

Notas de aula

Física Geral 2 – F 228

Odilon D. D. Couto Jr.

Instituto de Física "Gleb Wataghin"
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Departamento de Física da Matéria Condensada

<http://sites.ifi.unicamp.br/odilon>

AULA 3 - ESTATICA DE FLUIDOS

3 estados macroscópicos da matéria: sólido, líquido e gasoso.

1ª diferença: densidade $\rho = \frac{m}{V}$

$$\rho_{\text{GASES}} \ll \rho_{\text{LÍQUIDOS}}$$

$$\rho_{\text{LÍQUIDOS}} \approx 1 \Rightarrow \frac{1}{10} \rho_{\text{SÓLIDOS}}$$

$$\rho_{\text{OXIGÊNIO}} = 1,31 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{ÁGUA}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{COBRE}} = 8920 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{OURO}} = 19320 \text{ kg/m}^3$$

2ª diferença: líquidos não suportam a tensão de CISALHAMENTO.

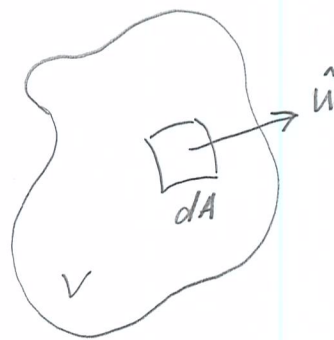
↳ Por isso sempre consideramos a pressão hidrostática.

PRESSÃO

A pressão de um fluido é o resultado da força média que as moléculas do fluido exercem sobre as paredes de um recipiente. *

$$d\vec{F} = p dA \hat{n}$$

$$\downarrow$$
$$dF = p dA$$



Para uma superfície ISOBÁRICA: $\Delta F = p \Delta A$

$$\Rightarrow p = \frac{F}{A}$$

Unidades

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

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)}$$

Note que na página 11 definimos $p = p_{\text{APLICADA}} = -K \frac{\Delta V}{V}$

Aqui temos que $p = -p_{\text{APLICADA}}$

* Considerando o meio como sendo contínuo.

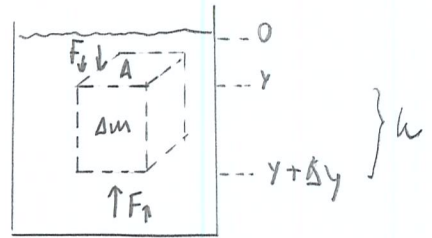
FLUIDO INCOMPRESSIVEL NO CAMPO GRAVITACIONAL

Seja um fluido incompressivel em equilíbrio no campo gravitacional.

A massa de um bloco fictício deste fluido é dada por:

$$\Delta m = \rho \Delta V$$

A condição de equilíbrio $\Rightarrow \vec{F}_\uparrow + \vec{F}_\downarrow = \vec{0}$



$$F_\downarrow = pA + \Delta mg \quad F_\uparrow = (p + \Delta p)A$$

Mas: $\Delta V = A \Delta y = \frac{\Delta m}{\rho} \Rightarrow \Delta m = \rho A \Delta y$

$$\Rightarrow F_\downarrow = pA + \rho g A \Delta y \Rightarrow pA + \rho g A \Delta y = pA + \Delta p A$$

$$\Rightarrow \Delta p = \rho g \Delta y \quad \text{sendo } p_\downarrow = p_1 \text{ e } p_\uparrow = p_2$$

$$\Rightarrow p_2 - p_1 = \rho g (y_2 - y_1) \Rightarrow \boxed{p_2 = p_1 + \rho g h}$$

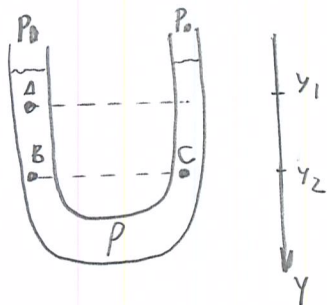
- Sendo assim a diferença de pressão Δp só depende do líquido e da altura da coluna.

- Além disso se p_1 sofrer um aumento, p_2 será mudada de forma igual.

