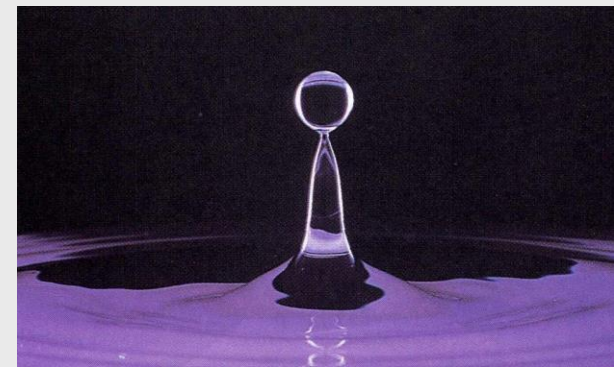


## Tema 8

### Mecànica de fluids

---

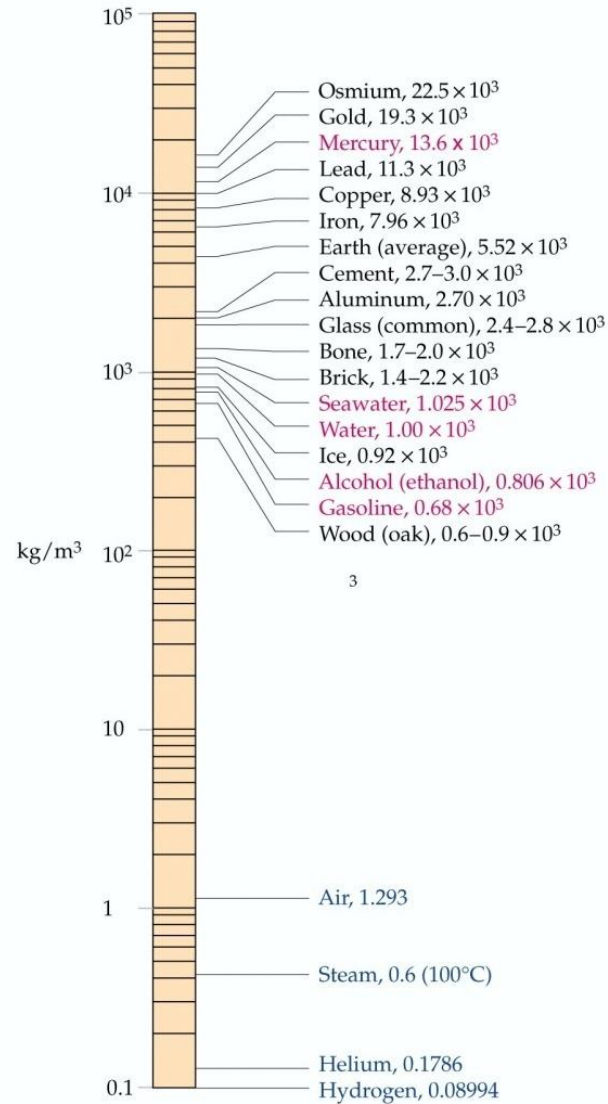
- 8.1. Densitat.
- 8.2. Pressió en un fluid.
- 8.3. Flotació
- 8.4. Tensió superficial.
- 8.5. Flux dels fluids.
- 8.6. L'equació de Bernoulli.
- 8.7. Viscositat.
- 8.8. Turbulència.



# 8.1. Densitat

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Densities of Selected Substances



## 8.1. Densitat

- 1 Troba la massa i pes de l'aire en una habitació de  $4.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$  en el pis i un sostre de  $3.0 \text{ m}$  d'alt. ¿Quina és la massa i pes del mateix volum d'aigua?

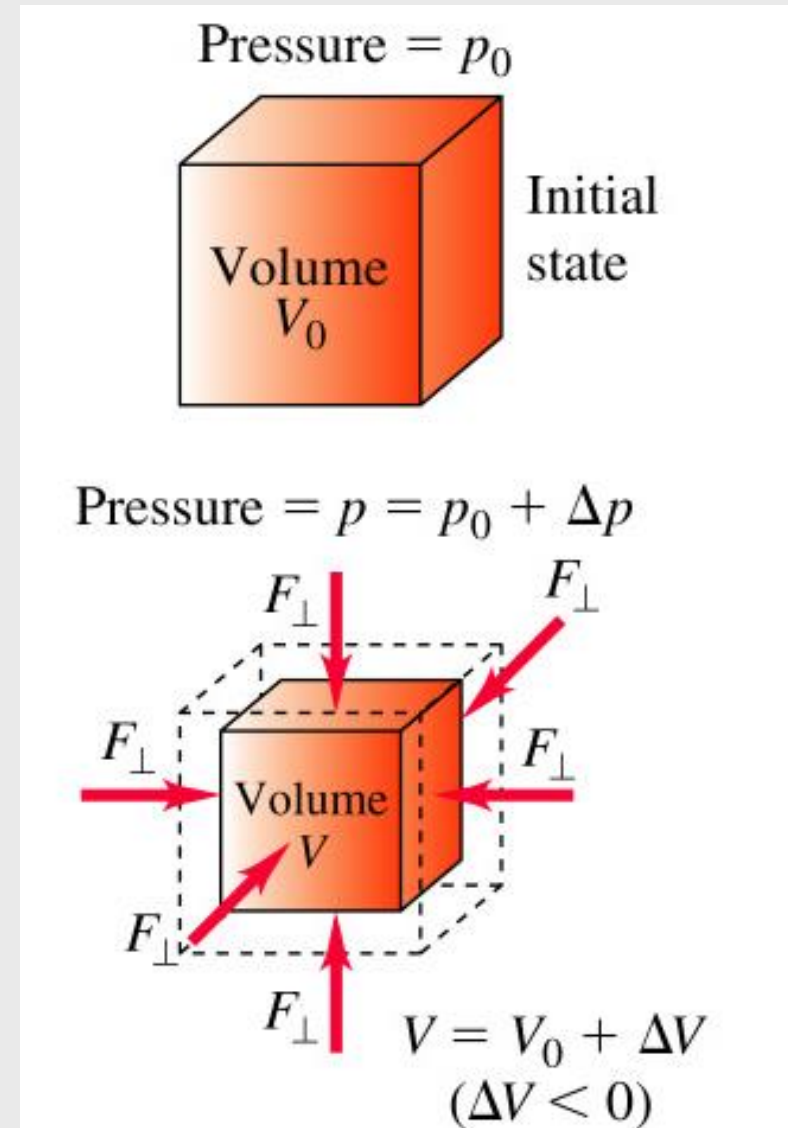
## 8.2. Pressió en un fluid

$$P = \frac{F}{A}$$

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

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar} = 1013 \text{ milibar}$$

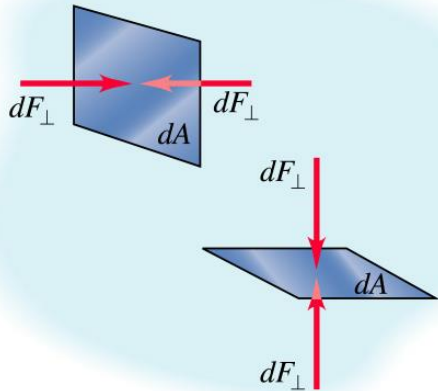


## 8.2. Pressió en un fluid

La pressió actua igualment en totes direccions

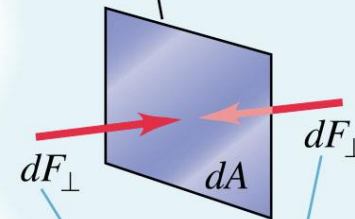
$$p = \frac{dF}{dA}$$

Pressure does not have a direction of its own: it can produce a force  $dF_{\perp} = p dA$  in any direction



tion, Inc., publishing as Addison Wesley.

Small area  $dA$  within fluid



Equal normal forces exerted on both sides by surrounding fluid

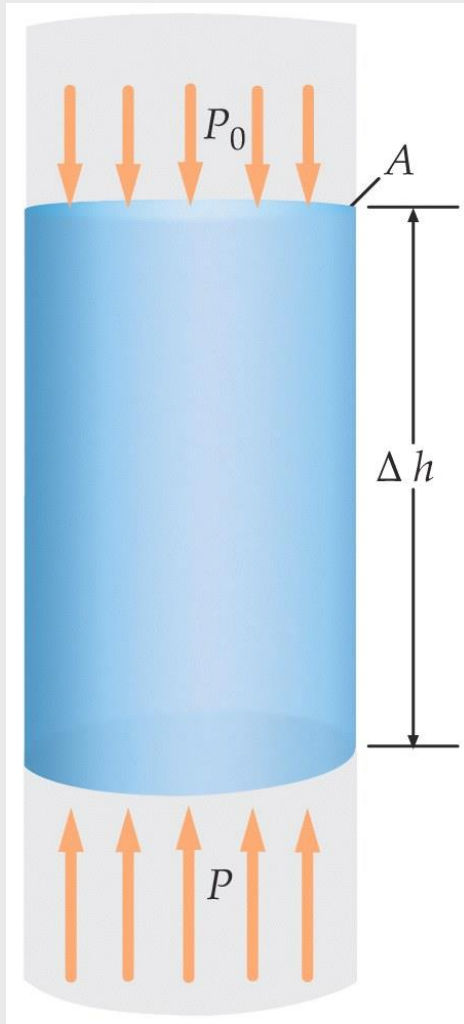
tion, Inc., publishing as Addison Wesley.

## 8.2. Pressió en un fluid

En una habitació de  $4.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$  en el pis, ¿quina és la força cap a avall total exercida per la pressió de l'aire a  $1.00 \text{ atm}$ ?

