

Hidrostatica

Resumo

Para iniciar o estudo da Hidrostática, faz-se necessário o conhecimento de algumas grandezas básicas:

Massa específica: É a grandeza definida pela razão entre a massa e o volume das substâncias homogêneas (é uma característica do material e costuma ser representada pelas letras μ ou ρ).

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

Densidade Absoluta (d): possui a mesma razão que a massa específica, mas é usada para qualquer corpo ou substância (Exemplo: uma garrafa de plástico pode mudar de densidade à medida que a enchemos ou a esvaziamos de água, ou seja, a massa muda para um mesmo volume).

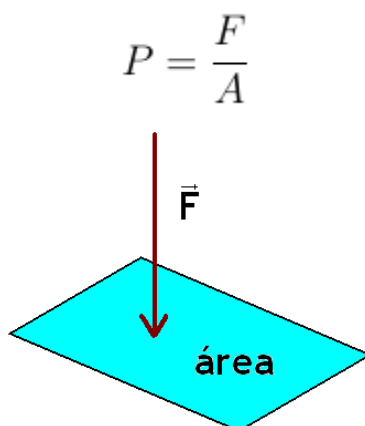
$$d = \frac{m}{V}$$

Unidade (μ ou d): kg/m³.

Obs.: é comum o uso de outras unidades diferente do Sistema Internacional. Por exemplo, para a água: d = 1,0 kg/L ou d = 1g/cm³. No S.I. => d = 1,0x10³ kg/m³

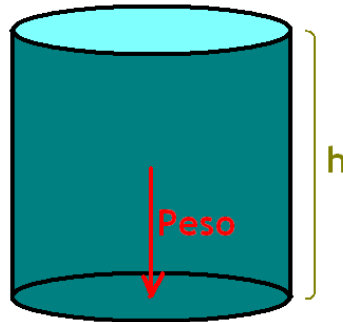
Pressão

É a grandeza escalar que corresponde à razão entre a resultante perpendicular (normal) das forças e sua área de atuação.



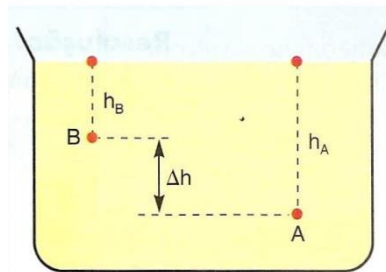
Unidade: $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$ (Pascal).

- Pressão de uma coluna de líquido (Pressão Hidrostática)



$$P_{hidro} = \mu gh$$

Teorema de Stevin



Consideremos um líquido de massa específica μ , em equilíbrio no recipiente da figura.

Sejam os pontos A e B do líquido situados a uma distância h_A e h_B , respectivamente, da superfície do líquido.

Pode-se mostrar que

$$P_A = P_B + \mu g \Delta h$$

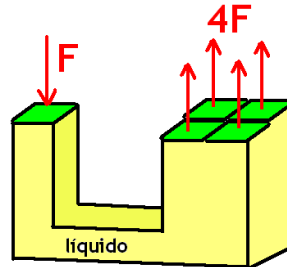
Obs.: Se o ponto B estiver na superfície do líquido, a pressão exercida pelo ar é a pressão atmosférica, e a equação acima toma a forma $P_A = P_{atm} + \mu gh$, onde h é a altura (desnível) entre a superfície e o ponto A.

Obs.: A pressão atmosférica suporta uma coluna de 10 m de água. Isso quer dizer que uma pessoa a 20 m de profundidade tem uma pressão de aproximadamente 3atm (1atm do ar e 2atm pela água).

Princípio de Pascal

Se uma força é feita em uma área de um líquido incompressível, há uma pressão que é transmitida para todos os pontos do líquido.

Isso significa que uma força F feita em uma área A produz uma força $4F$ em uma área $4A$, isto é, a pressão transmitida é constante.



