

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 πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη κάθετη στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$

$$p = \frac{F_{\text{καθ}}}{A} \quad \text{ή} \quad p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

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 ΔΕΝ είναι μονόμετρο μέγεθος. Τα βέλη στα διάφορα σχήματα δείχνουν την κατεύθυνση της δύναμης (F) που πιέζει/σπρώχνει.

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 βαθιά 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» τόσο βαθιά. Το ίδιο επιτυγχάνεται και με τα φαρδιά ελαστικά των μεγάλων οχημάτων (φορτηγών, λεωφορείων, τρακτέρ κλπ), αφού μεγαλώνοντας την επιφάνεια των ελαστικών μειώνουμε την πίεση η οποία ασκείται στον δρόμο λόγω του μεγάλου βάρους των οχημάτων και επομένως τα οχήματα δεν «βουλιάζουν».

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

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

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.



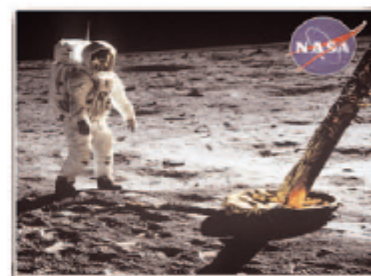
- ▶ Εκτίμησε το εμβαδόν της κόψης ενός ψαλιδιού, μετρώντας τις αντίστοιχες διαστάσεις του.
- ▶ Υπολόγισε την πίεση του ψαλιδιού σε ένα φύλλο χαρτί, αν η δύναμη που ασκείς σε αυτό καθώς το χρησιμοποιείς είναι 10 N.

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 τα 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 φυσικό μέγεθος:

Η πίεση και η δύναμη δεν είναι το ίδιο φυσικό μέγεθος.

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.

Δύναμη	Πίεση
Διανυσματικό	Δεν είναι διανυσματικό
Μονάδα μέτρησης: 1N	Μονάδα μέτρησης: $1Pa = 1 \frac{N}{m^2}$
Σύμβολο: F	Σύμβολο: p

Από την εξίσωση ορισμού της πίεσης

$$p = \frac{F_k}{A}$$

ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΚΑΙ ΟΙ ΣΧΕΣΕΙΣ $F_k = p \cdot A$ και $A = \frac{F_k}{p}$

$$p = \frac{F_k}{A} \Leftrightarrow F_k = p \cdot A \Leftrightarrow A = \frac{F_k}{p}$$

3. Ασκήσεις

(Θυμηθείτε : $1\text{cm}^2=10^{-4}\text{m}^2$, $1\text{mm}^2=10^{-6}\text{m}^2$)

1. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης $0,3\text{m}^2$ και η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι 40.000 N/m^2 . Να υπολογίσετε το βάρος του.
($w=12.000\text{N}$)

2. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης 2m^2 και το βάρος του είναι 2.000N . Πόση πίεση ασκεί στο έδαφος;
($p=1.000\text{Pa}$)

3. Ένα σώμα έχει βάρος 8.000N και ασκεί πίεση στο έδαφος 10.000N/m^2 . Να υπολογίσετε το εμβαδό βάσης του.
($A=0,8\text{ m}^2$)

4. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης $0,4\text{cm}^2$ και η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι 40.000 N/m^2 . Να υπολογίσετε το βάρος του.
($w=1,6\text{N}$)

5. Ένα σώμα έχει εμβαδό βάσης 2mm^2 και το βάρος του είναι $0,02\text{kN}$. Πόση πίεση ασκεί στο έδαφος;
($p=10^7\text{Pa}$)

6. Μια κυρία με ψηλοτάκουνες γόβες ζυγίζει 500N και το εμβαδόν της βάσης κάθε τακουριού της είναι $A_1=5\text{cm}^2$. Ένας ελέφαντας ζυγίζει 200.000N και τα πέλματά του έχουν συνολική επιφάνεια εμβαδού $A_2=1000\text{cm}^2$. Ποιος "πιέζει" περισσότερο το έδαφος; Εξηγήστε.

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

4.2.Α) Τι είναι η υδροστατική πίεση;

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία πιέζει/σπρώχνει 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, δηλαδή στο βάρος του υγρού που βρίσκεται πάνω από το σώμα και το σπρώχνει.

Αυτό σημαίνει ότι στο διάστημα που δεν υπάρχει βαρύτητα, δεν υπάρχει και υδροστατική πίεση, ενώ στη Σελήνη όπου η βαρύτητά της είναι περίπου το 1/6 της βαρύτητας στην Γη, η υδροστατική πίεση θα είναι περίπου 6 φορές μικρότερη.

