Tópico 2

1 Em pressão e temperatura constantes, a massa específica de uma substância pura:

a) é diretamente proporcional à massa considerada;
b) é inversamente proporcional ao volume considerado;
c) é constante somente para pequenas porções da substância;
d) é calculada por meio do quociente da massa considerada pelo respectivo volume;
e) pode ser medida em kgf/m^3.

Resposta: d

2 Num local em que a aceleração da gravidade tem intensidade $10\ m/s^2$, 1,0 kg de água ocupa um volume de 1,0 L. Determine:

a) a massa específica da água, em g/cm^3;
b) o peso específico da água, em N/m^3.

Resolução:

a) $\mu = \dfrac{m}{V} \Rightarrow \mu = \dfrac{1{,}0\ kg}{1{,}0\ L}$

$$\boxed{\mu = 1{,}0\ \frac{kg}{L} = 1{,}0\ g/cm^3}$$

b) $\rho = \dfrac{P}{V} = \dfrac{m\,g}{V}$

$\rho = \dfrac{1{,}0 \cdot 10}{10^{-3}} = \dfrac{N}{m^3}$

Donde: $\boxed{\rho = 1{,}0 \cdot 10^4\ N/m^3}$

Respostas: a) $1{,}0\ g/cm^3$; b) $1{,}0 \cdot 10^4\ N/m^3$

3 Nas mesmas condições de pressão e temperatura, as massas específicas da água e da glicerina valem, respectivamente, $1{,}00\ g/cm^3$ e $1{,}26\ g/cm^3$. Nesse caso, qual a densidade da glicerina em relação à água?

Resolução:

$d_{G,A} = \dfrac{\mu_G}{\mu_A}$

$d_{G,A} = \dfrac{1{,}26}{1{,}00}$

Donde: $\boxed{d_{G,A} = 1{,}26}$

Resposta: 1,26

4 E.R. Um paralelepípedo de dimensões lineares respectivamente iguais a **a**, **b** e **c** (a > c) é apoiado sobre uma superfície horizontal, conforme representam as figuras 1 e 2.

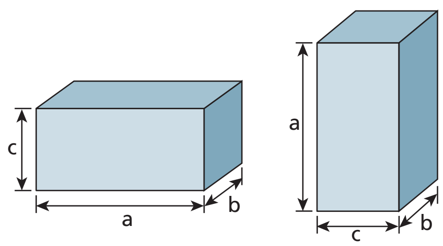


Figura 1 Figura 2

Sendo **M** a massa do paralelepípedo e **g** a intensidade da aceleração da gravidade, determine a pressão exercida por esse corpo sobre a superfície de apoio:

a) no caso da figura 1;
b) no caso da figura 2.

Resolução:

Em ambos os casos, a força normal de compressão exercida pelo paralelepípedo sobre a superfície horizontal de apoio tem intensidade igual à do seu peso.

$$|\vec{F}_n| = |\vec{P}| \Rightarrow |\vec{F}_n| = M\,g$$

a) $p_1 = \dfrac{|\vec{F}_n|}{A_1} \Rightarrow \boxed{p_1 = \dfrac{M\,g}{a\,b}}$

b) $p_2 = \dfrac{|\vec{F}_n|}{A_2} \Rightarrow \boxed{p_2 = \dfrac{M\,g}{b\,c}}$

Nota:

• Como a b > b c, temos $p_1 < p_2$.

5 Uma bailarina de massa 60 kg dança num palco plano e horizontal. Na situação representada na figura 1, a área de contato entre os seus pés e o solo vale $3{,}0 \cdot 10^2\ cm^2$, enquanto na situação representada na figura 2 essa mesma área vale apenas $15\ cm^2$.

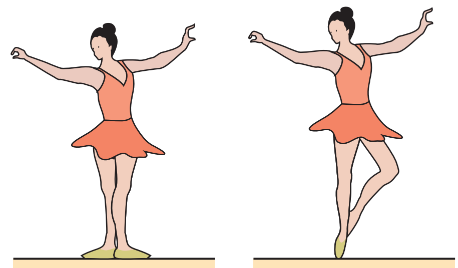


Figura 1 Figura 2

Adotando $g = 10\ m/s^2$, calcule a pressão exercida pelo corpo da bailarina sobre o solo:

a) na situação da figura 1;
b) na situação da figura 2.

Resolução:

a) $p_1 = \dfrac{|\vec{F}_{n_1}|}{A_1} = \dfrac{m\,g}{A_1}$

$p_1 = \dfrac{60 \cdot 10}{3{,}0 \cdot 10^{-2}}\ (N/m^2)$

$$\boxed{p_1 = 2{,}0 \cdot 10^4\ N/m^2}$$

b) $p_2 = \dfrac{|\vec{F}_{n_2}|}{A_2} = \dfrac{m\,g}{A_2}$

$p_2 = \dfrac{60 \cdot 10}{15 \cdot 10^{-4}}\ (N/m^2)$

$$\boxed{p_2 = 4{,}0 \cdot 10^5\ N/m^2}$$

Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^4\ N/m^2$; b) $4{,}0 \cdot 10^5\ N/m^2$

6 (Fuvest-SP) Os chamados "Buracos negros", de elevada densidade, seriam regiões do Universo capazes de absorver matéria, que passaria a ter a densidade desses Buracos. Se a Terra, com massa da ordem de 10^{27} g, fosse absorvida por um "Buraco negro" de densidade igual a 10^{24} g/cm³, ocuparia um volume comparável ao:

a) de um nêutron.
b) de uma gota d'água.
c) de uma bola de futebol.
d) da Lua.
e) do Sol.

Resolução:

$$\mu_T = \mu_B \Rightarrow \frac{m_T}{V_T} = \mu_B$$

$$\frac{10^{27}}{V_T} = 10^{24} \Rightarrow V_T = 10^3\ cm^3$$

ou $\boxed{V_T = 1{,}0\ L}$ ∴ ocuparia o volume comparável ao de uma bola de futebol.

Resposta: c

7 E.R. Um volume V_A de um líquido **A** é misturado com um volume V_B de um líquido **B**. Sejam μ_A e μ_B as massas específicas dos líquidos **A** e **B**. Desprezando qualquer contração do volume no sistema e supondo que os líquidos **A** e **B** são miscíveis, determine a massa específica μ da mistura.

Resolução:

$$\mu = \frac{m_{total}}{V_{total}} \Rightarrow \mu = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \qquad \text{(I)}$$

Em que:

$$\mu_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow m_A = \mu_A V_A \qquad \text{(II)}$$

$$\mu_B = \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow m_B = \mu_B V_B \qquad \text{(III)}$$

Substituindo (II) e (III) em (I), vem:

$$\boxed{\mu = \frac{\mu_A V_A + \mu_B V_B}{V_A + V_B}}$$

Nota:
- No caso particular em que $V_A = V_B$, teremos:

$$\boxed{\mu = \frac{\mu_A + \mu_B}{2}}$$

8 (UEL-PR) As densidades de dois líquidos **A** e **B**, que não reagem quimicamente entre si, são $d_A = 0{,}80$ g/cm³ e $d_B = 1{,}2$ g/cm³, respectivamente. Fazendo-se a adição de volumes iguais dos dois líquidos, obtém-se uma mistura cuja densidade é **x**. Adicionando-se massas iguais de **A** e de **B**, a mistura obtida tem densidade **y**. Os valores de **x** e **y**, em g/cm³, são, respectivamente, mais próximos de:

a) 1,1 e 1,1.
b) 1,0 e 1,1.
c) 1,0 e 0,96.
d) 0,96 e 1,0.
e) 0,96 e 0,96.

Resolução:

$$x = \frac{d_A V + d_B V}{V + V} = \frac{d_A + d_B}{2} \text{ (média aritmética)}$$

$$x = \frac{0{,}80 + 1{,}2}{2}\left(\frac{g}{cm^3}\right) \Rightarrow \boxed{x = 1{,}0\ g/cm^3}$$

$$y = \frac{m + m}{\frac{m}{d_A} + \frac{m}{d_B}} = \frac{2d_A d_B}{d_A + d_B} \text{ (média harmônica)}$$

$$y = \frac{2 \cdot 0{,}80 \cdot 1{,}2}{0{,}80 + 1{,}2}\left(\frac{g}{cm^3}\right) \Rightarrow \boxed{y = 0{,}96\ g/cm^3}$$

Resposta: c

9 (UEL-PR) Um recipiente, quando completamente cheio de álcool (massa específica de 0,80 g/cm³), apresenta massa de 30 g e, quando completamente cheio de água (massa específica de 1,0 g/cm³), apresenta massa de 35 g. Qual a capacidade do recipiente em cm³?

Resolução:

$$30 = m_r + \mu_{álcool} V_r \Rightarrow 30 = m_r + 0{,}80V_r \qquad \text{(I)}$$

$$35 = m_r + \mu_{água} V_r \Rightarrow 35 = m_r + 1{,}0V_r \qquad \text{(II)}$$

$$\text{(II)} - \text{(I)}: 5{,}0 = 0{,}20V_r \Rightarrow \boxed{V_r = 25\ cm^3}$$

Resposta: 25 cm³

10 Um cubo, feito de material rígido e poroso, tem densidade igual a 0,40 g/cm³. Quando mergulhado em água, e após absorver todo o líquido possível, sua densidade passa a ser de 1,2 g/cm³. Sendo **M** a massa do cubo quando seco e **M'** a massa de água que ele absorve, responda: qual é a relação entre **M** e **M'**? (Considere que o volume do cubo não se altera após absorver o líquido.)

Resolução:

$$\left.\begin{aligned} \mu = \frac{M}{V} &\Rightarrow 0{,}40 = \frac{M}{V} \\ \mu' = \frac{M + M'}{V} &\Rightarrow 1{,}2 = \frac{M + M'}{V} \end{aligned}\right\} \quad \frac{0{,}40}{1{,}2} = \frac{M}{M + M'}$$

Donde: $\boxed{\frac{M}{M'} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{1}{2}$

11 Com uma faca bem afiada, um açougueiro consegue tirar bifes de uma peça de carne com relativa facilidade. Com essa mesma faca "cega" e com o mesmo esforço, entretanto, a tarefa fica mais difícil. A melhor explicação para o fato é que:

a) a faca afiada exerce sobre a carne uma pressão menor que a exercida pela faca "cega";
b) a faca afiada exerce sobre a carne uma pressão maior que a exercida pela faca "cega";
c) o coeficiente de atrito cinético entre a faca afiada e a carne é menor que o coeficiente de atrito cinético entre a faca "cega" e a carne;
d) a área de contato entre a faca afiada e a carne é maior que a área de contato entre a faca "cega" e a carne;
e) Nenhuma das anteriores explica satisfatoriamente o fato.

Resposta: b

12 Dois blocos cúbicos **A** e **B**, extraídos de uma mesma rocha maciça e homogênea, têm arestas respectivamente iguais a **x** e **3x** e estão apoiados sobre um solo plano e horizontal. Sendo p_A e p_B as pressões exercidas por **A** e **B** na superfície de apoio, determine a relação p_A/p_B.

Resolução:

Bloco A: $m_A = \mu v_A = \mu x^3$

$$p_A = \frac{m_A\,g}{A_A} = \frac{\mu x^3}{x^2}$$

$$\boxed{p_A = \mu x}$$

Bloco B: $m_A = \mu v_B = \mu (3x)^3$

$m_B = 27\,\mu x^3$

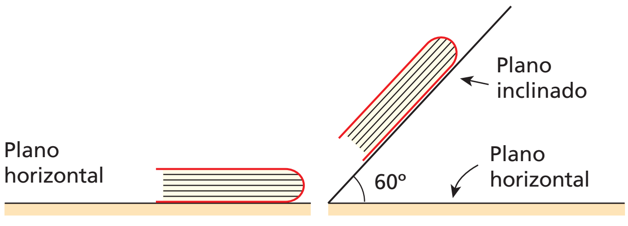
$$p_B = \frac{m_B\,g}{A_B} = \frac{27\,\mu x^3}{(3x)^2}$$

$$\text{Donde}: \boxed{p_B = 3\mu x}$$

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{\mu x}{3x\mu} \quad \boxed{\frac{p_A}{p_B} = \frac{1}{3}}$$

Resposta: $\dfrac{p_A}{p_B} = \dfrac{1}{3}$

13 Um mesmo livro é mantido em repouso apoiado nos planos representados nos esquemas seguintes:



Sendo p_1 a pressão exercida pelo livro sobre o plano de apoio na situação 1 e p_2 a pressão exercida pelo livro sobre o plano de apoio na situação 2, qual será o valor da relação p_2/p_1?

Resolução:

$$p_1 = \frac{m\,g}{A}$$

$$p_2 = \frac{m\,g\cos 60^\circ}{A} = \frac{1}{2}\,\frac{m\,g}{A}$$

$$\text{Logo}: \boxed{\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}}$$

Resposta: $\dfrac{p_2}{p_1} = \dfrac{1}{2}$

14 Seja uma caixa-d'água de massa igual a $8{,}0 \cdot 10^2$ kg apoiada em um plano horizontal. A caixa, que tem base quadrada de lado igual a 2,0 m, contém água ($\mu_a = 1{,}0$ g/cm³) até a altura de 1,0 m. Considerando $g = 10$ m/s², calcule, em N/m² e em atm, a pressão média exercida pelo sistema no plano de apoio.

Resolução:

$$p = \frac{(m_a + m_c)g}{A}$$

$$p = \frac{(\mu_a\,A\,h + m_c)g}{A}$$

$$p = \frac{(1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 4{,}0 \cdot 1{,}0 + 8{,}0 \cdot 10^2)10}{4{,}0}\ (\text{N/m}^2)$$

Donde: $\boxed{p = 1{,}2 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2}$

ou $\boxed{p \simeq 0{,}12\ \text{atm}}$

Respostas: $1{,}2 \cdot 10^4$ N/m²; 0,12 atm

15 (Unicamp-SP) Ao se usar um saca-rolhas, a força mínima que deve ser aplicada para que a rolha de uma garrafa comece a sair é igual a 360 N.

a) Sendo $\mu_e = 0{,}2$ o coeficiente de atrito estático entre a rolha e o bocal da garrafa, encontre a força normal que a rolha exerce no bocal da garrafa. Despreze o peso da rolha.

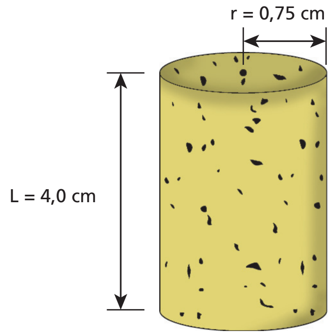
b) Calcule a pressão da rolha sobre o bocal da garrafa. Considere o raio interno do bocal da garrafa igual a 0,75 cm e o comprimento da rolha igual a 4,0 cm. Adote $\pi \simeq 3$.

Resolução:

a) $F_{mín} = F_{at_d} \Rightarrow F_{mín} = \mu_e\,F_n$

$360 = 0{,}2\,F_n \Rightarrow \boxed{F_n = 1{,}8 \cdot 10^3\ \text{N}}$

b)



Rolha

(I) $A = 2\,\pi\,r\,\ell$

$A = 2 \cdot 3 \cdot 0{,}75 \cdot 4{,}0\ (\text{m}^2)$

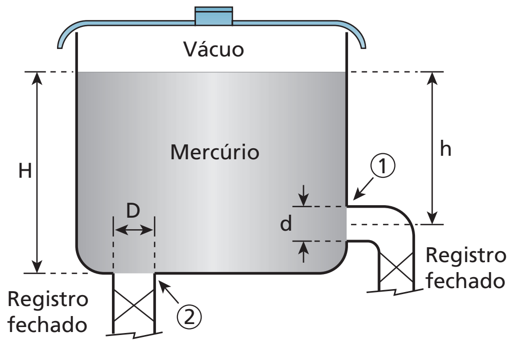
$$\boxed{A = 18\ \text{cm}^2 = 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2}$$

(II) $p = \dfrac{F_n}{A}$

$$p = \frac{1{,}8 \cdot 10^3}{1{,}8 \cdot 10^{-3}}\ (\text{N/m}^2) \Rightarrow \boxed{p = 1{,}0 \cdot 10^6\ \text{N/m}^2 \text{ ou Pa}}$$

Respostas: a) $1{,}8 \cdot 10^3$ N; b) $1{,}0 \cdot 10^6$ N/m² ou Pa

16 (Ufop-MG) Considere o reservatório hermeticamente fechado esquematizado na figura:



No equilíbrio hidrostático, determine a relação entre as pressões **p** e **P**, respectivamente, na entrada dos tubos (1) (diâmetro **d**) e (2) (diâmetro **D**):

a) $\frac{p}{P} = \frac{d}{D}$ c) $\frac{p}{P} = \frac{h}{H}$ e) $\frac{p}{P} = \frac{d\,h}{D\,H}$

b) $\frac{p}{P} = \frac{D}{d}$ d) $\frac{p}{P} = \frac{H}{h}$

Resolução:

Entrada do tubo (1):

$p = \mu\, g\, h$

Entrada do tubo (2):

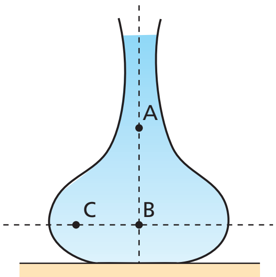
$P = \mu\, g\, h$

Logo: $\frac{p}{P} = \frac{\mu\, g\, h}{\mu\, g\, h}$

Donde: $\boxed{\frac{p}{P} = \frac{h}{H}}$

Resposta: c

17 (Unesp-SP) Um vaso de flores, cuja forma está representada na figura, está cheio de água. Três posições, **A**, **B** e **C**, estão indicadas na figura.



A relação entre as pressões p_A, p_B e p_C, exercidas pela água respectivamente nos pontos **A**, **B** e **C**, pode ser descrita como:

a) $p_A > p_B > p_C$. c) $p_A = p_B > p_C$. e) $p_A < p_B = p_C$.

b) $p_A > p_B = p_C$. d) $p_A = p_B < p_C$.

Resolução:

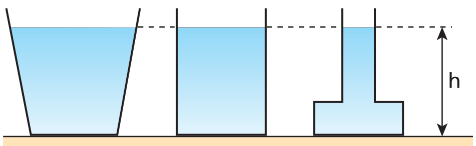
$p_A = \mu g h$; $p_B = p_C = \mu g H$

Sendo $h < H$:

$\boxed{p_A < p_B = p_C}$

Resposta: e

18 Considere os recipientes **A**, **B** e **C** da figura, cujas áreas das paredes do fundo são iguais. Os recipientes contêm o mesmo líquido homogêneo em equilíbrio, e em todos eles o nível livre do líquido atinge a altura **h**.



Sejam p_A, p_B e p_C e F_A, F_B e F_C, respectivamente, as pressões e as intensidades das forças exercidas pelo líquido nas paredes do fundo dos recipientes **A**, **B** e **C**. Compare:

a) p_A, p_B e p_C; b) F_A, F_B e F_C.

Resolução:

a) Independentemente do formato do recipiente considerado, a pressão hidrostática exercida pelo líquido em sua base é dado por:
$p = \mu\, g\, h$
Como nos três casos µ, g e h são respectivamente iguais, então:

$\boxed{p_A = p_B = p_C}$

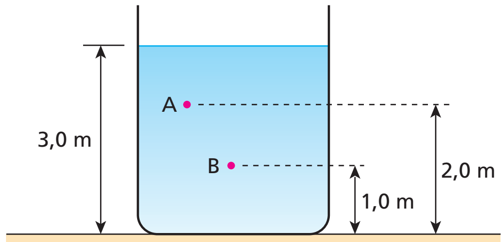
b) $p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p\,A$
Como os três recipientes têm paredes do fundo com áreas iguais, conclui-se que:

$\boxed{F_A = F_B = F_C}$

Este resultado é conhecido como **Paradoxo Hidrostático**.

Respostas: a) $p_A = p_B = p_C$; b) $F_A = F_B = F_C$

19 E.R. O tanque representado na figura seguinte contém água ($\mu = 1{,}0\ g/cm^3$) em equilíbrio sob a ação da gravidade ($g = 10\ m/s^2$):



Determine, em unidades do Sistema Internacional:

a) a diferença de pressão entre os pontos **B** e **A** indicados;

b) a intensidade da força resultante devido à água na parede do fundo do tanque, cuja área vale $2{,}0\ m^2$.

