

# FÍSICA

1. Quando camadas adjacentes de um fluido viscoso deslizam regularmente umas sobre as outras, o escoamento resultante é dito laminar. Sob certas condições, o aumento da velocidade provoca o regime de escoamento turbulento, que é caracterizado pelos movimentos irregulares (aleatórios) das partículas do fluido. Observa-se, experimentalmente, que o regime de escoamento (laminar ou turbulento) depende de um parâmetro adimensional (Número de Reynolds) dado por  $R = \rho^\alpha v^\beta d^\gamma \eta^\tau$ , em que  $\rho$  é a densidade do fluido,  $v$ , sua velocidade,  $\eta$ , seu coeficiente de viscosidade, e  $d$ , uma distância característica associada à geometria do meio que circunda o fluido. Por outro lado, num outro tipo de experimento, sabe-se que uma esfera, de diâmetro  $D$ , que se movimenta num meio fluido, sofre a ação de uma força de arrasto viscoso dada por  $F = 3\pi D\eta v$ .

Assim sendo, com relação aos respectivos valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\tau$ , uma das soluções é:

- A. ( )  $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 1, \tau = -1$                       B. ( )  $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = 1, \tau = 1$   
 C. ( )  $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = -1, \tau = 1$                       D. ( )  $\alpha = -1, \beta = 1, \gamma = 1, \tau = 1$   
 E. ( )  $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 0, \tau = 1$

### Alternativa: A

Se  $R = \rho^\alpha \cdot v^\beta \cdot d^\gamma \cdot \eta^\tau$ , então  $[R] = [\rho]^\alpha \cdot [v]^\beta \cdot [d]^\gamma \cdot [\eta]^\tau$

Mas:  $[R] = 1$ ,  $[\rho] = ML^{-3}$ ,  $[v] = LT^{-1}$ ,  $[d] = L$  e  $[\eta] = \frac{[F]}{[D][v]} = \frac{MLT^{-2}}{L \cdot LT^{-1}} = ML^{-1}T^{-1}$

Assim:

$$1 = (ML^{-3})^\alpha \cdot (LT^{-1})^\beta \cdot (L)^\gamma \cdot (ML^{-1}T^{-1})^\tau \Rightarrow 1 = M^\alpha \cdot L^{-3\alpha} \cdot L^\beta \cdot T^{-\beta} \cdot L^\gamma \cdot M^\tau \cdot L^{-\tau} \cdot T^{-\tau}$$

$$1 = M^{\alpha+\tau} \cdot L^{-3\alpha+\beta+\gamma-\tau} \cdot T^{-\beta-\tau}$$

$$\text{Logo: } \begin{cases} \alpha + \tau = 0 & \text{(i)} \\ -3\alpha + \beta + \gamma - \tau = 0 & \text{(ii)} \\ -\beta - \tau = 0 & \text{(iii)} \end{cases}$$

De (i):  $\tau = -\alpha$

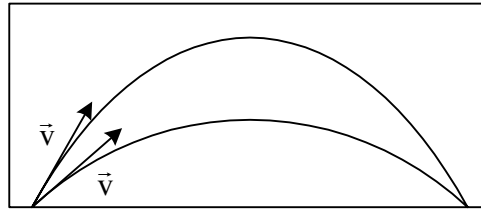
De (iii):  $\beta = -\tau = \alpha$

De (ii):  $\gamma = 3\alpha - \beta + \tau = 3\alpha - \alpha - \alpha = \alpha$

E a solução será:  $(\alpha; \beta; \gamma; \tau) = (\alpha; \alpha; \alpha; -\alpha)$

Dentre as alternativas, temos como possibilidade: (1; 1; 1; -1)

2. Um projétil de densidade  $\rho_p$  é lançado com um ângulo  $\alpha$  em relação à horizontal no interior de um recipiente vazio. A seguir, o recipiente é preenchido com um superfluido de densidade  $\rho_s$ , e o mesmo projétil é novamente lançado dentro dele, só que sob um ângulo  $\beta$  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 a distância alcançada pelo projétil (veja figura). Sabendo que são nulas as forças de atrito num superfluido, podemos então afirmar, com relação ao ângulo  $\beta$  de lançamento do projétil, que



- A. ( )  $\cos \beta = (1 - \rho_s / \rho_p) \cos \alpha$                       B. ( )  $\sin 2\beta = (1 - \rho_s / \rho_p) \sin 2\alpha$   
 C. ( )  $\sin 2\beta = (1 + \rho_s / \rho_p) \sin 2\alpha$                       D. ( )  $\sin 2\beta = \sin 2\alpha / (1 + \rho_s / \rho_p)$   
 E. ( )  $\cos 2\beta = \cos \alpha / (1 + \rho_s / \rho_p)$

**Alternativa: B**

Para o primeiro lançamento, o alcance será:  $A_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$ .

