

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

Πίεση

Εάν σε στοιχειώδες τμήμα της επιφάνειας dS ενός σώματος ασκείται δύναμη dF , το πηλίκο

$$p = \frac{dF}{dS}$$

ονομάζεται πίεση.

Εάν η δύναμη F είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια S τότε η πίεση είναι σταθερή και δίνεται από τη σχέση

$$p = \frac{F}{S}$$

Μονάδες μέτρησης πίεσης

Pascal (Pa)

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

Τεχνητή ατμόσφαιρα

$$1 \text{ at} = 1 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2} = 0.981 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Φυσική ατμόσφαιρα

$$1 \text{ Atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Άλλες μονάδες

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg} = \frac{1}{760} \text{ Atm}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ Atm}$$

Υδροστατική πίεση

Η πίεση P σε βάθος h από την επιφάνεια του υγρού είναι κάθετη στην επιφάνεια και δίνεται από τη σχέση

$$P = P_{εξ} + \rho gh \quad (1.9)$$

όπου $P_{εξ}$ η πίεση στην επιφάνεια του υγρού, ρ η πυκνότητα και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Συμπέρασμα: Η πίεση στο εσωτερικό ενός υγρού είναι σταθερή σε όλα τα επίπεδα και εξαρτάται μόνο από το βάθος h .

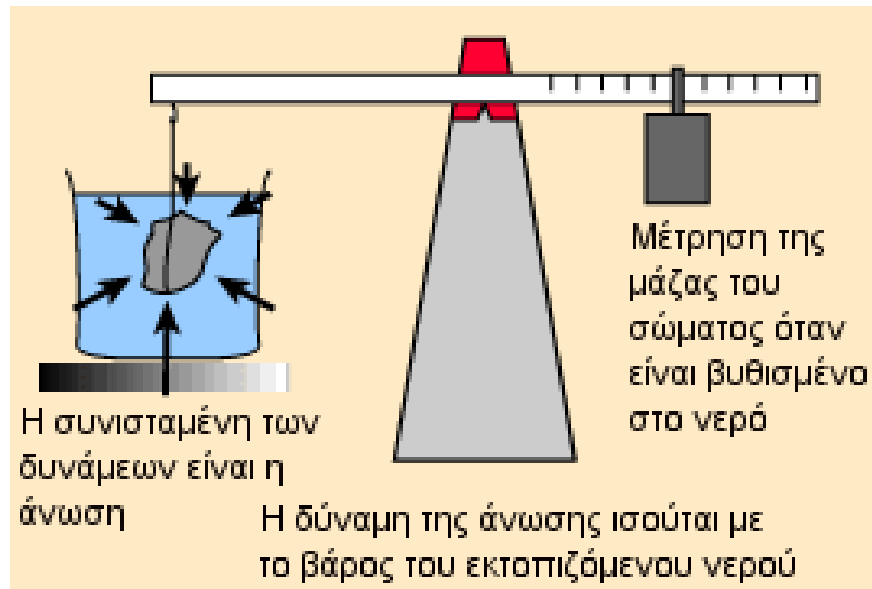
Αρχή του Pascal: Η πίεση που εφαρμόζεται σε ένα ρευστό μεταδίδεται αμείωτη σε όλο τον όγκο του ρευστού και των τοιχωμάτων με τα οποία έρχεται σε επαφή



Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων: η στάθμη ενός υγρού βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο για δύο ή περισσότερα δοχεία που επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από το σχήμα και το μέγεθός τους.

Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη

Αρχή του Αρχιμήδη: η άνωση που ασκείται σε ένα σώμα είναι ίση με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζεται από το σώμα.



$$A = B_{\text{υγρ}} = m_{\text{υγρ}} g = \rho_{\text{υγρ}} g V$$

Επομένως, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκείται σε ένα σώμα που βρίσκεται βυθισμένο μέσα σε υγρό είναι

$$F_{ολ} = B - A = (\rho_{σωμ} - \rho_{υγρ}) gV$$

Άρα

- 1) Εάν $\rho_{σωμ} > \rho_{υγρ}$ η συνισταμένη των δυνάμεων θα είναι προς τα κάτω – το σώμα θα βυθίζεται –
- 2) Εάν $\rho_{σωμ} < \rho_{υγρ}$ η συνισταμένη των δυνάμεων θα είναι προς τα επάνω – το σώμα θα επιπλέει.
- 3) Εάν $\rho_{σωμ} = \rho_{υγρ}$ το σώμα θα ισορροπεί σε οποιαδήποτε θέση μέσα στο υγρό.

Αεροστατική

Τα αέρια είναι συμπιεστά και η πυκνότητα στα κατώτερα στρώματα του αερίου είναι υψηλότερη σε σχέση με τα ανώτερα.

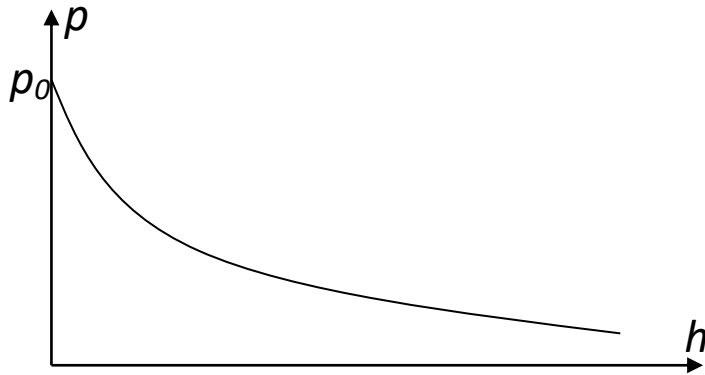
Η πυκνότητα ενός αερίου υπό την επίδραση βαρυτικού πεδίου μειώνεται εκθετικά με το ύψος

$$\rho = \rho_0 e^{-ch}$$

όπου ρ_0 η πυκνότητα στο κατώτερο στρώμα του αερίου, h το ύψος και c μία σταθερά.

Σύμφωνα με το νόμο των Boyle-Mariotte η πίεση ακολουθεί παρόμοια σχέση

$$p = p_0 e^{-ch}$$



Στα αέρια ισχύει και η αρχή του Αρχιμήδη: Δηλαδή ένα σώμα που βρίσκεται μέσα σε αέριο υφίσταται άνωση ίση με το βάρος του αερίου που εκτοπίζει.

