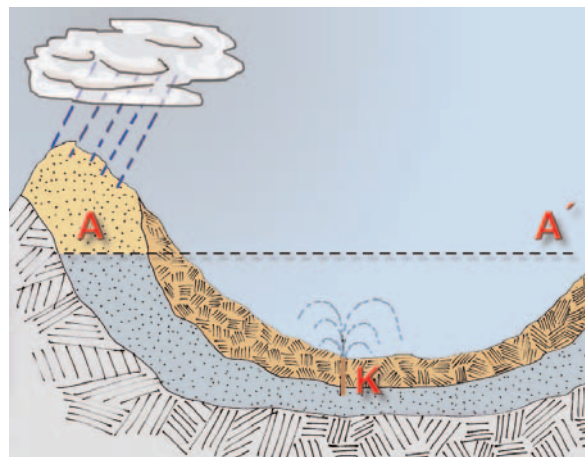
Υδραγωγεία: οι δρόμοι των νερών.

- Κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ με τα ιστορικά υδραγωγεία που υπάρχουν στη χώρα μας. Κατάταξέ τα με χρονολογική σειρά.
- Γράψε λίγα λόγια για την ιστορία καθενός από αυτά.

### Φυσική και Γεωλογία και καθημερινή ζωή

#### Αρτεσιανά φρέατα (πηγάδια)

Σε αυτά τα πηγιάδια το νερό αναβλύζει δημιουργώντας πίδακα. **Γιατί συμβαίνει αυτό; Πώς μπορούμε να το εξηγήσουμε;** Όταν η μορφολογία του υπεδάφους είναι κατάλληλη, μεταξύ δυο υδατοστεγών πετρωμάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια υπόγεια δεξαμενή νερού, όπως παριστάνεται στο διπλανό σχήμα. Αν ανοίξουμε στην περιοχή Κ ένα πηγιάδι, που το βάθος του να φθάνει μέχρι την υπόγεια δεξαμενή, τότε η δεξαμενή και το πηγιάδι αποτελούν συγκοινωνούντα δοχεία. Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού και στα δυο πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, το νερό αναπηδά στο πηγιάδι για να φθάσει στην ελεύθερη επιφάνεια AA'. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται ένας πίδακας. Βέβαια, λόγω τριβών με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο πίδακας δε φθάνει μέχρι το ύψος της επιφάνειας AA'.





Φυσική  
και Ιστορία

Ποιος ήταν ο Πασκάλ; Πότε και πού έζησε; Ποιο ήταν το έργο του;

## Το υδροστατικό παράδοξο

Τον 17ο αιώνα ο **Πασκάλ (Pascal)** πραγματοποίησε ένα πείραμα που έκανε μεγάλη εντύπωση και αναφέρεται συχνά ως παράδοξο της υδροστατικής.

Πήρε ένα κλειστό βαρέλι που περιείχε 1000 kg νερού και άνοιξε στην πάνω επιφάνεια μια μικρή τρύπα. Στην τρύπα προσάρμοσε ένα λεπτό κατακόρυφο σωλήνα που είχε ύψος μερικά μέτρα. Προσθέτοντας μια μικρή ποσότητα νερού, ο σωλήνας γέμισε μέχρι την κορυφή. Τότε με μεγάλη έκπληξη είδε τα τοιχώματα του βαρελιού να ανοίγουν και το νερό να χύνεται έξω.

Πώς συνέβη αυτό;

Ας θεωρήσουμε μια μικρή επιφάνεια εμβαδού  $A=1 \text{ cm}^2$  του πλευρικού τοιχώματος του βαρελιού που βρίσκεται σε απόσταση  $h=0,5 \text{ m}$  από το πάνω μέρος του βαρελιού. Πριν από την τοποθέτηση του νερού στο σωλήνα, η πίεση του νερού στο τοίχωμα ήταν:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 5.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ και η δύναμη } \sigma' \text{ αυτό}$$

$$F = p \cdot A = 5.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,5 \text{ N} \cdot \text{Όταν ο σωλήνας, μήκους } 9,5 \text{ m, γεμίσει με νερό, η πίεση γίνεται:}$$

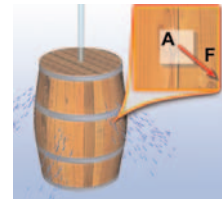
$$p' = \rho \cdot g \cdot h' = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9,5 \text{ m} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ και η δύναμη } F' = p' \cdot A = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 10 \text{ N} \text{ δηλαδή, } \underline{\text{είκοσι φορές}}$$

μεγαλύτερη.

Γ' αυτό άνοιξε το τοίχωμα.

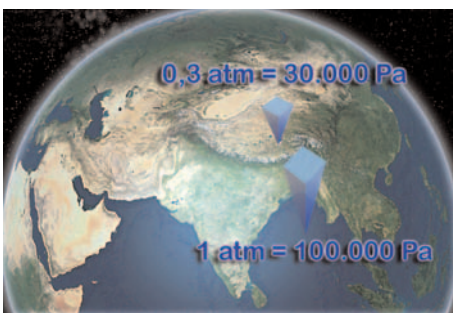
## Σύνδεση με τα μαθηματικά (ανάλογα ποσά)

Να υπολογίσεις τα πηλίκα:  $\frac{h'}{h}$ ,  $\frac{p'}{p}$  και να τα συγκρίνεις. Ποια ποσά ονομάζονται ανάλογα; Τι είδους ποσά είναι το βάθος και η υδροστατική πίεση; Θυμήσου και άλλα φυσικά μεγέθη που είναι ανάλογα.



Εικόνα 4.13.

Καθώς ρουφάς τον αέρα από το κουτί, αυτό συνθλίβεται. Η βεντούζα παραμένει κολλημένη στον τοίχο.



Εικόνα 4.14.

Η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το ύψος, οπότε στην κορυφή του Έβερεστ είναι πολύ μικρότερη (περίπου το 1/3) απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας (Ινδικός).

## 4.3

## Ατμοσφαιρική πίεση

Πίνεις το χυμό που περιέχεται στο χάρτινο κουτί. Όταν πίνεις την πορτοκαλάδα ή τραβάς τον αέρα από το κουτί, παρατηρείς ότι το κουτί τσαλακώνεται (εικόνα 4.13). Πού οφείλεται η δύναμη που συνθλίβει το κουτί; Πού οφείλεται η δύναμη που συγκρατεί μια βεντούζα κολλημένη στον τοίχο (εικόνα 4.13);

Η γη περιβάλλεται από ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα αερίων που ονομάζεται ατμοσφαιρικός αέρας. Ο αέρας είναι διαφανής. Έχει μάζα και από τη γη ασκείται σε αυτόν η δύναμη του βάρους. Επομένως, όπως συμβαίνει με όλα τα ρευστά σώματα, ασκεί πίεση σε κάθε επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν. Η πίεση αυτή ονομάζεται **ατμοσφαιρική πίεση**. Όπως ακριβώς η υδροστατική πίεση μιας κατακόρυφης στήλης νερού οφείλεται στο βάρος της, έτσι και η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα (εικόνα 4.14).

Πόση είναι και από τι εξαρτάται η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης;

Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας (εικόνα 4.14). Τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας πιέζουν, λόγω του βάρους τους, τα κατώτερα με αποτέλεσμα η τιμή της πίεσης να είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια της θάλασσας. Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας ονομάζεται **πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 atm)**.

## Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Η ατμοσφαιρική πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά το 1643 από το μαθητή του Γαλιλαίου, το φυσικό Εβανγκελίστα Τορκελί (εικόνα 4.15).

Ο Τορικόλι χρησιμοποίησε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους ενός μέτρου τον οποίο γέμισε με υδράργυρο. Στη συνέχεια τον αντέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη, η οποία επίσης περιείχε υδράργυρο (εικόνα 4.15). Ο Τορικόλι παρατήρησε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα έφθασε περίπου στα 76 cm.

Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε το γεγονός ότι στο σωλήνα παρέμεινε υδράργυρος ύψους 76 cm; Ποια δύναμη συγκρατεί τον υδράργυρο σε αυτό το ύψος;

Το υγρό μέσα στο σωλήνα και τη λεκάνη ισορροπεί (εικόνα 4.16), άρα σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων θα ισχύει:

$$p_A = p_B \quad (4.2)$$

διότι τα B, A είναι σημεία του ίδιου υγρού και βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Η πίεση στο A ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση:

$$p_A = p_{\text{atm}} \quad (4.3)$$

Επομένως, η στήλη του υδραργύρου συγκρατείται από τη δύναμη που ασκείται, λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης, στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης (εικόνα 4.16). Μέσα στο σωλήνα πάνω από τη στήλη του υδραργύρου δημιουργήθηκε κενό. Η πίεση στην επιφάνεια της στήλης είναι ίση με το μηδέν και συνεπώς η πίεση στο B ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου:

$$p_B = p_{\text{υδρ}} \quad (4.4)$$

Συγκρίνοντας τις σχέσεις (4.2), (4.3) και (4.4) συμπεραίνουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με την πίεση που ασκεί στη βάση της στήλης υδραργύρου ύψους h. Όταν h=76 cm ή 760 mm, λέμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με 760 mmHg. Την υδροστατική πίεση που ασκεί στήλη υδραργύρου ύψους 1mm την ονομάζουμε 1 Torr προς τιμή του Τορικόλι. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 760 Torr. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης ονομάζονται **βαρόμετρα**. Το πρώτο βαρόμετρο κατασκευάστηκε από τον Τορικόλι.

