



Εικόνα 3.1

Ο χιονοδρόμος χρησιμοποιεί χιονοπέδιλα, για να μη βυθίζονται τα πόδια του στο χιόνι.



Εικόνα 3.2

Τα φορτηγά που μεταφέρουν μεγάλα φορτία έχουν πολλά και φαρδιά ελαστικά.

Γνωρίζεις ότι είναι δύσκολο να περπατήσεις πάνω σε χιόνι γιατί τα παπούτσια σου βουλιάζουν. Αντίθετα οι χιονοδρόμοι κινούνται με άνεση πάνω σ' αυτό φορώντας τα χιονοπέδιλά τους. Για τον ίδιο λόγο, τα βαριά φορτηγά ή τα ειδικά αυτοκίνητα (τζιπ) έχουν φαρδιά λάστιχα, για να μην βουλιάζουν στη λάσπη ή στην άμμο.

3.1 Πίεση

Έχουμε μάθει ότι οι δυνάμεις προκαλούν παραμόρφωση των σωμάτων. Στα προηγούμενα παραδείγματα η δύναμη που ασκείται στο έδαφος ισούται με το βάρος των σωμάτων που ισορροπούν πάνω του. Το μέγεθος όμως της παραμόρφωσης του εδάφους (δηλαδή το πόσο βουλιάζει το σώμα), εκτός από την δύναμη, εξαρτάται και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται. Φορώντας χιονοπέδιλα, αν και δεν αλλάζει η δύναμη που ασκούμε στο χιόνι, προκαλούμε σ' αυτό μικρότερη παραμόρφωση. Λέμε τότε, ότι στο χιόνι ασκείται μικρότερη πίεση. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φαρδιά λάστιχα των αυτοκινήτων.

Τι είναι πίεση;

Ονομάζουμε πίεση το πηλίκο της κάθετης δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

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

στη γλώσσα των μαθηματικών συμβόλων γράφουμε:

$$P = \frac{F}{A}$$

όπου F είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού A .

Όπως φαίνεται από τον ορισμό της, η πίεση είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

Για να διεισδύσει μια πινέζα στον τοίχο πρέπει να τη σπρώξουμε με αρκετά μεγάλη δύναμη. Η πίεση όμως που

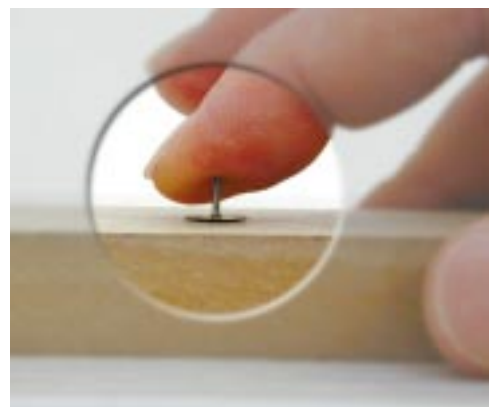
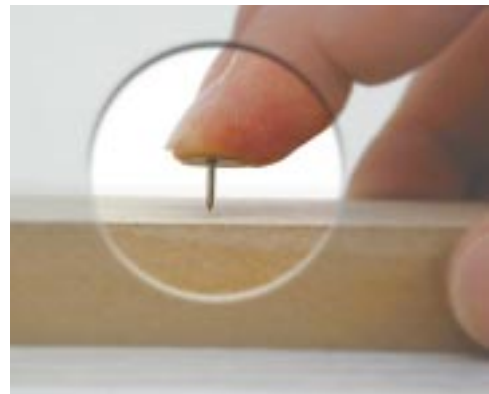
ασκεί η μύτη της πινέζας είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που ασκείται με το δάκτυλο μας στο κεφάλι της πινέζας. Και αυτό γιατί το κεφάλι της πινέζας έχει πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια από την μύτη της.

Στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) η δύναμη F μετρείται σε N και το εμβαδόν A της επιφάνειας σε m^2 . Άρα η πίεση P μετρείται σε $\frac{N}{m^2}$. Η μονάδα αυτή λέγεται και Pascal (Πασκάλ), δηλαδή:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{N}{m^2}$$

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και το kPa (Κιλοπασκάλ) που ισούται με 1000 Pa .

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι η δύναμη και η πίεση είναι δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Μετρούνται σε διαφορετικές μονάδες και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το ένα μέγεθος αντί του άλλου. Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος και μετρείται σε N ενώ η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος. Εκφράζει τη δύναμη που ασκείται στη μονάδα επιφάνειας και μετρείται σε $\frac{N}{m^2}$.



Εικόνα 3.3

Ασκώντας την ίδια δύναμη σε μικρότερη επιφάνεια ασκούμε μεγαλύτερη πίεση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ	
Τόπος	Πίεση σε Pa
Κέντρο του Ήλιου	2×10^{16}
Κέντρο της Γης	4×10^{11}
Μέγιστο βάθος των ωκεανών	10^8
Ψηλά τακούνια στο πάτημα	10^6
Λάστιχο αυτοκινήτου	2×10^5
Ατμόσφαιρα	10^5
Αρτηριακή πίεση	$1,6 \times 10^4$
Ο πιο δυνατός ήχος	30
Ο πιο ασθενής ήχος	3×10^{-5}
Μέγιστο κενό (Που Πετύχαμε πειραματικά)	10^{-12}



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 και υπολόγισε το εμβαδόν σε τετραγωνικά μέτρα.
- Με βάση τον ορισμό της πίεσης βρες την πίεση που ασκείς στο έδαφος.



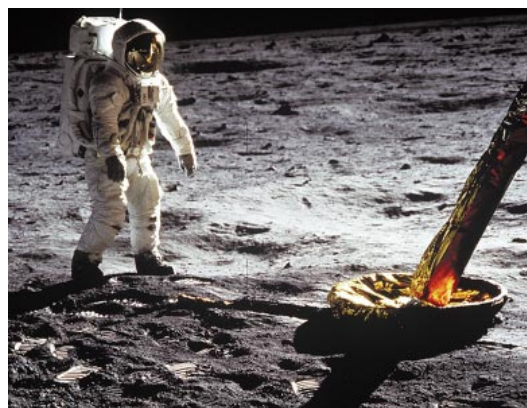
Υπάρχουν περιπτώσεις που επιδιώκουμε μεγαλύτερες ή μικρότερες πιέσεις. Επειδή οι δυνάμεις, που ασκούνται έχουν συνήθως ορισμένο μέτρο, οι μεγάλες ή οι μικρές πιέσεις επιτυγχάνονται με ελάττωση ή αύξηση της επιφάνειας αντίστοιχα.

Τα μαχαίρια και τα ψαλίδια ακονίζονται στη κόψη τους. Έτσι αποκτούν μικρή επιφάνεια ώστε να ασκείται μεγάλη πίεση και να κόβουν καλά.



Τα τανκς και οι μπουλντόζες διαθέτουν ερπύστριες που αποτελούνται από μεγάλες μεταλλικές επιφάνειες με μικρά μεταλλικά καρφιά. Εξ αιτίας των καρφιών ασκείται μεγάλη πίεση με αποτέλεσμα να διεισδύουν στο έδαφος και να διευκολύνεται η κίνηση του οχήματος. Από την άλλη μεριά, το βάρος του οχήματος κατανέμεται στην μεγάλη επιφάνεια επαφής της ερπύστριας στην οποία στηρίζεται. Έτσι το όχημα βυθίζεται πολύ λίγο στο έδαφος.

Τα διαστημόπλοια που προσεδαφίζονται στη Σελήνη ή σε άλλους πλανήτες διαθέτουν ειδικά μαλακά πέλματα μεγάλου εμβαδού ώστε να μη βυθίζονται σε άγνωστα εδάφη.



Βαριά ζώα, όπως τα παχύδερμα (ελέφαντες, ρινόκεροι, ιπποπόταμοι) που ζουν σε μαλακά λασπώδη εδάφη έχουν μεγάλα πέλματα, ώστε το βάρος τους να κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια. Έτσι ελαττώνεται η πίεση που ασκούν στο έδαφος οπότε μπορούν να βαδίζουν χωρίς να βυθίζονται.

3.2 Πίεση των ρευστών – Υδροστατική

Το πιο κοινό ρευστό είναι βέβαια το νερό. Το λάδι, το πετρέλαιο, το μέλι, ο αέρας είναι επίσης ρευστά.

Αν καταδυθούμε μέσα στη θάλασσα, σε κάπως μεγάλο βάθος, θα αισθανθούμε πόνο στα αυτιά.