Resolução:

a) A diferença de pressão entre os pontos **B** e **A** pode ser calculada pelo **Teorema de Stevin**:

$$p_B - p_A = \mu\, g\, h$$

Fazendo $p_B - p_A = \Delta p$, vem:

$$\Delta p = \mu\, g\, h$$

Sendo $\mu = 1{,}0\ g/cm^3 = 1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3$, $g = 10\ m/s^2$ e $h = 2{,}0\ m - 1{,}0\ m = 1{,}0\ m$, calculemos Δp:

$$\Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 1{,}0\ (N/m^2)$$

$$\boxed{\Delta p = 1{,}0 \cdot 10^4\ N/m^2}$$

b) A intensidade **F** da força resultante que a água exerce na parede do fundo do tanque é dada por:

$$F = p_{fundo}\, A = \mu\, g\, H\, A$$

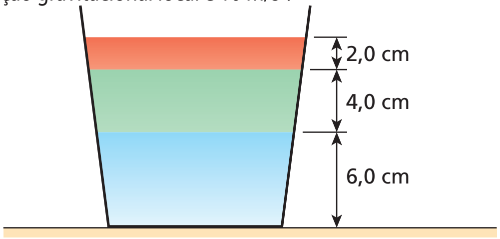
Sendo $H = 3{,}0\ m$ e $A = 2{,}0\ m^2$, vem:

$$F = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3{,}0 \cdot 2{,}0\ (N)$$

$$\boxed{F = 6{,}0 \cdot 10^4\ N}$$

20 (PUC-RJ) Em um vaso em forma de cone truncado, são colocados três líquidos imiscíveis. O menos denso ocupa um volume cuja altura vale 2,0 cm; o de densidade intermediária ocupa um volume de altura igual a 4,0 cm, e o mais denso ocupa um volume de altura igual a 6,0 cm. Supondo que as densidades dos líquidos sejam

1,5 g/cm³, 2,0 g/cm³ e 4,0 g/cm³, respectivamente, responda: qual é a força extra exercida sobre o fundo do vaso devido à presença dos líquidos? A área da superfície inferior do vaso é 20 cm² e a área da superfície livre do líquido que está na primeira camada superior vale 40 cm². A aceleração gravitacional local é 10 m/s².



Resolução:

$F = (pA)_{fundo}$

$F = (p_A + p_B + p_C)A_{fundo}$

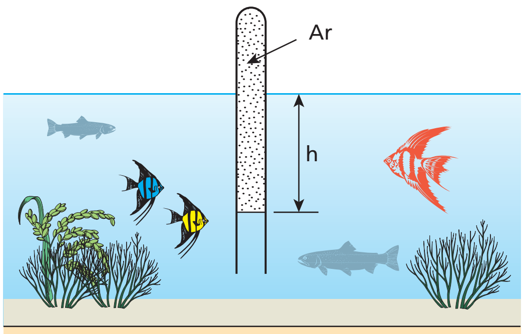
$F = (\mu_A h_A + \mu_B h_B + \mu_C h_C)g\, A_{fundo}$

$F = (1{,}5 \cdot 2{,}0 + 2{,}0 \cdot 4{,}0 + 4{,}0 \cdot 6{,}0)\ 10 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10^{-4}$ (N)

Donde: $\boxed{F = 7{,}0\ \text{N}}$

Resposta: 7,0 N

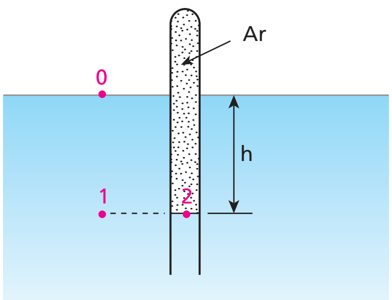
21 E.R. Um longo tubo de vidro, fechado em sua extremidade superior, é cuidadosamente mergulhado nas águas de um lago ($\mu_{água} = 1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³) com seu eixo longitudinal coincidente com a direção vertical, conforme representa a figura.



No local, a pressão atmosférica vale $p_0 = 1{,}0$ atm e adota-se $g = 10$ m/s².

Se o nível da água no interior do tubo sobe até uma profundidade h = 5,0 m, medida em relação à superfície livre do lago, qual é a pressão do ar contido no interior do tubo?

Resolução:



Aplicando o **Teorema de Stevin** aos pontos 0 e 1, temos:

$$p_1 - p_0 = \mu_{água}\, g\, h \Rightarrow p_1 = \mu_{água}\, g\, h + p_0$$

Concluímos, então, que a pressão total no ponto 1 é constituída por duas parcelas:

$\mu_{água}\, g\, h$, que é a pressão efetiva exercida pela água, e p_0, que é a pressão atmosférica.

É importante notar que a pressão atmosférica manifesta-se não apenas na superfície livre da água, mas também em todos os pontos do seu interior, como será demonstrado no item 13.

No ponto 2, temos:

$$p_2 = p_{ar}$$

Como os pontos 1 e 2 pertencem à água e estão situados no mesmo nível horizontal (mesma região isobárica), suportam pressões iguais. Assim:

$$p_2 = p_1 \Rightarrow p_{ar} = \mu_{água}\, g\, h + p_0$$

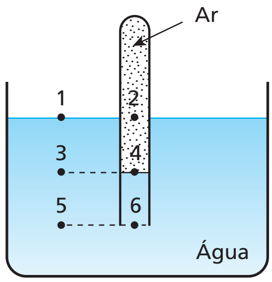
Sendo $\mu_{água} = 1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³, $g = 10$ m/s², $h = 5{,}0$ m e

$p_0 = 1{,}0$ atm $\simeq 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa, calculemos p_{ar}:

$$p_{ar} = (1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5{,}0 + 1{,}0 \cdot 10^5)\ \text{Pa}$$

$$\boxed{p_{ar} = 1{,}5 \cdot 10^5\ \text{Pa} \simeq 1{,}5\ \text{atm}}$$

22 (Unesp-SP) Emborca-se um tubo de ensaio em uma vasilha com água, conforme a figura. Com respeito à pressão nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, qual das opções abaixo é válida?



a) $p_1 = p_4$ b) $p_1 = p_6$ c) $p_5 = p_4$ d) $p_3 = p_2$ e) $p_3 = p_6$

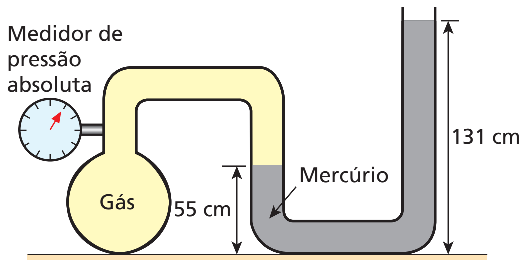
Resolução:

É correto que: $p_5 = p_6$; $p_3 = p_4$ e $p_2 = p_4$; logo:

$\boxed{p_3 = p_2}$

Resposta: d

23 A medição da pressão atmosférica reinante no interior de um laboratório de Física foi realizada utilizando-se o dispositivo representado na figura:



Sabendo que a pressão exercida pelo gás, lida no medidor, é de 136 cm Hg, determine o valor da pressão atmosférica no local.

Resolução:

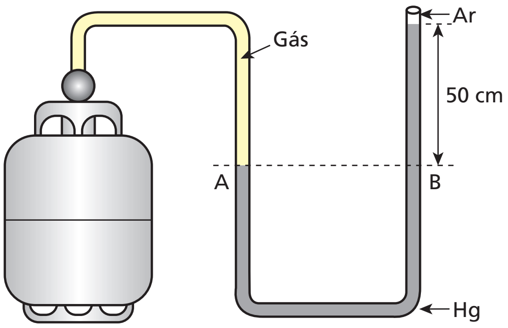
$p_0 + p_{Hg} = p_{gás}$

$p_0 + (131 - 55) = 136$

$\boxed{p_0 = 60 \text{ cmHg}}$

Resposta: 60 cmHg

24 (Faap-SP) Manômetro é um instrumento utilizado para medir pressões. A figura a seguir ilustra um tipo de manômetro, que consiste em um tubo em forma de **U**, contendo mercúrio (Hg), que está sendo utilizado para medir a pressão do gás dentro do botijão.



Se a pressão atmosférica local é igual a 72 cm Hg, qual é a pressão exercida pelo gás?

Resolução:

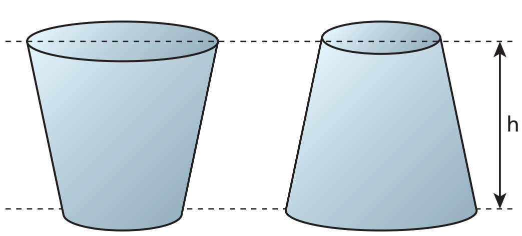
$p_A = p_B \Rightarrow p_{gás} = p_{Hg} + p_0$

$p_{gás} = 50 + 72 \text{ (cmHg)}$

$\boxed{p_{gás} = 122 \text{ cmHg}}$

Resposta: 122 cmHg

25 (UFRJ) A figura a seguir ilustra dois recipientes de formas diferentes, mas de volumes iguais, abertos e apoiados em uma mesa horizontal. Os dois recipientes têm a mesma altura **h** e estão cheios, até a borda, com água.



Calcule a razão $|\vec{f_1}|/|\vec{f_2}|$ entre os módulos das forças exercidas pela água sobre o fundo do recipiente I ($\vec{f_1}$) e sobre o fundo do recipiente II ($\vec{f_2}$), sabendo que as áreas das bases dos recipientes I e II valem, respectivamente, **A** e **4A**.

Resolução:

$p_1 = p_2 = \mu\, g\, h$

$|\vec{f_1}| = p_1 A_1 \Rightarrow |\vec{f_1}| = \mu\, g\, h\, A$

$|\vec{f_2}| = p_2 A_2 \Rightarrow |\vec{f_2}| = \mu\, g\, h\, 4A$

$$\frac{|\vec{f_1}|}{|\vec{f_2}|} = \frac{\mu\, g\, h\, A}{\mu\, g\, h\, 4A}$$

Donde: $\boxed{\dfrac{|\vec{f_1}|}{|\vec{f_2}|} = \dfrac{1}{4}}$

Resposta: $\dfrac{|\vec{f_1}|}{|\vec{f_2}|} = \dfrac{1}{4}$

26 (UFRJ) Um recipiente cilíndrico contém água em equilíbrio hidrostático (figura 1). Introduz-se na água uma esfera metálica maciça de volume igual a $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ m³, suspensa, por um fio ideal de volume desprezível, de um suporte externo. A esfera fica totalmente submersa na água sem tocar as paredes do recipiente (figura 2).

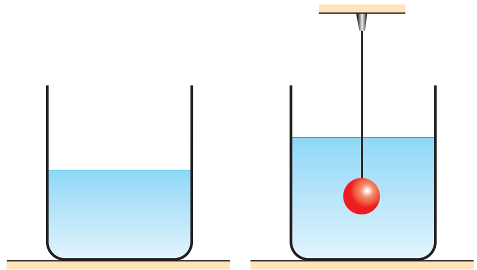


Figura 1 Figura 2

Restabelecido o equilíbrio hidrostático, verifica-se que a introdução da esfera na água provocou um acréscimo de pressão Δp no fundo do recipiente. A densidade da água é igual a $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³ e a área da base do recipiente é igual a $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ m². Considere $g = 10$ m/s².
Calcule o acréscimo de pressão Δp.

Resolução:

$\Delta V = A\, \Delta h \Rightarrow 5{,}0 \cdot 10^{-5} = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\, \Delta h$

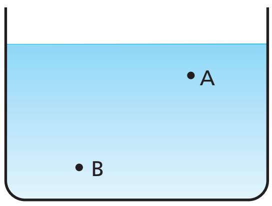
$\Delta h = 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ m

$\Delta p = \mu\, g\, \Delta h \Rightarrow \Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ (Pa)

Donde: $\boxed{\Delta p = 2{,}5 \cdot 10^2 \text{ Pa}}$

Resposta: $2{,}5 \cdot 10^2$ Pa

27 A figura representa um recipiente contendo álcool (densidade relativa = 0,8) e dois pontos **A** e **B**, cuja diferença de cotas é igual a 17 cm. Adote $g = 9{,}8$ m/s² e a densidade relativa do mercúrio igual a 13,6. Sendo a pressão no ponto **B** igual a 780 mmHg, podemos dizer que a pressão no ponto **A** é de:



a) 760 mm Hg.
b) 765 mm Hg.
c) 770 mm Hg.
d) 775 mm Hg.
e) 790 mm Hg.

Resolução:

(I) $\Delta p_{mercúrio} = \Delta p_{álcool} \Rightarrow d_{r_M}\, g\, \Delta h_M = d_{r_A}\, g\, \Delta h_A$

$13{,}6\, \Delta h_M = 0{,}8 \cdot 17 \Rightarrow \Delta h_M = 1{,}0 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$

(II) $p_B - p_A = p_{col._{Hg}} \Rightarrow 780 - p_A = 10$

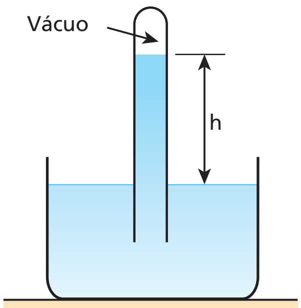
$\boxed{p_A = 770 \text{ mmHg}}$

Resposta: c

28 **E.R.** Se o experimento de Torricelli para a determinação da pressão atmosférica (p_0) fosse realizado com água ($\mu_{H_2O} = 1{,}0$ g/cm³) no lugar de mercúrio, que altura da coluna de água no tubo (em relação ao nível livre da água na cuba) faria o equilíbrio hidrostático ser estabelecido no barômetro? Desprezar a pressão exercida pelo vapor d'água e adotar, nos cálculos, $g = 10$ m/s². A pressão atmosférica local vale $p_0 = 1{,}0$ atm.

Resolução:

Na figura seguinte, está representado o barômetro de Torricelli.



Tendo em conta o equilíbrio hidrostático do sistema, podemos afirmar que a pressão exercida pela coluna de água de altura **h** em sua base (p_{H_2O}) é igual à pressão atmosférica (p_0).

$$p_{H_2O} = p_0 \;\Rightarrow\; \mu_{H_2O}\, g\, h = p_0$$

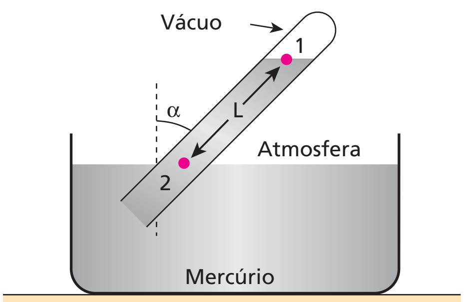
Em que:

$$h = \frac{p_0}{\mu_{H_2O}\, g}$$

Sendo $p_0 = 1{,}0$ atm $\simeq 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa, $\mu_{H_2O} = 1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³ e $g = 10$ m/s², calculemos a altura **h**:

$$h = \frac{1{,}0 \cdot 10^5}{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10} \text{ (m)} \;\Rightarrow\; \boxed{h = 10 \text{ m}}$$

29 Numa região ao nível do mar, a pressão atmosférica vale $1{,}01 \cdot 10^5$ N/m² e $g = 9{,}81$ m/s². Repete-se o experimento de Torricelli, dispondo-se o tubo do barômetro conforme representa a figura.



A distância **L** entre os pontos 1 e 2 vale 151 cm e a massa específica do mercúrio é $\mu = 13{,}6$ g/cm³. Estando o sistema em equilíbrio, calcule o valor aproximado do ângulo α que o tubo forma com a direção vertical.

Resolução:

$p_2 - p_1 = \mu\, g\, h$

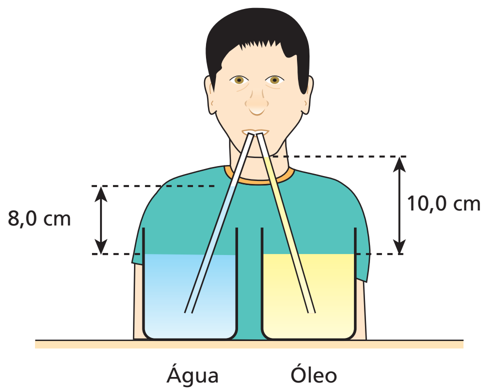
$1{,}01 \cdot 10^5 - 0 = 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot h$

$h \simeq 0{,}757 \text{ m} \simeq 75{,}7 \text{ cm}$

$$\cos \alpha = \frac{h}{L} = \frac{75{,}7 \text{ cm}}{151 \text{ cm}} \simeq 0{,}501 \Rightarrow \boxed{\alpha \simeq 60°}$$

Resposta: $\alpha \simeq 60°$

30 (Cesgranrio-RJ) Um rapaz aspira ao mesmo tempo água e óleo, por meio de dois canudos de refrigerante, como mostra a figura. Ele consegue equilibrar os líquidos nos canudos com uma altura de 8,0 cm de água e de 10,0 cm de óleo.



Qual a relação entre as massas específicas do óleo e da água?

Resolução:

Água: $p_{ar_{boca}} + \mu_A\, g\, h_A = p_{atm}$ (I)

Óleo: $p_{ar_{boca}} + \mu_O\, g\, h_O = p_{atm}$ (II)

Comparando (I) e (II):

$p_{ar_{boca}} + \mu_A\, g\, h_A = p_{ar_{boca}} + \mu_O\, g\, h_O$

$$\frac{\mu_O}{\mu_A} = \frac{h_A}{h_O} \Rightarrow \frac{\mu_O}{\mu_A} = \frac{8{,}0}{10{,}0} \Rightarrow \boxed{\frac{\mu_O}{\mu_A} = 0{,}80}$$

Resposta: $\dfrac{\mu_O}{\mu_A} = 0{,}80$

31 Considere o experimento descrito a seguir:

Figura 1: Uma garrafa de vidro de altura igual a 40 cm é conectada a uma bomba de vácuo, que suga todo o ar do seu interior. Uma rolha de borracha obtura o gargalo, impedindo a entrada de ar.

Figura 2: A garrafa é emborcada em um recipiente contendo água e a rolha é retirada.

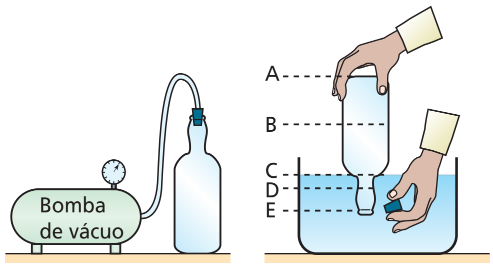


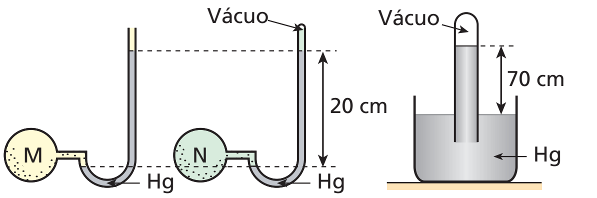
Figura 1 Figura 2

Dados: pressão atmosférica = 1,0 atm; densidade absoluta da água = 1,0 g/cm³; intensidade da aceleração da gravidade = 10 m/s²
Qual o nível da água na garrafa, depois de estabelecido o equilíbrio hidrostático?
a) A b) B c) C d) D e) E

Resolução:
A água invade a garrafa, preenchendo-a completamente, e ainda busca subir mais para produzir uma coluna de altura igual a 10 m, necessária para equilibrar a pressão atmosférica.

Resposta: a

32 Os três aparelhos abaixo estão situados no interior da mesma sala:



Fundamentado nas indicações das figuras, determine as pressões exercidas pelos gases contidos em **M** e **N**.

Resolução:
Observando-se o barlometro de Torricelli, conclui-se que:
$p_0 = 70$ cmHg
Gás M: $p_M = p_{Hg} + p_0$
$p_M = 20 + 70$ (cmHg)

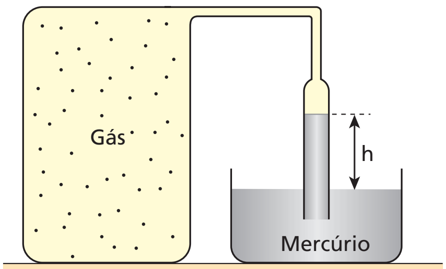
$\boxed{p_m = 90 \text{ cmHg}}$

Gás N: $p_N = p_{Hg}$

$\boxed{p_N = 20 \text{ cmHg}}$

Respostas: Gás **M**: 90 cm H; Gás **N**: 20 cm H

33 O sistema da figura encontra-se em equilíbrio sob a ação da gravidade, cuja intensidade vale 10 m/s²:



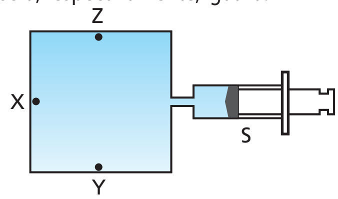
Dados: pressão atmosférica $p_0 = 1{,}0$ atm; massa específica do mercúrio $\mu = 13{,}6$ g/cm³; h = 50 cm. Considerando 1,0 atm = $1{,}0 \cdot 10^5$ N/m², calcule, em atm, a pressão do gás contido no reservatório.

