

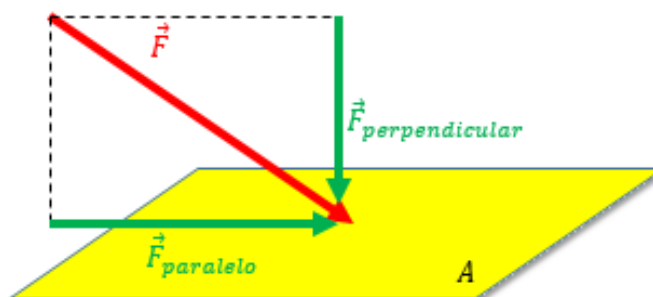
HIDROSTÁTICA

É a parte da física que estuda os fluidos em equilíbrio estático.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Pressão

Pressão é a razão do quanto de força perpendicular é exercida em uma área.



$$p = \frac{F_{\text{perpendicular}}}{A}$$

Unidade (SI): $[p] = \text{N/m}^2$ ou Pa

Densidade absoluta

a densidade absoluta é a razão da massa pelo volume ocupado.

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

Unidade (SI): $[d] = \text{kg/m}^3$

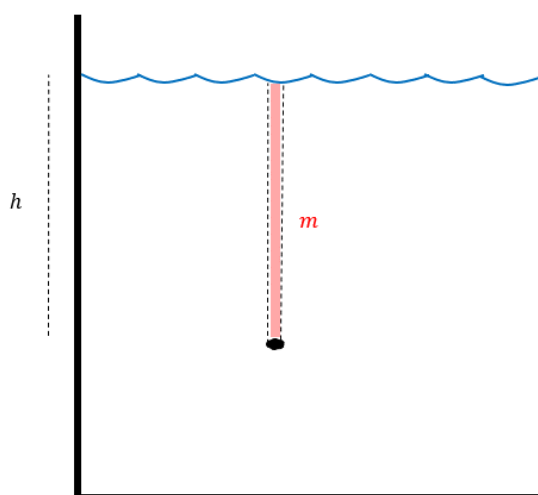
TEOREMA DE STEVIN

Uma variação de pressão de um fluido depende de uma diferença de altura no mesmo.

$$\Delta p = d \cdot g \cdot \Delta h$$

Pressão

Tomemos como exemplo um copo com líquido homogêneo de densidade **d**, em equilíbrio sob a ação da gravidade (de intensidade **g**). Em um ponto qualquer do líquido, podemos dizer que existe uma coluna de altura **h** que exerce uma pressão relativa ao líquido localizado acima do ponto. Chamamos a pressão que esse fluido exerce de pressão hidrostática.



Podemos escrever que:

$$\text{Pressão}(p) = \frac{\text{Força}}{\text{Área}} = \frac{\text{Peso do líquido}}{\text{Área}}$$

$$p = \frac{m \cdot g}{A}$$

Podemos escrever $m = d \cdot V$. Então

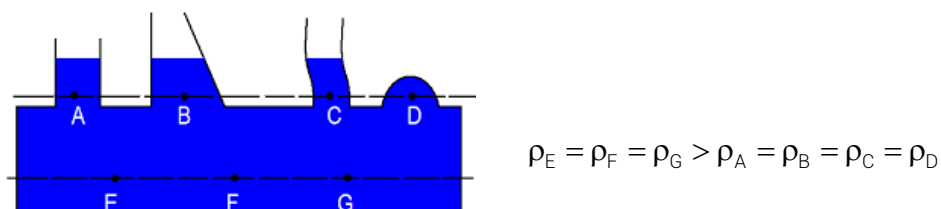
$$p = \frac{d \cdot V \cdot g}{A} = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$$

$$P_{\text{hidrostática}} = d \cdot g \cdot h$$

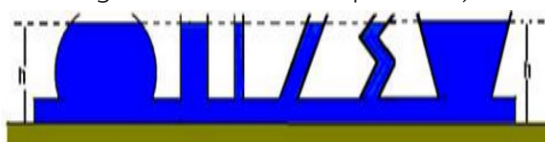
Observe que a pressão hidrostática independe da área **A** e que, com **d** e **g** constantes, **p** é diretamente proporcional a **h**.

