

# ΥΛΗ που θα καλυφθεί στη διάρκεια του εξαμήνου

Φυσική και Βιολογία.

Μεγέθη και συστήματα μονάδων.

Γραφικές παραστάσεις φαινομένων.

Δυνάμεις. Ροπές.

Κλασσική φυσική, Νόμοι του Νεύτωνα.

Ενέργεια.

Θερμότητα, ειδική θερμότητα, θερμοκρασία. Μετατροπές φάσεων.

Πίεση σε ρευστά, άνωση. Κίνηση σε ρευστό, ρευστοδυναμική (νόμοι συνεχείας και Bernoulli).

Ελαστικότητα.

Επιφανειακή τάση.

Αρμονική ταλάντωση. Κύματα.

Η φύση του φωτός. Διάθλαση. Φακοί και Είδωλα. Κυματικά φαινόμενα (περίθλαση, συμβολή πόλωση).

Ηλεκτροστατική. Ηλεκτρικά πεδία. Πυκνωτές.

Ηλεκτρικό ρεύμα. Νόμος του Ohm. Αντίσταση. Το ποτενσιόμετρο.

Ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνητικό πεδίο.

Εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ανορθωτές και δίοδοι.

Μετρητές ηλεκτρικών ποσοτήτων.

Εκπομπή ηλεκτρονίων.

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Κίνηση φορτίων σε μαγνητικό πεδίο. Κύκλοτρο. Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο.

Ατομικό υπόδειγμα του Bohr. Στοιχεία μοντέρνας (κβαντικής) φυσικής.

Ραδιενεργοί πυρήνες, ραδιενέργεια.

# ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

# ΡΕΥΣΤΑ Αέρια & Υγρά

## ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ Ρευστά σε ισορροπία

## ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ρευστά σε κίνηση

Πυκνότητα  $\rho = m/V$  [ $\text{Kg}/\text{m}^3$ ,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

$$1000 \text{ Kg}/\text{m}^3 = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$$

Χαρακτηριστικό μέγεθος ενός υλικού  
Εξαρτάται από θερμοκρασία

# ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ

$$1000\text{Kg/m}^3 = 1\text{g/cm}^3$$

<b>MATERIAL</b>	<b><math>\rho</math> Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>NOTES</b>
<b><u>INTERSTELLAR MEDIUM</u></b>	<b><math>10^{-25} - 10^{-15}</math></b>	<b>ASSUMING 90% H, 10% HE; VARIABLE T</b>
<b><u>EARTH'S ATMOSPHERE</u></b>	<b>1.2</b>	<b>AT SEALEVEL</b>
<b><u>AEROGEL</u></b>	<b>1 - 2</b>	
<b><u>STYROFOAM</u></b>	<b>30 - 120</b>	<b><u>FROM</u></b>
<b><u>CORK</u></b>	<b>220 - 260</b>	<b><u>FROM</u></b>
<b><u>WATER</u></b>	<b>1000</b>	<b>AT STP</b>
<b><u>PLASTICS</u></b>	<b>850 - 1400</b>	<b>FOR <u>POLYPROPYLENE</u> AND <u>PETE/PVC</u></b>
<b><u>THE EARTH</u></b>	<b>5515.3</b>	<b>MEAN DENSITY</b>
<b><u>COPPER</u></b>	<b>8920 - 8960</b>	<b>NEAR <u>ROOM TEMPERATURE</u></b>
<b><u>LEAD</u></b>	<b>11340</b>	<b>NEAR <u>ROOM TEMPERATURE</u></b>
<b><u>THE INNER CORE</u></b>	<b>~13000</b>	<b>AS LISTED IN <u>EARTH</u></b>
<b><u>URANIUM</u></b>	<b>19100</b>	<b>NEAR <u>ROOM TEMPERATURE</u></b>
<b><u>IRIDIUM</u></b>	<b>22500</b>	<b>NEAR <u>ROOM TEMPERATURE</u></b>
<b><u>THE CORE OF THE SUN</u></b>	<b>~150000</b>	
<b><u>ATOMIC NUCLEI</u></b>	<b>~<math>3 \times 10^{17}</math></b>	<b>AS LISTED IN <u>NEUTRON STAR</u></b>
<b><u>NEUTRON STAR</u></b>	<b><math>8.4 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18}</math></b>	
<b><u>BLACK HOLE</u></b>	<b><math>4 \times 10^{17}</math></b>	<b>MEAN DENSITY INSIDE THE <u>SCHWARZSCHILD RADIUS</u> OF AN EARTH-MASS BLACK HOLE (THEORETICAL)</b>

## ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ

ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ g/cm <sup>3</sup>	ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ g/cm <sup>3</sup>
Αλουμίνιο	2.70	Λευκόχρυσος	21.40
Σίδηρος	7.87	Υδράργυρος	13.55
Χάλυβας	7.5-8	Αιθανόλη	0.81
Ορείχαλκος	7.7-8.7	Βενζίνη	0.9
Χαλκός	8.96	Πάγος	0.92
Άργυρος	10.49	Νερό	1
Μόλυβδος	11.36	Νερό θαλάσσης	1.03
Χρυσός	19.32	Γλυκερίνη	1.26

The density of olive oil is **0.917 kg/l** at 20 °C

**TABLE 12.1** Densities of Some Common Substances

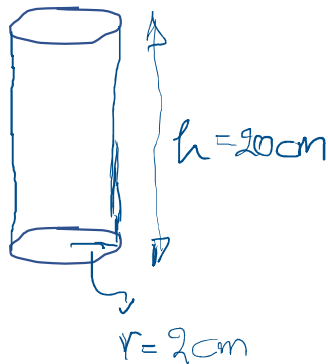
Material	Density (kg/m <sup>3</sup> )*	Material	Density (kg/m <sup>3</sup> )*
Air (1 atm, 20°C)	1.20	Iron, steel	$7.8 \times 10^3$
Ethanol	$0.81 \times 10^3$	Brass	$8.6 \times 10^3$
Benzene	$0.90 \times 10^3$	Copper	$8.9 \times 10^3$
Ice	$0.92 \times 10^3$	Silver	$10.5 \times 10^3$
Water	$1.00 \times 10^3$	Lead	$11.3 \times 10^3$
Seawater	$1.03 \times 10^3$	Mercury	$13.6 \times 10^3$
Blood	$1.06 \times 10^3$	Gold	$19.3 \times 10^3$
Glycerin	$1.26 \times 10^3$	Platinum	$21.4 \times 10^3$
Concrete	$2 \times 10^3$	White dwarf star	$10^{10}$
Aluminum	$2.7 \times 10^3$	Neutron star	$10^{18}$

\*To obtain the densities in grams per cubic centimeter, simply divide by  $10^3$ .

$$[792 \text{ kg/m}^3]$$

**Παράδειγμα 8.1** Ένας κυλινδρικός, πλαστικός σωλήνας με λεπτά τοιχώματα είναι γεμάτος με άγνωστο υγρό. Ο σωλήνας έχει ακτίνα 2 cm και μήκος 20 cm. Όταν είναι άδειος ζυγίζει 0,2 N ενώ όταν είναι γεμάτος με το υγρό 2,15 N. Υπολογίστε την πυκνότητα του υγρού. Ποιό υγρό θα μπορούσε να είναι αυτό; Ο λόγος της πυκνότητας ενός υγρού προς την πυκνότητα του νερού στους 4 °C (που είναι ίση με  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) είναι γνωστός ως *σχετική πυκνότητα υγρού*. Υπολογίστε τη σχετική πυκνότητα του υγρού που γεμίζει τον σωλήνα.

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$



$$B = 0.2 \text{ N}$$

$$B' = 2.15 \text{ N}$$

$$d_r = ?$$

# ΠΙΕΣΗ

Εαν μια δύναμη  $F$  ασκείται κάθετα και ομοιόμορφα (?) πάνω σε μια επιφάνεια με εμβαδό  $A$  τότε ορίζουμε ως πίεση:

$$P = F/A \text{ [Pa]} \quad \rightarrow \text{1bar} = 100000\text{Pa}$$

Η επιφάνεια δεν απαιτείται να είναι πραγματική!!!

Εάν η δύναμη δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη τότε ορίζουμε ως πίεση σε ένα στοιχειώδες τμήμα της επιφάνειας ως:

$$P = dF/dA$$

όπου  $dF$  η στοιχειώδης δύναμη που ασκείται κάθετα στο στοιχειώδες τμήμα της επιφάνειας  $dA$ .



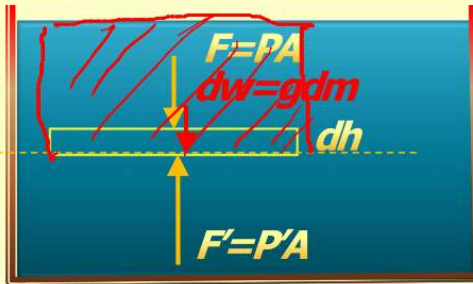
[1060 Pa,  $2.5 \cdot 10^4$  Pa]

**Παράδειγμα 8.2** (α) Ένας κυλινδρικός σωλήνας, ακτίνας 1 cm και μήκους 10 cm τοποθετημένος με τον άξονά του κατακόρυφα, είναι γεμάτος με αίμα. Υπολογίστε την πίεση στον πυθμένα του σωλήνα.  
(β) Υπολογίστε την πίεση που ασκείται από έναν άνδρα 100 kg στο έδαφος όταν στέκεται όρθιος και κάθε πέλμα του έχει εμβαδόν 200 cm<sup>2</sup>.

