FÍSICA

Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Aceleração da gravidade: $10\ m/s^2$. 1,0 cal = = 4,2 J = $4{,}2 \times 10^7$ erg. Calor específico da água: 1,0 cal/g.K. Massa específica da água: $1{,}0\ g/cm^3$.

Massa específica do ar: $1{,}2\ kg/m^3$. Velocidade do som no ar: 340 m/s.

1

Considere um corpo esférico de raio r totalmente envolvido por um fluido de viscosidade η com velocidade média v. De acordo com a lei de Stokes, para baixas velocidades, esse corpo sofrerá a ação de uma força de arrasto viscoso dada por $F = -6\pi r \eta v$. A dimensão de η é dada por

a) $m.s^{-1}$ b) $m.s^{-2}$ c) $kg.m.s^{-2}$

d) $kg.m.s^{-3}$ e) $kg.m^{-1}s^{-1}$

Resolução

$$F = -6\,\pi\,\eta\,r\,V$$

$$[F] = [\eta]\,[r]\,[V]$$

$$MLT^{-2} = [\eta]\,L\,L\,T^{-1}$$

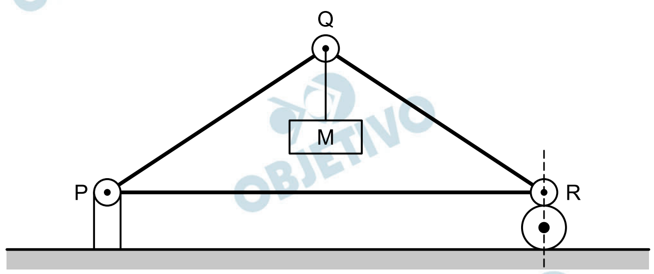
$$\boxed{[\eta] = M\,L^{-1}\,T^{-1}}$$

$$\boxed{\mu[\eta] = kg\,.\,m^{-1}s^{-1}}$$

Resposta: E

2

Três barras de peso desprezível, articuladas nos pinos P, Q e R, constituem uma estrutura vertical em forma de triângulo isósceles com 6,0 m de base e 4,0 m de altura, que sustenta uma massa M suspensa em Q em equilíbrio estático. O pino P também é articulado no seu apoio fixo, e o pino R apoia-se verticalmente sobre o rolete livre.

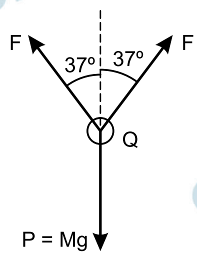


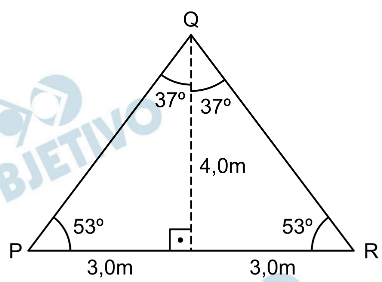
Sendo de $1,5 \times 10^4$ N e $5,0 \times 10^3$ N os respectivos valores máximos das forças de tração e compressão suportáveis por qualquer das barras, o máximo valor possível para M é de

a) $3,0 \times 10^2$ kg. b) $4,0 \times 10^2$ kg. c) $8,0 \times 10^2$ kg.
d) $2,4 \times 10^3$ kg. e) $4,0 \times 10^3$ kg.

Resolução

1) Forças atuantes em Q:

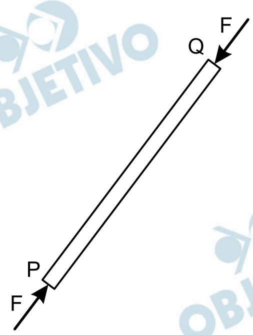




Para o equilíbrio do ponto Q:
2F cos 37° = P

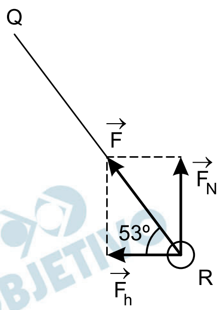
$$2F \cdot 0{,}80 = M \cdot 10 \Rightarrow F = \frac{10M}{1{,}6} \text{ (SI)}$$

2) A barra P Q está sendo comprimida pela força de intensidade F:



$$F_{máx} = \frac{10M_1}{1{,}6} = 5{,}0 \cdot 10^3$$

$$\boxed{M_1 = 8{,}0 \cdot 10^2 \text{kg}}$$

3) 

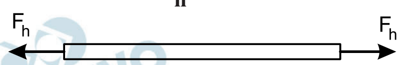
A força resultante entre a força normal $\vec{F}_N$ e a força $\vec{F}_h$ aplicada haste PR deve ser igual à força de compressão F aplicada na haste RQ.

$F_h = F \cos 53°$

$$F_h = \frac{10M}{1,6}\ 0,60\ \text{(SI)}$$

$$\boxed{F_h = \frac{6,0M}{1,6}\ \text{(SI)}}$$

A haste P R estará sendo tracionada pela força de intensidade F_h:



$$F_{máx} = \frac{6,0M_2}{1,6} = 1,5 \cdot 10^4\ \text{(SI)}$$

$$\boxed{M_2 = 4,0 \cdot 10^3 \text{kg}}$$

Para que nenhuma das barras se rompa, devemos usar o menor valor entre M_1 e M_2:

$$\boxed{M_{máx} = 8,0 \cdot 10^2 \text{kg}}$$

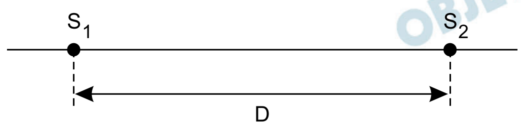
Resposta: C

No sistema de sinalização de trânsito urbano chamado de "onda verde", há semáforos com dispositivos eletrônicos que indicam a velocidade a ser mantida pelo motorista para alcançar o próximo sinal ainda aberto. Considere que de início o painel indique uma velocidade de 45 km/h. Alguns segundos depois ela passa para 50 km /h e, finalmente, para 60 km/h. Sabendo que a indicação de 50 km/h no painel demora 8,0 s antes de mudar para 60 km/h, então a distância entre os semáforos é de

a) $1{,}0 \times 10^{-1}$ km.
b) $2{,}0 \times 10^{-1}$ km.
c) $4{,}0 \times 10^{-1}$ km.
d) 1,0 km.
e) 1,2 km.

Resolução

Consideremos dois semáforos, S_1 e S_2, separados por uma distância D.



Um primeiro carro, A, passa por S_1 e deverá manter uma velocidade escalar de 45km/h para pegar S_2 aberto, gastando um tempo T_1.
Um segundo carro, B, passa por S_1 e deverá manter uma velocidade escalar de 50km/h para pegar S_2 aberto, gastando um tempo T_2.
Portanto: $T_1 - T_2 = 8{,}0$s.
$\Delta s = Vt$ (MU)

$$D = \frac{45}{3{,}6} \cdot T_1 = \frac{50}{3{,}6} T_2$$

$$T_1 = \frac{3{,}6D}{45} \text{ e } T_2 = \frac{3{,}6D}{50}$$

$$\frac{3{,}6D}{45} - \frac{3{,}6D}{50} = 8{,}0 \text{ (SI)}$$

$$\frac{3{,}6(20D - 18D)}{900} = 8{,}0$$

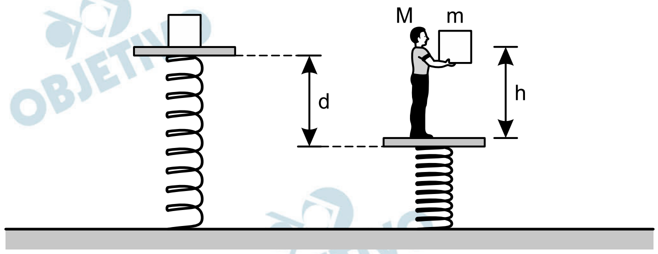
$$2D = \frac{7\,200}{3{,}6}$$

D = 1 000m

$$\boxed{D = 1{,}0\text{km}}$$

Resposta: D

Um bloco de massa m encontra-se inicialmente em repouso sobre uma plataforma apoiada por uma mola, como visto na figura.



Em seguida, uma pessoa de massa M sobe na plataforma e ergue o bloco até uma altura h da plataforma, sendo que esta se desloca para baixo até uma distância d. Quando o bloco é solto das mãos, o sistema (plataforma+pessoa+mola) começa a oscilar e, ao fim da primeira oscilação completa, o bloco colide com a superfície da plataforma num choque totalmente inelástico. A razão entre a amplitude da primeira oscilação e a da que se segue após o choque é igual a

a) $\sqrt{(m+M)} / \sqrt{2\pi M}$.
b) $\sqrt{(M-m)h} / \sqrt{2dM}$.
c) $\sqrt{(M+m)h} / \sqrt{2dM}$.
d) $\sqrt{(M-m)d} / \sqrt{2hM}$.
e) $\sqrt{(M+m)d} / \sqrt{hM}$.

