

Hidrostatica: Teorema de Arquimedes

Resumo

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.

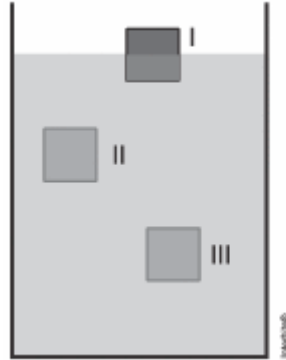
$$P_{aparente} = P_{real} - E$$

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.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

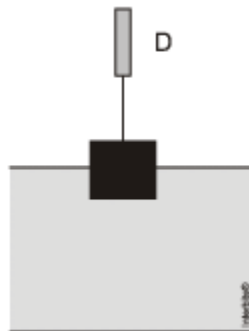
Exercícios

1. Ana lança três caixas – I, II e III –, de mesma massa, dentro de um poço com água. Elas ficam em equilíbrio nas posições indicadas nesta figura.



Sejam $E(I)$, $E(II)$ e $E(III)$ os módulos dos empuxos sobre, respectivamente, as caixas I, II e III. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que

- a) $E(I) > E(II) > E(III)$
 - b) $E(I) < E(II) = E(III)$
 - c) $E(I) = E(II) = E(III)$
 - d) $E(I) > E(II) = E(III)$
2. Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.

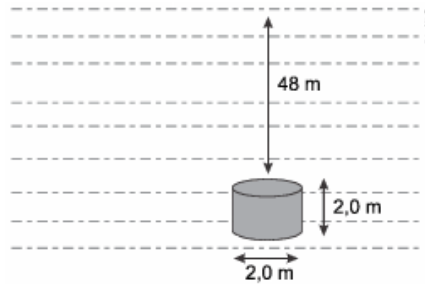


Considerando que a aceleração da gravidade local é de 10 m/s^2 , a densidade da água do lago, em g/cm^3 , é

- a) 0,6
- b) 1,2
- c) 1,5
- d) 2,4
- e) 4,8

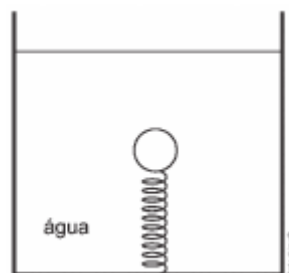
3. Para determinados tipos de pesquisa ou trabalho, cápsulas tripuladas são enviadas para as profundezas dos oceanos, mares ou lagos. Considere uma dessas cápsulas de forma cilíndrica, de 2,0 m de altura por 2,0 m de diâmetro, com sua base superior a 48 m de profundidade em água de densidade $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, em equilíbrio como ilustra a figura.

Dados: a pressão atmosférica no local é de $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, e a aceleração da gravidade é de 10 m/s^2 . Adote $\pi = 3$.



O peso dessa cápsula fora d'água em N, e a pressão total sobre sua base inferior, em Pa, valem, respectivamente,

- a) $1,5 \cdot 10^3$ e $5,0 \cdot 10^6$.
 - b) $1,5 \cdot 10^3$ e $6,0 \cdot 10^5$.
 - c) $1,5 \cdot 10^4$ e $5,0 \cdot 10^6$.
 - d) $6,0 \cdot 10^4$ e $6,0 \cdot 10^6$.
 - e) $6,0 \cdot 10^4$ e $6,0 \cdot 10^5$.
4. Uma esfera homogênea e de material pouco denso, com volume de $5,0 \text{ cm}^3$, está em repouso, completamente imersa em água. Uma mola, disposta verticalmente, tem uma de suas extremidades presa ao fundo do recipiente e a outra à parte inferior da esfera, conforme figura abaixo. Por ação da esfera, a mola foi deformada em 0,1 cm, em relação ao seu comprimento quando não submetida a nenhuma força deformadora. Considere a densidade da água como $1,0 \text{ g/cm}^3$, a aceleração gravitacional como 10 m/s^2 e a densidade do material do qual a esfera é constituída como $0,1 \text{ g/cm}^3$.

