

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΠΙΕΣΗ

4.1 Πίεση

Είναι γνωστό ότι οι χιονοδρόμοι φορούν ειδικά φαρδιά χιονοπέδιλα ώστε να μπορούν να βαδίζουν στο χιόνι χωρίς να βουλιάζουν. Θα έχετε επίσης παρατηρήσει ότι τα μεγάλα και βαριά οχήματα έχουν μεγάλα και φαρδιά ελαστικά ή ότι τα μεγάλα και βαριά ζώα έχουν επίσης φαρδιά πέλματα ώστε να μη βουλιάζουν στο έδαφος καθώς περπατάνε. 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**. Επίσης παρατηρούμε ότι αν καταδυθούμε μέσα στη θάλασσα, όσο βαθύτερα πηγαίνουμε, αισθανόμαστε τα αυτιά μας να πονάνε. Για να ερμηνεύσουμε τα φαινόμενα όπως τα παραπάνω χρειαζόμαστε την έννοια της **πίεσης**.

1. Τι είναι πίεση;

Πίεση ονομάζουμε το πηλικό της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δυναμη} \quad \text{καθετη} \quad \text{στην} \quad \text{επιφανεια}}{\text{εμβαδον} \quad \text{επιφανειας}}$$
$$p = \frac{F_k}{A}$$

Η πίεση σχετίζεται με την παραμόρφωση που μπορεί να προκαλέσει μια δύναμη σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια.

Από τη μαθηματική σχέση της πίεσης προκύπτει ότι:

Η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή.

Η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της.

Η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να καταλάβουμε γιατί χρειαζόμαστε χιονοπέδιλα για να περπατήσουμε εύκολα στο χιόνι. Καθώς βαδίζουμε ασκούμε στο έδαφος δύναμη ίση με το βάρος μας και η δύναμη αυτή εφαρμόζεται σε επιφάνεια του εδάφους ίση με το εμβαδόν που καλύπτουν τα πέλματα των παπουτσιών μας. Η επιφάνεια αυτή είναι σχετικά μικρή και για αυτό ασκούμε στο μαλακό χιόνι μεγάλη πίεση η οποία είναι δυνατόν να προκαλέσει την παραμόρφωση του στρώματος χιονιού. Αν όμως φορέσουμε φαρδιά χιονοπέδιλα, τότε το εμβαδόν της επιφάνειας πάνω στην οποία εφαρμόζεται το βάρος μας μεγαλώνει σημαντικά με αποτέλεσμα να ελαττώνεται σημαντικά και η πίεση που ασκούμε στο χιόνι και να μη βουλιάζουμε. Το ίδιο επιτυγχάνεται και με τα φαρδιά ελαστικά των μεγάλων οχημάτων, μεγαλώνοντας την επιφάνεια των ελαστικών μειώνουμε την πίεση η οποία ασκείται στο έδαφος και επομένως τα οχήματα δεν βουλιάζουν.

Μονάδα της πίεσης στο διεθνές σύστημα είναι το 1Pa. Από την μαθηματική σχέση της πίεσης προκύπτει ότι:

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

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.

2. Η πίεση και η δύναμη είναι το ίδιο πράγμα;

Η πίεση και η δύναμη δεν είναι το ίδιο πράγμα. Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια και σχετίζεται με την παραμόρφωση την οποία μπορεί να προκαλέσει η κάθετη δύναμη στην συγκεκριμένη επιφάνεια.

Οι κυριότερες διαφορές της δύναμης και της πίεσης είναι οι εξής:

Δύναμη	Πίεση
Διανυσματικό	Μονόμετρο
Μονάδα μέτρησης: 1N	Μονάδα μέτρησης: $1Pa = 1 \frac{N}{m^2}$
F	$p = \frac{F_k}{A}$

3. Ασκήσεις

1. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης $0,3m^2$ και η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι $40000 N/m^2$. Να υπολογίσετε το βάρος του.

2. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης $2m^2$ και το βάρος του είναι $2000N$. Πόση πίεση ασκεί στο έδαφος;

3. Ένα σώμα έχει βάρος 8000N και ασκεί πίεση στο έδαφος 10000N/m^2 . Να υπολογίσετε το εμβαδό βάσης του.
4. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης $0,4\text{cm}^2$ και η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι 40000 N/m^2 . Να υπολογίσετε το βάρος του.
5. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης 2mm^2 και το βάρος του είναι $0,02\text{kN}$. Πόση πίεση ασκεί στο έδαφος;
6. Μια κυρία με ψηλοτάκουνες γόβες ζυγίζει 500N και το εμβαδόν της βάσης κάθε τακουνιού της είναι $A_1=1\text{cm}^2$. Ένας ελέφαντας ζυγίζει 200000N και τα πέλματά του έχουν συνολική επιφάνεια εμβαδού $A_2=1000\text{cm}^2$. Ποιος πιέζει περισσότερο το έδαφος;

4.2 Υδροστατική Πίεση

1. Τι είναι η υδροστατική πίεση;

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. **Όλα τα σώματα όταν βρίσκονται μέσα σε ένα ρευστό δέχονται πίεση.** Έτσι όταν για παράδειγμα ένα σώμα είναι βυθισμένο μέσα στο νερό δέχεται πίεση την οποία ονομάζουμε **υδροστατική πίεση**.

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα. Αυτό σημαίνει ότι στο διάστημα που δεν υπάρχει βαρύτητα, δεν υπάρχει και υδροστατική πίεση.

Πειραματικά αποδεικνύεται ότι η υδροστατική πίεση που δέχεται μια επιφάνεια που είναι βυθισμένη σε κάποιο βάθος μέσα σε ένα υγρό **δεν εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας** και άρα η υδροστατική πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος. Δηλαδή όπως και να περιστρέψουμε την επιφάνεια, στο συγκεκριμένο βάθος η πίεση δεν αλλάζει. Η υδροστατική πίεση γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη καθώς μεγαλώνει το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σώμα, για το λόγο αυτό πονάνε τα αυτιά μας όσο προσπαθούμε να βουτήξουμε σε μεγαλύτερο βάθος. Πειραματικά επίσης διαπιστώνουμε ότι αν βυθίσουμε το ίδιο σώμα, στο ίδιο βάθος αλλά σε διαφορετικό υγρό η τιμή της υδροστατικής πίεσης αλλάζει και **εξαρτάται από την πυκνότητα του ρευστού** στο οποίο έχουμε βυθίσει το σώμα.

Νόμος της υδροστατικής πίεσης

Η υδροστατική πίεση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$p_{\text{υδρ}} = d \cdot g \cdot h$$

Προκύπτει λοιπόν ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη:

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

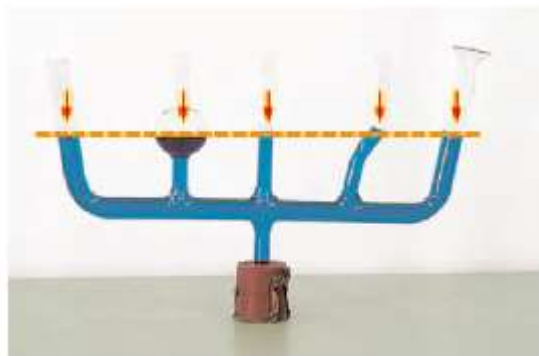
Την υδροστατική πίεση τη μετράμε με όργανα τα οποία ονομάζονται **μανόμετρα**.

Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή από τον όγκο του υγρού.

Αισθανόμαστε την ίδια πίεση είτε κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθιστεί κατά ένα μέτρο σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους στο ίδιο βάθος.

2. Τι γνωρίζετε για την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων;

Αν γεμίσουμε με νερό μια σειρά από δοχεία διαφορετικού σχήματος που συγκοινωνούν μέσω ενός σωλήνα παρατηρούμε ότι η στάθμη του υγρού σε κάθε δοχείο είναι η ίδια. Πως όμως ερμηνεύεται το φαινόμενο αυτό; Το νερό μέσα στα δοχεία ισορροπεί, αυτό συμβαίνει και στον πυθμένα των συγκοινωνούντων δοχείων που βρίσκεται ο κοινός οριζόντιος σωλήνας. Αφού λοιπόν και εκεί το νερό είναι ακίνητο σημαίνει ότι η υδροστατική πίεση στον οριζόντιο σωλήνα πρέπει να είναι η ίδια σε όλο του το μήκος. Σε αντίθετη περίπτωση αν για παράδειγμα στο αριστερό μέρος του οριζόντιου σωλήνα η πίεση ήταν μεγαλύτερη από ότι στο δεξιό μέρος του, τότε θα είχαμε ροή νερού από το αριστερό προς το δεξιό τμήμα του σωλήνα από εκεί που υπάρχει μεγαλύτερη πίεση προς την περιοχή που υπάρχει μικρότερη πίεση μέχρι να γίνει παντού η πίεση ίδια. Για να είναι όμως η πίεση παντού η ίδια στον πυθμένα του σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής



Εικόνα 4.11.