No segundo lançamento, a resultante de forças sobre o projétil é dada por:

$$R = m \cdot a \Rightarrow R = P - E = \rho_p \cdot V \cdot g - \rho_s \cdot V \cdot g \Rightarrow (\rho_p - \rho_s) \cdot V \cdot g = \rho_p \cdot V \cdot a$$

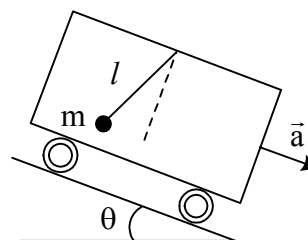
Logo, a aceleração vertical  $a$  que o projétil está sujeito é:  $a = \frac{\rho_p - \rho_s}{\rho_p} \cdot g$

E o novo alcance:  $A_2 = \frac{v^2 \cdot \sin 2\beta}{\frac{\rho_p - \rho_s}{\rho_p} \cdot g}$

$$A_1 = A_2 \Rightarrow \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{v^2 \cdot \sin 2\beta}{\frac{\rho_p - \rho_s}{\rho_p} \cdot g} \Rightarrow \boxed{\sin 2\beta = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}\right) \cdot \sin 2\alpha}$$

**3.** Considere uma rampa de ângulo  $\theta$  com a horizontal sobre a qual desce um vagão, com aceleração  $\vec{a}$ , em cujo teto está dependurada uma mola de comprimento  $l$ , de massa desprezível e constante de mola  $k$ , tendo uma massa  $m$  fixada na sua extremidade. Considerando que  $l_0$  é o comprimento natural da mola e que o sistema está em repouso com relação ao vagão, pode-se dizer que a mola sofreu uma variação de comprimento  $\Delta l = l - l_0$  dada por

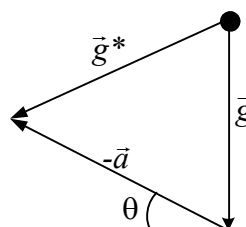
- A. ( )  $\Delta l = mg \sin \theta / k$   
 B. ( )  $\Delta l = mg \cos \theta / k$   
 C. ( )  $\Delta l = mg / k$   
 D. ( )  $\Delta l = m \sqrt{a^2 - 2ag \cos \theta + g^2} / k$   
 E. ( )  $\Delta l = m \sqrt{a^2 - 2ag \sin \theta + g^2} / k$



**Alternativa: E**

Pelo princípio da equivalência, pode-se considerar o pêndulo em repouso em relação ao vagão, onde reina um campo gravitacional  $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$

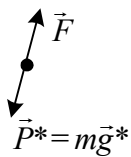
Assim, a composição dos vetores é:



Lei dos co-senos:

$$g^{*2} = g^2 + a^2 - 2ag \cdot \cos(90 - \theta) \Rightarrow g^* = \sqrt{g^2 + a^2 - 2ag \cdot \sen \theta}$$

Isolando a massa:



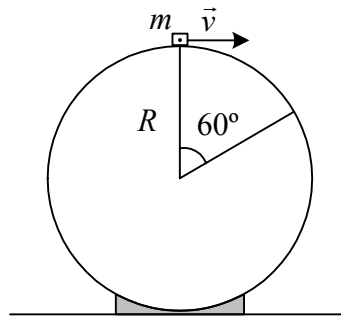
Do equilíbrio:  $|\vec{F}| = |\vec{P}^*|$

$$k \Delta l = m \sqrt{g^2 + a^2 - 2ag \cdot \sen \theta}$$

$$\Delta l = \frac{m \sqrt{g^2 + a^2 - 2ag \cdot \sen \theta}}{k}$$

4. Um objeto pontual de massa  $m$  desliza com velocidade inicial  $\vec{v}$ , horizontal, do topo de uma esfera em repouso, de raio  $R$ . Ao escorregar pela superfície, o objeto sofre uma força de atrito de módulo constante dado por  $f = 7mg/4\pi$ . Para que o objeto se desprenda da superfície esférica após percorrer um arco de  $60^\circ$  (veja figura), sua velocidade inicial deve ter o módulo de

- A. ( )  $\sqrt{2gR/3}$   
 B. ( )  $\sqrt{3gR/2}$   
 C. ( )  $\sqrt{6gR/2}$   
 D. ( )  $3\sqrt{gR/2}$   
 E. ( )  $3\sqrt{gR}$



**Alternativa: A**

Como há atrito:  $W^{fat} = \Delta E_M = E_{MB} - E_{MA}$

$$W^{fat} = -fat \cdot \Delta s$$

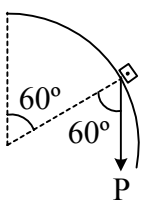
$$\Delta s = R \cdot \Delta\theta = R \cdot \frac{\pi}{3} \Rightarrow W^{fat} = -\frac{7mg}{4\pi} \cdot \frac{R\pi}{3} = -\frac{7mgR}{12}$$

$$E_{MB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - mg \frac{R}{2}$$

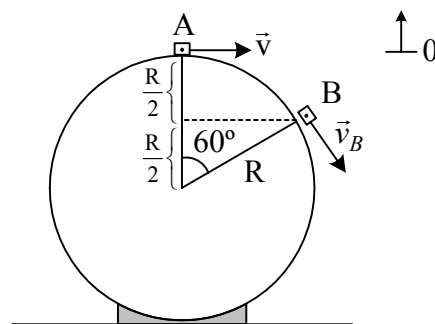
$$E_{MA} = \frac{1}{2}mv^2$$

Logo:  $-\frac{7mgR}{12} = \left(\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{mgR}{2}\right) - \left(\frac{1}{2}mv^2\right)$  (i)

Se em B o objeto se desprende,  $N = 0$ :



$$R_{cp} = m \cdot a_{cp} \Rightarrow P \cdot \cos 60^\circ = m \cdot \frac{v_B^2}{R} \Rightarrow mg \cdot \frac{1}{2} = m \cdot \frac{v_B^2}{R} \Rightarrow v_B^2 = \frac{Rg}{2}$$
 (ii)