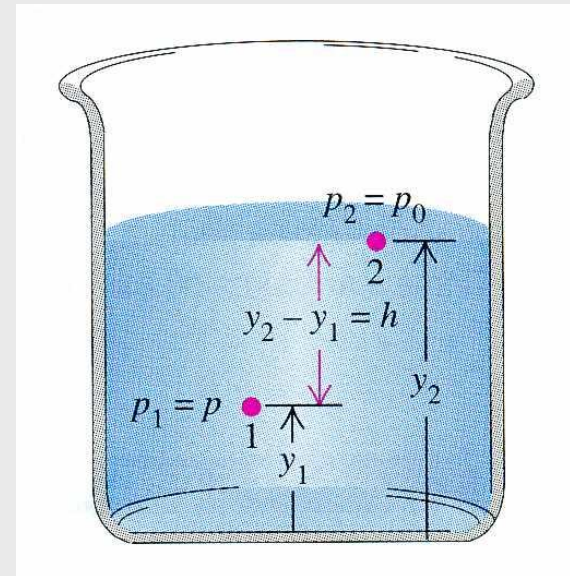
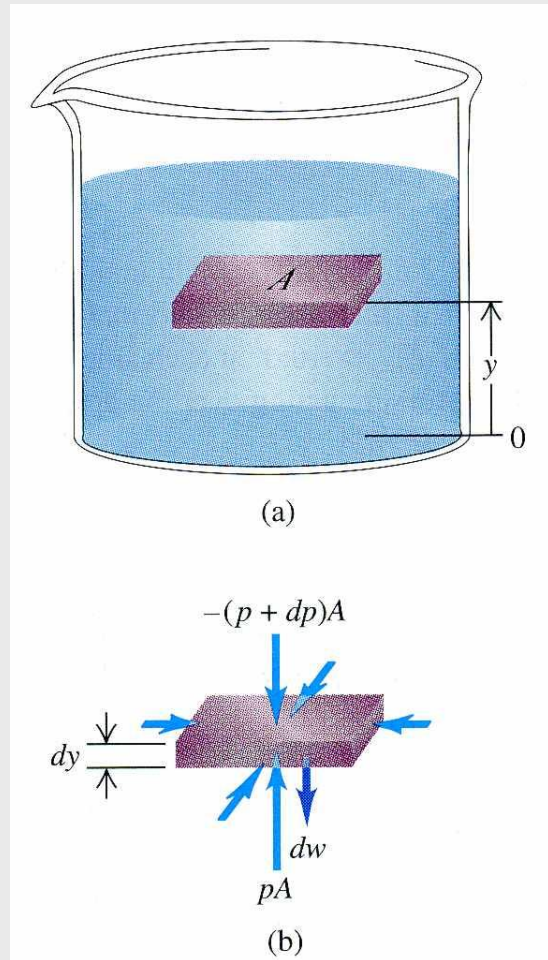
## 8.2. Pressió en un fluid

### Pressió i profunditat



$$P = P_0 + \rho g \Delta h \quad (\rho \text{ constant})$$

## 8.2. Pressió en un fluid

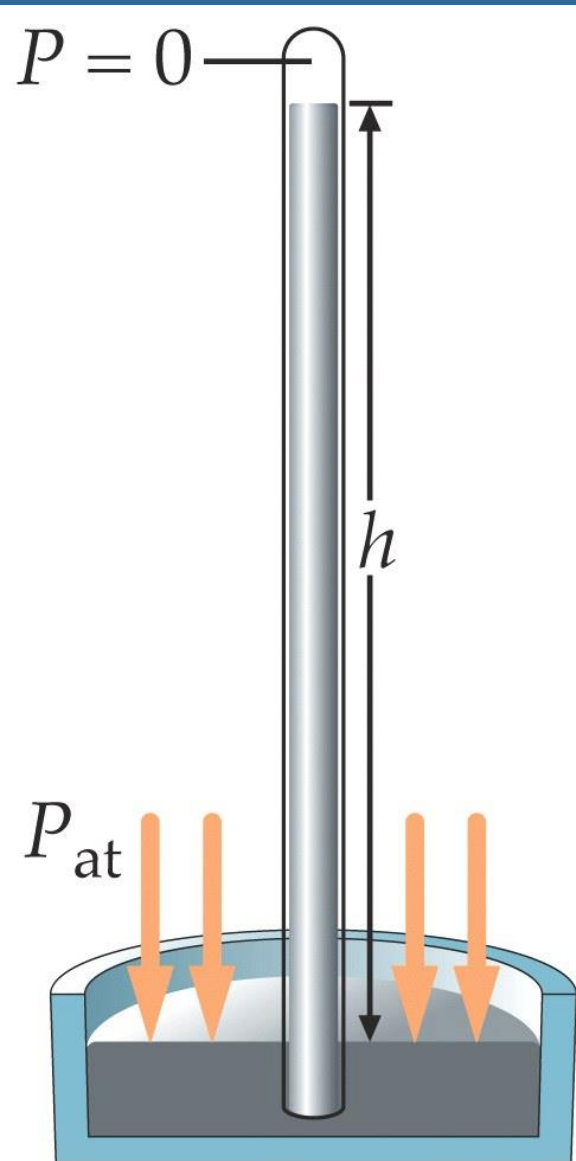


$$\frac{dp}{dy} = -\rho g$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$



## 8.2. Pressió en un fluid



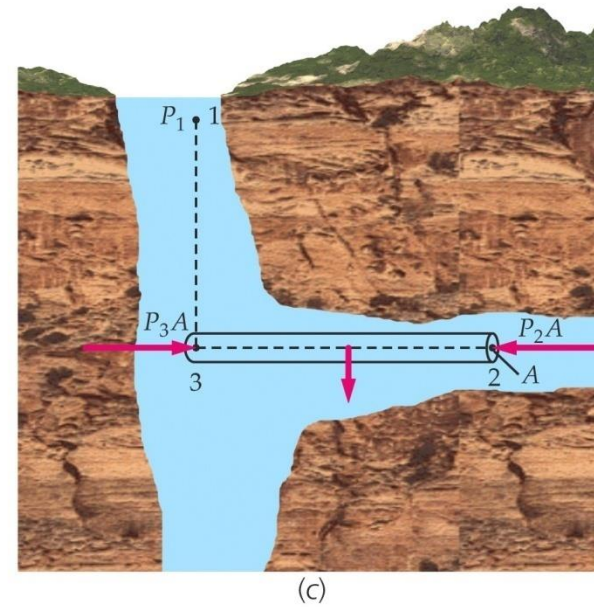
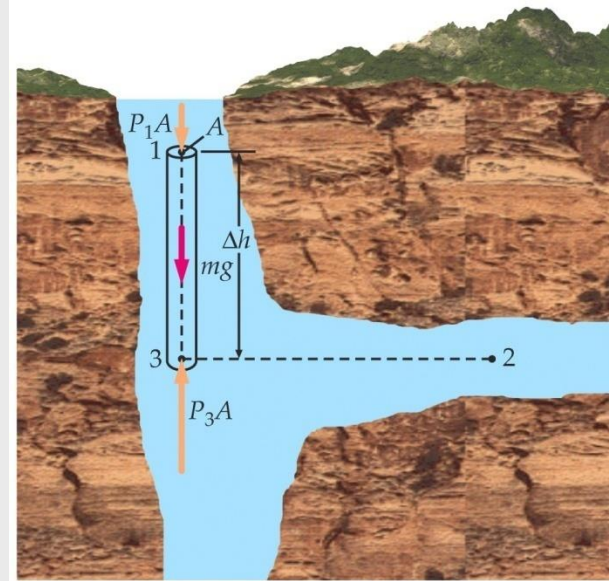
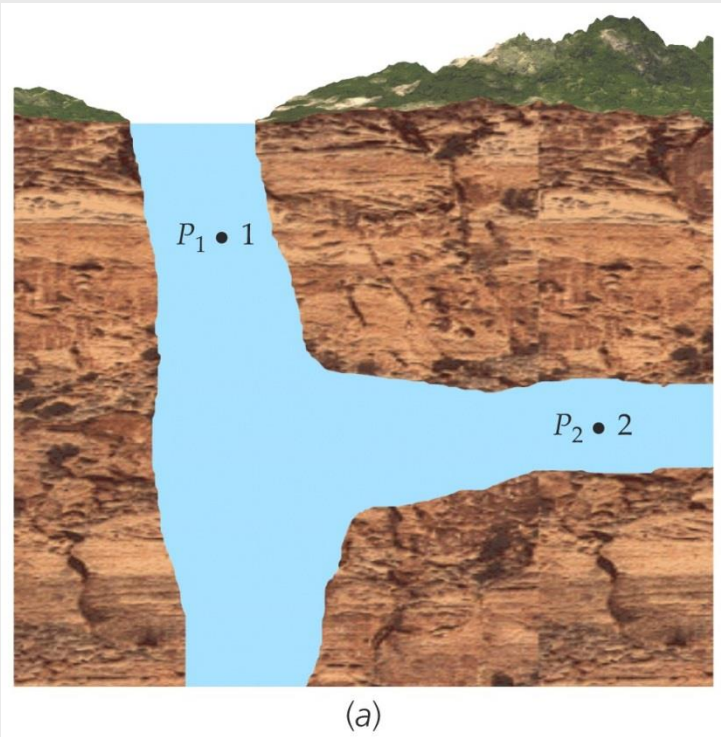
Baròmetre de mercuri

$$P_{atm} = \rho g h$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa}$$

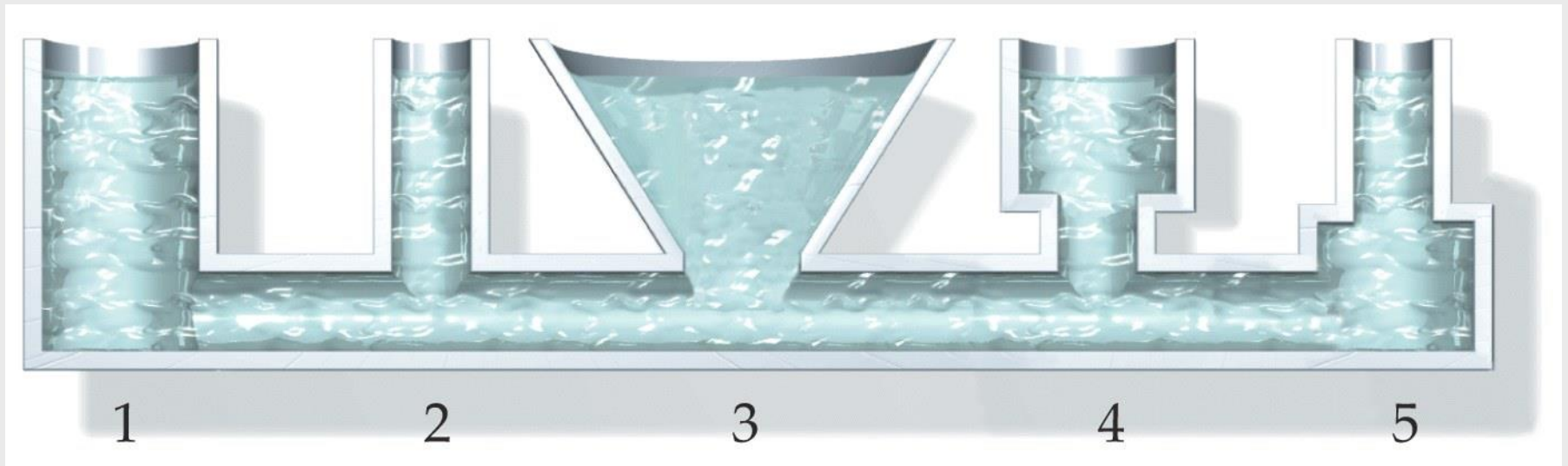
Calcula la pressió atmosfèrica en un dia en què l'altura de mercuri en un baròmetre és 780 mm.