Detalhes

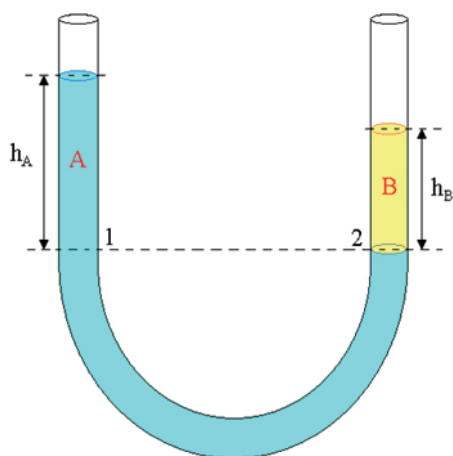
- I. Todos os pontos de um fluido homogêneo em equilíbrio sob a ação da gravidade num mesmo plano horizontal de referência suportam a mesma pressão (região isobárica). Quanto maior for a coluna de líquido acima da região maior será a pressão.



- II. A superfície livre de um líquido em equilíbrio sob a ação da gravidade é plana e horizontal. (Desprezando fenômenos ligados a tensão superficial).



III. Vasos Comunicantes: Quando colocamos líquidos imiscíveis num sistema constituído por vasos comunicantes observamos que as alturas das colunas líquidas, medidas a partir da superfície de separação são inversamente proporcionais às densidades dos líquidos



Pelo Teorema de Stevin a pressão no ponto 1 é igual a pressão no ponto 2, pois esses pontos estão em uma região isobárica.

A pressão no ponto 1 e 2 são, respectivamente:

$$P_1 = d_A \cdot g \cdot h_A \text{ e } P_2 = d_B \cdot g \cdot h_B$$

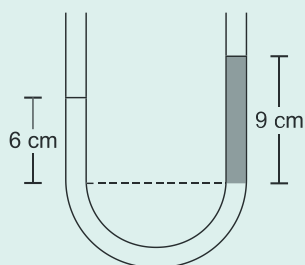
Igualando as pressões

$$P_1 = P_2 \\ d_A \cdot g \cdot h_A = d_B \cdot g \cdot h_B$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. (UFRGS 2019) Em um tubo transparente em forma de U contendo água, verteu-se, em uma de suas extremidades, uma dada quantidade de um líquido não miscível em água. Considere a densidade da água igual a 1 g/cm^3 .

A figura abaixo mostra a forma como ficaram distribuídos a água e o líquido (em cinza) após o equilíbrio.



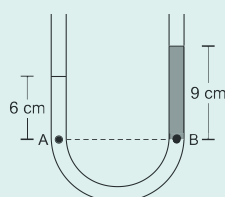
Qual é, aproximadamente, o valor da densidade do líquido, em g/cm^3 ?

- | | |
|--------|--------|
| a) 1,5 | d) 0,7 |
| b) 1,0 | e) 0,5 |
| c) 0,9 | |

Resposta: [D]

RESOLUÇÃO

Para os pontos A e B indicados no desenho abaixo, as pressões hidrostáticas são iguais.



$$p_A = p_B$$

Usando a pressão das colunas de líquido $p = \rho gh$.

$$p_A = \rho_A g h_A \text{ e } p_B = \rho_B g h_B$$

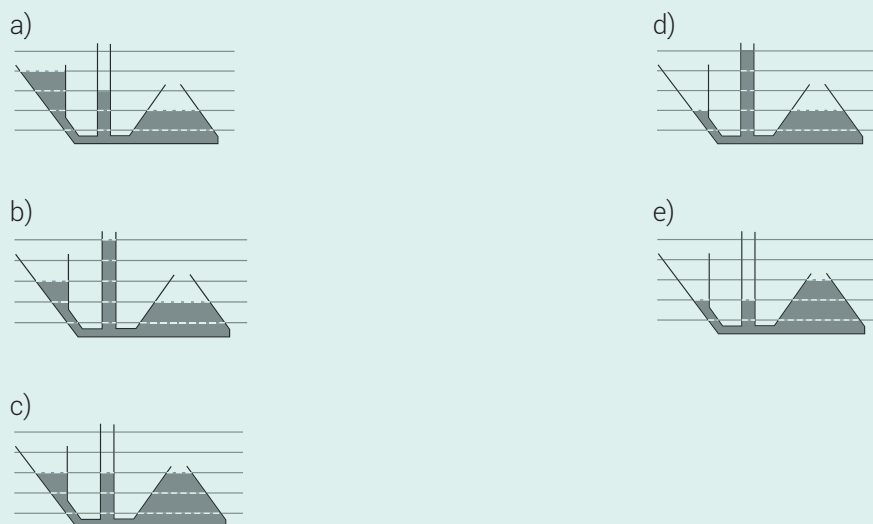
$$\rho_A g h_A = \rho_B g h_B$$

$$\rho_B = \frac{\rho_A h_A}{h_B} = \frac{1 \text{ g/cm}^3 \cdot 6 \text{ cm}}{9 \text{ cm}} \therefore \rho_B = 0,67 \text{ g/cm}^3 \approx 0,7 \text{ g/cm}^3$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