Τι προκαλεί αυτό τον πόνο;

Η πίεση του νερού. Το νερό ασκεί πίεση στα τύμπανα των αυτιών μας.

Που οφείλεται η πίεση των υγρών;

Όταν ένα υγρό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε σώμα που βυθίζεται στο εσωτερικό του. **Η πίεση αυτή οφείλεται στη βαρύτητα και ονομάζεται υδροστατική πίεση.**

Νόμος της υδροστατικής

Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η υδροστατική πίεση;

Από την εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι όσο πιο βαθιά βουτάμε τόσο περισσότερο πονάνε τα αυτιά μας. Η πίεση αυξάνεται με το βάθος του υγρού. Για να ελέγξουμε αυτή την υπόθεση θα πρέπει να μετρήσουμε την υδροστατική πίεση σε σημεία του υγρού που βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος από την επιφάνεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε ένα όργανο που λέγεται **μανόμετρο**. Με το μανόμετρο μετράμε την πίεση που ασκείται σε μια ελαστική μεμβράνη, που βυθίζουμε μέσα στο νερό (εικόνα 3.5).

Βυθίζουμε τη μεμβράνη σε ορισμένο βάθος και την περιστρέφουμε. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μανομέτρου



Εικόνα 3.4

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



Εικόνα 3.5

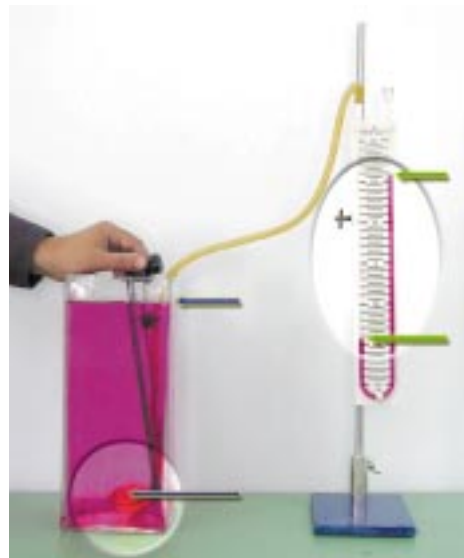
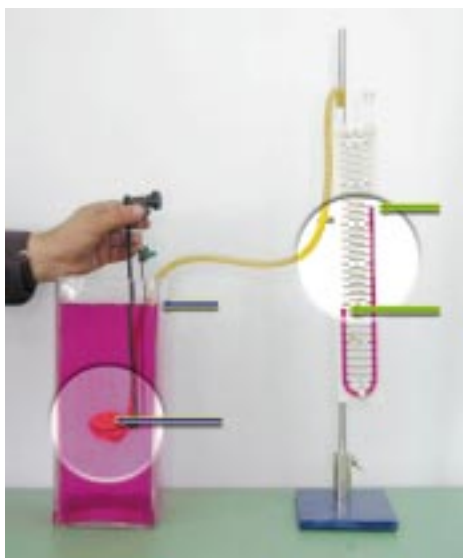
Η διαφορά στάθμης του υγρού που βρίσκεται στο σωλήνα εκφράζει την υδροστατική πίεση που ασκείται στη μεμβράνη.



Εικόνα 3.6

διατηρείται σταθερή. Συμπεραίνουμε ότι η πίεση είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού της επιφάνειας της μεμβράνης. Τα υγρά ασκούν πίεση προς κάθε κατεύθυνση (εικόνα 3.6).

Βυθίζοντας τη μεμβράνη σε διαρκώς μεγαλύτερα βάθη, διαπιστώνουμε ότι **η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος**.



Εικόνα 3.7

Σε διπλάσιο βάθος έχουμε διπλάσια υδροστατική πίεση.



Υδάτινες τροχιές.



- Γέμισε με νερό ένα πλαστικό δοχείο
- Με μια καρφίτσα άνοιξε τρύπες σε διάφορα σημεία του δοχείου.
Τι παρατηρείς; Προσπάθησε να ερμηνεύσεις τις παρατηρήσεις σου.

Μήπως εξαρτάται και από το είδος του υγρού;

Δίπλα σ' ένα δοχείο με καθαρό οινόπνευμα που έχει πυκνότητα $d = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ τοποθετούμε ένα όμοιο δοχείο με αλατόνερο που έχει πυκνότητα $1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Μετράμε την υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος και στα δυο υγρά. Διαπιστώνουμε ότι στο αλατόνερο η πίεση είναι διπλάσια. Από παρόμοια πειράματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού.

Μήπως εξαρτάται όμως και από κάποιον άλλο παράγοντα;

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.

Αστροναύτες που μέτρησαν την υδροστατική πίεση του νερού στην επιφάνεια της Σελήνης διαπίστωσαν ότι για το ίδιο βάθος η πίεση έχει τιμή περίπου 6 φορές μικρότερη από την τιμή της στην επιφάνεια της Γης. Η επιτάχυνση

της βαρύτητας στη Σελήνη είναι 6 φορές μικρότερη της γήινης. Συμπεραίνουμε ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Προκύπτει λοιπόν 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 μαθηματικά από τη σχέση:

$$P = d \cdot g \cdot h \text{ (νόμος της υδροστατικής πίεσης)}$$

όπου:

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

Αξιίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού. Αισθανόμαστε την ίδια πίεση είτε κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθισθεί κατά ένα μέτρο σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους.

3.3 Ατμοσφαιρική πίεση

Απολαμβάνεις την πορτοκαλάδα σου ρουφώντας τη με καλαμάκι. Ποια δύναμη σπρώχνει την υγρή πορτοκαλάδα να ανέβει σε μεγαλύτερο ύψος από την ελεύθερη επιφάνειά της, στο ποτήρι;

Στην πραγματικότητα πριν φθάσει η πορτοκαλάδα στο στόμα σου ρουφάς τον αέρα που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι. Αν δεν υπήρχε ο αέρας, όπως στη Σελήνη, δεν θα μπορούσες να πιεις πορτοκαλάδα με αυτό τον τρόπο. Για τον ίδιο λόγο δεν θα ήταν δυνατόν μια βεντούζα να κολλήσει στον τοίχο.

Η Γη περιβάλλεται από ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μίγμα αερίων που ονομάζεται ατμοσφαιρικός αέρας. Τα μόρια του αέρα κινούνται αδιάκοπα προς κάθε κατεύθυνση και ταυτόχρονα έλκονται προς το έδαφος λόγω της επίδρασης της βαρύτητας της Γης. Αν τα μόρια του αέρα δεν κινούνταν συνεχώς, θα κατακάθιζαν στην επιφάνεια του εδάφους όπως οι κόκκοι της άμμου. Από την άλλη μεριά, αν δεν υπήρχε βαρύτητα τα μόρια του αέρα θα



Ο αέρας ασκεί δυνάμεις 1



- 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 καλαμάκι;
- Ποια δύναμη το συγκρατεί;
- Άφησε το στόμιο ελεύθερο.
- Τι παρατηρείς; Εξήγησε.



Ο αέρας ασκεί δυνάμεις 2



- Πάρε ένα χάρτινο κουτί χυμού
- Αφού πιεις το περιεχόμενο του συ_νέχισε να ρουφάς τον αέρα από το κουτί
- Τι παθαίνει το κουτί; Εξήγησε.



Εικόνα 3.8

Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.



Εικόνα 3.9

Εβαγγελίστα Τορικέλι (Evangelista Torricelli)
(1608 – 1647)

Ιταλός φυσικός και μαθηματικός που πραγματοποίησε για πρώτη φορά πείραμα, με το οποίο μέτρησε την ατμοσφαιρική πίεση.

ταξίδευαν στο διάστημα μακριά από τη Γη.

Ο αέρας είναι αόρατος. Έχει όμως μάζα και βάρος. Επομένως, όπως συμβαίνει με όλα τα ρευστά σώματα, ασκεί πίεση σε κάθε σώμα 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.

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

Όπως και στα υγρά η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το ύψος (εικόνα 3.8). 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 αυτή ισούται με 100.000 Pa ή 100 kPa . Η πίεση αυτή την ονομάζεται *πίεση μιας ατμόσφαιρας* (1 atm).