Resolução:
$p_{gás} + p_{Hg} = p_0$
$p_{gás} + \mu_{Hg} g h = p_0$
$p_{gás} + 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}50 = 1{,}0 \cdot 10^5$

$\boxed{p_{gás} = 0{,}32 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0{,}32 \text{ atm}}$

Resposta: 0,32 atm

34 (UFSE) Na figura, está representado um recipiente rígido, cheio de água, conectado a uma seringa **S**. **X**, **Y** e **Z** são pontos no interior do recipiente. Se a pressão que o êmbolo da seringa exerce sobre o líquido sofrer um aumento ΔP, a variação de pressão hidrostática nos pontos **X**, **Y** e **Z** será, respectivamente, igual a:



a) ΔP, ΔP e ΔP.
b) ΔP, zero e zero.
c) $\frac{\Delta P}{3}$, $\frac{\Delta P}{3}$ e $\frac{\Delta P}{3}$.
d) zero, $\frac{\Delta P}{2}$ e $\frac{\Delta P}{2}$.
e) zero, ΔP e zero.

Resolução:
O acréscimo de pressão Δp transmite-se a todos os pontos da água (Teorema de Pascal).

Resposta: a

35 (Fuvest-SP) O organismo humano pode ser submetido, sem consequências danosas, a uma pressão de, no máximo, $4{,}0 \cdot 10^5$ N/m² e a uma taxa de variação de pressão de, no máximo, $1{,}0 \cdot 10^4$ N/m² por segundo. Nessas condições, responda:
a) qual é a máxima profundidade recomendada a um mergulhador?
b) qual é a máxima velocidade de movimentação na vertical recomendada para um mergulhador?

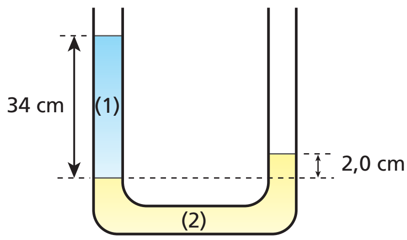
Adote os dados:
- pressão atmosférica: $1{,}0 \cdot 10^5$ N/m²;
- densidade da água: $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³;
- intensidade da aceleração da gravidade: 10 m/s².

Resolução:
a) $p_{máx} = \mu \, g \, h_{máx} + p_0$
$4{,}0 \cdot 10^5 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \, h_{máx} + 1{,}0 \cdot 10^5$
Donde: $\boxed{h_{máx} = 30 \text{ m}}$

b) $\frac{\Delta p}{\Delta t} = T \Rightarrow \frac{\mu \, g \, \Delta h}{\Delta t} = T$
$\mu \, g \, v = T \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \, v = 1{,}0 \cdot 10^4$
Donde: $\boxed{v = 1{,}0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 30 m; b) 1,0 m/s

36 (UFRJ) Um tubo em **U**, aberto em ambos os ramos, contém dois líquidos não-miscíveis em equilíbrio hidrostático. Observe, como mostra a figura, que a altura da coluna do líquido (1) é de 34 cm e que a diferença de nível entre a superfície livre do líquido (2), no ramo da direita, e a superfície de separação dos líquidos, no ramo da esquerda, é de 2,0 cm.



Considere a densidade do líquido (1) igual a 0,80 g/cm³.
Calcule a densidade do líquido (2).

Resolução:

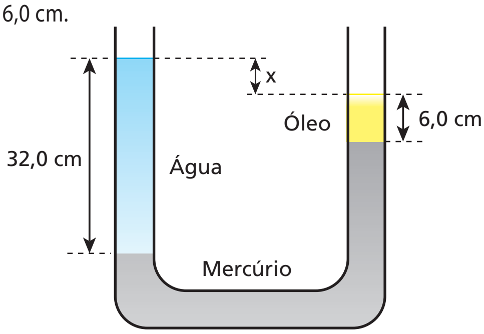
$p_{dir.} = p_{esq.}$

$\mu_2\, g\, h_2 + p_0 = \mu_1\, g\, h_1 + p_0$

$\mu_2\, 2{,}0 = 0{,}80 \cdot 34 \Rightarrow \boxed{\mu_2 = 13{,}6\ g/cm^3}$

Resposta: 13,6 g/cm³

37 Na situação esquematizada fora de escala na figura, um tubo em **U**, longo e aberto nas extremidades, contém mercúrio, de densidade 13,6 g/cm³. Em um dos ramos desse tubo, coloca-se água, de densidade 1,0 g/cm³, até ocupar uma altura de 32,0 cm. No outro ramo, coloca-se óleo, de densidade 0,80 g/cm³, que ocupa uma altura de 6,0 cm.



Qual é o desnível **x** entre as superfícies livres da água e do óleo nos dois ramos do tubo?

Resolução:

(I) $p_{dir.} = p_{esq.}$

$\mu_M\, g\, h_M + \mu_0\, g\, h_0 + p_{atm} = \mu_A\, g\, h_A + p_{atm}$

$13{,}6\ h_M + 0{,}80 \cdot 6{,}0 = 1{,}0 \cdot 32{,}0$

Donde: $\boxed{h_M = 2{,}0\ cm}$

(II) $x = h_A - (h_M + h_0)$

$x = 32{,}0 - (2{,}0 + 6{,}0)\ (cm)$

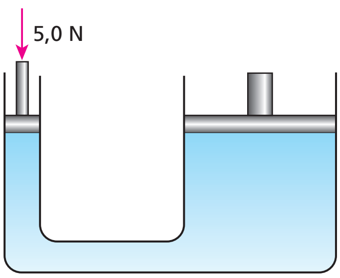
$x = 24{,}0\ cm$

Resposta: 24,0 cm

38 (UFPE) Dois tubos cilíndricos interligados, conforme a figura, estão cheios de um líquido incompressível. Cada tubo tem um pistão capaz de ser movido verticalmente e, assim, pressionar o líquido. Se uma força de intensidade 5,0 N é aplicada no pistão do tubo menor, conforme a figura, qual a intensidade da força, em newtons, transmitida ao pistão do tubo maior? Os raios internos dos cilindros são de 5,0 cm (tubo menor) e 20 cm (tubo maior).

Resolução:

Teorema de Pascal:



$\Delta p_{dir.} = \Delta p_{esq.}$

$$\left(\frac{F}{A}\right)_{dir.} = \left(\frac{F}{A}\right)_{esq.}$$

$$\frac{F_{dir.}}{\pi R^2_{dir.}} = \frac{F_{esq.}}{\pi R^2_{esq.}}$$

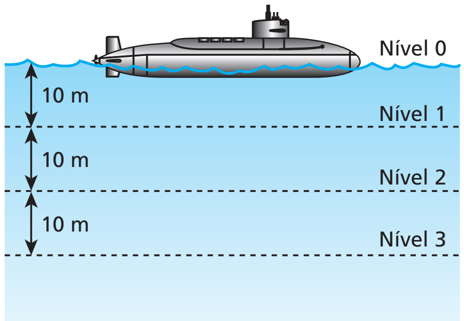
$$F_{dir.} = \left(\frac{R_{dir.}}{R_{esq.}}\right)^2 F_{esq.}$$

$$F_{dir.} = \left(\frac{20}{5{,}0}\right)^2 5{,}0\ (N)$$

$\boxed{F_{dir.} = 80\ N}$

Resposta: 80 N

39 Um submarino, inicialmente em repouso em um ponto do nível 0 (superfície da água), indicado na figura, inunda seus compartimentos de lastro e afunda verticalmente, passando pelos níveis 1, 2 e 3.
No local, a pressão atmosférica é normal (1,0 atm) e $|\vec{g}| = 10\ m/s^2$.



Sabendo que a densidade absoluta da água, suposta homogênea, é de $1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3$ e considerando $1{,}0\ atm = 1{,}0 \cdot 10^5\ Pa$:

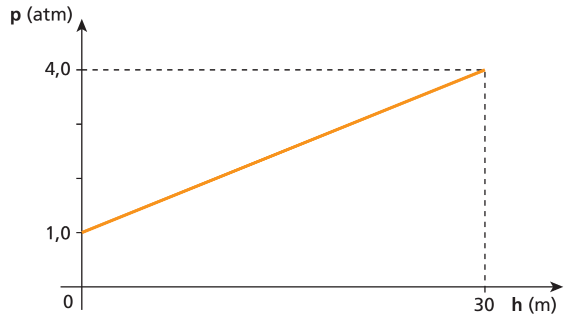
a) calcule o acréscimo de pressão registrado pelos aparelhos do submarino quando ele desce de um dos níveis referidos para o imediatamente inferior;
b) trace o gráfico da pressão total (em atm) em função da profundidade quando o submarino desce do nível 0 ao nível 3.

Resolução:

a) $\Delta p = \mu\, g\, \Delta h \Rightarrow \Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10\ (Pa)$

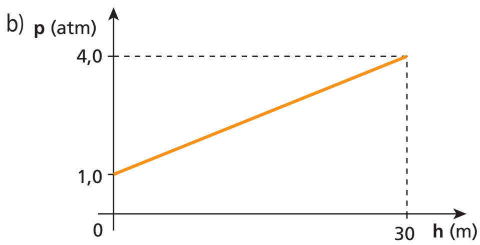
$\boxed{\Delta p = 1{,}0 \cdot 10^5\ Pa = 1{,}0\ atm}$

b)

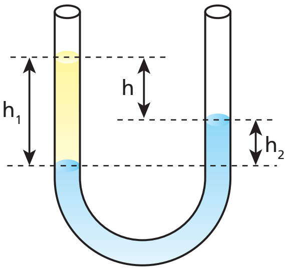


Respostas: a) 1,0 atm ou $1{,}0 \cdot 10^5$ Pa

b)



40 (Mack-SP) No tubo em **U** da figura, de extremidades abertas, encontram-se dois líquidos imiscíveis, de densidades iguais a 0,80 g/cm³ e 1,0 g/cm³. O desnível entre as superfícies livres dos líquidos é h = 2,0 cm.



As alturas h_1 e h_2 são, respectivamente:

a) 4,0 cm e 2,0 cm.
b) 8,0 cm e 4,0 cm.
c) 10 cm e 8,0 cm.
d) 12 cm e 10 cm.
e) 8,0 cm e 10 cm.

Resolução:

$p_{esq.} = p_{dir.}$

$\mu_1\, g\, h_1 + p_{atm} = \mu_2\, g\, h_2 + p_{atm} \Rightarrow 0{,}80\, h_1 = 1{,}0\, h_2$ (I)

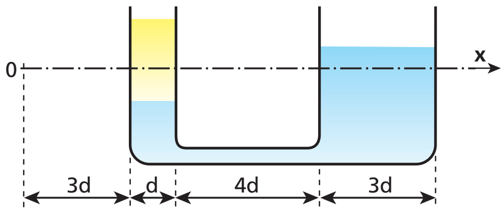
$h_1 - h_2 = 2{,}0$ (II)

(I) em (II): $h_1 - 0{,}80\, h_1 = 2{,}0 \Rightarrow \boxed{h_1 = 10 \text{ cm}}$

e $\boxed{h_2 = 8{,}0 \text{ cm}}$

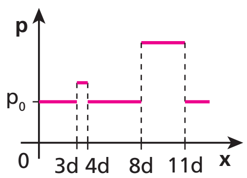
Resposta: c

41 No esquema abaixo, representa-se um tubo em **U**, aberto nas extremidades, contendo dois líquidos imiscíveis em equilíbrio fluidostático sob a ação da gravidade:

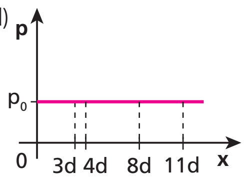


Considere o eixo 0x indicado, que atravessa o sistema. Sendo p_0 a pressão atmosférica, qual dos gráficos a seguir representa qualitativamente a variação da pressão absoluta em função da posição **x**?

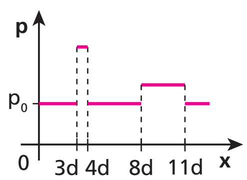
a)



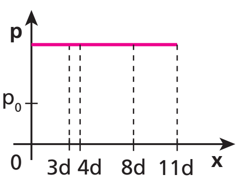
d)



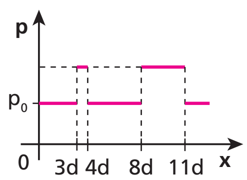
b)



e)

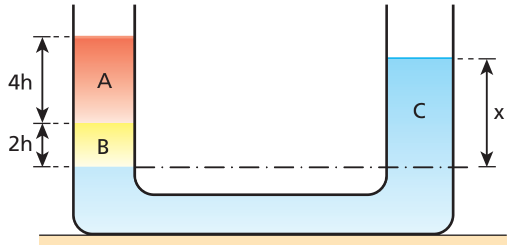


c)



Resposta: b

42 Na figura, representa-se o equilíbrio de três líquidos não-miscíveis **A**, **B** e **C**, confinados em um sistema de vasos comunicantes:



Os líquidos **A**, **B** e **C** têm densidades μ_A, μ_B e μ_C, que obedecem à relação:

$$\frac{\mu_A}{1} = \frac{\mu_B}{2} = \frac{\mu_C}{3}$$

Supondo o valor de **h** conhecido, responda: qual é o valor do comprimento **x** indicado?

Resolução:

$p_{dir.} = p_{esq.}$

$\mu_C\, g\, x + p_0 = \mu_B\, g\, 2h + \mu_A\, g\, 4h + p_0$

$\mu_C\, x = \mu_B\, 2h + \mu_A\, 4h$

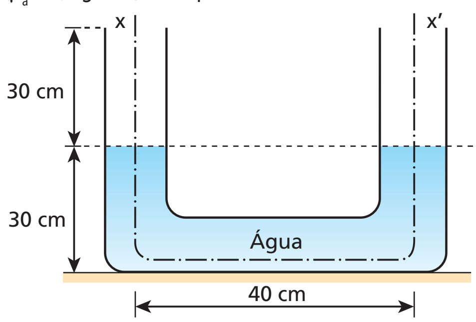
Fazendo-se: $\mu_B = 2\mu_A$ e $\mu_C = 3\mu_A$, vem:

$3\mu_A\, x = 2\mu_A\, 2h + \mu_A\, 4h$

$3x = 4h + 4h \Rightarrow \boxed{x = \frac{8}{3}h}$

Resposta: $\frac{8}{3}$ h

43 Na figura seguinte, é representado um tubo em **U**, cuja seção transversal tem área constante de 4,0 cm². O tubo contém, inicialmente, água (μ_a = 1,0 g/cm³) em equilíbrio.

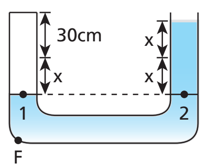


Supõe-se que a pressão atmosférica local seja de 1,00 · 10⁵ Pa e que g = 10 m/s².

a) Determine o máximo volume de óleo (μ_0 = 0,80 g/cm³) que poderá ser colocado no ramo esquerdo do tubo.
b) Trace o gráfico da pressão absoluta em função da posição ao longo da linha xx', supondo que no ramo esquerdo do tubo foi colocado o máximo volume de óleo, calculado no item **a**.

Resolução:

a)



(I) $p_1 = p_2$

$\mu_0\, g(30 + x) + p_0 = \mu_a\, g\, 2x + p_0$

$0,80\,(30 + x) = 1,0 \cdot 2x$

Donde: $\boxed{x = 20\ \text{cm}}$

(II) $V_{máx} = 4,0\,(30 + x) = 4,0\ \ (30 + 20)\ (\text{cm}^3)$

$\boxed{V_{máx} = 2,0 \cdot 10^2\ \text{cm}^3}$

b) $p_1 = \mu_0\, g\, h_0 + p_0$

$p_1 = 0,80 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,50 + 1,00 \cdot 10^5\ \ (\text{Pa})$

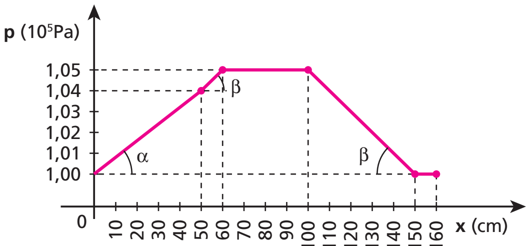
$\boxed{p_1 = 1,04 \cdot 10^5\ \ (\text{Pa})}$

$p_F = \mu_a\, g\, h_a + p_1$

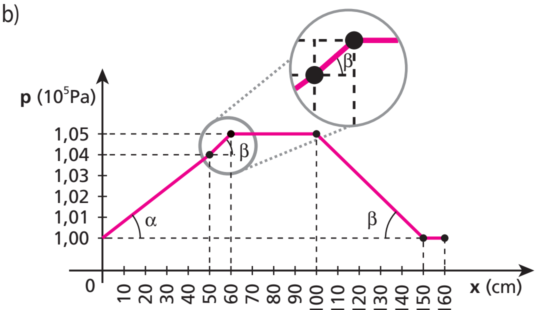
$p_F = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,10 + 1,04 \cdot 10^5\ \ (\text{Pa})$

$\boxed{p_f = 1,05 \cdot 10^5\ \ (\text{Pa})}$

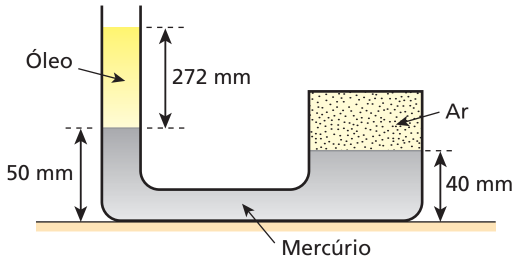
Gráfico:



Respostas: a) $2,0 \cdot 10^2$ cm³;
b)



44 Um tubo cilíndrico contendo óleo (0,80 g/cm³) e mercúrio (13,6 g/cm³) é ligado a um reservatório que contém ar e mercúrio, conforme a figura abaixo:



Sendo de 760 mm Hg a pressão atmosférica local, qual é, em mm Hg, a pressão do ar dentro do reservatório?

Resolução:

(I) Inicialmente, devemos calcular a altura da coluna de mercúrio capaz de exercer a mesma pressão que uma coluna de óleo de altura igual a 272 mm.

$p_{Hg} = p_{óleo} \Rightarrow 13,6\ \ g\ \ h_{Hg} = 0,80\ \ g\ \ 272$

$\boxed{h_{Hg} = 16\ \text{mm}}$

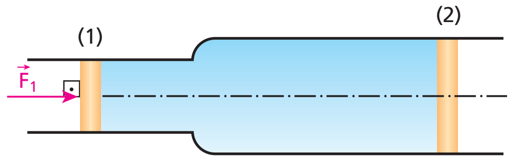
(II) $p_{ar} = p'_{Hg} + p_0$

$p_{ar} = (16 + 10) + 760\ (\text{mm Hg})$

$\boxed{p_{ar} = 786\ \text{mm Hg}}$

Resposta: 786 mm Hg

45 E.R. Na figura seguinte, está representado um recipiente constituído pela junção de dois tubos cilíndricos co-axiais e de eixos horizontais. O recipiente contém um líquido incompressível aprisionado pelos êmbolos 1 e 2, de áreas respectivamente iguais a 0,50 m² e 2,0 m².



Empurrando-se o êmbolo 1 para a direita com a força $\vec{F}_1$ de intensidade 100 kgf, obtém-se, nesse êmbolo, um deslocamento de 80 cm. Desprezando os atritos, determine:

a) a intensidade da força horizontal $\vec{F}_2$ com que o líquido empurra o êmbolo 2;

b) o deslocamento do êmbolo 2.

