

4.2 Υδροστατική πίεση

ΟΡΙΣΜΟΙ

Μανόμετρα ονομάζονται τα όργανα με τα οποία μετράμε την υδροστατική πίεση.

Συγκοινωνούντα δοχεία είναι μια σειρά από δοχεία γενικά διαφορετικού σχήματος, τα οποία συγκοινωνούν μέσω ενός σωλήνα, ώστε να μπορεί ένα υγρό να κινείται ελεύθερα από το ένα δοχείο στο άλλο.

ΝΟΜΟΙ - ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

Υδροστατική πίεση βάσει του ορισμού της πίεσης.

Η υδροστατική πίεση p στον πυθμένα ενός δοχείου, από υγρό που ισορροπεί, είναι ίση με το πηλίκο του βάρους w του υγρού προς το εμβαδόν A του πυθμένα: $p = \frac{w}{A}$.

Νόμος της υδροστατικής πίεσης.

Η υδροστατική πίεση p είναι ανάλογη:

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

$$p = \rho \cdot g \cdot h.$$

Πιεστική δύναμη που δέχεται μια επιφάνεια από υγρό στο οποίο είναι βυθισμένη.

$$F = p \cdot A \Rightarrow F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$$

(ΚΑΝΟΥΜΕ ΤΟ ΑΠΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 1).

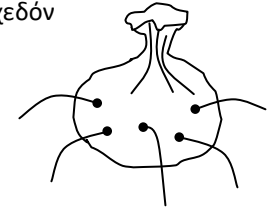
Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων.

Σε συγκοινωνούντα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού που ισορροπεί βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο σε όλα τα δοχεία, που σημαίνει ότι δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος, δηλαδή στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

ΑΠΛΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

1. Η πιεστική δύναμη που δέχονται τα τοιχώματα ενός δοχείου από το υγρό που περιέχουν και η κατεύθυνση της δύναμης αυτής.

Παίρνουμε μια μικρή διαφανή σακούλα και τη γεμίζουμε σχεδόν με νερό. Κρατώντας την στο ένα χέρι, την περιστρέφουμε ώστε να τυλιχτεί σφιχτά ο «λαιμός» της. Παρατηρούμε ότι η σακούλα φουσκώνει. Αυτό βέβαια γίνεται, επειδή σε κάθε σημείο του νερού και στα τοιχώματα της σακούλας ασκούνται πιεστικές δυνάμεις. Κρατώντας τη σακούλα ανοίγουμε με μια βελόνα μερικές τρύπες σ' αυτήν.



Παρατηρούμε ότι λεπτές φλέβες του νερού εκτινάσσονται κάθετα προς την επιφάνεια της σακούλας. Αυτό σημαίνει ότι οι πιεστικές δυνάμεις έχουν κατεύθυνση κάθετη προς τα τοιχώματα της σακούλας. Οι δυνάμεις αυτές είναι η αιτία που εκτινάσσεται το νερό, καθώς προσδίδουν επιτάχυνση στις μάζες νερού που βρίσκονται κοντά στα τοιχώματα.

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...

- Δώστε μια εξήγηση για την προέλευση της υδροστατικής πίεσης, χρησιμοποιώντας και την έννοια των μορίων.
- Ποιος είναι ο τρόπος λειτουργίας ενός μανομέτρου με υγρό (ανοιχτό μανόμετρο);
- Πώς αποδεικνύεται η εξίσωση της υδροστατικής πίεσης, με βάση τον ορισμό της πίεσης; Ποια μορφή έχει η γραφική παράσταση της υδροστατικής πίεσης ενός υγρού σε συνάρτηση με το βάθος από την επιφάνειά του;
- Ποια είναι η εξίσωση του μέτρου της πιεστικής δύναμης που δέχεται μια επιφάνεια από υγρό στο οποίο είναι βυθισμένη και σε ποια κατεύθυνση επιδρά η δύναμη αυτή;
- Γιατί τα φράγματα κατασκευάζονται παχύτερα στη βάση τους και λεπτότερα στην κορυφή;
- Πότε υπάρχει ροή υγρού σε ένα οριζόντιο σωλήνα;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Χαρακτηρίστε τις προτάσεις σωστές ή λανθασμένες:

α) Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που είναι βυθισμένη στο υγρό που ισορροπεί.

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

γ) Σε συγκοινωνούντα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού βρίσκεται σε διαφορετικό οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με το σχήμα των δοχείων.

δ) Δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος.

2. 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 p είναι (ρ είναι η πυκνότητα του νερού και g η επιτάχυνση της βαρύτητας):

α) $p = \rho gh$ β) $p = \rho gH$ γ) $p = \rho g(H - h)$ δ) $p = \rho g(H+h)$.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 1 m μιας λίμνης και στο ίδιο βάθος μιας πισίνας, θεωρώντας ότι η πυκνότητα του νερού είναι 1.000 kg/m^3 και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $9,8 \text{ m/s}^2$.

