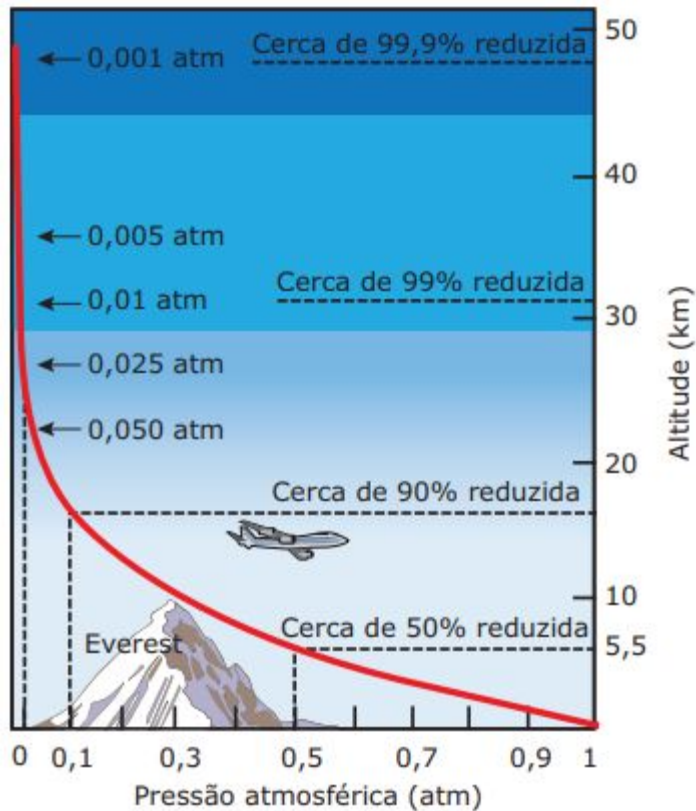


Hidrostatica

Física - ENEM

Lays Pinheiro

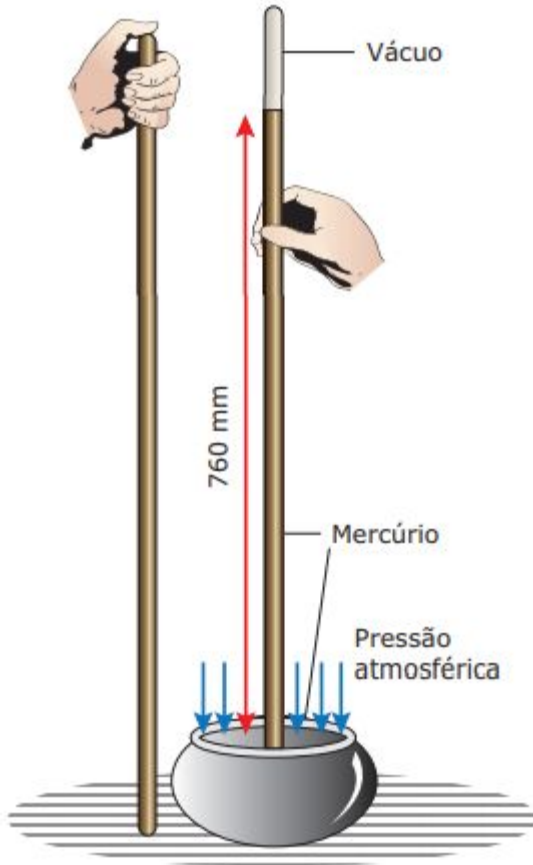


Introdução

O que é?

- O ar atmosférico é constituído por partículas que se movem caoticamente em todas as direções.
- A pressão atmosférica é a soma das pressões que as partículas constituintes do ar exercem sobre um objeto que se acha imerso na atmosfera.
- O ar atmosférico está mais comprimido ao nível do mar do que em altitudes mais elevadas.
- Ao nível do mar, a pressão atmosférica vale:

$$P_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$



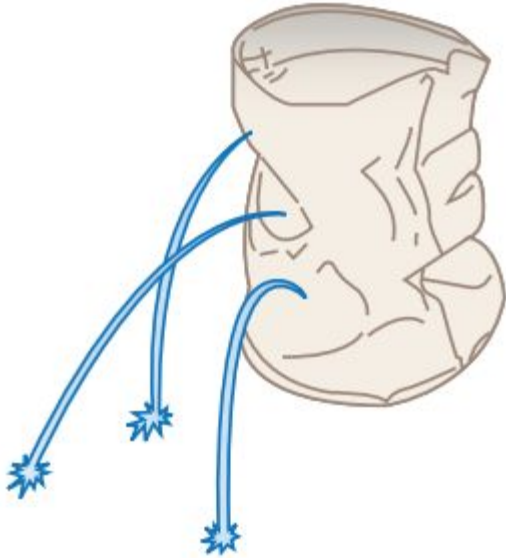
Torricelli

- Torricelli encheu um tubo com mercúrio, virou-o de cabeça para baixo e mergulhou-o em uma bacia de mercúrio.
- Observou que o mercúrio descia e estabilizava em 760 mm, equilibrado pela pressão atmosférica.
- Repetindo o experimento, ele notou que a pressão atmosférica diminui com a altitude, sendo máxima ao nível do mar.



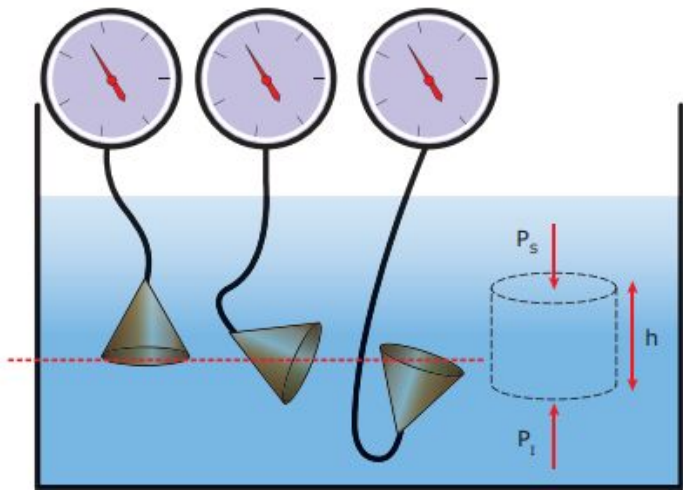
PARA REFLETIR

Para medir a pressão atmosférica, por que Torricelli optou por usar o mercúrio, e não a água, que é um líquido muito mais acessível?



Pressão de um líquido

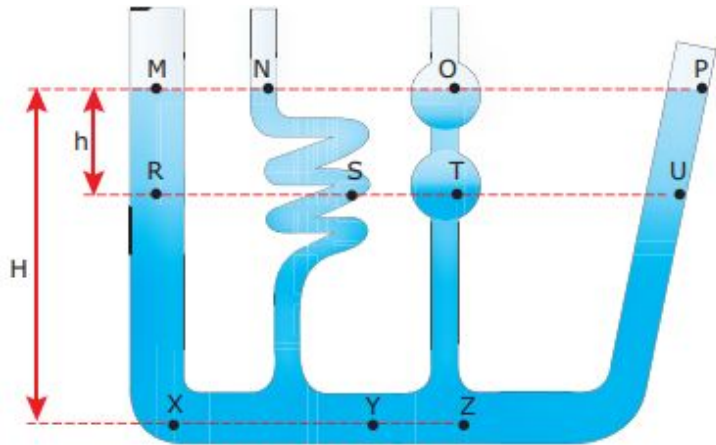
- Um líquido exerce pressão não apenas sobre o fundo do recipiente, mas também sobre as suas paredes.
- As forças de compressão que geram tais pressões são sempre perpendiculares ao fundo e às paredes do recipiente, independentemente de as paredes serem verticais ou inclinadas.
- As curvaturas diferenciadas sugerem que a velocidade de lançamento do jato aumente com a profundidade dentro da água, o que pode ser justificado pelo fato de que a pressão da água aumenta com a profundidade.
- Outra característica importante dos líquidos é que a pressão exercida por eles comprime todos os pontos de seu interior e age em todas as direções e sentidos.