Resolução:

a) Seja Δp o acréscimo de pressão que os pontos do líquido, vizinhos do êmbolo 1, recebem devido à aplicação de $\vec{F}_1$. Temos:

$$\Delta p = \frac{F_1}{A_1} \qquad \text{(I)}$$

Conforme o **Teorema de Pascal**, esse acréscimo de pressão transmite-se a todos os demais pontos do líquido, manifestando-se no êmbolo 2 por uma força $\vec{F}_2$, perpendicular ao êmbolo:

$$\Delta p = \frac{F_2}{A_2} \qquad \text{(II)}$$

Comparando (I) e (II), vem: $\dfrac{F_2}{A_2} = \dfrac{F_1}{A_1} \Rightarrow F_2 = \dfrac{A_2}{A_1} F_1$

Sendo $A_2 = 2,0$ m², $A_1 = 0,50$ m² e $F_1 = 100$ kgf, calculamos F_2:

$$F_2 = \frac{2,0}{0,50} \cdot 100\ (\text{kgf}) \Rightarrow \boxed{F_2 = 400\ \text{kgf}}$$

b) Ao se deslocar, o êmbolo 1 expulsa do tubo de menor diâmetro um volume de líquido ΔV, dado por:

$$\Delta V = A_1\, L_1 \qquad \text{(III)}$$

Como o líquido é incompressível, esse volume ΔV é integralmente transferido para o tubo de maior diâmetro, provocando no êmbolo 2 um deslocamento L_2. Temos, então, que:

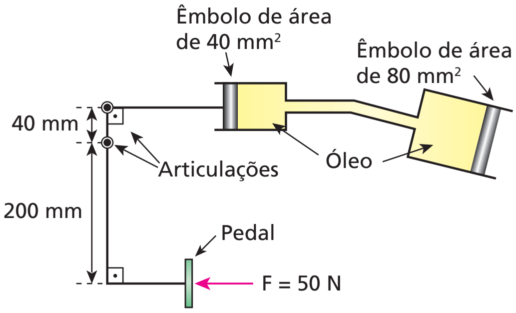
$$\Delta V = A_2\, L_2 \qquad \text{(IV)}$$

De (III) e (IV), vem: $A_2\, L_2 = A_1\, L_1 \Rightarrow L_2 = \dfrac{A_1}{A_2} L_1$

Lembrando que $L_1 = 80$ cm, vem:

$$L_2 = \frac{0,50}{2,0} \cdot 80\ (\text{cm}) \Rightarrow \boxed{L_2 = 20\ \text{cm}}$$

46 (Mack-SP) O diagrama abaixo mostra o princípio do sistema hidráulico do freio de um automóvel. Quando uma força de 50 N é exercida no pedal, a força aplicada pelo êmbolo de área igual a 80 mm² é de:



a) 100 N. b) 250 N. c) 350 N. d) 400 N. e) 500 N.

Resolução:

(I) Cálculo da intensidade da força transmitida ao êmbolo da área de 40 mm².

$F_1\, 40 = 50 \cdot 200 \Rightarrow \boxed{F_1 = 250\text{ N}}$

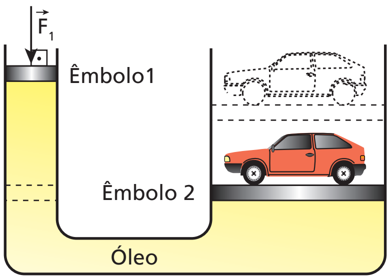
(II) Cálculo da intensidade da força transmitida ao êmbolo da área 80 mm².

$\frac{F_2}{80} = \frac{250}{40} \Rightarrow \boxed{F_2 = 500\text{ N}}$

Resposta: e

47 Por meio do dispositivo da figura, pretende-se elevar um carro de massa $1{,}0 \cdot 10^3$ kg a uma altura de 3,0 m em relação à sua posição inicial. Para isso, aplica-se sobre o êmbolo 1 a força $\vec{F}_1$ indicada e o carro sobe muito lentamente, em movimento uniforme.

As áreas dos êmbolos 1 e 2 valem, respectivamente, 1,0 m² e 10 m². No local, g = 10 m/s². Desprezando a ação da gravidade sobre os êmbolos e sobre o óleo e também os atritos e a compressibilidade do óleo, determine:



a) a intensidade de $\vec{F}_1$;
b) o trabalho da força que o dispositivo aplica no carro, bem como o trabalho de $\vec{F}_1$.

Resolução:

a) $\frac{F_1}{A_1} = \frac{m\ g}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{1{,}0} = \frac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10}{10}$

$\boxed{F_1 = 1{,}0 \cdot 10^3\text{ N}}$

b) $\tau_2 = m\,g\,h_2 \Rightarrow \tau_2 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3{,}0$ (J)

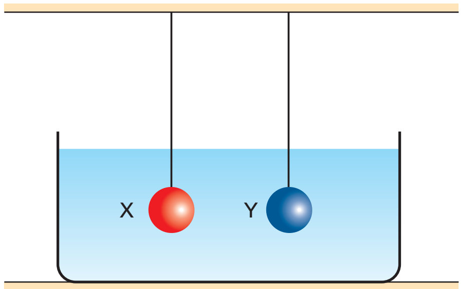
$\boxed{\tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4\text{ J}}$

$\tau_1 = \tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4$ J

$\boxed{\tau_1 = \tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4\text{ J (conservação do trabalho)}}$

Respostas: a) $1{,}0 \cdot 10^3$ N; b) $\tau_1 = \tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4$ J

48 As esferas, **X** e **Y**, da figura têm volumes iguais e são constituídas do mesmo material. **X** é oca e **Y**, maciça, estando ambas em repouso no interior de um líquido homogêneo em equilíbrio, presas a fios ideais.



Nessas condições, é correto afirmar que as esferas:
a) têm massas iguais;
b) possuem pesos de mesma intensidade;
c) apresentam a mesma densidade;
d) são sustentadas por fios igualmente tracionados;
e) estão submetidas a empuxos iguais.

Resolução:

a) $m_x < m_y$

b) $P_x < P_y$

c) $d_x = \frac{m_x}{V}$; $d_y = \frac{m_y}{V}$

$m_x < m_y \Rightarrow d_x < d_y$

d) $T_x + E_x = P_x \Rightarrow T_x = P_x - E_x$

$T_y + E_y = P_y \Rightarrow T_y = P_y - E_y$

Sendo $P_x < P_y$ e $E_x = E_y$,

Conclui-se que:

$\boxed{T_x < T_y}$

Resposta: e

49 (UFPA) Quando um peixe morre em um aquário, verifica-se que, imediatamente após a morte, ele permanece no fundo e, após algumas horas, com a decomposição, são produzidos gases dentro de seu corpo e o peixe vem à tona (flutua). A explicação correta para esse fato é que, com a produção de gases:
a) o peso do corpo diminui, diminuindo o empuxo.
b) o volume do corpo aumenta, aumentando o empuxo.
c) o volume do corpo aumenta, diminuindo o empuxo.
d) a densidade do corpo aumenta, aumentando o empuxo.
e) a densidade do corpo aumenta, diminuindo o empuxo.

Resolução:

$E = \mu_{Fl}\, V\, g$

V aumenta e faz.

E também aumentar. Por isso, o peixe sobe.

Resposta: b

50 (UFV-MG) Consegue-se boiar na água salgada do Mar Morto com maior facilidade que em uma piscina de água doce. Isso ocorre porque:

a) os íons Na^+, presentes em elevada concentração na água do Mar Morto, tendem a repelir os íons positivos encontrados na pele do banhista, levando-o a flutuar facilmente.
b) a densidade da água do Mar Morto é maior que a da água doce, o que resulta em um maior empuxo sobre o corpo do banhista.
c) a elevada temperatura da região produz um aumento do volume do corpo do banhista, fazendo com que sua densidade seja inferior à da água desse mar.
d) o Mar Morto se encontra à altitude de 390 m abaixo do nível dos oceanos e, consequentemente, o peso do banhista será menor e este flutuará com maior facilidade.
e) a alta taxa de evaporação no Mar Morto produz um colchão de ar que mantém o corpo do banhista flutuando sobre a água.

Resposta: b

51 **E.R.** Um balão indeformável de massa 2,0 kg apresenta, num local em que g = 10 m/s², peso específico de 25 N/m³. Supondo que o balão esteja totalmente imerso na água (μ_a = 1,0 g/cm³), determine:

a) o volume de água deslocado;
b) o módulo do empuxo que o balão recebe da água.

Resolução:

a) Chamando de **ρ** o peso específico do balão, temos:

$$\rho = \frac{|\vec{P}|}{V} \Rightarrow \rho = \frac{m\,g}{V}$$

Sendo ρ = 25 N/m³, m = 2,0 kg e g = 10 m/s², calculemos o volume **V** do balão.

$$25 = \frac{2{,}0 \cdot 10}{V} \Rightarrow V = \frac{20}{25}\ (m^3)$$

$$\boxed{V = 0{,}80\ m^3}$$

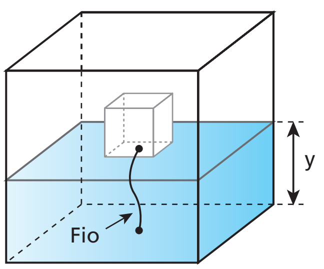
b) O empuxo recebido pelo balão tem intensidade **E**, dada por:

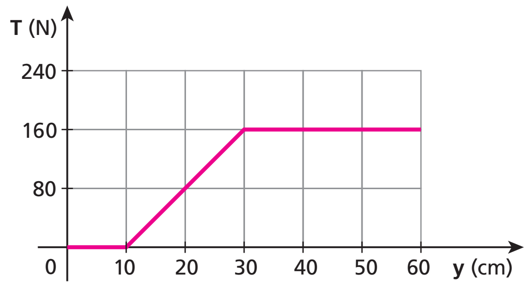
$$E = \mu_a\, V\, g$$

Sendo μ_a = 1,0 g/cm³ = 1,0 · 10³ kg/m³, vem:

$$E = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 0{,}80 \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{E = 8{,}0 \cdot 10^3\ N}$$

52 (UFPE – mod.) Um cubo de isopor, de massa desprezível, é preso por um fio no fundo de um recipiente que está sendo preenchido com um fluido. O gráfico abaixo representa como a intensidade da força de tração no fio varia em função da altura **y** do fluido no recipiente.





Adotando g = 10 m/s², determine:

a) o comprimento **L** do fio e a aresta **A** do cubo, em cm;
b) a densidade do fluido em g/cm³.

Resolução:

a) O cubo começa a ser envolvido pelo fluido quando y = 10 cm. Logo:

$$\boxed{L = 10\ cm}$$

O crescimento da intensidade da força de tração no fio indica que o bloco está sendo envolvido pelo fluido que sobe pelas suas paredes laterais.
Por isso:

$A = \Delta y \Rightarrow A = (30 - 10)$ cm

$$\boxed{A = 20\ cm}$$

b) **Cubo totalmente imerso:**

$E = T$

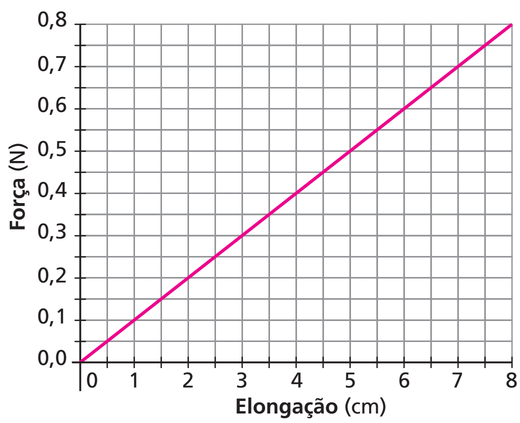
$\mu_{fluido}\, V\, g = T \Rightarrow \mu_{fluido}\, A^3\, g = T$

$\mu_{fluido}\, (0{,}20)^3\ \ 10 = 160$

$$\boxed{\mu_{fluido} = 2{,}0\ 10^3\ kg/m^3 = 2{,}0\ g/cm^3}$$

Respostas: a) 10 cm, 20 cm; b) 2,0 10³ kg/m³ = 2,0 g/cm³

53 (Unesp-SP) Um bloco de certo material, quando suspenso no ar por uma mola de massa desprezível, provoca uma elongação de 7,5 cm na mola. Quando o bloco está totalmente imerso em um líquido desconhecido, desloca $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ m³ de líquido e a elongação da mola passa a ser 3,5 cm. A força exercida pela mola em função da elongação está dada no gráfico da figura:



Despreze o empuxo do ar e considere g = 10 m/s².
Nessas condições, determine:

a) a intensidade do empuxo que o líquido exerce no bloco;
b) a massa específica (densidade) do líquido em kg/m³.

Resolução:

a) (I) **Lei de Hooke:** $F = K\,\Delta x$

Do gráfico: $F = 0{,}8\ N \Rightarrow \Delta x = 0{,}08\ m$

$0{,}8 = K\ 0{,}08 \Rightarrow \boxed{K = 10\ N/m}$

(II) **Bloco suspenso no ar:**

$P = F_1 \Rightarrow P = K\,\Delta x_1$

$P = 10 \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-2}\ N$

$\boxed{P = 0{,}75\ N}$

(III) **Bloco suspenso no líquido:**

$E + F_2 = P \Rightarrow E + K\,\Delta x_2 = P$

$E + 10 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-2} = 0{,}75$

$\boxed{E = 0{,}40\ N}$

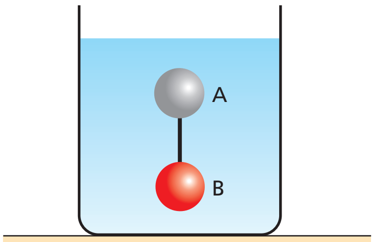
b) $E = \mu_{fluido}\ V\ g$

$0{,}40 = \mu_{fluido} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 10$

$\boxed{\mu_{fluido} = 8{,}0 \cdot 10^2\ kg/m^3}$

Respostas: a) 0,40 N; b) $8{,}0 \cdot 10^2\ kg/m^3$

54 (Unip-SP) Para medirmos a densidade do álcool, utilizado como combustível nos automóveis, usamos duas pequenas esferas, **A** e **B**, de mesmo raio, unidas por um fio de massa desprezível. As esferas estão em equilíbrio, totalmente imersas, como mostra a figura, e o álcool é considerado homogêneo.



Sendo a densidade de **A** igual a 0,50 g/cm³ e a densidade de **B** igual a 1,0 g/cm³, podemos concluir que:

a) não há dados suficientes para obtermos a densidade do álcool.
b) a densidade do álcool vale 1,5 g/cm³.
c) a densidade do álcool vale 0,50 g/cm³.
d) a densidade do álcool vale 0,75 g/cm³.
e) a densidade do álcool vale 1,0 g/cm³.

Resolução:

Condição de equilíbrio:

$E_A + E_B = P_A + P_B$

$2\mu_{álcool}\ V\ g = m_A\ g + m_B\ g$

$2\mu_{álcool}\ V = \mu_A\ V + \mu_B\ V$

$$\mu_{álcool} = \frac{\mu_A + \mu_B}{2}$$

$$\mu_{álcool} = \frac{0{,}50 + 1{,}0}{2}\ (g/cm3)$$

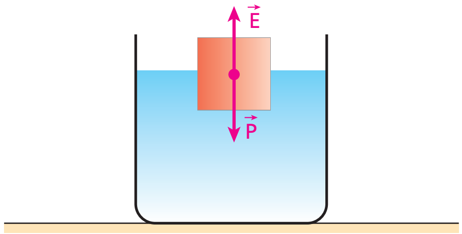
$\boxed{\mu_{álcool} = 0{,}75\ g/cm^3}$

Resposta: d

55 E.R. Um bloco de madeira flutua inicialmente na água com metade do seu volume imerso. Colocado a flutuar no óleo, o bloco apresenta $\frac{1}{4}$ do seu volume emerso. Determine a relação entre as massas específicas da água (μ_a) e do óleo (μ_0).

Resolução:

Analisemos, inicialmente, o equilíbrio do bloco parcialmente imerso em um fluido de massa específica μ_f:



Para que se verifique o equilíbrio, o empuxo recebido pelo volume imerso do bloco ($\vec{E}$) deve equilibrar a força da gravidade ($\vec{P}$):

$$\vec{E} + \vec{P} = \vec{O}$$

Ou, em módulo:

$$E = P.$$

Lembrando que $E = \mu_f\ V_i\ g$, vem:

$$\mu_f\ V_i\ g = P$$

Para a flutuação na água, temos:

$$\mu_a \frac{1}{2} V\ g = P \quad \text{(I)}$$

Para a flutuação no óleo, temos:

$$\mu_0 \frac{3}{4} V\ g = P \quad \text{(II)}$$

Comparando (I) e (II), vem:

$$\mu_a \frac{1}{2} V\ g = \mu_0 \frac{3}{4} V\ g \Rightarrow \mu_a = \frac{3}{2} \mu_0$$

Donde:

$$\boxed{\frac{\mu_a}{\mu_0} = \frac{3}{2}}$$

56 Um bloco de gelo (densidade de 0,90 g/cm³) flutua na água (densidade de 1,0 g/cm³). Que porcentagem do volume total do bloco permanece imersa?

Resolução:

$E = P \Rightarrow \mu_a\ v_i\ g = m_g\ g$

$$\mu_a\ v_i = \mu_g\ v_g \Rightarrow \frac{v_i}{v_g} = \frac{\mu_g}{\mu_a}$$

$$\frac{v_i}{v_g} = \frac{0{,}90}{1{,}0} \Rightarrow v_i = 0{,}90\ v_g$$

$\boxed{v_i = 0{,}90\%\ v_g}$

Resposta: 90 %

57 (Unesp-SP) Um bloco de madeira de massa 0,63 kg é abandonado cuidadosamente sobre um líquido desconhecido, que se encontra em repouso dentro de um recipiente. Verifica-se que o bloco desloca 500 cm^3 do líquido, até que passa a flutuar em repouso.

a) Considerando $g = 10{,}0\ m/s^2$, determine a intensidade (módulo) do empuxo exercido pelo líquido no bloco.

b) Qual é o líquido que se encontra no recipiente? Para responder, consulte a tabela seguinte, após efetuar seus cálculos.

Líquido	Massa específica a temperatura ambiente (g/cm^3)
Álcool etílico	0,79
Benzeno	0,88
Óleo mineral	0,92
Água	1,00
Leite	1,03
Glicerina	1,26

Resolução:

a) Na situação de equilíbrio:

$E = P \Rightarrow E = m\,g$

$E = 0{,}63 \cdot 10{,}0\ (N)$

$\boxed{E = 6{,}3\ N}$

b) $E = \mu_{Fl}\, V_i\, g$

$6{,}3 = \mu_{Fl} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

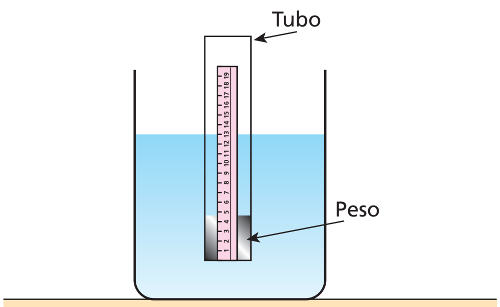
Donde:

$\mu_{Fl} = 1{,}26 \cdot 10^3\ kg/m^3 = 1{,}26\ g/cm^3$

O líquido é a **Glicerina**

Respostas: a) 6,3 N; b) Glicerina

58 (Unifesp-SP) Um estudante adota um procedimento caseiro para obter a massa específica de um líquido desconhecido. Para isso, utiliza um tubo cilíndrico transparente e oco, de seção circular, que flutua tanto na água quanto no líquido desconhecido. Uma pequena régua e um pequeno peso são colocados no interior desse tubo e ele é fechado. Qualquer que seja o líquido, a função da régua é registrar a porção submersa do tubo, e a do peso, fazer com que o tubo fique parcialmente submerso, em posição estática e vertical, como ilustrado na figura a seguir.



No recipiente com água, a porção submersa da régua é de 10,0 cm e, no recipiente com o líquido desconhecido, a porção submersa da régua é de 8,0 cm. Sabendo que a massa específica da água é 1,0 g/cm^3, o estudante deve afirmar que a massa específica procurada é:

a) 0,08 g/cm^3.
b) 0,12 g/cm^3.
c) 0,8 g/cm^3.
d) 1,0 g/cm^3.
e) 1,25 g/cm^3.

Resolução:

Flutuação: $E = P$

$\mu_{Fl}\, V_i\, g = P \Rightarrow \mu_{Fl}\, A\, h\, g = P$

No líquido desconhecido:

$\mu_L\, A\, 8{,}0\, g = P\ (I)$

Na água:

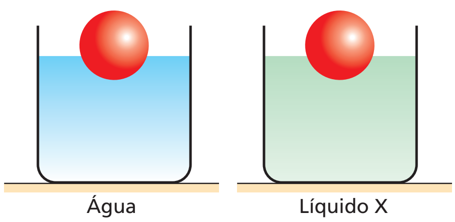
$1{,}0\, A\, 10{,}0\, g = P\ (II)$

Logo: $\mu_L\, A\, 8{,}0\, g = 1{,}0\, A\, 10{,}0\, g$

$\boxed{\mu_L = 1{,}25\ g/cm^3}$

Resposta: e

59 (UFC-CE) Um corpo flutua em água com $\frac{7}{8}$ do seu volume emersos. O mesmo corpo flutua em um líquido **X** com $\frac{5}{6}$ do seu volume emersos. Qual a relação entre a massa específica do líquido **X** e a massa específica da água?