Η υδροστατική πίεση **μετρείται** με ειδικά όργανα, τα **μανόμετρα**.

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**. Δηλαδή όπως και να περιστρέψουμε την επιφάνεια, στο συγκεκριμένο βάθος η πίεση δεν αλλάζει.
- Η υδροστατική πίεση **αυξάνεται καθώς μεγαλώνει το βάθος** στο οποίο βρίσκεται το σώμα, για το λόγο αυτό πονάνε τα αυτιά μας όσο προσπαθούμε να βουτήξουμε σε μεγαλύτερο βάθος.
- Η υδροστατική πίεση είναι **ανάλογη της πυκνότητας του υγρού**, δηλαδή 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:

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

Άρα η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη:

- του βάθους από την επιφάνεια του υγρού h
- της πυκνότητας του υγρού ρ
- της επιτάχυνσης της βαρύτητας g

Η υδροστατική πίεση **δεν** εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ούτε 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.

4.2.Β) Τι είναι τα συγκοινωνούντα δοχεία;



Εικόνα 4.11.

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

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 δεξί 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

$$p_{υδρ} = \rho \cdot g \cdot h$$

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. Εφαρμογές των συγκοινωνούντων δοχείων έχουμε στα υδραγωγεία, στα αρτεσιανά πηγάδια, στο αλφαδολάστιχο κ.λ.π.

Ασκήσεις

- 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:
 - $p_A = p_v + g \cdot h$
 - $p_A = \rho_v g h$
 - $p_A = \rho_v g (H - h)$
- Η υδροστατική πίεση σε βάθος 20m από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 200kPa . Πόση είναι η υδροστατική πίεση:
 - σε βάθος 5m από την επιφάνεια της θάλασσας. (50kPa)
 - στον πυθμένα της θάλασσας που το βάθος της είναι 100m . (1.000kPa)
 - στην επιφάνεια της θάλασσας.
- 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 $\rho_v = 1\text{g/cm}^3$ και $\rho_{υδρ} = 13,6\text{g/cm}^3$. Εξηγείστε. ($h_{\text{νερ}} = 13,6\text{m}$)
- Ποια είναι η υδροστατική πίεση στα 5m από τον πυθμένα μιας πισίνας συνολικού βάθους 15m . Δίνονται $\rho_v = 1000\text{kg/m}^3$ και $g = 10\text{N/kg} (=10\text{m/s}^2)$.
- Πόση είναι η πυκνότητα ενός υγρού το οποίο σε βάθος 2cm έχει υδροστατική πίεση 1kPa . Δίνεται $g = 10\text{N/kg} (=10\text{m/s}^2)$.
- Σε ποιο βάθος η θάλασσα έχει υδροστατική πίεση 102.000Pa . Δίνονται $\rho_v = 1020\text{kg/m}^3$ και $g = 10\text{N/kg}$.

4.3 Ατμοσφαιρική Πίεση

4.3.Α) Τι είναι και πού οφείλεται 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 ατμοσφαιρική πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά από τον Τορικήλι 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

$$1atm = 100.000 \frac{N}{m^2}$$

Η τιμή αυτή σημαίνει ότι σε κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας ασκείται δύναμη 100.000N! Αυτή η τιμή αντιστοιχεί περίπου με το βάρος 10 αυτοκινήτων.

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 ισορροπούν οι ασκούμενες λόγω της πίεσης δυνάμεις οπότε να εξουδετερώνεται η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης που ασκείται εξωτερικά.

ΑΚΟΝΙΣΕ ΤΟ ΜΥΑΛΟ ΣΟΥ

Δραστηριότητα

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;

Άφησε το στόμιο ελεύθερο.

▶ Τι παρατηρείς; Εξήγησε.

▶ Μπορείς τώρα να ερμηνεύσεις πώς πίνεις την πορτοκαλάδα με το καλαμάκι;

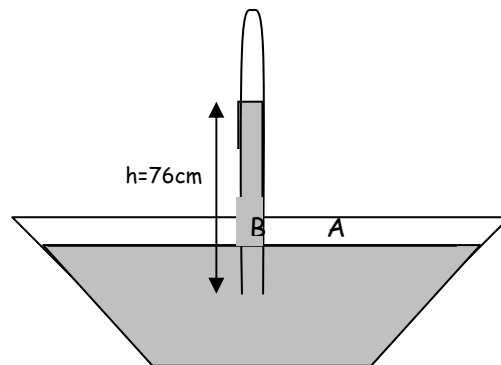
▶ Μπορείς να βρεις τις ομοιότητες της παραπάνω δραστηριότητας με το πείραμα του Τορικήλι;