$$\rho_{\text{αίμα}} \approx 1060 \text{ kg/m}^3$$

# ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Το ρευστό ισορροπεί  $\rightarrow$  Το άθροισμα των δυνάμεων στη  $x$  και  $y$  διεύθυνση πρέπει να είναι ίσο με μηδέν  $\Sigma F_x = \Sigma F_y = 0$



$$F + dw = F' \Rightarrow F + dw = F + dF \Rightarrow$$

$$gdm = AdP \Rightarrow g\rho dV = AdP \Rightarrow$$

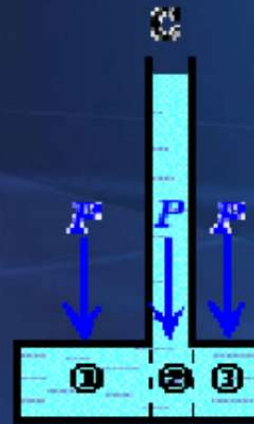
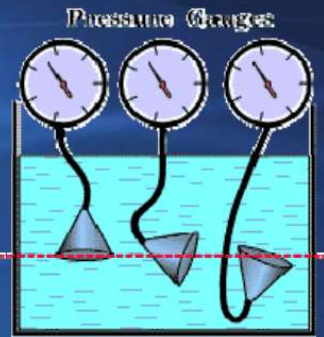
$$g\rho Adh = AdP \Rightarrow g\rho dh = dP \Rightarrow$$

$$\int_0^h g\rho dh = \int_{P_0}^P dP \Rightarrow g\rho h \Big|_0^h = P \Big|_{P_0}^P \Rightarrow g\rho h = P - P_0 \quad \rho = \text{σταθ.}$$

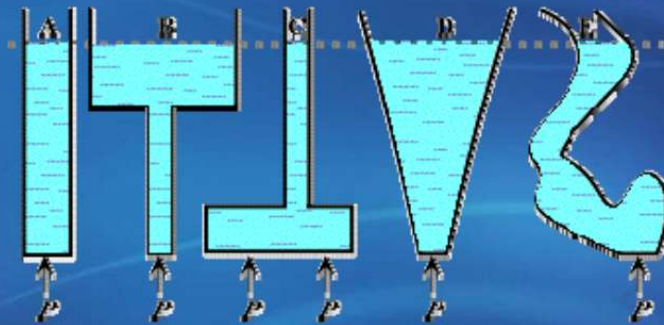
$$P = P_0 + g\rho h$$

Θεμελιώδης εξίσωση της υδροστατικής

Η πίεση σε οποιοδήποτε βάθος είναι η ίδια σε όλες τις κατευθύνσεις.



Πόση είναι η πίεση στα σημεία 1, 2, 3;

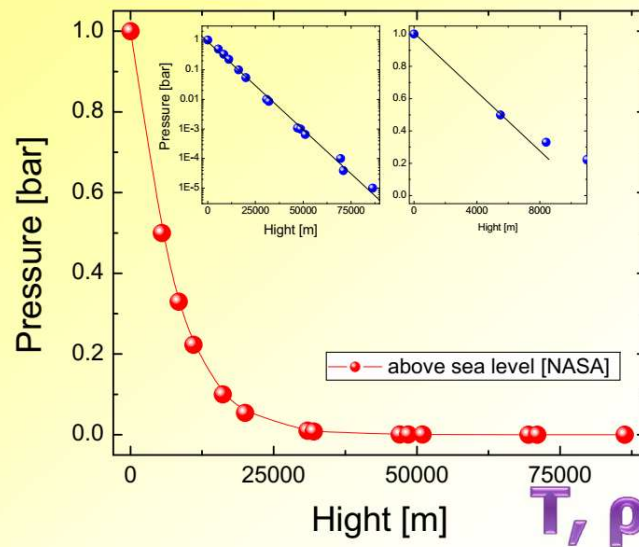
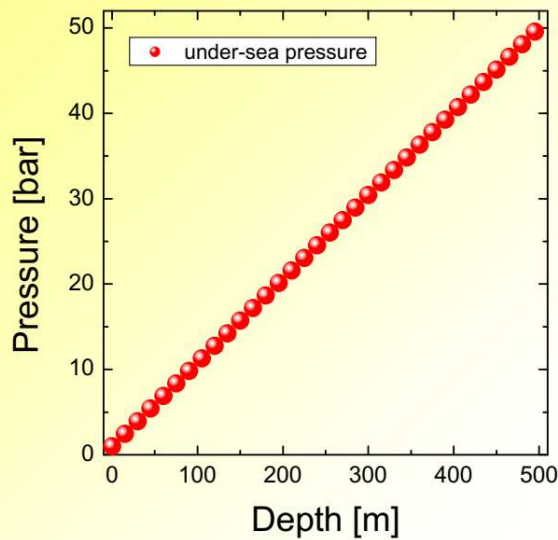


Δοχεία με ίση στάθμη υγρού έχουν την ίδια πίεση στη βάση τους

$$P = P_o + g\rho h$$

Πίεση νερού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, όπως υπολογίζεται από τη θεμελιώδη εξίσωση της υδροστατικής για σταθερή θερμοκρασία και πυκνότητα ρευστού

Πίεση αέρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Πειραματικά δεδομένα από NASA. Απόκλιση από τη θεωρητική εξίσωση λόγω αλλαγών στην πυκνότητα και θερμοκρασία

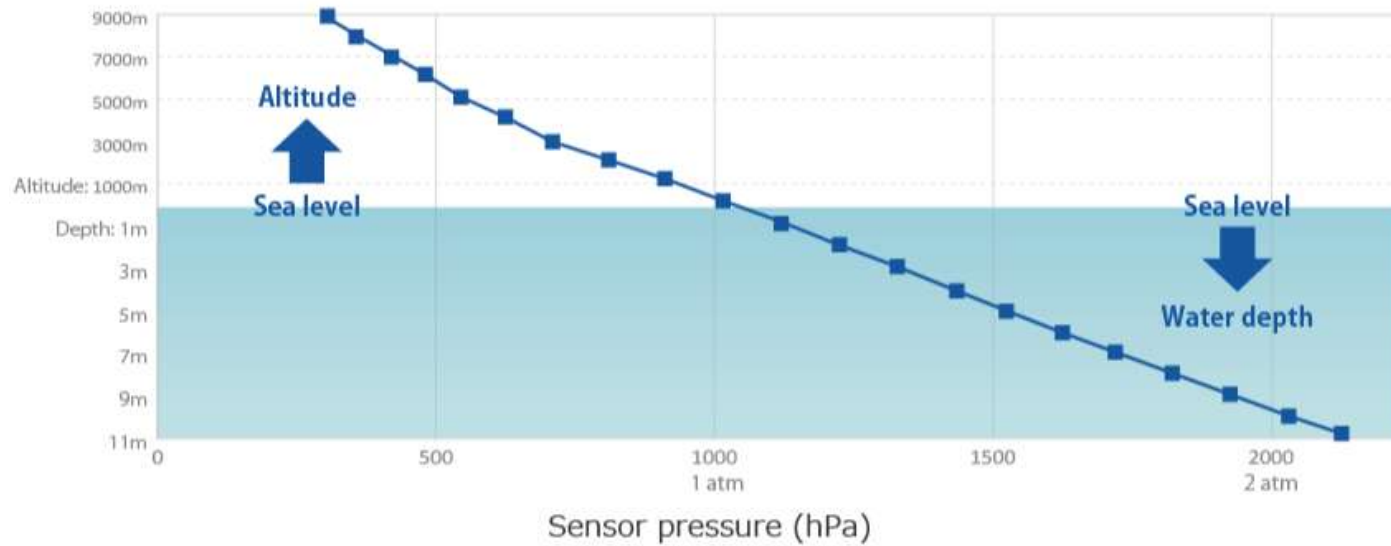


Στα αέρια η υπόθεση πως η πυκνότητα παραμένει σταθερή ισχύει μόνο για μικρές κατακόρυφες μεταβολές. Π.χ. μέσα στο δωμάτιο ( $h \sim 3\text{m}$ ) η πυκνότητα μπορεί να θεωρηθεί σταθερή αλλά για υψόμετρα της τάξης των  $\sim 10000\text{m}$  η πίεση μειώνεται κατά παράγοντα 3!

Στην περίπτωση αυτή δε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση

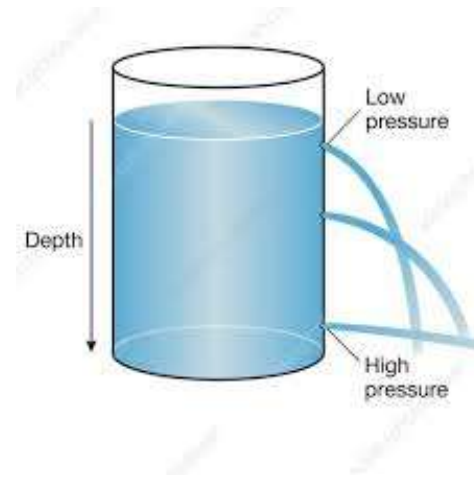
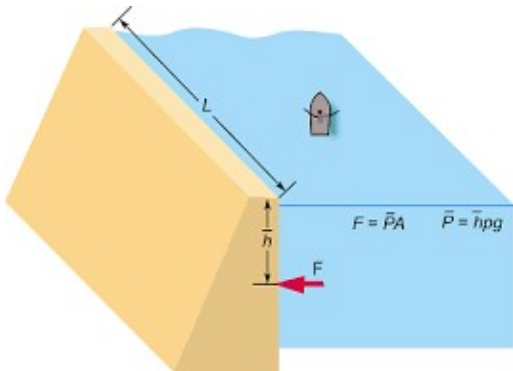
$$P = P_0 + g\rho h$$

$\sim 0.25 \text{ atm } \sigma \varepsilon \text{ 10Km vs } >1 \text{ atm } \sigma \varepsilon \text{ 10 m}$