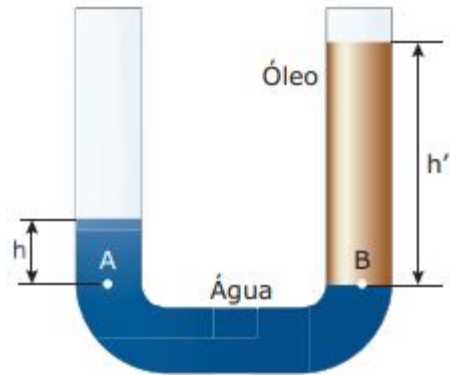
Pressão de um líquido

- A expressão que fornece o valor da pressão P em um ponto no interior de um líquido de densidade ρ , a uma profundidade h , é:

$$P - P_0 = \rho gh \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

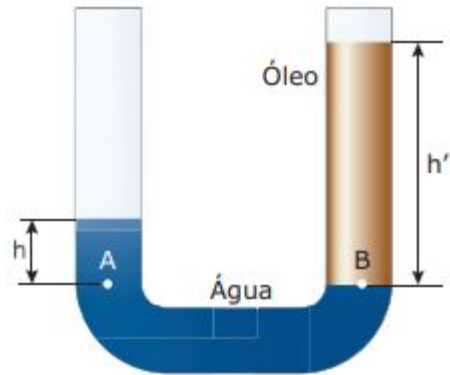


- Todos os pontos situados em um mesmo nível, no interior de um mesmo líquido, em equilíbrio, estão sujeitos a pressões de mesmos valores.
- Esse recipiente é conhecido pelo nome de vasos comunicantes.



Dois líquidos não miscíveis

- Quando dois líquidos não miscíveis e de densidades diferentes são colocados em dois vasos comunicantes, cujas bocas estão expostas a um mesmo ambiente, observamos que os níveis atingidos nos dois ramos são diferentes.
- As pressões P_A e P_B nos pontos A e B são iguais, pois esses pontos acham-se sobre uma mesma linha horizontal e ambos situam-se na água (o ponto B também está em contato com o óleo).
- Podemos concluir que a densidade (ρ') do óleo é menor do que a densidade (ρ) da água, pois, para haver a igualdade entre as pressões P_A e P_B , a coluna de maior altura (h') sobre o ponto B deve ser compensada pela maior densidade da água, cuja coluna (h) sobre o ponto A é menor.

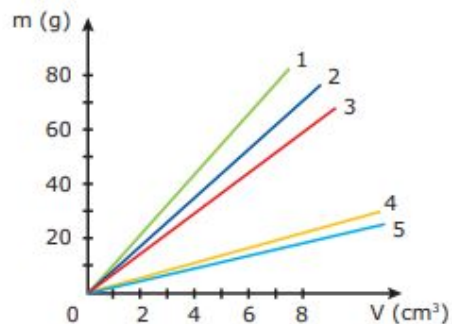


Dois líquidos não miscíveis

- Para obter a relação matemática entre h e h' , devemos igualar as pressões P_A e P_B e utilizar a Equação de Stevin.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho gh = P_0 + \rho' gh' \Rightarrow \rho h = \rho' h'$$

(UFRGS–2006) Em uma aula de laboratório, os alunos realizam um experimento para demonstrar a relação linear existente entre a massa e o volume de diferentes cilindros maciços feitos de vidro. Em seguida, repetem o mesmo experimento com cilindros de aço, alumínio, chumbo e cobre. No gráfico a seguir, cada reta corresponde ao resultado obtido para cada um dos cinco materiais citados.



A reta que corresponde ao resultado obtido para o chumbo é a de número

- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

(UFMG–2006) José aperta uma tachinha entre os dedos, como mostrado nesta figura:



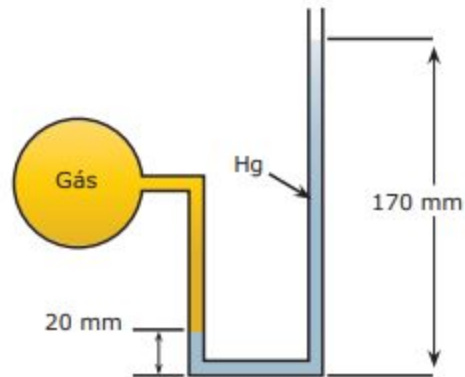
A cabeça da tachinha está apoiada no polegar e a ponta, no indicador.