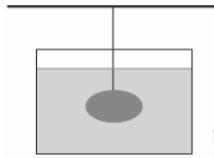


Com base nas informações apresentadas, assinale a alternativa que apresenta a constante elástica dessa mola.

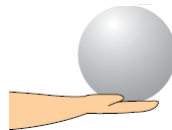
- a) 0,45 N/cm
- b) 4,5 N/cm
- c) 45 N/cm
- d) 450 N/cm
- e) 4500 N/cm

5. Uma pedra cujo peso vale 500 N é mergulhada e mantida submersa dentro d'água em equilíbrio por meio de um fio inextensível e de massa desprezível. Este fio está preso a uma barra fixa como mostra a figura. Sabe-se que a tensão no fio vale 300 N. Marque a opção que indica corretamente a densidade da pedra em kg/m^3 .

Dados: densidade da água = 1 g/cm^3 e $g=10 \text{ m/s}^2$



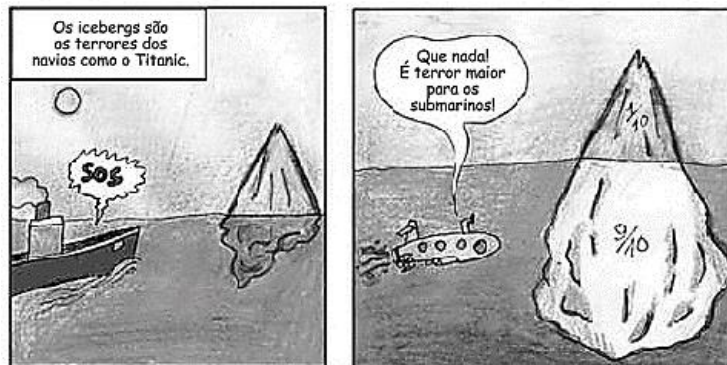
- a) 200
b) 800
c) 2000
d) 2500
e) 2800
6. Uma pessoa em pé dentro de uma piscina se sente “mais leve” devido à redução de seu peso aparente dentro da água. Uma modalidade esportiva que se beneficia deste efeito é a hidroginástica. A força normal que o piso da piscina exerce sobre os pés de uma pessoa é reduzida produzindo baixo impacto durante o exercício. Considere uma pessoa em pé dentro de uma piscina rasa com 24% do volume do seu corpo sob a água. Se a densidade relativa da pessoa for 0,96, qual a redução percentual da força normal que o piso horizontal exerce sobre a pessoa dentro da água em relação ao piso fora da água?
- a) -20%
b) -15%
c) -25%
d) -30%
e) -35%
7. Uma pessoa totalmente imersa em uma piscina sustenta, com uma das mãos, uma esfera maciça de diâmetro igual a 10 cm, também totalmente imersa. A massa específica do material da esfera é igual a $5,0 \text{ g/cm}^3$ e a da água da piscina é igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$.



A razão entre a força que a pessoa aplica na esfera para sustentá-la e o peso da esfera é igual a:

- a) 0,2
b) 0,4
c) 0,8
d) 0,16

8. A tirinha abaixo mostra um iceberg que tem seu volume parcialmente imerso ($9/10$ de seu volume total) na água do mar. Considerando que a densidade da água do mar é $1,0 \text{ g/cm}^3$, assinale a alternativa que indica a densidade do gelo, em g/cm^3 , que compõe o iceberg.



(Disponível em: http://www.cbpf.br/~edu/hq/html/aprenda_mais/jurema/ficha_empuxo.htm. Acesso em 10 set. 2016)