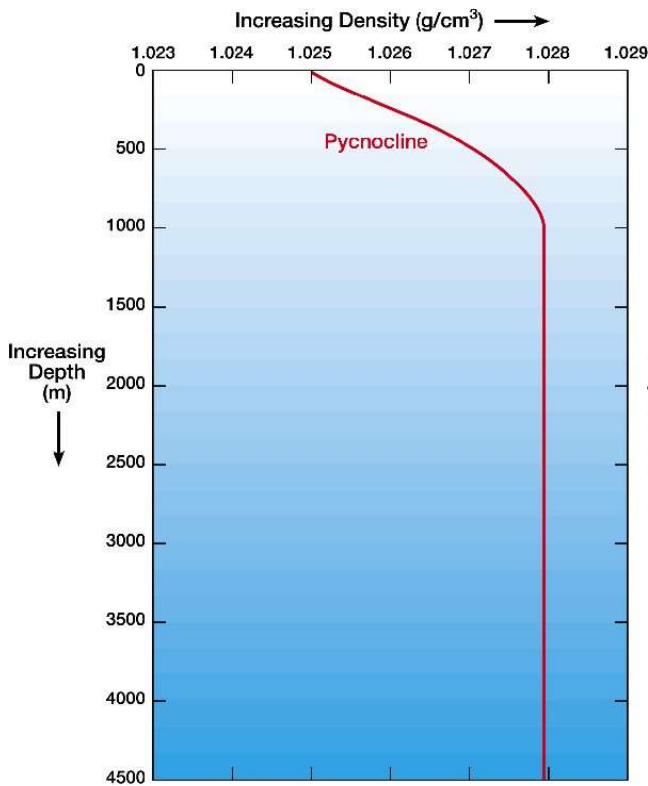


# Εφαρμογές

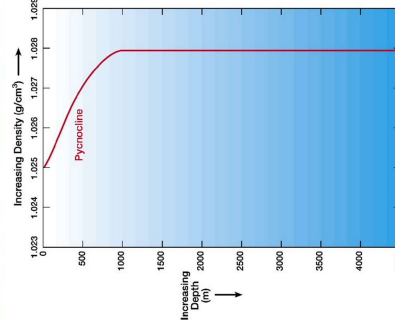
$$P = P_o + g\rho h$$



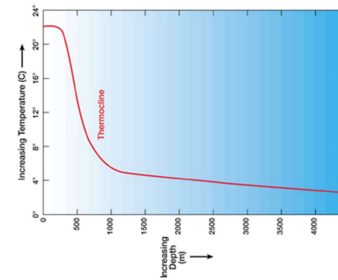
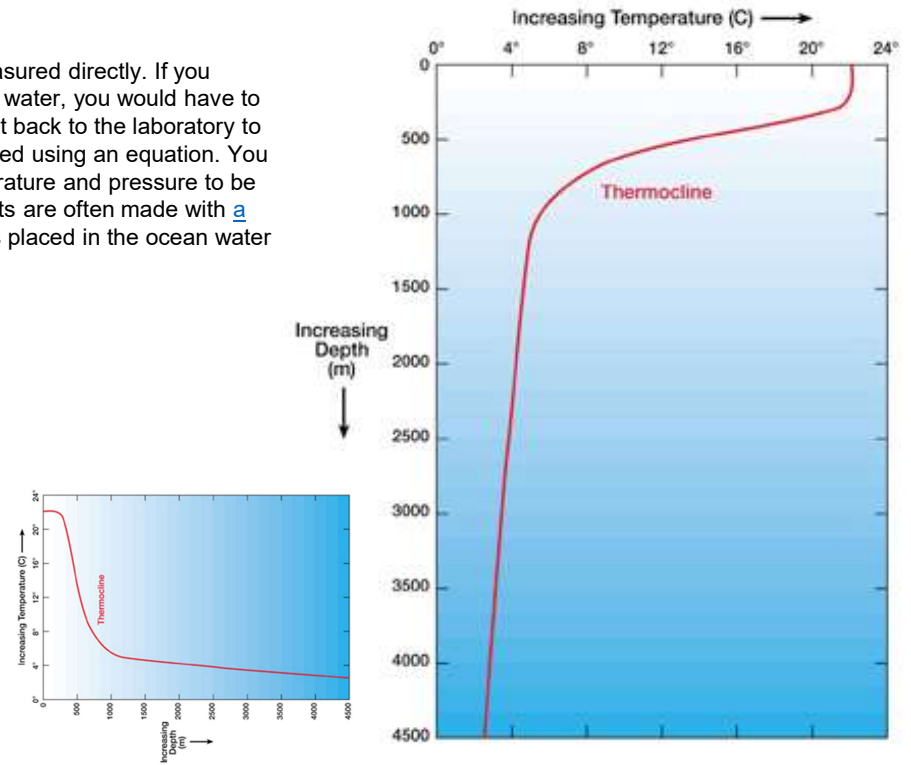
<https://www.windows2universe.org/earth/Water/density.html>



The density of ocean water is rarely measured directly. If you wanted to measure the density of ocean water, you would have to collect a sample of sea water and bring it back to the laboratory to be measured. Density is usually calculated using an equation. You just need to measure the salinity, temperature and pressure to be able to find density. These measurements are often made with a [CTD instrument](#), where the instrument is placed in the ocean water from a ship or a platform.



<https://www.windows2universe.org/earth/Water/temp.html>



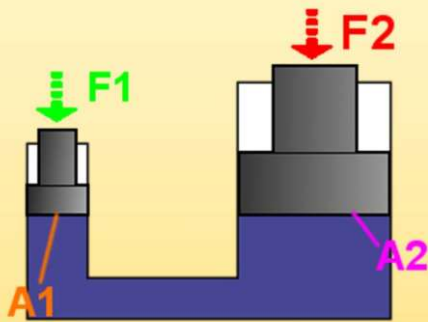
This is a simple density-depth ocean water profile. You can see density increases with increasing depth. The pycnocline are layers of water where the water density changes rapidly with depth. This density-depth profile is typical of what you might expect to find at a latitude of 30-40 degrees south. *Windows to the Universe original image*

This is a simple temperature-depth ocean water profile. You can see temperature decreases with increasing depth. The thermocline are layers of water where the temperature changes rapidly with depth. This temperature-depth profile is what you might expect to find in low to middle latitudes. *Click on image for full size Windows to the Universe original image*

## ΑΡΧΗ Pascal:

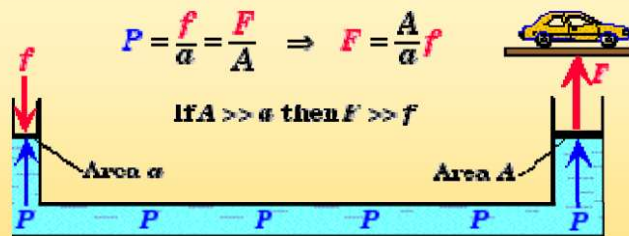
Κάθε εξωτερική πίεση που ασκείται σε οποιοδήποτε σημείο ενός υγρού που ισορροπεί, μεταδίδεται αμετάβλητη σε οποιοδήποτε σημείο του υγρού.

$$F_2 = F_1 \left( \frac{A_2}{A_1} \right)$$



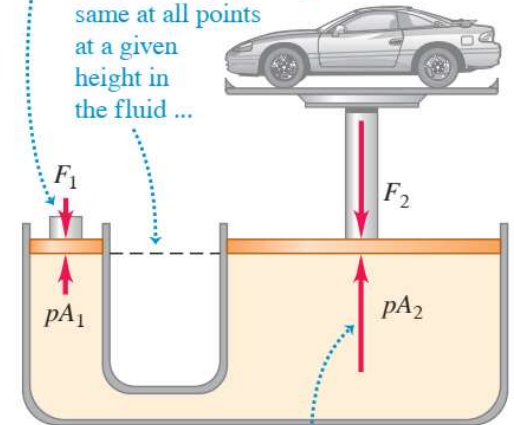
## Εφαρμογές:

Υδραυλικά φρένα, πιεστήριο, κλπ.



A small force is applied to a small piston.

Because the pressure  $p$  is the same at all points at a given height in the fluid ...



... a piston of larger area at the same height experiences a larger force.

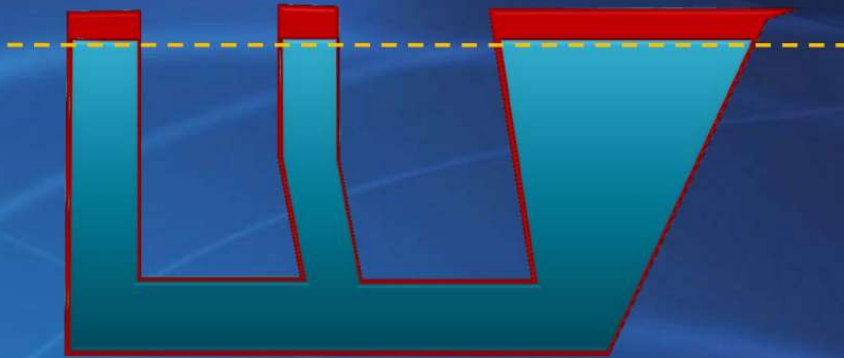
$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

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



## ΑΡΧΗ συγκοινωνούντων δοχείων:

Όταν υγρό ισορροπεί μέσα σε δοχεία που συγκοινωνούν οι ελεύθερες επιφάνειές του σε όλα τα δοχεία βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

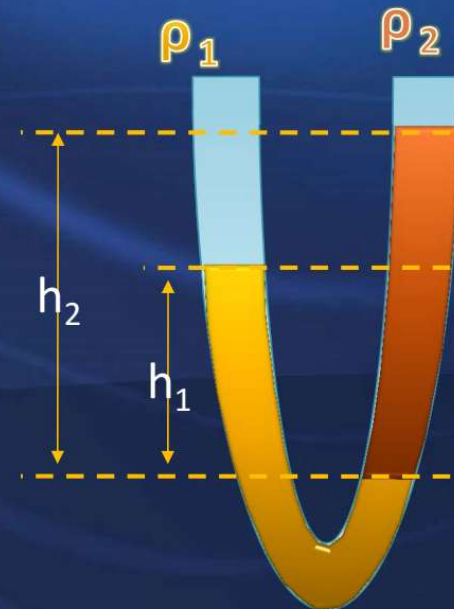


$$P = P_o + g\rho h$$

ΑΡΧΗ συγκοινωνούντων δοχείων:  
Δύο μη αναμείξιμα υγρά.