Resolução

1) **O acréscimo de deformação da mola é provocado pelo peso da pessoa:**

$$Mg = k\,d \Rightarrow \boxed{k = \frac{Mg}{d}}$$

2) **Na posição de equilíbrio:**

$$F_e = (M + m)\,g$$

Quando m é abandonada, a aceleração adquirida pela pessoa é dada por:

$$F_e - Mg = M\,a$$

$$(M + m)\,g - Mg = M\,a$$

$$\boxed{a = \frac{m\,g}{M}}$$

Esta aceleração é a aceleração máxima do MHS e é dada por:

$$a = a_{máx} = \frac{m\,g}{M} = \omega^2 A_1 \quad (1)$$

Por outro lado: $k = M\,\omega^2 \Rightarrow \frac{M\,g}{d} = M\,\omega^2$

$$\boxed{\omega^2 = \frac{g}{d}} \quad (2)$$

Substituindo-se (2) em (1), vem:

$$\frac{m\,g}{M} = \frac{g}{d} \cdot A_1 \Rightarrow \boxed{A_1 = \frac{m\,d}{M}}$$

3) A velocidade do bloco m no instante da colisão é dada por:

$V_1^2 = 0 + 2\,g\,h \Rightarrow V_1 = \sqrt{2\,g\,h}$

4) No instante da colisão, a plataforma completou sua oscilação e voltou ao repouso.
Usando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_f = Q_i$

$(M + m)\,V_2 = m\,V_1$

$(M + m)\,V_2 = m\sqrt{2\,g\,h}$

$$\boxed{V_2 = \frac{m}{M + m}\sqrt{2\,g\,h}}$$

5) A nova posição de equilíbrio corresponde à posição da plataforma no instante em que o bloco m foi abandonado e portanto V_2 será a velocidade máxima do novo MHS.

6) A nova pulsação será dada por:

$k = (M + m)\,\omega_1^2$

$$\omega_1^2 = \frac{k}{M + m} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{M + m}}$$

7) A nova amplitude de oscilação A_2 é dada por:

$V_2 = \omega_1\,A_2$

$$\frac{m}{M + m}\sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{\frac{k}{M + m}}\,A_2$$

$$A_2 = \frac{m\sqrt{2\,g\,h}}{M + m}\sqrt{\frac{M + m}{k}}$$

$$\boxed{A_2 = \frac{m}{M + m}\sqrt{\frac{2\,g\,h\,(M + m)}{k}}}$$

$$A_2 = \frac{m}{M + m}\sqrt{\frac{2\,g\,h\,(M + m)}{\dfrac{M\,g}{d}}}$$

$$A_2 = \frac{m}{M + m}\sqrt{\frac{2\,d\,h\,(M + m)}{M}}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{m\,d}{M} \cdot \frac{M + m}{m}\sqrt{\frac{M}{2\,d\,h\,(M + m)}}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{(M + m)\,d}{M}\sqrt{\frac{M}{2\,d\,h\,(M + m)}}$$

$$\boxed{\frac{A_1}{A_2} = \sqrt{\frac{(M + m)}{M} \frac{d}{2\,h}}}$$

Resposta: **SEM RESPOSTA**

A partir do repouso, um foguete de brinquedo é lançado verticalmente do chão, mantendo uma aceleração constante de 5,00m/s^2 durante os 10,0 primeiros segundos. Desprezando a resistência do ar, a altura máxima atingida pelo foguete e o tempo total de sua permanência no ar são, respectivamente, de

a) 375m e 23,7s. b) 375m e 30,0s.
c) 375m e 34,1s. d) 500m e 23,7s.
e) 500m e 34,1s.

Resolução

1) **Cálculo da altura após 10,0s:**

$$H = H_0 + V_0 t + \frac{\gamma}{2} t^2$$

$$H = 0 + 0 + \frac{5,00}{2} \cdot 100 \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{H_1 = 250\text{m}}$$

2) **Cálculo da velocidade escalar após 10,0s:**

$$V = V_0 + \gamma t$$
$$H = 0 + 5,0 \cdot 10,0 \text{(m/s)} \Rightarrow \boxed{V_1 = 50,0\text{m/s}}$$

3) **Cálculo da altura máxima atingida:**

$$V^2 = V_1^2 + 2\gamma\, \Delta H$$
$$0 = 2500 + 2(-10,0)(H_{máx} - 250)$$
$$20,0\,(H_{máx} - 250) = 2500$$
$$H_{máx} = 125 + 250 \text{ (m)}$$
$$\boxed{H_{máx} = 375\text{m}}$$

4) **Cálculo do tempo sob ação da gravidade:**

$$h = H_1 + V_1 t + \frac{\gamma}{2} t^2$$
$$0 = 250 + 50,0\, T_1 - 5,0\, T_1^2$$
$$5,0\, T_1^2 - 50,0\, T_1 - 250 = 0$$
$$T_1^2 - 10,0\, T_1 - 50,0 = 0$$
$$T_1 = \frac{10,0 \pm \sqrt{100 + 200}}{2} \text{ (s)}$$
$$\boxed{T_1 \cong 13,7\text{s}}$$

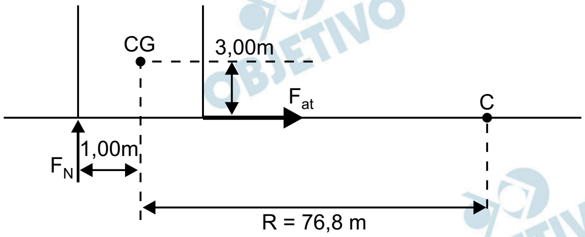
5) **O tempo total:** $T = T_1 + 10,0\text{s} \Rightarrow \boxed{T = 23,7\text{s}}$

Resposta: A

Um caminhão baú de 2,00m de largura e centro de gravidade a 3,00m de chão percorre um trecho de estrada em curva com 76,8m de raio. Para manter a estabilidade do veículo neste trecho, sem derrapar, sua velocidade não deve exceder a

a) 5,06m/s. b) 11,3m/s. c) 16,0m/s.
d) 19,6m/s. e) 22,3m/s.

Resolução



1) **Na iminência de tombamento, o somatório dos torques em relação ao CG é nulo:**

$$F_{at} \cdot 3{,}00 = F_N \cdot 1{,}00$$

$$F_{at} \cdot 3{,}00 = m \cdot 10$$

$$\boxed{F_{at} = \frac{10m}{3{,}00}}$$

2) **A força de atrito faz o papel de resultante centrípeta:**

$$F_{at} = \frac{m\,V^2}{R}$$

$$\frac{10m}{3{,}00} = \frac{m\,V^2}{76{,}8}$$

$$V^2 = 256 \text{ (SI)} \Rightarrow \boxed{V = 16{,}0\text{m/s}}$$

Resposta: C

Considere duas estrelas de um sistema binário em que cada qual descreve uma órbita circular em torno do centro de massa comum. Sobre tal sistema são feitas as seguintes afirmações:

I. O período de revolução é o mesmo para as duas estrelas.

II. Esse período é função apenas da constante gravitacional, da massa total do sistema e da distância entre ambas as estrelas.

III. Sendo R_1 e R_2 os vetores posição que unem o centro de massa do sistema aos respectivos centros de massa das estrelas, tanto R_1 como R_2 varrem áreas de mesma magnitude num mesmo intervalo de tempo.

Assinale a alternativa correta.

a) Apenas a afirmação I é verdadeira.

b) Apenas a afirmação II é verdadeira.

c) Apenas a afirmação III é verdadeira.

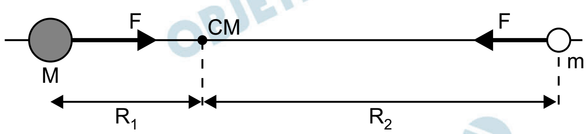
d) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.

e) Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.

Resolução

I) (V) As estrelas estão sempre alinhadas com o centro de massa e portanto terão a mesma velocidade angular e o mesmo período de translação.

II) (V)



$d = R_1 + R_2$

1) Posição do centro de massa:

$$R_1 = \frac{M \cdot 0 + m \cdot (R_1 + R_2)}{M + m}$$

$$\boxed{R_1 = \frac{m\,d}{M + m}}$$

2) $F = F_{cp}$

$$\frac{G\,M\,m}{d^2} = M \cdot \omega^2 \cdot \frac{m\,d}{M + m}$$

$$\frac{G\,(M + m)}{d^2} = \omega^2\,d$$

$$\omega^2 = \frac{G\,(M + m)}{d^3} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{G\,(M+m)}{d^3}$$

$$T^2 = \frac{4\,\pi^2\,d^3}{G\,(M+m)} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{d^3}{G\,(M+m)}}}$$

T só depende de G, de (M + m) e de d.

III) (F)
Para o mesmo intervalo de tempo, o vetor posição de módulo maior varre área maior.

