



## REVISÃO ENEM

### Hidrostatica

#### ○ QUE É UM FLUIDO?

**Fluido** é denominação genérica dada a qualquer substância que flui – isto é, escoa – e não apresenta forma própria, pois adquire a forma do recipiente que o contém. A **hidrostática** é o ramo da mecânica em que se estudam as condições de equilíbrio dos líquidos, dos gases e dos vapores. Um **líquido ideal** é *incompressível* e tem *viscosidade desprezível*.

#### ○ QUE É MASSA ESPECÍFICA?

A massa específica de uma substância ( $\mu$ ) é a grandeza física escalar que caracteriza a distribuição da massa de um corpo homogêneo feito desta substância, no volume por ele ocupado. É definida pela relação entre a massa ( $m$ ) e o volume ( $V$ ).

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{massa específica} = \text{massa/volume}$$
$$m = \mu \cdot V \Rightarrow \text{cálculo da massa}$$

### OBSERVAÇÕES

→ **Densidade (D)** de um corpo é definida pela relação entre sua massa e seu volume. Se o corpo for homogêneo, sua densidade coincide com a massa específica da substância que o constitui; se o corpo tiver “espaços vazios” no seu interior, a densidade será menor do que a massa específica.

- *corpo homogêneo*  $\Rightarrow D = \mu$
- *corpo oco*  $\Rightarrow D < \mu$

→ Para **líquidos**, considerados sistemas homogêneos, a massa específica coincide sempre com a densidade.

→ **Unidades de densidade**

- no SI  $\Rightarrow$  quilograma por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ )
- na prática  $\Rightarrow$  grama por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ) e quilograma por litro ( $\text{kg/l}$ )
- conversões  $\Rightarrow$  para converter  $\text{g/cm}^3$  ou  $\text{kg/l}$  em  $\text{kg/m}^3$ , multiplique o número por  $10^3$

→ **Peso específico** ( $\rho = r\hat{o}$ ) de um corpo homogêneo é definido pela relação entre seu peso e seu volume. O peso específico também é dado pelo produto entre a densidade e a aceleração local da gravidade.

$$\rho = P/V = \mu \cdot g \Rightarrow P = \mu \cdot g \cdot V$$

peso = densidade · gravidade · volume

## QUE É DENSIDADE RELATIVA?

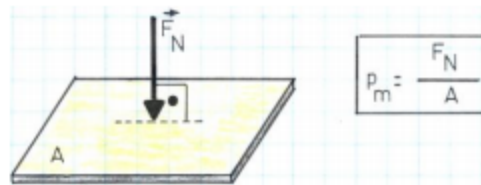
Densidade relativa  $D_R$  de um corpo ou de uma substância é a relação entre sua densidade  $D_1$  e a densidade de outra substância  $D_2$  tomada como padrão. Para sólidos e líquidos, a referência geralmente é a densidade da água, a 4°C:

$$\mu_{\text{água}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1,0 \text{ g/cm}^3 = 1,0 \text{ kg/litro}$$

$$D_R = D_1/D_2$$

## QUE É PRESSÃO MÉDIA?

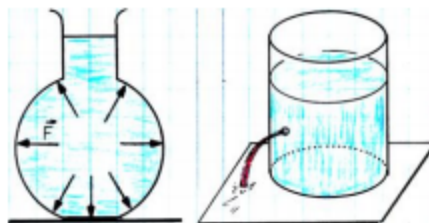
Define-se **pressão média** como a grandeza *escalar* dada pela relação entre a intensidade da força normal  $F_N$  à superfície e a área  $A$  da superfície:



Da definição, conclui-se que a força de pressão exercida sobre uma superfície é sempre perpendicular à superfície e dada por

$$F_N = p \cdot A$$

- As **forças de pressão** exercidas por um fluido contra as paredes do recipiente são sempre **perpendiculares** à superfície.



Observa-se que um jato de água que jorra pelo orifício aberto na parede do recipiente sai perpendicularmente à parede.

- A unidade SI de pressão é o **pascal**, sendo  $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ . Na prática, usa-se ainda *atmosfera, mm de Hg, etc.*

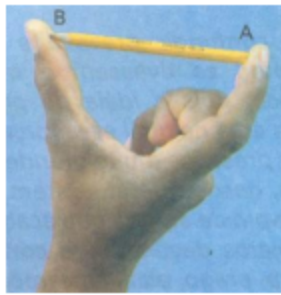


FIG. (1)

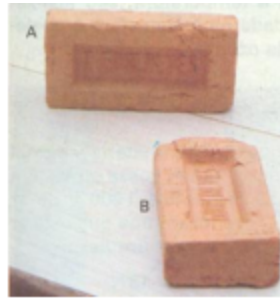


FIG. (2)