- a) 0,5
b) 1,3
c) 0,9
d) 0,1
e) 1
9. Um estudante de física realiza um experimento para determinar a densidade de um líquido. Ele suspende um cubo de aresta igual a $10,0 \text{ cm}$ em um dinamômetro. Faz uma leitura do aparelho e registra $50,0 \text{ N}$. Em seguida, ele mergulha metade do cubo no líquido escolhido, realiza uma nova leitura do dinamômetro e registra $40,0 \text{ N}$. Usando as medidas obtidas pelo estudante no experimento e considerando o módulo da aceleração da gravidade local igual a $10,0 \text{ m/s}^2$, o valor da densidade do líquido, em g/cm^3 , encontrado pelo estudante, é igual a:
- a) 3,6
b) 1,0
c) 1,6
d) 2,0
e) 0,8
10. Uma barca para transportar automóveis entre as margens de um rio, quando vazia, tem volume igual a 100 m^3 e massa igual a $4,0 \cdot 10^4 \text{ kg}$. Considere que todos os automóveis transportados tenham a mesma massa de $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ e que a densidade da água seja de 1000 kg/m^3 . O número máximo de automóveis que podem ser simultaneamente transportados pela barca corresponde a:
- a) 10
b) 40
c) 80
d) 120

Gabarito

1. C

Se as três caixas têm a mesma massa, elas têm, também, o mesmo peso. Como elas estão em equilíbrio, sujeitas a apenas duas forças, peso e empuxo, pelo princípio da inércia essas duas forças têm a mesma intensidade ($E = P$) em cada caixa. Portanto,

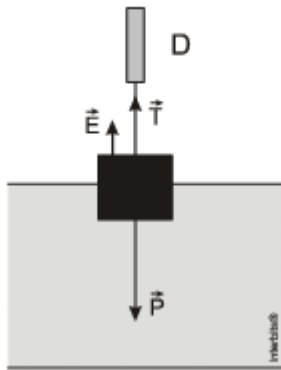
$$E(I) = E(II) = E(III)$$

2. B

Dados: $3 \text{ kg} = 3000 \text{ g}$; $P = 30 \text{ N}$; $V_I = V/2$; $a = 10 \text{ cm}$; $T = 24 \text{ N}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

Calculando o volume do cubo: $V = a^3 = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

A figura mostra as forças que agem no cubo, quando mergulhado na água do lago.



Do equilíbrio, temos:

$$T + E = P \rightarrow E = P - T = 30 - 24 = 6 \text{ N}$$

Da expressão do empuxo:

$$E = \rho_{\text{água}} \cdot V_{\text{imerso}} \cdot g \rightarrow 6 = \rho_{\text{água}} \cdot \frac{10^{-3}}{2} \cdot 10 \rightarrow \rho_{\text{água}} = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

3. E

Para a cápsula submersa e em equilíbrio, sabemos que os módulos do peso e do empuxo são iguais entre si.

$$P = E \rightarrow P = \mu V g = \mu \left(\frac{\pi D^2 h}{4} \right) g$$

$$P = 1000 \cdot \left(\frac{3 \cdot (2)^2 \cdot 2}{4} \right) \cdot 10 = 6 \cdot 10^4 \text{ N}$$

A pressão total sobre a cápsula é dada pela lei de Stevin, considerando a base da cápsula que está a 50 m de profundidade:

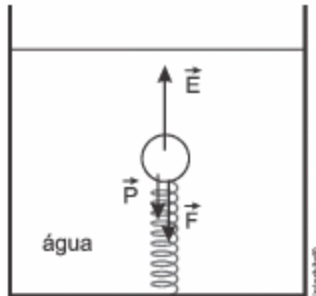
$$p_{\text{total}} = p_{\text{atm}} + p_{\text{hidrostática}} \rightarrow p_{\text{total}} = p_{\text{atm}} + \mu g h \rightarrow p_{\text{total}} = 1 \cdot 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 50 = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

4. A

Dados:

$$V = 5\text{cm}^3 = 5 \cdot 10^{-6}\text{m}^3; x = 0,1\text{cm} = 10^{-3}\text{m}; d_a = \frac{1\text{g}}{\text{cm}^3}; d_c = \frac{0,1\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{10^{-2}\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A figura mostra as forças agindo na esfera: peso P , empuxo E e força elástica F .