Resolução:

Flutuação: $E = P$

$\mu_{Fl}\, V_i\, g = P$

No líquido X:

$\mu_x \frac{1}{6} V g = P$ (1)

Na água:

$\mu_A \frac{1}{8} V g = P$ (2)

Comparando-se (1) e (2), vem:

$\mu_x \frac{1}{6} V g = \mu_A \frac{1}{8} V g$

Donde: $\boxed{\frac{\mu_x}{\mu_A} = \frac{3}{4}}$

Resposta: $\frac{3}{4}$

60 Uma esfera de isopor de volume $2,0 \cdot 10^2\ cm^3$ encontra-se inicialmente em equilíbrio presa a um fio inextensível, totalmente imersa na água (figura 1). Cortando-se o fio, a esfera aflora, passando a flutuar na superfície da água (figura 2).

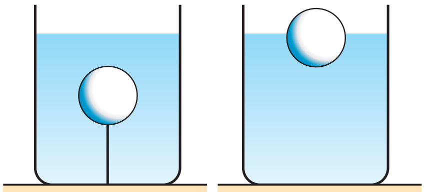


Figura 1 Figura 2

Sabendo que as massas específicas do isopor e da água valem, respectivamente, $0,60\ g/cm^3$ e $1,0\ g/cm^3$ e que $|\vec{g}| = 10\ m/s^2$, calcule:

a) a intensidade da força de tração no fio na situação da figura 1;
b) a porcentagem do volume da esfera que permanece imersa na situação da figura 2.

Resolução:

a) **Na situação de equilíbrio:**

$T + P = E \Rightarrow T + m\,g = \mu_A\,vg$

$T + \mu_I\,V_g = \mu_A\,vg$

$T = (\mu_A - \mu_I)\,vg$

$T = (1,0 - 0,60)\ 10^{-3} \cdot 2,0 \cdot 10^2 \cdot 10\ (N)$

$\boxed{T = 0,80\ N}$

b) **Flutuação:** $E' = P$

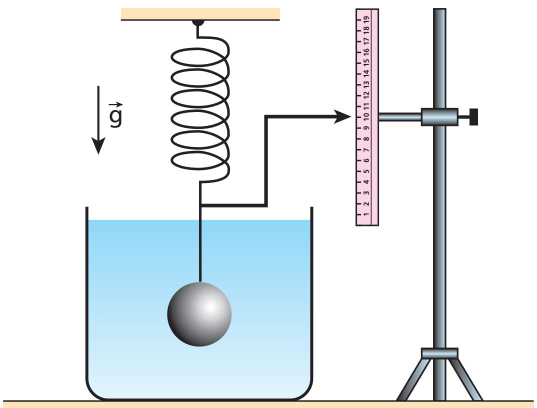
$\mu_A\,v_i\,g = m\,g \Rightarrow \mu_A\,v_i = \mu_i\,v$

$\dfrac{v_i}{v} = \dfrac{\mu_i}{\mu_A} = \dfrac{0,60}{1,0}$

$\boxed{v_i = 0,60\ V = 60\%\ V}$

Respostas: a) 0,80 N; b) 60%

61 Quando a esfera de aço representada na figura é imersa inteiramente na água, observa-se que o ponteiro, rigidamente fixado à mola de constante elástica $K = 1,0 \cdot 10^2\ N/m$, sofre um deslocamento vertical de 1,0 cm.



Adote $|\vec{g}| = 10\ m/s^2$ e admita que a densidade absoluta da água vale $1,0\ g/cm^3$.

a) O deslocamento sofrido pelo ponteiro é para cima ou para baixo?
b) Qual o volume da esfera?

Resolução:

a) Com a imersão da esfera na água, a intensidade da força de tração na mola diminui. Com isso, a mola se contrai, fazendo o ponteiro deslocar-se **para cima**.

b) $E = \Delta T \Rightarrow \mu_A\,V\,g = K\,\Delta x$

$1,0 \cdot 10^3\ V\ 10 = 1,0 \cdot 10^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}$

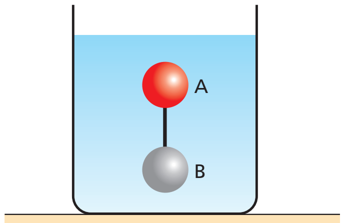
$\boxed{V = 1,0 \cdot 10^{-4}\ m^3 = 1,0 \cdot 10^2\ cm^3}$

Respostas: a) para cima; b) $1,0 \cdot 10^2\ cm^3$

62 (UFPB) Dois corpos maciços e uniformes, ligados por um fio de massa e volume desprezíveis, estão em equilíbrio totalmente imersos em água, conforme ilustra a figura a seguir. Sabendo que o volume do corpo **A** é $3,0 \cdot 10^{-3}\ m^3$, que sua densidade é $6,0 \cdot 10^2\ kg/m^3$ e que a intensidade do empuxo sobre o corpo **B** vale 8,0 N, determine:

a) a intensidade do empuxo sobre o corpo **A**;
b) a intensidade da força que traciona o fio;
c) a massa do corpo **B**.

Dados: módulo da aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$; densidade da água $= 1,0 \cdot 10^3\ kg/m^3$.

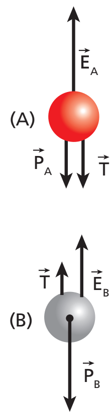


Resolução:

a) $E_A = \mu_A\,V_A\,g$

$E_A = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10\ (N)$

$\boxed{E_A = 30\ N}$



b) Equilíbrio de **A**:

$T + P_A = E_A \Rightarrow T + \mu_A\,V_A\,g = E_A$

$T + 6,0 \cdot 10^2 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 30$

$\boxed{T = 12\ N}$

c) Equilíbrio de **B**:

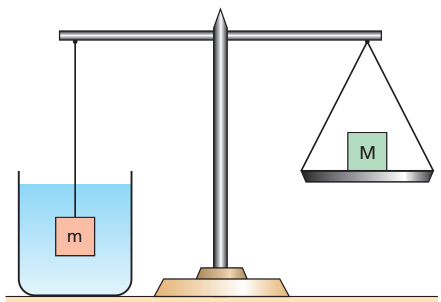
$T + E_B = P_B \Rightarrow T + E_B = m_B\,g$

$12 + 8,0 = m_B\,10$

$\boxed{m_B = 2,0\ kg}$

Respostas: a) 30 N; b) 12 N; c) 2,0 kg

63 (UFPE) Um bloco de massa $m = 5,0 \cdot 10^2\ g$ e volume igual a $30\ cm^3$ é suspenso por uma balança de braços iguais, apoiada em seu centro de gravidade, sendo completamente imerso em um líquido. Sabendo que para equilibrar a balança é necessário colocar uma massa $M = 2,0 \cdot 10^2\ g$ sobre o prato suspenso pelo outro braço, determine:



a) a intensidade do empuxo que o líquido exerce no bloco;
b) a densidade do líquido.
Adote $g = 10\ m/s^2$ e despreze o efeito do ar, bem como o peso do prato da balança.

Resolução:

a) $T_{esq} = T_{dir} \Rightarrow m\,g - E = M\,g$

$E = (m - M)g \Rightarrow E = (5{,}0 - 2{,}0) \cdot 10^{-1} \cdot 10\ (N)$

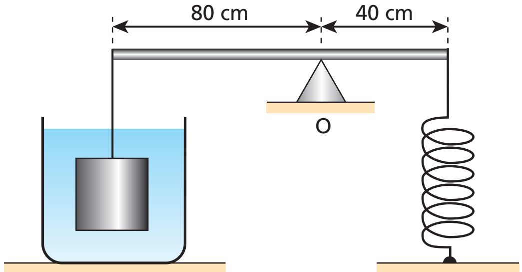
$\boxed{E = 3{,}0\ N}$

b) $E = \mu_{líq}\,V\,g \Rightarrow 3{,}0 = \mu_{líq}\ 30 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

$\boxed{\mu_{líq} = 1{,}0 \cdot 10^4\ kg/m^3}$

Respostas: a) 3,0 N; b) $1{,}0 \cdot 10^4\ kg/m^3$

64 Na situação da figura, uma barra rígida e de peso desprezível está em equilíbrio na posição horizontal. Na extremidade esquerda da barra está pendurado um bloco de ferro (densidade de $8{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3$), de volume igual a $1{,}0 \cdot 10^{-3}\ m^3$, que está totalmente imerso em água (densidade de $1{,}0 \cdot 10^3\ kg/m^3$). A extremidade direita da barra está presa a uma mola ideal de constante elástica $K = 2{,}8 \cdot 10^3\ N/m$.



Adotando $g = 10\ m/s^2$, calcule:
a) a intensidade do empuxo recebido pelo bloco;
b) a deformação da mola.

Resolução:

a) $E = \mu_{líq}\,V\,g \Rightarrow E = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10\ (N)$

$\boxed{E = 10\ N}$

b) $F_e\,40 = T\,80 \Rightarrow F_e = 2\,(P - E)$

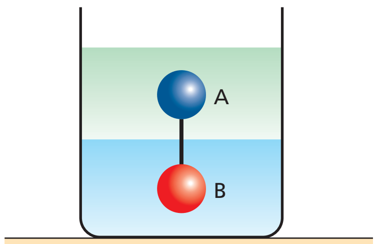
$K\,\Delta x = 2\,(\mu_{Fe}\,V\,g - E)$

$2{,}8 \cdot 10^3\ \Delta x = 2\,(8{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 10)$

$\boxed{\Delta x = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ m = 5{,}0\ cm}$

Respostas: a) 10 N; b) 5,0 cm

65 (Unip-SP) Na figura, as esferas maciças **A** e **B** estão ligadas por um fio ideal e o sistema está em equilíbrio. A esfera **A** está no interior de um líquido homogêneo de densidade **2d** e a esfera **B** está no interior de outro líquido homogêneo de densidade **3d**.



Sabendo que as esferas têm raios iguais e que a esfera **A** tem densidade **d**, podemos concluir que a densidade da esfera **B** vale:
a) d.
b) 2d.
c) 3d.
d) 4d.
e) 5d.

Resolução:

Condição de equilíbrio:

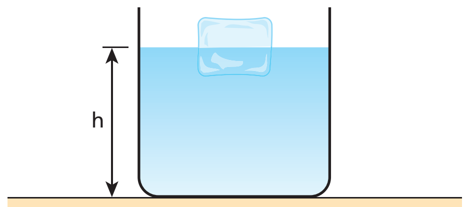
$P_A + P_B = E_A + E_B$

$d\,V\,g + d_B\,V\,g = 2d\,V\,g + 3d\,V\,g$

Donde: $\boxed{d_B = 4d}$

Resposta: d

66 E.R. Um bloco de gelo flutua na água, conforme representa a figura a seguir. O gelo e a água encontram-se em equilíbrio térmico, num local em que a pressão atmosférica é normal. Demonstre que, se o gelo se fundir, o nível da água no recipiente na situação final não se alterará. Admita que na situação final a temperatura do sistema ainda seja de 0 °C.



Resolução:

Para que o gelo permaneça em equilíbrio, flutuando na água, seu peso deve ter módulo igual ao do empuxo recebido pela fração imersa de seu volume. Assim:

$$m_G\ g = \mu_A\,V_i\,g \Rightarrow m_G = \mu_A\,V_i \quad \text{(I)}$$

Para que a água proveniente da fusão do gelo permaneça em equilíbrio, seu peso deve ter módulo igual ao do empuxo recebido. Assim:

$$m_A\ g = \mu_A\,V_A\,g \Rightarrow m_A = \mu_A\,V_A \quad \text{(II)}$$

Considerando, entretanto, a conservação da massa do gelo que se funde, podemos escrever:

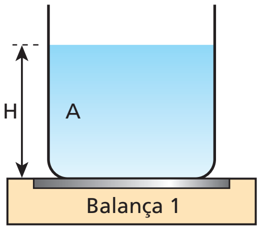
$$m_A = m_G$$

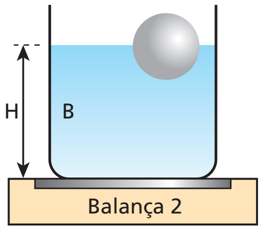
Portanto, de (I) e (II), vem:

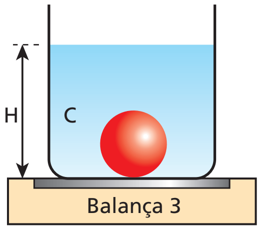
$$\mu_A\,V_A = \mu_A\ V_i \Rightarrow \boxed{V_A = V_i}$$

Temos, então, que o volume de água proveniente da fusão do gelo (V_A) é igual ao volume da fração do gelo imersa inicialmente na água (V_i). Assim, se o volume de água deslocado pelo gelo e pela água oriunda de sua fusão é o mesmo, podemos afirmar que o nível da água no recipiente não se alterará.

67 (Unip-SP) Considere três recipientes idênticos, contendo um mesmo líquido homogêneo, até a mesma altura **H**, colocados em cima de balanças idênticas em um plano horizontal. O recipiente **A** só contém líquido. O recipiente **B**, além do líquido, contém uma esfera homogênea que está em equilíbrio flutuando em sua superfície. O recipiente **C**, além do líquido, contém uma esfera homogênea que, por ser mais densa que o líquido, afundou e está comprimindo o fundo do recipiente.







As balanças 1, 2 e 3, calibradas em newtons, indicam, respectivamente, F_1, F_2 e F_3. Podemos afirmar que:

a) $F_1 = F_2 = F_3$.
b) $F_3 > F_2 > F_1$.
c) $F_3 < F_2 < F_1$.
d) $F_1 = F_2 > F_3$.
e) $F_1 = F_2 < F_3$.

Resposta: e

68 (Unesp-SP) Um bloco de madeira, de volume **V**, é fixado a outro bloco, construído com madeira idêntica, de volume 5V, como representa a figura 1.

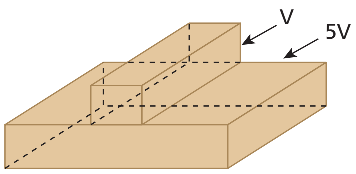


Figura 1

Em seguida, o conjunto é posto para flutuar na água, de modo que o bloco menor fique em cima do maior. Verifica-se, então, que $\frac{3}{5}$ do volume do bloco maior ficam imersos e que o nível da água sobe até a altura **h**, como mostra a figura 2.

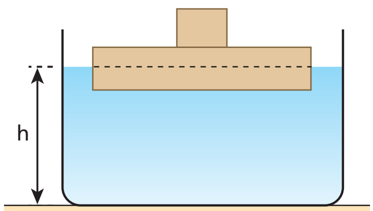


Figura 2

Se o conjunto for virado, de modo a flutuar com o bloco menor embaixo do maior:

a) a altura **h** diminuirá e $\frac{1}{5}$ do volume do bloco maior permanecerá imerso.
b) a altura **h** permanecerá a mesma e $\frac{2}{5}$ do volume do bloco maior permanecerão imersos.
c) a altura **h** aumentará e $\frac{3}{5}$ do volume do bloco maior permanecerão imersos.
d) a altura **h** permanecerá a mesma e $\frac{4}{5}$ do volume do bloco maior permanecerão imersos.
e) a altura **h** aumentará e $\frac{5}{5}$ do volume do bloco maior permanecerão imersos.

Resolução:

Situação I: $E_I = P$ } $E_{II} = E_I$
Situação II: $E_{II} = P$ } $\mu_a\,(V + f\,5\,V)\,g = \mu_a\,\frac{3}{5}\,5\,V\,g$

$\boxed{f = \frac{2}{5}}$ (**f** é a fração imersa do volume do bloco maior)

Resposta: b

69 (Mack-SP) Um cubo de madeira (densidade = 0,80 g/cm³) de aresta 20 cm flutua em água (massa específica = 1,0 g/cm³) com a face superior paralela à superfície livre da água. Adotando g = 10 m/s², a diferença entre a pressão na face inferior e a pressão na face superior do cubo é:

a) $1{,}2 \cdot 10^3$ Pa.
b) $1{,}6 \cdot 10^3$ Pa.
c) $2{,}4 \cdot 10^3$ Pa.
d) $3{,}0 \cdot 10^3$ Pa.
e) $4{,}0 \cdot 10^3$ Pa.

Resolução:

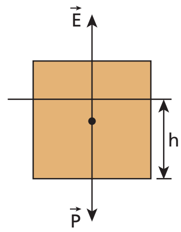
(I) $E = P \Rightarrow \mu_A\,V_i\,g = \mu_C\,V\,g$

$1{,}0a^2\,h = 0{,}80a^2\,20$

$\boxed{h = 16\text{ cm} = 0{,}16\text{ m}}$

(II) $\Delta p = \mu_A\,g\,h \Rightarrow \Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}16$ (Pa)

$\boxed{\Delta p = 1{,}6 \cdot 10^3\text{ Pa}}$



Resposta: b

70 (UFPI) Um cubo de madeira, de aresta a = 20 cm, flutua, parcialmente imerso em água, com $\frac{2}{5}$ de cada aresta vertical fora d'água (a densidade da água é ρ_A = 1,0 g/cm³), conforme a figura **a**. Um fio é então amarrado, prendendo a base do cubo ao fundo do recipiente, como na figura **b**. Se o módulo da aceleração da gravidade é 10 m/s², a intensidade da força tensora no fio é:

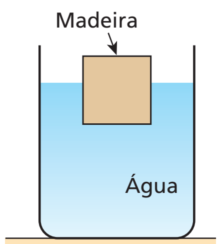


Figura a

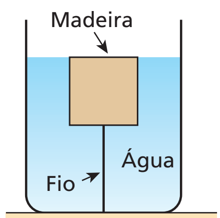


Figura b

a) 64 N.
b) 48 N.
c) 32 N.
d) 16 N.
e) 8,0 N.

Resolução:

(I) $P = E_1 \Rightarrow P = \rho_A V_i g$

$P = 1{,}0 \cdot 10^3 \frac{3}{5} (0{,}20)^3\ 10\ (N) \Rightarrow \boxed{P = 48\ N}$

(II) $T + P = E_2 \Rightarrow T + 48 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (0{,}20)^3 \cdot 10$

$\boxed{T = 32\ N}$

Resposta: c

71 (UFF-RJ) Recentemente, alguns cubanos tentaram entrar ilegalmente nos Estados Unidos. Usaram um caminhão Chevrolet 1951 amarrando-o em vários tambores de óleo vazios, utilizados como flutuadores. A guarda costeira norte-americana interceptou o caminhão próximo ao litoral da Flórida e todos os ocupantes foram mandados de volta para Cuba.

Dados:
- massa do caminhão $M_C = 1\,560$ kg;
- massa total dos tambores $m_T = 120$ kg;
- volume total dos tambores $V_T = 2\,400$ litros;
- massa de cada um dos cubanos $m = 70$ kg;
- densidade da água $\rho = 1{,}0$ g/cm³ $= 1{,}0$ kg/litro.

Supondo-se que apenas os tambores são responsáveis pela flutuação de todo o sistema, é correto afirmar que o número máximo de passageiros que o "caminhão-balsa" poderia transportar é igual a:

a) 8. b) 9. c) 10. d) 11. e) 12.

Resolução:

Flutuação: $P = E$

$(M_C + m_T + N\,m)g = \rho_A V_T g$

$1\,560 + 120 + N\,70 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2\,400 \cdot 10^{-3}$

$N \simeq 10{,}3$ pessoas

Para o "caminhão-balsa" não afundar:

$\boxed{N_{máx} = 10\ \text{pessoas}}$

Resposta: c

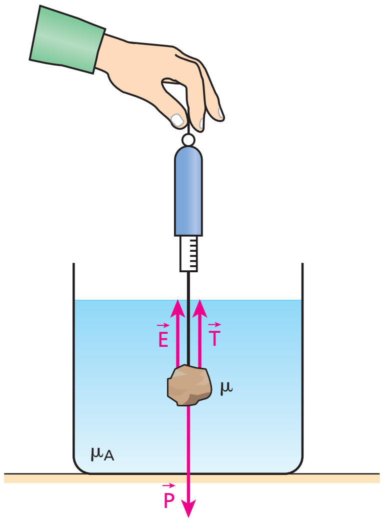
72 E.R. Um estudante, utilizando uma balança de mola tipo dinamômetro, faz no ar e na água a pesagem de um corpo maciço, constituído de um metal de massa específica **μ**.