Οι δυνάμεις που ασκούνται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι τεράστιες. Σ' ένα τραπέζι εμβαδού 1 m^2 ο αέρας ασκεί δύναμη 100.000 N . Αντίστοιχη δύναμη ασκείται και στο ανθρώπινο σώμα που έχει εμβαδόν μεταξύ ενός και δυο τετραγωνικών μέτρων. Η δύναμη αυτή θα μας συνέθλιβε αν η πίεση στο εσωτερικό του σώματος 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 την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι τα βαρόμετρα. Ο πρώτος που μέτρησε την ατμοσφαιρική πίεση, με ένα ιστορικό πείραμα το 1643, ήταν ο Ιταλός φυσικός Εβαγγελίστα Τορικέλι, ο οποίος υπήρξε βοηθός του Γαλιλαίου.

Γέμισε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους ενός μέτρου με υδράργυρο και τον αντέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη που και αυτή περιείχε υδράργυρο. Ο Τορικέλι παρατήρησε ότι ένα μέρος του υδράργυρου του σωλήνα μετακινήθηκε μέσω του ανοικτού άκρου του σωλήνα, προς τη λεκάνη, ώσπου η στάθμη του έφθασε στα 76 cm πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης. Στο ύψος αυτό, η στήλη του υδραργύρου ισορρόπησε. Πάνω από τη στήλη του υδραργύρου, μέσα στο σωλήνα υπήρχε κενό. Επομένως

στην επιφάνεια της στήλης, η πίεση ήταν ίση με το μηδέν.

Πως ερμηνεύεται το γεγονός ότι στο πείραμα του Τορικέλι δεν χύνονταν όλος ο υδράργυρος του σωλήνα;

Η στήλη του υδραργύρου συγκρατείται από τη δύναμη που ασκείται, λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης, στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης.

Επομένως, η ατμοσφαιρική πίεση P_{atm} που ασκείται σε μια μικρή περιοχή Α της ελεύθερης επιφάνειας του υδραργύρου, είναι ίση με την υδροστατική πίεση $P_{υδρ}$, που ασκεί η στήλη του υδραργύρου στην περιοχή Β της ίδιας επιφάνειας, μέσα στο σωλήνα.

Έτσι, η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με την πίεση που ασκεί στη βάση της στήλης υδραργύρου ύψους 76cm ή 760mm. Λέμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με 760mm Hg ή 760 Torr. Γνωρίζοντας ότι ο υδράργυρος έχει πυκνότητα $d = 13.600 \frac{kg}{m^3}$ και θέτοντας $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ μπορούμε να υπολογίσουμε την ατμοσφαιρική πίεση σε P_a .

$$P_{atm} = P_{υδρ} = d \cdot g \cdot h \quad \text{ή}$$

$$P_{atm} = 13.600 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,76m \quad \text{ή}$$

$$P_{atm} = 101.293Pa$$

ή περίπου $100.000 P_a$. Η πίεση αυτή ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας ($1atm$): $1atm = 100\,000 P_a$.



Εικόνα 3.10
Το πείραμα του Τορικέλι.



Εικόνα 3.11
Ασκώντας μικρή δύναμη καταφέρνουμε να σηκώσουμε το αυτοκίνητο.

3.4 Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά

Θα έχεις ίσως παρατηρήσει τις αντλίες που ανυψώνουν τα αυτοκίνητα (εικόνα 3.11).

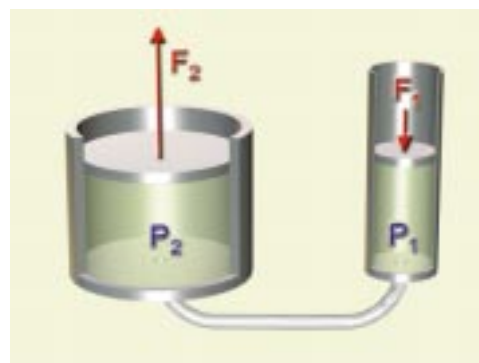
Πώς λειτουργεί μια τέτοια αντλία;

Η εικόνα 3.12 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:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Διαπιστώνουμε πειραματικά ότι η πίεση του υγρού αυξάνεται κατά το ίδιο ποσό και στην άλλη άκρη της αντλίας:

$$P_1 = P_2$$



Εικόνα 3.12
Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πιεστηρίου
Αρχή του Pascal.

Γενικά: **κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού 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 την διατύπωσε για πρώτη φορά.

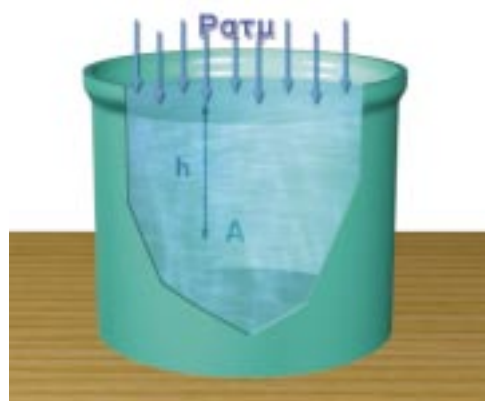
Επομένως, σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, το υγρό ασκεί στο έμβολο που έχει εμβαδόν A_2 πίεση P_2 ίση με P_1 . Το υγρό ασκεί στο έμβολο δύναμη F_2 :

$$P_1 = P_2$$

$$\text{Άρα } \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

$$\text{και τελικά } F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$$

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. 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 .



Εικόνα 3.13

Η πίεση στο Α είναι: $P_A = P_{\text{ατμοσφαιρική}} + d \cdot g \cdot h$

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, όπως ήδη γνωρίσαμε, 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, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\text{ολική}} = P_{\text{ατμοσφαιρική}} + d \cdot g \cdot h$$

Είναι δηλαδή ίση με το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης.



Μετάδοση πιέσεων

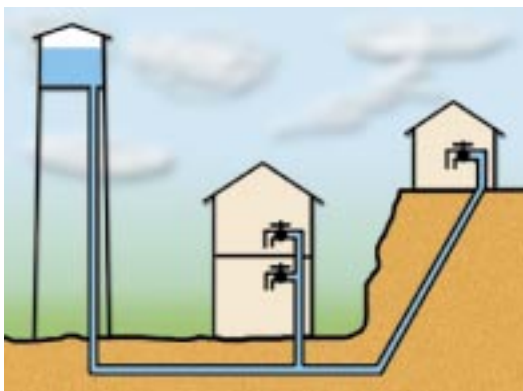
- Σύνδεσε μια μικρή και μια μεγάλη σύριγγα με ένα πλαστικό σωλήνα γεμάτο με νερό, όπως στο διπλανό σχήμα.
- Πίεσε με το ένα χέρι το έμβολο της μικρής σύριγγας και με το άλλο το έμβολο της μεγάλης. Προσπάθησε να ισορροπήσεις τα δύο έμβολα.
- Ασκείς ίδιες ή διαφορετικές δυνάμεις;
- Τι συμπεραίνεις;



Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης

Α. Συγκοινωνούντα δοχεία

Από το νόμο της υδροστατικής προκύπτει ότι δυο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος, δηλ. στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Για αυτό και η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού, βρίσκεται πάντα στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Αυτό συμβαίνει ακόμη και όταν το υγρό βρίσκεται σε διαφορετικά, αλλά συγκοινωνούντα δοχεία. Αν σε κάποιο από τα δοχεία η στάθμη του υγρού ήταν σε μεγαλύτερο ύψος, η πίεση στα σημεία του κοινού σωλήνα θα ήταν μεγαλύτερη από τη μια μεριά. Τότε θα ασκούσαν επιπλέον δύναμη που θα προκαλούσε την κίνηση του υγρού.

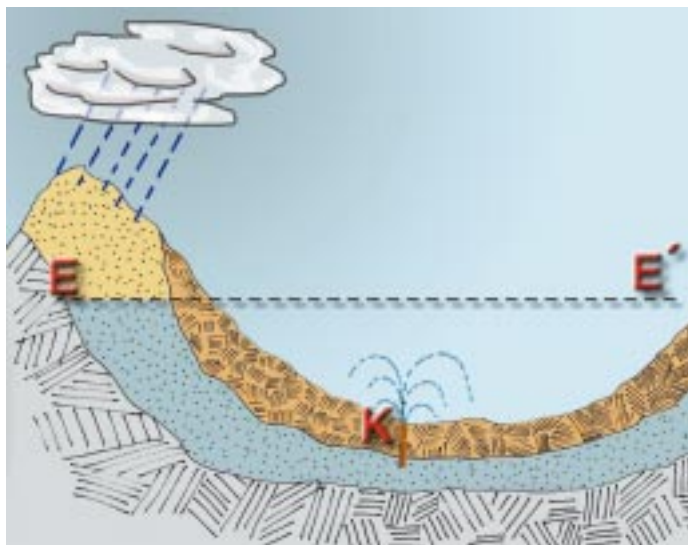


Β. Δίκτυα ύδρευσης

Εφαρμόζοντας την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων κατασκευάζουμε τις δεξαμενές ύδρευσης στα ψηλότερα σημεία των πόλεων. Έτσι το νερό μπορεί να φθάσει και στους ψηλότερους ορόφους των σπιτιών χωρίς να χρειάζεται αντλία.