02. (CPS 2016) Se cavarmos um buraco na areia próxima às águas de uma praia, acabaremos encontrando água, devido ao princípio físico denominado Princípio dos Vasos Comunicantes.

Assinale a alternativa que apresenta a aplicação desse princípio, no sistema formado pelos três recipientes abertos em sua parte superior e que se comunicam pelas bases, considerando que o líquido utilizado é homogêneo.



Resposta da questão: [C]

RESOLUÇÃO

De acordo com o teorema de Stevin, pontos de um mesmo líquido que estão na mesma horizontal suportam a mesma pressão. A recíproca é verdadeira: se os níveis estão sob mesma pressão então eles devem estar na mesma horizontal.

PRINCÍPIO DE PASCAL

Os acréscimos de pressão em um líquido incompressível em equilíbrio são transmitidos integralmente à todas as partes deste líquido e para às paredes do recipiente.

Pressão total e pressão atmosférica

Lembrando que a própria atmosfera é uma coluna de ar localizada acima da superfície terrestre, podemos dizer que existe também uma pressão relativa à esta coluna de fluido acima de qualquer ponto localizado na superfície da Terra.

Então, podemos dizer que a **pressão total ou absoluta** em um ponto qualquer de um fluido é dado por:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{hidrostática}}$$

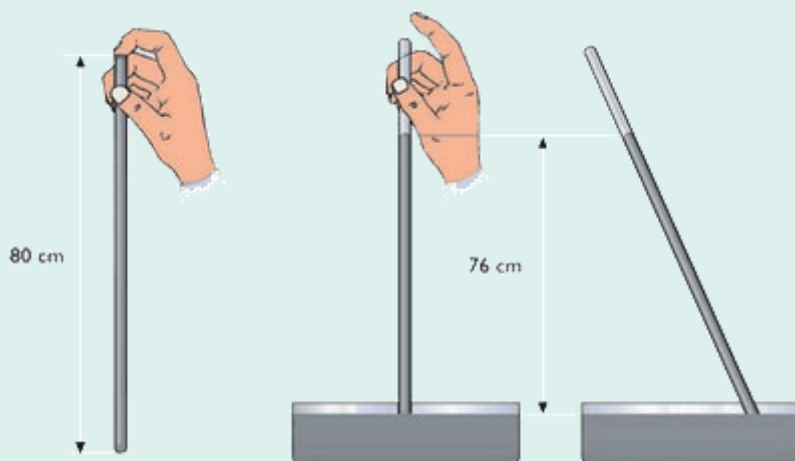
$$P_{\text{total}} = P_{\text{atm}} + d \cdot g \cdot h$$

Detalhe: Pressão efetiva ou hidrostática

É a pressão exercida exclusivamente pelo líquido que se sobrepõe ao ponto em análise:

$$P_{\text{efetiva}} = d \cdot g \cdot h$$

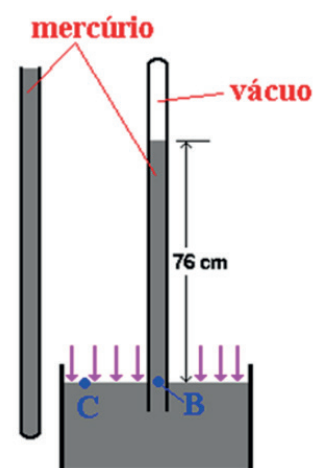
EXPERIMENTO DE TORRICELLI



Considere um tubo e uma cuba, como mostrado acima, considere o tubo de aproximadamente 80 cm de comprimento contendo mercúrio, assim como a cuba.

Coloca-se o tubo de boca para baixo no mercúrio da cuba. Em seguida, destapa-se sua extremidade, com isso, parte do mercúrio do tubo flui para cuba até que se estabeleça o equilíbrio hidrostático.