## 8.2. Pressió en un fluid



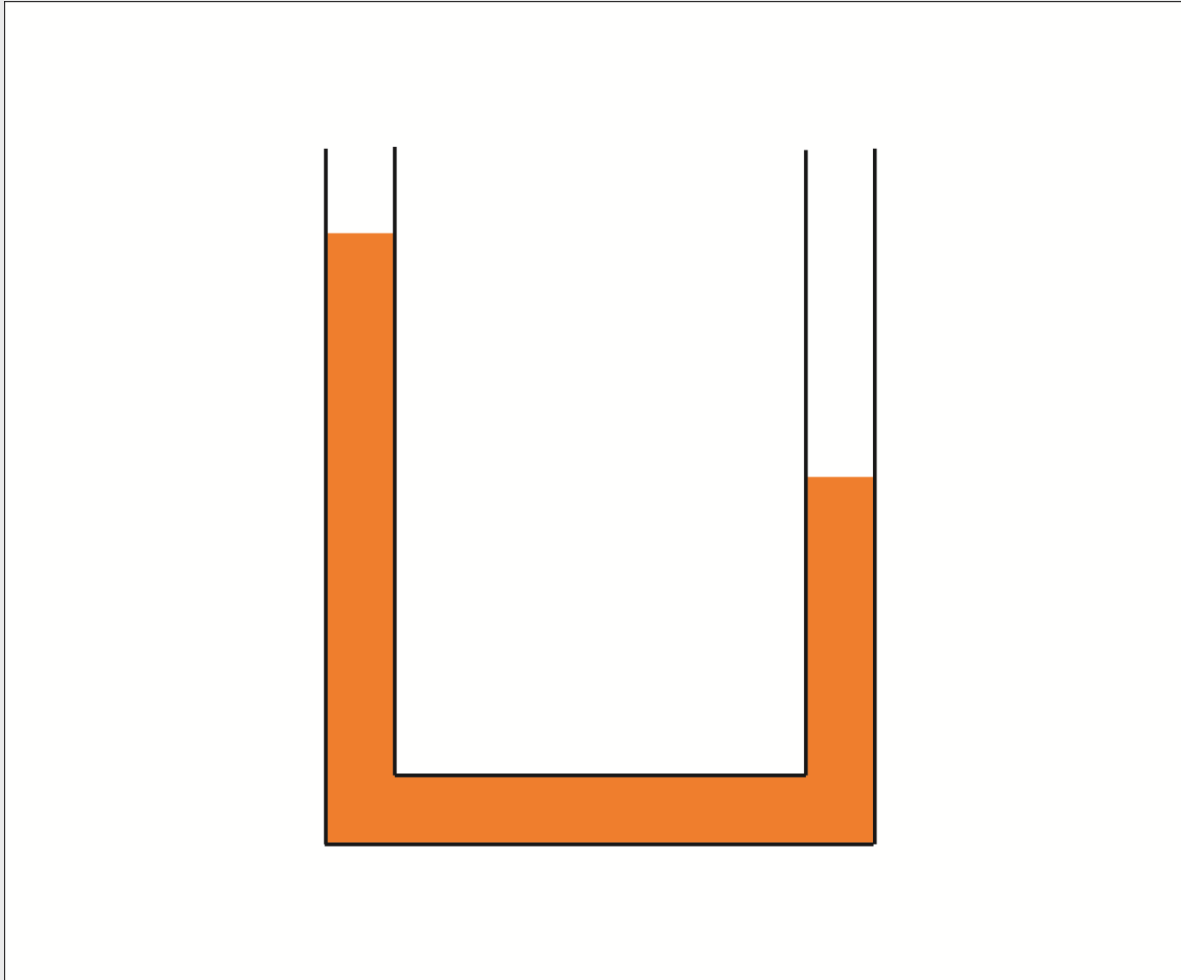
## 8.2. Pressió en un fluid

La pressió en el fluid és la mateixa a tots els punts de la mateixa altura. La forma del contenidor no afecta la pressió.



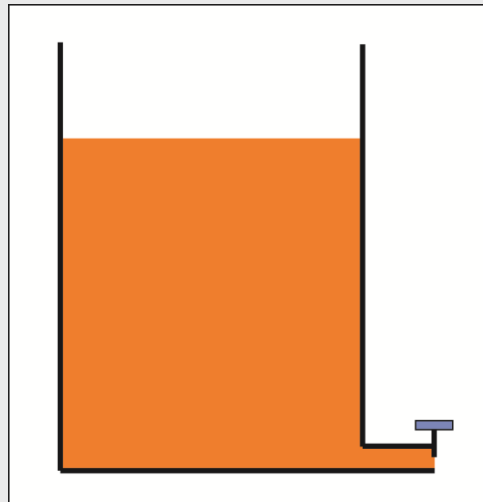
## 8.2. Pressió en un fluid

Quan està el fluid en equilibri?



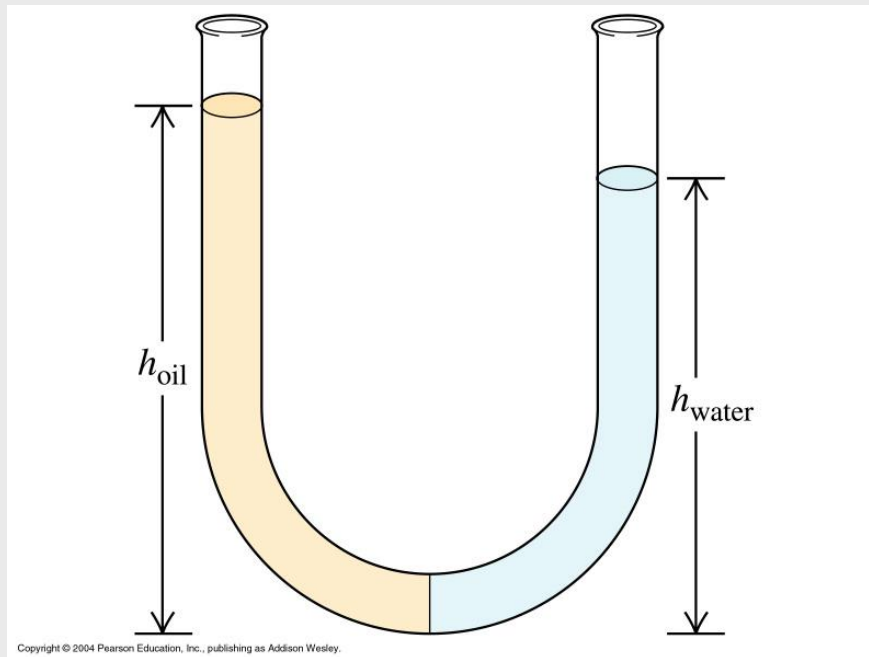
## 8.2. Pressió en un fluid

Per què ix el fluid si obrim el tapó del dipòsit??



## 8.2. Pressió en un fluid

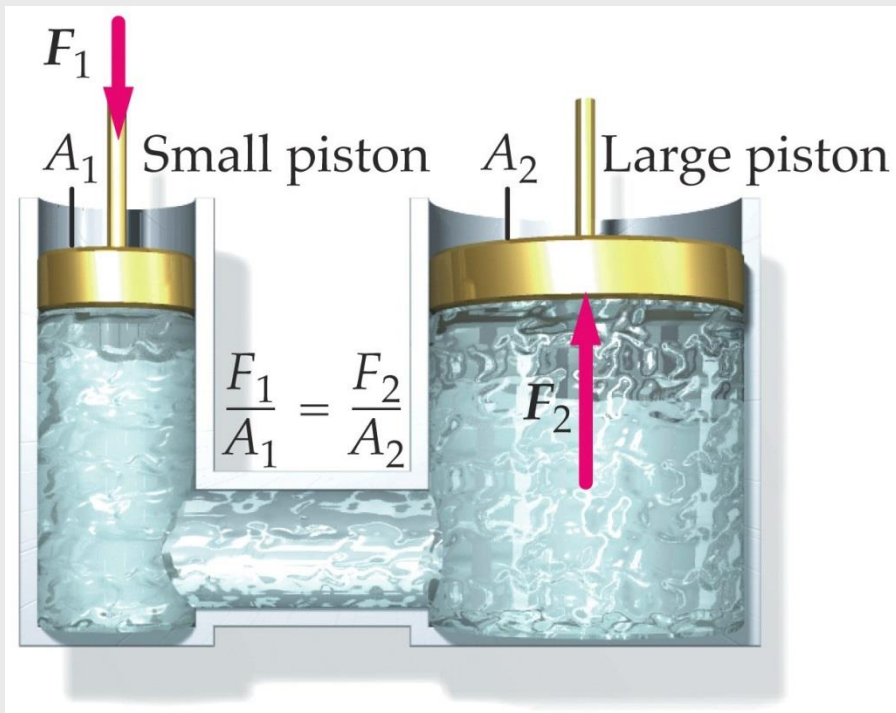
Explica perquè és major l'altura de la columna d'oli



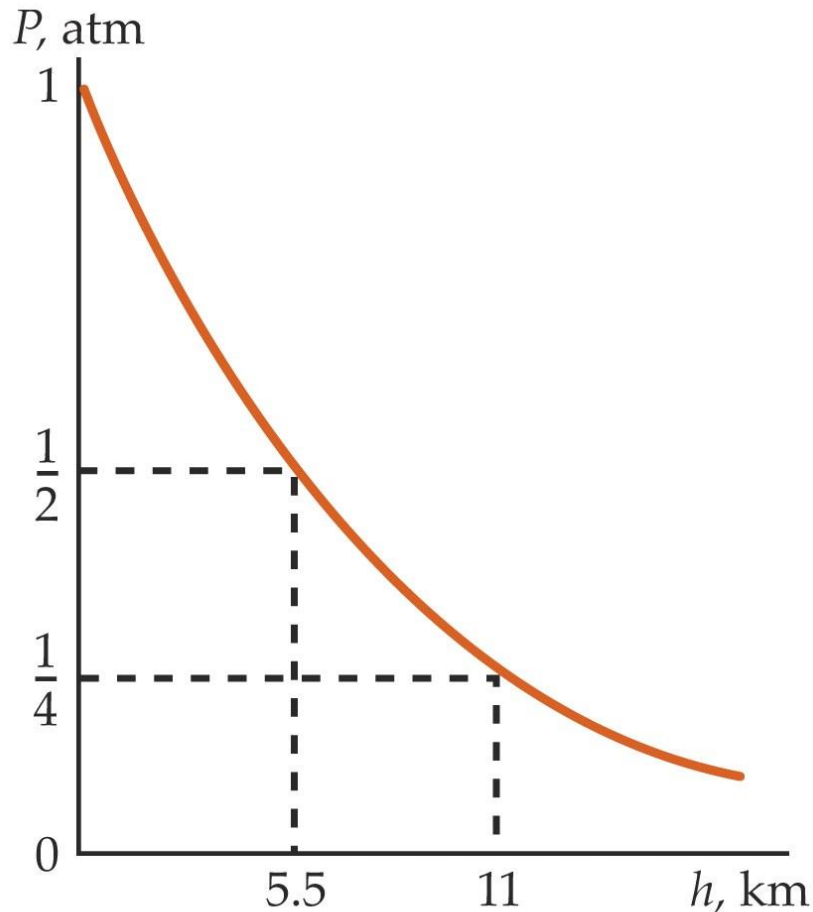
## 8.2. Pressió en un fluid

Llei de Pascal: La pressió aplicada a un fluid tancat es transmet sense disminució a totes les parts i parets del recipient