Γ. Αρτεσιανά φρέατα (πηγάδια)

Είναι πηγάδια από τα οποία το νερό αναβλύζει από μόνο του δημιουργώντας πίδακα. Πώς συμβαίνει αυτό; Ένα υδροφόρο στρώμα (για παράδειγμα, αμμώδεις) περικλείεται μεταξύ δυο υδατοστεγών στρωμάτων (για παράδειγμα, αργιλίου), οπότε σχηματίζεται ένα είδος δεξαμενής. Έστω ότι το υδροφόρο στρώμα φτάνει μέχρι την επιφάνεια EE' . Τότε, αν ανοίξουμε στην περιοχή K ένα πηγάδι, που το βάθος του φθάνει μέχρι το υδροφόρο στρώμα, το νερό αναπηδά προσπαθώντας να φθάσει στην ελεύθερη επιφάνεια EE' . Σχηματίζεται, έτσι ένας πίδακας. Βέβαια, λόγω τριβών, ο πίδακας δεν μπορεί να φθάσει μέχρι το ύψος της επιφάνειας EE' .

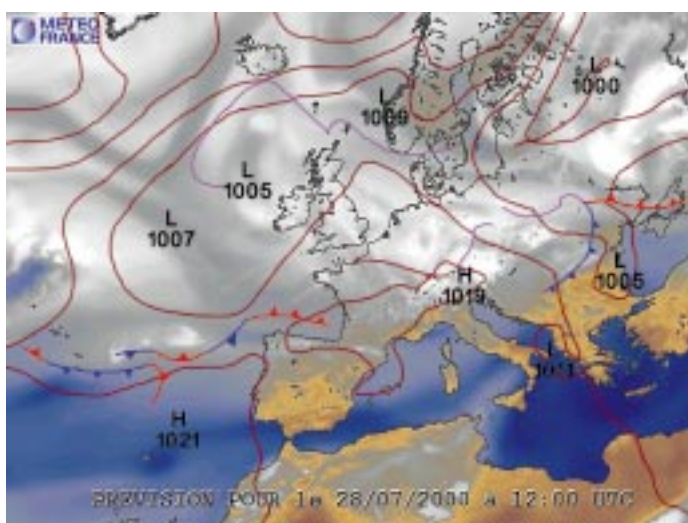


Μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης

Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται όπως αναγγέλλεται και από τα μετεωρολογικά δελτία.

Μια περιοχή στην οποία η ατμοσφαιρική πίεση είναι μικρότερη συγκριτικά με τις γειτονικές περιοχές ονομάζεται βαρομετρικό χαμηλό ή κυκλώνας. Ένα βαρομετρικό χαμηλό συνοδεύεται από ισχυρούς ανέμους και γενικά από βροχές ή χιόνια.

Αντίθετα, μια περιοχή στην οποία η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις γειτονικές περιοχές ονομάζεται βαρομετρικό υψηλό ή αντικυκλώνας. Ο αντικυκλώνας είναι ένδειξη σταθερότητας και γενικά καλού καιρού.





Δυο ιστορικά πειράματα σχετικά με την πίεση

A. Υδροστατικό παράδοξο

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

Πήρε ένα κλειστό βαρέλι που περιείχε 1000Kgr 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 είδαν τα τοιχώματα του βαρελιού να σπάζουν 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

$$P = d \cdot g \cdot h = 5000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ και η δύναμη σ' αυτό } F = P \cdot A = 0,5\text{N. Όταν ο σωλήνας, μήκους } 9,5\text{m γεμίσει}$$

με νερό η πίεση γίνεται $P' = d \cdot g \cdot h' = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ και η δύναμη $F' = P' \cdot A = 10\text{N}$. Δηλαδή είκοσι φορές μεγαλύτερη. Γι' αυτό και το τοίχωμα έσπασε.



B. Τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου

Ένα από τα πιο φημισμένα πειράματα απόδειξης της ύπαρξης της ατμοσφαιρικής πίεσης πραγματοποιήθηκε το 1654 από τον Οττο φον Γκέρικε (Otto von Guericke) δήμαρχο του Μαγδεμβούργου της Γερμανίας και εφευρέτη της αντλίας κενού.

Ο φον Γκέρικε τοποθέτησε δυο χάλκινα κοίλα ημισφαίρια διαμέτρου 0.5 m έτσι ώστε να σχηματίζουν σφαίρα όπως δείχνει η εικόνα. Ανάμεσα στα χείλη των ημισφαιρίων τοποθέτησε ένα δακτύλιο από δέρμα ποτισμένο με λάδι και κερί για να κάνει την ένωση τους αεροστεγή. Στο ένα ημισφαίριο υπήρχε στρόφιγγα από την οποία αφαίρεσε τον αέρα με αντλία κενού. Όταν αφαιρέθηκε ο αέρας δυο ομάδες των 8 αλόγων η καθεμία, δεν μπόρε-

σαν να αποχωρίσουν τα δυο ημισφαίρια. Αυτό οφείλονταν 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.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Συμπλήρωσε το παρακάτω κείμενο:
 Πίεση ονομάζεται το πηλίκο της που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το της επιφάνειας αυτής.
 Η πίεση που ασκούν τα υγρά σε κάθε σώμα που βυθίζεται σ' αυτά ονομάζεται πίεση και οφείλεται στη
 Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας σε κάθε σώμα που βρίσκεται σ' αυτόν ονομάζεται πίεση και οφείλεται στην και στην των μορίων του αέρα.
 Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού σε όλα τα σημεία του ρευστού.
 Τα όργανα μέτρησης της υδροστατικής πίεσης ονομάζονται ενώ της ατμοσφαιρικής

2. Να χαρακτηρίσεις τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λαθεμένες.
 α) Δύναμη και πίεση είναι δυο διαφορετικά ονόματα για το ίδιο φυσικό μέγεθος.
 β) Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το βάθος και την πυκνότητα του υγρού.
 γ) Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από σχήμα του δοχείου ή από τον όγκο του υγρού.
 δ) Η υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος του ίδιου υγρού είναι ίδια στη Γη και στη Σελήνη.
 ε) Η ατμοσφαιρική πίεση έχει την ίδια τιμή σε όλα τα σημεία της ατμόσφαιρας.

3. Στο διεθνές σύστημα μονάδων, η μονάδα της πίεσης είναι:
 α) N β) N · m γ) $\frac{N}{m^2}$ δ) N · m₂

4. Πως ερμηνεύεις το γεγονός ότι:
 α) Οι καμήλες έχουν μεγάλα επίπεδα πέλματα;
 β) Οι σκιέρ φορούν χιονοπέδιλα;
 γ) Τα τρακτέρ έχουν φαρδιά λάστιχα;
 δ) «Κόβονται» τα δάχτυλα 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 καλλίτερα;

5. Ο Ταρζάν βρίσκεται στη ζούγκλα και θέλει να διασχίσει ένα βαθύ ποτάμι. Η γέφυρα του ποταμού είναι παλιά και υπάρχει κίνδυνος να καταρρεύσει. Πως θα συμβούλευες τον Ταρζάν να περάσει τη γέφυρα; Περιπατώντας αργά στις μύτες των ποδιών του ή έρποντας με το στήθος του ξαπλωμένος στη γέφυρα; Να δικαιολογήσεις την συμβουλή σου.

6. Αν ανοίξουμε δυο όμοιες τρύπες σ' ένα μπουκάλι γεμάτο με νερό σε σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος παρατηρούμε ότι το νερό εκτοξεύεται σε διαφορετικές αποστάσεις. Πως το εξηγείς;



7. 🦄 Γιατί οι δεξαμενές υδροδότησης των οικισμών κατασκευάζονται στα υψηλότερα σημεία;.



8. Να συγκρίνεις την πίεση του νερού στον πυθμένα ενός στενού σωλήνα ύψους 10m με την πίεση που επικρατεί σε μια λίμνη σε βάθος 10m, αν γνωρίζεις ότι ο σωλήνας είναι γεμάτος με νερό από την παραπάνω λίμνη.