Resposta: D

8

Um cubo de peso P_1, construído com um material cuja densidade é ρ_1, dispõe de uma região vazia em seu interior e, quando inteiramente imerso em um líquido de densidade ρ_2, seu peso reduz-se a P_2. Assinale a expressão com o volume da região vazia deste cubo.

a) $\dfrac{P_1 - P_2}{g\rho_2} - \dfrac{P_1}{g\rho_1}$

b) $\dfrac{P_1 - P_2}{g\rho_1} - \dfrac{P_1}{g\rho_2}$

c) $\dfrac{P_1 - P_2}{g\rho_2} - \dfrac{P_2}{g\rho_2}$

d) $\dfrac{P_2 - P_1}{g\rho_1} - \dfrac{P_2}{g\rho_1}$

e) $\dfrac{P_2 - P_1}{g\rho_1} - \dfrac{P_2}{g\rho_2}$

Resolução

1) Cálculo de volume total V:

$$P_2 = P_1 - E$$

$$P_2 = P_1 - \rho_2\,V\,g$$

$$\rho_2\,V\,g = P_1 - P_2$$

$$\boxed{V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_2\,g}}$$

2) Volume do material:

$$P_1 = \rho_1\,V_1\,g$$

$$\boxed{V_1 = \frac{P_1}{\rho_1\,g}}$$

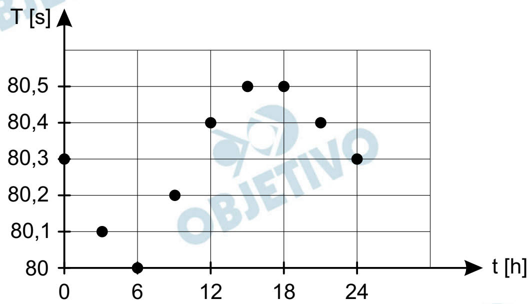
3) Cálculo do volume da parte vazia:

$$V_0 = V - V_1$$

$$\boxed{V_0 = \frac{P_1 - P_2}{\rho_2\,g} - \frac{P_1}{\rho_1\,g}}$$

Resposta: A

Um pêndulo simples é composto por uma massa presa a um fio metálico de peso desprezível. A figura registra medidas do tempo T em segundos, para 10 oscilações completas e seguidas do pêndulo ocorridas ao longo das horas do dia, t.



Considerando que neste dia houve uma variação térmica total de 20°C, assinale o valor do coeficiente de dilatação térmica do fio deste pêndulo.

a) $2 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$
b) $4 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$
c) $6 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$
d) $8 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$
e) $10 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$

Resolução

Vamos considerar na resolução que o trecho do enunciado que diz "considerando que neste dia houve uma variação térmica total de 20°C" refira-se à máxima diferença de temperaturas verificada nesse dia, o que ocorreu entre 6h e 18h, segue-se que:

(I) $10\,T_2 - 10\,T_1 = 80{,}5 - 80{,}0$

$$\boxed{T_2 - T_1 = 5{,}0 \,.\, 10^{-2}\,s} \quad (1)$$

(II) $T_2 = 2\pi \sqrt{\dfrac{L_2}{g}} \Rightarrow T_2 = 2\pi \sqrt{\dfrac{L_1(1 + \alpha\,\Delta\theta)}{g}}$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L_1}{g}}$$

Logo: $\dfrac{T_2}{T_1} = \dfrac{2\pi \sqrt{\dfrac{L_1\,(1 + \alpha\,\Delta\theta)}{g}}}{2\pi \sqrt{\dfrac{L_1}{g}}}$

Com $\Delta\theta = 20°C$, vem:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{1 + \alpha\,20} \Rightarrow \boxed{T_2 = \sqrt{1 + \alpha\,20}\,.\,T_1} \quad (2)$$

(III) **(2) em (1) e lembrando-se de que**

$$T_1 = \frac{80}{10}\,s = 8{,}0\,s, \text{ vem:}$$

$$\sqrt{1 + \alpha\,20}\ .\ T_1 - T_1 = 5{,}0\ .\ 10^{-2}$$

$$T_1\,(\sqrt{1 + \alpha\,20} - 1) = 5{,}0\ .\ 10^{-2}$$

$$8{,}0\,(\sqrt{1 + \alpha\,20} - 1) = 5{,}0\ .\ 10^{-2}$$

$$\sqrt{1 + \alpha\,20} = 1{,}00625$$

Da qual:

$$\boxed{\alpha \cong 6\ .\ 10^{-4}\ °C^{-1}}$$

Resposta: C

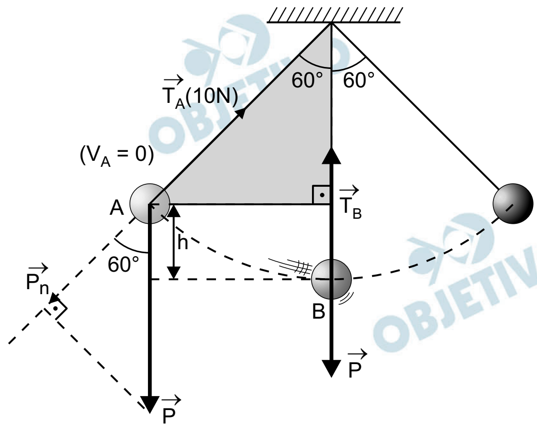
10

Um pêndulo simples oscila com uma amplitude máxima de 60° em relação à vertical, momento em que a tensão no cabo é de 10 N. Assinale a opção com o valor da tensão no ponto em que ele atinge sua velocidade máxima.

a) 10 N b) 20 N c) 30 N
d) 40 N e) 50 N

Resolução

I)



$$\cos 60° = \frac{L - h}{L}$$

$$\frac{L}{2} = L - h$$

Da qual: $\boxed{h = \frac{L}{2}}$

II) A resultante centrípeta no ponto A é nula, já que a velocidade nesse ponto é nula.
Logo:

$$P_n = T_A \Rightarrow P \cos 60° = T_A \Rightarrow P \cdot \frac{1}{2} = 10$$

$$\boxed{P = 20\ N}$$

III) Conservação de energia mecânica:

$$E_{m_B} = E_{m_A} \text{ (referencial em B)}$$

$$\frac{mV_B^2}{2} = m\,g\,h \Rightarrow mV_B^2 = 2P\,\frac{L}{2}$$

$$mV_B^2 = 2 \cdot 20\,\frac{L}{2} \Rightarrow \boxed{mV_B^2 = 20\ L}$$

IV) O ponto B é o local da trajetória em que a velocidade tem intensidade máxima.

Em B:

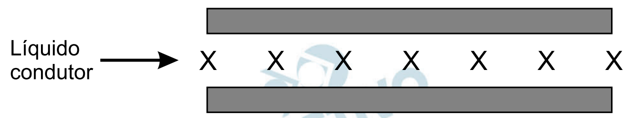
$T_B - P = F_{cp_B}$

$$T_B - P = \frac{mV_B^2}{L} \Rightarrow T - 20 = \frac{20\ L}{L}$$

$$T - 20 = 20 \Rightarrow \boxed{T = 40\ N}$$

Resposta: D

Um líquido condutor (metal fundido) flui no interior de duas chapas metálicas paralelas, interdistantes de 2,0 cm, formando um capacitor plano, conforme a figura. Toda essa região interna está submetida a um campo homogêneo de indução magnética de 0,01 T, paralelo aos planos das chapas, atuando perpendicularmente à direção da velocidade do escoamento.

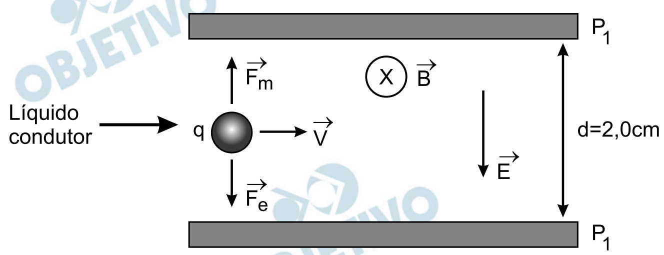


Assinale a opção com o módulo dessa velocidade quando a diferença de potencial medida entre as placas for de 0,40 m V.

a) 2 cm/s b) 3 cm/s c) 1 m/s
d) 2 m/s e) 5 m/s

Resolução

Vamos supor que o líquido condutor contenha partículas eletrizadas que estejam deslocando-se com a mesma velocidade de escoamento do fluido.



O movimento das partículas é retilíneo e uniforme. Assim, a força magnética e a força elétrica se equilibram.

1. Cálculo do módulo do campo elétrico entre as placas P_1 e P_2:

$$\mathbf{E \, . \, d = U}$$

$$\mathbf{E = \frac{U}{d} = \frac{4{,}0 \, . \, 10^{-4} V}{2{,}0 \, . \, 10^{-2} m} \Rightarrow E = 2{,}0 \, . \, 10^{-2} V/m}$$

2. Cálculo do módulo da velocidade:

$$|\vec{F}_m| = |\vec{F}_e|$$

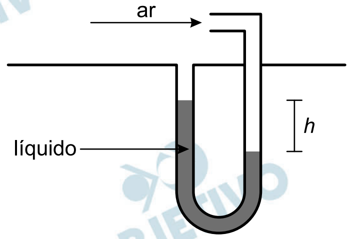
$$|q| \, . \, V \, . \, B = |q| \, . \, E$$

$$V = \frac{E}{B} \Rightarrow V = \frac{2{,}0 \, . \, 10^{-2}}{1{,}0 \, . \, 10^{-2}} \text{ (m/s)}$$

$$\boxed{V = 2{,}0 m/s}$$

Resposta: D

Um estudante usa um tubo de Pitot esquematizado na figura para medir a velocidade do ar em um túnel de vento. A densidade do ar é igual a 1,2 kg/m^3 e a densidade do líquido é $1,2 \times 10^4$ kg/m^3, sendo h = 10 cm.