Εφαρμογή: Αερόστατα

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ - ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Ο χώρος μέσα στον οποίο κινείται ένα ρευστό ονομάζεται **πεδίο ροής**

Καθορίζεται πλήρως εάν είναι γνωστή η ταχύτητα $\vec{v}$ του ρευστού σε κάθε σημείο (x,y,z) του πεδίου ροής για οποιαδήποτε χρονική στιγμή t .

Το διανυσματικό πεδίο $\vec{v}(x,y,z,t)$ ονομάζεται **πεδίο ταχυτήτων**

Εάν το πεδίο ταχυτήτων είναι ανεξάρτητο του χρόνου το πεδίο ροής ονομάζεται **μόνιμο ή στρωτό**.

Μόνιμο πεδίο ροής έχουμε συνήθως όταν η ταχύτητα του ρευστού είναι μικρή και η ροή γίνεται μέσα ή γύρω από ομαλές επιφάνειες.

Εάν η ταχύτητα σε ορισμένα ή και σε όλα τα σημεία του πεδίου ροής μεταβάλλεται με το χρόνο τότε το πεδίο ονομάζεται **μη μόνιμο ή τυρβώδες**

Μη μόνιμη ροή έχουμε όταν η ταχύτητα του ρευστού είναι μεγάλη και η ροή γίνεται γύρω από ακανόνιστες ή ταχέως μεταβαλλόμενες επιφάνειες.

ΙΔΑΝΙΚΟ ΡΕΥΣΤΟ

Ρευστό με τις ακόλουθες ιδιότητες:

- 1) Εντελώς ασυμπίεστο
- 2) Δεν παρουσιάζει εσωτερική τριβή
- 3) Δεν παρουσιάζει δυνάμεις συνάφειας με τα τοιχώματα

Ρευματική γραμμή

Η τροχιά που διαγράφει ένα μόριο του ρευστού κατά την κίνησή του στο πεδίο ροής

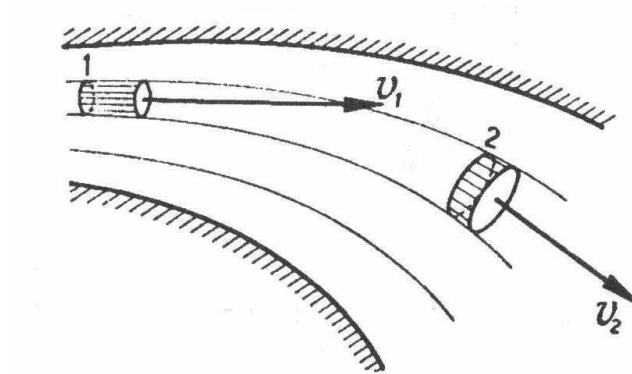
Η ταχύτητα του ρευστού είναι εφαπτόμενη της ρευματικής γραμμής σε οποιοδήποτε σημείο της.

Στη στρωτή ροή οι ρευματικές γραμμές δεν τέμνονται.

Υγρή φλέβα

Σωλήνας ροής που σχηματίζεται από το σύνολο των ρευματικών γραμμών που περνούν από κάθε σημείο της επιφάνειας

Από την υγρή φλέβα δεν εισέρχεται ούτε εξέρχεται ρευστό (δρα σαν να είχε στερεά τοιχώματα)



Παροχή μιας υγρής φλέβας: Το πηλίκο του στοιχειώδους όγκου dV του ρευστού που περνάει από τη διατομή της φλέβας σε χρόνο dt

$$\Pi = \frac{dV}{dt}$$

Νόμος της συνέχειας

Η παροχή πρέπει να είναι σταθερή κατά μήκος της φλέβας του ρευστού

Συνέπεια της αρχής διατήρησης της μάζας του ρευστού

Αλλά

$$\Pi = \frac{dV}{dt} = S \frac{d\ell}{dt} = S v$$

Επομένως

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

Νόμος του Bernoulli

Κατά μήκος του πεδίου ροής το άθροισμα της στατικής, δυναμικής και υψομετρικής πίεσης παραμένει σταθερό

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{σταθ.}$$

p → Στατική πίεση

$\frac{1}{2}\rho v^2$ → Δυναμική πίεση (ρ πυκνότητα, v ταχύτητα)

ρgh → Υψομετρική πίεση (υψομετρική διαφορά)

Συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας

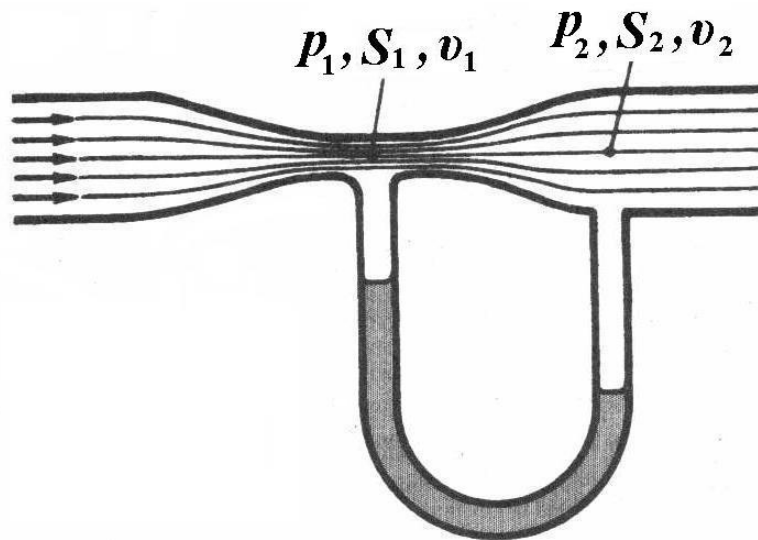
Εάν η φλέβα είναι οριζόντια η υψομετρική πίεση παραμένει σταθερή κατά μήκος της και ο νόμος του Bernoulli γίνεται

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{σταθ.}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

A. ΒΕΝΤΟΥΡΙΜΕΤΡΟ

Όργανο για τη μέτρηση της παροχής ενός σωλήνα.