Premsa o elevador hidràulic



## 8.2. Pressió en un fluid

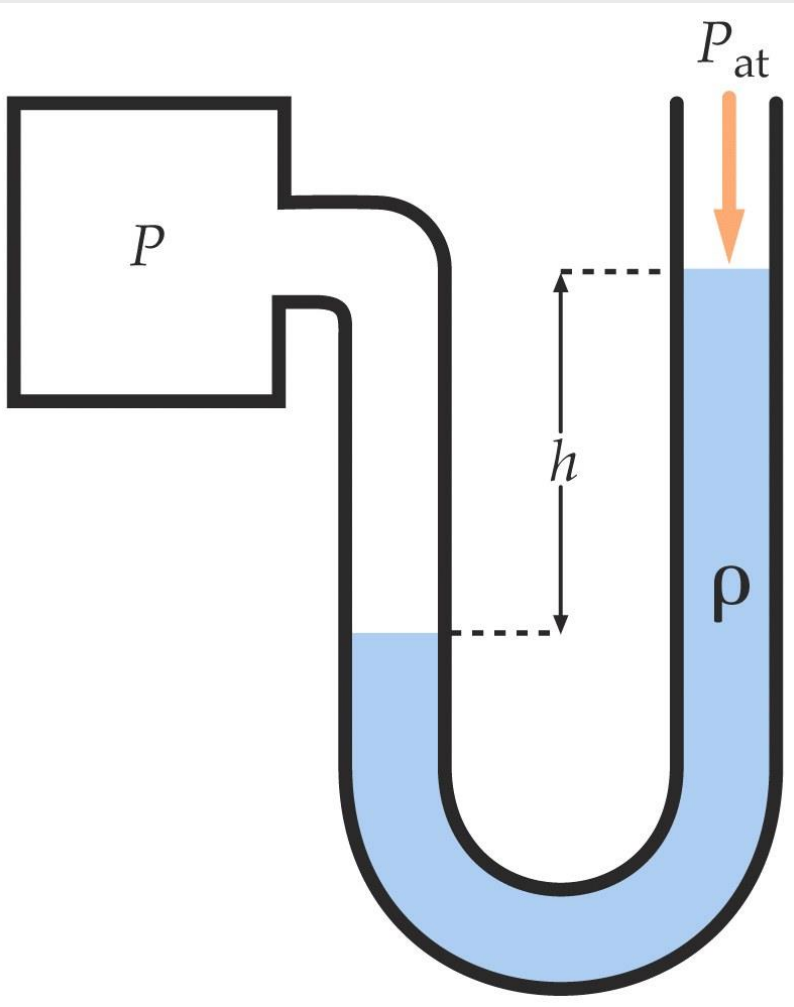


Variació de la pressió amb l'altura per damunt de la superfície terrestre. Per cada 5.5. Km d'altura la pressió es redueix a la meitat.



## 8.2. Pressió en un fluid

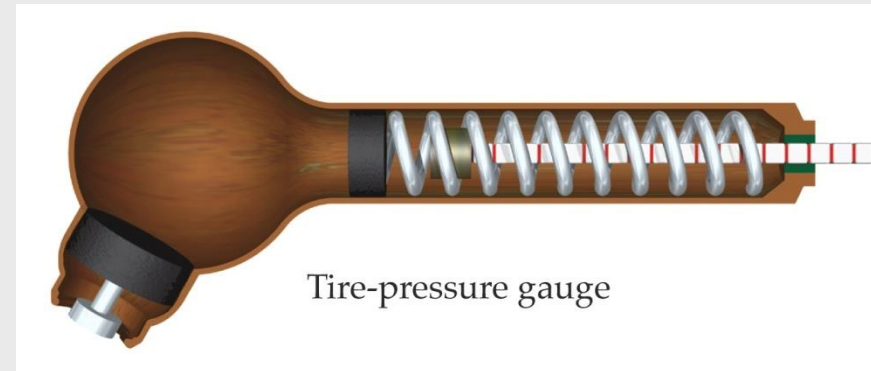
### Mesuratge de la pressió



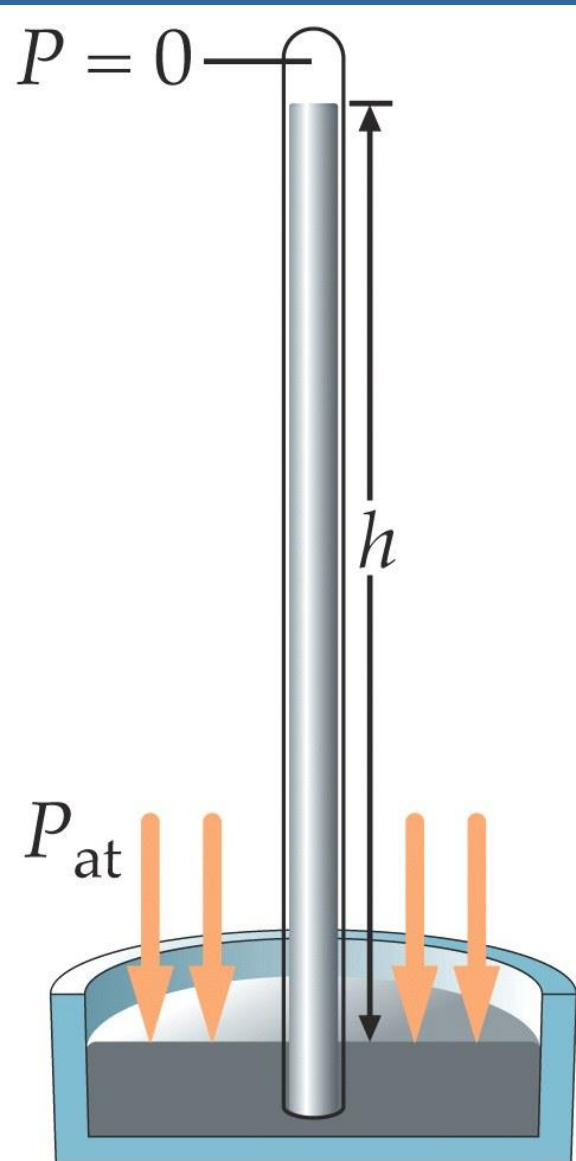
Manòmetre de tub obert per a mesurar una pressió desconeguda  $P$ .

$$P - P_{atm} = \rho g h$$

$$P - P_{atm} = kx / S$$



## 8.2. Pressió en un fluid



Baròmetre de mercuri

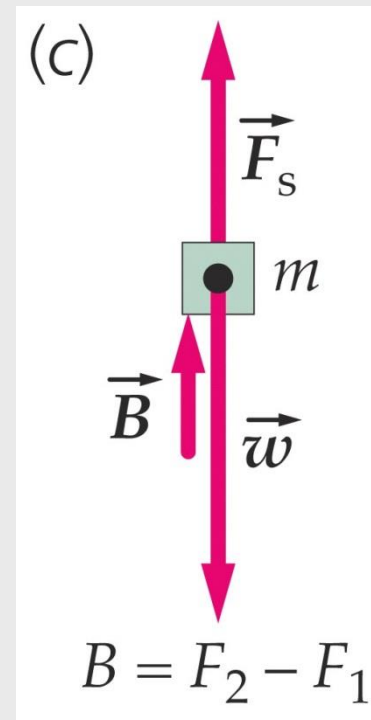
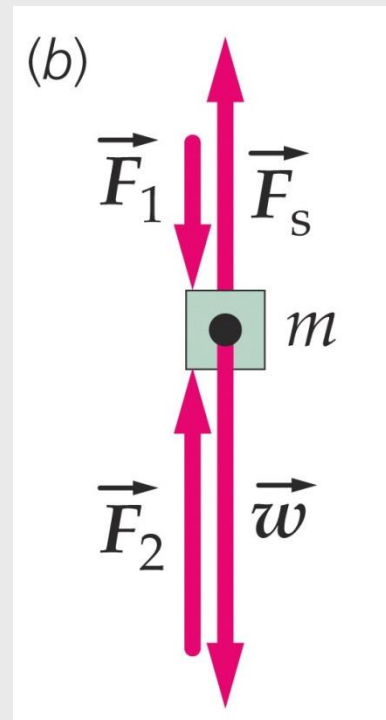
$$P_{atm} = \rho g h$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa}$$

Calcula la pressió atmosfèrica en un dia en què l'altura de mercuri en un baròmetre és 780 mm.