Nessas condições a velocidade do ar é aproximadamente igual a

a) 1,4 m/s

b) 14 m/s

c) $1,4 \times 10^2$ m/s

d) $1,4 \times 10^3$ m/s

d) $1,4 \times 10^4$ m/s

Resolução

A pressão hidrostática do líquido é equilibrada pela pressão dinâmica do ar:

$$\mu_L \, g \, h = \frac{\mu_{ar} V_{ar}^2}{2}$$

$$1{,}2 \,.\, 10^4 \,.\, 10 \,.\, 0{,}10 = \frac{1{,}2}{2} V_{ar}^2$$

$$V_{ar}^2 = 2{,}0 \,.\, 10^4 \text{ (SI)}$$

$$\boxed{V_{ar} = 1{,}4 \,.\, 10^2 \text{ m/s}}$$

Resposta: C

Balão com gás Hélio inicialmente a 27°C de temperatura e pressão de 1,0 atm, as mesmas do ar externo, sobe até o topo de uma montanha, quando o gás se resfria a –23°C e sua pressão reduz-se a 0,33 de atm, também as mesmas do ar externo. Considerando invariável a aceleração da gravidade na subida, a razão entre as forças de empuxo que atuam no balão nestas duas posições é

a) 0,33. b) 0,40. c) 1,0.

d) 2,5. e) 3,0.

Resolução

Da Equação de Clapeyron, obtemos a densidade μ do ar no alto da montanha.

$$pV = n\,R\,T$$

$$pV = \frac{m}{M}\,RT \quad (M = \text{massa molar média do ar})$$

$$pV = \frac{\mu V}{M}\,RT$$

$$\mu = \frac{Mp}{RT}$$

De forma análoga, a densidade inicial μ_0 do ar é dada por:

$$\mu_0 = \frac{M\,p_0}{R\,T_0}$$

A intensidade E da força de empuxo sobre o balão é dada por:

$$E = \mu\,V\,g$$

$$E = \frac{M\,p}{R\,T}\,V\,g \qquad (1)$$

$$E = \mu_0\,V_0\,g$$

$$E_0 = \frac{M\,p_0}{R\,T_0}\,V_0\,g \;(2)$$

Dividindo a equação (1) pela equação (2), temos:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\dfrac{M\,p\,V}{R\,T}\,g}{\dfrac{M\,p_0V_0}{R\,T_0}\,g}$$

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\dfrac{p\,V}{T}}{\dfrac{p_0V_0}{T_0}}$$

Da equação geral dos gases perfeitos, temos:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$$

Portanto:

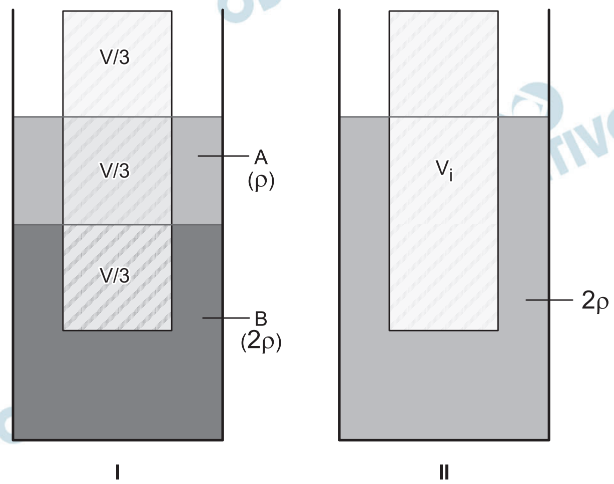
$$\frac{E}{E_0} = 1$$

Resposta: C

Um corpo flutua estavelmente em um tanque contendo dois líquidos imiscíveis, um com o dobro da densidade do outro, de tal forma que as interfaces líquido/líquido e líquido/ar dividem o volume do corpo exatamente em três partes iguais. Sendo completamente removido o líquido mais leve, qual proporção do volume do corpo permanece imerso no líquido restante?

a) 1/2 b) 1/4 c) 3/4 d) 2/5 e) 3/5

Resolução



Na situação I: E = P

$$2\,\rho\,\frac{V}{3}\,g + \rho\,\frac{V}{3}\,g = P$$

$$\rho\,V\,g = P \qquad (1)$$

Na situação II: E = P

$$2\rho\,V_i\,g = P \qquad (2)$$

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

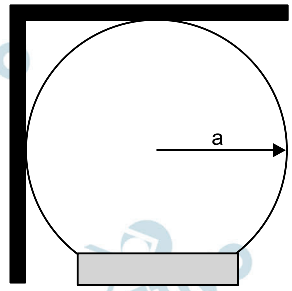
$$\rho\,V\,g = 2\rho\,V_i\,g$$

$$\boxed{V_i = \frac{V}{2}}$$

Resposta: A

15

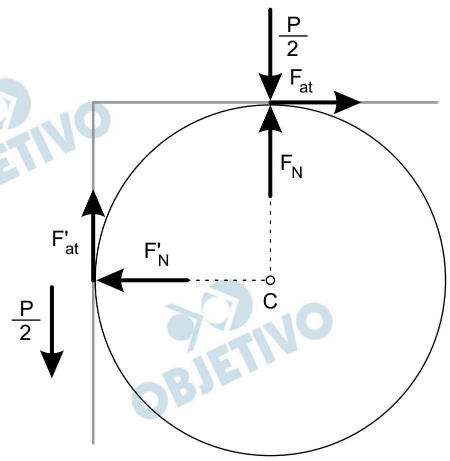
A figura mostra uma placa fina de peso P dobrada em ângulo reto e disposta sobre uma esfera fixa de raio a.



O coeficiente de atrito mínimo entre estes objetos para que a placa não escorregue é

a) 1. b) 1/2. c) $\sqrt{2} - 1$.
d) $\sqrt{3} - 1$. e) $(\sqrt{5} - 1)/2$.

Resolução



Iminência de escorregar:

$F_{at} = \mu\, F_N$

$F'_{at} = \mu\, F'_N$

1) **Condição de força resultante nula:**

$F_{at} = F'_N$

$\mu\, F_N = F'_N$

$F'_{at} + F_N = P$

$$\mu\, F_{at} + \frac{F_{at}}{\mu} = P$$

$$F_{at}\left(\mu + \frac{1}{\mu}\right) = P \quad (1)$$

2) **Condição de torque nulo em relação ao ponto C:**

$$\frac{P}{2} \cdot R = F'_{at} \cdot R + F_{at} \cdot R$$

$$F'_{at} + F_{at} = \frac{P}{2}$$

$$\mu F_{at} + F_{at} = \frac{P}{2}$$

$$F_{at}(\mu + 1) = \frac{P}{2} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{\mu + \frac{1}{\mu}}{\mu + 1} = 2 \Rightarrow \mu + \frac{1}{\mu} = 2\mu + 2$$

$$\mu^2 + 1 = 2\mu^2 + 2\mu \Rightarrow \mu^2 + 2\mu - 1 = 0$$

$$\mu = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 4}}{2} \Rightarrow \mu = \frac{-2 + 2\sqrt{2}}{2}$$

$$\boxed{\mu = (\sqrt{2} - 1)}$$

Obs.: Admitindo-se que a barra foi dobrada ao meio.

Resposta: C

Uma corda de cobre, com seção de raio r_C, está submetida a uma tensão T. Uma corda de ferro, com seção de raio r_F, de mesmo comprimento e emitindo ondas de mesma frequência que a do cobre, está submetida a uma tensão T/3. Sendo de 1,15 a razão entre as densidades do cobre e do ferro, e sabendo que ambas oscilam no modo fundamental, a razão r_C/r_F é igual a

a) 1,2. b) 0,6. c) 0,8. d) 1,6. e) 3,2.

Resolução

(I) A frequência fundamental f de uma corda cilíndrica de comprimento L e raio r, submetida a uma força de tração T, é calculada pela Equação de Lagrange-Helmholtz.

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad ①$$

Em que ρ é a densidade linear da corda $\left(\rho = \frac{m}{L}\right)$.

(II) Sendo μ a densidade volumétrica da corda, supostamente referida no enunciado, tem-se:

$$\mu = \frac{m}{Vol} = \frac{m}{\pi\, r^2\, L} \Rightarrow \mu = \frac{\rho}{\pi\, r^2}$$

Da qual: $\rho = \pi\, \mu\, r^2 \quad ②$

(III) ② **em** ①:

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\pi\, \mu r^2}}$$

(IV) No caso, $f_C = f_F$, **logo:**

$$\frac{1}{2L_C}\sqrt{\frac{T_C}{\pi\, \mu_C r_C^2}} = \frac{1}{2L_F}\sqrt{\frac{T_F}{\pi\, \mu_F r_F^2}}$$

Sendo $L_C = L_F$, $T_C = T$, $T_F = \frac{T}{3}$ **e**

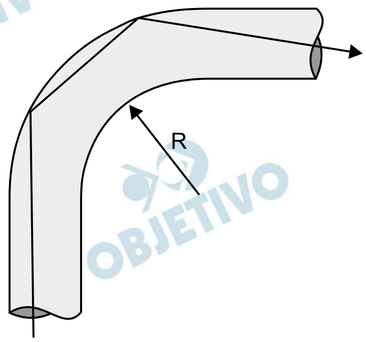
$\frac{\mu_C}{\mu_F} = 1,15$ **ou** $\mu_C = 1,15\, \mu_F$, **vem:**

$$\frac{T}{1,15\, \mu_F r_C^2} = \frac{T}{3\, \mu_F r_F^2} \Rightarrow \left(\frac{r_C}{r_F}\right)^2 = \frac{3}{1,15}$$

Da qual: $\boxed{\frac{r_C}{r_E} \cong 1,6}$

Resposta: D

Um tubo de fibra óptica é basicamente um cilindro longo e transparente, de diâmetro d e índice de refração n. Se o tubo é curvado, parte dos raios de luz pode escapar e não se refletir na superfície interna do tubo.