[Απ: $p = 9800 \text{ Pa}$]

2. Πόση είναι η υδροστατική πίεση στα 5 m από τον πυθμένα μιας πισίνας συνολικού βάθους 15 m; Δίνονται η πυκνότητα του νερού $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

3. Σε ποιο βάθος η θάλασσα έχει υδροστατική πίεση 102.000 Pa ; Δίνονται η πυκνότητα του θαλασσινού νερού $\rho = 1.020 \text{ kg/m}^3$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

4. Πόση είναι η πυκνότητα ενός υγρού το οποίο, όταν ισορροπεί, προκαλεί υδροστατική πίεση 1 kPa σε βάθος 2 cm; Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

5. Πόσο ύψος πρέπει να έχει μια κατακόρυφη στήλη νερού, ώστε να προκαλεί στη βάση της ίδια υδροστατική πίεση με αυτήν που προκαλεί μια κατακόρυφη στήλη υδραργύρου ύψους 1 m; Δίνονται η πυκνότητα του νερού $\rho_v = 1.000 \text{ kg/m}^3$ και η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_u = 13.600 \text{ kg/m}^3$.

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

α) σε βάθος 5 m από την επιφάνεια της θάλασσας,

β) στον πυθμένα της θάλασσας που το βάθος της είναι 100 m,

γ) στην επιφάνεια της θάλασσας;

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

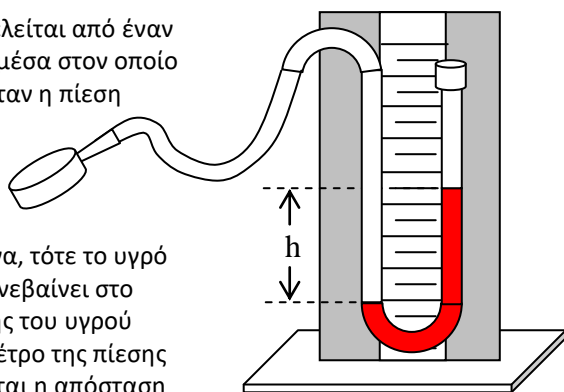
7. Να υπολογίσετε το μέτρο της πιεστικής δύναμης που δέχεται από το νερό κάθε 1 cm^2 της πλάτης μας όταν κολυμπάμε μπρούμυτα σε βάθος 5 cm από τη στάθμη του νερού σε μια πισίνα. Θεωρήστε την πυκνότητα του νερού $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ και την επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

[Απ: $F = 0,049 \text{ N}$]

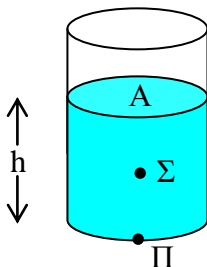
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ «ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...»

1. Γενικά τα υγρά ασκούν πιέσεις για τον εξής λόγο: η βαρυτική δύναμη της Γης έλκει κάθε μόριο ενός υγρού κατακόρυφα προς τα κάτω. Με τον τρόπο αυτό το νερό συγκρατείται στις θάλασσες, στις λίμνες, στις δεξαμενές, στο ποτήρι μας και γενικά σε οποιοδήποτε σχήματος δοχείο όπου περιέχεται. Καθώς η βαρυτική δύναμη «σπρώχνει» τα μόρια του υγρού προς τον πυθμένα του δοχείου, προκύπτει πίεση. Αυτή η πίεση που οφείλεται στο βάρος του υγρού είναι η υδροστατική πίεση και σε ένα δοχείο με ακίνητο υγρό υπάρχει τόσο στον πυθμένα και στα τοιχώματα του δοχείου, όσο και σε κάθε σημείο του υγρού και στην επιφάνεια κάθε αντικειμένου που βρίσκεται μέσα στο υγρό (π.χ. σε έναν κολυμβητή).

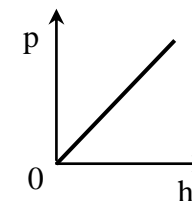
2. Ένα ανοιχτό μανόμετρο αποτελείται από έναν λυγισμένο σωλήνα σε σχήμα U, μέσα στον οποίο υπάρχει χρωματισμένο υγρό. Όταν η πίεση είναι ίδια και στα δυο σκέλη του σωλήνα του μανόμετρου, το υγρό βρίσκεται στο ίδιο ύψος. Όταν όμως δημιουργείται πίεση στο ένα σκέλος του σωλήνα, τότε το υγρό κατεβαίνει στο ένα σκέλος και ανεβαίνει στο άλλο σκέλος. Η διαφορά στάθμης του υγρού h στα δυο σκέλη αποτελεί ένα μέτρο της πίεσης που δημιουργείται. Όσο αυξάνεται η απόσταση h , τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση αυτή. Για τη χρησιμοποίηση του οργάνου στη μέτρηση των πιέσεων στα υγρά, εφοδιάζεται με τη μανομετρική κάψα, που μεταβιβάζει την πίεση των υγρών στο μανόμετρο. Αυτή είναι ένα μικρό δοχείο που έχει στο στόμιό του μια λεπτή ελαστική μεμβράνη. Όταν πιέζεται η μεμβράνη, πιέζεται και ο αέρας που υπάρχει μέσα στην κάψα και η πίεση αυτή μέσω του λεπτού σωλήνα μεταφέρεται στο μανόμετρο.