## 8.3. Flotació

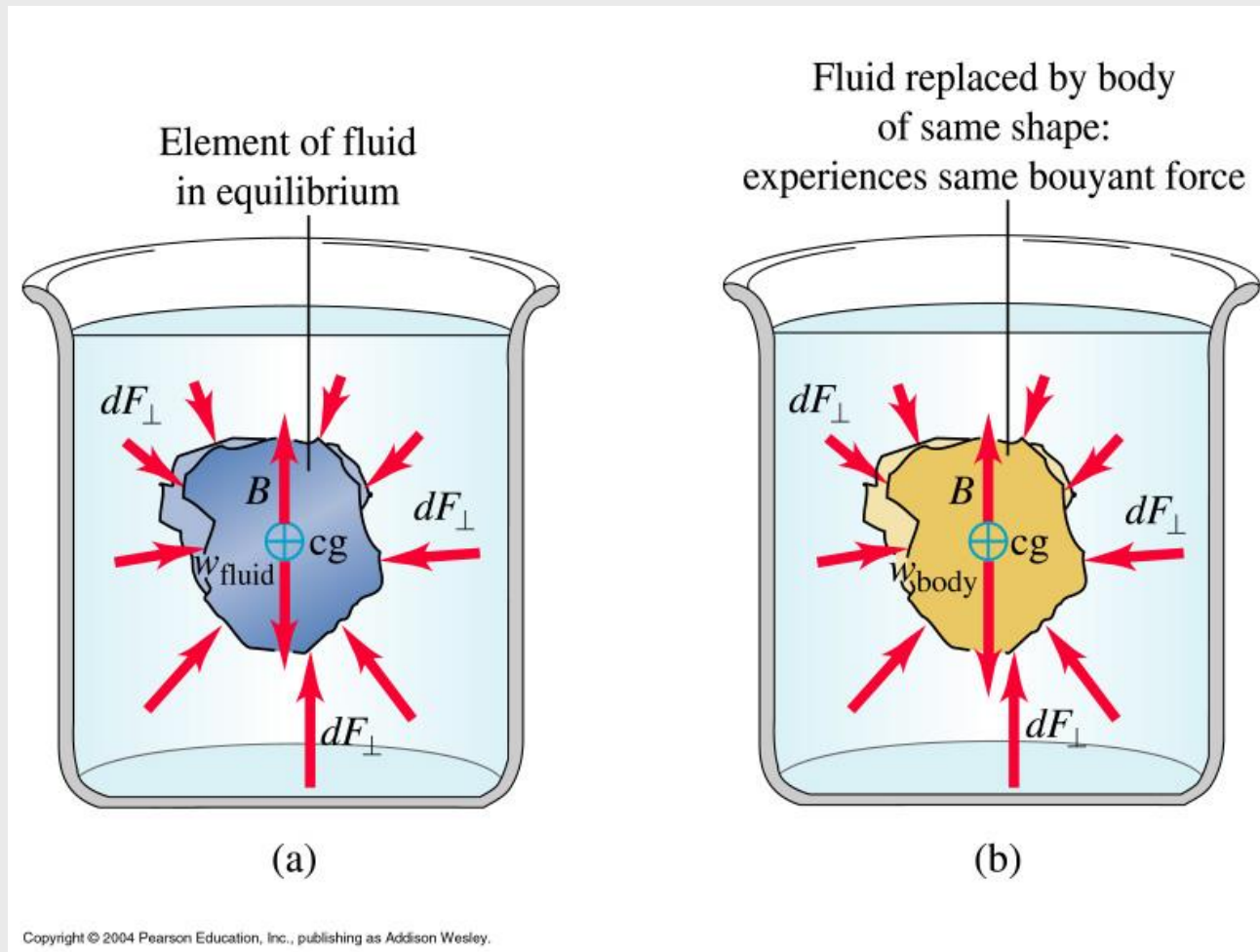
Un cos totalment o parcialment submergit en un fluid experimenta una empenta ascensional igual al pes del fluid desplaçat



B: força boiant

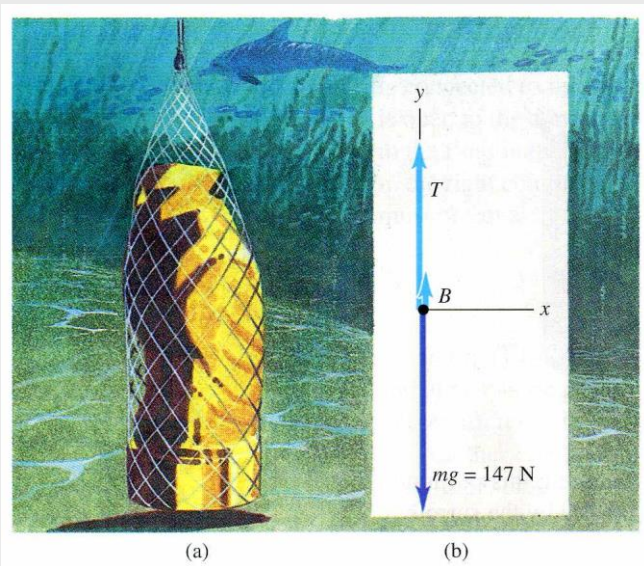
## 8.3. Flotació

La força boiant és igual al pes del fluid desplaçat

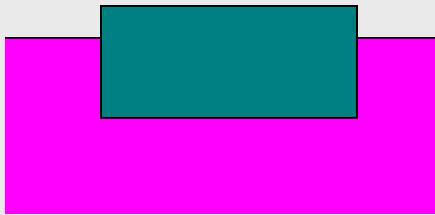


## 8.3. Flotació

Es troba una estàtua d'or en el fons de la mar i la isem des d'un vaixell. Quina és la tensió del cable mentre l'estàtua està dins l'aigua?

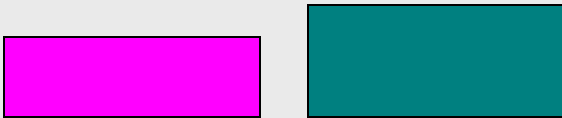


## 8.3. Flotació



$$\rho_{solid} < \rho_{liquid}$$

Masses iguals



Disminuim la densitat del líquid



$$\rho_{solid} = \rho_{liquid}$$

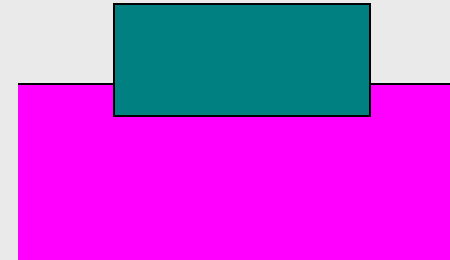


$$\rho_{solid} > \rho_{liquid}$$



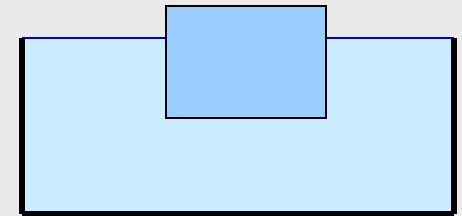
## 8.3. Flotació

Un suro té una densitat de  $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ .  
Determineu quina fracció del volum del suro  
es submergeix quan el suro flota en aigua.



## 8.3. Flotació

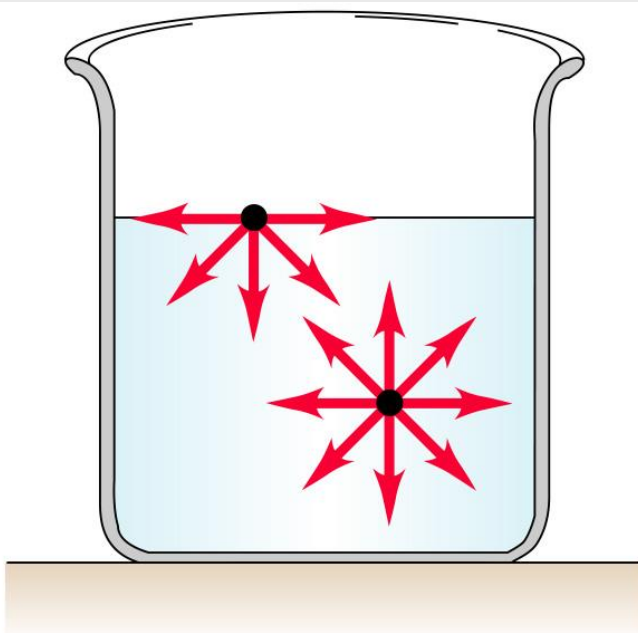
La figura mostra un glaçó de gel surant en un recipient ple d'aigua fins la vora. ¿Què passarà quan es fondrà el gel? ¿Se n'ixirà l'aigua, baixarà el nivell d'aigua, o romandrà enrasat el recipient?



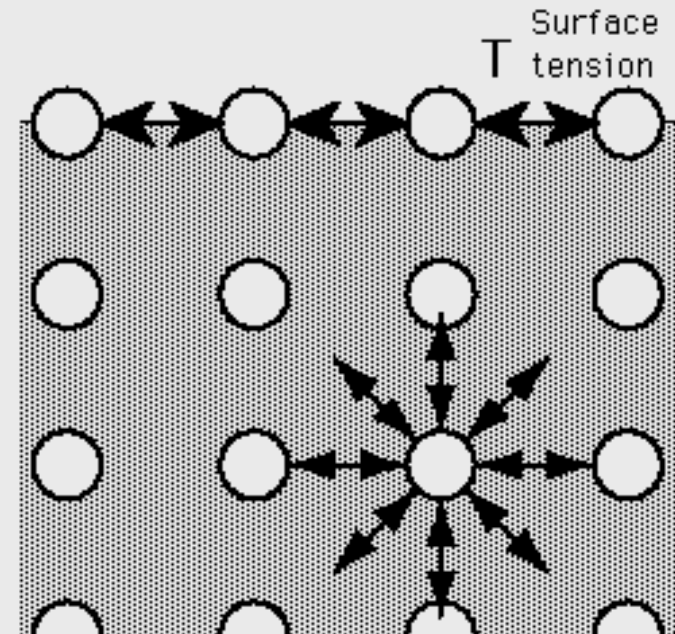


## 8.4. Tensió superficial

Les forces cohesives entre molècules dins un líquid es comparteixen amb els altres àtoms. Els de la superfície no tenen veïns damunt, i tenen forces atractives majors amb els veïns més propers de la superfície. Aquest increment de les forces intermoleculares en la superfície s'anomena tensió superficial.



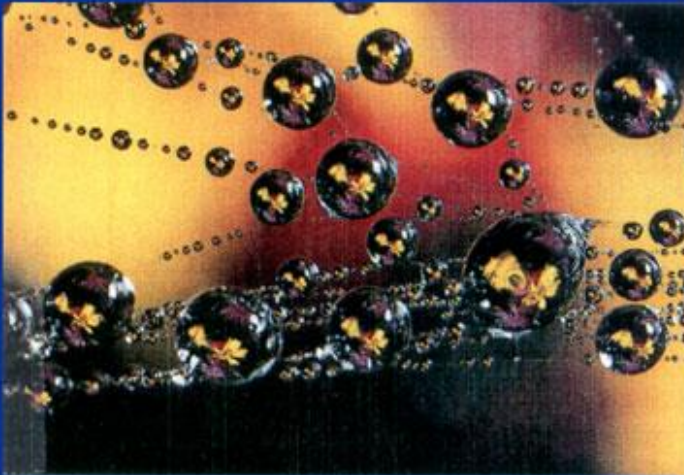
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.



## 8.4. Tensió superficial



(a)



(b)

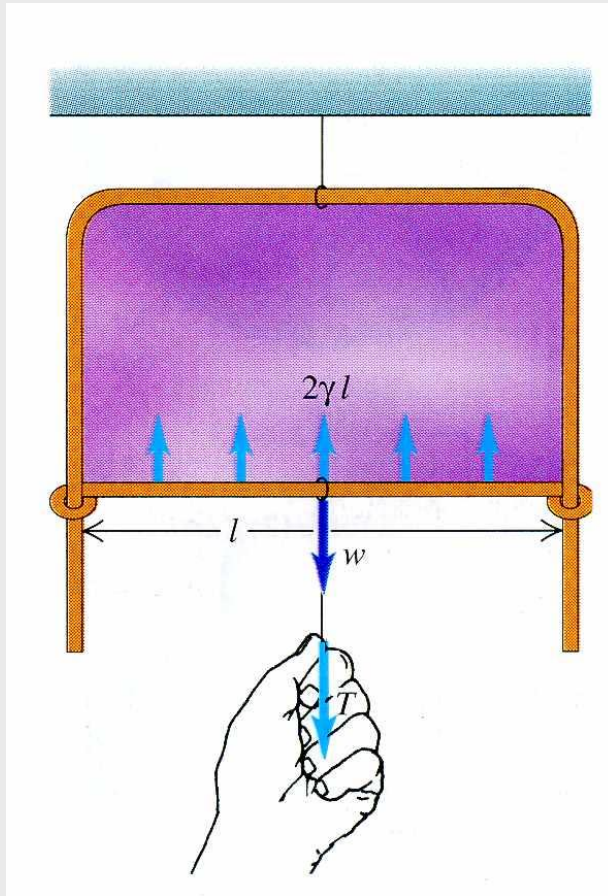


Collective strength of its hydrogen bonds.