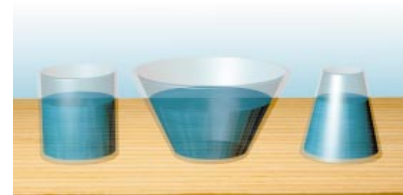
9. Σε μια υδραυλική αντλία να συγκρίνεις
α) τις πιέσεις που ασκούνται στο μικρό και το μεγάλο έμβολο
β) τις δυνάμεις που ασκούνται στο μικρό και το μεγάλο έμβολο.



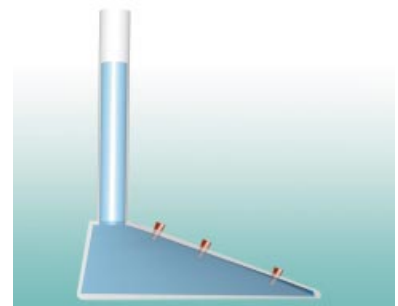
10. Σ' ένα δύτε που βρίσκεται σε βάθος 10m από την επιφάνεια της θάλασσας ασκείται υδροστατική πίεση 10kPa. Πόση γίνεται η υδροστατική πίεση όταν ο δύτες κατέβει σε βάθος 20m;

11. Τρία όμοια ποτήρια Α, Β, Γ είναι γεμάτα με νερό, αλατόνερο και οινόπνευμα αντίστοιχα. Να συγκρίνεις τις υδροστατικές πιέσεις που ασκούνται στον πυθμένα των τριών δοχείων, αν γνωρίζεις ότι το αλατόνερο έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα και το οινόπνευμα τη μικρότερη.

12. Στην φωτογραφία δείχνονται δοχεία που οι βάσεις τους έχουν το ίδιο εμβαδόν. Γεμίζονται με το ίδιο υγρό μέχρι το ίδιο ύψος από τη βάση τους. Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των δοχείων.



13. 🏰 Να σχεδιάσεις του πίδακες του υγρού που βγαίνουν από κάθε μια από τις τρεις τρύπες του δοχείου της διπλανής εικόνας.



14. Ποια δύναμη κρατάει τη βεντούζα της εικόνας κολλημένη στον τοίχο;

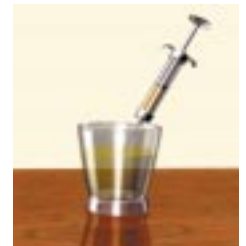


15. Κάποια τρόφιμα συσκευάζονται σε «κενό».

- α) Για ποιο λόγο το περιτύλιγμα κολλάει πάνω στα τρόφιμα;
- β) Τι συμβαίνει όταν σκιστεί το περιτύλιγμα;



16. Το έμβολο μιας σύριγγας βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του. Βυθίζουμε το άκρο της σύριγγας σε υγρό και τραβάμε το έμβολο προς τα πάνω. Το υγρό γεμίζει τη σύριγγα. Αν πιέσουμε το έμβολο το υγρό βγαίνει από τη σύριγγα. Προσπάθησε να εξηγήσεις τα φαινόμενα αυτά.

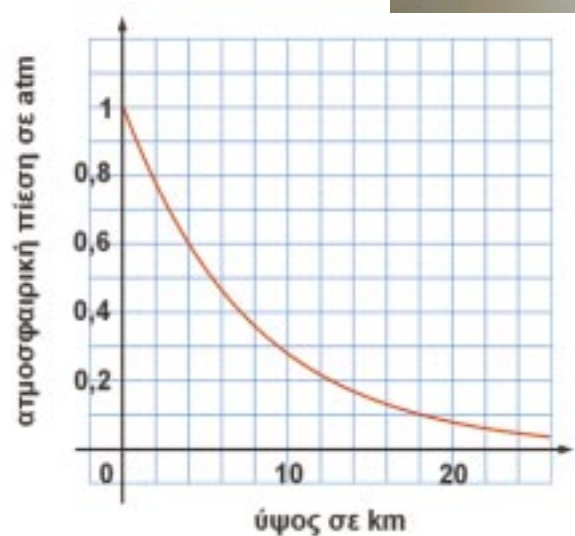


17. Γέμισε ένα ποτήρι μέχρι το χείλος του με νερό. Βάλε ένα φύλλο χαρτιού στα χείλη του ποτηριού. Πίεσε με την παλάμη σου το χαρτί στα χείλη του ποτηριού και αναποδογύρισε το ποτήρι πάνω από μια λεκάνη. Το νερό δεν χύνεται. Εξήγησε το φαινόμενο.



18. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η ατμοσφαιρική πίεση σαν συνάρτηση του ύψους από την επιφάνεια της θάλασσας.

- α) Πόση είναι η ατμοσφαιρική πίεση σε ύψος 4000m;
- β) Σε ποιο ύψος η ατμοσφαιρική πίεση γίνεται 2 φορές μικρότερη από την πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας;
- γ) Σε ποιο ύψος γίνεται τέσσερις φορές μικρότερη;
- δ) Σε ποιο ύψος γίνεται 10 φορές μικρότερη;



Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

Στις ακόλουθες ασκήσεις η πυκνότητα του νερού να λαμβάνεται ίση με: $\rho_{\text{νερού}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

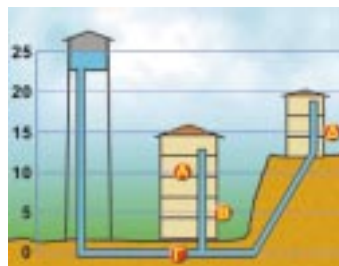
1. Ένας μαθητής σπρώχνει με το δάκτυλό του μια καρφίτσα πάνω σε ύφασμα ασκώντας στο κεφάλι της δύναμη 10N. Εάν το εμβαδόν της επιφάνειας της μύτες της καρφίτσας είναι $0,01 \text{mm}^2$, να βρεθεί η πίεση που ασκεί η καρφίτσα στο ύφασμα σε P_a ;



2. α) Ένας ελέφαντας έχει μάζα 5000kg . Κάθε πέλμα του είναι ένας κυκλικός δίσκος με διάμετρο 30cm. Πόση πίεση ασκεί ο ελέφαντας στο έδαφος όταν στέκεται ακίνητος;
 β) Σύγκρινε την προηγούμενη πίεση με την πίεση που ασκεί η αγελάδα μάζας 600kg που τα πέλματά της είναι κυκλικοί δίσκοι με διάμετρο 10cm.
 γ) Σύγκρινε τις προηγούμενες πιέσεις με την πίεση που ασκεί το τακούνι μιας γυναίκας μάζας 60kg. Το τακούνι έχει εμβαδόν 1cm^2 και σ' αυτό ασκείται από το έδαφος δύναμη ίση με το 1/4 του βάρους της γυναίκας.




3. Η διπλανή εικόνα δείχνει ένα δίκτυο ύδρευσης, ποια είναι η τιμή της υδροστατικής πίεσης σε κάθε ένα από τα σημεία του Α, Β, Γ, Δ όταν όλες οι βρύσες είναι κλειστές;



4. Για να μετρήσουμε τη διαφορά πιέσεων σε σχέση με την ατμοσφαιρική, χρησιμοποιούμε το μανόμετρο της εικόνας. Ένας χάρακας ανάμεσα στα δυο σκέλη του σωλήνα επιτρέπει τη μέτρηση της διαφοράς του υψομέτρου μεταξύ των ελεύθερων επιφανειών του υγρού, που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν.
 α) Η πίεση του αερίου στο δοχείο της εικόνας είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής;
 β) Υπολόγισε την πίεση μέσα στο δοχείο εάν η υψομετρική διαφορά h είναι 6,8cm και το δοχείο περιέχει νερό.




