

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΘΕΩΡΙΑ

Εισαγωγικές γνώσεις

Πυκνότητα, ρ , ενός υλικού ονομάζουμε τη μάζα του υλικού ανά μονάδα όγκου: $\rho = m/V$

☆ με μονάδα στο S.I. το $1\text{Kg}/\text{m}^3$

Πίεση, ονομάζουμε το φυσικό μονόμετρο μέγεθος που έχει μέτρο το πηλίκο της δύναμης dF που ασκείται κάθετα σε μια μικρή επιφάνεια, προς το εμβαδό dA της επιφάνειας αυτής: $P = \frac{dF}{dA}$. Αν η πίεση είναι ίδια σε όλα τα σημεία μιας επιφάνειας εμβαδού A τότε ισχύει $P = \frac{F}{A}$

☆ Η μονάδα της πίεσης στο S.I. είναι το $1\text{N}/\text{m}^2 = 1\text{ Pascal} = 1\text{ Pa}$.

Ρευστά ονομάζουμε τα σώματα που έχουν την δυνατότητα να ρέουν. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μόρια τους βρίσκονται σε διαρκή τυχαία κίνηση αλλάζοντας συνεχώς θέσεις. Την ιδιότητα αυτή έχουν τα υγρά και τα αέρια.

Η ροή στα ρευστά γίνεται από τα σημεία με υψηλή πίεση προς τα σημεία με χαμηλότερη πίεση.

Τα υγρά είναι πρακτικά **ασυμπίεστα**, γιατί όταν τους εφαρμοστεί εξωτερική πίεση δεν μεταβάλλονται οι αποστάσεις των μορίων τους (που είναι πολύ μικρές), ενώ τα αέρια είναι **συμπιεστά** δηλαδή μεταβάλλουν τον όγκο τους με μεταβολή της πίεσης τους. Τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχονται, έχουν όμως σταθερό όγκο για σταθερή θερμοκρασία. Τα αέρια δεν έχουν ούτε σχήμα ούτε σταθερό όγκο αλλά καταλαμβάνουν όλο τον όγκο του δοχείου στον οποίο βρίσκονται.

Υγρά σε ισορροπία

Η πίεση στα υγρά

Η πίεση στα διάφορα σημεία του χώρου που καταλαμβάνει ένα υγρό οφείλεται στο βάρος του υγρού και σε κάποιο εξωτερικό αίτιο. Παραδείγματα εξωτερικών αιτιών είναι η ατμοσφαιρική πίεση και η πίεση που προκαλείται μέσω ενός εμβόλου.

Το υγρό ασκεί δύναμη κάθετη σε κάθε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με αυτό, δηλαδή στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει και στην επιφάνεια ενός σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό. Ένα υγρό σε ηρεμία, προκαλεί την ίδια πίεση προς όλες τις κατευθύνσεις σε ορισμένο βάθος. Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στην **αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων**, σύμφωνα με την οποία:

Δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί, όταν βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, έχουν την ίδια ολική πίεση.

Υδροστατική πίεση

Η πίεση που επικρατεί σε ένα υγρό λόγω του βάρους του ονομάζεται **υδροστατική πίεση** και υπολογίζεται ως εξής: έστω ένα σημείο σε βάθος h κάτω από την επιφάνεια του υγρού. Θεωρούμε μία οριζόντια επιφάνεια εμβαδού A στο βάθος h , οπότε η πίεση εξαιτίας του υγρού οφείλεται στο βάρος w της στήλης του υγρού πάνω από την επιφάνεια. Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε:

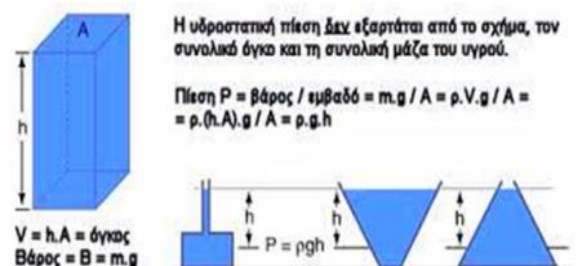
$$P = \frac{F}{A} = \frac{w}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh \quad \text{ή} \quad P = \rho gh \quad (1)$$

Βλέπουμε λοιπόν ότι η υδροστατική πίεση, p , που επικρατεί σε ένα υγρό αυξάνεται γραμμικά με το βάθος, h . Αυτός είναι ο λόγος που τα φράγματα είναι πλατιά στη βάση τους και πιο στενά στη κορυφή τους.

Είναι προφανές ότι αν το ρευστό βρεθεί εκτός πεδίου βαρύτητας, η υδροστατική πίεση μηδενίζεται.

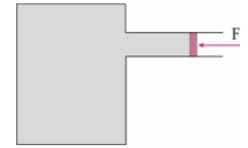
Σημειώνουμε ότι η σχέση $p = \rho gh$ μας δίνει μόνο την υδροστατική πίεση σε βάθος h . Καλύτερα να έχουμε κατά νου ότι η παραπάνω σχέση υπολογίζει τη διαφορά πίεσης δύο σημείων του υγρού που απέχουν μεταξύ τους κατακόρυφα κατά h .