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

$p_{\text{υδρ}} = d \cdot g \cdot h$ πρέπει ο οριζόντιος σωλήνας να βρίσκεται στο ίδιο βάθος h ως προς το κάθε δοχείο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η στάθμη του νερού να βρίσκεται στο ίδιο ύψος σε κάθε ένα από τα συγκοινωνούντα δοχεία ανεξάρτητα από το μέγεθος και το σχήμα του κάθε δοχείου.

3. Ασκήσεις

1. Σε μια πισίνα με οριζόντιο πυθμένα το ύψος του νερού είναι H . Σε ένα σημείο A του νερού της πισίνας, που απέχει από τον πυθμένα απόσταση h , η υδροστατική πίεση είναι:

- α) $P_A = d_v \cdot g \cdot h$ β) $P_A = d_v \cdot g \cdot h$ γ) $P_A = d_v \cdot g \cdot (H - h)$

2. Η υδροστατική πίεση σε βάθος 20m από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 200kPa. Πόση είναι η υδροστατική πίεση:

- α) σε βάθος 5m από την επιφάνεια της θάλασσας
β) στον πυθμένα της θάλασσας που το βάθος της είναι 100m
γ) στην επιφάνεια της θάλασσας

3. Πόσο ύψος πρέπει να έχει μια κατακόρυφη στήλη νερού, ώστε να προκαλεί στη βάση της ίδια υδροστατική πίεση με αυτή που προκαλεί μια κατακόρυφη στήλη υδραργύρου ύψους 1m; Δίνονται $d_v = 1\text{g/cm}^3$ και $d_{\text{υδρ}} = 13,6\text{g/cm}^3$.

4. Ποια είναι η υδροστατική πίεση στα 5m από τον πυθμένα μιας πισίνας συνολικού βάθους 15m. Δίνονται $d_v = 1000\text{kg/m}^3$ και $g = 10\text{m/s}^2$.

5. Πόση είναι η πυκνότητα ενός υγρού το οποίο σε βάθος 2cm έχει υδροστατική πίεση 1kPa. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

6. Σε ποιο βάθος η θάλασσα έχει υδροστατική πίεση 102000Pa. Δίνονται $d_v=1020\text{kg/m}^3$ και $g=10\text{m/s}^2$.

4.3 Ατμοσφαιρική Πίεση

1. Τι είναι η ατμοσφαιρική πίεση;

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρθηκε ότι όλα τα ρευστά ασκούν πίεση στα σώματα τα οποία είναι βυθισμένα μέσα σε αυτά. Η Γη περιβάλλεται από ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα αερίων που ονομάζεται ατμοσφαιρικός αέρας. Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι διαφανής, έχει μάζα και άρα έχει και βάρος. Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελεί ένα ρευστό και επομένως θα ασκεί πίεση στα σώματα τα οποία περιβάλλει. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα της ατμόσφαιρας. Στη Σελήνη που δεν υπάρχει αέρας, δεν υπάρχει και ατμοσφαιρική πίεση. Την ατμοσφαιρική πίεση τη μετράμε με όργανα που τα ονομάζουμε **βαρόμετρα**. Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας. Όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο στο οποίο βρισκόμαστε τόσο μικρότερη είναι η ατμοσφαιρική πίεση γιατί είναι λιγότερη η ποσότητα του αέρα που βρίσκεται πάνω από εμάς και μας πιέζει με το βάρος της.

Η πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά από τον Τορικέλι ο οποίος για το σκοπό αυτό πραγματοποίησε ένα πείραμα το οποίο αναλύεται παρακάτω.

Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της Γης, στο επίπεδο της θάλασσας ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας (1atm) και ισούται περίπου με

$$1\text{atm} = 100000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Η τιμή αυτή σημαίνει ότι σε κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας ασκείται δύναμη 100000N! Σκεφθείτε ότι η επιφάνεια του σώματος μας είναι περίπου ένα με δύο τετραγωνικά μέτρα και άρα και το σώμα μας δέχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα μια τόσο μεγάλη δύναμη η οποία κανονικά έπρεπε να μας συνθλίψει. Το σώμα μας όμως είναι φτιαγμένο ώστε να έχει την ίδια πίεση στο εσωτερικό του και έτσι να αντισταθμίζεται και να εξουδετερώνεται η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης που ασκείται εξωτερικά.