$$P = P_o + g\rho h \quad \text{Για να ισορροπούν τα υγρά}$$

$$g\rho_1 h_1 = g\rho_2 h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$



# Μέτρηση πίεσης – Σχετική και απόλυτη πίεση

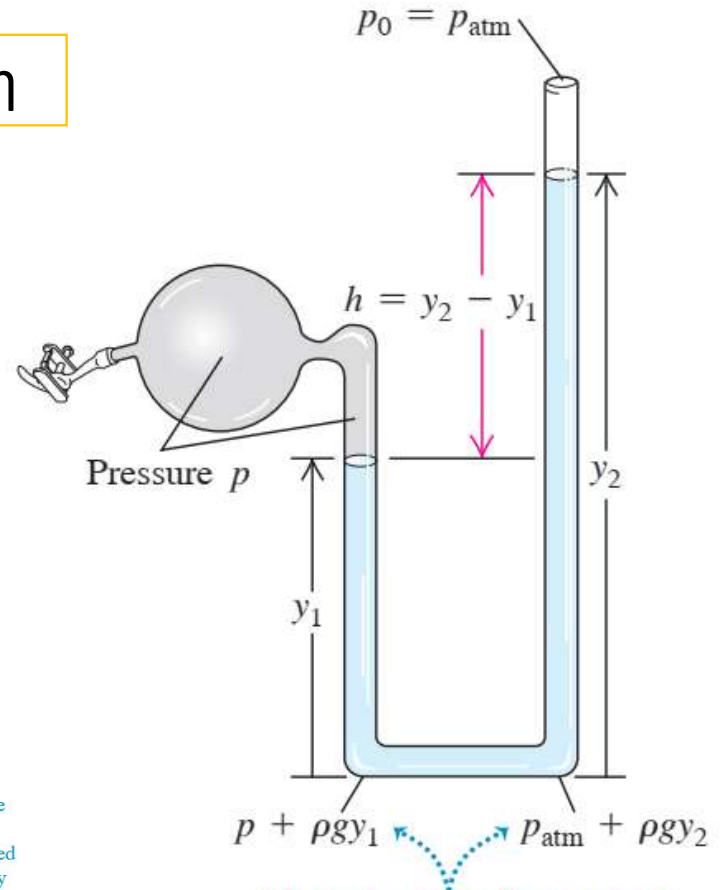
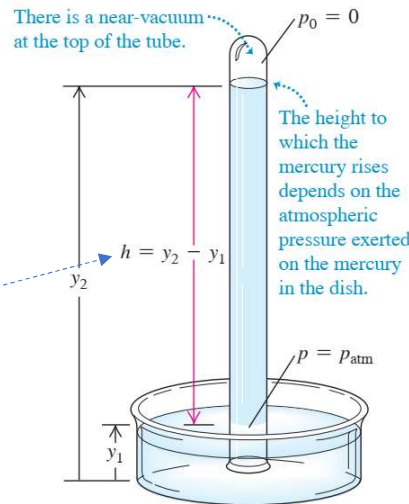
$p$  η πίεση προς μέτρηση **ΑΠΟΛΥΤΗ** πίεση  
 $p_o$  η ατμοσφαιρική πίεση  
 $p - p_o$  η **ΣΧΕΤΙΚΗ** πίεση

$$p + \rho g y_1 = p_{atm} + \rho g y_2$$

$$p - p_{atm} = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

↑  
 Η σχετική πίεση

Π.χ. η πίεση που μετράμε με το ιατρικό πιεσόμετρο είναι σχετική πίεση (130/80). Οι τιμές των δύο πιέσεων εκφράζουν το μέγιστο και ελάχιστο των σχετικών πιέσεων στις αρτηρίες μετρημένες σε mmHg  
 760 mmHg ~ 1 Atm



Η πίεση είναι η ίδια στα δύο σημεία στο κάτω μέρος του σωλήνα

# ΑΡΧΗ του Αρχιμήδη:

Κάθε σώμα βυθιζόμενο σε υγρό δέχεται άνωση ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει.

Άνωση: η δύναμη που ασκούν τα κάτω στρώματα του υγρού στα άνω Εφόσον έχουμε στατικά φαινόμενα και το υγρό είναι σε ισορροπία η άνωση θα πρέπει να είναι ίση αριθμητικά με το βάρος του υγρού με όγκο ίσο με εκείνο του σώματος που θα βυθιστεί.

$$A = B_u$$

Όγκος κυλίνδρου  $V_k$

Όγκος υγρού που εκτοπίστηκε  $V_u$

$$V_k = V_u$$



✓ Εάν  $A > B_k$  τότε το σώμα επιπλέει

✓ Εάν  $A < B_k$  τότε το σώμα βουλιάζει στον πάτο

✓ Εάν  $A = B_k$  τότε το σώμα αιωρείται οπουδήποτε μέσα στο υγρό

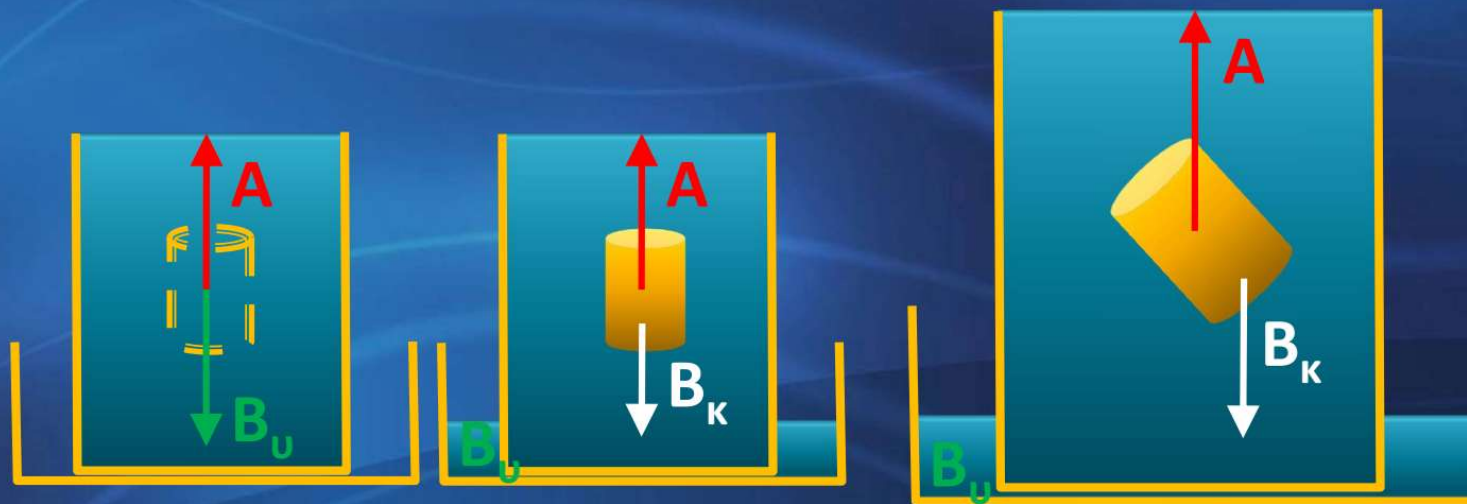
## ΑΡΧΗ του Αρχιμήδη:

Το σημείο εφαρμογής της άνωσης είναι το κέντρο μάζας του νερού που εκτοπίστηκε

Το σημείο εφαρμογής του βάρους του σώματος είναι το κέντρο μάζας του σώματος

Αν για π.χ. ο κύλινδρος είχε κέντρο μάζας κοντά στην κάτω επιφάνειά του τότε τα σημεία εφαρμογής  $A$  και  $B_{\kappa}$  θα ήταν διαφορετικά

Αποτέλεσμα εάν στρέψουμε το σώμα τότε πάνω του θα ασκηθεί ζεύγος δυνάμεων  $\rightarrow$  ροπή



# ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΠΛΕΟΥΝ ( $A > B_{\Sigma}$ )

(Α) ΕΥΣΤΑΘΗΣ – ΚΒ σώματος κάτω από το κέντρο άνωσης

(Β) ΑΔΙΑΦΟΡΗ – ΚΒ σώματος ίδιο με το κέντρο άνωσης

(Γ) ΑΣΤΑΘΗΣ – ΚΒ σώματος πάνω από το κέντρο άνωσης

[ 55N κ 37N , ~ 4% ] → ~ 5.5L.

**Παράδειγμα 8.8** Ένας άνδρας βάρους 800 N εκτοπίζει όγκο νερού ίσο με  $0,076 \text{ m}^3$  όταν βυθιστεί σε μια πισίνα (θεωρήστε το νερό της πισίνας ως καθαρό νερό). Υπολογίστε το φαινόμενο βάρος του όταν είναι βυθισμένος σε πισίνα και όταν είναι στη θάλασσα. Τα περισσότερα ζώα της ξηράς μπορούν να επιπλέουν στο νερό όταν κρατούν τους πνεύμονές τους πλήρως διεσταλμένους αλλά βυθίζονται όταν εκπνέουν τον αέρα. Με αυτά τα δεδομένα και υποθέτοντας ότι όταν οι πνεύμονες είναι πλήρως διεσταλμένοι, το σώμα δέχεται στο καθαρό νερό άνοση επί του συνολικού όγκου του ίση με το βάρος του, βρείτε την % αύξηση του όγκου του σώματος όταν οι πνεύμονες είναι πλήρως διεσταλμένοι.

[ 1426 m ]

**Παράδειγμα 8.9** Το ψηλότερο παγόβουνο που μετρήθηκε ποτέ ήταν 168 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Αν υποθέσουμε ότι είχε το σχήμα ενός μεγάλου κυλίνδρου υπολογίστε σε πόσο βάθος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας έφτανε. (Αγνοήστε τη μεταβολή της πυκνότητας του νερού ή του πάγου με το βάθος ή τη θερμοκρασία.)

→ θάλασσα.

$$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$$
$$\rho_i = 917 \text{ kg/m}^3$$

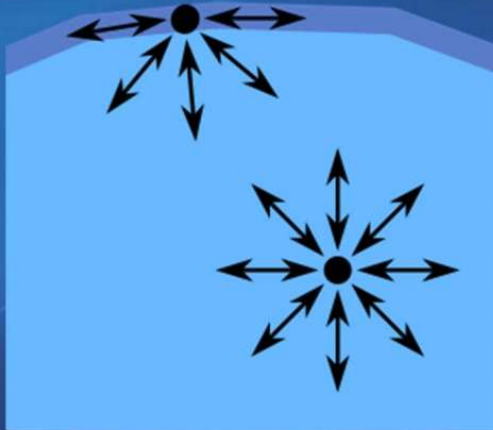


David Doubilet

## ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

**ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΥΝΟΧΗΣ:** Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του υγρού [επιφανειακή τάση]

**ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ:** Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του υγρού και των μορίων του τοιχώματος του δοχείου [τριχοειδή φαινόμενα]



Γενικά όλα τα φυσικά συστήματα τείνουν να ελαχιστοποιήσουν την ενέργειά τους. Όταν τα μόρια ενός υγρού αλληλεπιδρούν η δυναμική ενέργεια του συστήματος ελάττώνεται (γι' αυτό και σχηματίζεται το υγρό). Ένα μόριο στο εσωτερικό του υγρού αλληλεπιδρά με περισσότερους γείτονες ενώ τα μόρια της επιφανείας με λιγότερους. Άμεση συνέπεια τα δεύτερα να συνεισφέρουν λιγότερο στη μείωση της ενέργειας του συστήματος. Το σύστημα τείνει να σχηματίσει τη μικρότερη δυνατή διεπιφάνεια με τον αέρα.