#### Πώς υπολογίζουμε την ατμοσφαιρική πίεση;

Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου. Έτσι, για να την υπολογίσουμε, εφαρμόζουμε το νόμο της υδροστατικής πίεσης. Γνωρίζοντας ότι ο υδράργυρος έχει πυκνότητα  $\rho = 13.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) έχει τιμή  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , μπορούμε να υπολογίσουμε την ατμοσφαιρική πίεση σε  $p_a$ .

Όστε

$$p_{\text{atm}} = p_{\text{υδρ}} = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{ή}$$

$$p_{\text{atm}} = 13.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,76 \text{ m} \quad \text{ή}$$

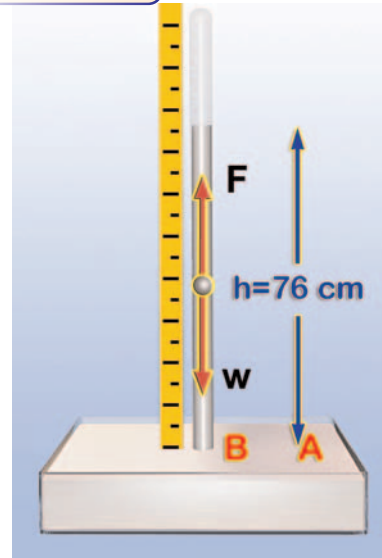
#### Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 4.15.

Εβανγκελίστα Τορικόλι (Evangelista Torricelli) (1608–1647). Σχεδιάγραμμα της συσκευής που χρησιμοποίησε για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

#### Φυσική και Μαθηματικά



Εικόνα 4.16.

Το πείραμα του Τορικόλι ή ατμοσφαιρική πίεση και δυνάμεις. Ο υδράργυρος στο σωλήνα ισορροπεί. Στον υδράργυρο ασκούνται δυο δυνάμεις:

- το βάρος του w και
- η δύναμη F από τον υδράργυρο του δοχείου:  $F = p_B \cdot A$ , όπου  $p_B$  η υδροστατική πίεση στη βάση της στήλης του υδραργύρου και A το εμβαδόν της βάσης του σωλήνα.

Εφαρμόζοντας τη συνθήκη ισορροπίας για τον υδράργυρο της στήλης έχουμε:

$$w = F \quad \text{ή} \quad m \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A \quad \text{ή} \quad \rho \cdot V \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A \quad \text{ή} \quad \rho \cdot (A \cdot h) \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A$$

$$\text{ή} \quad \rho \cdot h \cdot g = p_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{atm}} = 101.293 P_a$$

ή

περίπου  $100.000 P_a$ . Η πίεση αυτή ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 atm):  $1 \text{ atm} = 100.000 P_a$ .

### Δυνάμεις λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης

Όταν πίνεις το φρουτοχυμό σου με το καλαμάκι, έχεις αναρωτηθεί ποια δύναμη σπρώχνει το χυμό και τον ανεβάζει μέχρι το στόμα σου; Θυμήσου το πείραμα του Τορικέλι που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Ποια δύναμη συγκρατούσε τη στήλη του υδραργύρου; Για να φθάσει η πορτοκαλάδα στο στόμα σου, ρουφάς τον αέρα που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι. Έτσι η πίεση πάνω από την επιφάνεια του χυμού μέσα στο καλαμάκι είναι μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στη βάση του και η οποία είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης ανεβάζει το χυμό στο στόμα σου. Στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει αέρας, οι αστροναύτες δε θα μπορούσαν να πιουν με το καλαμάκι την πορτοκαλάδα τους.

Πόσο μεγάλες είναι οι δυνάμεις που ασκούνται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης; Αν η επιφάνεια που έχει το στόμιο στο καλαμάκι είναι περίπου  $0,2 \text{ cm}^2$ , τότε η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι περίπου 2 N. Αντίστοιχα στη επιφάνεια του κουτιού της πορτοκαλάδας, η οποία έχει εμβαδόν περίπου  $50 \text{ cm}^2$ , είναι 500 N. Αυτές οι δυνάμεις συνθλίβουν το κουτί του χυμού και συγκρατούν τη βεντούζα στον τοίχο (εικόνα 4.13). Για παράδειγμα, η δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια εμβαδού  $1 \text{ m}^2$  είναι  $100.000 \text{ N}$ . Αντίστοιχη δύναμη ασκείται και στο ανθρώπινο σώμα που έχει εμβαδόν μεταξύ ενός και δύο τετραγωνικών μέτρων. Η δύναμη αυτή θα μας συνέθλιβε, αν η πίεση στο εσωτερικό του σώματός μας δεν ήταν ίση με την ατμοσφαιρική. Έτσι, η ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα μας λόγω της εσωτερικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι μηδέν. Γι' αυτό το λόγο δεν αισθανόμαστε συνήθως την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν όμως ανέβουμε σε σχετικά μεγάλο ύψος, λόγω της μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης, αισθανόμαστε πόνο στα αυτιά μας.

#### Δραστηριότητα

ΑΚΟΝΙΣΕ ΤΟ ΜΥΑΛΟ ΣΟΥ

#### Ο αέρας ασκεί δυνάμεις



▶ Ρούφηξε νερό με ένα καλαμάκι και κλείσε το άλλο στόμιό του με το δάκτυλό σου.

▶ Κράτα το καλαμάκι κατακόρυφα, με το ανοικτό στόμιο προς τα κάτω.



Πέφτει το νερό από το καλαμάκι; Ποια δύναμη το συγκρατεί;

Μπορείς να εκτιμήσεις το μέτρο αυτής της δύναμης;

Αφησε το στόμιο ελεύθερο.

- ▶ Τι παρατηρείς; Εξήγησε.
- ▶ Μπορείς τώρα να ερμηνεύσεις πώς πίνεις την πορτοκαλάδα με το καλαμάκι;
- ▶ Μπορείς να βρεις τις ομοιότητες της παραπάνω δραστηριότητας με το πείραμα του Τορικέλι;

#### Φυσική και Ιστορία



#### Τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου

Το 1654 ο Όττο φον Γκέρικε (Otto von Guericke), δήμαρχος του Μαγδεμβούργου της Γερμανίας και εφευρέτης της αντλίας κενού, πραγματοποίησε ένα από τα πιο φημισμένα πειράματα με το οποίο απέδειξε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Τοποθέτησε δυο κοίλα ημισφαίρια από χαλκό έτσι ώστε να σχηματίζουν σφαίρα διαμέτρου 0,5 m. Με τη βοήθεια ενός δερμάτινου δακτυλίου ποτισμένου με λάδι και κερί έκανε την ένωσή τους αεροστεγή. Με μια αντλία κενού αφαίρεσε τον αέρα από τη σφαίρα. Στη συνέχεια δύο ομάδες των 8 αλόγων η καθεμία δεν μπόρεσαν να αποχωρίσουν τα δύο ημισφαίρια.

Αυτό οφειλόταν στην **τεράστια δύναμη** που εξασκείται στην εξωτερική επιφάνεια των ημισφαιρίων εξ αιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης, ενώ στο εσωτερικό τους η πίεση ήταν πολύ πιο μικρή, αφού ο αέρας είχε σχεδόν αφαιρεθεί.

Αν η πίεση στο εσωτερικό των ημισφαιρίων είναι 0,1 atm, πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στα ημισφαίρια για να αποχωριστούν;

Να έχεις υπόψη σου ότι η συνολική δύναμη που ασκείται από τον αέρα στη σφαίρα αποδεικνύεται ότι ισούται με τη δύναμη που ασκείται σε μια κυκλική επιφάνεια ίδιας ακτίνας.

**Το μεταλλικό βαρόμετρο: Πόσο ψηλά πετάμε**

Η ατμοσφαιρική πίεση συνθλίβει το δοχείο.

Πάρε ένα δοχείο από ψευδάργυρο (τσίγκινο) και βάλε στο εσωτερικό του λίγο νερό. Τοποθέτησέ το πάνω σε μια εστία θέρμανσης, έχοντας το καπάκι του ανοικτό. Το νερό αρχίζει να βράζει και οι ατμοί που παράγονται, καθώς κινούνται προς τα πάνω, συμπαρασύρουν και ένα μέρος από τον ατμοσφαιρικό αέρα που υπήρχε στο εσωτερικό του. Μόλις εξαερωθεί όλη η ποσότητα του νερού, απομάκρυνε το δοχείο από την εστία θέρμανσης, αφού κλείσεις πολύ καλά το καπάκι του. Βάλε το δοχείο κάτω από τη βρύση, οπότε ψύχεται απότομα. Το δοχείο συνθλίβεται.

Ποια δύναμη προκαλεί τη σύνθλιψη του δοχείου;

Η πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του δοχείου είναι μικρότερη από αυτή στο εξωτερικό.