Princípio de Arquimedes

“Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido sofre um empuxo que é igual ao **peso do volume do fluido deslocado** pelo corpo”.

Sendo V_f o volume do fluido deslocado, então a massa do fluido deslocado é:

$$m_f = d_f \cdot V_f$$

Sabendo que o módulo do empuxo E é igual ao módulo do peso do volume do fluido deslocado:

$$E = P = mg$$

Assim:

$$E = d_f \cdot V_f \cdot g$$

O fluido deslocado é o volume do fluido que caberia dentro da parte imersa no fluido, estando ele totalmente ou parcialmente imerso.

Arquimedes formulou o seu princípio para a água, mas ele funciona para qualquer fluido, inclusive para o ar.

Quando um corpo mais denso que o líquido está totalmente imerso, percebemos que o seu peso é aparentemente menor do que no ar. Este peso aparente é a diferença entre o peso real e o empuxo.

$$P_{aparente} = P_{real} - E$$

Na prática: Quando você está na piscina ou mesmo no mar e sente aquela “leveza” ao flutuar. Como o empuxo está na mesma direção e no sentido oposto ao de seu peso, a força resultante que atua sobre você tem sentido para baixo, mas intensidade menor que o seu peso. No caso de um balão cheio de ar, por exemplo, ele sobe até a superfície da água porque a força resultante se dá no sentido para cima, uma vez que o empuxo é maior do que o peso.

Exercícios

1. (Enem 2012) Um dos problemas ambientais vivenciados pela agricultura hoje em dia é a compactação do solo, devida ao intenso tráfego de máquinas cada vez mais pesadas, reduzindo a produtividade das culturas.

Uma das formas de prevenir o problema de compactação do solo é substituir os pneus dos tratores por pneus mais

- a) largos, reduzindo a pressão sobre o solo.
- b) estreitos, reduzindo a pressão sobre o solo.
- c) largos, aumentando a pressão sobre o solo.
- d) estreitos, aumentando a pressão sobre o solo.
- e) altos, reduzindo a pressão sobre o solo.

2. No manual do aparelho esfigmomanômetro vem informando:

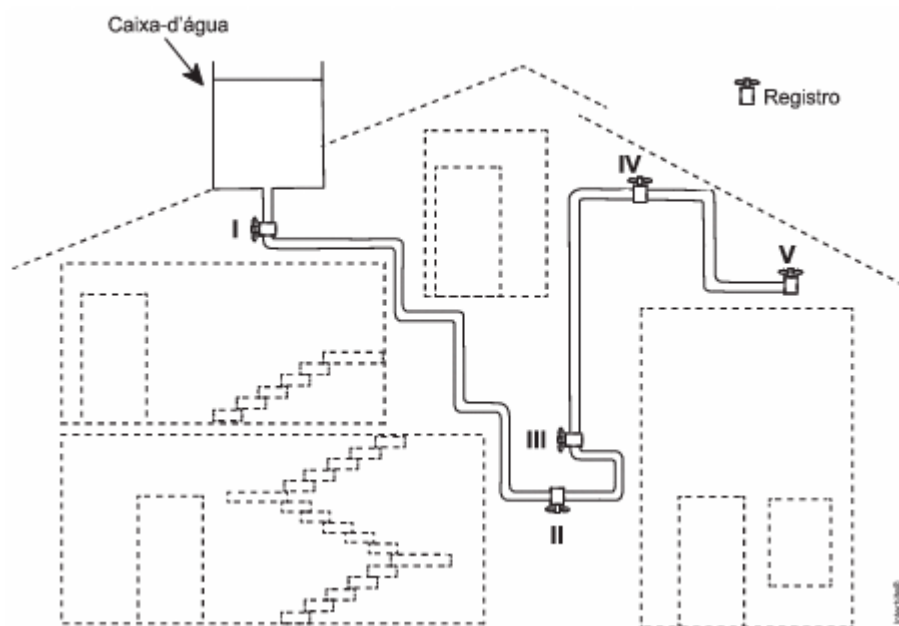
- Sente-se em uma cadeira que tenha encosto;
- Coloque seu braço sobre uma mesa de modo que a braçadeira esteja no mesmo nível que seu coração;
- Coloque os dois pés no chão.