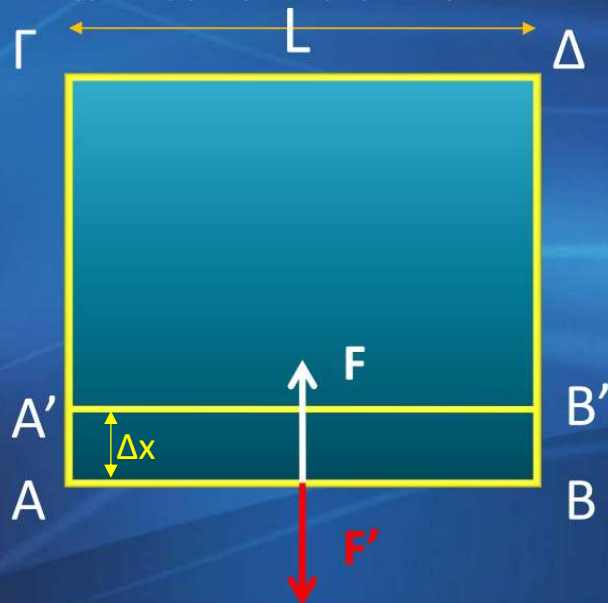


# ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

Εάν σε ένα υγρό σε ισορροπία προσπαθήσουμε να αυξήσουμε την διεπιφάνειά του με τον αέρα κατά  $\Delta A$ , θα καταβάλουμε έργο ίσο με  $\gamma \Delta A$  όπου  $\gamma$  ορίζεται σαν ο **συντελεστής επιφανειακής τάσης** και είναι χαρακτηριστικό κάθε υλικού. Το έργο αυτό αποθηκεύεται ως δυναμική ενέργεια. Το  $\gamma$  έχει διαστάσεις  $F/l$  [N/m]

$$\gamma = \frac{F}{2L} = \frac{F\Delta x}{2L\Delta x} = \frac{W}{\Delta A}$$

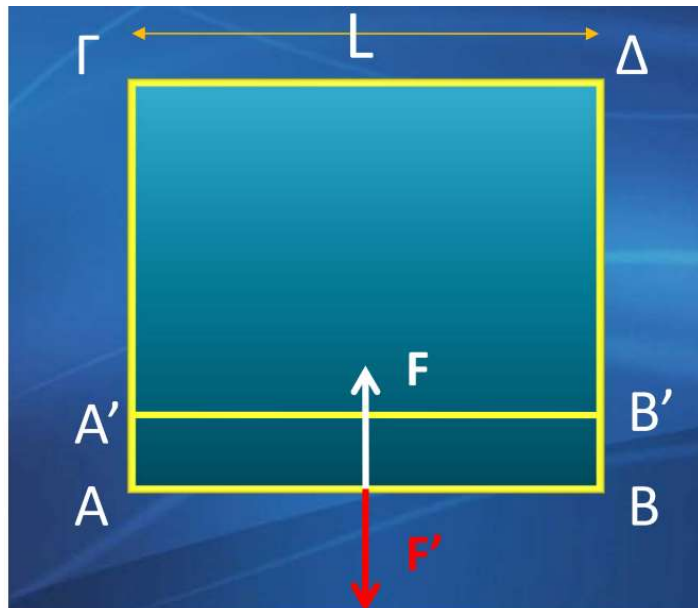
Αφού όλα τα υγρά τείνουν να διαθέσουν τη μικρότερη διεπιφάνεια με τον αέρα το σχήμα τους θα πρέπει να είναι εκείνο το οποίο για συγκεκριμένο όγκο θα έχει τη μικρότερη επιφάνεια δηλ. η σφαίρα



Εναλλακτικός ορισμός του συντελεστή επιφανειακής τάσης. Σε πλαίσιο ABΓΔ εάν δημιουργήσουμε υμένα από π.χ. Σαπουνόνερο το κινητό μέλος AB θα έρθει στη θέση A'B'. Η δύναμη  $F'$ , την οποία πρέπει να ασκήσουμε για να επανέλθει η κινητή πλευρά στα σημεία AB βρίσκεται πως είναι ανάλογη του μήκους  $L$  δηλαδή  $F=2\gamma L$

Ο συντελεστής επιφανειακής τάσης είναι χαρακτηριστικός για κάθε υλικό και εξαρτάται από τη θερμοκρασία (αυξανόμενη της θερμοκρασίας ο  $\gamma$  ελαττώνεται)

# ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ



Επιφανειακή τάση ενός υγρού είναι οι δυνάμεις που αναγκάζουν τα υγρά να πάρουν τη μικρότερη δυνατή επιφάνεια για δεδομένο όγκο.

Έτσι η επιφάνειά τους αποκτά ιδιότητες «ελαστικής μεμβράνης» και μπορεί να συγκρατήσει αντικείμενα μεγαλύτερης πυκνότητας.

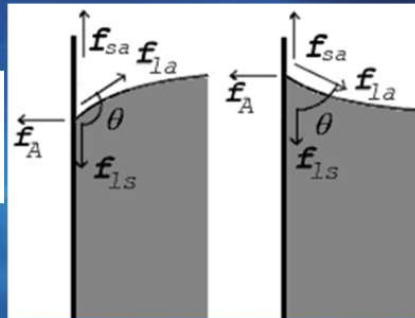
Ως επιφανειακή τάση ορίζεται το ποσόν της ενέργειας που απαιτείται για να αυξήσουμε το εμβαδόν της επιφάνειας ενός υγρού κατά μία μονάδα ή τη δύναμη ανά μονάδα μήκους η οποία ενεργεί κάθετα σε μια τυχαία τομή (γραμμή) πάνω στην επιφάνεια. Η επιφανειακή τάση μπορεί να εκδηλωθεί τόσο σε μορφές επιφανειακής ενέργειας όσο και σε επιφανειακή δύναμη.

# ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ: Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του υγρού και των μορίων του τοιχώματος του δοχείου [τριχοειδή φαινόμενα]

Εαν η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού που ισορροπεί πλησίον ενός στερεού είναι κοίλη (οξεία γωνία της επιφάνειας του υγρού με την επιφάνεια του στερεού) τότε λέμε πως το υγρό διαβρέχει το στερεό. Εάν είναι κυρτή (αμβλεία γωνία) λέμε πως δεν το διαβρέχει

- $\gamma_{ls}$  is the liquid–solid surface tension,
- $\gamma_{la}$  is the liquid–air surface tension,
- $\gamma_{sa}$  is the solid–air surface tension,
- $\theta$  is the contact angle, where a concave meniscus has contact angle less than  $90^\circ$  and a convex meniscus has contact angle of greater than  $90^\circ$ .<sup>[8]</sup>



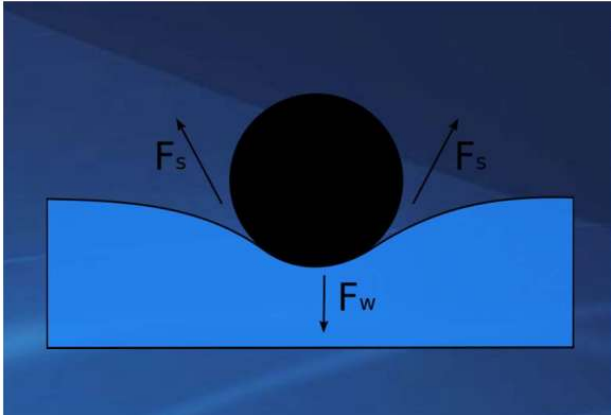
$\theta$  – γωνία συνεπαφής

$$f_A = f_{la} \sin \theta$$

$$f_{ls} - f_{sa} = -f_{la} \cos \theta \quad \longrightarrow \quad \gamma_{ls} - \gamma_{sa} = -\gamma_{la} \cos \theta$$

Liquid	Solid	Contact angle
water	soda-lime glass lead glass fused quartz	0°
ethanol		
diethyl ether		
carbon tetrachloride		
glycerol		
acetic acid		
water	paraffin wax	107°
	silver	90°
methyl iodide	soda-lime glass	29°
	lead glass	30°
	fused quartz	33°
mercury	soda-lime glass	140°