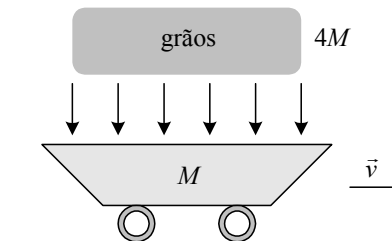
Substituindo (ii) em (i), temos:

$$-\frac{7mgR}{12} = \frac{1}{2}m \cdot \frac{Rg}{2} - \frac{mgR}{2} - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mRg \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{2} + \frac{7}{12} \right) = \frac{mRg}{3} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Rg}{3}}$$

5. Um vagão-caçamba de massa  $M$  se desprende da locomotiva e corre sobre trilhos horizontais com velocidade constante  $v = 72,0$  km/h (portanto, sem resistência de qualquer espécie ao movimento). Em dado instante, a caçamba é preenchida com uma carga de grãos de massa igual a  $4M$ , despejada verticalmente a partir do repouso de uma altura de  $6,00$  m (veja figura). Supondo que toda a energia liberada no processo seja integralmente convertida em calor para o aquecimento exclusivo dos grãos, então, a quantidade de calor por unidade de massa recebido pelos grãos é

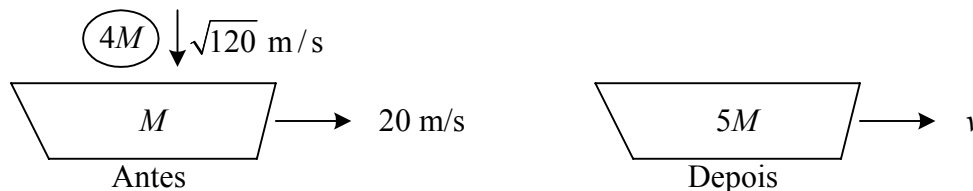
- A. ( ) 15 J/kg  
 B. ( ) 80 J/kg  
 C. ( ) 100 J/kg  
 D. ( ) 463 J/kg  
 E. ( ) 578 J/kg



**Alternativa: C**

Imediatamente antes da caçamba receber os grãos, a velocidade destes é:  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

Logo:  $v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 6} = \sqrt{120}$  m/s



Da conservação da quantidade de movimento na horizontal:  $4M \cdot 0 + M \cdot 20 = 5M \cdot v \Rightarrow v = 4$  m/s  
 A energia liberada no processo será:

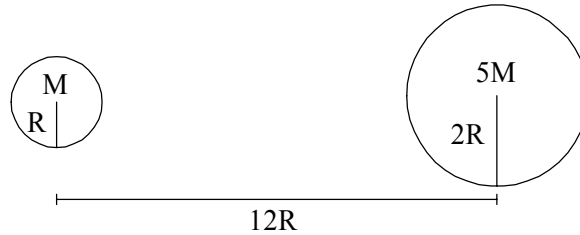
$$E_{Lib} = E_{Inicial} - E_{Final} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 4M \cdot (\sqrt{120})^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot (20)^2 \right] - \left[ \frac{1}{2} \cdot 5M \cdot (4)^2 \right]$$

$$E_{Lib} = \frac{1}{2} \cdot 4M \cdot 120 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot 400 - \frac{1}{2} \cdot 5M \cdot 16 = 400 \cdot M$$

$$Q = E_{Lib} = 400 \cdot M \Rightarrow \frac{Q}{4M} = 100 \text{ J/kg}$$

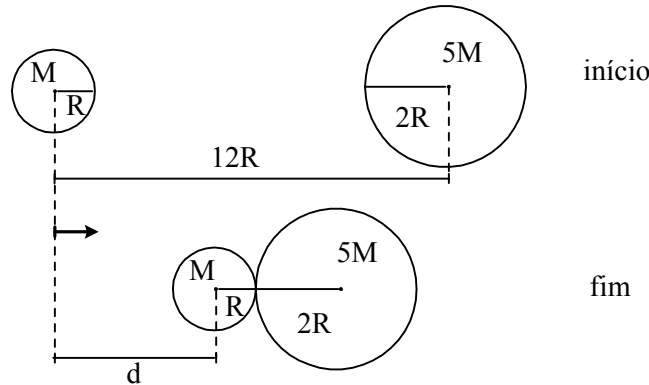
6. Dois corpos esféricos de massa  $M$  e  $5M$  e raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente, são liberados no espaço livre. Considerando que a única força interveniente seja a da atração gravitacional mútua, e que seja de  $12R$  a distância de separação inicial entre os centros dos corpos, então, o espaço percorrido pelo corpo menor até a colisão será de

- A. ( )  $1,5 R$   
 B. ( )  $2,5 R$   
 C. ( )  $4,5 R$   
 D. ( )  $7,5 R$   
 E. ( )  $10,0 R$



**Alternativa: D**

Como a resultante externa ao sistema é nula e a velocidade inicial do seu centro de massa também, então a posição do centro de massa não varia.