(a) Surface tension causes water to bead on a spider web.

(b) The water strider can walk on a pond.

## 8.4. Tensió superficial



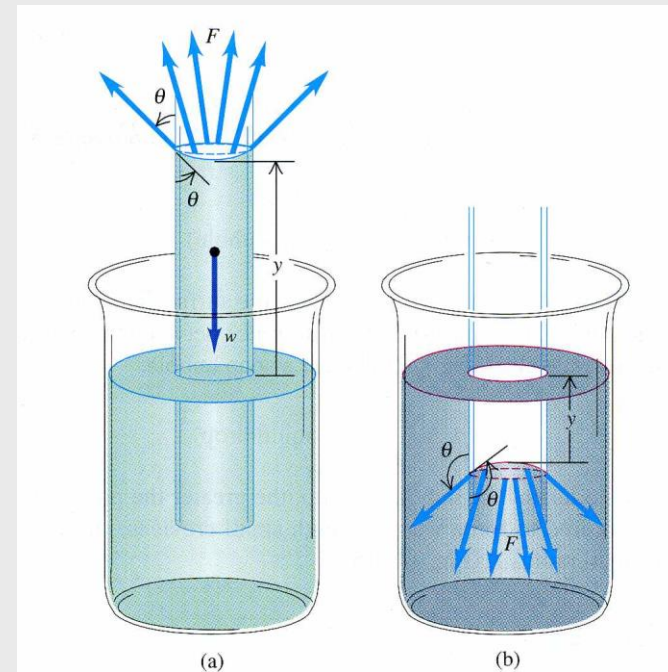
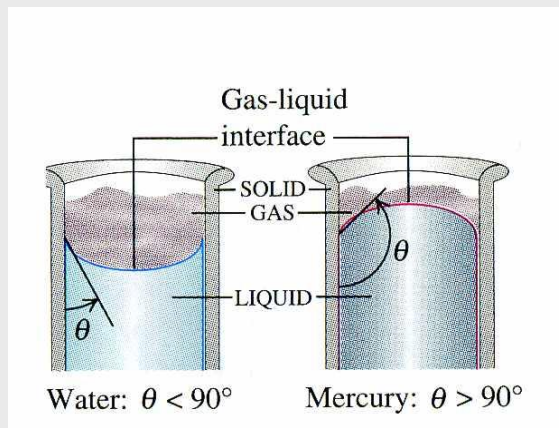
$$\gamma = \frac{F}{d}$$

$$\gamma = \frac{F}{2L}$$

La tensió superficial és una força per unitat de longitud

# 8.4. Tensió superficial

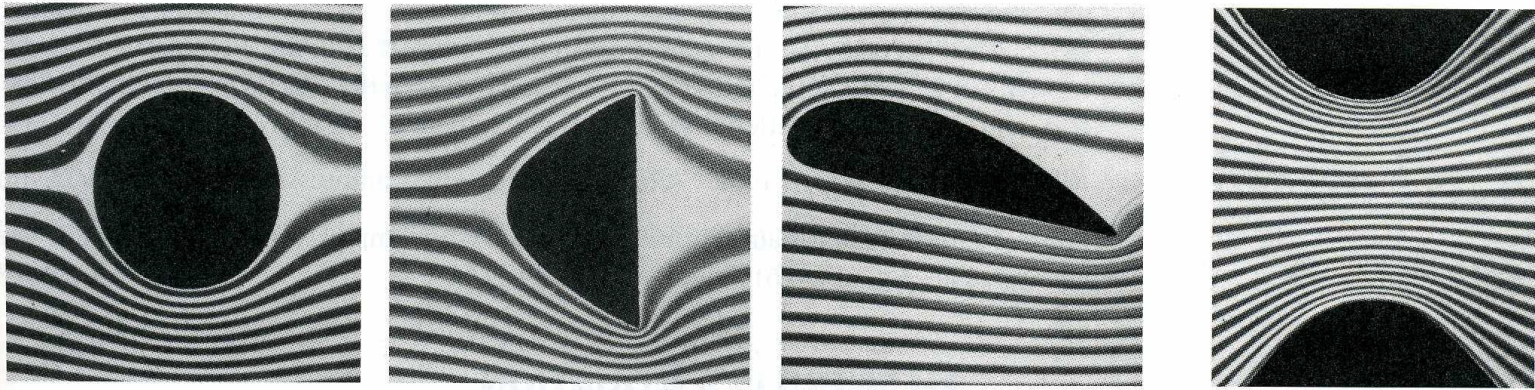
## Capilaritat





## 8.5. Flux dels fluids

### Flux laminar



**Figure 1 2002 Porsche 911 GT2 coupe in a wind tunnel. The lamellar flow of the smoke along the hood is a visual indication of a low aerodynamic drag.**

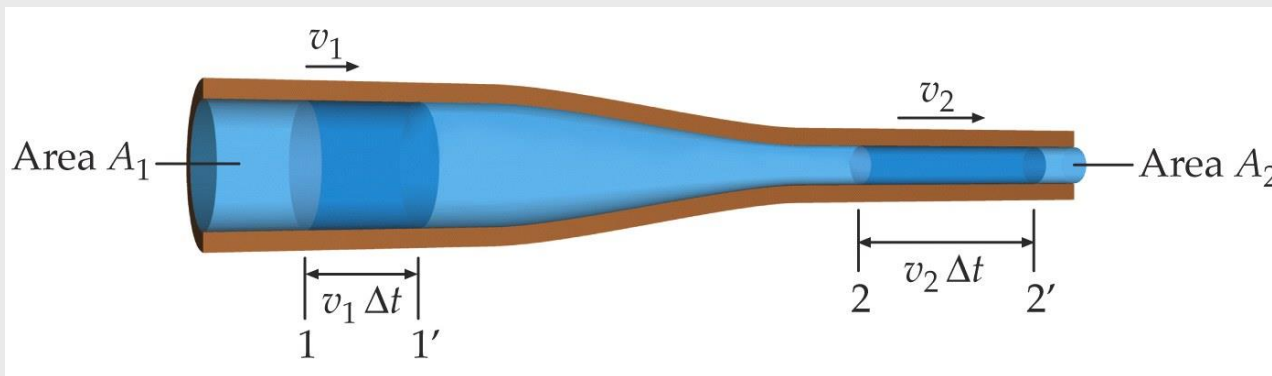
## 8.5. Flux dels fluids

Flux de volum

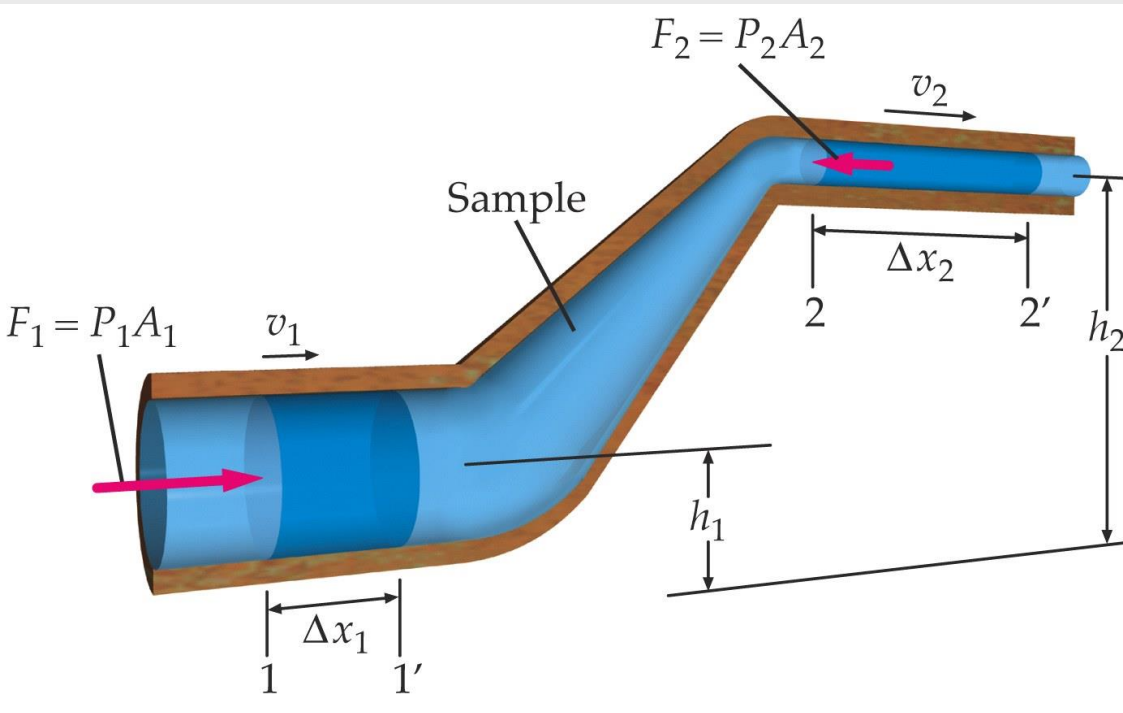
$$I_V = \frac{dV}{dt} = Av$$

Equació de continuïtat

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



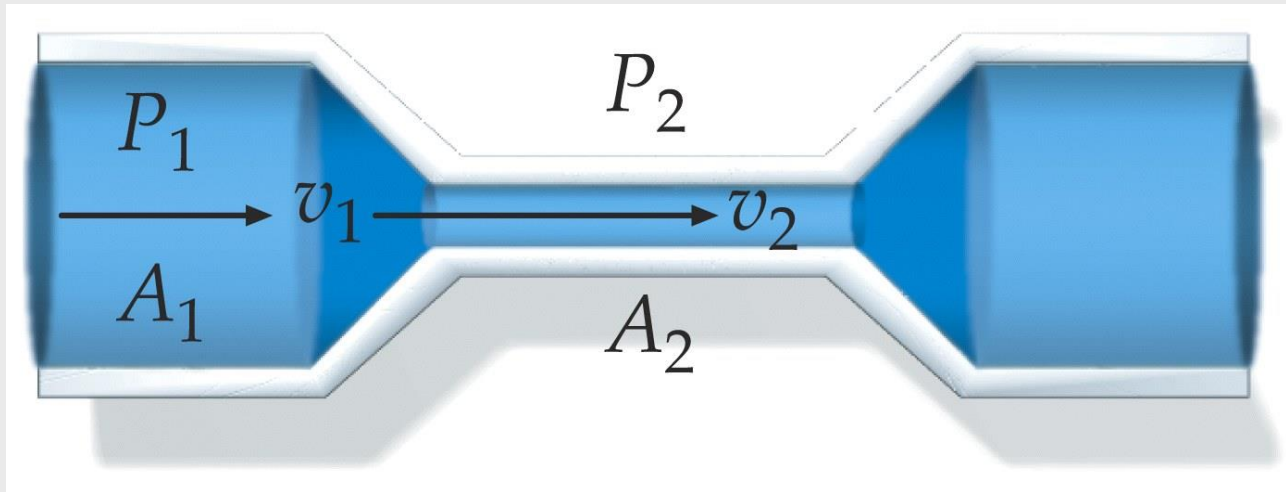
## 8.6. L'equació de Bernoulli.