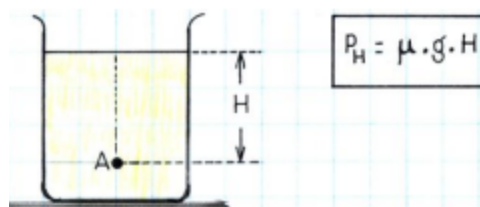
FIG. (1) - A intensidade da **força** trocada na interação entre o lápis e cada um dos dedos é de mesma intensidade em ambas as extremidades:  $F_A = F_B$ . A **pressão**, porém, é maior na ponta do lápis, pois a área de distribuição da força é menor  $p_B > p_A$ , pois  $A_B < A_A$ .

FIG. (2) - Embora o peso de ambos os tijolos seja o mesmo ( $P_A = P_B$ ), a pressão exercida sobre o piso é maior no caso **A**, pois a área de distribuição do peso é menor ( $p_A > p_B$ ).

## ○ QUE É PRESSÃO HIDROSTÁTICA?

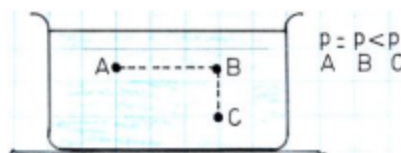
*Pressão hidrostática* ou *pressão manométrica* ou *pressão efetiva* é a pressão exercida pelo peso da coluna de fluido em equilíbrio (isto é, a pressão devida somente ao líquido), dada pelo produto:

$$p_{\text{HIDROSTÁTICA}} = p_H = \mu \cdot g \cdot H$$



Conclui-se que a *pressão hidrostática*, num dado local da Terra:

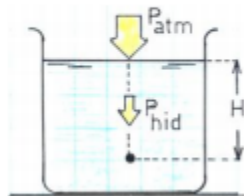
- ⇒ **depende** da natureza do líquido ( $\mu$ );
- ⇒ num mesmo líquido, é diretamente proporcional à altura vertical  $H$  (= profundidade);
- ⇒ **independe** da forma do recipiente, da área da coluna fluida e da inclinação do recipiente;
- ⇒ no interior de um líquido homogêneo em equilíbrio, é a mesma em qualquer superfície horizontal (= *superfície isobárica*).



## PRESSÃO ABSOLUTA

A *pressão total*, ou *pressão absoluta*, exercida num ponto A no interior de um líquido homogêneo em equilíbrio, é dada pela pressão na superfície livre,  $p_0$ , somada à pressão hidrostática devido ao peso da coluna de líquido.

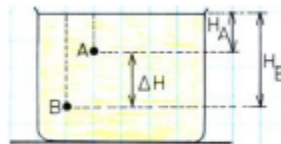
$$p_{abs} = p_0 + p_{hidrost} \Rightarrow p_{abs} = p_{atm} + \mu \cdot g \cdot H$$



## TEOREMA DE STEVIN

A diferença de pressão entre dois pontos de um líquido homogêneo, em equilíbrio,  $\Delta p$ , corresponde à pressão hidrostática da coluna de líquido que existe entre eles,  $\Delta H$ .

$$\Delta p = \mu \cdot g \cdot \Delta H$$



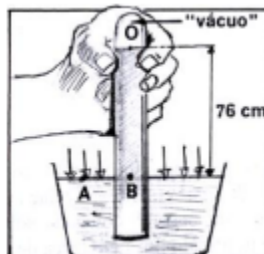
## OBSERVAÇÕES

→ Pressão atmosférica ⇒ experiência de Torricelli

Evangelista Torricelli conduziu um experimento com um tubo de mercúrio, capaz de determinar a intensidade da pressão atmosférica. Ao nível do mar, o valor obtido foi, aproximadamente:

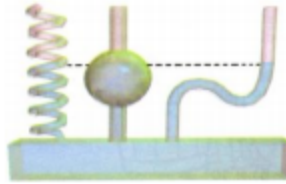
$$p_{atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 76 \text{ mm de Hg} = 1 \text{ atmosfera}$$

Observa-se que a pressão atmosférica **depende da altitude do local**: quanto maior for a altitude, menor é o valor da pressão atmosférica



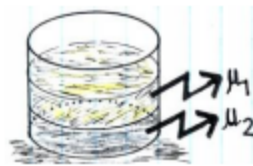
→ **Equilíbrio de um mesmo líquido em vasos comunicantes**

Quando dois ou mais vasos são ligados pela base e expostos ao ar livre, o líquido que eles contêm, quando em equilíbrio, atinge o mesmo nível nos dois ramos



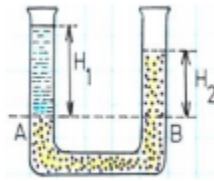
→ **Equilíbrio de líquidos imiscíveis num mesmo recipiente**

Líquidos imiscíveis (não se misturam) e que não reagem quimicamente entre si, colocados num mesmo recipiente, se sobrepõem na razão inversa de suas densidades, isto é, o mais denso vai para o fundo.