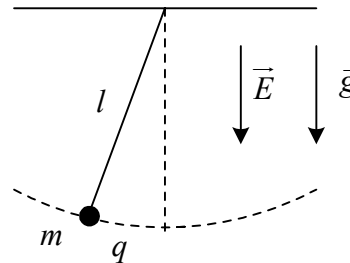


$$X_{CM_{inicial}} = X_{CM_{final}} \Rightarrow \frac{M \cdot 0 + 5M \cdot 12R}{6M} = \frac{M \cdot d + 5M \cdot (d + 3R)}{6M} \Rightarrow$$

$$60R = d + 5d + 15R \Rightarrow 6d = 45R \Rightarrow \boxed{d = 7,5R}$$

7. Considere um pêndulo de comprimento  $l$ , tendo na sua extremidade uma esfera de massa  $m$  com carga elétrica positiva  $q$ . A seguir, esse pêndulo é colocado num campo elétrico uniforme  $\vec{E}$  que atua na mesma direção e sentido da aceleração da gravidade  $\vec{g}$ . Deslocando-se essa carga ligeiramente de sua posição de equilíbrio e soltando-a, ela executa um movimento harmônico simples, cujo período é

- A. ( )  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$   
 B. ( )  $T = 2\pi\sqrt{l/(g+q)}$   
 C. ( )  $T = 2\pi\sqrt{ml/(qE)}$   
 D. ( )  $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg-qE)}$   
 E. ( )  $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg+qE)}$

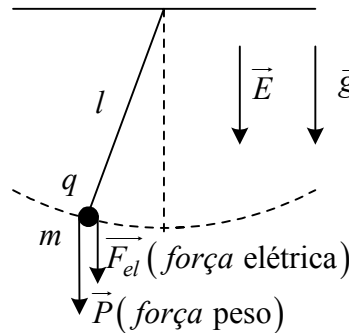


**Alternativa: E**

Considerando a resultante em termos de aceleração aparente,  $a_{ap}$ , temos:

$$m \cdot a_{ap} = m \cdot g + q \cdot E$$

$$a_{ap} = g + q \cdot \frac{E}{m}$$

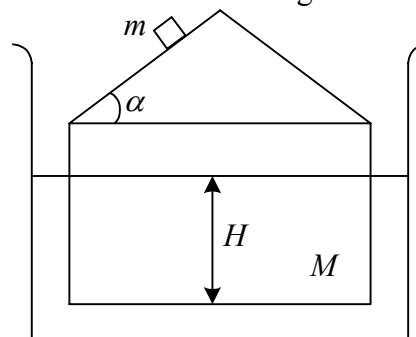


Para um pêndulo simples, temos:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a_{ap}}}$

$$\text{Logo: } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{q}{m} \cdot E}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot l}{m \cdot g + q \cdot E}}$$

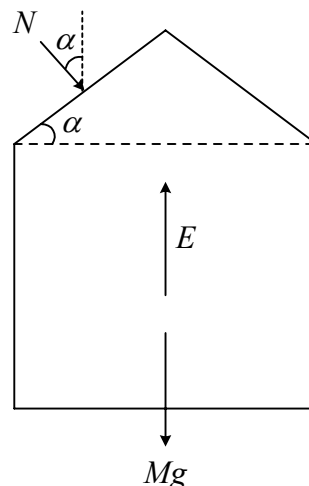
8. Um pequeno objeto de massa  $m$  desliza sem atrito sobre um bloco de massa  $M$  com o formato de uma casa (veja figura). A área da base do bloco é  $S$  e o ângulo que o plano superior do bloco forma com a horizontal é  $\alpha$ . O bloco flutua em um líquido de densidade  $\rho$ , permanecendo, por hipótese, na vertical durante todo o experimento. Após o objeto deixar o plano e o bloco voltar à posição de equilíbrio, o decréscimo da altura submersa do bloco é igual a

- A. ( )  $m \sin \alpha / S\rho$ .
- B. ( )  $m \cos^2 \alpha / S\rho$ .
- C. ( )  $m \cos \alpha / S\rho$ .
- D. ( )  $m / S\rho$ .
- E. ( )  $(m + M) / S\rho$ .



**Alternativa: B**

Enquanto o objeto desce, temos o seguinte diagrama de forças:



Do equilíbrio na vertical:  $N \cdot \cos \alpha + M \cdot g = E = \rho \cdot S \cdot H \cdot g$

Mas:  $N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$

$$m \cdot g \cdot \cos^2 \alpha + M \cdot g = \rho \cdot S \cdot H \cdot g \Rightarrow H = \frac{m \cdot \cos^2 \alpha + M}{\rho \cdot S}$$

Após o objeto deixar o bloco, teremos simplesmente:

$$M \cdot g = E' = \rho \cdot S \cdot H' \cdot g \Rightarrow H' = \frac{M}{\rho \cdot S}$$

$$H - H' = \frac{m \cdot \cos^2 \alpha}{\rho \cdot S}$$

**9.** Situa-se um objeto a uma distância  $p$  diante de uma lente convergente de distância focal  $f$ , de modo a obter uma imagem real a uma distância  $p'$  da lente. Considerando a condição de mínima distância entre imagem e objeto, então é correto afirmar que:

- A. ( )  $p^3 + fpp' + p'^3 = 5f^3$   
 B. ( )  $p^3 + fpp' + p'^3 = 10f^3$   
 C. ( )  $p^3 + fpp' + p'^3 = 20f^3$   
 D. ( )  $p^3 + fpp' + p'^3 = 25f^3$   
 E. ( )  $p^3 + fpp' + p'^3 = 30f^3$

**Alternativa: C**

Temos  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ . Como:  $d = p + p' \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{d-p} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d}{(d-p) \cdot p} \Rightarrow p^2 - dp + df = 0$  (i)

Para um valor fixado de  $d$ , a equação admite solução em  $p$ . Logo, o discriminante da equação é não-negativo:

$$(-d)^2 - 4df \geq 0 \Rightarrow d(d - 4f) \geq 0 \Rightarrow d \geq 4f$$

Então, o valor mínimo é  $d_{\min} = 4f$ .