Εφαρμόζουμε

Νόμος συνέχειας: $S_1 v_1 = S_2 v_2$ και

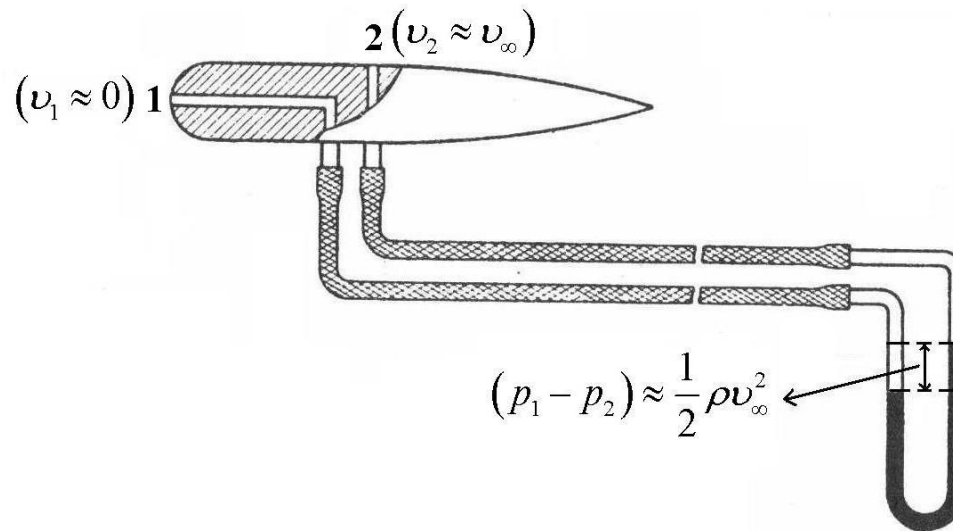
Νόμο Bernoulli: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$

Τελικά προκύπτει ότι $v_1 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right)}}$

και επομένως $\Pi = S_1 v_1 = \sqrt{\frac{2S_1^2 (p_1 - p_2)}{\rho \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right)}}$

Β. ΣΩΛΗΝΑΣ ΡΙΤΟΤ

Όργανο μέτρησης της ταχύτητας των αεροπλάνων.



Σημείο 1: Σημείο ανακοπής ($v_1 \approx 0$)

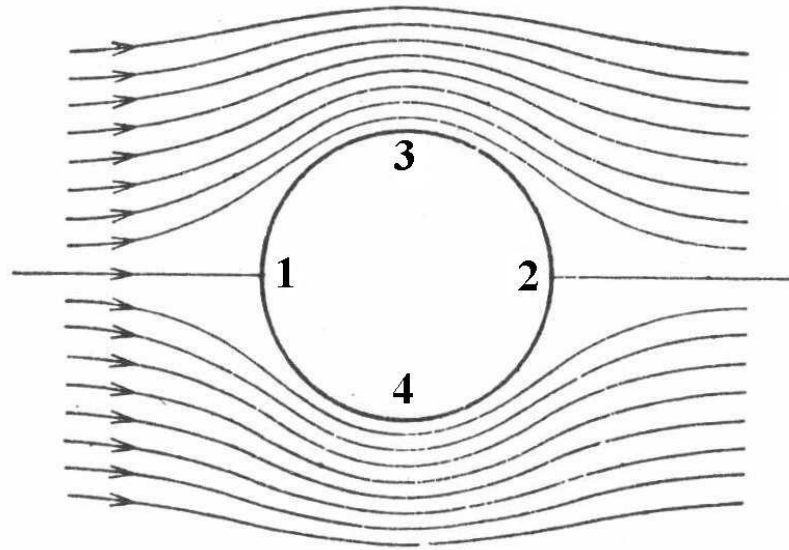
Σημείο 2: η ταχύτητα του αέρα είναι περίπου ίση με την ταχύτητα του αεροπλάνου ($v_2 \approx v_\infty$).

Νόμος Bernoulli →

$$p_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \Rightarrow p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \approx \frac{1}{2} \rho v_\infty^2$$

$$\Rightarrow v_\infty \approx \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

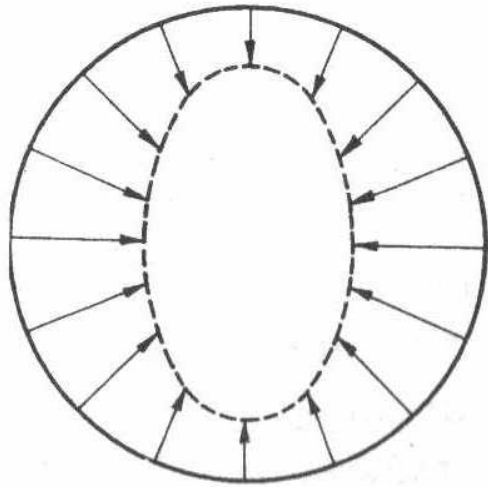
Γ. ΡΟΗ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΑ



Η διατομή των φλεβών ροής γύρω από τη σφαίρα δεν παραμένει σταθερή αλλά στενεύει στα σημεία 3 και 4 και αραιώνει σημαντικά γύρω από τα σημεία 1 και 2 που είναι σημεία ανακοπής ($v \approx 0$).

Επομένως, σύμφωνα με τον **νόμο της συνέχειας** ταχύτητα του ρευστού είναι μεγαλύτερη στα σημεία 3 και 4 απ' ότι στο πεδίο ροής μακριά από τη σφαίρα (v_{∞}).

Σύμφωνα με τον **νόμο του Bernoulli** η πίεση στα σημεία αυτά ελαττώνεται ενώ αυξάνει σημαντικά γύρω από τα σημεία 1 και 2.