Procure pela alternativa que apresenta o princípio físico relacionado diretamente com a posição correta da braçadeira.

- a) Se um corpo está em equilíbrio sob a ação exclusiva de três forças não paralelas, então elas deverão ser concorrentes.
- b) Pontos de um mesmo líquido em equilíbrio situados em um mesmo plano horizontal recebem pressões iguais.
- c) As alturas alcançadas por dois líquidos imiscíveis em um par de vasos comunicantes são inversamente proporcionais às suas massas específicas.
- d) Um líquido confinado transmite integralmente, a todos os seus pontos, os acréscimos de pressão que recebe.
- e) Todo corpo mergulhado em um fluido recebe uma força vertical, de baixo para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.

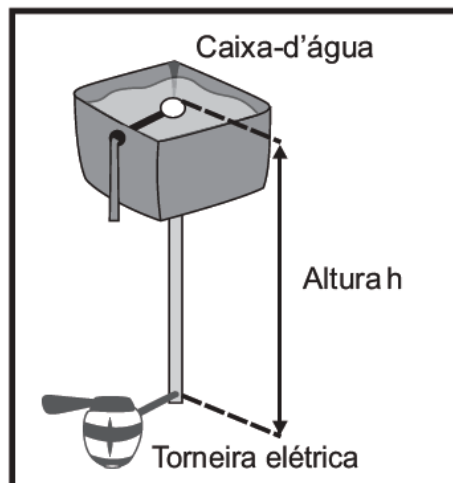
3. (Enem PPL 2018) A figura apresenta o esquema do encanamento de uma casa onde se detectou a presença de vazamento de água em um dos registros. Ao estudar o problema, o morador concluiu que o vazamento estava ocorrendo no registro submetido à maior pressão hidrostática.



Em qual registro ocorria o vazamento?

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

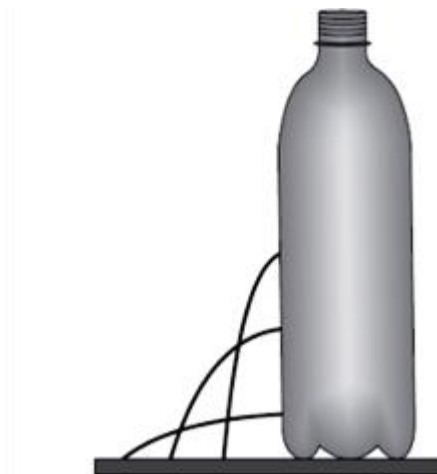
4. (Enem PPL 2015) No manual de uma torneira elétrica são fornecidas instruções básicas de instalação para que o produto funcione corretamente:
- Se a torneira for conectada à caixa-d'água domiciliar, a pressão da água na entrada da torneira deve ser no mínimo 18 kPa e no máximo 38 kPa.
 - Para pressões da água entre 38 kPa e 75 kPa ou água proveniente diretamente da rede pública, é necessário utilizar o redutor de pressão que acompanha o produto.
 - Essa torneira elétrica pode ser instalada em um prédio ou em uma casa, A densidade da água é 10^3 kg/m^3 e a aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 .



Para que a torneira funcione corretamente, sem o uso do redutor de pressão, quais deverão ser a mínima e a máxima altura entre a torneira e a caixa-d'água?