Substituindo em (i):  $p^2 - 4pf + 4f^2 = 0 \Rightarrow p = 2f \Rightarrow p' = d - p = 2f$

Assim:  $p^3 + fpp' + (p')^3 = (2f)^3 + f(2f)(2f) + (2f)^3$

Portanto:  $p^3 + fpp' + (p')^3 = 20f^3$

**10.** Uma banda de rock irradia uma certa potência em um nível de intensidade sonora igual a 70 decibéis. Para elevar esse nível a 120 decibéis, a potência irradiada deverá ser elevada de:

- A. ( ) 71 %  
 B. ( ) 171 %  
 C. ( ) 7 100 %  
 D. ( ) 9 999 900 %  
 E. ( ) 10 000 000 %

**Alternativa: D**

O nível sonoro, em decibels, é dado por:

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}. \text{ Assim: } \begin{cases} N_1 = 70 \text{ dB} \Rightarrow 70 = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0} \\ N_2 = 120 \text{ dB} \Rightarrow 120 = 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_0} \end{cases}$$

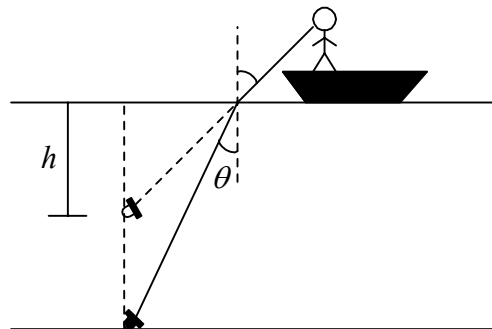
Portanto:  $120 - 70 = 10 \cdot \left( \log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right)$

Como  $5 = \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 10^5 \cdot I_1 = I_2$

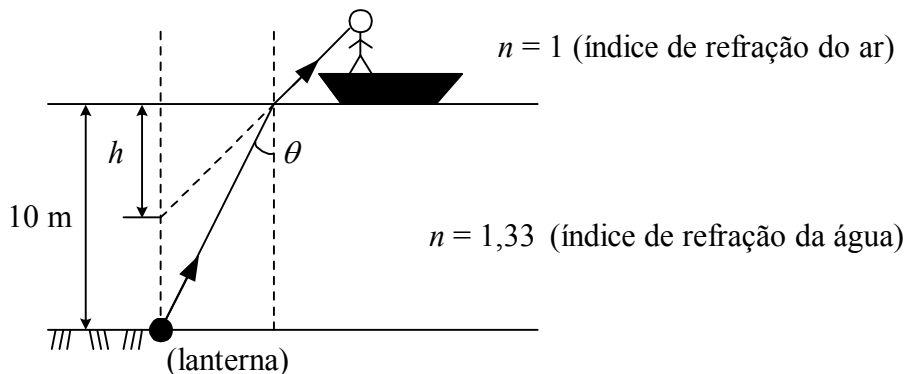
Assim teremos um acréscimo de:  $I_2 - I_1 = (10^5 - 1) \cdot I_1 = 99.999 \cdot I_1 = 9.999.900\% \cdot I_1 \Rightarrow \boxed{9.999.900\%}$

**11.** Um pescador deixa cair uma lanterna acesa em um lago a 10,0 m de profundidade. No fundo do lago, a lanterna emite um feixe luminoso formando um pequeno ângulo  $\theta$  com a vertical (veja figura). Considere:  $\tan \theta \cong \sin \theta \cong \theta$  e o índice de refração da água  $n = 1,33$ . Então, a profundidade aparente  $h$  vista pelo pescador é igual a

- A. ( ) 2,5 m
- B. ( ) 5,0 m
- C. ( ) 7,5 m
- D. ( ) 8,0 m
- E. ( ) 9,0 m



**Alternativa: C**

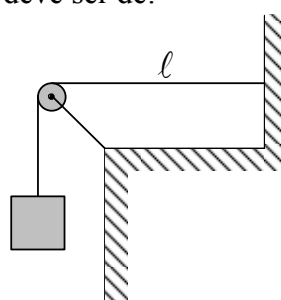


Aplicando a equação dos dióptros planos para pequenos ângulos de incidência ( $\sin \theta \cong \tan \theta$ ), temos:

$$\frac{n_{ar}}{n} = \frac{h}{h_{real}}. \text{ Então: } \frac{1}{1,33} = \frac{h}{10} \Rightarrow h = \frac{10}{1,33} \Rightarrow \boxed{h = 7,5 \text{ m}}$$

**12.** São de 100 Hz e 125 Hz, respectivamente, as frequências de duas harmônicas adjacentes de uma onda estacionária no trecho horizontal de um cabo esticado, de comprimento  $\ell = 2$  m e densidade linear de massa igual a 10 g/m (veja figura). Considerando a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a massa do bloco suspenso deve ser de:

- A. ( ) 10 kg.
- B. ( ) 16 kg.
- C. ( ) 60 kg.
- D. ( )  $10^2$  kg.
- E. ( )  $10^4$  kg.