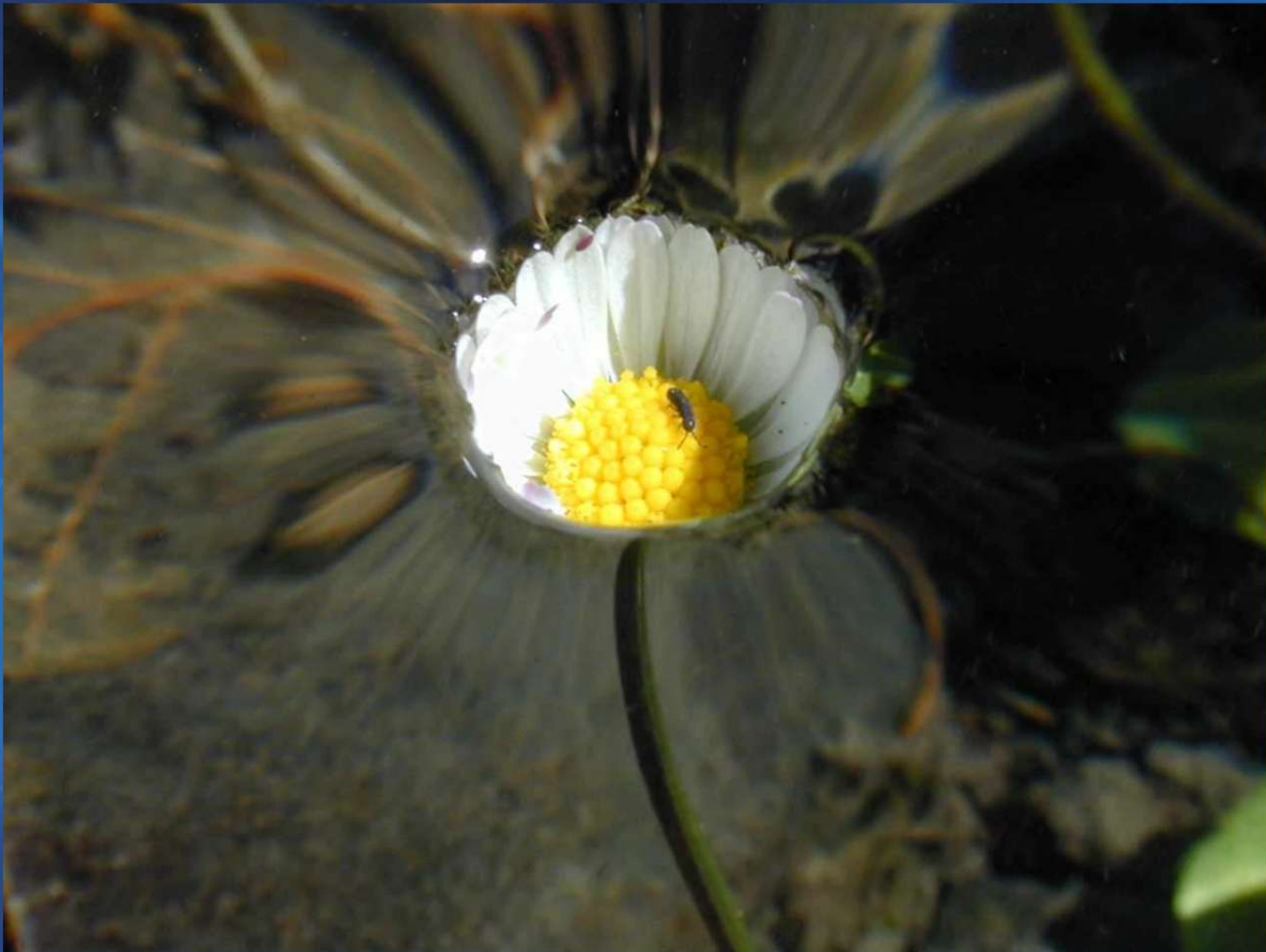
Some liquid-solid contact angles



$$F_w = 2F_s \sin \theta \quad \Leftrightarrow \quad mg = 2\gamma L \sin \theta$$











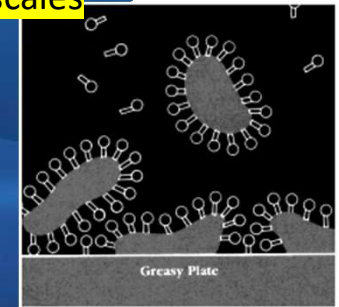
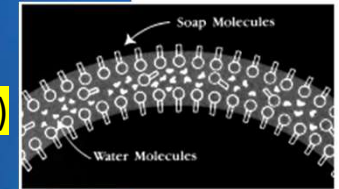


# Marangoni effect

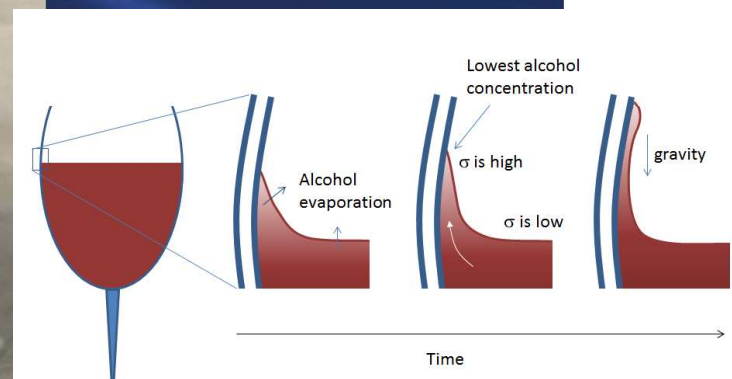
Marangoni effect  
Μεταφορά μάζας  
κατά μήκος μιας  
διεπιφάνειας  
εξαιτίας της  
διαφοράς της  
επιφανειακής τάσης



Temperature  
(thermocapillary effect)  
Concentration  
(solutocapillary effect)  
microfluids and larger scales



<https://www.exploratorium.edu/ronh/bubbles/soap.html>

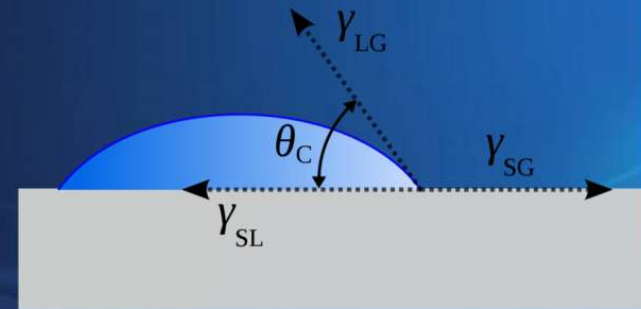








# ΓΩΝΙΑ *συν*ΕΠΑΦΗΣ

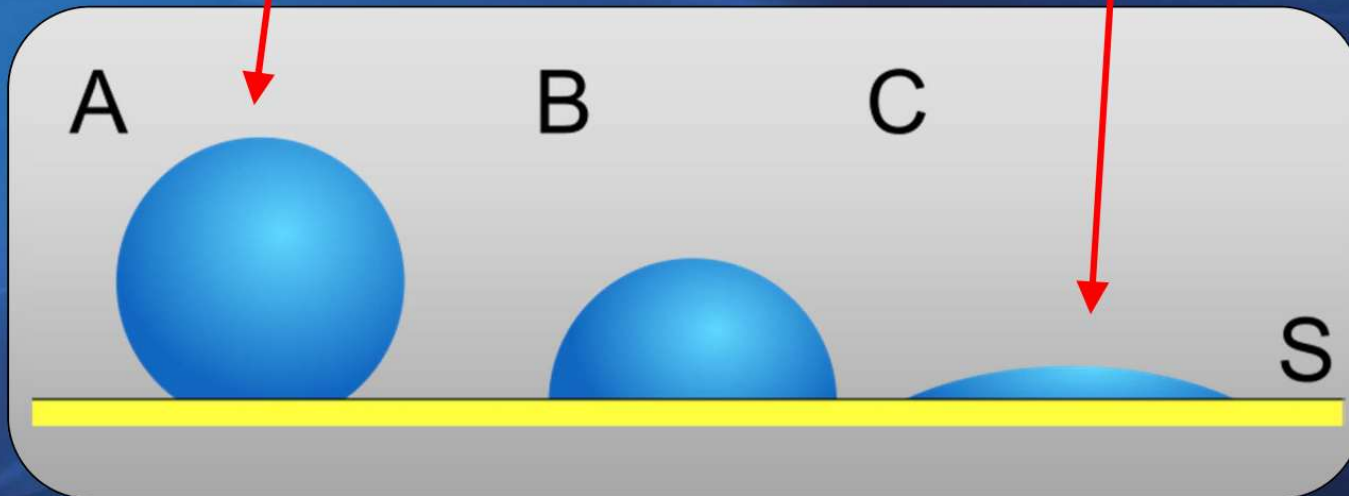


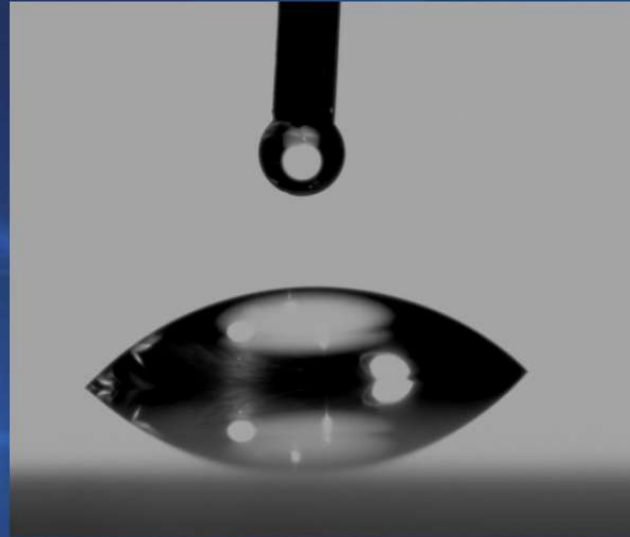
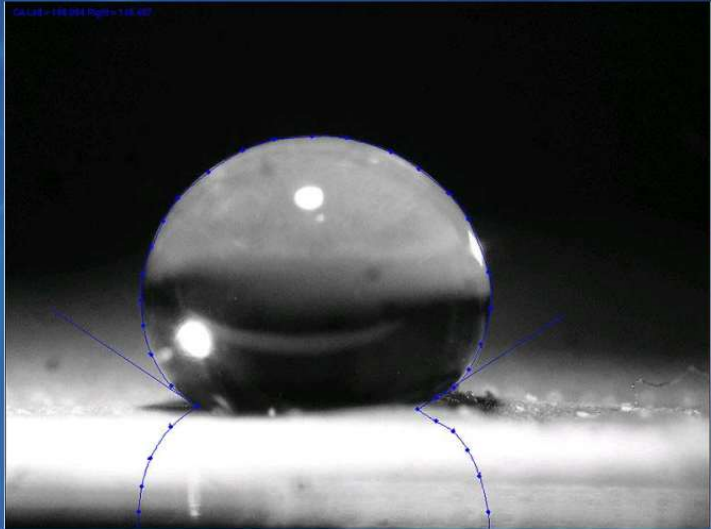
Μεγάλη γωνία επαφής