Como a esfera é homogênea, sua densidade é igual a do material que a constitui. Assim, ela é menos densa que a água, portanto sua tendência é flutuar, provocando na mola uma distensão. Por isso a força elástica na esfera é para baixo. Do equilíbrio, temos que:

$$F + P = E \rightarrow F = E - P \rightarrow kx = (d_a - d_c)Vg$$

$$k = \frac{(d_a - d_c)Vg}{x} = \frac{(10^3 - 10^2) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{10^{-3}} = 45 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 0,45 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

5. D

O equilíbrio de forças nos fornece o empuxo:

$$E = P - T \rightarrow E = 500 - 300 = 200 \text{ N}$$

Com o empuxo, podemos descobrir o volume da pedra:

$$E = \mu_{\text{liq}} \cdot V \cdot g \rightarrow V = \frac{E}{\mu_{\text{liq}} \cdot g} = \frac{200}{1000 \cdot 10} = 0,02 \text{ m}^3$$

Logo, a massa específica da pedra será:

$$\mu = \frac{m}{V} = \frac{50}{0,02} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

6. C

Para a pessoa fora da piscina, sua força normal, em módulo, será:

$$N = mg$$

Para a pessoa na piscina, com 24 % de seu volume submerso, temos a presença do empuxo:

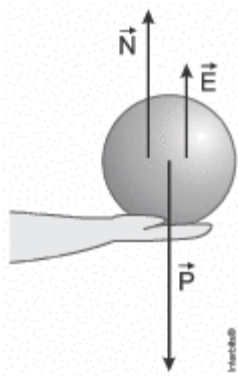
$$E = d_{\text{liq}} \cdot V_{\text{corpo}} \cdot g$$

Mas considerando que somente parte do volume está submerso e que o volume é a razão entre a massa e a densidade do corpo,

$$E = d_{\text{liq}} \cdot 0,24 \cdot \frac{m}{d_{\text{corpo}}} \cdot g \rightarrow E = 1 \cdot \frac{0,24m}{0,96} \cdot g \rightarrow E = 0,25mg$$

Portanto, com o empuxo, há uma redução de 25% da força normal em relação ao corpo fora da piscina.

7. D



Como a esfera está em equilíbrio:

$$N + E = P \rightarrow N = P - E \rightarrow N = d_e \cdot V \cdot g - d_a \cdot V \cdot g = (d_e - d_a) V g$$

$$\frac{N}{P} = \frac{(d_e - d_a) V g}{d_e V g} = \frac{d_e - d_a}{d_e} = \frac{5 - 1}{5} = 0,8$$

8. C

O iceberg está em repouso sobre a ação exclusiva de duas forças de sentidos opostos: o peso e o empuxo. Então essas duas forças têm a mesma intensidade, ou seja,

$$P = E \rightarrow mg = d_{\text{água}} \cdot V_{\text{imerso}} \cdot g \rightarrow d_{\text{gelo}} \cdot V = d_{\text{água}} \cdot \left(\frac{9}{10}\right) \cdot V \rightarrow d_{\text{gelo}} = 1 \cdot \frac{9}{10} \rightarrow d_{\text{gelo}} = 0,9 \frac{g}{cm^3}$$

9. D

O empuxo é a diferença entre o peso e o peso aparente quando o corpo está totalmente ou parcialmente mergulhado, ou seja, de acordo com Arquimedes, é o peso do fluido deslocado pelo corpo.

$$E = P - P_{ap} = \mu V g \rightarrow \mu = \frac{P - P_{ap}}{V g} \rightarrow \mu = \frac{50 - 40}{\frac{1}{2} (10 \cdot \frac{1}{100})^3 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 10^3 kg}{m^3} = \frac{2g}{cm^3}$$

10. B

O empuxo máximo (barca na iminência de afundar) deve equilibrar o peso da barca mais o peso dos N automóveis.

$$N P_{\text{automóveis}} + P_{\text{barca}} = E \rightarrow N m g + M g = d_{\text{água}} \cdot V g$$

$$N = \frac{d_{\text{água}} \cdot V - M}{m} = \frac{10^3 \cdot 100 - 4 \cdot 10^4}{1,5 \cdot 10^3} = 40$$