- a) 1,8 m e 3,8 m
 - b) 1,8 m e 7,5 m
 - c) 3,8 m e 7,5 m
 - d) 18 m e 38 m
 - e) 18 m e 75 m
5. (Enem PPL 2016) Um navio petroleiro é capaz de transportar milhares de toneladas de carga. Neste caso, uma grande quantidade de massa consegue flutuar.
- Nesta situação, o empuxo é
- a) maior que a força peso do petroleiro.
 - b) igual à força peso do petroleiro.
 - c) maior que a força peso da água deslocada.
 - d) igual à força peso do volume submerso do navio.
 - e) igual à massa da água deslocada.

6. (Enem 2013) Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.



Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?

- a) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
- b) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- c) Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- d) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.
- e) Impede a saída de água, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.

7. Quando algum objeto cai dentro da água contida no vaso sanitário, imediatamente, o sifão se encarrega de reestabelecer o nível da água, permitindo que parte dela transborde para o esgoto.



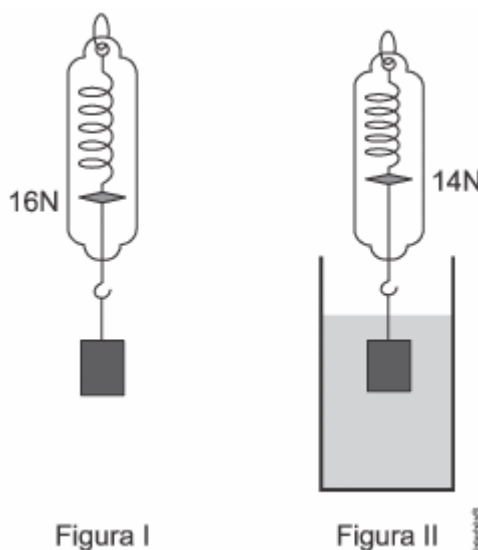
Considerando uma situação de equilíbrio entre a água do vaso sanitário e um objeto sólido que nela foi depositado suavemente, analise:

- I. Flutuando parcialmente ou permanecendo completamente mergulhado, qualquer sólido dentro da água do vaso sanitário está sujeito a uma força resultante vertical voltada para cima.
- II. Independentemente do corpo flutuar ou não, a força de empuxo tem intensidade igual à do peso do líquido derramado para o esgoto.
- III. Um objeto que afunde completamente tem seu peso maior que o empuxo que recebe e densidade maior que a densidade da água.
- IV. Quando um objeto afunda totalmente na água, pode-se concluir que o peso do líquido que escorre pelo sifão é igual ao peso do objeto.

Está correto o contido em

- a) I e II, apenas.
 - b) I e IV, apenas.
 - c) II e III, apenas.
 - d) III e IV, apenas.
 - e) I, II, III e IV.
8. (Enem 2018) Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-lo.
- Essa dificuldade ocorre porque o(a)
- a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
 - b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
 - c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
 - d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
 - e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

9. (Enem 2013) Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldade de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimentará a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de 10 m/s^2 , deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg. Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?
- a) 20 N
b) 100 N
c) 200 N
d) 1000 N
e) 5000 N
10. (Ufrgs 2018) A figura I representa um corpo metálico maciço, suspenso no ar por um dinamômetro, que registra o valor 16 N. A figura II representa o mesmo corpo totalmente submerso na água, e o dinamômetro registra 14 N.



Desprezando o empuxo do ar e considerando a densidade da água $\rho_a = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, o volume e a densidade do corpo são, respectivamente,

- a) $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ e $10,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
b) $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ e $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
c) $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ e $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
d) $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ e $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
e) $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ e $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Gabarito

1. A

A pressão média (p_m) é a razão entre o módulo da força normal aplicada sobre uma superfície e a área (A) dessa superfície:

$$p_m = \frac{|F_{\text{normal}}|}{A}$$

De acordo com essa expressão, para prevenir a compactação, deve-se diminuir a pressão sobre o solo: ou se trabalha com tratores de menor peso, ou aumenta-se a área de contato dos pneus com o solo, usando pneus mais largos.