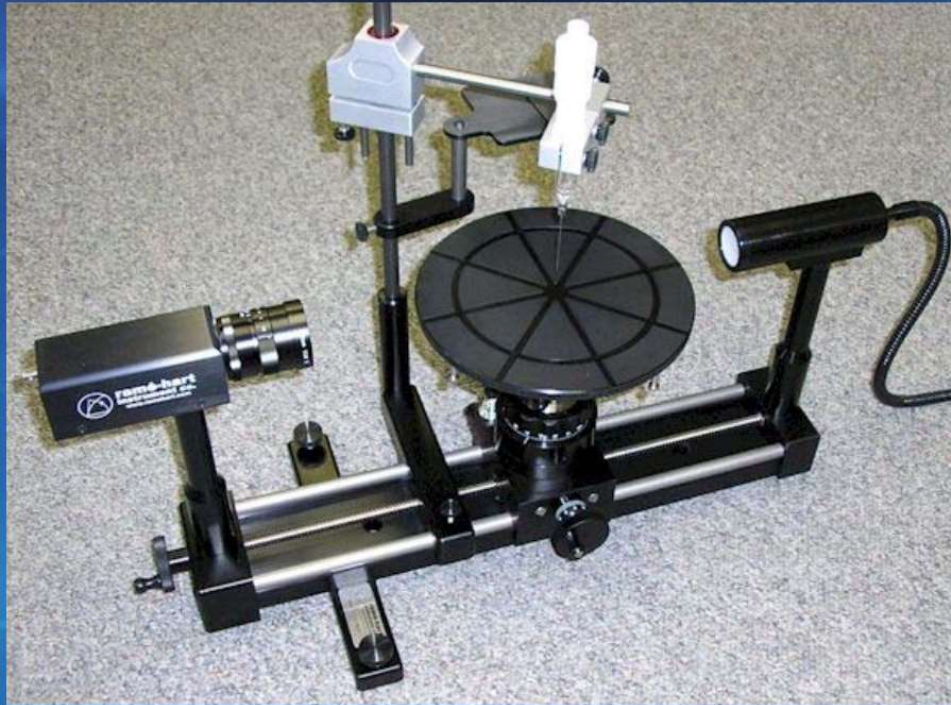
Το υγρό δε διαβρέχει το στερεό  
Δύναμη συνοχής > Δύναμη  
συνάφειας

Μικρή γωνία επαφής

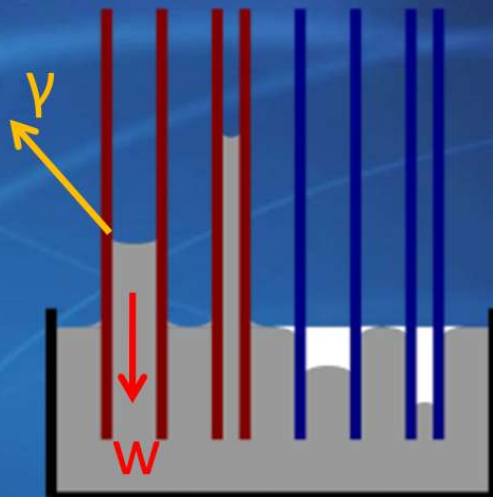
Το υγρό διαβρέχει το στερεό  
Δύναμη συνάφειας > Δύναμη  
συνοχής







# ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΤΡΙΧΟΕΙΔΕΙΣ ΣΩΛΗΝΕΣ



Στους κόκκινους σωλήνες το υγρό διαβρέχει το σωλήνα. Παρατηρείται ανύψωση της στάθμης του υγρού στο σωλήνα (νερό/γυαλί)

Στους μπλε σωλήνες το υγρό δε διαβρέχει το σωλήνα. Παρατηρείται βύθιση της στάθμης του υγρού στο σωλήνα (Hg/γυαλί)

Βάρος του υγρού πάνω από την επιφάνεια



$$w = \pi r^2 h \rho g$$



$$F = \gamma 2\pi r \cos \theta$$

$$F = w \Rightarrow h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

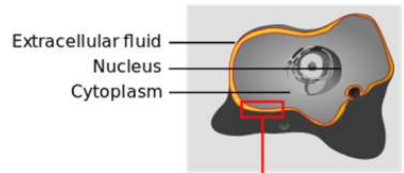
$\theta$  γωνία συνεπαφής



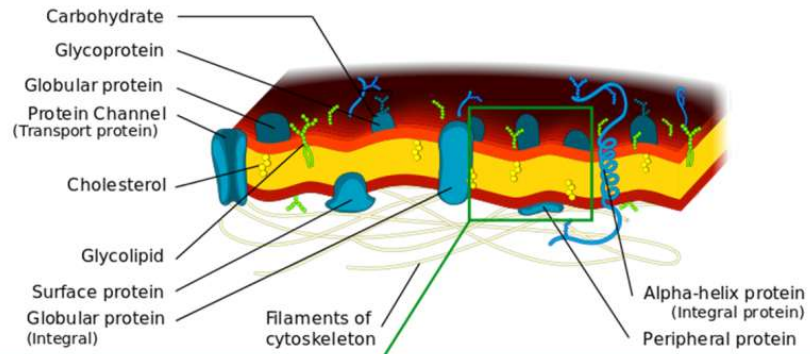




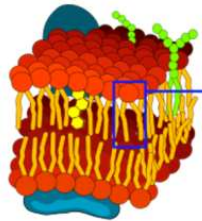
### Cell



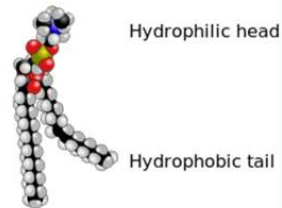
### Cell membrane



### Phospholipid bilayer



### Phospholipid (Phosphatidylcholine)



# Phospholipids & Liposomes (drug delivery)

Αποτελούνται από αμφίφυλες χημικές ομάδες.

Η αυτό-οργάνωσή τους οφείλεται σε

σταθερότητα λόγω ενεργειακών παραγόντων (φορτία, δεσμοί H, περιβάλλον π.χ. pH, άλατα

δομικές ιδιότητες (μεγέθη μορίων)

εντροπικούς παράγοντες (θερμοδυναμική)

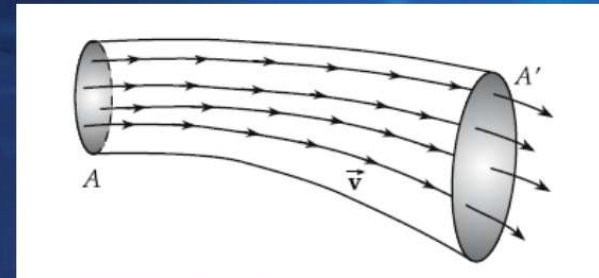
Η θερμοκρασία αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη σταθερότητά τους (υδρογονομένη λεκιθίνη διατηρεί τη δομή της σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τη μη υδρογονομένη κι επομένως διαθέτει μεγαλύτερη σταθερότητα)

# ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Η επιστήμη που μελετά τη ροή των ρευστών

## ΟΡΙΣΜΟΙ

**ΠΕΔΙΟ ΡΟΗΣ** είναι πεδίο ταχυτήτων και ορίζεται μέσα στο χώρο στον οποίο ρέει ένα ρευστό.

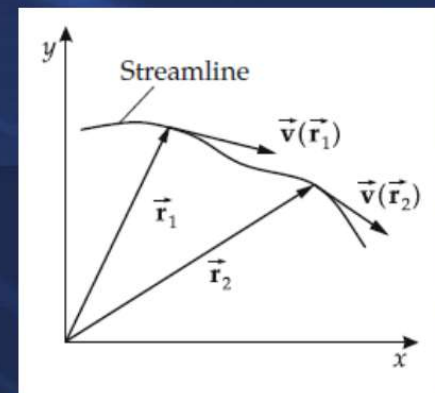


**ΜΟΝΙΜΟ/ΣΤΡΩΤΟ πεδίο** → ΜΟΝΙΜΗ/ΣΤΡΩΤΗ

ροή όταν η ταχύτητα του ρευστού σε κάθε σημείο του πεδίου είναι χρονικά σταθερή. Σε διαφορετική περίπτωση λέμε πως έχουμε μη μόνιμη/τυρβώδη ροή.

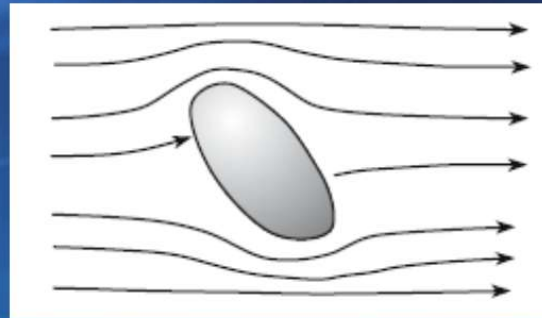
**ΡΕΥΜΑΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ/ΓΡΑΜΜΗ ΡΟΗΣ:**

η τροχιά που ακολουθεί ένα μόριο ρευστού κατά την κίνησή του. Σε κάθε σημείο της ρευματικής γραμμής η ταχύτητα είναι εφαπτόμενη στη γραμμή

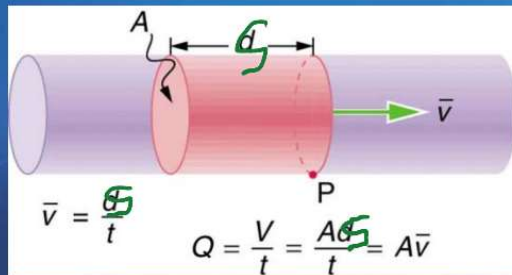


# ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

**ΦΛΕΒΑ:** Σύνολο ρευματικών γραμμών στο πεδίο ροής του ρευστού



**ΠΑΡΟΧΗ Q:** ο όγκος του ρευστού  $dV$  που περνά από μια κάθετη διατομή  $A$  μέσα σε χρόνο  $dt$  δια το χρόνο αυτό



$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{Ads}{dt} = Au$$

$[m^3/s]$

# ΙΙΔΑΝΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

1. Είναι τελείως ασυμπίεστα
2. Δεν έχουν εσωτερική τριβή
3. Δεν παρουσιάζουν συνάφεια με τα τοιχώματα
4. Η πυκνότητα είναι ανεξάρτητη του βάθους