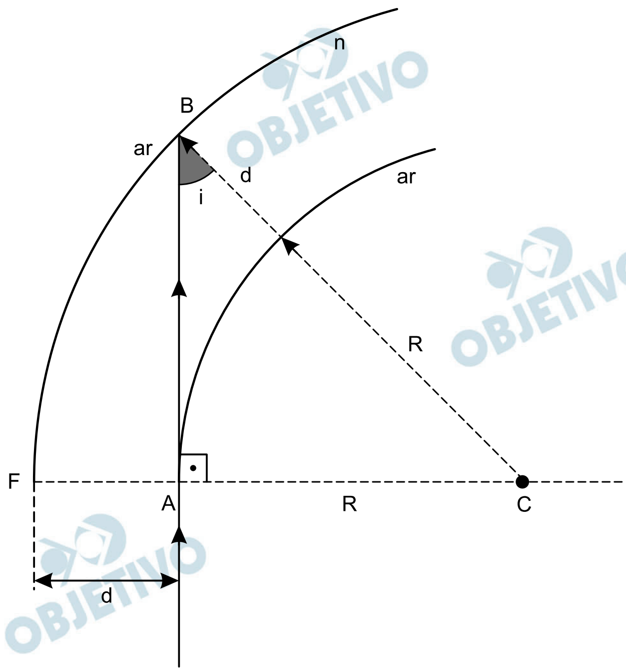
Para que haja reflexão total de um feixe de luz inicialmente paralelo ao eixo do tubo, o menor raio de curvatura interno R (ver figura) deve ser igual a

a) nd b) d/n c) d/(n – 1)

d) nd/(n – 1) e) $\sqrt{n}d/(\sqrt{n} - 1)$

Resolução

O esquema refere-se à situação de maior possibilidade de emergência do raio de luz da fibra óptica para o ar.



O seno do ângulo limite L para o dioptro fibra-ar é dado por:

$$\text{sen } L = \frac{n_{ar}}{n} = \frac{1}{n}$$

A menor incidência interna na face FB da fibra ocorre para o raio de luz que se propaga sobre a reta $\overline{AB}$. Do triângulo ABC, temos:

$$\text{sen } i = \frac{R}{(R + d)}$$

Para que ocorra reflexão total em B, a condição é i > L.

Portanto: sen i > sen L

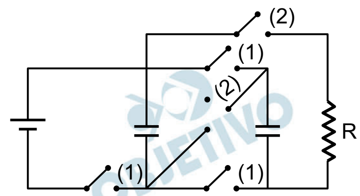
$$\frac{R}{(R + d)} > \frac{1}{n}$$

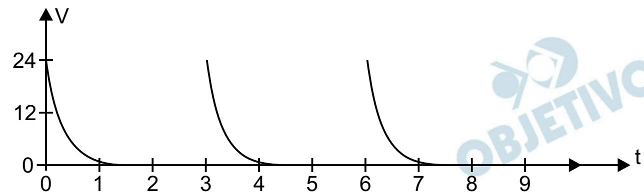
$$\boxed{R > \frac{d}{(n - 1)}}$$

Resposta: C

18

No circuito da figura há três capacitores iguais, com $C = 1\,000\mu F$, inicialmente descarregados. Com as chaves (2) abertas e as chaves (1) fechadas, os capacitores são carregados. Na sequência, com as chaves (1) abertas e as chaves (2) fechadas, os capacitores são novamente descarregados e o processo se repete.





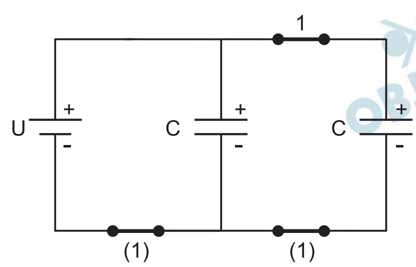
Com a tensão no resistor R variando segundo o gráfico da figura, a carga transferida pelos capacitores em cada descarga é igual a

a) $4{,}8 \times 10^{-2}C$
b) $2{,}4 \times 10^{-2}C$
c) $1{,}2 \times 10^{-2}C$
d) $0{,}6 \times 10^{-2}C$
e) $0{,}3 \times 10^{-2}C$

Resolução

1. **Com as duas chaves (1) fechadas e as chaves (2) abertas, os capacitores se carregam como mostra o circuito a seguir (fig 1).**

Fig. (1)



2. Fechando-se as duas chaves (2) e abrindo-se as três chaves (1), os capacitores mantêm a sua carga elétrica o novo circuito está mostrado na figura a seguir:

Fig. (2)

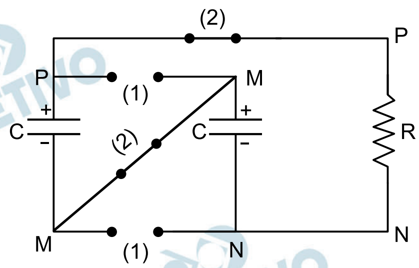
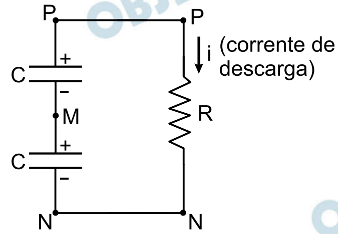


Fig. (3)



Os dois capacitores idênticos, de capacitância C, em série, têm uma capacitância equivalente igual a C/2. Sendo Q a carga de cada um deles, a associação tem uma carga total igual a Q. Portanto:

$$Q = \frac{C}{2} \cdot U$$

Do gráfico dado tiramos:
U = 24V

$$Q = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 24}{2} \qquad \boxed{Q = 1,2 \cdot 10^{-2} C}$$

Observações:

1. O enunciado mencionou três capacitores, quando na realidade são apenas dois.
2. Devemos entender também que a contagem de tempo tem sua origem (t = 0) a partir do instante em que as chaves (2) foram fechadas e (1) abertas.

Resposta: C

19

Uma bobina metálica circular de raio r, com N espiras e resistência elétrica R, é atravessada por um campo de indução magnética de intensidade B. Se o raio da bobina é aumentado de uma fração $\Delta r << r$, num intervalo de tempo Δt, e desconsiderando as perdas, a máxima corrente induzida será de

a) 2π N Br Δr / ($R\Delta t$).

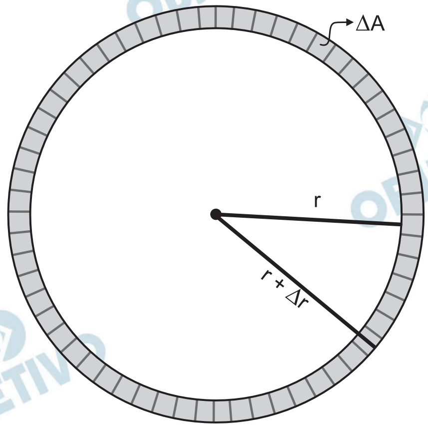
b) 2π N Br Δr^2 / ($R\Delta t$).

c) 2π N Br^2 Δr / ($R\Delta t$).

d) 2π N Br Δr / ($R^2\Delta t$).

e) 2π N Br Δr / ($R\Delta t^2$).

Resolução



A corrente elétrica irá surgir nessa bobina devido à variação da área ΔA que é atravessada pelo campo magnético, assim:

1. Cálculo da variação da área ΔA.

$\Delta A = \pi(r + \Delta r)^2 - \pi r^2$

$\Delta A = \pi(r^2 + 2r\,\Delta r + \Delta r^2) - \pi r^2$

$\Delta A = \pi r^2 + \pi\, 2r\,\Delta r + \pi\,\Delta r^2) - \pi r^2$

$\Delta A = \pi\, 2r\,\Delta r$, pois Δr^2 pode ser desprezado.

2. Na situação de máxima variação de fluxo ($\Delta\phi$), temos:

$\Delta\phi = NB\Delta A$

$\Delta\phi = NB(\pi\, 2r\,\Delta r)$

3. O módulo da força eletromotriz induzida E será dado por:

$$|E| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

$$E = \frac{2\pi\, N B r\, \Delta r}{\Delta t}$$

4. **Finalmente:**

$$i = \frac{E}{R}$$

$$\boxed{i = \frac{2\pi N B r \Delta r}{R \Delta t}}$$

Resposta: A

Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a 600nm. Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a 400nm, ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

a) 1/3. b) 2/3. c) 4/9. d) 5/9. e) 5/13.