4.3.Β) Περιγράψτε 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 Α και Β βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο δέχονται την ίδια πίεση σύμφωνα με τον νόμο της υδροστατικής και άρα ισχύει $p_A = p_B$



Το σημείο Α 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 Β 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:

όπου

ρ_{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

$$p_{ατμ} = 100.000 \frac{N}{m^2} = 10^5 Pa = 1 atm$$

$$p_A = p_B \rightarrow p_{ατμ} = p_{υδρ} \rightarrow p_{ατμ} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$$

$$\rightarrow p_{ατμ} = 13.600 \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{N}{kg} \cdot 0,76m$$

$$\rightarrow p_{ατμ} = 101.396,16 \frac{N}{m^2}$$

Προσοχή! Στο χώρο πάνω από την επιφάνεια του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα **δεν** υπάρχει αέρας, ο χώρος θεωρείται **κενός** και επομένως η πίεση στο χώρο αυτό είναι πρακτικά **μηδενική**.

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 1N (Νιούτον).
 - γ) Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ίση με $p_{ατμ.}=76\text{cm}$.
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 $\rho_{υδρ}=13,6\text{g/cm}^3$ 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 $P_{ατμ.}=9,52\text{N/cm}^2$. Αν πραγματοποιήσουμε στον τόπο αυτό το πείραμα του Τορικέλι, πόσο θα είναι το ύψος του υδραργύρου μέσα στον σωλήνα; Δίνονται $\rho_{υδρ}=13,6\text{g/cm}^3$ και $g=10\text{m/s}^2$.

4.4 Μετάδοση της πίεσης στα ρευστά

4.4.A) Ποια είναι η αρχή του Pascal; Πού εφαρμόζεται; Τι επιτυγχάνουμε με την εφαρμογή της;

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.

Η αρχή του Pascal **βρίσκει εφαρμογή** στα υδραυλικά πιεστήρια, στα φρένα αυτοκινήτων, στους «γρύλλους» των συνεργείων (υδραυλικούς ανυψωτήρες) κ.α. .Με την βοήθεια της Αρχής του Pascal, καταφέρνουμε να πολλαπλασιάσουμε/"μεγαλώσουμε" τις μυϊκές μας δυνάμεις και όχι μόνο.

4.4.B) 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 $p_{υδρ}$. 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 A 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:

$$P_A = P_{υδρ} + P_{ατμ}$$

4.4.Γ) Πως αξιοποιείται η αρχή του Pascal στο υδραυλικό πιεστήριο;

Το υδραυλικό πιεστήριο είναι μια 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 (ορυκτέλαιο). 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 στο εσωτερικό η οποία σπρώχνει το μεγάλο έμβολο κατακόρυφα προς τα πάνω. Επομένως και στο μεγάλο έμβολο θα ασκείται η ίδια πρόσθετη πίεση και θα ισχύει:

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

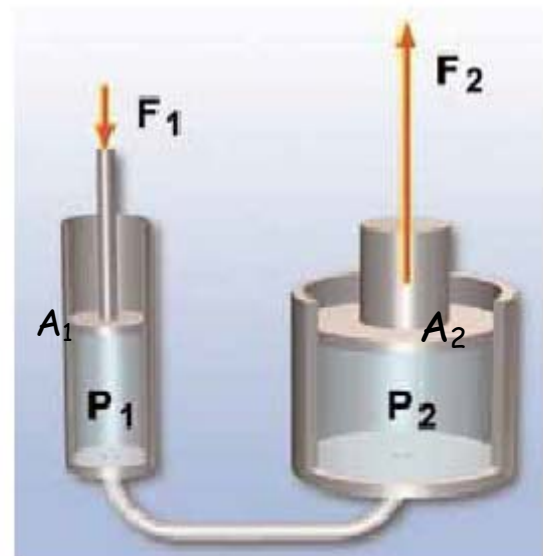
Σύμφωνα με τα παραπάνω θα ισχύει

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

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!



Εικόνα 4.19.
Αρχή του Pascal
Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πιεστήριου.

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 $\rho_{\text{υδρ}}=13,6\text{g/cm}^3$. 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 $\rho_{\text{υδρ}}$
 - β) το ύψος h του υδραργύρου μέσα στο δοχείο. Δίνεται $g=10\text{N/kg}$.
3. Το εμβαδόν του μικρού και του μεγάλου εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι $A_1=1.000\text{ cm}^2$ και $A_2=100.000\text{cm}^2$ αντίστοιχα. Ένα σώμα βάρους $w=4.000\text{N}$ 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 $A_1=10\text{ mm}^2$ 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 $g=10\text{m/s}^2=10\text{ N/kg}$.