- Se $p_1 = p_0$, a pressão atmosférica:

$$p = p_0 + \rho g h$$

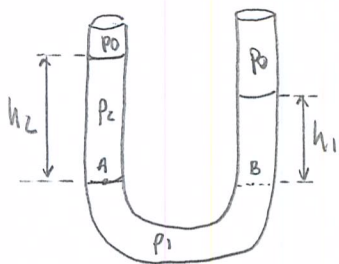
EXEMPLO 1: TUBO EM "U"



$$p_B - p_A = \rho g (y_2 - y_1)$$

$$p_B = p_C$$

Se o tubo tem 2 líquidos que não se misturam.



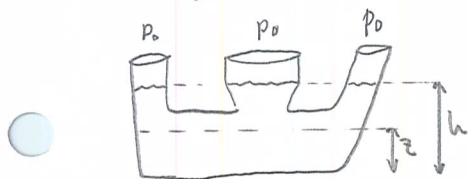
$$\Rightarrow P_A = P_B \quad P_A - p_0 = p_2 g h_2$$

$$\Rightarrow p_1 p_0 + p_2 g h_2 = p_0 + p_1 g h_1$$

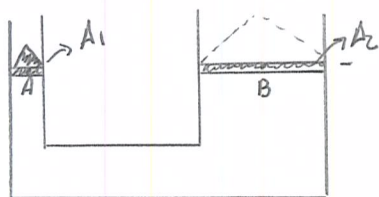
$$P_B - p_0 = p_1 g h_1$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{ou: } p_2 = \frac{h_2}{h_1} p_1$$

O mesmo princípio se aplica para vasos comunicantes:



PRINCÍPIO DE PASCAL



No equilíbrio:

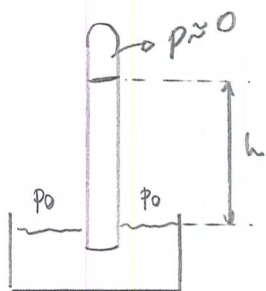
$$P_A = P_B$$

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

$$\text{Se } A_2 = 10 A_1 \Rightarrow F_2 = 10 F_1$$

MEDIDORES DE PRESSÃO

● RÔMETRO DE MERCÚRIO

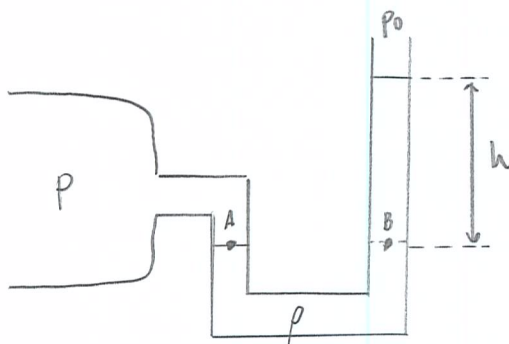


$$p_0 = 0 + p g h$$

$$h = 76 \text{ cm}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

BARÔMETRO DE TUBO ABERTO



$$P = P_A = P_B = p_0 + p g h$$

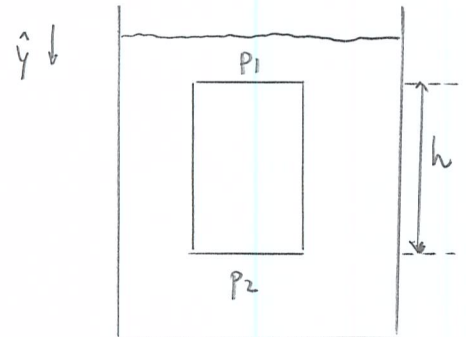
PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

O princípio de Arquimedes deriva diretamente do equilíbrio estático no caso de um corpo imerso num fluido.

Se o sistema está em equilíbrio:

$$p_2 - p_1 = \rho g h$$

$$A p_2 - A p_1 = \rho g h A = \rho V g = m g$$



Assim, aparece uma força chamada empuxo:

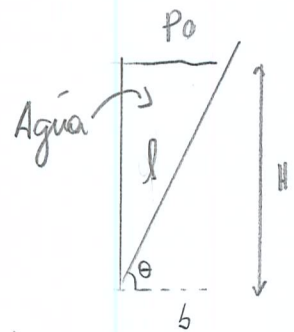
$$\vec{E} = -m g \hat{y} = -\vec{P}_f \quad \text{onde } \vec{P}_f \text{ é o peso do fluido.}$$

→ O princípio de Arquimedes explica por que alguns corpos boiam já que V é o volume do fluido deslocado pelo corpo.