Equació de Bernoulli

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

## 8.6. L'equació de Bernoulli.



Equació de Bernoulli per a una altura constant

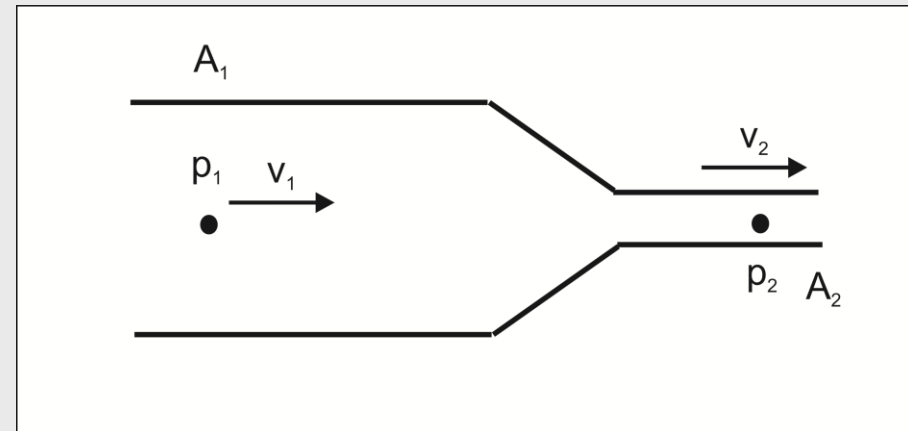
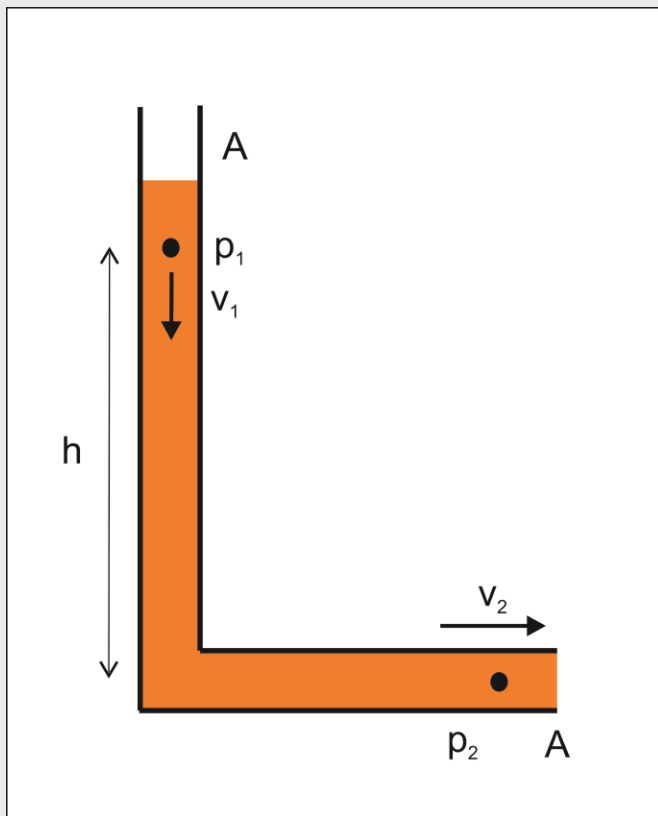
$$p + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \text{constant}$$

**Efecte Venturi:** Si augmenta la velocitat, disminueix la pressió

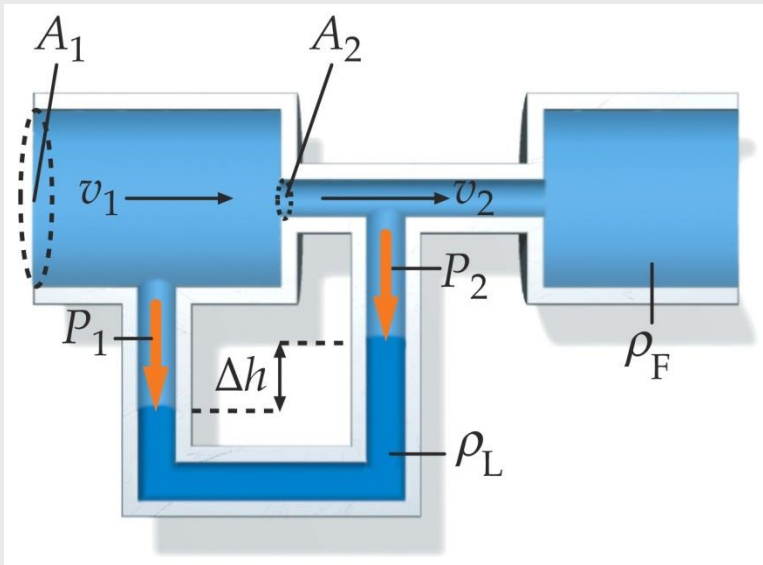


## 8.6. L'equació de Bernoulli.

Exemples: discuteix en cada cas, en quin extrem del tub es major la velocitat, i la pressió

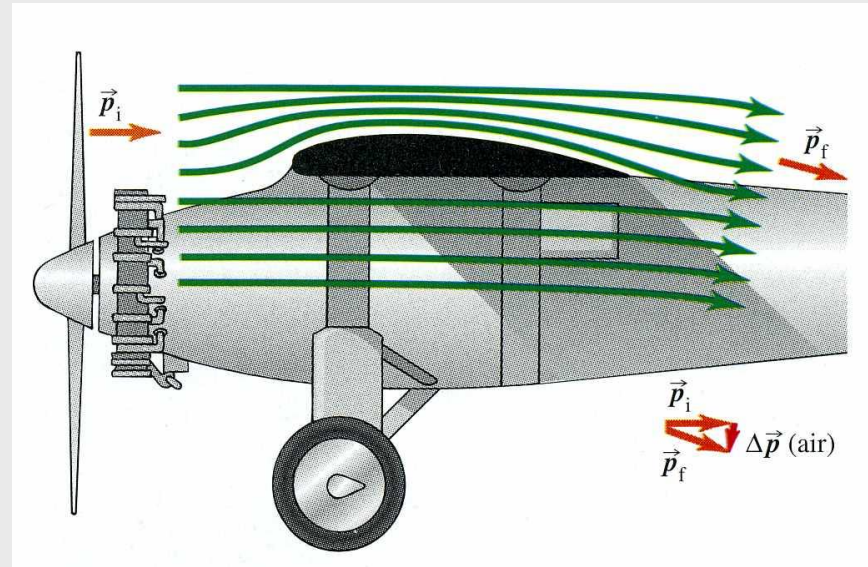


## 8.6. L'equació de Bernoulli.



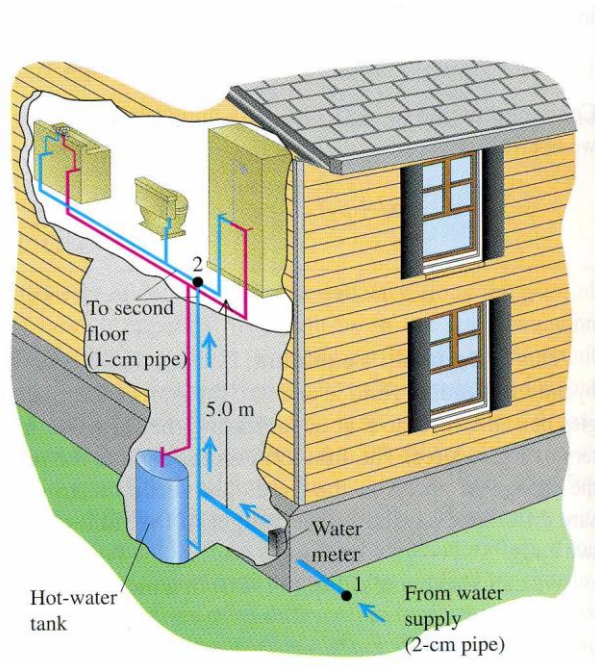
El venturímetre és un instrument per a mesurar el flux per unitat de temps en un tub que porta un fluid. Trobem  $v_1$  en funció de l'altura mesurada  $\Delta h$  i les magnituds conegudes:  $\rho_L$ ,  $\rho_F$ ,  $r = A_1/A_2$

## 8.6. L'equació de Bernoulli.

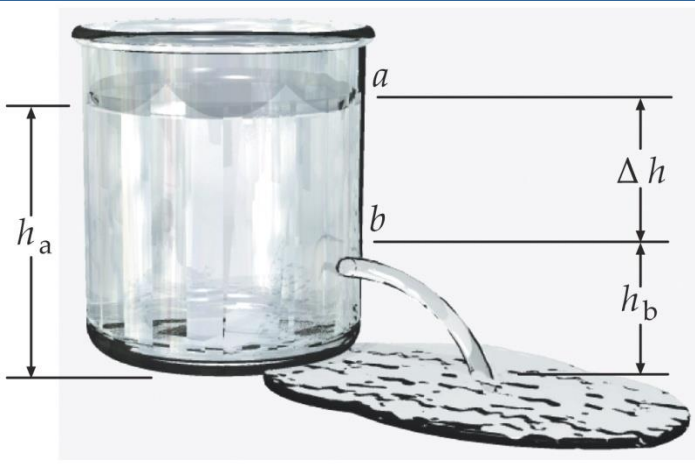


## 8.6. L'equació de Bernoulli.

L'aigua de la xarxa principal entra en una casa amb una pressió de  $4.0 \cdot 10^5$  Pa per una canonada de diàmetre 2.0 cm. La canonada que va a la cambra de bany del 2<sup>on</sup> pis (5 m més amunt) té un diàmetre de 1 cm. Si la velocitat de l'aigua en l'entrada és de 1.5 m/s, calculeu la velocitat, pressió i cabal amb què ix l'aigua en la cambra de bany.