Foi observado o equilíbrio quando havia uma coluna de 0,76 m de altura de mercúrio (Hg) no tubo. Pelo princípio de Stevin podemos afirmar que a pressão no ponto C (pressão atmosférica) é idêntica à do ponto B (pressão da coluna de mercúrio no interior do tubo), portanto:



$$P_C = P_B$$

$$P_{\text{atm}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h$$

Sabendo que a densidade aproximada do mercúrio $d_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$ e que a aceleração da gravidade em nível do mar é de $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, podemos calcular a pressão atmosférica P_{atm} :

$$P_{\text{atm}} = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,76$$

$$P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

É muito comum representar a pressão atmosférica diretamente em cm ou mm de mercúrio. Dessa forma, em nível do mar diz-se que a pressão atmosférica tem valor de 76,0 cmHg ou 760 mmHg.

RESUMINDO:

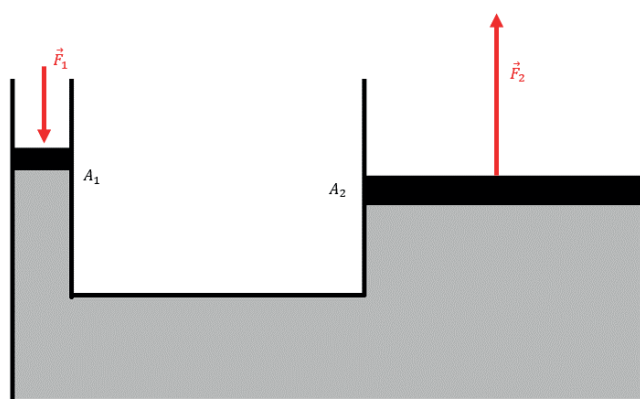
A partir de experimentações, Torricelli afere a pressão atmosférica como:

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

Também é usado o valor $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm}$

Porém, no SI, a unidade é $p_{\text{atm}} \cong 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

A utilização mais comum do princípio de Pascal é dada da seguinte forma:



$$p_1 = p_2$$

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

EXERCÍCIO RESOLVIDO

03. (EEAR 2017) Uma prensa hidráulica possui ramos com áreas iguais a 15 cm^2 e 60 cm^2 . Se aplicarmos uma força de intensidade $F_1 = 8 \text{ N}$ sobre o êmbolo de menor área, a força transmitida ao êmbolo de maior área será:

a) $\frac{F_1}{4}$

b) $\frac{F_1}{2}$

c) $2 F_1$

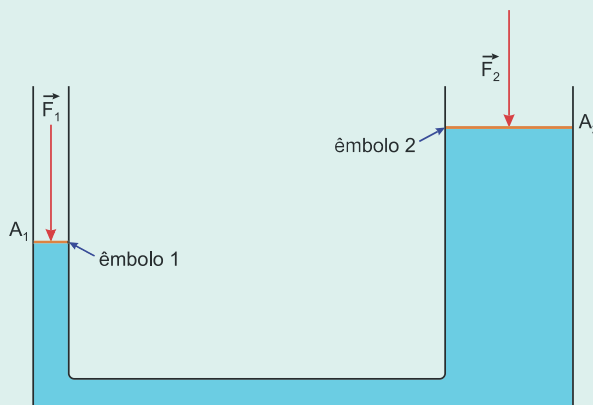
d) $4 F_1$

e) $8 F_1$

Resposta: [D]

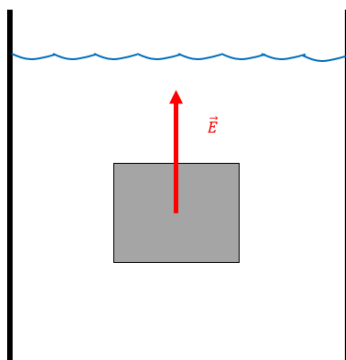
RESOLUÇÃO

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{15} = \frac{F_2}{60} \Rightarrow 15 \cdot F_2 = 60 \cdot F_1 \Rightarrow F_2 = \frac{60}{15} F_1 \Rightarrow F_2 = 4 F_1$$



TEOREMA DE ARQUIMEDES

Um corpo imerso num fluido sofre uma força vertical, para cima e de mesma intensidade do peso de fluido deslocado.



$$E = P_{\text{fluido deslocado}}$$

$$E = m_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

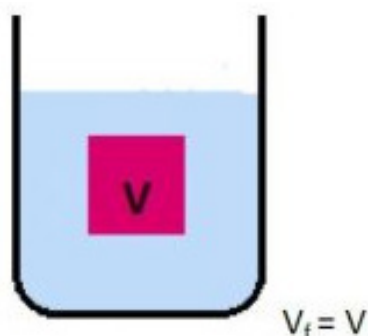
$$\text{Como } m = d \cdot V$$

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$$

- d_{fluido} : Densidade do fluido.
- $V_{\text{deslocado}}$: Volume de líquido deslocado pelo objeto. Sempre igual ao volume imerso do objeto.