Resolução

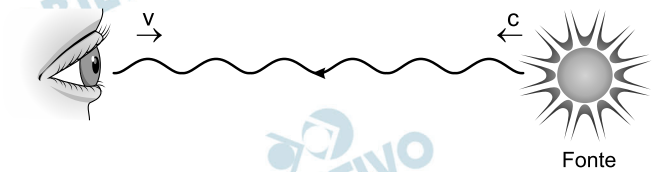
Para o Efeito Doppler relativístico, temos:

$$\frac{1}{\lambda_{obs}} = \sqrt{\frac{1 \pm \beta}{1 \mp \beta}} \cdot \frac{1}{\lambda_{fonte}}$$

na qual β é a razão entre o módulo da velocidade do observador (V) e o módulo de velocidade da luz (c):

$$\beta = \frac{V}{c}$$

No caso em que obsevador e fonte se aproximam, temos:



$$\frac{1}{\lambda_{obs}} = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} \cdot \frac{1}{\lambda_{fonte}}$$

$$\frac{1}{400} = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} \cdot \frac{1}{600}$$

$$\frac{3}{2} = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}$$

$$\frac{9}{4} = \frac{1 + \beta}{1 - \beta}$$

$9 - 9\,\beta = 4 + 4\,\beta$

$13\,\beta = 5$

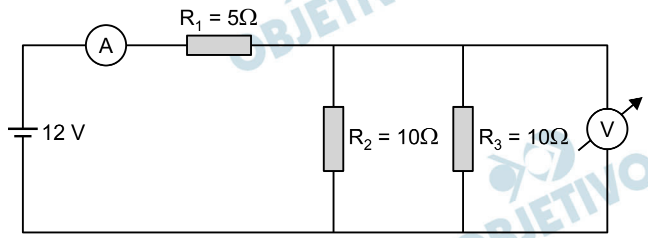
$$\boxed{\beta = \frac{5}{13}}$$

Resposta: E

As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30, devem ser desenvolvidas, justificadas e respondidas no caderno de soluções

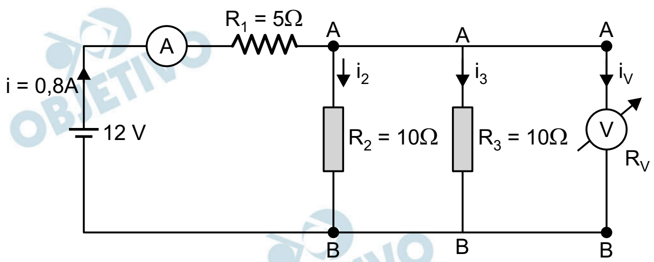
21

No circuito abaixo os medidores de corrente e tensão elétrica são reais, ou seja, possuem resistência interna. Sabendo-se que o voltímetro acusa 3,0 V e o amperímetro, 0,8 A, calcule o valor da resistência interna do voltímetro.



Resolução

Esquematizando o circuito, temos:



Do anunciado: $U_{AB} = 3{,}0V$

Assim: $U_2 = R_2\, i_2$

$3{,}0 = 10\, i_2$

$i_2 = 0{,}3\text{ A}$

Mas $i_2 = i_3$**, pois** R_2 **e** R_3 **têm valores iguais.**

A intensidade total da corrente elétrica (i) pode ser determinada por:

$i = i_2 + i_3 + i_v$

$0{,}8 = 0{,}3 + 0{,}3 + i_v \Rightarrow i_v = 0{,}2A$

Portanto:

$U_v = R_v \cdot i_v$

$3{,}0 = R_v \cdot 0{,}2$

$\boxed{R_v = 15\Omega}$

Resposta: 15Ω

No tráfego, um veículo deve se manter a uma distância segura do que vai logo à frente. Há países que adotam a "regra dos três segundos", vale dizer: ao observar que o veículo da frente passa por uma dada referência ao lado da pista, que se encontra a uma distância d, o motorista deverá passar por essa mesma referência somente após pelo menos três segundos, mantida constante sua velocidade v_0. Nessas condições,

1. supondo que o veículo da frente pare instantaneamente, estando o de trás a uma distância ainda segura de acordo com a "regra dos três segundos", calcule o tempo T da frenagem deste para que ele possa percorrer essa distância d, mantida constante a aceleração.
2. para situações com diferentes valores da velocidade inicial v_0, esboce um gráfico do módulo da aceleração do veículo de trás em função dessa velocidade, com o veículo parando completamente no intervalo de tempo T determinado no item anterior.
3. considerando que a aceleração *a* depende principalmente do coeficiente de atrito μ entre os pneus e o asfalto, explique como utilizar o gráfico para obter o valor máximo da velocidade v_M para o qual a "regra dos três segundos" permanece válida. Sendo μ = 0,6 obtenha este valor.

Resolução

A distância d deve ser percorrida com velocidade de módulo V_0 em 3s.
Portanto: $d = 3\,V_0$ (SI)

1) Usando a equação da velocidade escalar média:

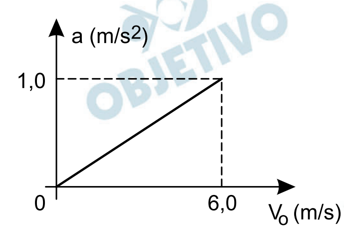
$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{V_0 + V_f}{2}$$

$$\frac{d}{T} = \frac{V_0 + 0}{2} \Rightarrow \frac{3\,V_0}{T} = \frac{V_0}{2}$$

$$\boxed{T = 6{,}0s}$$

2) $V = V_0 + \gamma\, t$

$$0 = V_0 - a\,.\,6{,}0 \Rightarrow a = \frac{V_0}{6{,}0} \quad \text{(SI)}$$



3) PFD: $F_{at} = m\,a$

$\mu\,mg = ma \Rightarrow \boxed{a = \mu\,g = 6{,}0\ m/s^2}$

Sendo $a = \dfrac{V_0}{6{,}0}$ vem:

$$6{,}0 = \frac{V_M}{6{,}0} \Rightarrow \boxed{V_M = 36{,}0m/s}$$

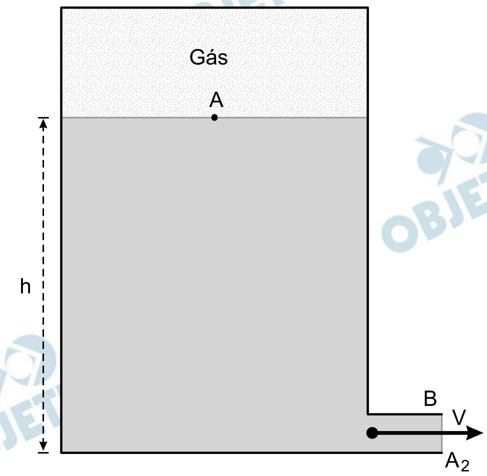
Respostas: 1) $T = 6{,}0s$

2) $a = \dfrac{V_0}{6{,}0}$ (SI)

3) $V_M = 36{,}0m/s$

Um cilindro vertical de seção reta de área A_1, fechado, contendo gás e água é posto sobre um carrinho que pode se movimentar horizontalmente sem atrito. A uma profundidade h do cilindro, há um pequeno orifício de área A_2 por onde escoa a água. Num certo instante a pressão do gás é p, a massa da água, M_a e a massa restante do sistema, M. Determine a aceleração do carrinho nesse instante mencionado em função dos parâmetros dados. Justifique as aproximações eventualmente realizadas.

Resolução



1) Aplicando-se a Equação de Bernoulli entre A e B, vem:

$$p_A + \frac{\mu V_A^2}{2} + \mu g h = p_{atm} + \frac{\mu V^2}{2}$$

Nota: admitimos que o orifício será feito próximo ao fundo do recipiente e vamos considerar $V_a \cong 0$.

$$p + \mu g h = p_{atm} + \frac{\mu V^2}{2}$$

$$\boxed{V^2 = \frac{2(p - p_{atm}) + 2gh}{\mu}} \quad (1)$$

2) Teorema do impulso:

$$I = F\Delta t = (\Delta m)\, V$$

$$\Delta m = \mu A_2 \Delta x$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \mu A_2 \frac{\Delta x}{\Delta t}, \text{ em que } \frac{\Delta x}{\Delta t} = V$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \mu A_2 V$$

Da qual: $F = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot V = \mu A_2 V \cdot V$

$$\boxed{F = \mu A_2 V^2}$$

3) 2ª Lei de Newton:

$F = (M_a + M)\ a$

$\mu A_2 V^2 = (M_a + M)a$

$$\boxed{a = \left(\frac{\mu\, A_2}{M_a + M}\right) V^2} \quad (2)$$

De (1) em (2), vem:

$$a = \left(\frac{\mu\, A_2}{M_a + M}\right) \left[\frac{2(p - p_{atm}) + 2gh}{\mu}\right]$$

$$a = \frac{\mu\, A_2}{M_a + M} \ \frac{2(p - p_{atm} + \mu\, gh)}{\mu}$$

Resposta: $\boxed{a = \dfrac{2A_2\,(p - p_{atm} + \mu\, gh)}{M_a + M}}$

Observação:

O enunciado não citou a pressão atmosférica (p_{atm}), a densidade da água (μ) e o módulo g da aceleração da gravidade.