→ **Equilíbrio de líquidos imiscíveis em vasos comunicantes**

O equilíbrio se estabelece de modo que as alturas das colunas líquidas, medidas a partir da superfície de separação, sejam inversamente proporcionais às respectivas densidades.



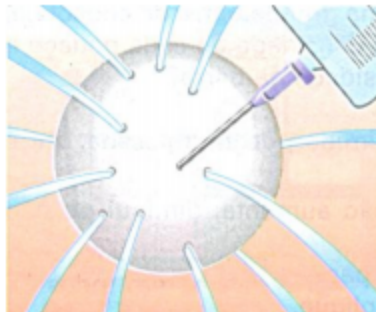
$$\mu_1 \cdot H_1 = \mu_2 \cdot H_2$$

→ **Manômetros**

Manômetro é um instrumento destinado a medir pressão. Barômetro é um manômetro que mede a pressão atmosférica.

## O QUE ESTABELECE O PRINCÍPIO DE PASCAL?

*Em um fluido em equilíbrio, a pressão em um ponto qualquer de uma superfície exerce uma força perpendicular à superfície, que independe da direção ou orientação dessa superfície. Qualquer pressão adicional aplicada a esse fluido se transmite integralmente a todos os pontos do fluido.*



Injetando água com uma seringa em uma bola de pingue-pongue, na qual foram feitos vários orifícios, veremos que a água jorra, com a mesma pressão, por todos esses orifícios. A pressão exercida na água pelo êmbolo da seringa se transmite em todas as direções, em concordância com o princípio de Pascal.

Aumentando-se a pressão em um ponto de um líquido em equilíbrio, este aumento transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido.

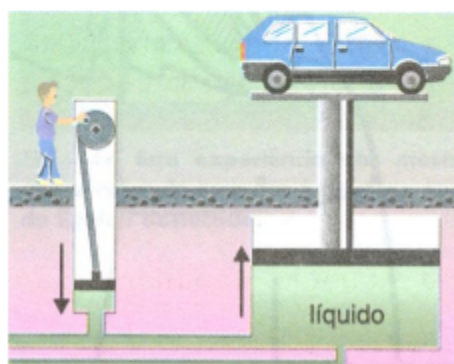
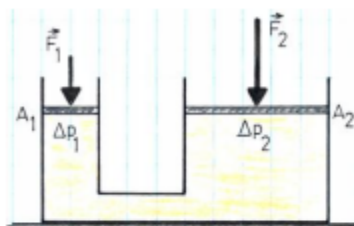
## QUE É UMA PRENSA HIDRÁULICA?

É um equipamento utilizado para multiplicar forças e as transmitirem a outro local de aplicação, cujo princípio de funcionamento é a lei de Pascal, isto é, um sistema hidráulico usa a transmissão de pressão em um líquido para a obtenção de trabalho mecânico. São exemplos o macaco hidráulico, a direção hidráulica, o freio hidráulico, etc.

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

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

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



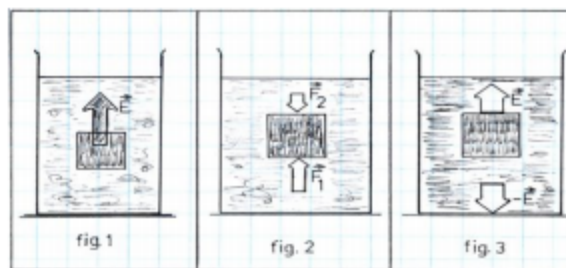
## OBSERVAÇÕES

- O **fator de multiplicação** de forças ou **eficiência** da prensa hidráulica é igual à razão  $A_{\text{maior}}/A_{\text{menor}}$ .
- O volume de líquido deslocado pelo êmbolo menor é igual ao volume deslocado pelo êmbolo maior ( $\Delta V_{\text{menor}} = \Delta V_{\text{maior}}$ ).
- O trabalho realizado pela força menor é igual ao trabalho realizado pela força maior ( $W_{F_1} = W_{F_2}$ ).

## O QUE É EMPUXO?

**Empuxo** ( $\vec{E}$ ) é uma força vertical, de baixo para cima, exercida por um fluido sobre um corpo total ou parcialmente nele mergulhado (fig 1).