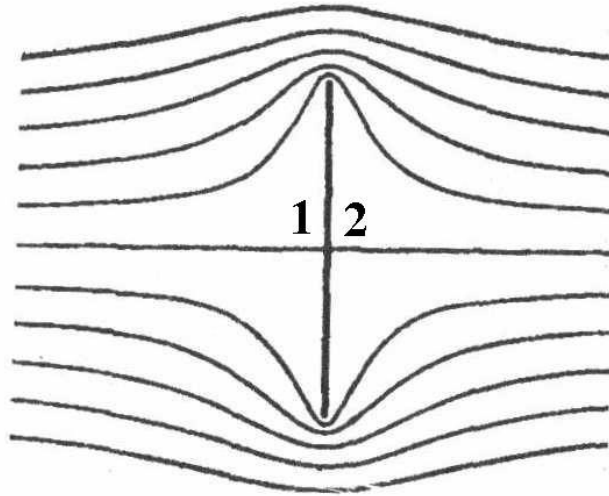
Παρατηρήσεις:

Η ροή ενός ιδανικού ρευστού γύρω από σφαίρα είναι συμμετρική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι πιέσεις στο εμπρός και πίσω τμήμα της σφαίρας είναι ίσες.

Επομένως και η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στη σφαίρα είναι μηδενική, το οποίο σημαίνει ότι η σφαίρα δεν παρουσιάζει αντίσταση στη ροή.

Αυτό το παράδοξο και προφανώς λανθασμένο συμπέρασμα πηγάζει από το γεγονός ότι η θεωρία του ιδανικού ρευστού αγνοεί τις δυνάμεις συνάφειας μεταξύ του ρευστού και της σφαίρας καθώς επίσης και την εσωτερική τριβή μεταξύ των φλεβών ροής που κινούνται με διαφορετική ταχύτητα.

Δ. ΡΟΗ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΠΛΑΚΑ



Εμφανίζονται και πάλι δύο σημεία ανακοπής (1 και 2) ενώ η ταχύτητα της ροής γίνεται μέγιστη στις ακμές της πλάκας.

Και στην περίπτωση αυτή το πεδίο ροής είναι συμμετρικό πράγμα που οδηγεί στο παράδοξο συμπέρασμα ότι η πλάκα δεν παρουσιάζει αντίσταση. Προφανώς, η παραδοξότητα αυτή αναιρείται εάν ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις συνάφειας και εσωτερικής τριβής, οι οποίες υπάρχουν στα πραγματικά ρευστά.

Θεώρημα του Torricelli

Ένα υγρό που ρέει, μόνον υπό την επίδραση της βαρύτητας, από οπή που βρίσκεται σε βάθος h από την ελεύθερη επιφάνειά του, αποκτά ταχύτητα ίση με εκείνη που θα αποκτούσε εάν έπεφτε ελεύθερα από το ίδιο ύψος h

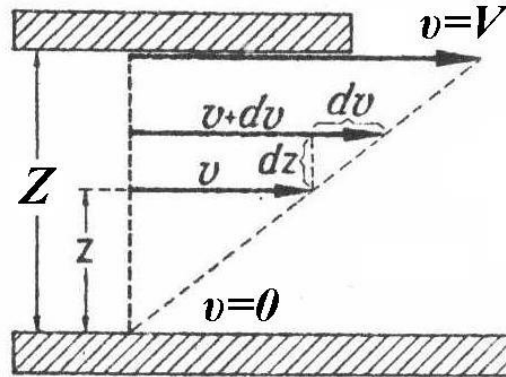
Συνέπεια του νόμου του Bernoulli

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

Χαρακτηρίζονται από:

- 1) **Δυνάμεις συνάφειας** (μεταξύ του ρευστού και των τοιχωμάτων)
- 2) **Εσωτερική τριβή** (μεταξύ στρωμάτων του ρευστού που κινούνται με διαφορετική ταχύτητα)
- 3) **Συμπιεστότητα** (μεταβολή της πυκνότητας του ρευστού κυρίως σε υψηλές ταχύτητες)

Εσωτερική τριβή

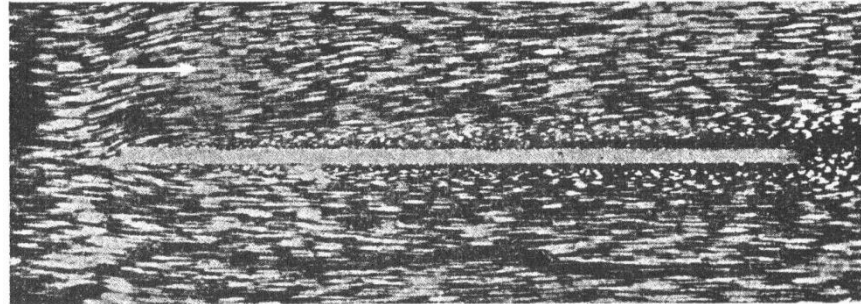


Μεταξύ των στρωμάτων που κινούνται με διαφορετική ταχύτητα αναπτύσσονται δυνάμεις τριβής, σύμφωνα με τη σχέση

$$T = \eta S \frac{dv}{dz}$$

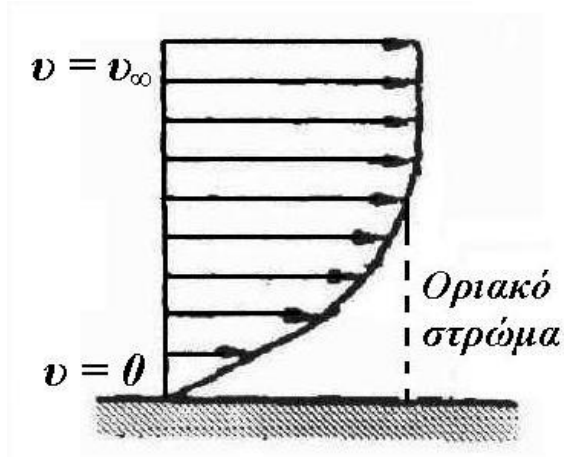
όπου η ο συντελεστής τριβής (μονάδες στο SI $Kgr \cdot m^{-1} \cdot sec^{-1}$)

Ροή πραγματικού ρευστού γύρω από πλάκα παράλληλη στο πεδίο ροής



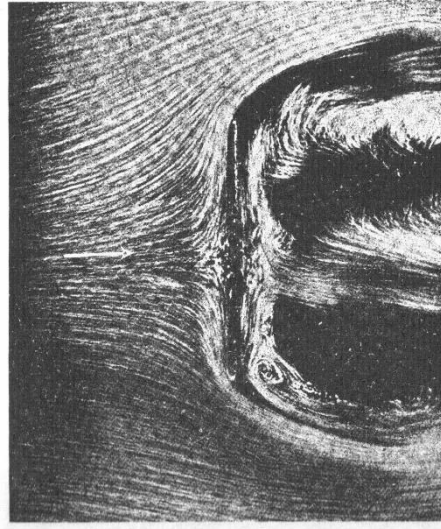
Λόγω των **δυνάμεων συνάφειας**, η ταχύτητα των στρωμάτων του υγρού που εφάπτονται στην πλάκα είναι μηδενική.