Δραστηριότητα *Ακόνισε το μυαλό σου*

Ο αέρας ασκεί δυνάμεις



- Ρούφηξε νερό με ένα καλαμάκι και κλείσε το άλλο στόμιο 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;

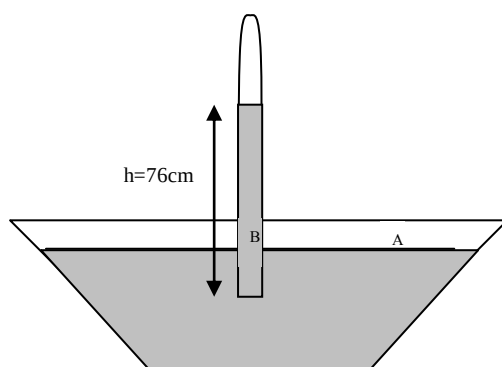
Άφησε το στόμιο ελεύθερο.

- 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;

2. Τι γνωρίζετε για το πείραμα του Τορικέλι;

Ο Τορικέλι γέμισε ένα δοχείο με υδράργυρο και πήρε ένα μακρύ γυάλινο σωλήνα τον οποίο γέμισε επίσης με υδράργυρο μέχρι το ανοιχτό στόμιο του σωλήνα. Στη συνέχεια έκλεισε με το δάχτυλο του το στόμιο του σωλήνα και τον αναποδογύρισε προσεκτικά μέσα στο δοχείο με τον υδράργυρο όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν ελευθέρωσε το στόμιο του σωλήνα απομακρύνοντας το δάχτυλο του, παρατήρησε ότι μόνο ένα μέρος από τον υδράργυρο που βρισκόταν αρχικά μέσα στο σωλήνα χύθηκε στο δοχείο και δεν χύθηκε ολόκληρη η ποσότητα του υδραργύρου όπως ίσως θα περίμενε κανένας. Τελικά διαπίστωσε ότι η στάθμη του υδραργύρου ισορρόπησε στα 76cm πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στο δοχείο.

Το γεγονός ότι ο υδράργυρος δεν πέφτει όλος μέσα στο δοχείο αποδεικνύει την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης, διότι αν δεν υπήρχε ατμοσφαιρική πίεση θα έπρεπε και στο δοχείο και στο σωλήνα ο υδράργυρος να είναι στην ίδια στάθμη σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων. **Επειδή τα σημεία A και B βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο δέχονται την ίδια πίεση και σύμφωνα με τον**



νόμο της υδροστατικής και άρα ισχύει

$$p_A = p_B$$

Το σημείο A βρίσκεται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στο δοχείο και επομένως η πίεση ασκείται από τον αέρα της ατμόσφαιρας και άρα η πίεση στο σημείο αυτό είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση δηλαδή $p_A = p_{ατμ}$.

Το σημείο B είναι μέσα στο στον αναποδογυρισμένο σωλήνα του υδραργύρου και επομένως δέχεται πίεση από τη στήλη του υδραργύρου που βρίσκεται πάνω από αυτό και επομένως $p_B = p_{υδρ}$. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την ατμοσφαιρική πίεση ως εξής:

$$p_A = p_B$$

$$p_{ατμ} = p_{υδρ}$$

$$p_{ατμ} = d_{Hg} \cdot g \cdot h$$

$$p_{ατμ} = 13600 \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,76m$$

$$p_{ατμ} = 101.293 \frac{N}{m^2}$$

όπου d_{Hg} η πυκνότητα του υδραργύρου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h το ύψος της στήλης του υδραργύρου πάνω από το σωλήνα. **Με το πείραμα του ο Τορικέλι όχι μόνο απέδειξε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης αλλά και την υπολόγισε κιόλας.** Πρακτικά μπορούμε να θυμόμαστε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου $p_{ατμ} = 100.000 \frac{N}{m^2}$.

Σημειώνουμε εδώ ότι στο χώρο πάνω από την επιφάνεια του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα δεν υπάρχει αέρας, ο χώρος είναι κενός και επομένως η πίεση στο χώρο αυτό είναι μηδενική.