**Alternativa: A**

Se as harmônicas são adjacentes:

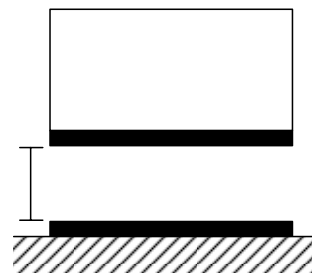
$$\begin{cases} (n+1)\frac{\lambda_1}{2} = \ell \\ n\frac{\lambda_1}{2} = \ell \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{(n+1)v}{2f_2} = \ell \\ \frac{n \cdot v}{2f_1} = \ell \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+1 = \frac{2f_2 \cdot \ell}{v} \\ n = \frac{2f_1 \cdot \ell}{v} \end{cases} \Rightarrow 1 = \frac{2\ell}{v}(f_2 - f_1) \Rightarrow 1 = \frac{2 \cdot 2}{v} \cdot 25 \Rightarrow v = 100 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow \sqrt{\frac{T}{10^{-2}}} = 100 \Rightarrow T = 10^4 \cdot 10^{-2} = 100 \text{ N}$$

Como o corpo está em equilíbrio:  $P = T \Rightarrow m \cdot g = 100 \Rightarrow \boxed{m = 10 \text{ kg}}$

**13.** Considere o vão existente entre cada tecla de um computador e a base do seu teclado. Em cada vão existem duas placas metálicas, uma delas presa na base do teclado e a outra, na tecla. Em conjunto, elas funcionam como um capacitor de placas planas paralelas imersas no ar. Quando se aciona a tecla, diminui a distância entre as placas e a capacitância aumenta. Um circuito elétrico detecta a variação da capacitância, indicativa do movimento da tecla. Considere então um dado teclado, cujas placas metálicas têm  $40 \text{ mm}^2$  de área e  $0,7 \text{ mm}$  de distância inicial entre si. Considere ainda que a permissividade do ar seja  $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ . Se o circuito eletrônico é capaz de detectar uma variação da capacitância a partir de  $0,2 \text{ pF}$ , então, qualquer tecla deve ser deslocada de pelo menos

- A. ( )  $0,1 \text{ mm}$
- B. ( )  $0,2 \text{ mm}$
- C. ( )  $0,3 \text{ mm}$
- D. ( )  $0,4 \text{ mm}$
- E. ( )  $0,5 \text{ mm}$



**Alternativa: B**

Para o capacitor de placas planas:  $C = \frac{\epsilon \cdot A}{D}$

A capacitância inicial é:  $C_0 = \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{7 \cdot 10^{-4}} = \frac{36}{7} \cdot 10^{-13} \text{ F}$

como  $\Delta C = 0,2 \text{ pF} = 2 \cdot 10^{-13} \text{ F}$ , a capacitância final é  $C = C_0 + \Delta C = \left(\frac{36}{7} + 2\right) \cdot 10^{-13} = \frac{50}{7} \cdot 10^{-13} \text{ F}$

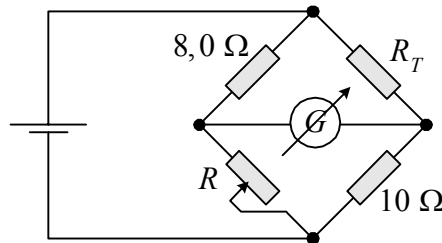
Mas  $C = \frac{\epsilon \cdot A}{D} \Rightarrow \frac{50}{7} \cdot 10^{-13} = \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{d} \Rightarrow d = \frac{7 \cdot 9 \cdot 4}{5} \cdot 10^{-5} = 50,4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \Rightarrow d \cong 0,5 \text{ mm}$

$\Delta d = |d - d_0| = |0,5 - 0,7| = 0,2 \text{ mm}$

Portanto:  $\boxed{\Delta d = 0,2 \text{ mm}}$

**14.** O circuito da figura abaixo, conhecido como ponte de Wheatstone, está sendo utilizado para determinar a temperatura de óleo de um reservatório, no qual está inserido um resistor de fio de tungstênio  $R_T$ . O resistor variável  $R$  é ajustado automaticamente de modo a manter a ponte sempre em equilíbrio, passando de  $4,00 \Omega$  para  $2,00 \Omega$ . Sabendo que a resistência varia linearmente com a temperatura e que o coeficiente linear de temperatura para o tungstênio vale  $\alpha = 4,00 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , a variação da temperatura do óleo de ser de

- A. ( )  $-125 \text{ } ^\circ\text{C}$
- B. ( )  $-35,7 \text{ } ^\circ\text{C}$
- C. ( )  $25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- D. ( )  $41,7 \text{ } ^\circ\text{C}$
- E. ( )  $250 \text{ } ^\circ\text{C}$



**Alternativa: E**

Quando  $R = 4 \Omega$ , tem-se, para a condição de equilíbrio da ponte de Wheatstone:

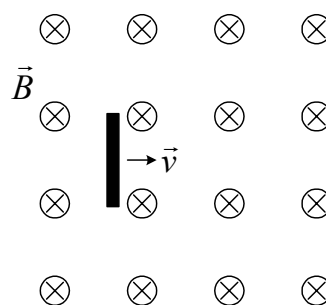
$$R_T \cdot 4 = 10 \cdot 8 \Rightarrow R_T = 20 \Omega$$