2. B

A braçadeira deve estar no mesmo nível que o coração para efetuar a medida da pressão sanguínea realizada pelo órgão nas suas artérias, pois para a mesma altura em um mesmo líquido as pressões são iguais.

3. B

A pressão hidrostática de uma coluna de líquido depende da densidade, da gravidade e da altura da coluna: $P_{\text{hid}} = dgh$. Portanto o registro submetido à maior pressão hidrostática é o II.

4. A

Do teorema de Stevin:

$$p = dgh \Rightarrow h = \frac{p}{dg} \begin{cases} h_{\text{mín}} = \frac{18 \times 10^3}{10^3 \times 10} \Rightarrow h_{\text{mín}} = 1,8\text{m.} \\ h_{\text{máx}} = \frac{38 \times 10^3}{10^3 \times 10} \Rightarrow h_{\text{máx}} = 3,8\text{m.} \end{cases}$$

5. B

Para o navio flutuar, é necessário que as forças peso e empuxo se equiparem (resultante vertical nula).

6. A

Com a garrafa tampada a pressão atmosférica (externa) é maior do que a pressão interna em cada furo, que é a pressão da coluna líquida. Deste modo, com a garrafa tampada, a água não vaza por nenhum dos orifícios.

Com a garrafa destampada a pressão atmosférica é menor do que a pressão interna em cada furo, que é a soma da pressão atmosférica com a pressão da coluna líquida, de acordo com a lei de Stevin. Deste modo, com a garrafa destampada, a água vaza pelos orifícios, devido à pressão da coluna de água.

7. C

- I. Falso – o empuxo seria essa força voltada para cima, mas o peso do corpo, voltado para baixo pode ser maior ou igual ao empuxo.
- II. Verdadeira – Todo corpo mergulhado num fluido em repouso sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

III. Verdadeiro - Para afundar o objeto precisa ter peso maior que o empuxo e densidade maior que a água ou solvente.

IV. Verdadeiro - O volume deslocado é o volume do objeto.

8. E

O canudo do lado de fora do líquido impediria a formação da diferença de pressão necessária para a sucção do suco, ficando a pressão no interior da boca praticamente igual à da atmosfera durante o processo.

9. C

O módulo do peso (**P**) do conjunto a ser elevado é:

$$P = (m_{\text{pessoa}} + m_{\text{cad}} + m_{\text{plat}})g \Rightarrow P = (65 + 15 + 20)10 = 1.000 \text{ N.}$$

Como a velocidade é constante, aplicando a expressão do Princípio de Pascal:

$$\frac{F_{\text{motor}}}{A_{\text{tub}}} = \frac{P}{A_{\text{pistão}}} \Rightarrow \frac{F_{\text{motor}}}{A_{\text{tub}}} = \frac{1.000}{5 \cdot A_{\text{tub}}} \Rightarrow$$

$$F_{\text{motor}} = 200 \text{ N.}$$

10. B

A diferença entre os valores registrados no dinamômetro representa o Empuxo. Pelo Princípio de Arquimedes podemos determinar o volume do corpo, que neste caso também representa o volume de líquido deslocado, pois o corpo está totalmente imerso no líquido.

$$E = \rho_l \cdot V_l \cdot g \Rightarrow V_l = V_c = \frac{E}{\rho_l \cdot g} \Rightarrow V_c = \frac{2}{1 \cdot 10^3 \cdot 10} \therefore V_c = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

A densidade do corpo é dada pela razão entre sua massa e seu volume:

$$d_c = \frac{m_c}{V_c}$$

E sua massa é determinada pelo seu peso mostrado na figura I.

$$P = m_c \cdot g \Rightarrow m_c = \frac{P}{g} \Rightarrow m_c = \frac{16}{10} \therefore m_c = 1,6 \text{ kg}$$

Assim, sua densidade será:

$$d_c = \frac{m_c}{V_c} = \frac{1,6 \text{ kg}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} \therefore d_c = 8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$