Sejam $F(i)$ o módulo da força e $p(i)$ a pressão que a tachinha faz sobre o dedo indicador de José. Sobre o polegar, essas grandezas são, respectivamente, $F(p)$ e $p(p)$.

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

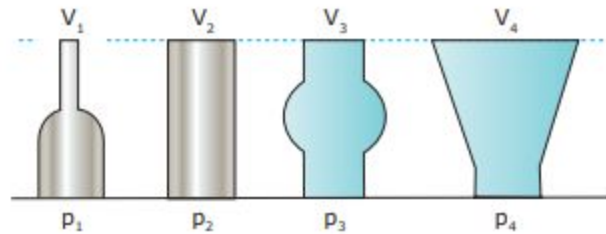
- A) $F(i) > F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- B) $F(i) = F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- C) $F(i) > F(p)$ e $p(i) > p(p)$.
- D) $F(i) = F(p)$ e $p(i) > p(p)$.

(UEL-PR) Para medir a pressão p exercida por um gás contido num recipiente, utilizou-se um manômetro de mercúrio, obtendo-se os valores indicados na figura. A pressão atmosférica local medida por um barômetro é de 750 mmHg. O valor de p , em mmHg, é



- A) 150.
- B) 170.
- C) 750.
- D) 900.
- E) 940.

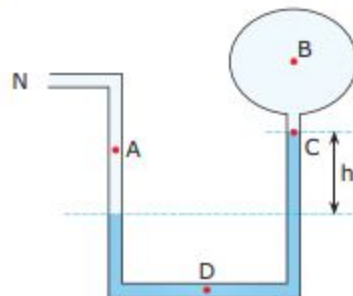
(UFMG) Os fundos dos vasos V_1 , V_2 , V_3 e V_4 têm a mesma área. Os vasos V_1 e V_2 estão cheios de mercúrio e V_3 e V_4 , de água, até a mesma altura, conforme ilustra a figura.



Quanto às pressões p_1 , p_2 , p_3 e p_4 , exercidas pelos líquidos nos fundos dos vasos V_1 , V_2 , V_3 e V_4 , respectivamente, pode-se afirmar que

- A) $p_4 > p_3 > p_2 > p_1$.
- B) $p_2 > p_1$ e $p_4 > p_3$.
- C) $p_1 > p_2$ e $p_3 > p_4$.
- D) $p_1 = p_2$ e $p_3 = p_4$.
- E) $p_1 = p_2 = p_3 = p_4$.

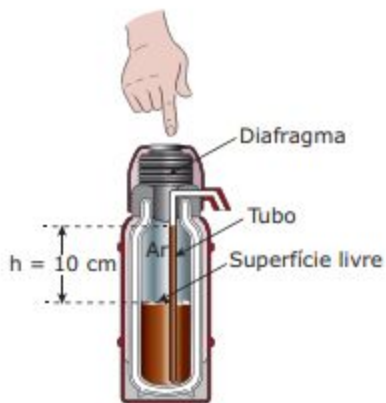
(UFV-MG) O recipiente ilustrado na figura contém água em desnível e está aberto à atmosfera em N.



A pressão em B é

- A) maior que em A.
- B) maior que em C.
- C) maior que em D.
- D) igual à pressão em A.
- E) menor que em A.

A figura mostra uma garrafa térmica de pressão, na qual a tampa, ao ser pressionada pelo dedo da pessoa, gera um acréscimo de pressão do ar sobre a superfície livre do café, permitindo a saída da bebida através de um tubo vertical.