3. Ασκήσεις

1. Αφού κάνουμε το πείραμα του Τορικέλι, ανοίγουμε τρύπα στο τμήμα του σωλήνα που βρίσκεται πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου του. Τι θα συμβεί;
2. Σωστό/Λάθος
 - α) Με το γνωστό του πείραμα ο Τορικέλι απέδειξε την ύπαρξη ατμοσφαιρικής πίεσης και ταυτόχρονα την υπολόγισε.
 - β) Μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το Νιούτον.
 - γ) Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ίση με $P_{\text{ατμ.}}=76\text{cm}$.
3. Με μια αντλία αφαιρούμε τον αέρα μέσα από ένα άδειο πλαστικό δοχείο λαδιού. Κατά την αφαίρεση του αέρα θα παραμορφωθεί το δοχείο;
4. Μετρώντας το ύψος της στήλης του υδραργύρου, για το πείραμα του Τορικέλι, στην κορυφή ενός βουνού, το βρίσκουμε $h=60\text{cm}$. Αν $d_{\text{υδρ}}=13,6\text{g/cm}^3$ και $g=10\text{m/s}^2$, να βρείτε την ατμοσφαιρική πίεση στην κορυφή του βουνού σε Pa και σε atm.
5. Η ατμοσφαιρική πίεση σε έναν τόπο είναι ίση με $P_{\text{ατμ.}}=9,52\text{N/cm}^2$. Αν πραγματοποιήσουμε στον τόπο αυτό το πείραμα του Τορικέλι, πόσο θα είναι το ύψος του υδραργύρου μέσα στον σωλήνα; Δίνονται $d_{\text{υδρ}}=13,6\text{g/cm}^3$ και $g=10\text{m/s}^2$.

4.4 Μετάδοση της πίεσης στα ρευστά

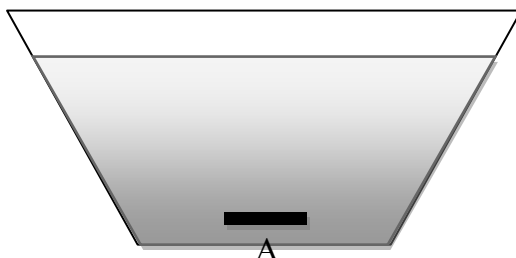
1. Τι γνωρίζετε για την αρχή του Pascal;

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal:

Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού που είναι ακίνητο προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του ρευστού.

2. Πως υπολογίζεται η ολική πίεση στον πυθμένα ενός δοχείου που περιέχει ένα ρευστό;

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο πυθμένας ενός δοχείου το οποίο περιέχει ένα υγρό δέχεται υδροστατική πίεση από το υγρό $p_{\text{υδρ}}$. Στην ελεύθερη επιφάνεια του δοχείου το υγρό είναι σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και επομένως στην επιφάνεια του υγρού η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική. **Σύμφωνα όμως με την αρχή του Pascal η πίεση που ασκείται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού μεταφέρεται σε κάθε σημείο του ρευστού και άρα και στον πυθμένα του δοχείου.**



Σε ένα οποιοδήποτε τμήμα της επιφάνειας Α του πυθμένα του δοχείου η **ολική** πίεση θα είναι αποτέλεσμα τόσο της υδροστατικής πίεσης εξαιτίας του υγρού όσο και εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης. Κατά συνέπεια:

$$P_A = P_{υδρ} + P_{ατμ}$$

3. Πως αξιοποιείται η αρχή του Pascal στην υδραυλική αντλία;

Η υδραυλική αντλία είναι μία διάταξη με την οποία μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε την δύναμη που εφαρμόζουμε σε μια επιφάνεια. Η συσκευή αποτελείται από δύο δοχεία τα οποία συγκοινωνούν μεταξύ τους και τα οποία περιέχουν κάποιο ρευστό, συνήθως κάποιο λάδι. Τα δύο δοχεία σφραγίζονται με δύο έμβολα τα οποία μπορούν να κινούνται κατακόρυφα. Τα έμβολα έχουν διαφορετικά εμβαδά όπως φαίνεται και έστω A_1 το εμβαδόν του μικρού εμβόλου και A_2 το εμβαδόν του μεγάλου εμβόλου ($A_2 > A_1$). Αν στο εμβαδόν A_1 εφαρμόσουμε εξωτερικά μια δύναμη F_1 όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί, τότε ασκούμε στο υγρό μια πρόσθετη εξωτερική πίεση:

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

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση αυτή μεταδίδεται αναλλοίωτη στο μεγάλο έμβολο. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την εμφάνιση μιας δύναμης F_2 εσωτερικά η οποία ωθεί το μεγάλο έμβολο κατακόρυφα προς τα πάνω. Επομένως και στο μεγάλο έμβολο θα ασκείται η ίδια πρόσθετη πίεση και θα ισχύει:

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα ισχύει

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

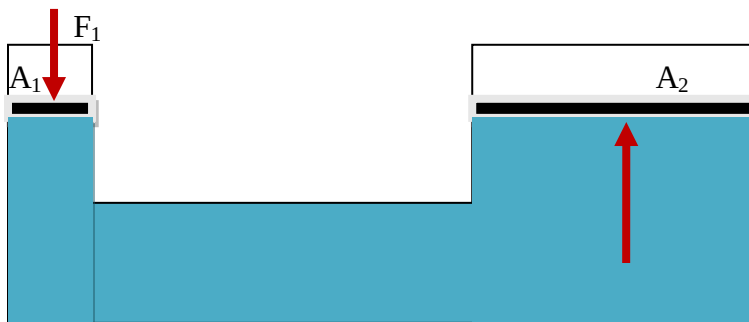
και άρα

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

αλλά επειδή ισχύει ότι

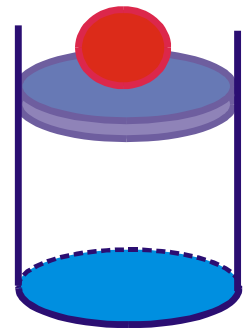
$A_2 > A_1$ θα ισχύει ότι και $F_2 > F_1$

Συνεπώς με την υδραυλική αντλία μπορούμε να **πολλαπλασιάσουμε τη δύναμη μας!**



4. Ασκήσεις

1. Σε ένα υδραυλικό πιεστήριο η δύναμη εκατονταπλασιάζεται. Αν το μικρό έμβολο είναι τετράγωνο πλευράς 2cm, πόση είναι η πλευρά του επίσης τετράγωνου μεγάλου εμβόλου;
2. Ένα κυλινδρικό δοχείο περιέχει υδράργυρο πυκνότητας $d_{\text{υδρ}}=13,6\text{g/cm}^3$. Αν η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{\text{ατμ.}}=10\text{N/cm}^2$ και η ολική πίεση στον πυθμένα του δοχείου $P_{\text{ολ}}=16,8\text{N/cm}^2$, να υπολογίσετε:
α) την $p_{\text{υδρ}}$
β) το ύψος h του υδραργύρου μέσα στο δοχείο. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.
3. Το εμβαδόν του μικρού και του μεγάλου εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι $A_1=1000\text{ cm}^2$ και $A_2=100000\text{cm}^2$ αντίστοιχα. Ένα σώμα βάρους $w=4000\text{N}$ βρίσκεται στο μεγάλο έμβολο. Ποια είναι η δύναμη F που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε να ανυψωθεί το σώμα;
4. Το εμβαδόν του μικρού και του μεγάλου εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι $A_1=10000\text{ mm}^2$ και $A_2=1000\text{cm}^2$ αντίστοιχα. Ένα σώμα βάρους $w=500\text{N}$ βρίσκεται στο μεγάλο έμβολο. Ποια είναι η δύναμη F που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε να ανυψωθεί το σώμα;
5. Το κυλινδρικό δοχείο, που εικονίζεται στο σχήμα, περιέχει νερό και φράσσεται με κινούμενο έμβολο. Το εμβαδόν της κυλινδρικής διατομής του δοχείου είναι $A=600\text{ cm}^2$ και το ύψος του νερού από τον πυθμένα 1m. Πάνω στο έμβολο τοποθετούμε σώμα βάρους $W=700\text{ N}$. Πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον πυθμένα του δοχείου;
Η πυκνότητα του νερού 1000 Kg/m^3 . Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $g=10\text{m/s}^2$.



4.5 Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη

1. Τι γνωρίζετε για την άνωση;

Όταν προσπαθούμε να βυθίσουμε ένα σώμα μέσα σε ένα ρευστό, αισθανόμαστε μια δύναμη η οποία αντιστέκεται στην προσπάθειά μας, π.χ όταν προσπαθούμε να βυθίσουμε μια πλαστική μπάλα στο νερό. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση και δίνεται από τη σχέση:

$$A = d_{\text{υγ}} \cdot g \cdot V_{\text{βυθ}}$$

όπου A η άνωση την οποία μετράμε σε νιούτον αφού είναι δύναμη, $d_{\nu\gamma}$ είναι η πυκνότητα του υγρού σε $\frac{Kg}{m^3}$ και $V_{\beta\upsilon\sigma}$ ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος μέσα στο υγρό μετρημένος σε m^3 .