Αυτή η διαφορά της πίεσης προκαλεί και τη σύνθλιψή του. Το παραπάνω φαινόμενο μπορούμε να το αξιοποιήσουμε στη μέτρηση διαφορών της ατμοσφαιρικής πίεσης.

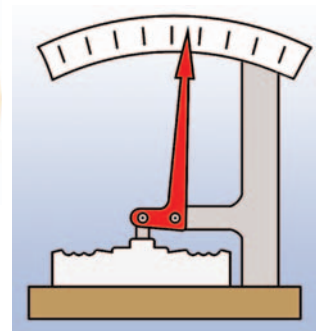
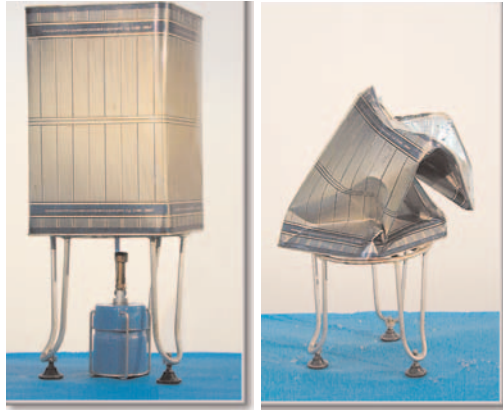
**Το μεταλλικό βαρόμετρο**

Το μεταλλικό βαρόμετρο είναι όργανο με το οποίο μετράμε διαφορές της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στη διπλανή εικόνα φαίνεται ένα μεταλλικό βαρόμετρο και μια σχηματική αναπαράσταση του εσωτερικού του.

Μπορείς να βρεις τις αντιστοιχίες με το δοχείο και να σκεφτείς την αρχή λειτουργίας του;

Μάθαμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο αυξάνεται το ύψος από την επιφάνεια της γης. Με κατάλληλα βαθμολογημένο λοιπόν μεταλλικό βαρόμετρο μπορούμε να μετράμε το ύψος. Τέτοια όργανα ονομάζονται **υψομετρικά βαρόμετρα** και υπάρχουν σε όλα τα αεροσκάφη.



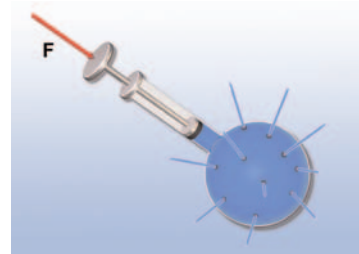
#### 4.4 Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά Αρχή του Πασκάλ

Όταν χρειάζεται να αντικαταστήσουμε το σκασμένο λάστιχο ενός αυτοκινήτου, πρέπει να το ανυψώσουμε. Θα έχεις ίσως παρατηρήσει ότι για το κάνουμε χρησιμοποιούμε κατάλληλες αντλίες (εικόνα 4.18). Σε ποια αρχή της φυσικής στηρίζεται η λειτουργία μιας τέτοιας αντλίας;

**Αρχή του Πασκάλ**

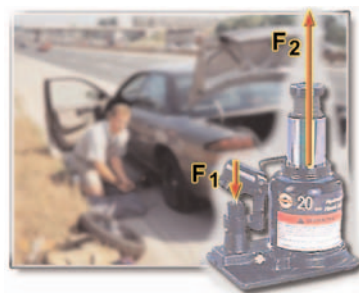
Αν με το έμβολο που κλείνει ερμητικά τη φιάλη (εικόνα 4.17) πιέσουμε την επιφάνεια του υγρού, παρατηρούμε ότι το υγρό εκτοξεύεται με την ίδια ταχύτητα από όλες τις τρύπες. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι η πίεση που ασκήσαμε στο υγρό μεταδόθηκε σε όλα τα σημεία του αναλλοίωτη. Το ίδιο συμβαίνει με την αντλία του γρύλου που χρησιμοποιούμε για να ανυψώνουμε τα αυτοκίνητα: η πίεση που ασκούμε με το ένα έμβολο στο υγρό της αντλίας ( $p_1$ ) (εικόνα 4.18) μεταδίδεται αναλλοίωτη στο μεγάλο έμβολο, δηλαδή:

$$p_2 = p_1$$



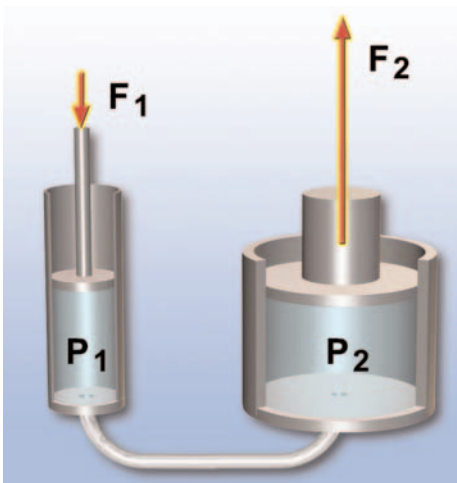
Εικόνα 4.17.

Η σύριγγα του Πασκάλ



Εικόνα 4.18.

Ασκώντας μικρή δύναμη στο ένα έμβολο της αντλίας καταφέρνουμε να υπερικήσουμε τη δύναμη του βάρους που ασκείται στο αυτοκίνητο και να το ανυψώσουμε με το άλλο έμβολο.



Εικόνα 4.19.  
Αρχή του Pascal

Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πιεστηρίου.

Γενικά: κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού που είναι ακίνητο, προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.

Αυτή η πρόταση είναι γνωστή ως αρχή του Πασκάλ, από το όνομα του Γάλλου φυσικού Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) (1623-1662), που τη διατύπωσε για πρώτη φορά.

Η εικόνα 4.19 δείχνει τον τρόπο λειτουργίας μιας υδραυλικής αντλίας. Η δύναμη  $F_1$  ασκείται στο έμβολο, που έχει εμβαδόν  $A_1$ . Έτσι στο υγρό της αντλίας (συνήθως λάδι) ασκείται, εκτός της ατμοσφαιρικής, πρόσθετη πίεση:  $p_1 = \frac{F_1}{A_1}$ . Επομένως, σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, το υγρό ασκεί στο έμβολο που έχει εμβαδόν  $A_2$  πίεση  $p_2$  ίση με την  $p_1$ . Το υγρό ασκεί στο έμβολο δύναμη  $F_2$ :

$$p_2 = p_1, \quad \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}, \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1.$$

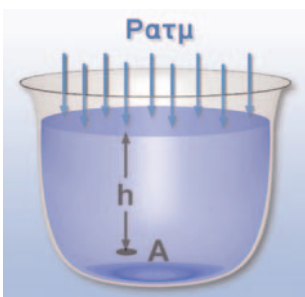
Αν το εμβαδόν του εμβόλου  $A_2$  είναι διπλάσιο από το εμβαδόν του  $A_1$ , η δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο είναι διπλάσια της δύναμης που ασκούμε με το χέρι μας (εικόνα 4.18). Γενικά, η  $F_2$  είναι τόσες φορές μεγαλύτερη από την  $F_1$  όσες φορές είναι μεγαλύτερο το εμβαδόν του  $A_2$  από το  $A_1$ . Σημειώστε τη διαφορά μεταξύ πίεσης και δύναμης. Σε μια υδραυλική αντλία ή πιεστήριο η πίεση διατηρείται σταθερή, ενώ η δύναμη πολλαπλασιάζεται (εικόνα 4.19).

### Δραστηριότητα

#### Μετάδοση πιέσεων

- Σύνδεσε μια μικρή και μια μεγάλη σύριγγα με έναν πλαστικό σωλήνα γεμάτο με νερό.
- Πίεσε με το ένα χέρι το έμβολο της μικρής σύριγγας και με το άλλο το έμβολο της μεγάλης. Προσπάθησε να ισορροπήσεις τα δύο έμβολα.

Ασκείς ίδιες ή διαφορετικές δυνάμεις; Τι συμπεραίνεις;



Εικόνα 4.20.

Η πίεση στο A είναι:  $p_A = p_{\text{ατμοσφαιρική}} + \rho \cdot g \cdot h$

#### Πίεση σε υγρό

Στην επιφάνεια ενός υγρού ασκείται η ατμοσφαιρική πίεση. Σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, η πίεση αυτή μεταδίδεται σε όλα τα σημεία του υγρού. Εξ άλλου, σε κάθε σημείο του υγρού υπάρχει υδροστατική πίεση. Επομένως, η συνολική πίεση σε οποιοδήποτε σημείο του υγρού, που βρίσκεται σε βάθος  $h$  από την ελεύθερη επιφάνειά του, είναι ίση με το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης (εικόνα 4.20). Συνεπώς θα δίνεται από τη σχέση:

$$p_{\text{ολική}} = p_{\text{ατμοσφαιρική}} + \rho \cdot g \cdot h$$

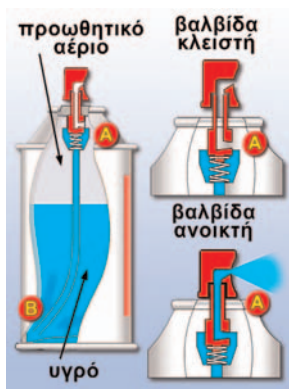
### Δραστηριότητα

#### Αγγίζοντας το νερό

Τοποθέτησε ένα γυάλινο ποτήρι με νερό σε μια ζυγαριά και μηδένισε την ένδειξη της. Στη συνέχεια σπρώξε ελαφρά την επιφάνεια του νερού προς τα κάτω. Το άγγιγμά σου μεταφέρεται στο ποτήρι και επομένως καταγράφεται από τη ζυγαριά; Σκέψου. Συζήτησε και προσπάθησε να το ερμηνεύσεις.