## ΝΟΜΟΙ

- ✓ Συνέχειας
- ✓ Bernoulli

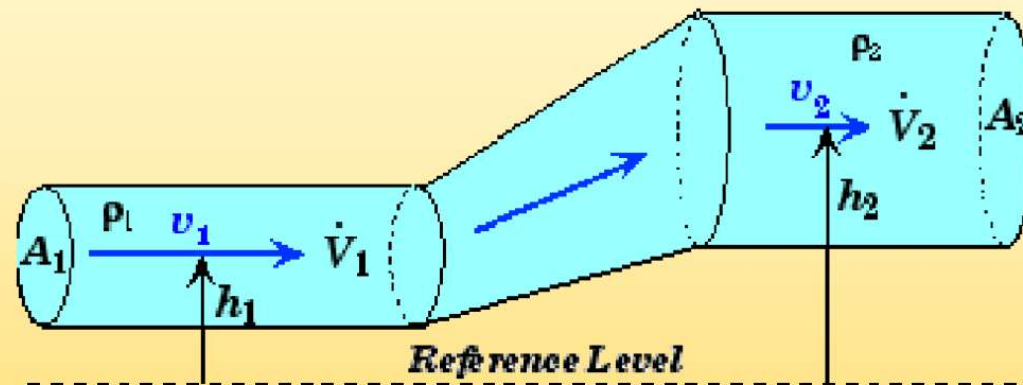
# ΙΔΑΝΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

## ΝΟΜΟΣ Συνέχειας

Η παροχή μιας φλέβας σε οποιαδήποτε διατομή κατά μήκος της είναι σταθερή

$$A_1 u_1 = A_2 u_2$$

continuity equation in differential form			$LT^{-1}$
	Symbol	Unit	Quantity
$\text{div } \vec{v} = 0$	$\vec{v}$	m/s	velocity field



# ΙΔΑΝΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

## ΝΟΜΟΣ Bernoulli

Κατά μήκος μιας φλέβας το άθροισμα της στατικής  $P$ , της υψομετρικής  $\rho gh$  και της δυναμικής πίεσης  $\rho u^2/2$  είναι σταθερό

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho u^2 = \text{σταθ.}$$

Bernoulli's equation

$ML^{-1}T^{-2}$

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

Symbol

Unit

Quantity

$p$

Pa

static pressure

$\rho$

kg/m<sup>3</sup>

density

$v$

m/s

flow velocity

$g$

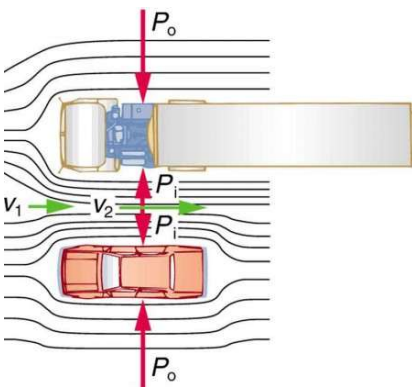
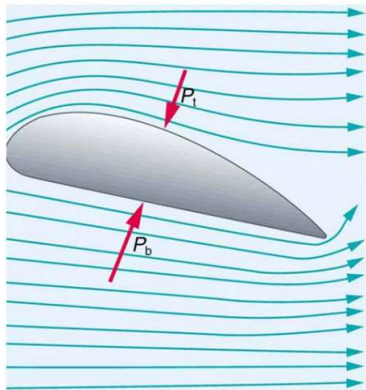
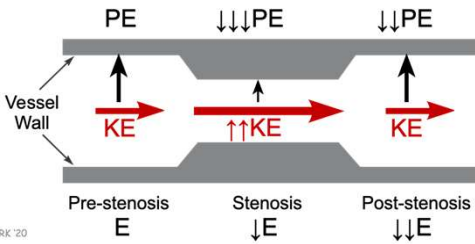
m/s<sup>2</sup>

gravitational acceleration

$h$

m

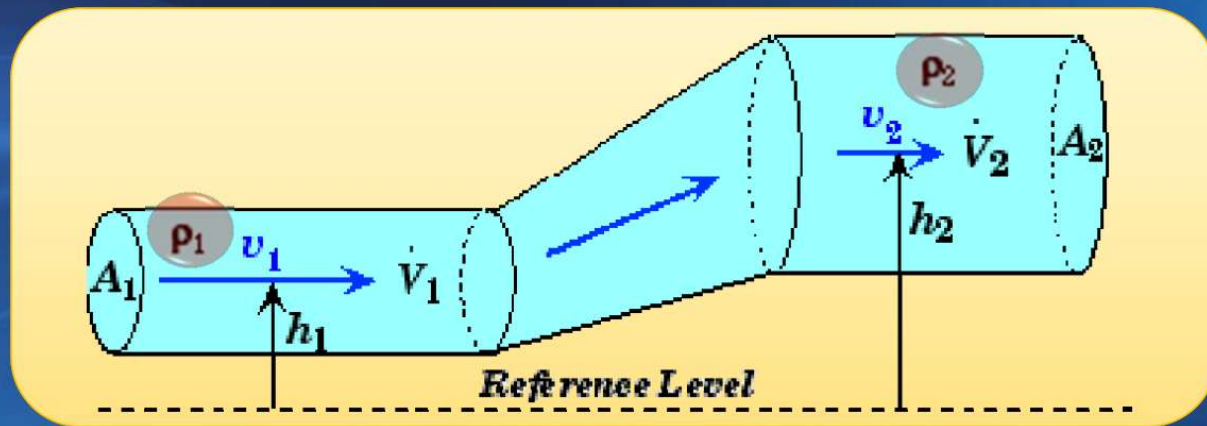
height





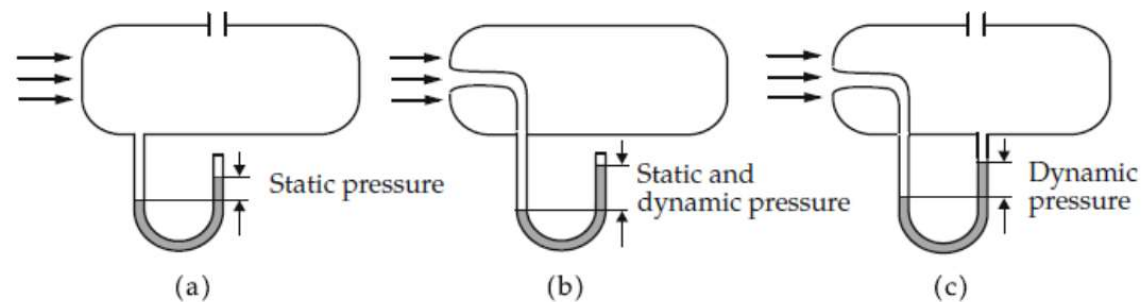
# NΟΜΟΣ Bernoulli

Ιδανικό ρευστό  $\rho_1 = \rho_2$



$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho u_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho u_2^2$$

Πώς μετράμε  
τη δυναμική  
και στατική  
πίεση



Παράδειγμα 8.4 Ας υποθέσουμε ότι ένας καθετήρας εισέρχεται στην αορτή, τη μεγαλύτερη αρτηρία του σώματος, για να μετρήσουμε την τοπική πίεση και ταχύτητα του αίματος (οι φυσιολογικές τους τιμές έχουν βρεθεί να είναι  $1.4 \cdot 10^4$  Pa και 0.4 m/s αντίστοιχα) και να εστιάσουμε το εσωτερικό της αρτηρίας. Εάν η φυσιολογική εσωτερική διάμετρος της αορτής έχει βρεθεί να είναι 2 cm ενώ παρατηρείται ότι σε μια περιοχή της στενεύει κατά 30% λόγω εναπόθεσης αθηρωματικής πλάκας, βρείτε την ταχύτητα και τη μεταβολή της πίεσης του αίματος στη στενή αυτή περιοχή. Υποθέστε ότι το αίμα είναι ιδανικό ρευστό και χρησιμοποιήστε την τιμή για την πυκνότητα  $1.06 \text{ g/cm}^3$ .  
[νόμος συνέχειας 0.82 m/s, Bernoulli  $\Delta P=270$  Pa]

Παράδειγμα 8.6 Μια πισίνα κολύμβησης, που στη μια της πλευρά ο πυθμένας της βρίσκεται σε βάθος 1 m, βαθιάει γραμμικά μέχρι τα 5 m στο μέσο της και διατηρεί από εκεί και πέρα αυτό το βάθος έως και την απέναντι πλευρά της. Βρείτε την πίεση που ασκείται σε ένα μικρό σφαιρικό μπαλόνι διαμέτρου 2 cm που το κρατάμε στον πυθμένα της πισίνας σε κάθε μια (ρηχή-βαθιά) από τις πλευρές της. Επίσης βρείτε τη συνολική δύναμη συμπίεσης που ασκείται εξαιτίας του νερού στο μπαλόνι, όταν αυτό συγκρατείται στον πυθμένα στη ρηχή και στη βαθιά περιοχή της πισίνας αντίστοιχα.

[ $1.1 \cdot 10^5$  Pa,  $1.5 \cdot 10^5$  Pa] και [138 N, 188 N]

*Παράδειγμα 8.7* Η πίεση του αίματος μεταβάλλεται, όχι μόνο περιοδικά ως προς τον χρόνο σύμφωνα με τους παλμούς της καρδιάς, αλλά, όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο, και χωρικά για διαφορετικά στο ανθρώπινο σώμα. Η χωρική αυτή μεταβολή εξαρτάται από το ύψος που εξετάζουμε την πίεση του αίματος αγγείου πάνω από την εξεταζόμενη θέση. Αν υποθέσουμε ότι η μέση πίεση του αίματος στην καρδιά συνήθως, και είναι ίση με 100 mm Hg – σε επόμενη ενότητα ορίζονται αυτές οι μονάδες), βρείτε την πίεση του αίματος στο επίπεδο των ποδιών (1,3 m κάτω από την καρδιά) και στο επίπεδο της κεφαλής (0,5 m πάνω από την καρδιά). Αν κάποιος δεχτεί επιτάχυνση προς τα πάνω, όπως για παράδειγμα κατά την απογείωση ενός αεροπλάνου ή ακόμα και σε έναν ταχύ ανελκυστήρα ψηλού κτιρίου, η αυξημένη πίεση μπορεί να αποστραγγίσει το αίμα από το κεφάλι του. Ποιά είναι η ελάχιστη επιτάχυνση για την οποία θα συνέβαινε κάτι τέτοιο; (Θεωρήστε ότι το κεφάλι βρίσκεται σε ύψος 25 cm από την καρδιά).

[~27 kPa, ~8 kPa, ~4g]