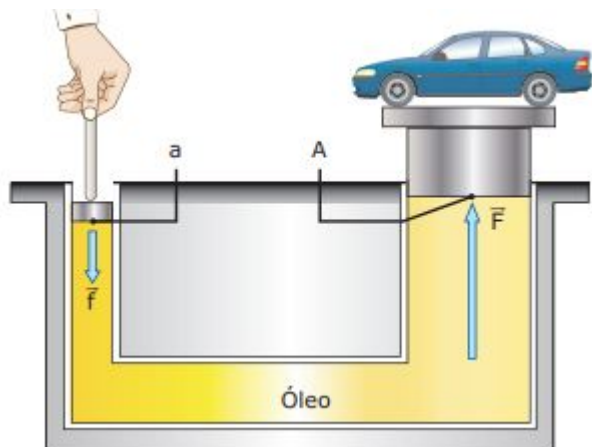
Ao nível do mar, a pressão atmosférica vale 1 atm. Esse valor equivale aproximadamente à pressão exercida por uma coluna de 10 metros de água. Nessas condições, para fazer um esforço mínimo, o suficiente para o café sair da garrafa térmica mostrada na figura, a pressão na superfície livre deve ser

- A) exatamente igual a 0,9 atm.
- B) exatamente igual a 1,0 atm.
- C) ligeiramente maior que 1,0 atm.
- D) exatamente igual a 1,1 atm.
- E) um pouco maior que 1,1 atm.



Princípio de Pascal

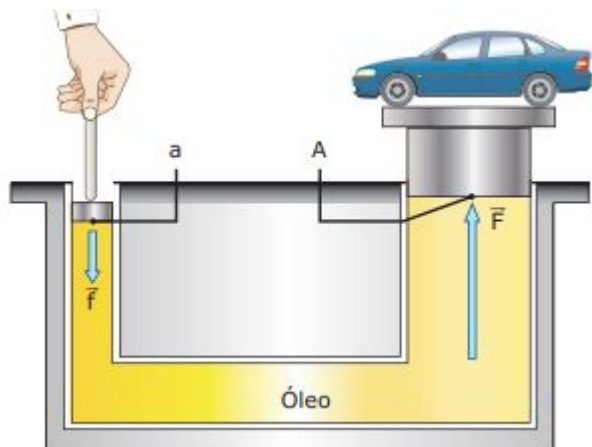
- A pressão exercida sobre um líquido em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos do líquido e às paredes do recipiente no qual o líquido está confinado.
- A experiência mostra o Princípio de Pascal: um cilindro com líquido é conectado a um balão de borracha e a cinco manômetros em diferentes posições.
- Ao apertar o balão, a pressão aumenta igualmente em todos os manômetros, demonstrando que a pressão aplicada se distribui uniformemente pelo líquido.



$$\frac{F}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow f = F \frac{a}{A}$$

Princípio de Pascal

- As máquinas hidráulicas, como elevadores e prensas hidráulicas, funcionam com base no Princípio de Pascal.
- Uma máquina hidráulica é um dispositivo capaz de multiplicar o efeito de uma força por meio da transmissão da pressão exercida por essa força em um líquido.
- Para explicar o funcionamento dessas máquinas, vamos considerar a figura ao lado, que representa um elevador hidráulico, constituído por dois cilindros dotados de êmbolos, interligados e cheios de óleo.
- De acordo com o Princípio de Pascal, a pressão exercida pela pessoa é transmitida integralmente através do óleo para o outro lado do elevador.

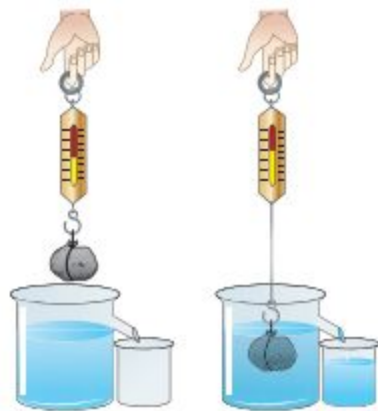


Princípio de Pascal

- Para erguer o carro da figura com velocidade constante, a força F exercida pelo êmbolo deve ter a mesma intensidade que o peso do carro.
- Nessas condições, se a massa do carro for igual a uma tonelada, então F deve ser igual a 1 000 kgf. Considerando as áreas $A = 2,0 \text{ m}^2$ e $a = 0,020 \text{ m}^2$, a intensidade da força f necessária para erguer o carro será:

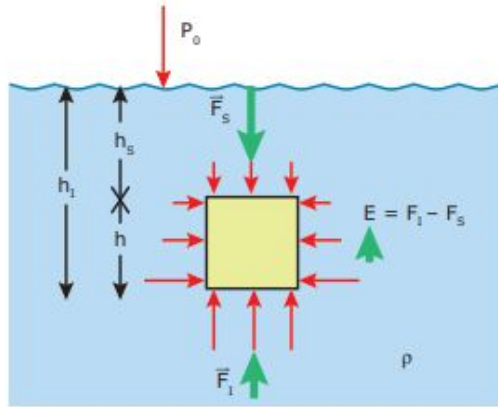
$$\frac{F}{A} = \frac{f}{a} \Rightarrow f = F \frac{a}{A}$$

$$f = F \frac{a}{A} = 1\,000 \text{ kgf} \frac{0,020 \text{ m}^2}{2,0 \text{ m}^2} = 10 \text{ kgf}$$



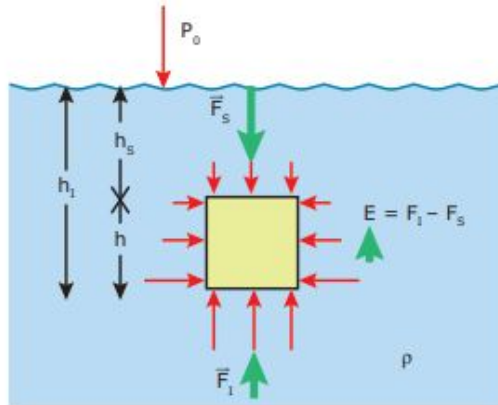
Princípio de Arquimedes: Empuxo

- Todo corpo imerso em um fluido (líquido ou gás) sofre a ação de uma força de empuxo exercida pelo fluido, cujo sentido é de baixo para cima e cujo módulo é igual ao módulo do peso do fluido deslocado pelo corpo.
- A experiência ilustra o Princípio de Arquimedes. Primeiro, mede-se o peso de uma pedra com um dinamômetro (3,5 N). Depois, ao mergulhá-la em água, o peso aparente é menor (3,0 N), indicando uma força de empuxo de 0,5 N.
- A água deslocada pela pedra pesa exatamente 0,5 N, comprovando que o empuxo é igual ao peso do líquido deslocado.



Princípio de Arquimedes: Empuxo

- Considere um bloco de altura h e seção transversal de área A , imerso em um líquido de densidade ρ , como mostra a figura.
- De acordo com a equação de Stevin, a pressão exercida pelo líquido aumenta com a profundidade. Por isso, nas faces laterais opostas do bloco, as pressões se cancelam.
- Entretanto, o mesmo não acontece nas faces horizontais, pois a pressão exercida sobre a face inferior é maior do que a pressão exercida sobre a face superior, de modo que a força exercida pelo líquido de baixo para cima é maior do que a força de cima para baixo.



Princípio de Arquimedes: Empuxo

- Assim, há uma força resultante vertical, voltada para cima (o empuxo), atuando sobre o bloco. Os módulos das forças exercidas pelo líquido sobre as faces inferior e superior do bloco são:

$$F_s = (P_0 + \rho g h_s) \cdot A$$

$$F_l = (P_0 + \rho g h_l) \cdot A$$

$$E = F_l - F_s = \rho g A (h_l - h_s)$$

Princípio de Arquimedes: Condições de flutuação

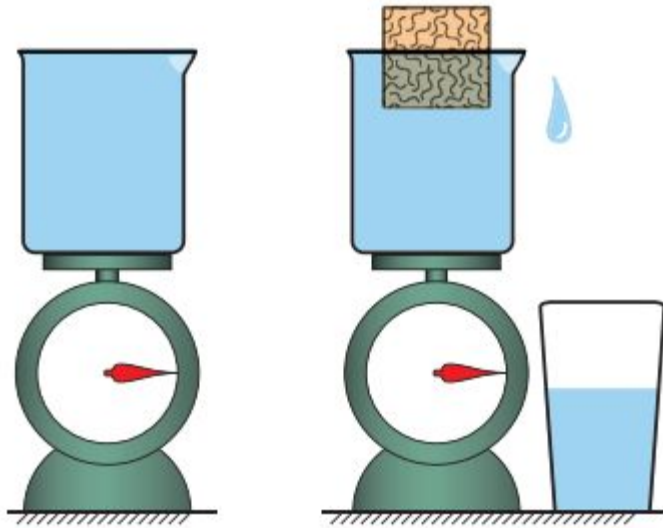
- As intensidades do peso do objeto e do empuxo exercido pelo líquido definirão que tipo de evento ocorrerá com o objeto.
- Para discutirmos mais detalhadamente esse problema, vamos escrever o peso do objeto e o empuxo sobre ele usando as seguintes expressões:

$$P_o = m_o g = \rho_o V_o g ; E = m_{LD} g = \rho_L V_{LD} g$$

Princípio de Arquimedes: Condições de flutuação

CASO I: OBJETO AFUNDA

- Para afundar, o módulo do peso do objeto deve ser maior do que o módulo do empuxo, de modo que, após ser solto, a resultante das forças que atuam sobre o objeto será dirigida para baixo. Como o objeto está totalmente imerso no líquido, temos $V_O = V_{LD}$.
- Assim, para o peso ser maior do que o empuxo, devemos ter $\rho_O > \rho_L$. Esse resultado é bastante intuitivo, já que pode ser observado em várias situações do nosso dia a dia, como o afundamento de uma pedra ou de uma esfera de chumbo jogadas na água.

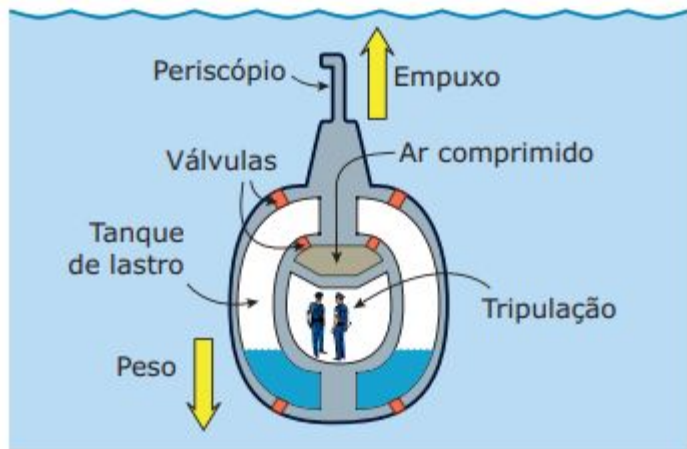


Princípio de Arquimedes: Condições de flutuação

CASO II: OBJETO SOBE

- Para o objeto subir, o módulo de seu peso deve ser menor do que o módulo do empuxo, pois, assim, a resultante das forças que atuam sobre o objeto será dirigida para cima. Isso ocorre porque $\rho_O < \rho_L$.
- Uma consequência muito importante que tiramos da igualdade entre o empuxo ($E = m_{LD}g$) e o peso de um objeto flutuante ($PO = m_Og$) é que a massa m_O do objeto é igual à massa m_{LD} do líquido deslocado.

$$m_o = m_{LD} \Rightarrow \rho_o V_o = \rho_L V_{LD} \Rightarrow \rho_o = \rho_L \frac{V_{LD}}{V_o}$$

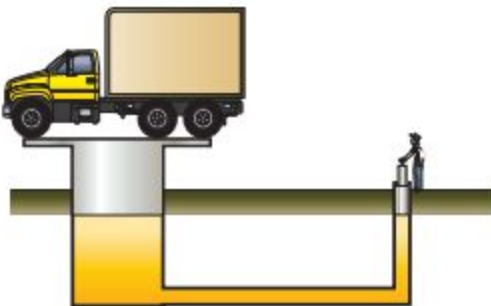


Princípio de Arquimedes: Condições de flutuação

CASO III: OBJETO PARADO

- Quando um objeto é abandonado dentro de um líquido e permanece no mesmo lugar, significa que a resultante de forças sobre ele é nula.
- Por isso, concluímos, para esse caso, que o módulo peso do objeto é igual ao módulo do empuxo.