Η ταχύτητα αυξάνεται γρήγορα καθώς απομακρυνόμαστε από την πλάκα, έως ότου φθάσει την τιμή της ταχύτητας του πεδίου ροής μακριά από αυτήν.



Η περιοχή μέσα στην οποία συμβαίνει η μεταβολή της ταχύτητας ονομάζεται **οριακό στρώμα**. Η αντίσταση της πλάκας να αυξάνει γρηγορότερα με την ταχύτητα απ' ότι στην περίπτωση της στρωτής ροής.

Ροή πραγματικού ρευστού γύρω από πλάκα κάθετη στο πεδίο ροής



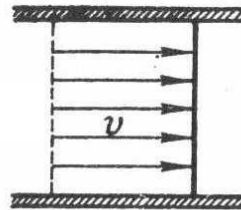
Στην περίπτωση αυτή η ροή είναι στρωτή μόνο για εξαιρετικά μικρές τιμές της ταχύτητας.

Στο μπροστινό μέρος της πλάκας η ροή προσεγγίζει αυτή του ιδανικού ρευστού και έχουμε σχηματισμό σημείου ανακοπής (A), η πίεση στο οποίο δίνεται από το νόμο του Bernoulli

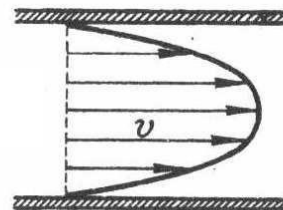
Αντίθετα, στα άκρα της πλάκας και πίσω από αυτήν η ροή γίνεται έντονα τυρβώδης.

Εκεί επικρατεί πολύ χαμηλή πίεση (υποπίεση) με αποτέλεσμα η πλάκα να εμφανίζει έντονη αντίσταση στο πεδίο ροής.

Ροή πραγματικού ρευστού μέσα σε σωλήνα



ΙΔΑΝΙΚΟ
ΡΕΥΣΤΟ



ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ
ΡΕΥΣΤΟ

Νόμος του Poisseuille

Στην περίπτωση της στρωτής ροής

$$\Pi = \frac{\pi}{8\eta} \frac{(p_1 - p_2)}{\ell} R^4$$

όπου p_1, p_2 η πίεση στα άκρα του σωλήνα, η ο συντελεστής εσωτερικής τριβής, ℓ το μήκος του σωλήνα και R η ακτίνα του.

Εάν ο σωλήνας δεν είναι οριζόντιος ο νόμος του Poiseuille παίρνει τη μορφή

$$\Pi = \frac{\pi}{8\eta} \left[\frac{(p_1 - p_2)}{\ell} + \frac{\rho g h}{\ell} \right] R^4$$

όπου p_1 και p_2 η πίεση στο ανώτατο και κατώτατο άκρο του σωλήνα αντίστοιχα και h η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σημείων.

Στην περίπτωση που οι πιέσεις p_1 και p_2 είναι ίσες, δηλαδή όταν το υγρό ρέει μόνο υπό την επίδραση του πεδίου βαρύτητας, έχουμε

$$\Pi = \frac{\pi}{8\eta} \frac{\rho g h}{\ell} R^4$$

Αντίσταση στο πεδίο ροής

A. Στρωτή ροή

$$T = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_{\infty} \quad (\text{Τύπος του Stokes})$$

$r \rightarrow$ ακτίνα σφαίρας (και γενικότερα χαρακτηριστική διάσταση σώματος)

$\eta \rightarrow$ Συντελεστής εσωτερικής τριβής

$v_{\infty} \rightarrow$ Ταχύτητα του ρευστού μακριά από το σώμα

Παρατήρηση: Στη στρωτή ροή η αντίσταση είναι ανάλογη (της πρώτης δύναμης) της ταχύτητας

Β. Τυρβώδης ροή

$$T = \frac{1}{2} \cdot C_{αντ} \cdot S_{μετ} \cdot \rho \cdot v_{\infty}^2$$

$C_{αντ}$ → συντελεστής αντίστασης (καθαρός αριθμός)

$S_{μετ}$ → μετωπική επιφάνεια του σώματος

Παρατήρηση: Στη τυρβώδη ροή η αντίσταση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας

Αριθμός του Reynolds

$$R = \frac{v \cdot \rho \cdot r}{\eta}$$

Εάν $R < R_{κρ}$ → στρωτή ροή

Εάν $R > R_{κρ}$ → τυρβώδης ροή

Το $R_{κρ}$ εξαρτάται από το σχήμα του σώματος

Μηχανικά όμοιες ροές

Δύο πεδία ροής είναι μηχανικά όμοια όταν ο λόγος των ταχυτήτων σε δύο αντίστοιχα σημεία του πεδίου έχει σταθερή τιμή, ανεξάρτητα από τη θέση των σημείων αυτών.

Αποδεικνύεται ότι δύο πεδία ροής είναι μηχανικά όμοια όταν έχουν τον ίδιο αριθμό Reynolds

Στρόβιλοι

Εμφανίζονται στη τυρβώδη ροή και αποτελούν περιοχές όπου το ρευστό εκτελεί περιστροφική κίνηση με ταχύτητα $v \propto \frac{1}{r}$.

Οι στρόβιλοι αποτελούν κλειστούς δακτύλιους, δηλαδή ένας στρόβιλος δεν μπορεί να αρχίζει ή να τελειώνει μέσα στο ρευστό.

Λόγω των δυνάμεων τριβής οι στρόβιλοι σιγά σιγά αποσβένουν.