### Φυσική και καθημερινή ζωή, Χημεία και Περιβάλλον



Τα αεροζόλ περιέχουν ένα αέριο σε υψηλή πίεση που ονομάζεται **προωθητικό** (γκρι χρώμα στο σχήμα).

Ο σωλήνας μέσα από τον οποίο προωθείται το υγρό στο επάνω μέρος, μέσω μιας βαλβίδας, επικοινωνεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα (σημείο A) και στο κάτω μέρος βρίσκεται σε επαφή με το υγρό (σημείο B). Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, η πίεση στο A είναι πολύ μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής:  $p_A = p_{\text{αερίου}}$ . Η πίεση στο B είναι:  $p_B = p_{\text{αερίου}} + \rho \cdot g \cdot h$ . Όταν η βαλβίδα ανοίγει, η πίεση στο A γίνεται ίση με την ατμοσφαιρική, ενώ στο B δε μεταβάλλεται. Η διαφορά πίεσης μεταξύ A και B εξαναγκάζει το υγρό να ανέβει στο σωλήνα και να εκτοξευθεί με τη μορφή σταγονιδίων στην ατμόσφαιρα.

Ποια είναι η σύσταση του προωθητικού αερίου;

Ποιες είναι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση των αεροζόλ;

Τι γνωρίζεις για την τρύπα του όζοντος;

### Φυσική και Ιατρική και Φυσική αγωγή

#### Μετρώντας την πίεση του αίματος

Προσέξτε πώς φουσκώνουν οι φλέβες στους καρπούς των χεριών σας, όταν τα κρατάτε όσο πιο χαμηλά μπορείτε, για παράδειγμα, όταν κάνετε κάμψεις ή «κατακόρυφο». Αυτό το γεγονός είναι συνέπεια του νόμου της υδροστατικής. Το αίμα φεύγει από την καρδιά με ορισμένη πίεση. Στα χαμηλότερα σημεία του σώματος (μεγαλύτερο βάθος) η πίεση είναι μεγαλύτερη. Γι' αυτό μετριέται στο ανώτερο μέρος του χεριού μας, που βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την καρδιά.



## 4.5 Άωση – Αρχή του Αρχιμήδη

Έχεις αναρωτηθεί ποια δύναμη διατηρεί το σώμα σου στην επιφάνεια της θάλασσας όταν κολυμπάς; Ποια δύναμη κρατά τα πλοία στη επιφάνεια της θάλασσας, της λίμνης ή των ποταμών όταν ταξιδεύουν; Ποια δύναμη σπρώχνει προς τα πάνω το μπαλόνι που κρατάει το κοριτσάκι που παριστάνεται στην εικόνα 4.21; Είναι η ίδια δύναμη που σε εμποδίζει να βυθίσεις ένα μπαλόνι στο νερό. Κάθε υγρό ασκεί δύναμη στα σώματα που βυθίζονται σε αυτό. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση**. Άωση ασκείται και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα (εικόνα 4.21).

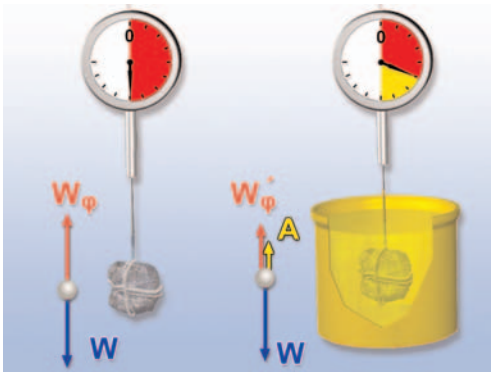
Είναι πιο εύκολο να σηκώσεις μια πέτρα όταν αυτή είναι βυθισμένη μέσα στο νερό απ' ό,τι όταν βρίσκεται έξω από αυτό. Σχηματίζεις την εντύπωση ότι το βάρος της πέτρας ελαττώνεται όταν τη βυθίζεις στο νερό. Αν την κρεμάσεις από ένα δυναμόμετρο, η ένδειξη του δυναμομέτρου όταν η πέτρα είναι μέσα στο νερό είναι μικρότερη από την ένδειξη όταν η πέτρα είναι στον αέρα (εικόνα 4.22). Το βάρος της πέτρας, δηλαδή η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί στην πέτρα, είναι η ίδια είτε η πέτρα βρίσκεται μέσα στο νερό είτε βρίσκεται στον αέρα. Γιατί το δυναμόμετρο δείχνει μικρότερη ένδειξη όταν η πέτρα είναι κρεμασμένη μέσα στο νερό;



Εικόνα 4.21.

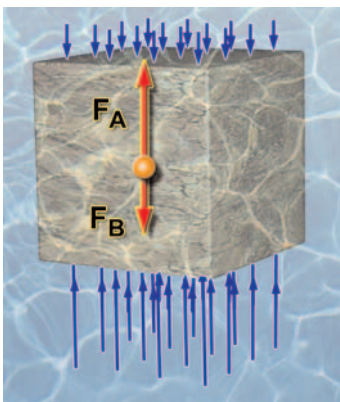
Η άνωση σπρώχνει το μπαλόνι προς τα επάνω.

## ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



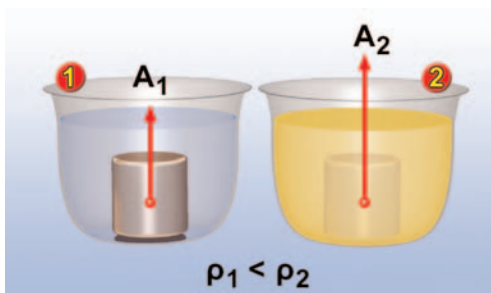
Εικόνα 4.22.

Η άνωση έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Το μέτρο της είναι ίσο με:  $A=W-W_φ$ , όπου  $W$  είναι το βάρος της πέτρας και  $W_φ$  η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στο σώμα (η ένδειξη του δυναμόμετρου), όταν η πέτρα είναι βυθισμένη στο νερό.



Εικόνα 4.23.

Οι μεγαλύτερες πιέσεις που ασκούνται στην κάτω επιφάνεια της πέτρας προκαλούν την προς τα πάνω δύναμη της άνωσης.



Εικόνα 4.24.

Το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στο ίδιο σώμα μεγαλύτερη άνωση.

Το νερό ασκεί στην πέτρα μια δύναμη που την ονομάσαμε άνωση:  $A$ . Η ένδειξη του δυναμόμετρου,  $W_φ$ , είναι ίση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα. Η πέτρα ισορροπεί. Έτσι, όταν βρίσκεται στον αέρα, ισχύει:

$$W_φ=W,$$

ενώ όταν είναι βυθισμένη στο νερό:

$$W'_φ+A=W, \quad \text{δηλαδή} \quad W'_φ= W-A.$$

Επομένως, η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα προκύπτει ως η συνισταμένη του βάρους της πέτρας ( $W$ ), που έχει φορά προς τα κάτω και της άνωσης  $A$ , που έχει φορά προς τα επάνω (εικόνα 4.22).

**Πού οφείλεται η άνωση;**

Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, θεωρούμε έναν κύβο βυθισμένο σε υγρό (εικόνα 4.23). Το υγρό ασκεί δύναμη στον κύβο η οποία οφείλεται στην υδροστατική πίεση. Έτσι, στην κάτω επιφάνεια του κύβου εμβαδού  $A$  ασκείται δύναμη  $F_A=p_A \cdot A$  και στην επάνω  $F_B=p_B \cdot A$ . Σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής, στην κάτω επιφάνεια του κύβου επικρατεί μεγαλύτερη πίεση απ' ό,τι στην επάνω, δηλαδή  $p_A > p_B$  και επομένως  $F_A > F_B$ . Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκείται από το υγρό στον κύβο λόγω της υδροστατικής πίεσης έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η συνισταμένη αυτή δύναμη είναι η άνωση (εικόνα 4.23).

**Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η άνωση;**

Παίρνουμε δύο κομμάτια πλαστελίνης ίδιου βάρους. Στο ένα δίνουμε το σχήμα κύβου και στο άλλο σφαίρας και τα βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό στο ίδιο βάθος. Μετράμε την άνωση στα δυο σώματα. Παρατηρούμε ότι είναι ίδια. Αντικαθιστούμε τη σφαίρα από πλαστελίνη με μεταλλική ίδιας ακτίνας και μετράμε τις δύο ανώσεις. Παρατηρούμε ότι είναι ίδιες. Συμπεραίνουμε ότι **η άνωση δεν εξαρτάται από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται**. Βυθίζουμε το ένα από τα δύο σώματα σε μεγαλύτερο βάθος και παρατηρούμε ότι η άνωση δε μεταβάλλεται. Συμπεραίνουμε ότι, εφόσον το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό, η άνωση είναι ανεξάρτητη του βάρους στο οποίο βρίσκεται.