Sendo **P** a medida obtida no ar e μ_A a massa específica da água, determine a medida obtida na água.

Resolução:

O peso aparente P_{ap} registrado pela balança corresponde à intensidade da força de tração exercida em suas extremidades.

Com o corpo totalmente imerso na água, temos o esquema de forças da figura a seguir:



$\vec{T}$ = força de tração (peso aparente registrado pela balança);
$\vec{E}$ = empuxo;
$\vec{P}$ = peso.

Na situação de equilíbrio:

$\vec{T} + \vec{E} + \vec{P} = \vec{0}$

Em módulo:

$$T + E = P$$
$$T = P - E \Rightarrow P_{ap} = P - \mu_A V g \quad (I)$$

Sendo $\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\mu}$ (II)

Substituindo (II) em (I), vem:

$$P_{ap} = P - \mu_A \frac{m}{\mu} g \Rightarrow P_{ap} = P - \frac{\mu_A}{\mu} P$$

$$\boxed{P_{ap} = P\left(1 - \frac{\mu_A}{\mu}\right)}$$

73 Um objeto maciço, de massa específica igual a 8,0 g/cm³, está totalmente mergulhado em certo líquido e apresenta, nessas condições, um peso aparente igual a $\frac{3}{4}$ do seu peso no ar. Desprezando o empuxo do ar, calcule a massa específica do líquido em g/cm³.

Resolução:

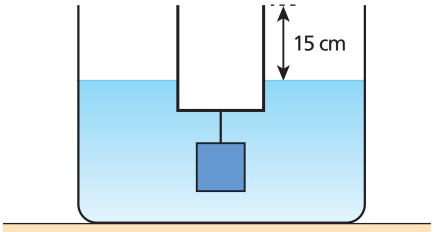
$P_{ap} = P\left(1 - \frac{\mu_L}{\mu}\right)$ (Ver ER 72)

$\frac{3}{4} P = P\left(1 - \frac{\mu_L}{8{,}0}\right) \Rightarrow \frac{\mu_L}{8{,}0} = \frac{1}{4}$

$\boxed{\mu_L = 2{,}0\ g/cm^3}$

Resposta: 2,0 g/cm³

74 O esquema abaixo representa uma lata que flutua em água, de densidade igual a 1,0 g/cm³. A altura da parte emersa da lata é de 15 cm, e o corpo pendurado ao seu fundo é um bloco de forma cúbica de 10 cm de aresta.



Sabendo que a base da lata é um quadrado de 20 cm de lado, se o bloco for introduzido dentro da lata, a altura da parte emersa:

a) não será alterada;
b) passará a ser de 17,5 cm;
c) passará a ser de 14,5 cm;
d) passará a ser de 12,5 cm;
e) o sistema afundará.

Resolução:

Situação inicial: $P_{total} = E_L + E_B$ (I)

Situação final: $P_{total} = E'_L$ (II)

Comparando (I) e (II):

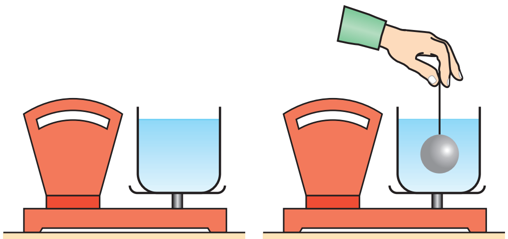
$E_L + E_B = E'_L \Rightarrow \mu_a V_i g + \mu_a V_B g = \mu_a V'_i g$

$400 (h - 15) + 1\,000 = 400 (h - h'_e)$

Donde: $\boxed{h'_e = 12{,}5 \text{ cm}}$

Resposta: d

75 E.R. Na situação 1 da figura a seguir, tem-se um recipiente com água em equilíbrio sobre o prato de uma balança que, nessas condições, indica 80 N. Na situação 2, uma esfera de chumbo de $2{,}0 \cdot 10^2$ cm³ de volume é totalmente imersa na água, permanecendo suspensa por um fio de espessura desprezível sem contatar as paredes do recipiente.



Situação 1 Situação 2

Sabendo que a densidade da água vale 1,0 g/cm³ e que g = 10 m/s², determine a indicação da balança no caso da situação 2.

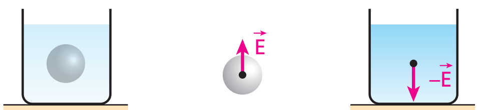
Resolução:

Pelo fato de estar imersa na água, a esfera recebe o empuxo $\vec{E}$, força vertical e dirigida para cima, que corresponde à ação da água. Conforme a Terceira Lei de Newton, entretanto, ao empuxo $\vec{E}$ deve corresponder uma reação $-\vec{E}$, e isso se verifica. A esfera reage na água com uma força de mesma intensidade que o empuxo, vertical e dirigida para baixo, que provoca aumento na indicação da balança.

A esfera está em equilíbrio, totalmente imersa na água. Nessas condições, ela interage com a água, havendo troca de forças de ação e reação.

A água age na esfera, aplicando-lhe a força $\vec{E}$ (empuxo).

A esfera reage na água, aplicando-lhe a força $-\vec{E}$.



Sendo **I'** e **I**, respectivamente, as indicações final e inicial da balança, temos:

$$I' = I + E$$

em que a intensidade **E** da força que a esfera troca com a água é calculada por:

$$E = \mu_a V g$$

Como $\mu_a = 1{,}0$ g/cm³ $= 1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³,

$V = 2{,}0 \cdot 10^2$ cm³ $= 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ m³ e g = 10 m/s², vem:

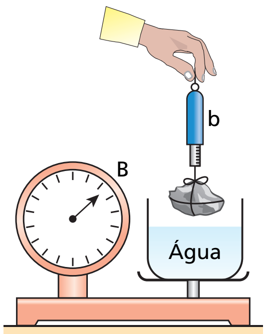
$$I' = I + \mu_a V g$$

$$I' = 80 + 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \quad \text{(N)}$$

Assim:

$$\boxed{I' = 82 \text{ N}}$$

76 (FMPA-MG) Um vaso com água está sobre o prato de uma balança (**B**), a qual indica determinado peso. Acima do vaso, uma pedra está dependurada por um barbante em uma balança de mola (**b**), do tipo usado por verdureiros. Se abaixarmos (**b**) de modo a mergulhar a pedra na água, mas sem a encostar no fundo do vaso, o que ocorrerá com as indicações de (**B**) e (**b**)?



Resposta: A indicação de (**B**) aumentará, enquanto a indicação de (**b**) diminuirá.

77 (Unifor-CE) Um corpo, constituído de um metal cuja densidade é 7,5 g/cm³, é abandonado no interior de um líquido de densidade 1,5 g/cm³. A aceleração que o corpo adquire no interior desse líquido assim que inicia o movimento, em m/s², vale:

(**Dado:** aceleração da gravidade = 10 m/s².)

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

Resolução:

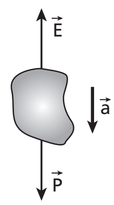
2ª Lei de Newton: P – E = m a

$m g - \mu_L V g = m a$

$\mu_C V g - \mu_L V g = \mu_C V a$

$$a = \frac{(\mu_C - \mu_L)}{\mu_C} g$$

$$a = \frac{(7{,}5 - 1{,}5)}{7{,}5} 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

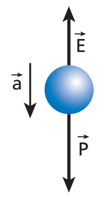


$\boxed{a = 8{,}0 \text{ m/s}^2}$

Resposta: a

78 Uma esfera de massa 1,0 kg e de volume $9{,}8 \cdot 10^{-4}$ m³ é abandonada na água de um tanque, percorrendo, em movimento vertical e acelerado, 2,5 m até chegar ao fundo. Sendo a densidade da água igual a $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³ e g = 10 m/s², calcule depois de quanto tempo a esfera chega ao fundo do tanque. Considere desprezível a força de resistência viscosa da água.

Resolução:



$P = m\,g = 1{,}0 \cdot 10$ (N)

$P = 10$ N

$E = \mu_{água} V g = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 10$ (N)

$E = 9{,}8$ N

Aplicando-se a 2ª Lei de Newton, vem:

$P - E = m\,a$

$10 - 9{,}8 = 1{,}0\ a \Rightarrow a = 0{,}20$ m/s²

O tempo é calculado por:

$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow 2{,}5 = \frac{0{,}20}{2} t^2 \Rightarrow \boxed{t = 5{,}0\ s}$

Resposta: 5,0 s

79 (Olimpíada Brasileira de Física) Uma bola homogênea de densidade igual a $\frac{2}{3}$ da densidade da água é solta de uma altura h = 10 m acima do nível da água de uma piscina bem profunda. Despreze o efeito do ar e adote g = 10 m/s².

a) Qual a profundidade máxima que a bola atinge em relação à superfície da água? Despreze quaisquer efeitos de turbulência que poderão ocorrer durante o movimento. Considere que a força que a água aplica na bola seja apenas o empuxo de Arquimedes, isto é, despreze a força de resistência viscosa. Não considere perdas de energia mecânica na colisão da bola com a água.

b) Qual é o tempo gasto pela bola durante a sua primeira permanência dentro da água?

Resolução:

a) **(I)** $E = \mu_a V g$ (I)

$P = m\,g \Rightarrow P = \mu_B V g$

$P = \frac{2}{3} \mu_a V g$ (II)

Dividindo (I) por (II):

$\frac{E}{P} = \frac{\mu_a V g}{\frac{2}{3}\mu_a V g} \Rightarrow \boxed{E = \frac{3}{2} P}$

(II) Teorema da energia cinética:

$\tau_{total} = \Delta E_C$

$\tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{E}} = 0$

$P(h + x) - E\,x = 0$

$P(10 + x) - \frac{3}{2} P\,x = 0$

$2(10 + x) = 3x$

$20 + 2x = 3x \Rightarrow \boxed{x = 20\ m}$

b) Cálculo do tempo de queda livre da bola até a superfície da água:

MUV: $\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$

$10 = 0 + \frac{10}{2} t_1^2 \Rightarrow \boxed{t_1 = \sqrt{2}\ s}$

Teorema do impulso para toda a descida da bola:

$|\vec{I}_{total}| = |\Delta \vec{Q}|$

$P(t_1 + t_2) - E\,t_2 = 0$

$P(\sqrt{2} + t_2) - \frac{3}{2} P\,t_2 = 0$

$2\sqrt{2} + 2t_2 = 3t_2 \Rightarrow \boxed{t_2 = 2\sqrt{2}\ s}$

O tempo de subida e o tempo de descida no interior da água são iguais. Logo:

$T = 2t_2 \Rightarrow \boxed{T = 4\sqrt{2}\ s}$

Respostas: a) 20 m; b) $4\sqrt{2}$ s

80 (Mack-SP) Num processo industrial de pintura, as peças recebem uma película de tinta de 0,1 mm de espessura. Considere a densidade absoluta da tinta igual a $0{,}8\ g \cdot cm^{-3}$. A área pintada com 10 kg de tinta é igual a:

a) 1 250 m².
b) 625 m².
c) 125 m².
d) 75 m².
e) 50 m².

Resolução:

$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\mu} = \frac{10\,000}{0{,}8}$ (cm³)

$V = 12\,500\ cm^3 = 12{,}5 \cdot 10^{-3}\ m^3$

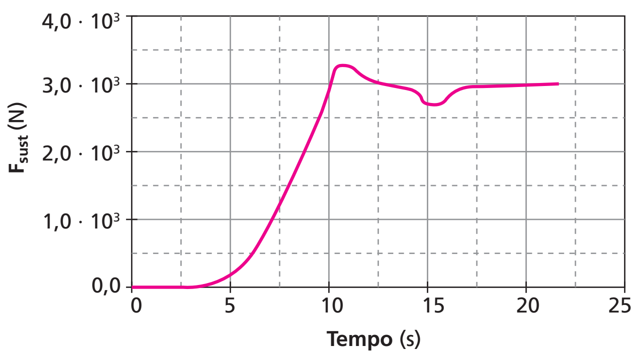
$A\,e = V \Rightarrow A\,0{,}1 \cdot 10^{-3} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$

$\boxed{A = 125\ m^2}$

Resposta: c

81 (Unicamp-SP) O avião estabeleceu um novo paradigma nos meios de transporte. Em 1906, **Alberto Santos-Dumont** realizou em Paris um voo histórico com o 14-Bis. A massa desse avião, incluindo o piloto, era de 300 kg e a área total das duas asas era de aproximadamente 50 m².

A força de sustentação de um avião, dirigida verticalmente de baixo para cima, resulta da diferença de pressão entre a parte inferior e a parte superior das asas. O gráfico representa, de forma simplificada, o módulo da força de sustentação aplicada ao 14-Bis em função do tempo, durante a parte inicial do voo.



a) Em que instante a aeronave decola, ou seja, perde contato com o chão?

b) Qual é a diferença de pressão entre a parte inferior e a parte superior das asas, $\Delta p = p_{inf} - p_{sup}$, no instante t = 20 s?

Resolução:

a) A aeronave decola quando a força de sustentação aplicada pelo ar supera seu peso. Isso ocorre a partir do instante t = 10 s (leitura do gráfico).

b) Para t = 20 s, temos, do gráfico: $F_{sust} = 3,0 \cdot 10^3$ N

$$\Delta p = \frac{F_{sust}}{A} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{50} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Donde: $\boxed{\Delta p = 60 \text{ Nm}^2}$

Respostas: a) A aeronave decola quando a força de sustentação aplicada pelo ar supera seu peso.; b) 60 Nm²

82 (UFSCar-SP) Quando efetuamos uma transfusão de sangue, ligamos a veia do paciente a uma bolsa contendo plasma, posicionada a uma altura **h** acima do paciente. Considerando-se g = 10 m/s² e a densidade do plasma igual a 1,04 g/cm³, se uma bolsa de plasma for colocada 2,0 m acima do ponto da veia por onde se fará a transfusão, a pressão hidrostática do plasma ao entrar na veia será de:

a) 0,0016 mm Hg.
b) 0,016 mm Hg.
c) 0,156 mm Hg.
d) 15,6 mm Hg.
e) 158 mm Hg.

Resolução:

$p = \mu g h \Rightarrow p = 1,04 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2,0$ (Pa)

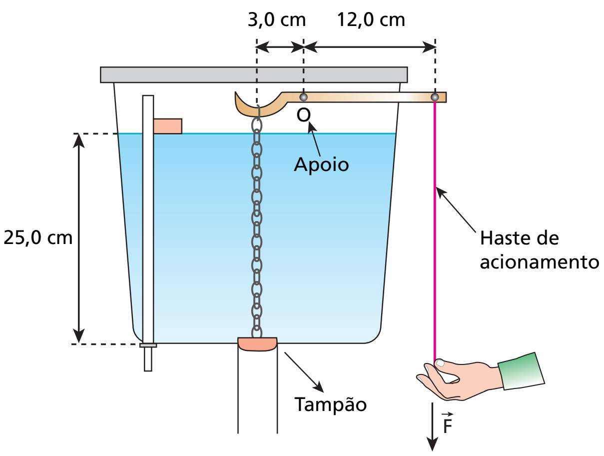
$\boxed{p = 0,208 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,208 \text{ atm}}$

1 atm ——— 760 mm Hg
0,208 atm — p

$\boxed{p \simeq 158 \text{ mmHg}}$

Resposta: e

83 (Olimpíada Brasileira de Física) A superfície livre da água em uma caixa de descarga residencial está a uma altura de 25,0 cm de sua base, onde existe um orifício de diâmetro 4,0 cm para a saída da água. Um tampão de massa desprezível fecha o orifício, devido à ação das forças de pressão exercidas pela água. A descarga é disparada por meio de uma alavanca, também de massa desprezível, com apoio **O** a 3,0 cm da vertical sobre o tampão e a 12,0 cm da haste de acionamento. Um esboço da caixa está na figura a seguir.



A densidade da água vale $1,0 \cdot 10^3$ kg/m³ e a aceleração da gravidade tem módulo g = 10 m/s². Adotando-se $\pi \simeq 3$, responda:
Qual a intensidade da força vertical $\vec{F}$ necessária para liberar o tampão?

Resolução:

(I) Como o tampão está sujeito à pressão atmosférica em sua face de cima e em sua face de baixo, devemos considerar apenas a pressão hidrostática exercida pela água sobre ele.

$p = \mu g h \Rightarrow p = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,25$ (N/m²)

$\boxed{p = 2,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}$

(II) Cálculo da intensidade da força da água sobre o tampão:

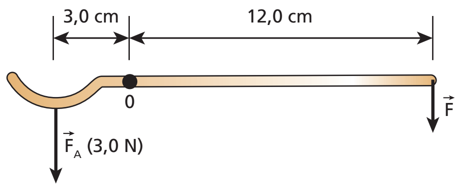
$$p = \frac{F_A}{A} \Rightarrow F_A = p\,A$$

$$F_A = p\,\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = p\,\pi\,\frac{D^2}{2}$$

$$F_A = 2,5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{(4,0 \cdot 10^{-2})^2}{4} \text{ (N)}$$

Donde: $\boxed{F_A = 3,0 \text{ N}}$

(III)

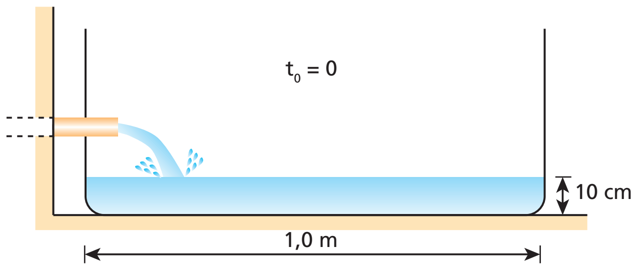


Momento nulo em relação a **O**:
$F \cdot 12,0 = 3,0 \cdot 3,0$

$\boxed{F = 0,75 \text{ N}}$

Resposta: 0,75 N

84 No esquema seguinte, está representada, no instante $t_0 = 0$, uma caixa-d’água, cuja base tem área igual a 1,0 m². A partir desse instante, a caixa passa a ser preenchida com a água proveniente de um tubo, que opera com vazão constante de $1,0 \cdot 10^{-2}$ m³/min.



Desprezando-se as perturbações causadas pela introdução da água na caixa, adotando-se g = 10 m/s² e considerando-se que a água tem densidade igual a 1,0 g/cm³, pede-se:

a) traçar o gráfico quantitativo da pressão exercida pela água na base do reservatório, desde o instante $t_0 = 0$ até o instante t = 20 min (admita que não ocorram transbordamentos);
b) calcular, no instante t = 20 min, as intensidades das forças resultantes aplicadas pela água nas cinco paredes molhadas da caixa.

Resolução:

a) Pressão hidrostática em $t_0 = 0$:

$p_i = \mu_a\, g\, h_i = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ (Pa)

$\boxed{p_i = 1,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}}$

Cálculo da altura final da coluna de água:

$$Z = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A\,\Delta h}{\Delta t} \Rightarrow \Delta h = \frac{Z\,\Delta t}{A}$$

$$\Delta h = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 20}{1{,}0}\ (\text{m}) \Rightarrow \Delta h = 20\ \text{cm}$$

$$h_f = h_i + \Delta h \Rightarrow h_f = 10 + 20\ (\text{cm})$$

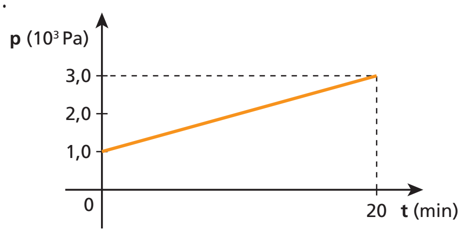
$$\boxed{h_f = 30\ \text{cm}}$$

Pressão hidrostática em t = 20 min:

$$p_f = \mu_a\, g\, h_f = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 10^{-2}\ (\text{Pa})$$

$$\boxed{p_f = 3{,}0 \cdot 10^3\ \text{Pa}}$$

A função p = f(t) é do **1º grau** e o gráfico correspondente está dado a seguir:



b) Na **parede do fundo** tem-se:

$$F_F = p_F\, A_F = 3{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0\ (\text{N})$$

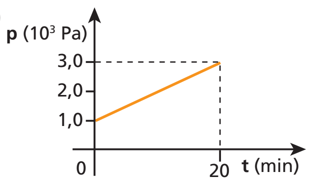
$$\boxed{F_F = 3{,}0 \cdot 10^3\ \text{N}}$$

Nas **paredes laterais**, tem-se:

$$F_l = \frac{p_f}{2} A_L = \frac{3{,}0 \cdot 10^3}{2} \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}30\ (\text{N})$$

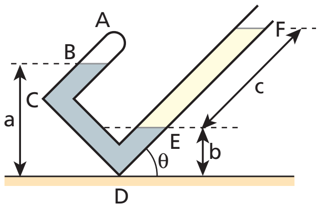
$$\boxed{F_l = 4{,}5 \cdot 10^2\ \text{N}}$$

Respostas: a)



b) **Parede do fundo:**
$3{,}0 \cdot 10^3$ N
paredes laterais:
$4{,}5 \cdot 10^2$ N

85 Um tubo de vidro, com uma extremidade fechada, **A**, e outra aberta, conforme a figura, apóia-se em **D** sobre um plano horizontal. O trecho AB do tubo contém ar, o trecho BCDE contém mercúrio e o trecho EF contém um líquido que não se mistura nem se combina com o mercúrio. Verifica-se que, girando o tubo em torno do ponto **D** num plano vertical, a pressão do trecho AB se torna igual à pressão atmosférica reinante, quando θ = 30°.
Nessa posição, tem-se a = 10 cm, b = 8 cm e c = 45 cm.