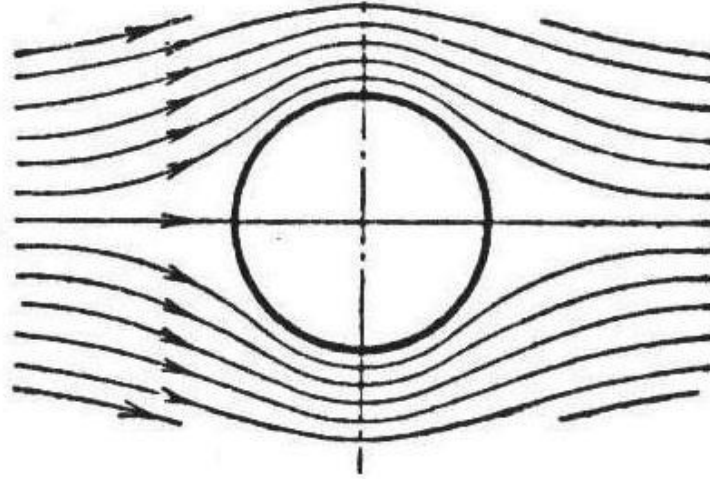
Επίσης αποτελούν κλειστά συστήματα δηλαδή δεν ανταλλάσσουν ύλη με το περιβάλλον τους.

Στην εμφάνιση των στροβίλων βασίζεται και το φαινόμενο της δυναμικής άνωσης

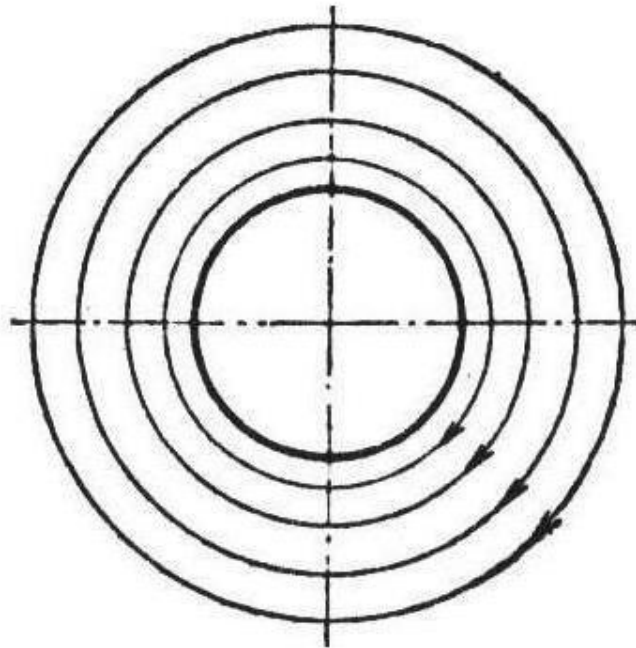
Δυναμική άνωση – Φαινόμενο Magnus

Εκτός από τη στατική άνωση, στα ρευστά εμφανίζεται και η δυναμική

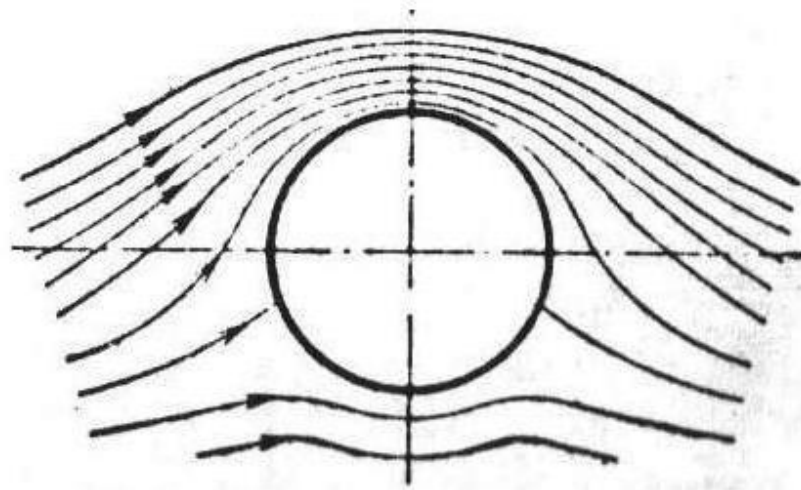
Α. Ροή γύρω από ακίνητη σφαίρα



Β. Περιστροφή σφαίρας (χωρίς ροή ρευστού)

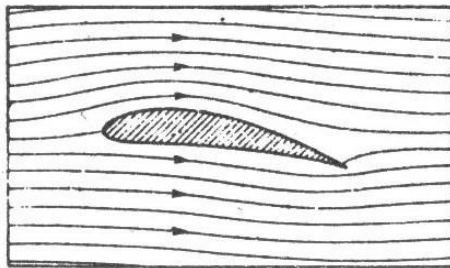


Γ. Συνδυασμός των δύο κινήσεων

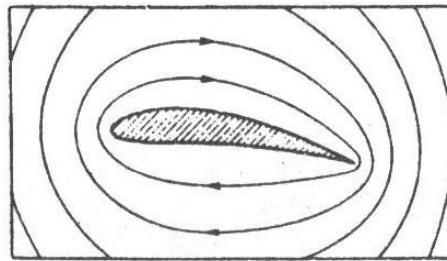


Στο επάνω μέρος μεγαλύτερη ταχύτητα → (Νόμος Bernoulli) Μικρότερη πίεση → Δύναμη προς τα επάνω (Δυναμική άνωση)