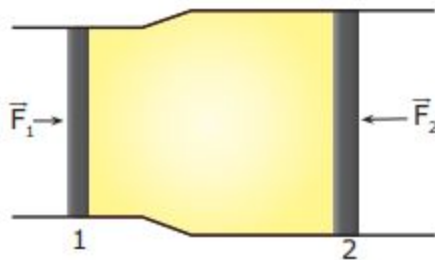
(UFV-MG-2009) A figura a seguir ilustra uma pessoa equilibrando um caminhão por meio de um elevador hidráulico. O caminhão tem 10 toneladas de massa e está apoiado sobre um pistão cuja a área é de 6 m^2 . Sabendo que a área do pistão no qual a pessoa atua é de 30 cm^2 , é **CORRETO** afirmar que o valor do módulo da força que esta pessoa exerce sobre o pistão é de



Considere a aceleração da gravidade local $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- | | |
|-----------|-----------|
| A) 50 N. | C) 200 N. |
| B) 150 N. | D) 500 N. |

(UFES) A tubulação da figura a seguir contém um líquido incompressível que está retido pelo êmbolo 1 (de área igual a $10,0 \text{ cm}^2$) e pelo êmbolo 2 (de área igual a $40,0 \text{ cm}^2$). Se a força \vec{F}_1 tem módulo igual a $2,0 \text{ N}$, a força \vec{F}_2 , que mantém o sistema em equilíbrio, tem módulo igual a



A) $0,5 \text{ N}$.

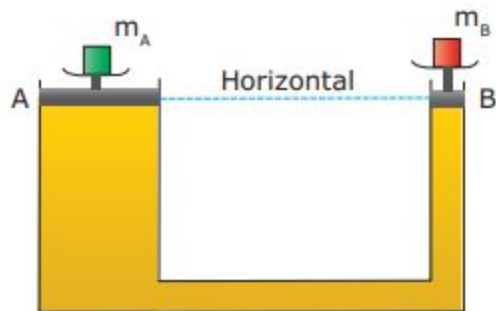
C) $8,0 \text{ N}$.

E) $800,0 \text{ N}$.

B) $2,0 \text{ N}$.

D) $500,0 \text{ N}$.

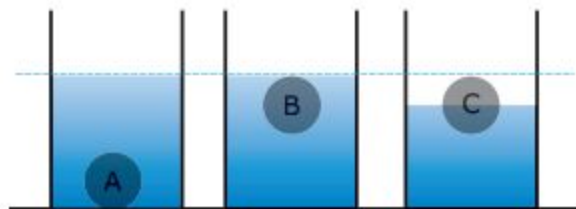
(FUVEST-SP) Considere o arranjo da figura a seguir, em que um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas $a = 80 \text{ cm}^2$ e $b = 20 \text{ cm}^2$, respectivamente.



O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se $m_A = 4,0 \text{ kg}$, qual o valor de m_B ?

- | | | |
|----------|---------|---------|
| A) 4 kg | C) 1 kg | E) 2 kg |
| B) 16 kg | D) 8 kg | |

(UFV-MG-2009) Três vasilhames idênticos contêm um mesmo volume de água. Dentro de cada um há um corpo em equilíbrio hidrostático, conforme mostra a figura a seguir. Com relação aos módulos dos empuxos E_A , E_B e E_C que a água exerce nos corpos A, B e C, respectivamente, é **CORRETO** afirmar que



A) $E_A > E_B > E_C$.

C) $E_A = E_B > E_C$.

B) $E_A < E_B = E_C$.

D) $E_A = E_B = E_C$.

(Enem-2010) Durante uma obra em um clube, um grupo de trabalhadores teve de remover uma escultura de ferro maciço colocada no fundo de uma piscina vazia. Cinco trabalhadores amarraram cordas à escultura e tentaram puxá-la para cima, sem sucesso.

Se a piscina for preenchida com água, ficará mais fácil para os trabalhadores removerem a escultura, pois a

- A) escultura flutuará. Dessa forma, os homens não precisarão fazer força para remover a escultura do fundo.
- B) escultura ficará com peso menor. Dessa forma, a intensidade da força necessária para elevar a escultura será menor.
- C) água exercerá uma força na escultura proporcional a sua massa, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem para anular a ação da força peso da escultura.
- D) água exercerá uma força na escultura para baixo, e esta passará a receber uma força ascendente do piso da piscina. Esta força ajudará a anular a ação da força peso na escultura.
- E) água exercerá uma força na escultura proporcional ao seu volume, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem, podendo resultar em uma força ascendente maior que o peso da escultura.

Obrigada!