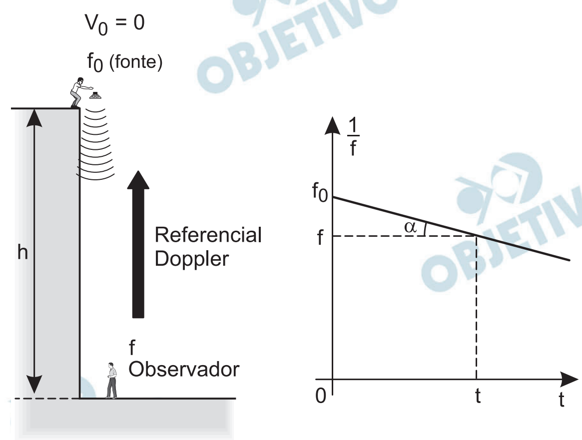
Aproximações feitas:

1) O nível da água mantém-se horizontal.
2) O orifício próximo ao fundo do recipiente.
3) Velocidade nula na superfície da água.

Um dado instrumento, emitindo um único som de frequência f_0, é solto no instante $t = 0$ de uma altura h em relação ao chão onde você, imóvel, mede a frequência f que a cada instante chega aos seus ouvidos. O gráfico resultante de $\frac{1}{f}$ x t mostra uma reta de coeficiente angular $-3{,}00 \times 10^{-5}$. Desprezando a resistência do ar. determine o valor da frequência f_0.

Resolução

Gráfico qualitativo do fenômeno



Equação do Efeito Doppler sonoro:

$$\frac{f}{V_{som} + V_{observador}} = \frac{f_0}{V_{som} - V_{fonte}}$$

$$\frac{f}{340 + 0} = \frac{f_0}{340 - 10t}$$

$$f = \frac{340\, f_0}{340 - 10t} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{f_0} - \frac{t}{34\, f_0}$$

Equação da reta: y = b + ax

O coeficiente angular (a) da reta (tg α no gráfico da figura) corresponde a:

$$a = \frac{1}{34\, f_0} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{34\, a}$$

Sendo a = 3,00 . 10^{-5} (unidades SI), vem:

$$f_0 = \frac{1}{34 \,.\, 3{,}00 \,.\, 10^{-5}} \text{ (Hz)}$$

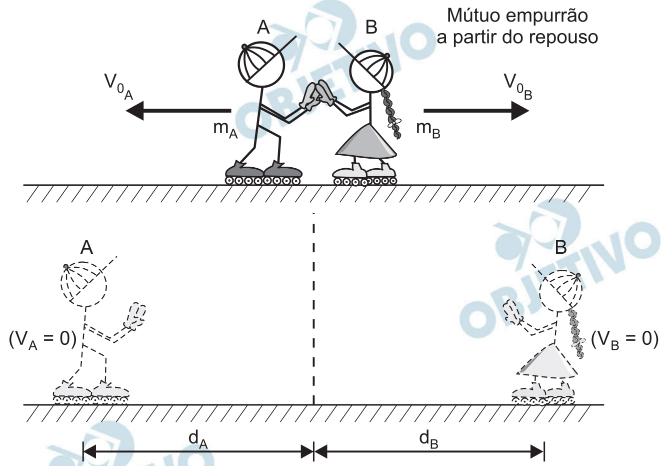
Da qual: $\boxed{f_0 \cong 980{,}4 \text{ Hz}}$

Resposta: Aproximadamente 980,4 Hz

Dois garotos com patins de rodinhas idênticos encontram-se numa superfície horizontal com atrito e, graças a uma interação, conseguem obter a razão entre seus respectivos pesos valendo-se apenas de uma fita métrica. Como é resolvida essa questão e quais os conceitos físicos envolvidos?

Resolução

Representação do contexto proposto:



(I) Teorema da energia cinética:

$$\tau = \frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow -F_{at}\, d = -\frac{mV_0^2}{2}$$

$$\mu_C\, m\, g\, d = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow \boxed{V_0 = \sqrt{2\,\mu_C\, g\, d}} \quad (1)$$

(II) Conservação da quantidade de movimento no ato do mútuo empurrão:

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_A = -\vec{Q}_B$$

Em módulo: $Q_A = Q_B \Rightarrow m_A V_A = m_B V_B$

$$m_A g V_A = m_B g V_B \Rightarrow P_A V_A = P_B V_B$$

$$\boxed{\frac{P_A}{P_B} = \frac{V_B}{V_A}} \quad (2)$$

(III) Substituindo-se (1) em (2):

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\sqrt{2\mu_C\, g\, d_B}}{\sqrt{2\mu_C\, g\, d_A}}$$

Da qual: $\boxed{\dfrac{P_A}{P_B} = \sqrt{\dfrac{d_B}{d_A}}}$

Utilizando-se a fita métrica, medem-se as distâncias percorridas pelos garotos até sua imobilização e, por meio da expressão acima, determina-se a relação entre seus pesos.

Resposta: Foram utilizados o teorema da energia cinética (ou princípio de conservação da energia mecânica) e o princípio de conservação da quantidade de movimento.

Considere uma garrafa térmica fechada contendo uma certa quantidade de água inicialmente a 20° C. Elevando-se a garrafa a uma certa altura e baixando-a em seguida, suponha que toda a água sofra uma queda livre de 42 cm em seu interior. Este processo se repete 100 vezes por minuto. Supondo que toda a energia cinética se transforme em calor a cada movimento, determine o tempo necessário para ferver toda a água.

Resolução

Energia mecânica produzida por n quedas livres (100 vezes por minuto) de uma altura de 0,42m de uma massa m de água numa garrafa térmica	**=**	**Calor para aquecer a massa m de água (4 200 J/kg°C) de 20°C a 100°C**

$$n\,E_{pot} = Q$$

$$n\,m\,g\,h = m\,c\,\Delta\theta$$

$$n = \frac{c\,\Delta\theta}{g\,h}$$

$$n = \frac{4\,200\ .\ (100 - 20)}{10\ .\ 0{,}42}$$

$$n = \frac{4\,200\ .\ 80}{4{,}2}$$

$$\boxed{n = 80\,000 \text{ quedas}}$$

Para calcular o tempo Δt para a fervura da água, vem:

100 quedas ——— 1,0 minuto

80 000 quedas ——— Δt

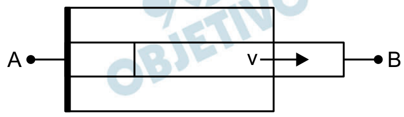
$$100\ \Delta t = 800$$

$$\boxed{\Delta t = 800 \text{ minutos}}$$

Resposta: 800 minutos

27

Considere superpostas três barras idênticas de grafite com resistividade $\rho = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \Omega m$, 15 cm de comprimento e seção quadrada com 2,0 em de lado. Inicialmente as três barras têm as suas extremidades em contato com a chapa ligada ao contato A. Em seguida, a barra do meio desliza sem atrito com velocidade constante v = 1,0 cm/s, movimentando igualmente o contato B, conforme a figura. Obtenha a expressão da resistência R medida entre A e B como função do tempo e esboce o seu gráfico.



Resolução

Seja A área da seção transversal:

$$A = (2{,}0\ cm)^2 = (2{,}0 \cdot 10^{-2} m)^2 = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\ m^2$$

O comprimento L da barra é:

$$L = 15\ cm = 15 \cdot 10^{-2} m$$

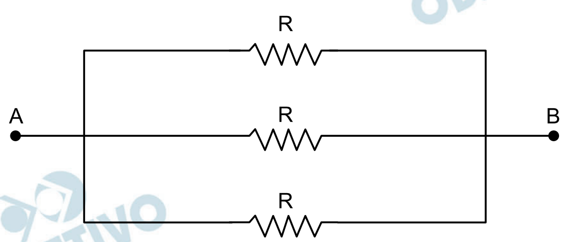
Então a resistência R de cada barra é dada pela 2.ª Lei de Ohm:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$R = 1{,}0 \cdot 10^{-4} \frac{15 \cdot 10^{-2}}{4{,}0 \cdot 10^{-4}} \text{ (unidades SI)}$$

$$\boxed{R = 3{,}75 \cdot 10^{-2}\ \Omega}$$

Para t = 0, as três barras superpostas são equivalentes a três resistores em paralelo (fig. 1)



(figura 1)

$$R_0 = \frac{R}{3}$$

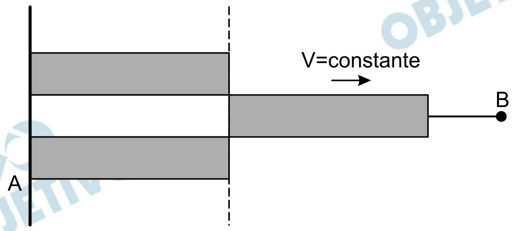
$$R_0 = \frac{3{,}75 \cdot 10^{-2}}{3}\ \Omega$$

$$\boxed{R_0 = 1{,}25 \cdot 10^{-2}\ \Omega}$$

A barra do meio desliza com velocidade constante V = 1,0 cm/s e percorre os 15 cm de comprimento num

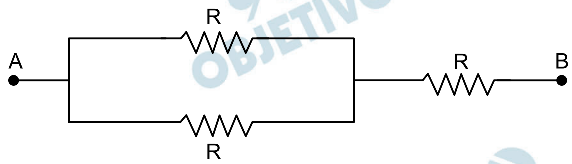
intervalo de tempo de 15 s.