Έτσι, σε ανοιχτό δοχείο, που περιέχει υγρό, η ελεύθερη επιφάνεια του επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα και η ολική πίεση σε βάθος h είναι: $p = p_{\text{ατμ}} + \rho gh \quad (2)$



Αρχή του Pascal

Βασικός νόμος της υδροστατικής είναι ο νόμος ή η αρχή του Pascal σύμφωνα με την οποία: η πίεση που δημιουργεί ένα εξωτερικό αίτιο σε κάποιο σημείο του υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του και στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει.



Στο σχήμα δείχνεται ένα κλειστό δοχείο που περιέχει υγρό. Η πρόσθετη πίεση που προκαλείται μέσω του εμβόλου, $\frac{\Delta F}{A}$, μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του υγρού.

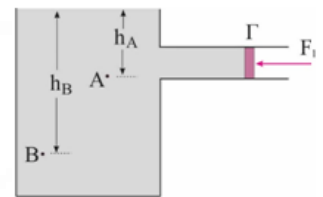
Συνέπειες της αρχής του Pascal

Η αρχή του Pascal μας επιτρέπει να υπολογίσουμε την ολική πίεση που επικρατεί σε ένα υγρό είτε αυτό βρίσκεται σε κλειστό είτε σε ανοικτό δοχείο. Η αρχή του Pascal ισχύει μόνο για ασυμπίεστα ρευστά.

Έτσι, στο ανοικτό δοχείο του διπλανού σχήματος η εξωτερική πίεση του εμβόλου δεν μεταδίδεται. Το έμβολο λειτουργεί απλά ως τμήμα του πλευρικού τοιχώματος του δοχείου και η εξωτερική δύναμη F_1 εξισορροπεί τη δύναμη που ασκεί το υγρό στο έμβολο. Όμως η ατμοσφαιρική πίεση μέσω της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού μεταφέρεται σε όλα τα σημεία του υγρού με αποτέλεσμα η πίεση στα σημεία A και B να είναι:

$$p_A = p_{\text{ατμ}} + \rho g h_A \quad \text{και} \quad p_B = p_{\text{ατμ}} + \rho g h_B \quad \text{με} \quad p_B > p_A .$$

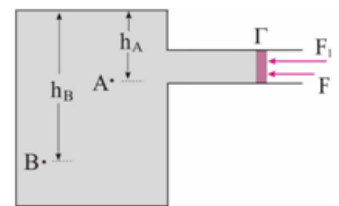
Στη περίπτωση που το δοχείο βρεθεί εκτός πεδίου βαρύτητας, η πίεση σε όλα τα σημεία του θα είναι $p_A = p_B = 0$.



Στο διπλανό σχήμα δείχνεται το προηγούμενο δοχείο ερμητικά κλειστό. Αν F είναι η εφαρμοζόμενη πρόσθετη δύναμη στο έμβολο εμβαδού A , δημιουργείται πρόσθετη πίεση $\frac{F}{A}$ και η ολική πίεση στα σημεία A και B είναι αντίστοιχα:

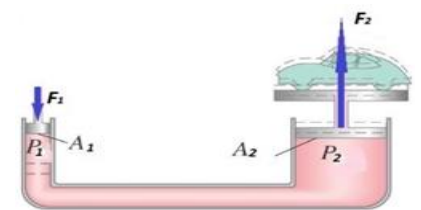
$$p_A = \frac{F}{A} + p_{\text{ατμ}} + \rho g h_A \quad \text{και} \quad p_B = \frac{F}{A} + p_{\text{ατμ}} + \rho g h_B \quad \text{με} \quad p_B > p_A .$$

Στη περίπτωση που το δοχείο βρεθεί εκτός πεδίου βαρύτητας, η πίεση σε όλα τα σημεία του θα είναι: $p_A = p_B = p_{\text{εμβ}} = \frac{F}{A}$.



Εφαρμογές της αρχής του Pascal

Η λειτουργία ενός υδραυλικού ανυψωτή, στηρίζεται στην αρχή του Pascal. Ένα έμβολο με μικρή διατομή A_1 ασκεί μία πρόσθετη δύναμη F_1 στην επιφάνεια του υγρού. Η δημιουργούμενη πρόσθετη πίεση, $p = \frac{F_1}{A_1}$, μεταδίδεται σε όλα τα σημεία του υγρού, άρα και στο έμβολο διατομής A_2 δηλαδή, $p = \frac{F_2}{A_2}$. Η πρόσθετη δύναμη F_2 που ασκείται στο μεγάλο έμβολο από το υγρό επομένως είναι $F_2 = p A_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} > F_1$. Άρα ο υδραυλικός ανυψωτής πολλαπλασιάζει τη δύναμη κατά παράγοντα ίσο με το λόγο των εμβαδών των δύο εμβόλων.



Άλλες εφαρμογές που χρησιμοποιούν την αρχή του Pascal είναι ο υδραυλικός ανελκυστήρας, η οδοντιατρική πολυθρόνα, ο υδραυλικός γρύλλος και το σύστημα φρεναρίσματος ενός αυτοκινήτου, που περιγράφεται στη συνέχεια (βλ. διπλανό σχήμα). Όταν ο οδηγός πιέζει το πεντάλ, η πίεση στον κύριο κύλινδρο αυξάνεται. Αυτή η αύξηση της πίεσης μεταφέρεται στο υγρό των φρένων σύμφωνα με την αρχή του Pascal, ωθώντας τελικά τα τακάκια στους δίσκους που είναι συνδεδεμένοι στους τροχούς του αυτοκινήτου, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση του οχήματος.