Sendo a densidade absoluta do mercúrio igual a 13,5 g/cm³, calcule a densidade do líquido contido no trecho EF do tubo.

Resolução:

$$p_{Hg} + p_{ar} = p_L + p_{atm}$$

Como $p_{ar} = p_{atm}$, vem:

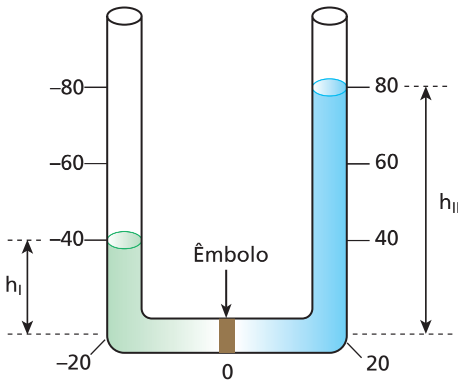
$$p_{Hg} = p_L \Rightarrow \mu_{Hg}\, g\, (a - b) = \mu_L\, g\, c \operatorname{sen} \theta$$

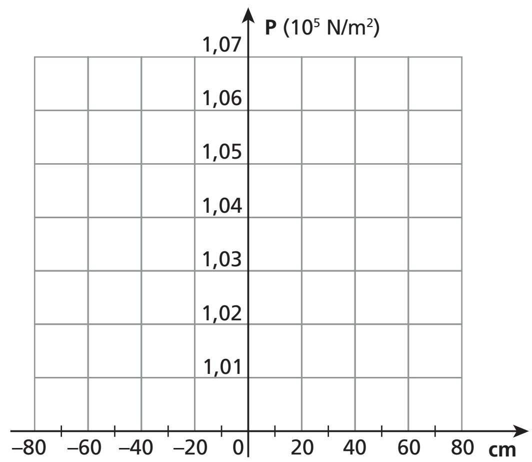
$$13{,}5\ (10 - 8) = \mu_L\, 45 \cdot 0{,}50$$

$$\boxed{\mu_L = 1{,}2\ \text{g/cm}^3}$$

Resposta: 1,2 g/cm³

86 (Fuvest-SP – mod.) Um tubo em forma de **U**, graduado em centímetros, de pequeno diâmetro, secção constante, aberto nas extremidades, contém dois líquidos I e II, incompressíveis, em equilíbrio e que não se misturam. A densidade do líquido I é $\rho_I = 1{,}8 \cdot 10^3$ kg/m³ e as alturas $h_I = 20$ cm e $h_{II} = 60$ cm, dos respectivos líquidos, estão representadas na figura. A pressão atmosférica local vale $P_0 = 1{,}0 \cdot 10^5$ N/m². Os líquidos estão separados por um pequeno êmbolo que pode deslizar livremente sem atrito.





a) Determine o valor da densidade ρ_{II} do líquido II.
b) Utilizando um sistema de eixos semelhante ao desenhado anteriormente, faça um gráfico quantitativo da pressão **P** nos líquidos em função da posição ao longo do tubo. Considere zero (0) o ponto médio da base do tubo; à direita do zero, situam-se as marcas positivas no tubo e à esquerda, as marcas negativas.

Resolução:

a) $p_{II} = p_I$

$$\rho_{II}\, g\, h_{II} + p_0 = \rho_I\, g\, h_I + p_0$$

$$\rho_{II}\, h_{II} = \rho_I\, h_I \Rightarrow \rho_{II}\, 60 = 1{,}8 \cdot 10^3 \cdot 20$$

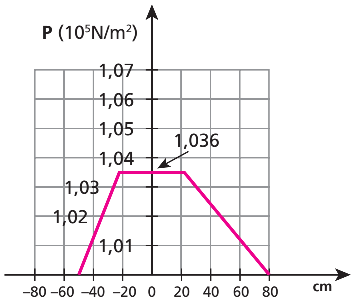
$$\boxed{\rho_{II} = 6{,}0 \cdot 10^2\ \text{kg/m}^3}$$

b) Cálculo da pressão absoluta no fundo do tubo:

$p = p_l\, g\, h_l + p_0$

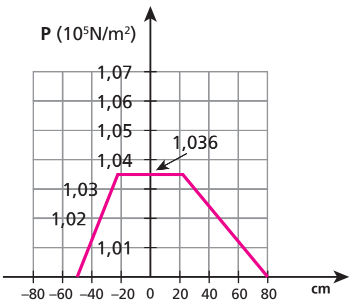
$p = 1{,}8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}20 + 1{,}0 \cdot 10^5$ (N/m²)

$\boxed{p = 1{,}036 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}$

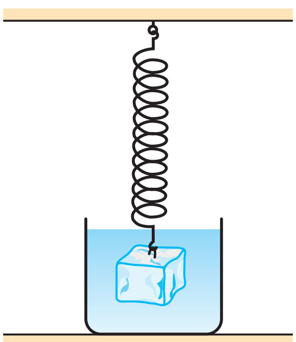


Respostas: a) $6{,}0 \cdot 10^2$ kg/m³;

b)



87 Um cubo de gelo a 0 °C, preso a uma mola, é totalmente imerso em um recipiente com água a 25 °C, conforme representa a figura. À medida que o gelo for se fundindo, podemos afirmar que:



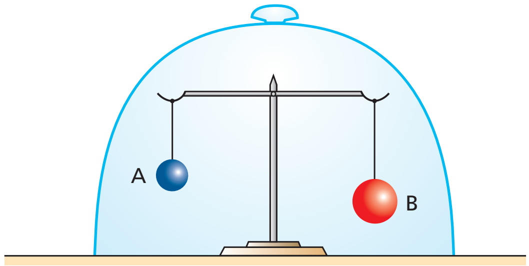
a) o comprimento da mola permanecerá constante.
b) o comprimento da mola irá aumentando.
c) o comprimento da mola irá diminuindo.
d) o nível livre da água no recipiente permanecerá inalterado.
e) o nível livre da água no recipiente irá subindo.

Resolução:

Inicialmente, a mola acha-se comprimida porque o gelo, que é menos denso que a água, tende a subir, buscando emergir parcialmente. Após a fusão do gelo, no entanto, a força de compressão sobre a mola desaparece e esta se alonga, recobrando seu comprimento natural.

Resposta: b

88 O esquema abaixo representa uma balança de travessão de braços iguais confinada no interior de uma campânula, na qual existe ar. A balança está em equilíbrio, tendo em suas extremidades os corpos **A** (volume V_A) e **B** (volume V_B). Sabe-se que $V_A < V_B$.



Se, por um processo qualquer, for retirado o ar de dentro da campânula:

a) a balança não sofrerá perturbações.
b) o travessão penderá para o lado do corpo **A**.
c) o travessão penderá para o lado do corpo **B**.
d) os corpos **A** e **B** perderão seus pesos.
e) os corpos **A** e **B** receberão empuxos diferentes.

Resolução:

Sejam T_A e T_B as intensidades iniciais das forças transmitidas às extremidades do braço do travessão pelos corpos **A** e **B**, respectivamente.
Tem-se que:

$T_A = T_B \Rightarrow P_A - E_A = P_B - E_B$

Como $V_B > V_A$, implica $E_B > E_A$ e também:

$P_B > P_A$

Com a retirada do ar do interior da campânula, os empuxos E_A e E_B desaparecem e, sendo $P_B > P_A$, o travessão pende para o lado do corpo **B**.

Resposta: c

89 (Fuvest-SP) Considere uma mola ideal de comprimento L_0 = 35 cm presa no fundo de uma piscina vazia (figura 1). Prende-se sobre a mola um recipiente cilíndrico de massa m = 750 g, altura h = 12,5 cm e seção transversal externa S = 300 cm², ficando a mola com comprimento L_1 = 20 cm (figura 2). Quando, enchendo-se a piscina, o nível da água atinge a altura **H**, começa a entrar água no recipiente (figura 3).

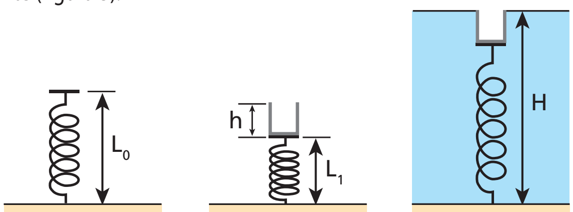


Figura 1 Figura 2 Figura 3

Dados: $\rho_{água}$ = 1,0 g/cm³; g = 10 m/s².

a) Qual o valor da constante elástica da mola?
b) Qual o valor, em **N**, da intensidade da força que traciona a mola quando começa a entrar água no recipiente?
c) Qual o valor da altura **H** em cm?

Resolução:

a) **Figura 2:** $F_e = P \Rightarrow K\,\Delta x = m\,g$

$K\,(L_0 - L) = m\,g$

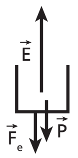
$K\,(35 - 20)\,10^{-2} = 0{,}75 \cdot 10$

Donde: $\boxed{K = 50 \text{ N/m}}$

b) $F_e + P = E \Rightarrow F_e + m\,g = \rho_{água}\, S\,h\,g$

$F_e + 0{,}75 \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 10^{-4} \cdot 12{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 10$

$F_e + 7{,}5 = 37{,}5 \Rightarrow \boxed{F_e = 30\ \text{N}}$



c) $F_e = K\,(L - L_0) \Rightarrow 30 = 50\,(L - 0{,}35) \Rightarrow$

$\boxed{L = 0{,}95\ \text{m}}$

$H = L + h \Rightarrow H = 0{,}95 + 0{,}125$ (em metros)

$\boxed{H = 1{,}075\ \text{m} = 107{,}5\ \text{cm}}$

Respostas: a) 50 N/m; b) 30 N; c) 107,5 cm

90 (Fuvest-SP) Imagine que, no final deste século XXI, habitantes da Lua vivam em um grande complexo pressurizado, em condições equivalentes às da Terra, tendo como única diferença a aceleração da gravidade, que é menos intensa na Lua. Considere as situações imaginadas bem como as possíveis descrições de seus resultados, se realizadas dentro desse complexo, na Lua:

I. Ao saltar, atinge-se uma altura maior que quando o salto é realizado na Terra.

II. Se uma bola está boiando em uma piscina, essa bola manterá maior volume fora da água que quando o experimento é realizado na Terra.

III. Em pista horizontal, um carro, com velocidade v_0, consegue parar completamente em uma distância maior que quando o carro é freado na Terra.

Assim, pode-se afirmar que estão corretos apenas os resultados propostos em:

a) I. b) I e II. c) I e III. d) II e III. e) I, II e III.

Resolução:

(I) Correto.

MUV:

$v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha\,\Delta s$

$0 = v_0^2 + 2(-g)\,H \Rightarrow \boxed{H = \dfrac{v_0^2}{2\,g}}$

H é inversamente proporcional a **g**. Assim, reduzindo-se **g**, **H** aumenta.

(II) Incorreto.

Flutuação:

$E = P$

$\mu_A\, V_i\, g = m\,g$

$\mu_A\, V_i = \mu_B\, V \Rightarrow \boxed{V_i = \dfrac{\mu_A}{\mu_B}\, V}$

O volume imerso independe da intensidade da aceleração da gravidade.

(III) Correto.

Teorema da energia cinética:

$\tau_{\vec{F}_{at}} = E_C - E_{C_0}$

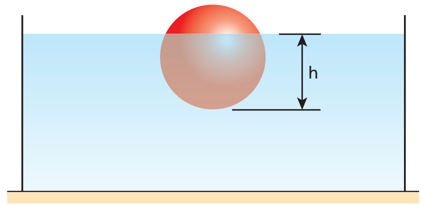
$-\mu\, m\, g\, d = 0 - \dfrac{m\,v_0^2}{2}$

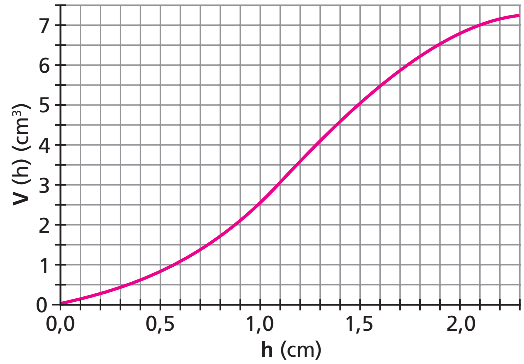
Donde: $\boxed{d = \dfrac{v_0^2}{2\,\mu\,g}}$

d é inversamente proporcional a **g**, assim, reduzindo-se **g**, **d** aumenta.

Resposta: c

91 (Unicamp-SP) Uma esfera de raio 1,2 cm e massa 5,0 g flutua sobre a água, em equilíbrio, deixando uma altura **h** submersa, conforme a figura. O volume submerso como função de **h** é dado no gráfico. Sendo a densidade da água 1,0 g/cm³ e g = 10 m/s²:





a) calcule o valor de **h** no equilíbrio;

b) ache a intensidade da força vertical para baixo necessária para afundar a esfera completamente.

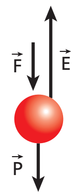
Resolução:

a) $E = P \Rightarrow \mu_a\, V_i\, g = m\,g$

$1{,}0\, V_i = 5{,}0 \Rightarrow \boxed{V_i = 5{,}0\ \text{cm}^3}$

Do gráfico, para $V_i = 5{,}0\ \text{cm}^3$, obtemos:

$\boxed{h = 1{,}5\ \text{cm}}$



b) $F + P = E \Rightarrow F + m\,g = \mu_a\, V\, g$

Do gráfico, para $h = 2R = 2{,}4$ cm, obtemos:

$V \simeq 7{,}2\ \text{cm}^3$

Logo: $F + 5{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 7{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

$\boxed{F = 2{,}2 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$

Respostas: a) 1,5 cm; b) $2{,}2 \cdot 10^{-2}$ N

92 (UFRJ) Uma esfera maciça flutua na água contida em um recipiente. Nesse caso, a superfície livre da água encontra-se a uma altura **h** do fundo do recipiente, como mostra a figura 1.

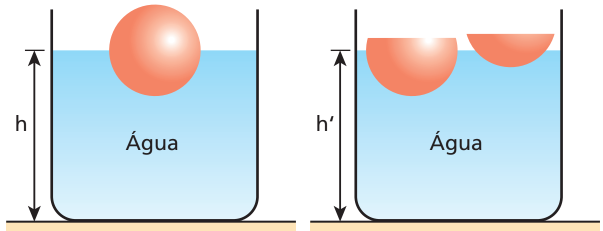


Figura 1 Figura 2

Corta-se a esfera em dois pedaços que, quando postos de volta na água, também flutuam, como mostra a figura 2. Nesse caso, a superfície livre da água encontra-se a uma altura h' do fundo do recipiente. Verifique se h' > h, h' = h ou h' < h. Justifique.

Resolução:
O peso total, da esfera ou de suas partes, é o mesmo nas duas situações. Por isso, o empuxo total requisitado para o equilíbrio também é o mesmo, o que exige o mesmo volume imerso.

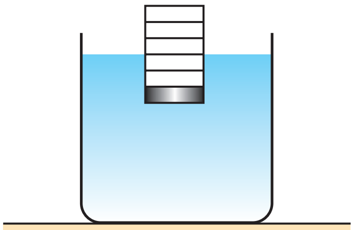
$A\,h = V_{água} + V_{imerso}$

Como **A**, $V_{água}$ e V_{imerso} são constantes, concluímos que **h** também deve permanecer constante. Logo:

$\boxed{h' = h}$

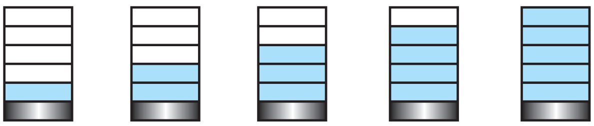
Resposta: h' = h

93 (Fuvest-SP) Um recipiente cilíndrico vazio flutua em um tanque de água com parte de seu volume submerso, como na figura abaixo.



Quando o recipiente começa a ser preenchido, lentamente, com água, a altura máxima que a água pode atingir em seu interior, sem que ele afunde totalmente, é mais bem representada por:

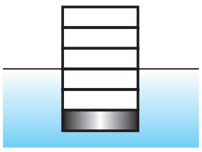
O recipiente possui marcas graduadas igualmente espaçadas, paredes laterais de volume desprezível e um fundo grosso e pesado.



a) b) c) d) e)

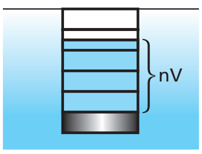
Resolução:
De acordo com a figura, o volume **V** do lastro é igual ao volume de cada divisão da escala do cilindro.

(I) Situação inicial:



$P_{lastro} = E_1$
$P_{lastro} = \mu_A\, 3\, V\, g$

(II) Situação final:

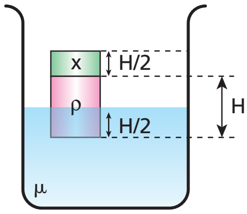


$P_{lastro} + P_{água} = E_2$
$\mu_A\, 3\, V\, g + \mu_A\, n\, V\, g = \mu_A\, 6\, V\, g$
$3 + n = 6 \Rightarrow \boxed{n = 3}$

Portanto, a água deve preencher 3 divisões do cilindro.

Resposta: c

94 (UFF-RJ) Um cilindro, formado por duas substâncias de massas específicas **x** e **ρ**, flutua em equilíbrio na superfície de um líquido de massa específica **μ** na situação representada na figura.
A massa específica **x** pode ser obtida em função de **μ** e **ρ** por meio da expressão:



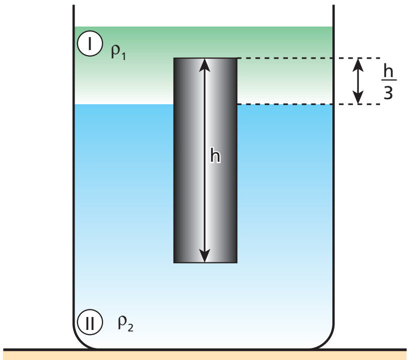
a) $2\mu + \rho$.
b) $\mu - 2\rho$.
c) $\frac{\mu}{2} + \rho$.
d) $\mu + 2\rho$.
e) $\frac{\mu}{2} - \rho$.

Resolução:
$P = E \Rightarrow \rho\, V_1\, g + x\, V_2\, g = \mu\, V_1\, g$

$\rho\, A\, H + x\, A\, \frac{H}{2} = \mu\, A\, \frac{H}{2} \Rightarrow \boxed{x = \mu - 2\rho}$

Resposta: b

95 (Fuvest-SP) Um recipiente contém dois líquidos, I e II, de massas específicas (densidades) ρ_1 e ρ_2, respectivamente.
Um cilindro maciço de altura **h** encontra-se em equilíbrio, na região da interface entre os líquidos, como mostra a figura.



Podemos afirmar que a massa específica do material do cilindro vale:

a) $\frac{(\rho_1 + 2\rho_2)}{2}$.
b) $\frac{(\rho_1 + \rho_2)}{2}$.
c) $\frac{(2\rho_1 + \rho_2)}{3}$.
d) $\frac{(\rho_1 + 2\rho_2)}{3}$.
e) $\frac{2(\rho_1 + \rho_2)}{3}$.