Assim, para t = 15s teremos a situação da figura (2):



(figura 2)

Essa situação é equivalente a:

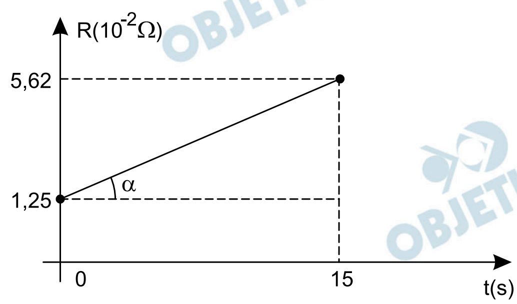


(figura 3)

$$R_f = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2}$$

$$R_f = \frac{3 \times 3{,}75 \,.\, 10^{-2}}{2}\ (\Omega) \Rightarrow \boxed{R_f \cong 5{,}62 \,.\, 10^{-2}\ \Omega}$$

Como a barra do meio foi deslizada com velocidade escalar constante, podemos concluir que a variação da resistência equivalente obedece a uma função de 1.º grau em t. Assim, temos o gráfico da figura 4.



(figura 4)

Do gráfico, obtemos o coeficiente angular da reta:

$$m = tg\,\alpha = \frac{(5{,}62 - 1{,}25) \,.\, 10^{-2}\ \Omega}{15\ s}$$

$$\boxed{m \cong 0{,}29 \,.\, 10^{-2}\ \Omega/s}$$

A equação dessa reta é a função procurada:

$R = R_0 + m \,.\, t$

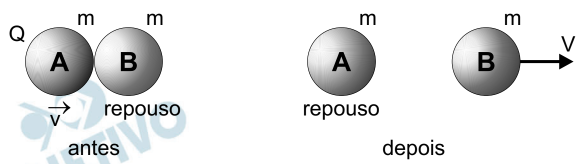
$$\boxed{R = 1{,}25 \,.\, 10^{-2} + 0{,}29 \,.\, 10^{-2}\ t \text{ (unidades SI)}}$$

28

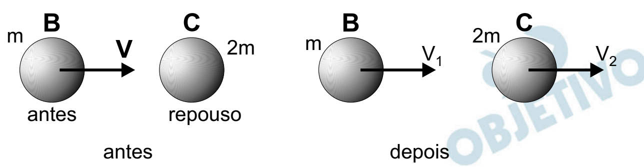
Na ausência da gravidade e no vácuo, encontram-se três esferas condutoras alinhadas, A, B e C, de mesmo raio e de massas respectivamente iguais a m, m e 2m. Inicialmente B e C encontram-se descarregadas e em repouso, e a esfera A, com carga elétrica Q, é lançada contra a intermediária B com uma certa velocidade v. Supondo que todos movimentos ocorram ao longo de uma mesma reta, que as massas sejam grandes o suficiente para se desprezar as forças coulombianas e ainda que todas as colisões sejam elásticas, determine a carga elétrica de cada esfera após todas as colisões possíveis.

Resolução

Colisão entre A e B: há troca de velocidade (colisão frontal e perfeitamente elástica entre corpos de mesma massa).



A carga Q de A se divide em Q/2 para A e Q/2 para B (eletrização por contato entre esferas iguais).
Colisão entre B e C:
A carga Q/2 de B se divide em Q/4 para B e Q/4 para C.
Cálculo das velocidades de B e C após a colisão:



$$e = \frac{\text{vel. rel. depois}}{\text{vel. rel. antes}}$$

$$1 = \frac{v_2 - v_1}{v} \Rightarrow v_2 - v_1 = v \quad (1)$$

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$

$$mv = mv_1 + 2mv_2$$

$$v = v_1 + 2v_2 \quad (2)$$

De (1) e (2):

$$v_2 = \frac{2v}{3}$$

$$v_1 = -\frac{v}{3}$$

A esfera B volta após o choque com a esfera C e colide novamente com A. Entre A e B, ocorre eletrização por contato e suas cargas elétricas passam a ser:

$$\frac{\frac{Q}{2} + \frac{Q}{4}}{2} = \frac{3Q}{8}$$

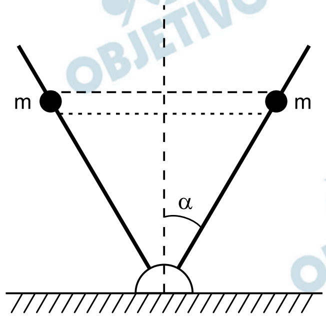
Assim, A e B ficam com cargas iguais a $\frac{3Q}{8}$ e C fica com carga $\frac{Q}{4}$.

Pelo princípio de conservação das cargas elétricas, temos:

$$\frac{3Q}{8} + \frac{3Q}{8} + \frac{Q}{4} = Q$$

Resposta: a) $\frac{3Q}{8}$ b) $\frac{3Q}{8}$ c) $\frac{Q}{4}$

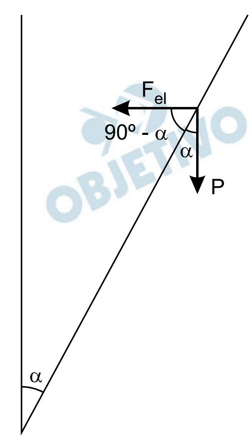
Um sistema mecânico é formado por duas partículas de massas m conectadas por uma mola, de constante elástica k e comprimento natural $2\ell_0$. e duas barras formando um ângulo fixo de 2α, conforme a figura. As partículas podem se mover em movimento oscilatório, sem atrito, ao longo das barras, com a mola subindo e descendo sempre na horizontal. Determine a frequência angular da oscilação e a variação $\Delta\ell = \ell_0 - \ell_1$, em que ℓ_1 é o comprimento da mola em sua posição de equilíbrio.



Resolução

Cada partícula realiza um MHS na direção da barra.

Figura 1

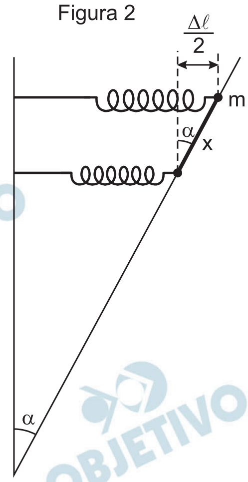


Aplicando o princípio fundamental da Dinâmica, temos:

$\mathbf{F_{el} \,.\, sen\,\alpha + mg\cos\alpha = m\,.\,a}$

$\mathbf{k\,.\,\Delta\ell\,.\,sen\,\alpha + mg\cos\alpha = ma\ (1)}$

De acordo com a fig. 2, vem:



$$\text{sen}\,\alpha = \frac{\Delta\ell}{2x} \Rightarrow \Delta\ell = 2x\,\text{sen}\,\alpha$$

Logo: $k \,.\, 2x\,\text{sen}\,\alpha \,.\, \text{sen}\,\alpha + mg\cos\alpha = ma$

$$a = \frac{2k\,.\,\text{sen}^2\alpha}{m}\,.\,x + g\cos\alpha$$

$a = A\,.\,x + B,$

com A e B constantes, e $A = \omega^2$.

A equação $a = Ax + B$ é característica do MHS.

Portanto:

$$\omega^2 = \frac{2\,k\,\text{sen}^2\alpha}{m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2\,k\,\text{sen}^2\alpha}{m}}$$

$$\boxed{\omega = \text{sen}\,\alpha\,.\sqrt{\frac{2k}{m}}}$$

Na posição de equilíbrio, fazendo $a = 0$ na equação (1), vem:

$k\,.\,\Delta\ell\ \text{sen}\,\alpha = -\,mg\cos\alpha$

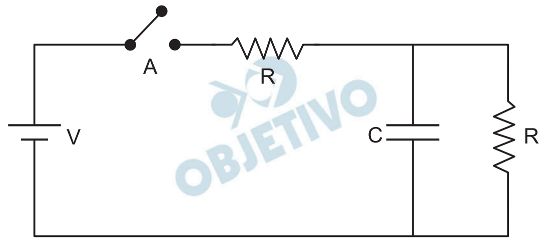
$$\boxed{|\Delta\ell| = \frac{mg\,\text{cotg}\,\alpha}{k}}$$

Respostas: $\omega = \text{sen}\,\alpha\,.\sqrt{\frac{2k}{m}}$

$$|\Delta\ell| = \frac{mg\,\text{cotg}\,\alpha}{k}$$

Obs.: Consideramos o comprimento natural da mola igual a ℓ_0.

No circuito da figura o capacitor encontra-se descarregado com a chave A aberta que, a seguir, é fechada no instante t_1, sendo que o capacitor estará totalmente carregado no instante t_2.
Desprezando a resistência da bateria V, determine a corrente no circuito nos instantes t_1 e t_2.



Resolução
No instante t_1, quando a chave é fechada, o capacitor entra em processo de carga. Nesse instante, atuará como um curto-circuito para o resistor que está associado em paralelo com ele, assim:

Instante t_1:

$$\boxed{i_1 = \frac{V}{R}}$$

No instante t_2, com o capacitor plenamente carregado, ele atua como circuito aberto, ou seja, não é percorrido por corrente elétrica, assim:
Instante t_2:

$$i_2 = \frac{V}{R_{eq}}$$

$$\boxed{i_2 = \frac{V}{2R}}$$

Respostas: $i_1 = \frac{V}{R}$; $i_2 = \frac{V}{2R}$