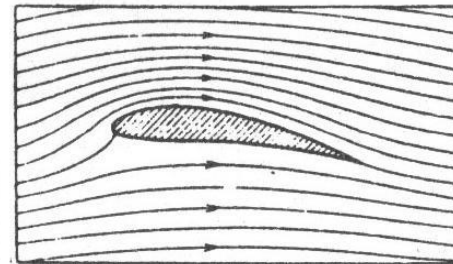
Εφαρμογή - Πτέρυγες αεροσκαφών



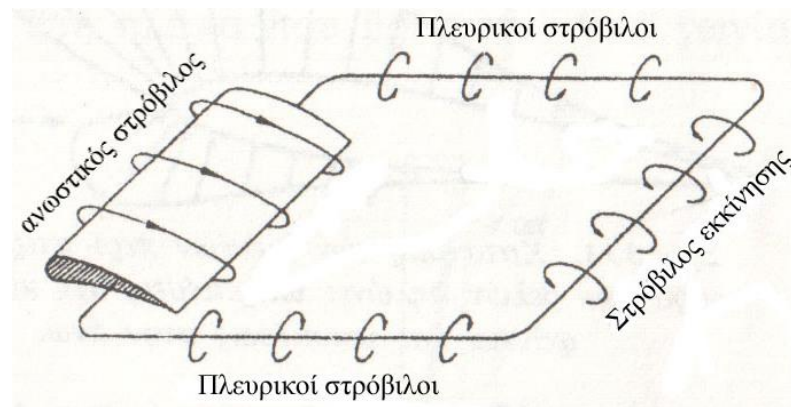
I



II



III

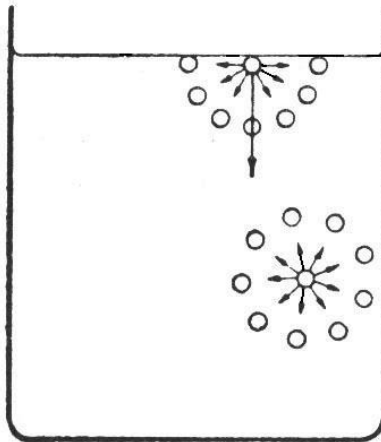


Επιφανειακή τάση

Τα μόρια των ρευστών (κυρίως των υγρών) ασκούν μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσεως - *δυνάμεις VanderWaals*.

Όταν τα μόρια βρίσκονται στο εσωτερικό του ρευστού δυνάμεις αυτές αλληλοαναιρούνται και η συνισταμένη τους επάνω σε ένα μόριο είναι μηδέν.

Όμως, όταν τα μόρια βρίσκονται στην επιφάνεια του ρευστού οι δυνάμεις αυτές έχουν συνισταμένη που ωθεί τα μόρια στο εσωτερικό του ρευστού.



Άρα το υγρό τείνει να ελαχιστοποιήσει των αριθμό των μορίων στο επιφανειακό στρώμα, και επομένως το εμβαδόν της επιφάνειάς του.

Η ιδιότητα αυτή των υγρών (να τείνουν να ελαχιστοποιήσουν το εμβαδόν της επιφάνειάς τους) ονομάζεται **επιφανειακή τάση**.

Συντελεστής επιφανειακής τάσης: το πηλίκο του έργου που απαιτείται για την αύξηση της επιφάνειας λεπτού υμενίου προς την αύξηση αυτή

$$a = \frac{dW}{dS}$$

Μονάδες στο σύστημα S.I.

$$[a] = 1 \frac{J}{m^2} = 1 \frac{N}{m} = 1 \frac{Kgr}{sec^2}$$

Εξαιτίας της επιφανειακής τάσης δημιουργείται διαφορά πίεσης μεταξύ του εσωτερικού του υγρού και του περιβάλλοντός του.

Για κυρτή επιφάνεια η πίεση στο εσωτερικό είναι μεγαλύτερη από την πίεση του περιβάλλοντος.

Για κοίλη επιφάνεια η πίεση του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από αυτή στο εσωτερικό του υγρού.

Για σφαιρική σταγόνα ακτίνας R $\Delta p = \frac{2\sigma}{R}$

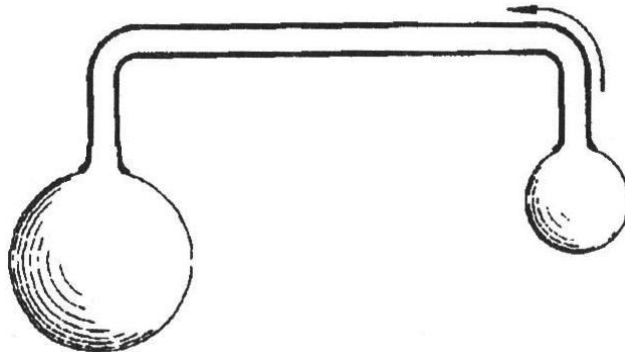
Υγρά υμένια – Πομφόλυγες (Σαπουνόφουσκες)

Τείνουν να πάρουν σφαιρική μορφή ώστε να ελαχιστοποιηθεί το εμβαδόν της επιφάνειάς τους.

Η πίεση στο εσωτερικό της πομφόλυγας σε σχέση με το περιβάλλον είναι μεγαλύτερη κατά

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = \frac{2a}{R} + \frac{2a}{R} = \frac{4a}{R}$$

Παρατήρηση: Η υπερπίεση στο εσωτερικό της πομφόλυγας είναι αντιστρόφως ανάλογη της ακτίνας της. Άρα εάν με κάποιο τρόπο συνδέσουμε δύο πομφόλυγες διαφορετικής ακτίνας ο αέρας θα ρέει από την μικρότερη στη μεγαλύτερη.

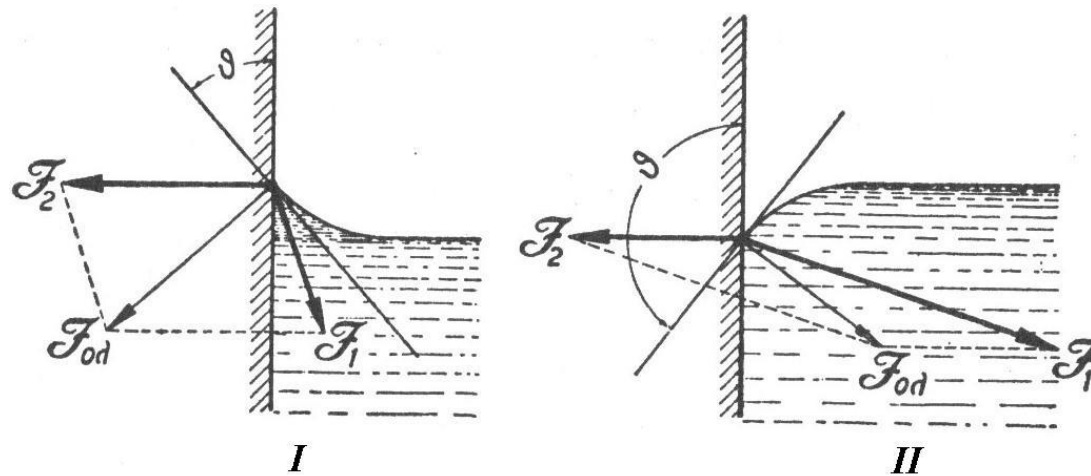


Τριχοειδή φαινόμενα

Οφείλονται στις δυνάμεις συνάφειας μεταξύ του ρευστού και των τοιχωμάτων.