“

EXEMPLO 1 → REPRESA → FAZER ANTES SEM θ
↳ TANQUE EM V

Dados: H, θ, ρ, w Pedir: F



SOLUÇÃO 1: A força F é devida apenas ao peso da água ($T=0$ e fluido em equilíbrio)

$$F = M g \quad M = \rho V = \rho A_T w_T$$

$$\tan \theta = \frac{H}{b} \quad A_T = \frac{b \cdot H}{2} = \frac{H^2}{2 \tan \theta}$$

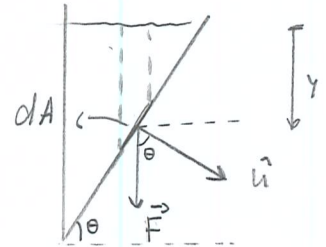
$$F = \rho w \frac{H^2}{2 \tan \theta} g = \frac{\rho w g H^2}{2 \tan \theta}$$

SOLUÇÃO 2

Imaginemos um filete de fluido sobre a parede da represa, como mostra a figura.

$\vec{F} = m\vec{g}$ aponta para baixo.

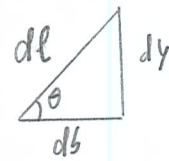
A pressão p aparece devido à Normal da barreira devido ao peso do fluido.



$$\Rightarrow N = mg \cos \theta$$

$$\Rightarrow P_y = p_0 + \rho g \cos \theta y$$

$$dF = p_y dA \quad dA = w dl = \frac{w}{\sin \theta} dy$$



$$\Rightarrow dF = p_0 dA + \rho g \cos \theta y \frac{w}{\sin \theta} dy$$

$$F = p_0 \int dA + \frac{\rho g w}{\sin \theta} \int_0^H y dy = p_0 A_T + \frac{\rho g w}{2 \sin \theta} H^2$$

$$F_0 = p_0 A_T = p_0 \frac{H^2}{2 \sin \theta} \rightarrow \text{é a força na barreira devido à pressão atmosférica}^*$$

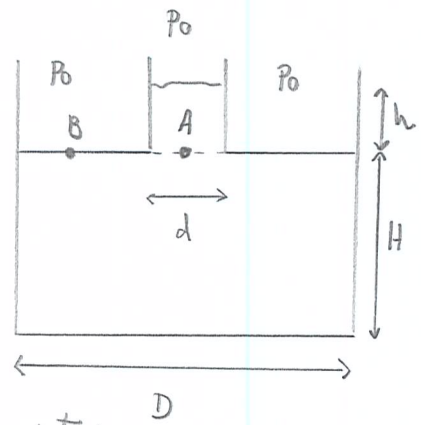
$$F = \frac{\rho g w H^2}{2 \sin \theta} \rightarrow \text{é a força na barreira devido à presença da água.}$$

* Na verdade, o mesmo raciocínio pode ser usado para a camada de ar, de forma que o correto é:

$$F'_0 = F_0 \cos \theta = \frac{p_0 \cos \theta H^2}{2 \sin \theta}$$

EXEMPLO 2 $\rightarrow$ PISTÃO

Dados: d, D líquido: m, ρ $H = ?$
pistão: M



No ponto A: $P_A = P_0 + \rho g h$

No ponto B: $P_B = P_A$ P_B é a pressão que segura pistão + a pressão atmosférica.

sendo assim: $P_B = P_0 + P_p \Rightarrow P_p = \rho g h$

Porém: $P_p = \frac{F_g}{A} = \frac{Mg}{A}$ $A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$

$$\Rightarrow \rho g h = \frac{4}{\pi} \frac{Mg}{(D^2 - d^2)} \Rightarrow h = \frac{4M}{\rho \pi (D^2 - d^2)}$$

A massa total de líquido é:

$$m = \rho h \frac{\pi d^2}{4} + \rho H \frac{\pi D^2}{4}$$

$$m = \rho \frac{\pi d^2}{4} \frac{4M}{\rho \pi (D^2 - d^2)} + \rho H \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\Rightarrow H = \frac{4}{\rho \pi D^2} \left(m - \frac{d^2 M}{D^2 - d^2} \right)$$