Αν βυθίσουμε πλήρως τα δυο κομμάτια πλαστελίνης σε δύο υγρά με διαφορετικές πυκνότητες, διαπιστώνουμε ότι το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στην πλαστελίνη μεγαλύτερη άνωση (εικόνα 4.24).

Έχει αναρωτηθεί γιατί επιπλέουμε πιο εύκολα στη θάλασσα απ' ό,τι σε μια λίμνη ή πσιίνα (με «γλυκό» νερό); Μπορείς να απαντήσεις στο παραπάνω ερώτημα, αν γνωρίζεις ότι το αλατόνερο (νερό της θάλασσας) έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το καθαρό νερό (νερό της λίμνης).

Βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό δύο κύβους, έναν αλουμινένιο και ένα σιδερένιο ίδιου βάρους. Ο κύβος από αλουμίνιο έχει μεγαλύτερο όγκο. Διαπιστώνουμε ότι η άνωση που ασκείται στο σιδερένιο κύβο είναι μικρότερη, από αυτή που ασκείται στον αλουμινένιο. Βυθίζουμε σταδιακά τον έναν από τους κύβους στο

υγρό. Παρατηρούμε ότι όσο περισσότερο μέρος του όγκου ενός σώματος βυθίζουμε μέσα στο υγρό, τόσο αυξάνεται η άνωση που ασκείται στο σώμα.

Πώς θα μπορούσαμε να γενικεύσουμε τις παραπάνω παρατηρήσεις και να τις συνοψίσουμε σε μια πρόταση; Πρώτος ο Έλληνας μαθηματικός και φυσικός Αρχιμήδης (3ος αιώνας π.Χ.) (εικόνα 4.25), παρατήρησε ότι όταν ένα σώμα βυθίζεται στο υγρό, καταλαμβάνει χώρο στον οποίο προηγουμένως υπήρχε υγρό. Δηλαδή το σώμα **εκτοπίζει** το υγρό, οπότε η στάθμη του υγρού ανεβαίνει. Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται ισούται με τον όγκο του σώματος (ή του μέρους του σώματος) που είναι βυθισμένο σ' αυτό (εικόνα 4.26).

Συμπεραίνουμε ότι η άνωση αυξάνεται, όταν αυξάνεται ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα, που βυθίζουμε σ' αυτό. Ο Αρχιμήδης συγκέντρωσε όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις και διατύπωσε μια πρόταση που είναι γνωστή ως **αρχή του Αρχιμήδη**:

**Τα υγρά ασκούν δύναμη σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση, είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα** (εικόνα 4.26).

Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και για σώματα που βρίσκονται σε αέρια και διατυπώνεται στη γλώσσα των μαθηματικών ως εξής:

Άνωση=Βάρος υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται ή

Άνωση=(Μάζα υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται)·g ή

Άνωση=(όγκος υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται)·(πυκνότητα υγρού)·g ή

$$A = \rho_{\text{υγρού ή αερίου}} \cdot g \cdot V_{\text{βυθισμένο}}$$

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

Εικόνα 4.26. ▶  
Αρχή Αρχιμήδη

Η άνωση που ασκείται στο σώμα είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται απ' αυτό:  $W_{\text{σφαίρας}}=90 \text{ N}$ ,  $W_{\text{φ}}=50 \text{ N}$ , άρα  $A=90 \text{ N}-50 \text{ N}$ ,  $A=40 \text{ N}$ .  $W_{\text{εκτόπισ}} = W_{\text{δοχ. και υγρ.}} - W_{\text{δρ.}}$ ,  $W_{\text{υγρού}}=60 \text{ N}-20 \text{ N}$ ,  $W_{\text{υγρού}}=40 \text{ N}$ .



### Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 4.25.  
Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.)

Από τους επιφανέστερους σοφούς της αρχαιότητας. Μαθηματικός, αστρονόμος, φυσικός, μηχανικός. Θεωρείται ο μεγαλύτερος εφευρέτης της εποχής του.

Αναζήτησε από τη βιβλιογραφία ποιο πρόβλημα προσπαθούσε να επιλύσει ο Αρχιμήδης όταν διατύπωσε τον νόμο της άνωσης.

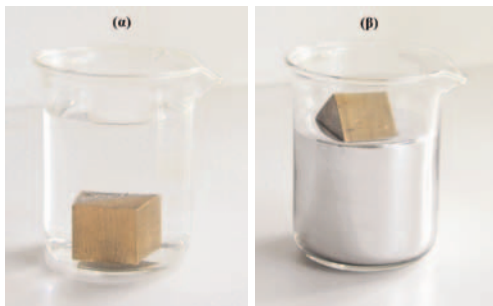
Αναζήτησε ακόμα την προέλευση της φράσης «Εύρηκα» και γράψε μια μικρή ιστορία που να αναφέρεται σε αυτό το γεγονός.



◀ Εικόνα 4.27.

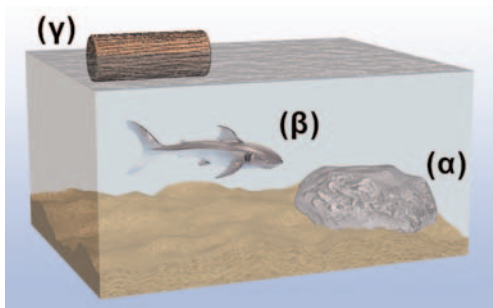
Το αερόπλοιο δεν πέφτει, γιατί ο αέρας ασκεί σ' αυτό άνωση που εξουδετερώνει το βάρος του. Το πλοίο δε βυθίζεται, γιατί το νερό ασκεί σε αυτό άνωση που εξουδετερώνει το βάρος του.





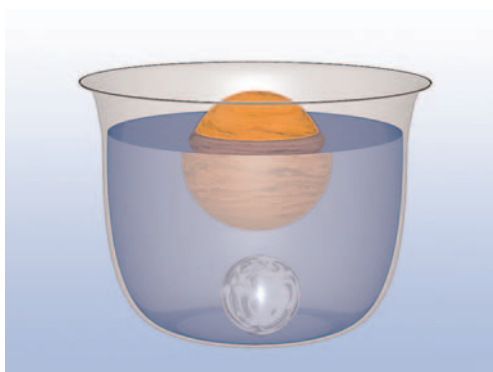
Εικόνα 4.28.

(α) Το βάρος του κύβου είναι μεγαλύτερο από την άνωση που του ασκεί το νερό. Ο κύβος βυθίζεται. (β) Το βάρος του κύβου είναι μικρότερο από την άνωση που του ασκεί ο υδράργυρος. Ο κύβος κινείται προς την επιφάνεια και αναδύεται. Όταν η άνωση γίνει ίση με το βάρος του, ο κύβος επιπλέει.



Εικόνα 4.29.

Η πυκνότητα (α) της πέτρας είναι μεγαλύτερη εκείνης του θαλασσινού νερού, (β) του ψαριού που τη ρυθμίζει κατάλληλα και γίνεται ίση με την πυκνότητα του θαλασσινού νερού και (γ) του ξύλου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του θαλασσινού νερού.



Εικόνα 4.30.

Η ξύλινη και η σιδερένια σφαίρα έχουν την ίδια μάζα. α) Η ξύλινη σφαίρα έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Επιπλέει. β) Η σιδερένια σφαίρα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Βυθίζεται.

## 4.6 Πλεύση

Μια ξύλινη βάρκα ή ένα πλοίο κατασκευασμένο από σίδηρο επιπλέει στη θάλασσα, ενώ η σιδερένια άγκυρα βυθίζεται. Ένας σιδερένιος κύβος βυθίζεται στο νερό, αλλά επιπλέει στον υδράργυρο (εικόνα 4.28).

Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τα παραπάνω φαινόμενα; Πότε ένα σώμα βυθίζεται και πότε επιπλέει;

Ας θεωρήσουμε ένα σώμα το οποίο είναι ολόκληρο βυθισμένο σ' ένα υγρό. Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις. Το βάρος του και η μέγιστη άνωση. Το βάρος τείνει να κινηθεί το σώμα προς τον πυθμένα, ενώ η άνωση προς την επιφάνεια. Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις:

α) Το βάρος ( $w$ ) του σώματος να είναι μεγαλύτερο από την άνωση ( $A$ ) (εικόνες 4.28α και 4.29α).

Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς τον πυθμένα. Το σώμα βυθίζεται. Αυτό συμβαίνει, όταν η πυκνότητα του σώματος είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού:

$$W > A, \text{ ή } m \cdot g > \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g, \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g > \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} > \rho_{\text{υγρού}}$$

β) Η άνωση ( $A$ ) είναι ακριβώς ίση με το βάρος του σώματος (εικόνα 4.29β). Τότε το σώμα διατηρείται σε σταθερό βάθος, δηλαδή ούτε βυθίζεται, ούτε αναδύεται. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$W = A, \text{ ή } m \cdot g = \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g, \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g = \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} = \rho_{\text{υγρού}}$$

γ) Η μέγιστη άνωση ( $A$ ) είναι μεγαλύτερη από το βάρος ( $w$ ) του σώματος (εικόνες 4.28β, 4.29γ). Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς την επιφάνεια. Το σώμα κινείται προς την επιφάνεια και ένα μέρος του αναδύεται. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$W < A, \text{ ή } m \cdot g < \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g, \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g < \rho_{\text{υγρού}} V \cdot g \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} < \rho_{\text{υγρού}}$$

Καθώς μειώνεται όγκος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό, η άνωση που δέχεται ελαττώνεται. Σε κάποια θέση του σώματος η άνωση ( $A'$ ) εξισώνεται με το βάρος του σώματος. Τότε, το σώμα επιπλέει:

$$A' = W, \quad \text{Συνθήκη πλεύσης}$$

Για να προβλέψουμε αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σ' ένα υγρό, συγκρίνουμε:

α) τη μέγιστη άνωση με το βάρος ή

β) τις πυκνότητες του σώματος και του υγρού (εικόνα 4.30).

Ένα σώμα επιπλέει όταν:

$$\rho_{\text{σώματος}} < \rho_{\text{υγρού}}$$

Σύμφωνα με τη συνθήκη πλεύσης, αν αυξηθεί το βάρος ενός σώματος που επιπλέει σε υγρό, θα πρέπει να αυξηθεί και η άνωση. Επομένως, το σώμα θα πρέπει να βυθιστεί περισσότερο στο υγρό (εικόνα 4.31).

Αν θέλετε να επιπλέετε πιο εύκολα στο νερό, πρέπει να μειώσετε την πυκνότητά σας. Πώς; Αυξάνοντας τον όγκο ή μειώνοντας τη μάζα του σώματός σας. Επειδή είναι ιδιαίτερα δύσκολο να μειώσετε τη μάζα, χρησιμοποιείτε τα σωσίβια για να αυξήσετε τον όγκο σας. Τα σωσίβια έχουν μικρή μάζα και μεγάλο όγκο. Έτσι, όταν τα φοράμε, η «μέση» πυκνότητα\* του σώματός μας μειώνεται και επιπλέον ευκολότερα.

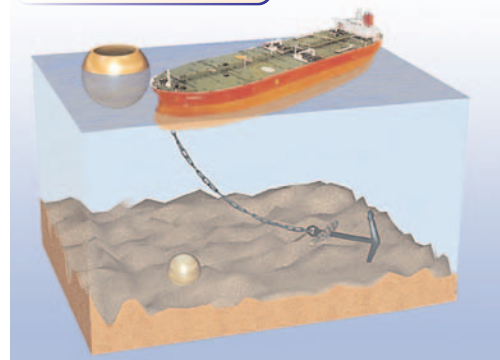
Ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Έτσι, μια συμπαγής σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό. Ωστόσο, μια κοίλη (κούφια) σιδερένια σφαίρα ίδιας μάζας μπορεί να επιπλέει (εικόνα 4.32). Η κοίλη σφαίρα με την ίδια μάζα έχει μεγαλύτερο όγκο κι επομένως μικρότερη «μέση» πυκνότητα. Για τον ίδιο λόγο τα πλοία που είναι κατασκευασμένα από λαμαρίνες επιπλέουν στη θάλασσα (εικόνα 4.32).



Εικόνα 4.31.

Ίσολος γραμμή ονομάζεται η γραμμή που χαράσσεται στο σκελετό των περισσότερων πλοίων και δείχνει σε πόσο βάθος επιτρέπεται να βυθιστούν στο θαλασσινό νερό και επομένως πόσο είναι το μέγιστο βάρος του φορτίου που μπορούν να μεταφέρουν.

### Φυσική και καθημερινή ζωή

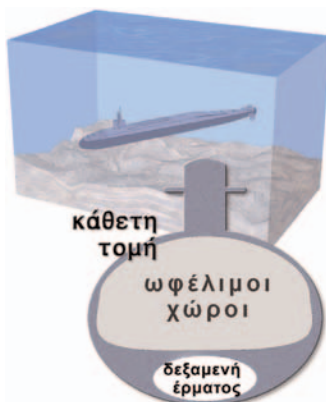


Εικόνα 4.32

Η συμπαγής σφαίρα έχει το ίδιο βάρος με την κούφια. Η συμπαγής βυθίζεται, η κούφια επιπλέει. Το πλοίο έχει μεγαλύτερο βάρος από την άγκυρα. Το πλοίο επιπλέει, ενώ η άγκυρα βυθίζεται.

\* Η «μέση» πυκνότητα ενός σώματος είναι το πηλίκο της συνολικής μάζας του σώματος προς το συνολικό όγκο του:  $\rho = \frac{m_{\text{ολική}}}{V_{\text{συνολικό}}}$

### Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και Μαθηματικά



Εικόνα 4.33. ▲

Όταν οι δεξαμενές έρματος είναι γεμάτες νερό, η μέση πυκνότητα του υποβρυχίου γίνεται μεγαλύτερη από του νερού και το υποβρύχιο βυθίζεται. Όταν είναι γεμάτες αέρα, τότε η πυκνότητά του είναι μικρότερη του νερού και το υποβρύχιο αναδύεται.

Η πυκνότητα ενός υποβρυχίου ρυθμίζεται με την είσοδο και έξοδο νερού στις δεξαμενές έρματος. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται ή μειώνεται το βάρος του υποβρυχίου και επιτυγχάνεται η κατάλληλη πυκνότητα ώστε το υποβρύχιο να βυθίζεται ή να αναδύεται.

Με τον ίδιο τρόπο τα ψάρια ρυθμίζουν την πυκνότητά τους αυξομειώνοντας τον όγκο ενός αερόσακου που υπάρχει στο εσωτερικό τους. **Αυξάνοντας τον όγκο, μειώνεται η πυκνότητά τους και αναδύονται, μειώνοντας τον όγκο, αυξάνεται η πυκνότητά τους και βυθίζονται.**

Ο κροκόδειλος αυξάνει την πυκνότητά του καταπίνοντας πέτρες. Έτσι, μπορεί να κολυμπά σε μεγαλύτερο βάθος ώστε να μη γίνεται αντιληπτός από τα υποψήφια θύματά του. Στο μπροστινό μέρος του στομάχου μεγάλο κροκοδείλιο έχουν βρεθεί μέχρι και πέτρες μάζας 5 kg.

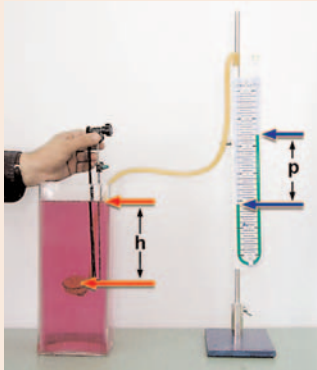
Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

## Ερωτήσεις

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

## ▶ Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

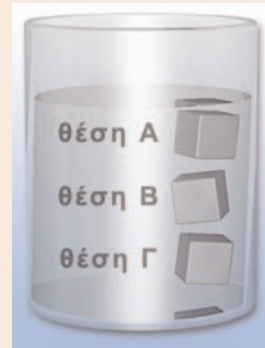
**Υδροστατική και Ατμοσφαιρική Πίεση – Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά**

- Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
  - Πίεση ονομάζουμε το ..... της δύναμης που ασκείται ..... σε μια επιφάνεια προς το ..... της επιφάνειας αυτής. Μονάδα της πίεσης στο SI είναι ..... και ονομάζεται .....
  - Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται ..... πίεση και οφείλεται στην ..... Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται ..... πίεση και οφείλεται στο ..... του αέρα.  
Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη α) του ..... από την επιφάνεια του υγρού, β) της ..... του υγρού και γ) της ..... της .....
- Μαζί με το μεγαλύτερο αδελφό σου θέλετε να βαδίσετε πάνω σε μια λασπώδη επιφάνεια. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.
  - Ο αδελφός σου επιμένει να τοποθετήσετε φαρδιές σανίδες πάνω στις οποίες να βαδίσετε. Η άποψή του: (α) Είναι σωστή, διότι έτσι δε θα γεμίσουν λάσπες τα παπούτσια σας. (β) Είναι λάθος, διότι οι σανίδες έχουν μεγάλο βάρος και έτσι θα βουλιάξετε ευκολότερα στη λάσπη. (γ) Είναι σωστή, διότι με αυτό τον τρόπο μειώνετε την πίεση στο έδαφος και έτσι δε θα βουλιάξετε σε αυτό. (δ) Είναι λάθος, διότι με αυτό τον τρόπο αυξάνετε την πίεση στο έδαφος και έτσι θα βουλιάξετε σε αυτό. (ε) Τίποτε από όλα αυτά.
- Στη διπλανή εικόνα παριστάνεται ένα μανόμετρο, όργανο με το οποίο μετράμε την υδροστατική πίεση (το  $p$  στο σχήμα είναι η ένδειξη της υδροστατικής πίεσης). Στις προτάσεις που ακολουθούν κύκλωσε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.
 