Ο συνδυασμός των δυνάμεων συνάφειας και των δυνάμεων συνοχής έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση του επιφανειακού στρώματος στα σημεία επαφής με τα τοιχώματα.

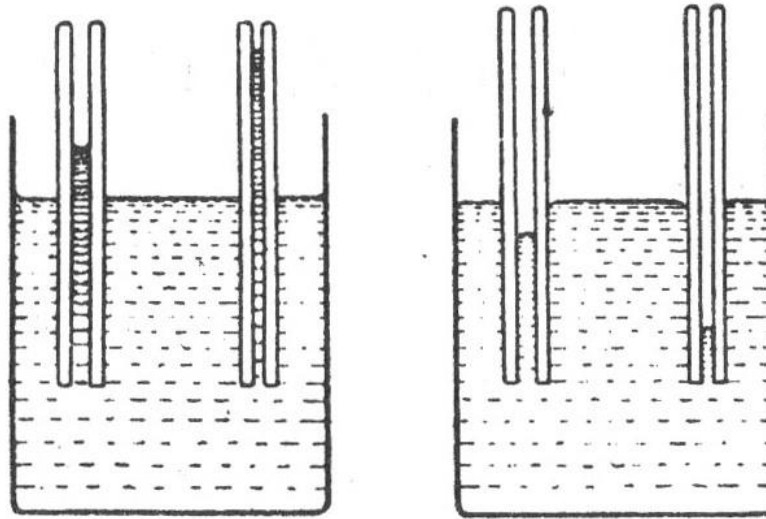
Η γωνία (θ) που σχηματίζει η εφαπτομένη στην επιφάνεια του ρευστού στο σημείο επαφής με τα τοιχώματα ονομάζεται **γωνία συνεπαφής**.



Περίπτωση I: Οι δυνάμεις συνάφειας είναι ισχυρότερες των δυνάμεων συνοχής και η γωνία συνεπαφής είναι οξεία

Περίπτωση II: Εάν οι δυνάμεις συνοχής είναι ισχυρότερες των δυνάμεων συνάφειας και η γωνία συνεπαφής είναι αμβλεία

Το φαινόμενο αυτό επιφέρει μεταβολή της στάθμης του ρευστού εάν αυτό βρίσκεται μέσα σε πολύ λεπτό –τριχοειδή – σωλήνα(Τριχοειδές φαινόμενο)



$$\Delta h = \frac{2a \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

όπου r η ακτίνα του σωλήνα και θ η γωνία συνεπαφής

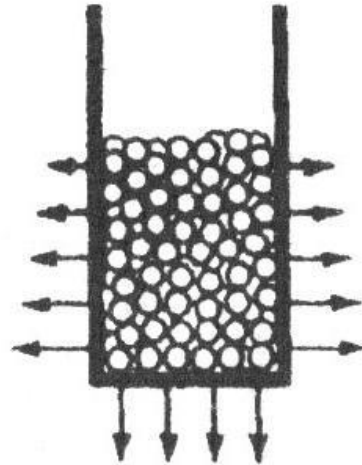
Εάν θ οξεία τότε $\cos \theta > 0 \Rightarrow h > 0$ και άρα έχουμε ανύψωση της στάθμης του υγρού

Εάν θ αμβλεία τότε $\cos \theta < 0 \Rightarrow h < 0$ και επομένως έχουμε ταπείνωση της στάθμης του υγρού.

Παρατήρηση: Η μεταβολή της στάθμης είναι μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η ακτίνα του σωλήνα ($h \propto 1/r$)

Μικροσκοπική ερμηνεία της πίεσης – Καταστατική εξίσωση των (ιδανικών) αερίων

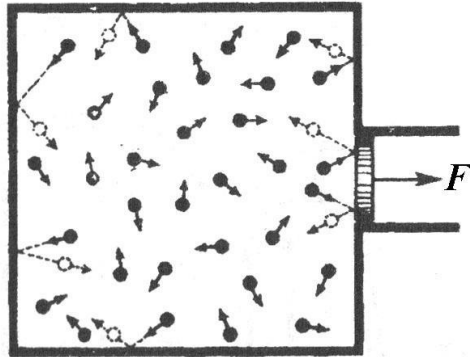
Στα υγρά η πίεση προκαλείται από τις δυνάμεις που ασκούν τα ανώτερα στρώματα του υγρού στα κατώτερα εξαιτίας του βάρους τους.



Οι δυνάμεις αυτές είναι εντονότερες όσο πιο βαθιά μέσα στο υγρό βρισκόμαστε, και επομένως ερμηνεύεται ο νόμος της υδροστατικής πίεσης

$$P = P_{εξ} + \rho gh$$

Αντίθετα, στα αέρια τα μόρια βρίσκονται σε διαρκή άτακτη θερμική κίνηση. Κατά την κίνηση αυτή συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου και οι δυνάμεις που αναπτύσσονται οδηγούν στην εμφάνιση της πίεσης.



Η πίεση εξαρτάται από τον αριθμό και τη σφοδρότητα των κρούσεων των μορίων με τα τοιχώματα.

Επομένως είναι ανάλογη του αριθμού των μορίων ανά μονάδα όγκου και της μέσης ταχύτητάς τους λόγω θερμικής κίνησης.

Για μεταβολή του όγκου του αερίου υπό σταθερή θερμοκρασία (**ισόθερμη μεταβολή**) ισχύει ο νόμος των **Boyle – Mariotte**

$$p \cdot V = \text{σταθ.}$$

Για μεταβολή της θερμοκρασίας υπό σταθερό όγκο (**ισόχωρη μεταβολή**) ισχύει ο νόμος του **Charles**

$$\frac{p}{T} = \text{σταθ.}$$

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω εξισώσεων δίνει την **καταστατική εξίσωση των (ιδανικών) αερίων**

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

όπου n ο αριθμός των moles του αερίου, $n = \frac{N}{N_A}$, και R η παγκόσμια

σταθερά των αερίων $R = 0.08205 \frac{\text{Atm} \cdot \text{lt}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$ ή $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$