- ❑ A força de empuxo é igual à diferença entre as forças hidrostáticas que atuam na direção vertical,  $\vec{F}_1$  de baixo para cima, na base inferior, e  $\vec{F}_2$ , de cima para baixo, na base superior do corpo (fig 2).
- ❑ A força de reação à força de empuxo está aplicada no seio do fluido (fig 3):  
ação: fluido sobre o corpo ( $\vec{E}$ )  
reação: corpo sobre fluido ( $-\vec{E}$ )



## O QUE AFIRMA O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES?

**A intensidade do empuxo que age sobre um corpo mergulhado total ou parcialmente num fluido em equilíbrio é igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo.**

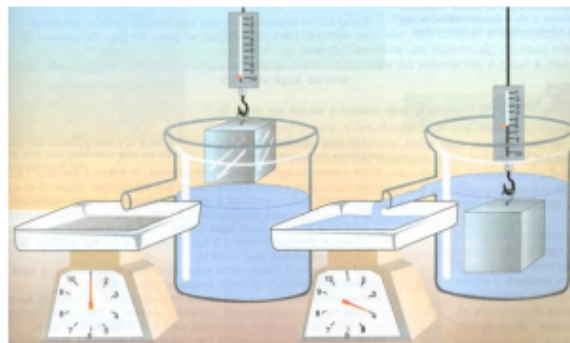
$$E = \mu_F \cdot g \cdot V_{\text{subm}}$$



**empuxo = peso do fluido deslocado**

$\mu_F$  = densidade do fluido

$V_{\text{subm}}$  = volume fluido deslocado pela porção submersa



## OBSERVAÇÕES

- O empuxo é diretamente proporcional à densidade do fluido e diretamente proporcional à porção de volume submerso.
- O empuxo *independe* da densidade do corpo, da massa do corpo, do peso do corpo, do fato do corpo ser oco ou maciço ou da profundidade em que se encontra o corpo.
- O *peso do corpo*, força vertical, de cima para baixo, exercida pela atração gravitacional da Terra, é dado por:

$$P_C = \mu_C \cdot g \cdot V_C$$

$\mu_C$  = densidade do corpo

$V_C$  = volume do corpo

## QUAIS COMPORTAMENTOS PODE ASSUMIR UM OBJETO TOTALMENTE IMERSO NO INTERIOR DO FLUIDO?

Se o corpo estiver totalmente mergulhado no fluido, o volume do fluido deslocado será igual ao volume do corpo:

$$V_{subm} = V_{fluido\ deslocado} = V_{corpo}$$

Teremos, então, três possibilidades:

- ❑ **Primeira possibilidade:  $P > E$**

$$\mu_{corpo} > \mu_{fluido}$$

A força resultante que atua no corpo é denominada **peso aparente** e sua intensidade é dada por:

$$P_{aparente} = P_A = P - E$$

Sob ação dessa força resultante, o corpo desloca-se para baixo, até entrar em equilíbrio ao encontrar o fundo do recipiente (fig. 1)

- ❑ **Segunda possibilidade:  $P = E$**

$$\mu_{corpo} = \mu_{fluido}$$

Como o peso do corpo e o empuxo têm mesma intensidade, o peso aparente é nulo e em qualquer posição que se abandone o corpo no interior do fluido, ele estará em equilíbrio. (fig. 2).

- ❑ **Terceira possibilidade:  $P < E$**

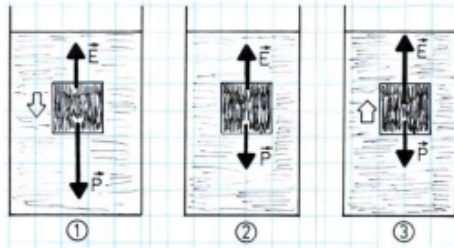
$$\mu_{corpo} < \mu_{fluido}$$

A força resultante que atua sobre o corpo, nessa situação, é denominada força ascensional, cuja intensidade é dada por:

$$F_{ascensional} = F_A = E - P$$

Sob ação dessa força  $F_A$ , o corpo irá subir acelerando no interior do fluido, até atingir a superfície, onde irá emergir parcialmente até o equilíbrio (fig 3).





## QUE É UM CORPO FLUTUANTE NUM FLUIDO?

Um objeto é um *corpo flutuante* em equilíbrio num fluido quando são verificadas as seguintes características:

- ❑ O volume submerso é menor do que o volume do corpo ( $V_{subm} < V_{corpo}$ );
- ❑ A densidade do fluido é maior do que a densidade do corpo ( $\mu_{fluido} > \mu_{corpo}$ );
- ❑ Obedece ao **princípio da flutuação**: “o empuxo do fluido tem intensidade igual ao peso do corpo e a força resultante é nula”.