5. Μια ανοιχτή δεξαμενή που έχει σχήμα κύβου με ακμή 10m είναι γεμάτη νερό.
- Πόση πίεση ασκεί το νερό στον πυθμένα της δεξαμενής
 - Πόση είναι η δύναμη που ασκεί το νερό στον πυθμένα της δεξαμενής;
 -  Πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον πυθμένα της δεξαμενής;
6. Λόγω μιας σύγκρουσης σ' ένα πλοίο δημιουργείται ένα ρήγμα που έχει εμβαδόν 100cm^2 σε βάθος 3m 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;
7. α) Ποιο είναι το μέτρο της δύναμης που ασκείται από τον ατμοσφαιρικό αέρα σ' ένα ορθογώνιο γυάλινο τζάμι με διαστάσεις 60cm επί 40cm.
β) Γιατί το τζάμι δεν σπάζει με την επίδραση αυτής της δύναμης;
8. Εάν ο Τορικέλι πραγματοποιούσε το πείραμα του χρησιμοποιώντας νερό αντί για υδράργυρο, ποιο θα ήταν το αντίστοιχο ύψος της στήλης του νερού μέσα στον σωλήνα;
9. Ένας δύτης βρίσκεται σε βάθος 80m.
- Να υπολογίσεις το μέτρο της δύναμης που ασκείται από τη θάλασσα στα αυτιά του, αν γνωρίζεις ότι το εμβαδόν της επιφάνειας των τύμπανων ενός αυτιού είναι περίπου .
 - Αν ο δύτης αντέχει σε συνολική πίεση 5 ατμοσφαιρών (πενταπλάσια της ατμοσφαιρικής) πόσο είναι το μέγιστο βάθος που μπορεί να κατεβεί;
10. Το εμβαδόν του μικρού και του μεγάλου εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι 2000cm^2 και 500cm^2 αντίστοιχα. Μια μηχανή βάρους 1000N βρίσκεται στο μεγάλο έμβολο. Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο έμβολο ώστε να ανυψωθεί η μηχανή;



11. Τα εμβαδά των εμβόλων της μικρής και της μεγάλης σύριγγας που είδατε στο μικρό εργαστήριο είναι $0,6\text{cm}^2$ και $1,8\text{cm}^2$ αντίστοιχα. Με το δάχτυλο ασκούμε στο έμβολο της μικρής σύριγγας μια δύναμη 5N. Να βρεθούν:
- Η πίεση που ασκείται στο νερό,
 - Η δύναμη που ασκείται στο έμβολο της μεγάλης σύριγγας.



12.  Θέλουμε να πραγματοποιήσουμε μια μετάγγιση αίματος στις αρτηρίες ενός ασθενούς. Η πίεση του αίματος στις αρτηρίες υπερβαίνει την ατμοσφαιρική πίεση κατά $1,5\text{kPa}$. Σε ποιο ύψος από το χέρι πρέπει να τοποθετηθεί η φιάλη του αίματος έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η ροή από τη φιάλη προς τη φλέβα; Δίνεται ότι η πυκνότητα του αίματος ισούται με $1060 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



3.5 Άνωση - Πλεύση

Όταν προσπαθείς να βυθίσεις μια μπάλα στο νερό αισθάνεσαι μια δύναμη να σε σπρώχνει προς τα πάνω. Είναι η ίδια δύναμη που διατηρεί τα πλοία, στην επιφάνεια της θάλασσας όπως και το σώμα σου όταν κολυμπάς. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση**. Άνωση ασκείται και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα. Είναι η δύναμη που σπρώχνει προς τα πάνω ένα μπαλόνι γεμάτο με ήλιο και το ανυψώνει.

Όταν βυθίζουμε μια πέτρα στο νερό φαίνεται σαν να ελαττώνεται το βάρος της (εικόνα 3.15). Βέβαια, το πραγματικό βάρος της πέτρας, δηλαδή η βαρυτική δύναμη που της ασκεί η Γη, είναι η ίδια είτε η πέτρα βρίσκεται μέσα στο νερό είτε βρίσκεται μέσα στον αέρα. Το φαινόμενο βάρος της, που το μετράμε με ένα δυναμόμετρο, είναι μικρότερο από το πραγματικό λόγω της άνωσης.

Η ένδειξη του δυναμόμετρου, δηλαδή το φαινόμενο βάρος B_{φ} , προκύπτει ως η συνισταμένη του πραγματικού βάρους, που έχει φορά προς τα κάτω και της άνωσης A που έχει φορά προς τα πάνω (εικόνα 3.15).

Που οφείλεται η Άνωση;

Σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής, η πίεση σ' ένα υγρό αυξάνεται με το βάθος. Επομένως, στην κάτω επιφάνεια ενός σώματος, που είναι βυθισμένο σ' ένα υγρό, θα ασκείται μεγαλύτερη πίεση και άρα μεγαλύτερη δύναμη απ' ότι στην πάνω επιφάνεια (εικόνα 3.16).

Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που δέχεται το σώμα λόγω της υδροστατικής πίεσης έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η συνολική αυτή δύναμη είναι η άνωση.

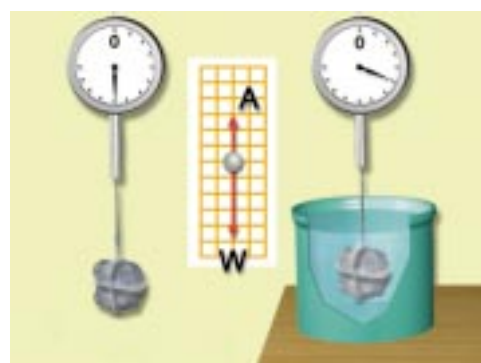
Από τι εξαρτάται η τιμή της άνωσης;

Πειραματικά προκύπτει ότι η άνωση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται. Επίσης εφόσον το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό, η άνωση είναι ανεξάρτητη του βάθους στο οποίο βρίσκεται.

Αν βυθίσουμε πλήρως το ίδιο σώμα σε δυο υγρά με διαφορετικές πυκνότητες, διαπιστώνουμε ότι το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα του ασκεί μεγαλύτερη άνωση. Το αλατόνερο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το καθαρό νερό. Γι' αυτό και επιπλέουμε πιο εύκολα στη θάλασσα απ' ότι σε μια λίμνη ή πισίνα (με «γλυκό» νερό).



Εικόνα 3.14



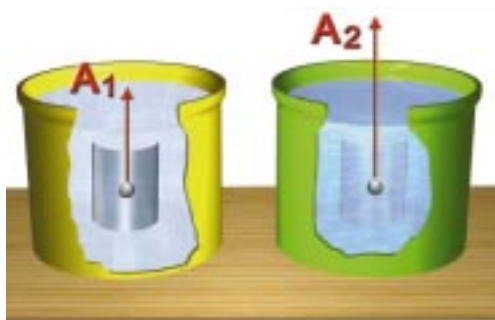
Εικόνα 3.15

Η άνωση έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Το μέτρο της είναι ίσο με $B - B_{\varphi}$, όπου B είναι το βάρος της πέτρας και B_{φ} η ένδειξη του δυναμόμετρου όταν η πέτρα είναι βυθισμένη στο νερό.



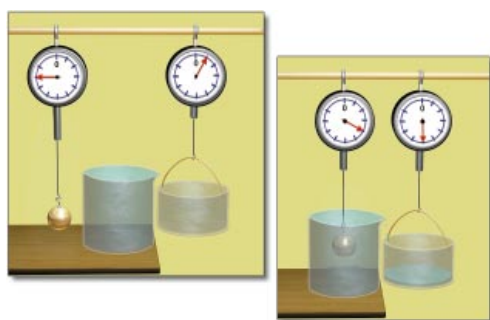
Εικόνα 3.16

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



Εικόνα 3.17

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



Εικόνα 3.18

Αρχή Αρχιμήδη

Η άνωση που ασκείται στο σώμα είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται απ' αυτό.



Εικόνα 3.19

Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και για σώματα που είναι βυθισμένα μέσα στον αέρα. Το αεροπλάνο δεν πέφτει γιατί ο αέρας του ασκεί άνωση, που εξουδετερώνει το βάρος του.

Αν βυθίσουμε πλήρως στο ίδιο υγρό δυο σώματα που έχουν το ίδιο βάρος αλλά διαφορετικό όγκο, διαπιστώνουμε ότι στο σώμα με το μεγαλύτερο όγκο ασκείται μεγαλύτερη άνωση. Επίσης, όσο περισσότερο μέρος του όγκου ενός σώματος βυθίζουμε μέσα σε υγρό, τόσο αυξάνεται η άνωση που ασκείται στο σώμα από αυτό.

Όταν ένα σώμα βυθίζεται στο υγρό, καταλαμβάνει χώρο στον οποίο προηγούμενα υπήρχε υγρό. Λέμε ότι το υγρό *εκτοπίζεται* από το σώμα, οπότε η στάθμη του υγρού ανεβαίνει. Βλέπουμε λοιπόν ότι η άνωση, αυξάνεται όταν αυξάνεται ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα, που βυθίζουμε σ' αυτό.

Όλες αυτές οι παρατηρήσεις σχετικά με την άνωση περιλαμβάνονται σε μια πρόταση, που διατύπωσε πρώτος ο αρχαίος Έλληνας μαθηματικός και φυσικός Αρχιμήδης. Γι' αυτό είναι γνωστή ως **αρχή του Αρχιμήδη**: **Σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε υγρό, ασκείται απ' αυτό κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω δύναμη, που ονομάζεται άνωση. Το μέτρο της άνωσης ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα** (εικόνα 3.18).