Quando  $R = 2 \Omega$ , tem-se:  $R_T \cdot 2 = 10 \cdot 8 \Rightarrow R_T = 40 \Omega$

Logo,  $\Delta R_T = 40 - 20 = 20 \Omega$

Assim,  $\Delta R = R_0 \cdot \alpha_p \cdot \Delta\theta$ . Logo:  $20 = 20 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\Delta\theta = 250^\circ\text{C}}$

**15.** Quando uma barra metálica se desloca num campo magnético, sabe-se que seus elétrons se movem para uma das extremidades, provocando entre elas uma polarização elétrica. Desse modo, é criado um campo elétrico constante no interior do metal, gerando uma diferença de potencial entre as extremidades da barra. Considere uma barra metálica descarregada, de  $2,0 \text{ m}$  de comprimento, que se desloca com velocidade constante de módulo  $v = 216 \text{ km/h}$  num plano horizontal (veja figura), próximo à superfície da Terra. Sendo criada uma diferença de potencial (ddp) de  $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$  entre as extremidades da barra, o valor do componente vertical do campo de indução magnética terrestre nesse local é de



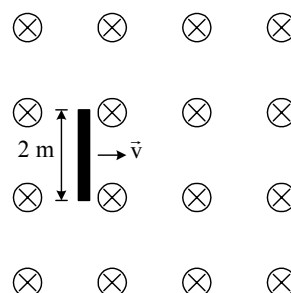
- A. ( )  $6,9 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
- B. ( )  $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
- C. ( )  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
- D. ( )  $4,2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
- E. ( )  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

**Alternativa: C**

No equilíbrio:  $F_{el} = F_{mag} \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = B \cdot v$

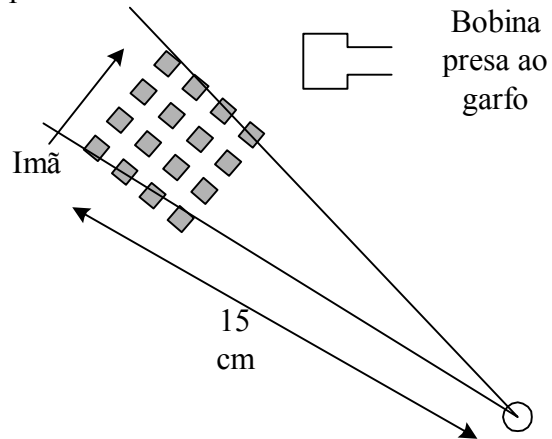
Como  $U = E \cdot d \Rightarrow \frac{U}{d} = B \cdot v \Rightarrow B = \frac{U}{v \cdot d} \Rightarrow$

$$B = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 2} \Rightarrow B = \frac{1}{4} \cdot 10^{-4} \Rightarrow \boxed{B = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$$



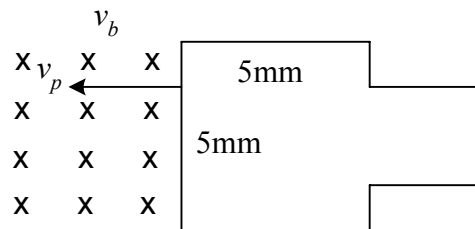
**16.** Uma bicicleta, com rodas de 60 cm de diâmetro externo, tem seu velocímetro composto de um ímã preso em raios, a 15 cm do eixo da roda, e de uma bobina quadrada de 25 mm<sup>2</sup> de área, com 20 espiras de fio metálico, presa no garfo da bicicleta. O ímã é capaz de produzir um campo de indução magnética de 0,2 T em toda a área da bobina (veja a figura). Com a bicicleta a 36 km/h, a força eletromotriz máxima gerada pela bobina é de

- A. ( )  $2 \cdot 10^{-5}$  V
- B. ( )  $5 \cdot 10^{-3}$  V
- C. ( )  $1 \cdot 10^{-2}$  V
- D. ( )  $1 \cdot 10^{-1}$  V
- E. ( )  $2 \cdot 10^{-1}$  V



**Alternativa: D**

A situação em que é gerada a máxima *fem* induzida na espira é vista na figura abaixo:



$$E_{\max} = n \cdot B \cdot l \cdot v_p, \text{ onde } v_p = \frac{36 \cdot 15}{30} \text{ km/h} = 18 \text{ km/h} = 0,5 \text{ m/s}$$

$v_p$  é a velocidade no ponto onde se encontra o ímã.

$$\text{Assim: } E_{\max} = 20 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \Rightarrow E_{\max} = 0,1 \text{ V}$$

**17.** Um automóvel pára quase que instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo air-bag, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do momentum do motorista se dá em condição de

- A. ( ) menor força em maior período de tempo.
- B. ( ) menor velocidade, com mesma aceleração.
- C. ( ) menor energia, numa distância menor.
- D. ( ) menor velocidade e maior desaceleração.
- E. ( ) mesmo tempo, com força menor.