3. Θεωρούμε ένα υγρό πυκνότητας ρ που βρίσκεται σε π.χ. κυλινδρικό δοχείο και το ύψος της στάθμης του από τον πυθμένα είναι h . Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα οφείλεται στο βάρος w του υγρού και σύμφωνα με τον ορισμό της πίεσης υπολογίζεται με τη διαίρεση του βάρους w με το εμβαδόν A της επιφάνειας του πυθμένα: $p = \frac{w}{A}$ (1). Το βάρος του υγρού είναι $w = m \cdot g$ (2), όπου m η μάζα του και g η επιτάχυνση της βαρύτητας. Από την εξίσωση της



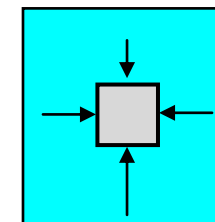
πυκνότητας είναι $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$ (3), όπου V ο όγκος του υγρού. Επειδή το δοχείο έχει κυλινδρικό σχήμα και επειδή κάθε υγρό έχει το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχεται, από την εξίσωση (όγκος κυλίνδρου) = (εμβαδόν βάσης) \cdot (ύψος), βρίσκουμε ότι ο όγκος του υγρού είναι $V = A \cdot h$ (4). Με βάση τις (2), (3) και (4), εξίσωση (1) δίνει για την υδροστατική πίεση $p = \frac{m \cdot g}{A} \Rightarrow p = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} \Rightarrow p = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} \Rightarrow p = \rho \cdot h \cdot g$. Η τελευταία εξίσωση ισχύει όχι μόνο για τα σημεία του πυθμένα (Π) αλλά για όλα τα σημεία του υγρού (Σ), αρκεί να βάλουμε το αντίστοιχο βάθος. Από την εξίσωση αυτή βλέπουμε ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το βάθος και επομένως η γραφική παράσταση $p(h)$ είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.



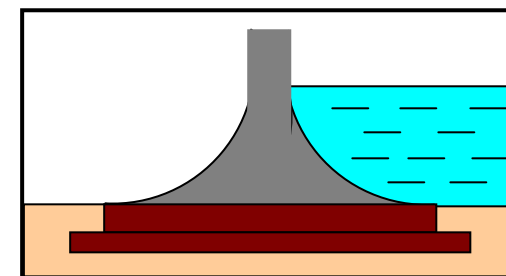
4. Από τον ορισμό της πίεσης προκύπτει για τη δύναμη η εξίσωση $F = p \cdot A$. Επομένως, σε ένα δοχείο με υγρό, σε μια δεξαμενή, σε μια λίμνη κ.τ.λ. η τιμή της δύναμης από το νερό σε κάθε επιφάνεια η οποία βρίσκεται σε επαφή με αυτό μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση ορισμού της πίεσης p , αν θέσουμε p την υδροστατική πίεση:

$$F = p \cdot A \Rightarrow F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A.$$

Η δύναμη αυτή, την οποία ονομάζουμε πιεστική δύναμη, επιδρά σε κατεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια που αλληλεπιδρά με το νερό.



5. Τα φράγματα (υδατοφράχτες) που υπάρχουν σε πολλές λίμνες κατασκευάζονται έτσι ώστε τα τοιχώματά τους να είναι πολύ πιο πλατιά στη βάση απ' ό τι στην κορυφή, για να αντέχουν στις τεράστιες πιεστικές δυνάμεις που προκαλούνται από το βάρος του νερού. Οι δυνάμεις αυτές αυξάνονται καθώς αυξάνεται το βάθος, αφού είναι $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$.



6. Για έχουμε ροή υγρού σε έναν οριζόντιο σωλήνα, πρέπει να υπάρχει στα άκρα του υγρού του σωλήνα διαφορά πίεσεως. Π.χ. στον οριζόντιο σωλήνα δυο συγκοινωνούντων δοχείων, ροή θα υπάρχει αν δεν είναι ίδια η στάθμη του υγρού στους σωλήνες και θα κρατήσει μέχρι να εξισωθούν οι στάθμες. Τότε το υγρό θα ισορροπήσει.