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

$$\begin{aligned} \text{Άνωση} &= \text{Βάρος υγρού που εκτοπίζεται} && \text{ή} \\ \text{Άνωση} &= (\text{Μάζα υγρού που εκτοπίζεται}) \cdot g && \text{ή} \\ \text{Άνωση} &= (\text{όγκος υγρού που εκτοπίζεται}) \cdot (\text{πυκνότητα υγρού}) \cdot g && \text{ή} \end{aligned}$$

$$A = d_{\text{υγρού}} \cdot g \cdot V_{\text{βυθισμένο}}$$

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

Πλεύση

Ένα κομμάτι ξύλου ή φελλού επιπλέει στο νερό. Ένα μεταλλικό αντικείμενο βυθίζεται στο νερό αλλά επιπλέει στον υδράργυρο (εικόνες 3.20, 3.21).

Πώς το εξηγείς; Από τι εξαρτάται αν ένα σώμα θα βυθισθεί ή θα επιπλεύσει;

Ας υποθέσουμε ότι ένα σώμα είναι τελείως βυθισμένο

μέσα σ' ένα υγρό. Υπάρχουν δυο περιπτώσεις:

α) Η άνωση (A) είναι μεγαλύτερη από το βάρος (w) του σώματος (εικόνες 3.20, 3.22α).

Τότε το σώμα κινείται προς την επιφάνεια και ένα μέρος του αναδύεται. Καθώς μειώνεται το μέρος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό, η άνωση που δέχεται ελαττώνεται. Σε κάποια θέση του σώματος η άνωση εξισώνεται με το βάρος του σώματος. Τότε το σώμα επιπλέει:

$$A = w, \text{ Συνθήκη πλεύσης}$$

Για να προβλέψουμε αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σ' ένα υγρό, αντί να συγκρίνουμε την άνωση και το βάρος μπορούμε να συγκρίνουμε τις πυκνότητες* του σώματος και του υγρού. Ένα σώμα επιπλέει όταν:

$$d_{\text{σώματος}} \leq d_{\text{υγρού}}$$

β) Το βάρος (w) του σώματος είναι μεγαλύτερο από την άνωση (A) (εικόνες 3.21 και 3.22β).

Τότε το σώμα κινείται προς τον πυθμένα του υγρού. Το σώμα βυθίζεται. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$d_{\text{σώματος}} > d_{\text{υγρού}}$$

Τα σωσίβια έχουν μικρή μάζα και μεγάλο όγκο. Έτσι, όταν τα φοράμε η «μέση» πυκνότητα* του σώματος μας μειώνεται και επιπλούμε ευκολότερα.

Με την εισαγωγή και εξαγωγή νερού στις δεξαμενές ενός υποβρυχίου, η μάζα του μεταβάλλεται ενώ ο όγκος του διατηρείται σταθερός (εικόνα 3.23). Έτσι η «μέση» πυκνότητα του μπορεί να αυξομειώνεται. Όταν η τιμή της είναι μικρότερη της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού, το υποβρύχιο



Εικόνα 3.20

Το βάρος του μεταλλικού κύβου είναι ίσο με την άνωση που του ασκεί ο υδράργυρος. Ο μεταλλικός κύβος επιπλέει.



Εικόνα 3.21

Το βάρος του κύβου είναι μεγαλύτερο από την άνωση που του ασκεί το νερό. Ο κύβος βυθίζεται.



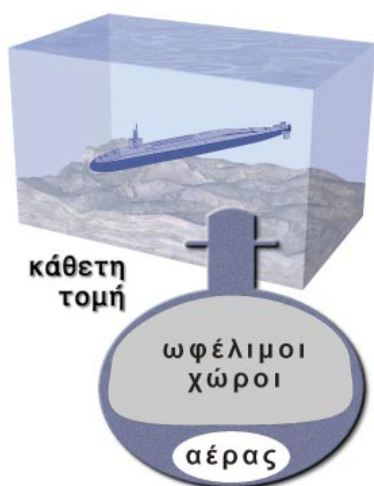
Εικόνα 3.22

- α) Η ξύλινη σφαίρα έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Επιπλέει.
β) Η σιδερένια σφαίρα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Βυθίζεται.

* Θυμήσου ότι η πυκνότητα ενός σώματος είναι το πηλίκο της μάζας του σώματος προς τον όγκο του: $d = \frac{m}{V}$

* Η «μέση» πυκνότητα ενός σώματος είναι το πηλίκο της συνολικής μάζας του σώματος προς τον συνολικό όγκο του:

$$d_{\text{μέσο}} = \frac{m_{\text{ολικό}}}{V_{\text{ολικό}}}$$

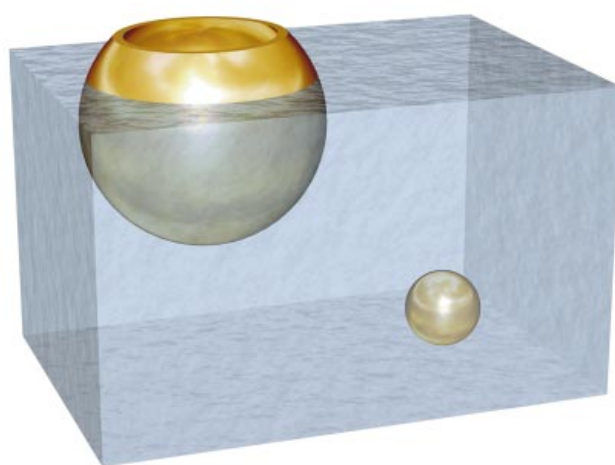


Εικόνα 3.23
Υποβρύχιο και τομή υποβρυχίου.

αναδύεται. Όταν αντίθετα γίνει μεγαλύτερη, καταδύεται. Τα ψάρια ρυθμίζουν την πυκνότητα τους αυξομειώνοντας τον όγκο μιας κύστης γεμάτης αέρα που έχουν στο σώμα τους.

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 3.24).

Η κοίλη σφαίρα με την ίδια μάζα έχει μεγαλύτερο όγκο κι επομένως μικρότερη «μέση» πυκνότητα. Για τον ίδιο λόγο τα καράβια που είναι κατασκευασμένα από λαμαρίνες επιπλέουν στη θάλασσα.



Εικόνα 3.24
Η συμπαγής σφαίρα έχει το ίδιο βάρος με την κούφια.
Η συμπαγής βυθίζεται, η κούφια επιπλέει

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Συμπλήρωσε το παρακάτω κείμενο:

Σε ένα σώμα που βρίσκεται σε υγρό ή αέριο ασκείται μια δύναμη με διεύθυνση και φορά που ονομάζεται άνωση. Η άνωση είναι ίση με το του υγρού ή του αερίου που έχει όγκο ίσο με το με το μέρος του όγκου του σώματος που είναι στο υγρό ή το αέριο. Όταν ένα σώμα επιπλέει στο υγρό τότε η είναι ίση με το του σώματος.

2. Να χαρακτηρίσεις τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λαθεμένες.

- α) Όταν ένα σώμα βυθισθεί σε ρευστό η βαρυτική δύναμη που του ασκείται από τη Γη μειώνεται.
- β) Η άνωση οφείλεται στη διαφορά πιέσεων του ρευστού στη κάτω και την πάνω επιφάνεια ενός σώματος.
- γ) Η άνωση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται σε ρευστό.
- δ) Όταν ένα σώμα βυθίζεται ολόκληρο σε διαφορετικά ρευστά, δέχεται απ' αυτά την ίδια άνωση.
- ε) Ένα σώμα επιπλέει σε ρευστό όταν η πυκνότητα του είναι μικρότερη ή ίση με την πυκνότητα του ρευστού.

3. Προσπάθησε να τεκμηριώσεις τις ακόλουθες προτάσεις:

- α) Το φαινομενικό βάρος ενός σώματος που είναι βυθισμένο σε υγρό είναι μικρότερο από το βάρος του σώματος στον αέρα
- β) Κολυμπάμε πιο εύκολα στη θάλασσα από ότι στην πισίνα
- γ) Μια μικρή σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό ενώ μια μικρή σιδερένια επιπλέει
- δ) Τα 8/9 του όγκου ενός παγόβουνου είναι βυθισμένο στο νερό της θάλασσας.
- ε) Τα υποβρύχια μπορούν να αναδύονται και να καταδύονται στη θάλασσα.

4. Γέμισε ένα 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.