Veja os casos a seguir

(A)



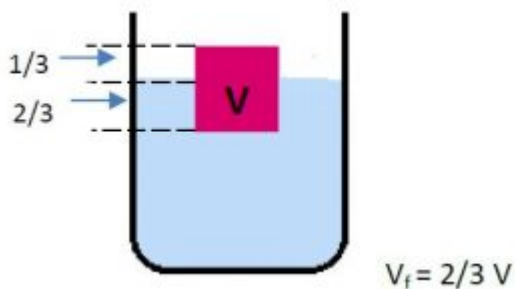
Na imagem ao lado, o objeto está totalmente imerso, portanto:

$$V_{\text{deslocado}} = \frac{2}{3} \cdot V_{\text{objeto}}$$

Logo o empuxo, é calculado pela relação:

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{objeto}} \cdot g$$

(B)



Na imagem acima, o objeto está parcialmente imerso, com $\frac{2}{3}$ de seu volume total dentro do líquido, portanto

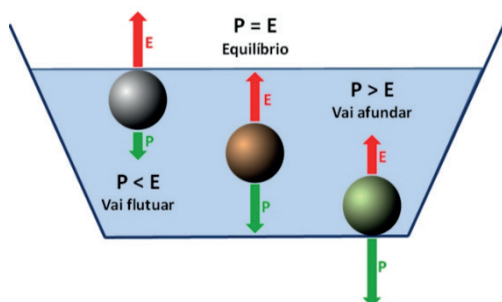
$$V_{\text{deslocado}} = \frac{2}{3} \cdot V_{\text{objeto}}$$

Logo o empuxo, é calculado pela relação:

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot \frac{2}{3} \cdot V_{\text{objeto}} \cdot g$$

Quando um corpo incompressível em líquido homogêneo irá flutuar, afundar ou ficar em equilíbrio?

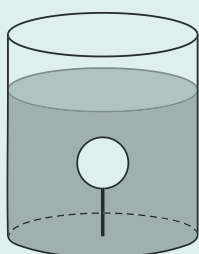
Veja:



- Quando um corpo é menos denso que o líquido $P < E$, o corpo sobe até flutuar com parte de seu volume fora do líquido.
- Quando o corpo possui mesma densidade que o líquido $P = E$, o corpo flutua com todo seu volume imerso.
- Quando o corpo é mais denso que o líquido $P > E$, o corpo afunda até o solo

EXERCÍCIO RESOLVIDO

04. (Pucrs 2016) Para responder à questão, analise a situação representada na figura abaixo, na qual uma esfera de isopor encontra-se totalmente submersa em um recipiente contendo água. Um fio ideal tem uma de suas extremidades presa à esfera, e a outra está fixada no fundo do recipiente. O sistema está em equilíbrio mecânico.



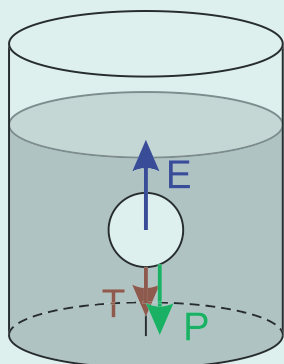
Considerando que as forças que atuam na esfera sejam o peso ($\vec{P}$), o empuxo ($\vec{E}$) e a tensão ($\vec{T}$), a alternativa que melhor relaciona suas intensidades é

- | | |
|----------------|----------------------|
| a) $E = P + T$ | d) $P > E + T$ |
| b) $E > P + T$ | e) $P = E$ e $T = 0$ |
| c) $P = E + T$ | |

Resposta: [A]

RESOLUÇÃO

De acordo com o diagrama de corpo livre, as forças que atuam na esfera são:



Os módulos das forças Empuxo, Tração e Peso se relacionam entre si de acordo com a equação de equilíbrio:

$$E = P + T$$