- Η άνωση είναι η συνισταμένη δύναμη όλων των δυνάμεων που δέχεται το σώμα λόγω της υδροστατικής πίεσης.
- Η άνωση έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω.
- Η άνωση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που είναι βυθισμένο αλλά και από το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σώμα.
- Η άνωση εξαρτάται μονάχα από τα μεγέθη τα οποία εμφανίζονται στον μαθηματικό της τύπο δηλαδή από την πυκνότητα του ρευστού, την επιτάχυνση της βαρύτητας και από τον όγκο του σώματος ο οποίος είναι βυθισμένος στο ρευστό.

2. Τι γνωρίζετε για την αρχή του Αρχιμήδη;

Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη:

Σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε ένα υγρό, ασκείται από το υγρό κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω που ονομάζεται άνωση.

Το μέτρο της άνωσης ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα.

3. Τι είναι το φαινόμενο βάρος;

Από την προσωπική μας εμπειρία γνωρίζουμε ότι είναι πιο εύκολο να σηκώσει κανείς μια μεγάλη πέτρα όταν αυτή είναι βυθισμένη στο νερό παρά όταν η πέτρα βρίσκεται στην ξηρά. Έτσι πολλές φορές σχηματίζεται λανθασμένα η εντύπωση ότι το βάρος ενός σώματος ελαττώνεται όταν το βυθίζουμε στο

νερό. Μάλιστα αν κρεμάσουμε το σώμα από ένα δυναμόμετρο στον αέρα και παρατηρήσουμε την ένδειξη του δυναμόμετρου όταν βυθίσουμε το σώμα στο νερό θα δούμε ότι η ένδειξη ελαττώνεται. Εδώ πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι το **βάρος του σώματος είναι το ίδιο είτε το σώμα είναι στο νερό, είτε στο έδαφος, είτε στον αέρα**. Το βάρος ενός σώματος όπως ξέρουμε δεν είναι τίποτε άλλο παρά η ελκτική δύναμη από τη Γη στο σώμα και δεν μεταβάλλεται πρακτικά για μικρές υψομετρικές αλλαγές. Αφού όμως δεν αλλάζει το βάρος γιατί μειώνεται η ένδειξη του δυναμόμετρου όταν βυθίζουμε το σώμα στο νερό; Η απάντηση είναι εξαιτίας της άνωσης. Για να το κατανοήσουμε πρέπει να υπενθυμίσουμε εδώ ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου W_{ϕ} (που την ονομάζουμε φαινόμενο βάρος) είναι ίση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα. Η πέτρα και στις δύο περιπτώσεις ισορροπεί έτσι όταν βρίσκεται στον αέρα ισχύει

$$F_{\text{ολ}} = 0 \Rightarrow W = W_{\phi}$$

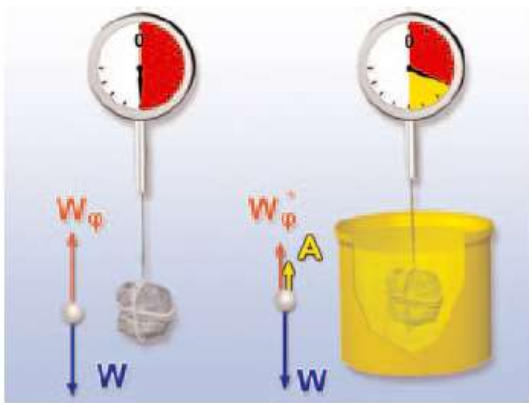
Και αντίστοιχα όταν το σώμα βρίσκεται στο νερό, πάλι από

$$F_{\text{ολ}} = 0$$

$$W_{\phi} + A - W = 0$$

$$W_{\phi} = W - A$$

τη συνθήκη ισορροπίας έχουμε



Εικόνα 4.22.

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

Από όπου προκύπτει ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου ελαττώνεται όταν το σώμα είναι βυθισμένο στο νερό εξαιτίας της ύπαρξης της άνωσης.