- α) Πόση είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο μπουκάλι;
- β) Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε οινόπνευμα και το αφήνουμε. Προς τα που θα κινηθεί; Εξήγησε.
- γ) Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε αλατόνερο και το αφήνουμε. Προς τα που θα κινηθεί; Εξήγησε.


Δίνονται οι πυκνότητες: $d_{\text{νερού}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $d_{\text{οινόπνευματος}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $d_{\text{αλατόνερου}} = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

5. Να επιλέξεις τις σωστές απαντήσεις:

Ένα μπαλόνι γεμάτο με αέριο ήλιο ανυψώνεται στον αέρα γιατί:

- α) Στην ίδια πίεση η πυκνότητα του αερίου ηλίου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του αέρα
- β) Εξαιτίας της πίεσης του ηλίου που είναι μέσα στο μπαλόνι ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα πάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού.
- γ) Εξαιτίας της πίεσης του αέρα που περιβάλλει το μπαλόνι ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα πάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού .
- δ) Υπάρχει κενό αέρα πάνω από την ατμόσφαιρα.

6. Φτιάχνουμε μια κούφια σφαίρα με τη ζύμη και την κρεμάμε από το άγκιστρο ενός δυναμόμετρου και την βυθίζουμε σε υγρό. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου αλλάζει. Πως το εξηγείς;


7.  Ο ζυγός της εικόνας ισορροπεί έχοντας από τη μια πλευρά πλάκα αλουμινίου και από την άλλη μια πλάκα σιδήρου. Βυθίζουμε τις δυο πλάκες στο νερό.

A. Αν γνωρίζεις ότι η πυκνότητας του σιδήρου είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του αλουμινίου, να συγκρίνεις τις ανώσεις που δέχονται οι δυο πλάκες.

B. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Ο ζυγός:

- α) εξακολουθεί να ισορροπεί.
- β) γέρνει προς την πλευρά του σιδήρου.
- γ) γέρνει προς την πλευρά του αλουμινίου.

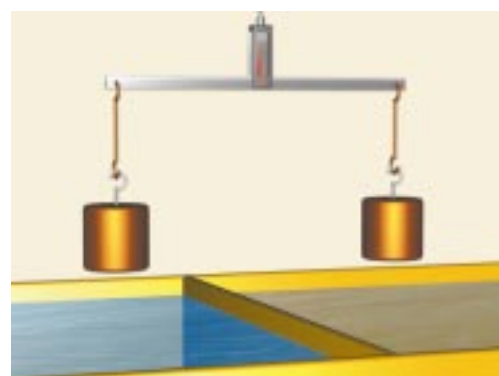


8.  Στο ζυγό ισορροπίας της εικόνας κρεμάμε δυο όμοια αντικείμενα. Βυθίσουμε το ένα σε νερό και το άλλο σε οινόπνευμα. (Η πυκνότητα του οινόπνευματος είναι μικρότερη από την πυκνότητα του νερού).

A. Να συγκρίνεις τις ανώσεις που δέχονται τα δυο αντικείμενα.


B. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Ο ζυγός:

- α) εξακολουθεί να ισορροπεί.
- β) γέρνει προς την πλευρά του νερού.
- γ) γέρνει προς την πλευρά του οινόπνευματος.



9. Το πλοίο φθάνει στο λιμάνι και ξεφορτώνει το φορτίο του.

- α) Πότε ασκείται μεγαλύτερη άνωση στο πλοίο; Όταν είναι φορτωμένο ή άδειο;
- β) Πότε βυθίζεται περισσότερο στη θάλασσα;

10.  Ένα ποτήρι είναι γεμάτο με νερό. Στην επιφάνειά του επιπλέει ένα παγάκι.

α) Το παγάκι θα επέπλεε στο οινόπνευμα;

β) Το παγάκι λιώνει. Θα χυθεί νερό από το ποτήρι;

γ) Σε μια εφημερίδα διατυπώνεται η άποψη: «Μια αύξηση της θερμοκρασίας της Γης θα είχε σαν αποτέλεσμα να λιώσουν τα παγόβουνα των πολικών περιοχών, οπότε θα ανάβει η στάθμη των ωκεανών». Συμφωνείς με την παραπάνω άποψη; Υπενθυμίζουμε ότι τα παγόβουνα προέρχονται από τους παγετώνες της ξηράς.



Δίνονται οι πυκνότητες:

$$d_{\text{νερού}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad d_{\text{οινοπνεύματος}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$

$$d_{\text{πάγου}} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad d_{\text{θαλασσινού νερού}} = 1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

11. 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 τον παρακάτω πίνακα να καθορίσεις τη διαδοχική σειρά με την οποία θα ισορροπήσουν.

Υλικό	Πυκνότητα $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Σειρά
Πετρέλαιο	0,8	
Νερό	1,0	
Φελλός	0,2	
Πάγος	0,9	
Υδράργυρος	13	
χάλυβας	8	


12. Σε μια μελλοντική αποικία στη Σελήνη κατασκευάζεται μια πισίνα. Το κολύμπι σ' αυτήν θα ήταν ευκολότερο, δυσκολότερο ή το ίδιο σε σχέση με την γη;

(Το ευκολότερο ή το δυσκολότερο καθορίζεται από τον όγκο του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό: ευκολότερο κολύμπι σημαίνει ότι βυθίζεται μικρότερος όγκος)

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

Σ' αυτές τις ασκήσεις η πυκνότητα του νερού να λαμβάνεται ίση με $\rho_{\text{νερού}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

1. Ο Γιάννης έχει μάζα 50 kg. Όταν κολυμπάει στην πισίνα:
 - α) πόσο είναι το μέτρο της άνωσης που του ασκείται;
 - β) Πόσος είναι ο όγκος του σώματος του που είναι βυθισμένος στο νερό;
2. Ένα κιβώτιο έχει σχήμα κύβου με ακμή 1m Το κιβώτιο ζυγίζει 500 kg Αν το αφήσουμε στο νερό θα επιπλεύσει η θα βυθισθεί; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.


3.  Μια κάμερα έχει βάρος 1250N και όγκο $8,3 \cdot 10^2 \text{ m}^3$. Δένεται με ένα σύρμα και βυθίζεται στο νερό. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στην κάμερα. Να υπολογίσεις το μέτρο της δύναμης που της ασκεί το σύρμα.



4. Στην εικόνα 3.15 το δυναμόμετρο δείχνει 5N. Όταν το σώμα βρίσκεται στον αέρα και 4N όταν είναι ολόκληρο βυθισμένο στο νερό. Να υπολογίσεις
 - α) την άνωση που ασκείται στο σώμα
 - β) τον όγκο του σώματος
 - γ) την πυκνότητα του σώματος.



5. 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;

6. Ποιο είναι το μέγιστο βάρος ενός σώματος που μπορεί να ανυψώσει στον αέρα ένα μπαλόνι γεμάτο με 1m^3 αερίου ηλίου;
7.  Κατά τη διεξαγωγή ενός πειράματος, ένα δοχείο με νερό τοποθετείται σε μια ζυγαριά μπάνιου. Η ζυγαριά έδειξε 195N.
 - α) Μια πέτρα με βάρος 8N προστίθεται στο δοχείο. Η πέτρα βυθίζεται στον πυθμένα του δοχείου. Τι θα δείξει η ζυγαριά;
 - β) Αφαιρούμε την πέτρα και προσθέτουμε στο δοχείο ένα ψάρι με βάρος 2N. Τι θα δείξει η ζυγαριά όταν το ψάρι κολυμπάει στο νερό του δοχείου;

Περίληψη κεφαλαίου 3: Πίεση

- Πίεση ονομάζεται το πηλίκο της κάθετης δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.
- Υδροστατική ονομάζεται η πίεση που οφείλεται στη βαρυτική έλξη.
- 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.
- Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.
- Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μειώνεται όσο αυξάνει το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Η ατμοσφαιρική πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά με το ιστορικό πείραμα του Τορικέλι και βρέθηκε ίση με 100.000 Pa (Πασκάλ).
- Εάν ένα σώμα είναι βυθισμένο σε ένα ρευστό (υγρό ή αέριο), τότε ασκείται πάνω του μια δύναμη με κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω που ονομάζεται άνωση.
- Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη η άνωση έχει μέτρο ίσο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα.
- Ένα σώμα επιπλέει όταν η άνωση ισούται με το βάρος του σώματος.
- Προϋπόθεση για να επιπλέει ένα σώμα είναι η πυκνότητα του να είναι μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού.

Β Α Σ Ι Κ Ο Ι Ο Ρ Ο Ι

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