  - Αν αλλάξουμε τον προσανατολισμό της επιφάνειας της μεμβράνης από οριζόντια σε κατακόρυφη διατηρώντας τη στο ίδιο βάθος, τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) αυξηθεί, (β) μειωθεί, (γ) παραμείνει ίδια, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.
  - Αν διπλασιάσουμε το βάθος στο οποίο τοποθετούμε τη μεμβράνη: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) διπλασιαστεί, (γ) γίνει η μισή, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.
  - Αν αλλάξουμε το υγρό που περιέχεται στο μανόμετρο και τοποθετήσουμε ένα άλλο του οποίου η πυκνότητα είναι το  $\frac{1}{2}$  της πυκνότητας του αρχικού υγρού διατηρώντας τη μεμβράνη στο ίδιο βάθος: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) διπλασιαστεί, (γ) γίνει η μισή, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.
  - Αν μεταφέρουμε το δοχείο στην κορυφή του Έβερεστ: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) αυξηθεί, (γ) μειωθεί, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.
  - Αν τοποθετήσουμε το υγρό σε ένα άλλο δοχείο διαφορετικού σχήματος και προσθέσουμε υγρό έτσι ώστε να βυθίσουμε την επιφάνεια στο ίδιο βάθος: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) αυξηθεί, (γ) μειωθεί, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

**Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση**

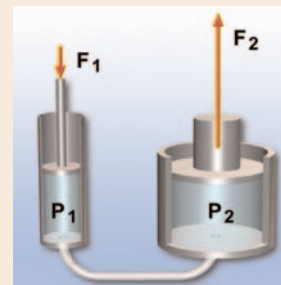
- Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
  - Σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε υγρό ή αέριο, ασκείται δύναμη της οποίας η διεύθυνση είναι ..... και η φορά προς ..... Η δύναμη αυτή ονομάζεται ..... Το μέτρο της άνωσης ισούται με το ..... του ..... που εκτοπίζεται από το σώμα.
  - Όταν ένα σώμα επιπλέει στο υγρό, τότε η ..... είναι ίση με το ..... του σώματος.

5. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.
- Όταν ένα σώμα βυθιστεί σε ρευστό, η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί σε αυτό μειώνεται.
  - Η άνοση οφείλεται στη διαφορά πιέσεων του ρευστού στην κάτω και την επάνω επιφάνεια ενός σώματος.
  - Η άνοση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται σε ρευστό.
  - Όταν το ίδιο σώμα βυθίζεται ολόκληρο σε διαφορετικά ρευστά, η δύναμη της άνοσης που του ασκούν είναι ίδια.
  - Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι μικρότερη ή ίση με την πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο, τότε το σώμα επιπλέει στο υγρό.
6. Ένα μπαλόνι γεμάτο με αέριο ήλιο ανυψώνεται στον αέρα γιατί: Στις προτάσεις που ακολουθούν κύκλωσε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.
- Η πυκνότητα του αερίου ηλίου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του αέρα.
  - Εξαιτίας της πίεσης από το ήλιο το οποίο βρίσκεται μέσα στο μπαλόνι, ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα επάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού.
  - Εξαιτίας της πίεσης του αέρα ο οποίος περιβάλλει το μπαλόνι, ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα επάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού.
  - Υπάρχει κενό αέρα πάνω από την ατμόσφαιρα.
7. Στο σχήμα παριστάνονται τρεις θέσεις ενός σιδερένιου κύβου καθώς βυθίζεται μέσα σε δοχείο με νερό.
- Στη θέση Α να σχεδιαστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται από το νερό στον κύβο.
  - Να σχεδιαστούν οι ανώσεις και στις τρεις θέσεις και να συγκριθούν μεταξύ τους.
  - Στις προτάσεις που ακολουθούν να επιλέξεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.
    - Όταν αυξάνεται το βάθος του υγρού, η πίεση του υγρού είναι: (α) μεγαλύτερη, (β) μικρότερη, (γ) ίδια.
    - Όταν αυξάνεται το βάθος του υγρού, η άνοση που ασκεί είναι: (α) μεγαλύτερη, (β) μικρότερη, (γ) ίδια.



► **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν**  
**Υδροστατική και Ατμοσφαιρική πίεση – Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά**

- Σε μια επιφάνεια που έχει καλυφθεί από πλαστελίνη τοποθετούμε ένα ορθογώνιο σιδερένιο κουτί ώστε να ακουμπά στην πλαστελίνη με δυο τρόπους: (α) με τη μεγάλη επιφάνεια και (β) με τη μικρή επιφάνεια. Σε ποια περίπτωση το κουτί θα βουλιάξει περισσότερο στην πλαστελίνη; Να εξηγήσεις την επιλογή σου.
- Στη διπλανή εικόνα παριστάνεται μια υδραυλική αντλία η οποία περιέχει λάδι. Στο έμβολο 1 ασκούμε δύναμη  $F_1$ . Αν γνωρίζουμε ότι το εμβαδόν του εμβόλου 2 είναι πενταπλάσιο του εμβαδού του εμβόλου 1, να συγκρίνεις τη δύναμη  $F_2$  που ασκεί το έμβολο 2 με την  $F_1$ . Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
- Μπορείς να ερμηνεύσεις γιατί: (α) Οι καμήλες έχουν μεγάλα επίπεδα πόδια; (β) Οι σκιέρ φορούν χιονοπέδιλα; (γ) Τα τρακτέρ έχουν φαρδιά λάστιχα; (δ) «Κόβονται» τα δάχτυλά μας όταν σηκώσουμε ένα βαρύ δέμα από το νήμα που είναι δεμένο; (ε) Τα παπούτσια των αθλητών έχουν πέλματα με καρφιά; (στ) Ένα ακονισμένο μαχαίρι κόβει καλύτερα;
- Να συγκρίνεις την πίεση του νερού στον πυθμένα ενός στενού σωλήνα ύψους 10 m με την πίεση που επικρατεί σε μια λίμνη σε βάθος 10 m, αν γνωρίζεις ότι ο σωλήνας είναι γεμάτος με νερό από την παραπάνω λίμνη.



5. Το υδροστατικό παράδοξο. Στη διπλανή εικόνα παριστάνονται τρία δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία περιέχουν υγρό στο ίδιο ύψος. (α) Να συγκρίνεις τις πιέσεις στους πυθμένες των δοχείων. (β) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των δοχείων. (γ) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούν τα δοχεία στο τραπέζι πάνω στο οποίο ισορροπούν.



6. Το αλεύρι που φαίνεται στη διπλανή εικόνα συσκευάζεται σε «κενό» αέρος, δηλαδή από τη σακούλα αφαιρείται ο ατμοσφαιρικός αέρας και στη συνέχεια σφραγίζεται. (α) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο το περιτύλιγμα κολλάει στο αλεύρι; (β) Μπορείς να προβλέψεις τι θα συμβεί εάν με μια καρφίτσα δημιουργήσεις μια μικρή οπή στο περιτύλιγμα;



7. Γέμισε ένα ποτήρι μέχρι το χείλος του με νερό. Βάλε ένα φύλλο χαρτιού στα χείλη του ποτηριού. Πίεσε με την παλάμη σου το χαρτί στα χείλη του ποτηριού και αναποδογύρισε το ποτήρι πάνω από μια λεκάνη. Το νερό δε χύνεται. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

### Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση

8. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

- Κολυμπάς πιο εύκολα στη θάλασσα από ό,τι στην πισίνα.
- Μια μικρή σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό, ενώ μια μεγάλη ξύλινη επιπλέει.
- Τα υποβρύχια μπορούν να αναδύονται και να καταδύονται στη θάλασσα.

Να αιτιολογήσεις την επιλογή σου.

9. Γέμισε ένα μικρό πλαστικό μπουκάλι με νερό της βρύσης και άφησέ το σ' ένα δοχείο γεμάτο με το ίδιο νερό. Τότε θα παρατηρήσεις ότι το μπουκάλι πλέει, ενώ είναι ολόκληρο βυθισμένο ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του νερού.

- Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο μπουκάλι. Να υπολογίσεις τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό.
- Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε οινόπνευμα και το αφήνουμε. Προς τα πού θα κινηθεί; Εξήγησε.
- Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε αλατόνερο και το αφήνουμε. Προς τα πού θα κινηθεί; Εξήγησε.

Δίνονται οι πυκνότητες:  $\rho_{\text{νερού}} = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{οινοπνεύματος}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{αλατόνερου}} = 1.200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

10. Ένα πλοίο φορτωμένο με εμπορεύματα διαπλέει τον Ατλαντικό ωκεανό και μέσω του ποταμού του Αγίου Λαυρεντίου φθάνει στη λίμνη Μίτσιγκαν στην οποία βρίσκεται το λιμάνι του Σικάγου όπου και ξεφορτώνει.