4. Ασκήσεις

1. Να εξηγήσετε πως τα υποβρύχια μπορούν να αναδύονται και να καταδύονται στην θάλασσα.
2. Ένα σώμα βυθισμένο στο νερό πυκνότητας $d=800\text{kg/m}^3$ δέχεται δύναμη άνωσης $A=20\text{N}$. Να υπολογίσετε τον όγκο του τμήματος του σώματος που βρίσκεται μέσα στο νερό. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.
3. Να διατυπώσετε την αρχή του Αρχιμήδη
4. Ένα σώμα βυθισμένο στο νερό πυκνότητας $d=800\text{kg/m}^3$ δέχεται άνωση A . Να υπολογίσετε τη δύναμη άνωσης A που δέχεται από το υγρό αν ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο υγρό είναι $V=0,2\text{m}^3$. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

4.6 Συνθήκη πλευσης

1. Πότε ένα σώμα επιπλέει στο νερό και πότε βυθίζεται;

Για να επιπλέει ένα σώμα, βυθισμένο ολόκληρο ή κατά ένα μέρος σε ένα ρευστό πρέπει να ισχύει:

$$A = W$$

όπου W το βάρος του σώματος και A η άνωση που δέχεται από το ρευστό.

Σύμφωνα με την συνθήκη πλευσης αν αυξηθεί το βάρος ενός σώματος που επιπλέει θα πρέπει να αυξηθεί με κάποιο τρόπο και η άνωση ώστε να εξακολουθεί να ισχύει η ισότητα $A = W$. Η άνωση όμως

γνωρίζουμε ότι δίνεται από τη σχέση $A = d_{\nu} g V_{\beta\upsilon\theta}$ και επομένως αν θεωρήσουμε ότι η πυκνότητα του υγρού και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι σταθερές ποσότητες τότε θα πρέπει να αυξηθεί ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό και άρα το σώμα βουλιάζει περισσότερο.



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.

Όλα τα σώματα που έχουν μέση πυκνότητα d_{σ} μικρότερη ή ίση από την πυκνότητα του υγρού επιπλέουν σε αυτό.

Από τη συνθήκη πλευσης $A = W$ με κάποια μαθηματική ανάλυση προκύπτει τελικά ότι όταν η πυκνότητα του ενός σώματος είναι μικρότερη από τη πυκνότητα του ρευστού που το περιβάλλει δηλαδή **αν ισχύει**

$$d_{\sigma} \leq d_{\nu\gamma}$$

τότε το σώμα επιπλέει ενώ αν η πυκνότητα του σώματος είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του ρευστού που το περιβάλλει δηλαδή όταν ισχύει

$$d_{\sigma} > d_{\nu\gamma}$$

τότε το σώμα βυθίζεται στο υγρό.

2. Ασκήσεις

1. Διαβάστε το κείμενο που ακολουθεί

Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και Μαθηματικά

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 κροκοδείλος 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 μεγάλου κροκοδείλου έχουν βρεθεί μέχρι και πέτρες μάζας 5 kg.

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.

Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

Με βάση το παραπάνω κείμενο του βιβλίου σας, μπορείτε να εξηγήσετε γιατί τα σωσίβια μας βοηθάνε να επιπλέουμε;

2. Δύο σώματα από διαφορετικά υλικά επιπλέουν στον υδράργυρο. Για να δέχονται τα σώματα την ίδια άνωση, πρέπει να έχουν:

α) ίδιο σχήμα β) ίδιο όγκο γ) ίδιο βάρος

3. Ένα καράβι που ταξιδεύει στον ωκεανό περισυλλέγει 50 ναυαγούς από ένα άλλο καράβι και συνεχίζει το ταξίδι του. Η άνωση που δέχεται τώρα το καράβι (με τους ναυαγούς) σε σχέση με αυτήν που δεχόταν πριν είναι:

α) ίδια β) μεγαλύτερη γ) μικρότερη

4. Ένα σώμα βάρους $w=20\text{N}$ και πυκνότητας $d=800\text{kg/m}^3$ επιπλέει σε νερό πυκνότητας $d_v=1000\text{kg/m}^3$. Να υπολογίσετε τον όγκο του τμήματος του σώματος που βρίσκεται έξω από το νερό. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

5. Ένας ξύλινος κύβος όγκου $V=800\text{cm}^3$ και πυκνότητας $d=600\text{kg/m}^3$ επιπλέει σε νερό πυκνότητας $d_v=1000\text{kg/m}^3$. Να υπολογίσετε τον όγκο του τμήματος του κύβου που είναι βυθισμένο μέσα στο νερό. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

6. Η Μαρία επιπλέει σε μια πισίνα. Η μάζα της Κατερίνας είναι $m=90\text{kg}$. Πόση είναι η άνωση που δέχεται από το νερό της πισίνας; Πόσος όγκος της Μαρίας είναι βυθισμένος στο νερό; Δίνεται η

πυκνότητα του νερού $d_v=1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $g=10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.