Resolução:
No equilíbrio:
$P = E_{total}$
$P = E_1 + E_2$
$M\, g = \rho_1\, V_1\, g + \rho_2\, V_2\, g$
$\rho\,(V_1 + V_2) = \rho_1\, V_1 + \rho_2\, V_2$
$\rho\, A\, h = \rho_1\, A\, \frac{h}{3} + \rho_2\, A\, \frac{2h}{3}$

Donde: $\boxed{\rho = \frac{\rho_1 + 2\,\rho_2}{3}}$

Resposta: d

96 Um corpo aparenta ter massa de 45 g no ar e de 37 g quando totalmente imerso na água (massa específica de 1,0 g/cm³). Sabendo que a massa específica do material de que é feito o corpo vale 9,0 g/cm³, calcule o volume da cavidade que, certamente, deve existir no corpo. Considere desprezível o empuxo do ar, bem como o ar existente na cavidade do corpo.

Resolução:

(I) Cálculo do volume externo do corpo:

$P_{ap} = P - E \Rightarrow m_{ap}\, g = m\, g - \mu_a\, V_{ext}\, g$

$37 = 45 - 1{,}0\, V_{ext} \Rightarrow \boxed{V_{ext} = 8{,}0 \text{ cm}^3}$

(II) Cálculo do volume de material:

$\mu_{mat} = \dfrac{m_{mat}}{V_{mat}} \Rightarrow 9{,}0 = \dfrac{45}{V_{mat}}$

$\boxed{V_{mat} = 5{,}0 \text{ cm}^3}$

(III) $V_{cav} = V_{ext} - V_{mat} \Rightarrow V_{cav} = 8{,}0 - 5{,}0 \text{ (cm}^3)$

$\boxed{V_{cav} = 3{,}0 \text{ cm}^3}$

Resposta: 3,0 cm³

97 Um barco de madeira de massa 500 kg é transportado de um rio para o mar. Supondo que a densidade da água do rio valha 1,00 g/cm³ e que a da água do mar valha 1,03 g/cm³, calcule a massa adicional que deve ser colocada sobre o barco para que o volume da parte imersa seja o mesmo, no rio e no mar.

Resolução:

Equilíbrio na água do rio:

$P_{barco} = E$

$m_b\, g = \mu\, V_i\, g \Rightarrow m_b = \mu\, V_i \quad \text{(I)}$

Equilíbrio na água do mar:

$P_{total} = E'$

$(m_b + m_a)\, g = \mu'\, V_i\, g \Rightarrow m_b + m_a = \mu'\, V_i \quad \text{(II)}$

Dividindo (II) por (I), vem:

$\dfrac{m_b + m_a}{m_b} = \dfrac{\mu'}{\mu} \Rightarrow \dfrac{500 + m_a}{m_b} = \dfrac{1{,}03}{1{,}00}$

Donde: $\boxed{m_a = 15 \text{ kg}}$

Resposta: 15 kg

98 Um barqueiro dispõe de uma chata que permite o transporte fluvial de cargas até 10 000 N. Ele aceitou um trabalho de transporte de um lote de 50 barras maciças de ferro (10 g/cm³) de 200 N cada. Por um erro de contagem, a firma enviou 51 barras. Não querendo perder o freguês, mas também procurando não ter prejuízo com duas viagens, o barqueiro resolveu amarrar certo número **n** de barras embaixo do barco, completamente submersas. Qual deve ser o número **n** mínimo para que a travessia das 51 barras seja feita numa só viagem? Densidade da água: 1,0 g/cm³.

Resolução:

$10\,000 + P_{ch} = E_{ch} \quad \text{(I)}$

$10\,200 + P_{ch} = E_{ch} + E_{Fe} \quad \text{(II)}$

De (I) em (II), vem:

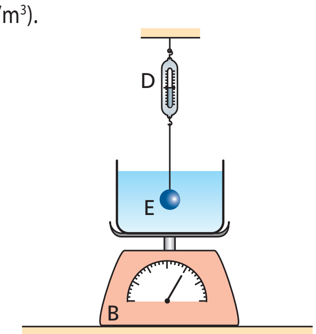
$10\,200 + P_{ch} = 10\,000 + P_{ch} + E_{Fe} \Rightarrow E_{Fe} = 200 \text{ N}$

$E_{Fe} = n\, \mu_a \dfrac{m_b}{\mu_b} g = n\, \mu_a \dfrac{P_b}{\mu_b}$

$n = \dfrac{\mu_b\, E_{Fe}}{\mu_a\, P_b} = \dfrac{10 \cdot 200}{1{,}0 \cdot 200} \Rightarrow \boxed{n = 10}$

Resposta: 10

99 Na montagem experimental ao lado, o dinamômetro **D** e a balança **B** têm escalas calibradas em kgf. No local, a gravidade é normal. A esfera **E**, de 20,0 kg de massa e volume igual a 2,40 litros, encontra-se em equilíbrio totalmente imersa na água (densidade de 1,00 · 10³ kg/m³).



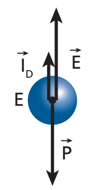
A esfera, inicialmente sustentada pelo fio ideal, não toca as paredes do frasco. Sabendo que o peso do conjunto frasco–água vale 40,0 kgf:

a) determine as indicações de **D** e de **B**;

b) calcule a nova indicação de **B** supondo que o fio que sustenta **E** seja cortado (admita **E** em repouso no fundo do frasco).

Resolução:

a) Representamos, no esquema seguinte, as forças que agem inicialmente em **E**:



Observemos que o módulo $\vec{I}_D$ corresponde à indicação **D**. No equilíbrio, tem-se:

$I_D + E = P \Rightarrow I_D = P - E$

$I_D = 20{,}0 \text{ kgf} - 1{,}00 \cdot 10^3 \cdot 2{,}40 \cdot 10^{-3} \text{ kgf}$

$\boxed{I_D = 17{,}6 \text{ kgf}}$

A indicação de **B** é dada por:

$I_B = P' + E = 40{,}0 \text{ kgf} + 2{,}40 \text{ kgf}$

$\boxed{I_B = 42{,}4 \text{ kgf}}$

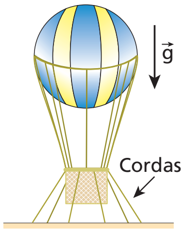
b) Neste caso, **B** indicará o peso total do sistema, isto é, o peso de **E** mais o peso do conjunto frasco-água.

$I_B = P + P' = 20{,}0 \text{ kgf} + 40{,}0 \text{ kgf}$

$\boxed{I_B = 60{,}0 \text{ kgf}}$

Respostas: a) 17,6 kg; 42,4 kgf; b) 60,0 kgf

100 (Fuvest-SP) Um balão de pesquisa, cheio de gás hélio, está sendo preparado para sua decolagem. A massa do balão vazio (sem gás) é M_B e a massa do gás hélio no balão é M_H. O balão está parado devido às cordas que o prendem ao solo. Se as cordas forem soltas, o balão iniciará um movimento de subida vertical com aceleração de 0,2 m/s².



Para que o balão permaneça parado, sem a necessidade das cordas, deve-se adicionar a ele um lastro de massa igual a:

(Adote $|\vec{g}| = 10$ m/s².)

a) $0,2\ M_B$.
b) $0,2\ M_H$.
c) $0,02\ M_H$.
d) $0,02\ (M_B + M_H)$.
e) $0,02\ (M_B - M_H)$.

Resolução:

Balão com as amarras cortadas:

2ª Lei de Newton: $E - P = (M_B + M_H)\ a$

$E - (M_B + M_H)\ 10 = (M_B + M_H)\ 0,2$

Logo: $E = (M_B + M_H)\ 10,2$

Balão em repouso com as amarras cortadas, mas com um lastro de massa **m**:

$P' = E \Rightarrow (M_B + M_H + m)\ 10 = (M_B + M_H)\ 10,2$

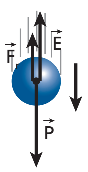
$M_B + M_H + m = 1,02\ M_B + 1,02\ M_H$

Donde: $\boxed{m = 0,02\ (M_B + M_H)}$

Resposta: d

101 Um corpo constituído de um material de peso específico de $2,4 \cdot 10^4$ N/m³ tem volume externo de $2,0 \cdot 10^3$ cm³. Abandonado no interior da água (densidade de 1,0 g/cm³), ele move-se verticalmente, sofrendo a ação de uma força resistente cuja intensidade é dada pela expressão $F_r = 56\,V$ (SI), em que **V** é o módulo de sua velocidade. Sendo g = 10 m/s², calcule a velocidade-limite do corpo, isto é, a máxima velocidade atingida em todo o movimento.

Resolução:



O corpo atinge a velocidade limite a partir do instante em que:

$F_r + E = P$

$56v_{lim} + \mu_a\,V\,g = \rho\,V$

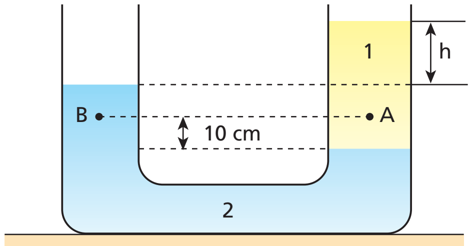
$56v_{lim} + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 2,4 \cdot 10^4 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3}$

$\boxed{v_{lim} = 0,50\ \text{m/s} = 50\ \text{cm/s}}$

Resposta: 50 cm/s

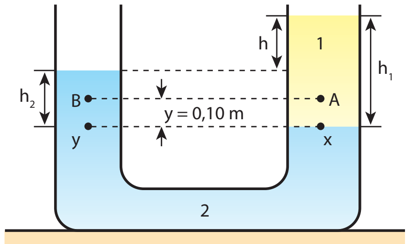
102 (Vunesp-FMJ-SP) O sistema de vasos comunicantes representado na figura contém dois líquidos imiscíveis, 1 e 2, de densidades ρ_1 e ρ_2, respectivamente. A diferença de pressão entre os pontos **A** e **B** é igual a $1,0 \cdot 10^3$ Pa e a densidade do líquido mais denso é igual a $2,0 \cdot 10^3$ kg/m³.

Dado: g = 10 m/s²



a) Determine a densidade do líquido menos denso.
b) Estabeleça a relação entre a distância da superfície de separação dos líquidos e a superfície livre de cada líquido e o desnível **h**.

Resolução:



$p_y = p_x \Rightarrow \rho_2\,g\,y + p_B = \rho_1\,g\,y + p_A$

$g\,y\,(\rho_2 - \rho_1) = p_A - p_B$

$10 \cdot 0,10\,(2,0 \cdot 10^3 - \rho_1) = 1,0 \cdot 10^3$

Da qual:

$\boxed{\rho_1 = 1,0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3}$

b) $p_y = p_x$

$\rho_2\,g\,h_2 + p_{atm} = \rho_1\,g\,h_1 + p_{atm}$

$2,0 \cdot 10^3\,h_2 = 1,0 \cdot 10^3\,h_1$

$h_1 = 2h_2$ (I)

$h_1 - h_2 = h$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$2h_2 - h_2 = h \Rightarrow h_2 = h$

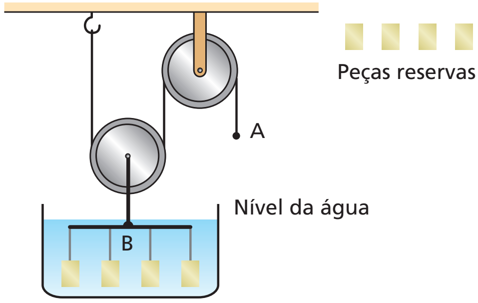
$\boxed{\frac{h_2}{2} = 1}$

De (I): $h_1 = 2h_2 \Rightarrow h_1 = 2\,h$

$\boxed{\frac{h_1}{h} = 2}$

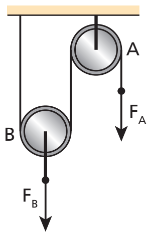
Respostas: a) $1,0 \cdot 10^3$ kg/m³; b) 2

103 No sistema de polias da figura, considere que no ponto **B** estão presas quatro peças iguais de metal, as quais estão mergulhadas em água, e que no ponto **A**, inicialmente livre, pode-se também fixar peças de metal reservas, iguais às citadas anteriormente. Desprezando-se as massas dos fios, dos conectores e das polias, assim como todos os atritos, pode-se afirmar que:



a) o ponto **B** se movimentará para baixo se colocarmos duas peças reservas no ponto **A**;
b) o ponto **B** se movimentará para cima se colocarmos duas peças reservas no ponto **A**;
c) o ponto **B** se manterá em equilíbrio se deslocarmos duas peças desse ponto para o ponto **A**;
d) o ponto **B** se movimentará para baixo se colocarmos as quatro peças reservas no ponto **A**;
e) o ponto **B** se manterá em equilíbrio se colocarmos duas peças reservas no ponto **A**.

Resolução:

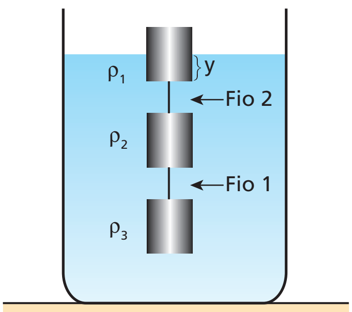


$$\left.\begin{array}{l} F_A = T \\ F_B = 2\,T \end{array}\right\} F_B = 2\,F_A$$

Se não houvesse a imersão na água, 2 peças de metal conectadas em **A** equilibrariam 4 peças de metal presas em **B**. A imersão dessas 4 peças na água reduz, devido ao empuxo, a solicitação no eixo da polia **B**, que é acelerado para cima.

Resposta: b

104 (Olimpíada Brasileira de Física) Três cilindros de mesma área da base **A** e altura **h** têm densidades $\rho_1 = 0{,}3\rho$, $\rho_2 = 1{,}1\rho$ e $\rho_3 = 1{,}2\rho$, em que ρ é a densidade da água. Esses três objetos estão ligados entre si por fios de massas desprezíveis e estão em equilíbrio num reservatório com água, como representado na figura abaixo.



Calcule as intensidades das trações nos fios 1 e 2 e o comprimento **y** da parte submersa do cilindro de densidade ρ_1. A aceleração da gravidade tem módulo **g**.

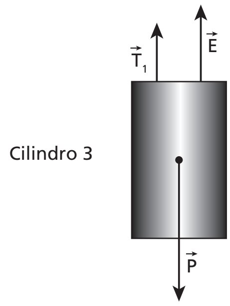
Resolução:

(I)

$T_1 + E = P$

$T_1 + \rho\,V\,g = 1{,}2\,\rho\,V\,g$

$T_1 = 0{,}2\,\rho\,V\,g \Rightarrow \boxed{T_1 = 0{,}2\,\rho\,A\,h\,g}$



(II)

$T_2 + E = T_1 + P$

$T_2 + \rho\,V\,g = 0{,}2\,\rho\,V\,g + 1{,}1\,\rho\,V\,g$

$T_2 = 0{,}3\,\rho\,V\,g \Rightarrow \boxed{T_1 = 0{,}3\,\rho\,A\,h\,g}$

(III) Equilíbrio do sistema:

$E_{total} = P_{total}$

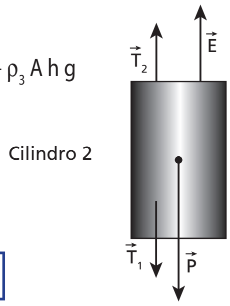
$\rho\,(2\,A\,h + A\,y)\,g = \rho_1\,A\,h\,g + \rho_2\,A\,h\,g + \rho_3\,A\,h\,g$

$\rho\,(2h + y) = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)\,h$

$\rho\,y = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)\,h - 2\,\rho\,h$

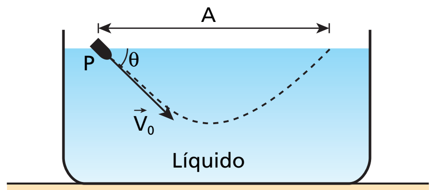
$\rho\,y = (0{,}3\rho + 1{,}1\rho + 1{,}2\rho)\,h - 2\,\rho\,h$

Donde: $\boxed{y = 0{,}6\,h}$



Respostas: $0{,}2\,\rho\,A\,h\,g$; $0{,}3\,\rho\,A\,h\,g$; $0{,}6\,h$

105 (Aman-RJ) Mergulha-se a boca de uma espingarda de rolha no ponto **P** da superfície de um líquido de densidade 1,50 g/cm³ contido em um tanque. Despreze o atrito viscoso e considere que no local a aceleração da gravidade tem módulo 10,0 m/s². O cano da espingarda forma um ângulo (θ) de 45° abaixo da horizontal.



Supondo-se que a velocidade inicial ($\vec{V}_0$) da rolha tenha módulo igual a 6,0 m/s e que sua densidade seja igual a 0,60 g/cm³, pode-se afirmar que a rolha irá aflorar à superfície da água a uma distância (**A**) do ponto **P** igual a:

a) 1,4 m. b) 1,8 m. c) 2,4 m. d) 2,5 m. e) 2,8 m.

Resolução:

(I) 2ª Lei de Newton:

$E - P = m\,a$

$\mu_L\,V\,g - \mu_R\,V\,g = \mu_R\,V\,a$

$$a = \frac{(\mu_L - \mu_R)}{\mu_R}\,g$$

$$a = \frac{(1{,}50 - 0{,}60)}{0{,}60}\;10{,}0\ (\text{m/s}^2)$$

$\boxed{a = 15{,}0\ \text{m/s}^2}$

(II) Do movimento balístico:

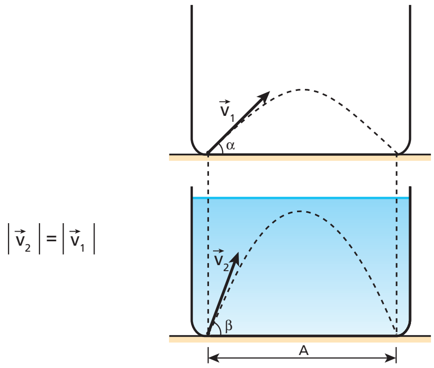
$$A = \frac{v_0^2\,\text{sen}\,2\theta}{a}\ (a = \text{gravidade aparente})$$

$$A = \frac{(6{,}0)^2\,\text{sen}\,(2 \cdot 45°)}{15{,}0}\ (\text{m})$$

Donde: $\boxed{A = 2{,}4\ \text{m}}$

Resposta: c

106 Um projétil de densidade ρ_p é lançado com um ângulo α em relação à horizontal no interior de um recipiente vazio. A seguir, o recipiente é preenchido com um superfluido de densidade ρ_s, e o mesmo projétil é novamente lançado dentro dele, só que sob um ângulo $\boldsymbol{\beta}$ em relação à horizontal. Observa-se, então, que, para uma velocidade inicial $\vec{V}$ do projétil, de mesmo módulo que a do experimento anterior, não se altera seu alcance horizontal **A**.
Veja as figuras abaixo.



Sabendo-se que são nulas as forças de atrito num superfluido, pode-se então afirmar, com relação ao ângulo $\boldsymbol{\beta}$ de lançamento do projétil, que:

a) $\text{sen}\ \beta = (1 - \frac{\rho_s}{\rho_p})\ \text{sen}\ \alpha$

b) $\text{sen}\ 2\beta = (1 - \frac{\rho_s}{\rho_p})\ \text{sen}\ 2\alpha$

c) $\text{sen}\ 2\beta = (1 + \frac{\rho_s}{\rho_p})\ \text{sen}\ 2\alpha$

d) $\cos \beta = (1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}) \cos \alpha$

e) $\cos 2\beta = (1 + \frac{\rho_s}{\rho_p})\ \text{sen}\ 2\alpha$

Resolução:

(I) Cálculo da gravidade aparente no movimento do projétil no interior do superfluido:

$m\, g_{ap} = P - E$

$\rho_P\, V\, g_{ap} = \rho_P\, V\, g - \rho_S\, V\, g$

Donde: $\boxed{g_{ap} = \left(1 - \frac{\rho_S}{\rho_P}\right) g}$ (I)

(II) Do movimento balístico:

$A = \frac{v_0^2\ \text{sen}\ 2\theta}{g}$

Como $A_2 = A_1 \Rightarrow \frac{v_0^2\ \text{sen}\ 2\beta}{g_{ap}} = \frac{v_0^2\ \text{sen}\ 2\alpha}{g}$

$\text{sen}\ 2\beta = \frac{g_{ap}}{g}\ \text{sen}\ 2\alpha$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$$\text{sen}\ 2\beta = \frac{\left(1 - \frac{\rho_S}{\rho_P}\right) g}{g}\ \text{sen}\ 2\alpha$$

Donde: $\boxed{\text{sen}\ 2\beta = \left(1 - \frac{\rho_S}{\rho_P}\right) \text{sen}\ 2\alpha}$

Resposta: b