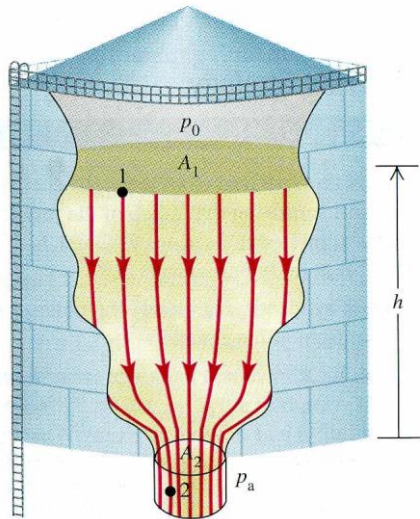
## 8.6. L'equació de Bernoulli.



Un dipòsit gran d'aigua té un forat menut a una distància  $h$  per sota de la superfície de l'aigua. Trobeu la velocitat de l'aigua quan s'escapa pel forat.

## 8.6. L'equació de Bernoulli.

Un tanc d'emmagatzematge de gasolina té secció  $A_1$  i s'ha emplenat fins una altura  $h$ . L'espai damunt de la gasolina conté aire a pressió  $p_0$ , i la gasolina flou per un tubet en el fons del tanc amb secció  $A_2$ . Troba les expressions per a la velocitat del flux pel tubet, i el cabal.

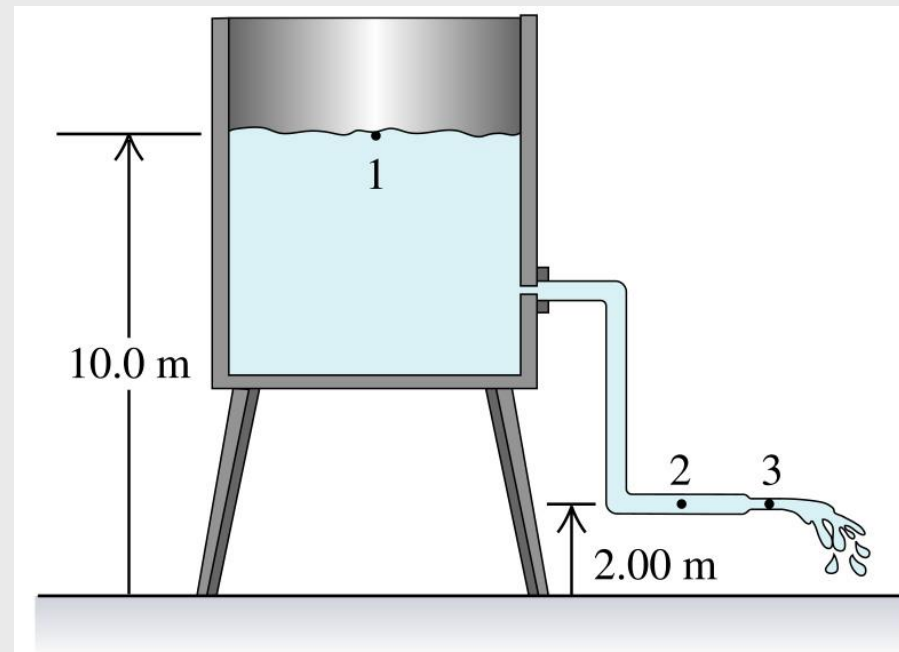


## 8.6. L'equació de Bernoulli.

En un tanc obert com el de la figura, flou aigua contínuament. L'altura del punt 1 és de 10.0 m, i la dels punts 2 i 3 és de 2.00 m. L'àrea transversal en el punt 2 és de 0.048 m<sup>2</sup>, i en el punt 3 és de 0.0160 m<sup>2</sup>. L'àrea del tanc és molt gran en comparació amb l'àrea transversal del tub. Suposant que es pot aplicar l'equació de Bernoulli, calcula:

La rapidesa de descàrrega (flux de volum en m<sup>3</sup>/s).

La pressió manomètrica en el punt 2.

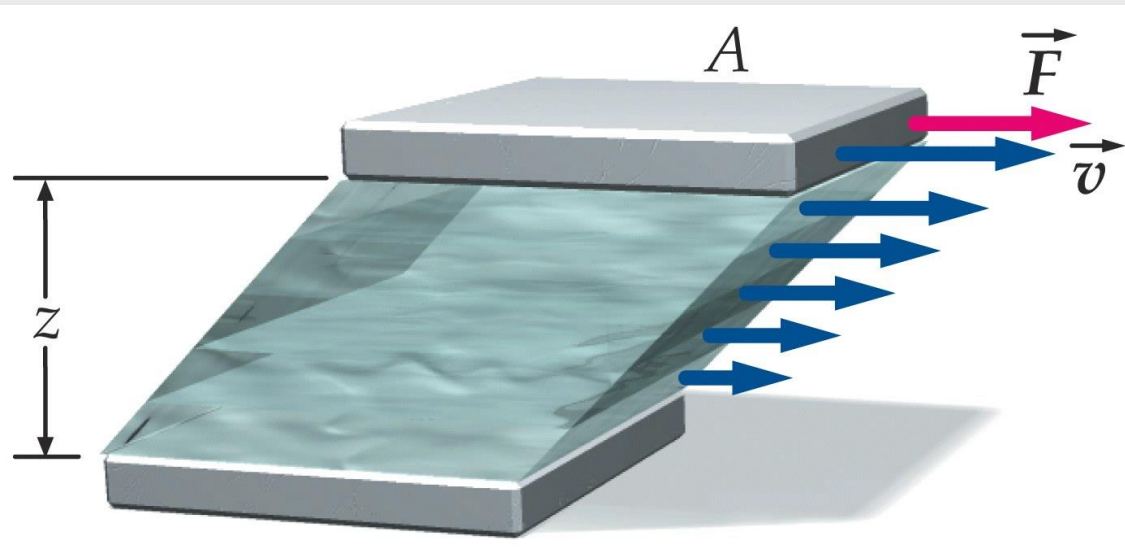


Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

## 8.7. Viscositat.

Definició de viscositat

$$\eta = \frac{\text{tensió de tall}}{\text{canvi de deformació}} = \frac{F / A}{v / z}$$

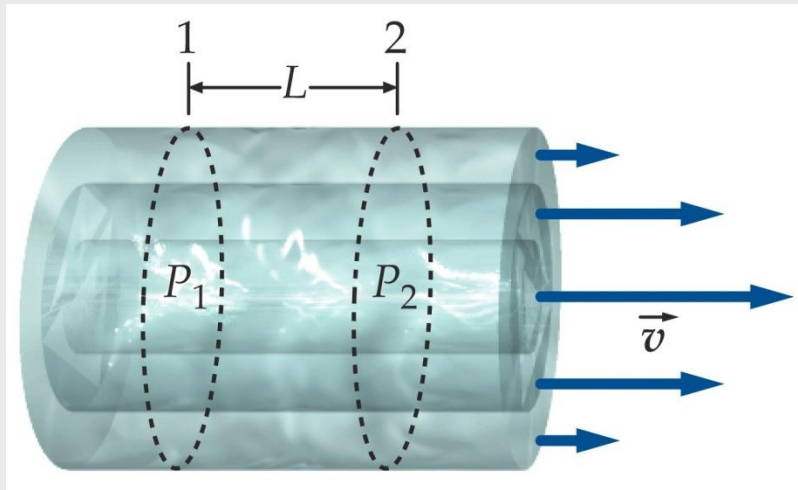


$$F = \eta A \frac{v}{z}$$



## 8.7. Viscositat.

### Flux viscós en un tub cilíndric



El flux de volum és proporcional a la caiguda de pressió

$$\Delta P = P_1 - P_2 = I_V R$$

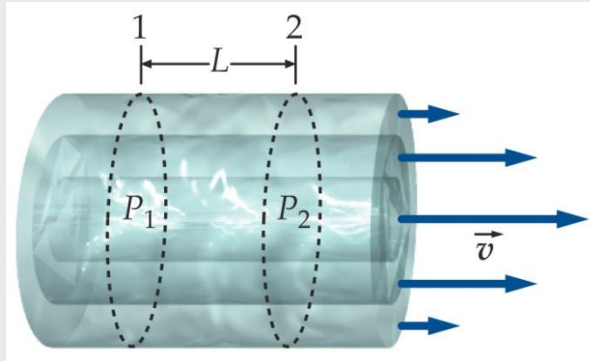
R és la resistència al flux

## 8.7. Viscositat.

Quan la sang flou procedent de l'aorta a través de les artèries principals, les arterioles, els capilars i les venes fins l'aurícula dreta, la pressió (manomètrica) descendeix des de 100 torr aproximadament a zero. Si el flux de volum és 0.8 L/s, trobar la resistència total del sistema circulatori.

## 8.7. Viscositat.

### Flux viscós en un tub cilíndric



Distribució de velocitats

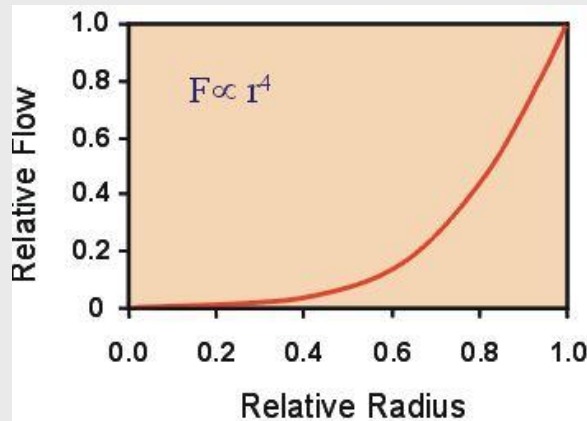
$$v = \frac{p_1 - p_2}{4\eta L} (r^2 - y^2)$$

Equació de Poiseuille

$$I_V = \frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^4}{8\eta L} (p_1 - p_2)$$

Resistència

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$



## 8.8. Turbulència.

Quan la velocitat de flux d'un fluid resulta suficientment gran, es trenca el flux laminar i s'estableix la turbulència. La velocitat crítica per damunt de la qual el flux a través d'un tub resulta turbulent depèn de la densitat i de la viscositat del fluid i del radi del tub. El flux d'un fluid es pot caracteritzar per mitjà d'un número adimensional anomenat Número de Reynolds,  $N_R$ , que es defineix

$$N_R = \frac{2r\rho v}{\eta}$$

On  $v$  és la velocitat del fluid.

Els experiments demostren que el flux és laminar si el número de Reynolds és inferior a 2000 aproximadament i serà turbulent si sobrepassa els 3000. Entre aquests valors el flux és inestable i pot variar d'un tipus a l'altre.

[http://zebu.uoregon.edu/~js/glossary/turbulent\\_flow.html](http://zebu.uoregon.edu/~js/glossary/turbulent_flow.html)

## 8.8. Turbulència.

Calcular el número de Reynolds per a la sang que circula a 30 cm/s per una aorta de 1.0 cm de radi. Supposeu que la sang te una viscositat de 4 mPa s i una densitat de 1060 kg/m<sup>3</sup>.