- Να συγκρίνεις τις ανώσεις που δέχεται το πλοίο: α) στον ωκεανό β) στο λιμάνι πριν ξεφορτώσει γ) στο λιμάνι αφού ξεφορτώσει.
- Από τις παρακάτω προτάσεις να επιλέξεις αυτή που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση: Το πλοίο βυθίζεται περισσότερο στο νερό ενώ είναι φορτωμένο (α) και πλέει στον ωκεανό (β) και πλέει στη λίμνη.
- Το πλοίο φθάνει στο λιμάνι και ξεφορτώνει το φορτίο του. (α) Πότε ασκείται μεγαλύτερη άνωση στο πλοίο; Όταν είναι φορτωμένο ή όταν είναι άδειο; (β) Σε ποια από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις βυθίζεται περισσότερο στη θάλασσα;

Να δικαιολογήσεις τις επιλογές σου.

Δίνονται οι πυκνότητες: του θαλασσινού νερού:  $d_{\text{θαλ.νερού}} = 1.030 \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3}$ ,

του νερού της λίμνης:  $\rho_{\text{νερούλίμνης}} = 1.000 \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3}$

11. Ένα ποτήρι είναι γεμάτο με νερό. Στην επιφάνειά του επιπλέει ένα παγάκι.
- Το παγάκι θα επέπλεε στο οινόπνευμα;
  - Το παγάκι λιώνει. Θα χυθεί νερό από το ποτήρι;
- γ. Σε μια εφημερίδα διατυπώνεται η άποψη: «Μια αύξηση της θερμοκρασίας της γης θα είχε ως αποτέλεσμα να λιώσουν τα παγόβουνα των πολικών περιοχών, οπότε θα ανέβει η στάθμη των ωκεανών». Συμφωνείς με την παραπάνω άποψη; Υπενθυμίζουμε ότι τα παγόβουνα προέρχονται από τους παγετώνες της ξηράς.
- Δίνονται οι πυκνότητες:  $\rho_{\text{νερού}}=1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{οινοπνεύματος}}=800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{πάγου}}=900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{θαλασσινού νερού}}=1.020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .
12. Σε μια ζυγαριά μπάνιου τοποθετείται ένα δοχείο με νερό. Η ζυγαριά δείχνει 195 N.
- Στο δοχείο τοποθετείται μια πέτρα βάρους 8 N. Η πέτρα βυθίζεται στον πυθμένα του δοχείου. Ποια νομίζεις ότι θα είναι η ένδειξη της ζυγαριάς;
  - Αφαιρούμε την πέτρα και τοποθετούμε στο δοχείο ένα ψάρι βάρους 2 N. Ποια θα είναι η ένδειξη της ζυγαριάς, όταν το ψάρι κολυμπάει στο νερό του δοχείου;
13. *Πλεύση σε υγρά που δεν αναμειγνύονται.* Όταν σε ένα δοχείο τοποθετηθούν υγρά που δεν αναμειγνύονται, όπως νερό και λάδι, τότε αυτά ισορροπούν έτσι ώστε το πυκνότερο υγρό να βρίσκεται στον πυθμένα του δοχείου και το λιγότερο πυκνό στην επιφάνεια. Σε έναν ογκομετρικό κύλινδρο τοποθετούνται τρία υγρά και τρία στερεά από διαφορετικά υλικά. Με βάση το διπλανό πίνακα 4.3 να καθορίσεις τη διαδοχική σειρά με την οποία θα ισορροπήσουν.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.**

Υλικό	Πυκνότητα σε $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Σειρά
Λάδι	0,9	
Νερό	1,0	
Υδράργυρος	13	
Ξύλο	0,5	
Πάγος	0,9	
Χάλυβας	8	

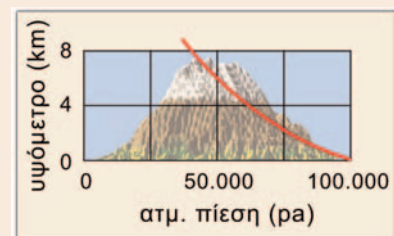
## Ασκήσεις

## ασκήσεις

Σ' αυτές τις ασκήσεις η πυκνότητα του νερού να λαμβάνεται ίση με  $\rho_{\text{νερού}}=1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g=10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $\rho_{\text{θαλασσινού νερού}}=1.020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{χρυσού}}=1.930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

### Υδροστατική και Ατμοσφαιρική Πίεση – Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά

- Στο διπλανό διάγραμμα δίνεται η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε συνάρτηση με το ύψος από την επιφάνεια της γης. Να υπολογίσεις τη μεταβολή της πίεσης στον πυθμένα ενός δοχείου που περιέχει νερό σε βάθος 50 cm, καθώς αυτό μεταφέρεται από την επιφάνεια της θάλασσας (ύψος 0 km) στην κορυφή του Έβερεστ (ύψος 8 km).
- Υπόδειξη:* Θεωρήστε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην κορυφή του Έβερεστ είναι ίση με αυτή στην επιφάνεια της γης.
- Ένας μαθητής σπρώχνει με το δάκτυλό του το μολύβι του στη σελίδα του τετραδίου του ασκώντας δύναμη 10 N. Εάν το εμβαδόν της επιφάνειας της μύτης του μολυβιού είναι 0,08 mm<sup>2</sup>, να βρεθεί η πίεση που ασκεί η μύτη του μολυβιού στη σελίδα του τετραδίου σε  $P_a$ .
  - Σ' ένα πλοίο δημιουργείται λόγω μιας σύγκρουσης ένα ρήγμα που έχει εμβαδόν 100 cm<sup>2</sup> σε βάθος 3 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Για να εμποδίσουμε την εισροή του νερού στο πλοίο, τοποθετούμε ένα ξύλινο πώμα στο ρήγμα. Ποιο είναι το μέτρο της ελάχιστης δύναμης που πρέπει να ασκήσουμε στο πώμα ώστε να εμποδίσουμε την εισροή του νερού;



## ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

4. Ένας δύτης βρίσκεται σε βάθος 50 m. (α) Να υπολογίσεις την πίεση στα τύμπανα των αυτιών του καθώς και το μέτρο της δύναμης που ασκείται από τη θάλασσα σε αυτά, αν γνωρίζεις ότι το εμβαδόν της επιφάνειας των τυμπάνων ενός αυτιού είναι περίπου  $1 \text{ cm}^2$ . β) Αν ο δύτης αντέχει σε συνολική πίεση 5 ατμοσφαιρών (πενταπλάσια της ατμοσφαιρικής), πόσο είναι το μέγιστο βάθος που μπορεί να κατεβεί;
5. Το εμβαδόν του μεγάλου και του μικρού εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι  $1500 \text{ cm}^2$  και  $300 \text{ cm}^2$  αντίστοιχα. Μια μηχανή βάρους 800 N βρίσκεται στο μεγάλο έμβολο. Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε να ανυψωθεί η μηχανή;

**Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση**

6. Μια χήνα επιπλέει στο νερό μιας λίμνης έχοντας το 25% του όγκου του σώματός της στο νερό. Ποια είναι η μέση πυκνότητα της χήνας;
7. Ένα κιβώτιο έχει σχήμα κύβου με ακμή 0,5 m. Το κιβώτιο ζυγίζει 250 kg. Αν το αφήσουμε στο νερό, θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
8. Από ένα ναυάγιο του 5ου π.Χ. αιώνα ανασύρεται με τη βοήθεια ενός καλωδίου από βάθος 500 m ένα χρυσό αγαλματίδιο μάζας 10 kg. Να υπολογίσεις (α) τη δύναμη της άνωσης που ασκείται στο αγαλματίδιο. (β) τη δύναμη που ασκεί το καλώδιο στο αγαλματίδιο, αν θεωρήσουμε ότι ανασύρεται με σταθερή ταχύτητα. (γ) τη δύναμη που ασκεί το καλώδιο στο αγαλματίδιο όταν αυτό βρίσκεται ολόκληρο έξω από το νερό.
9. Τα παγόβουνα είναι κομμάτια παγετώνων της ξηράς που αποκόπτονται και επιπλέουν στη θάλασσα. Με βάση τις πυκνότητες πάγου και θαλάσσιου νερού μπορείς να βρεις πόσο μέρος του όγκου του παγόβουνου είναι βυθισμένο στο νερό;

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

- Πίεση ονομάζεται το πηλίκο της κάθετης δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.
- Υδροστατική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκούν τα υγρά που ισορροπούν.
- Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού, του βάθους και της επιτάχυνσης της βαρύτητας.
- Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.
- Ατμοσφαιρική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα.
- Η υδροστατική και η ατμοσφαιρική πίεση οφείλονται στη βαρύτητα.
- Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μειώνεται όσο αυξάνει το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Άνωση ονομάζεται η δύναμη που ασκούν τα ρευστά σε κάθε σώμα που βυθίζεται σε αυτά. Η διεύθυνσή της είναι κατακόρυφη, η φορά της αντίθετη του βάρους και το μέτρο της ίσο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα.
- Ένα σώμα επιπλέει όταν η άνωση ισούται με το βάρος του. Τα σώματα που επιπλέουν έχουν πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι βυθισμένα.

**ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ**

Πίεση	Ατμοσφαιρική πίεση	Αρχή του Αρχιμήδη
Υδροστατική πίεση	Άνωση	Πλεύση
Αρχή του Πασκάλ		