**Alternativa: A**

Pelo Teorema do Impulso, o impulso da força resultante aplicada a um corpo é a variação de sua quantidade de movimento (momento linear).

$$\text{Considerando a força média } (\bar{F}) \text{ que age no intervalo de tempo de parada: } \vec{I} = \bar{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

$$\text{Em módulo: } F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

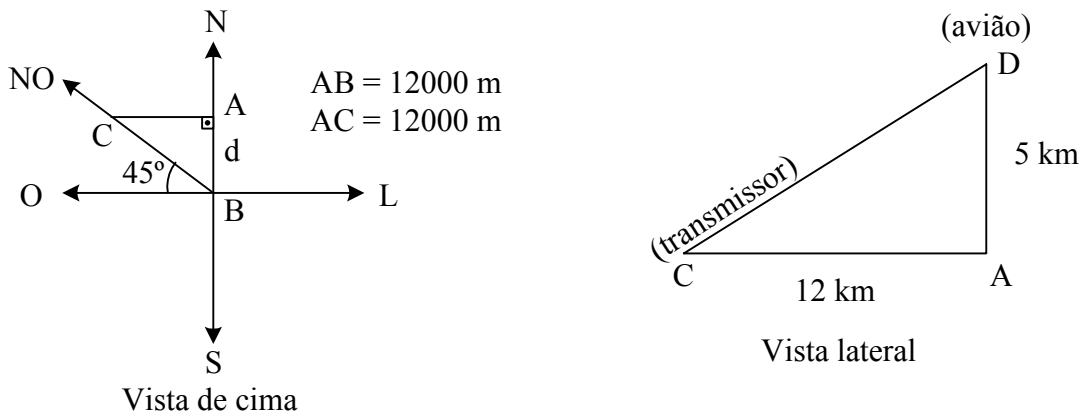
Portanto, para uma mesma variação no momento linear, a um intervalo de tempo maior corresponde uma força menor.

- 18.** Um avião de vigilância aérea está voando a uma altura de 5,0 km, com velocidade de  $50\sqrt{10}$  m/s no rumo norte, e capta no radiogoniômetro um sinal de socorro vindo da direção noroeste, de um ponto fixo no solo. O piloto então liga o sistema de pós-combustão da turbina, imprimindo uma aceleração constante de  $6,0 \text{ m/s}^2$ . Após  $40\sqrt{10}/3$  s, mantendo a mesma direção, ele agora constata que o sinal está chegando da direção oeste. Neste instante, em relação ao avião, o transmissor do sinal se encontra a uma distância de
- A. ( ) 5,2 km                      B. ( ) 6,7 km                      C. ( ) 12 km  
D. ( ) 13 km                      E. ( ) 28 km

**Alternativa: D**

Em  $\frac{40\sqrt{10}}{3}$  s, o avião percorre:  $d = 50\sqrt{10} \cdot \frac{40\sqrt{10}}{3} + \frac{6}{2} \cdot \left(\frac{40\sqrt{10}}{3}\right)^2 \Rightarrow d = \frac{20000}{3} + \frac{16000}{3} = 12000 \text{ m}$

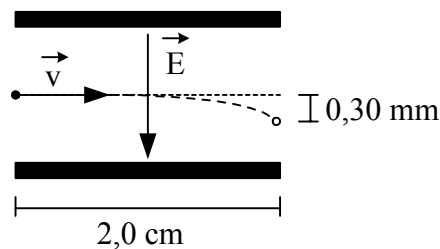
Temos a figura:



Da vista lateral temos:  $CD^2 = AC^2 + AD^2 \Rightarrow CD^2 = 144 + 25 = 169 \Rightarrow \boxed{CD = 13 \text{ km}}$

- 19.** Em uma impressora a jato de tinta, gotas de certo tamanho são ejetadas de um pulverizador em movimento, passam por uma unidade eletrostática onde perdem alguns elétrons, adquirindo uma carga  $q$ , e, a seguir, se deslocam no espaço entre placas planas paralelas eletricamente carregadas, pouco antes da impressão. Considere gotas de raio igual a  $10 \mu\text{m}$  lançadas com velocidade de módulo  $v = 20 \text{ m/s}$  entre placas de comprimento igual a  $2,0 \text{ cm}$ , no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é  $E = 8,0 \cdot 10^4 \text{ N/C}$  (veja figura). Considerando que a densidade da gota seja de  $1000 \text{ kg/m}^3$  e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de  $0,30 \text{ mm}$  ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de

- A. ( )  $2,0 \cdot 10^{-14} \text{ C}$   
B. ( )  $3,1 \cdot 10^{-14} \text{ C}$   
C. ( )  $6,3 \cdot 10^{-14} \text{ C}$   
D. ( )  $3,1 \cdot 10^{-11} \text{ C}$   
E. ( )  $1,1 \cdot 10^{-10} \text{ C}$



**Alternativa: B**

No eixo horizontal temos:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10^{-3} \text{ s}$

Mas a massa da gota é:  $m = d \cdot V = 10^3 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot 10^{-15} \Rightarrow m = \frac{4\pi}{3} \cdot 10^{-12} \text{ kg}$

Para o deslocamento na vertical:  $3 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2 \Rightarrow 3 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{2} a \cdot 10^{-6} \Rightarrow a = 6 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$

$F_{el} = m \cdot a \Rightarrow F_{el} = \frac{4\pi}{3} \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^2 = 8\pi \cdot 10^{-10} \text{ N}$

$F_{el} = q \cdot E \Rightarrow 8\pi \cdot 10^{-10} = q \cdot 8 \cdot 10^4 \Rightarrow q = \pi \cdot 10^{-14} \text{ C} \Rightarrow \boxed{q \approx 3,1 \cdot 10^{-14} \text{ C}}$

- 20.** A pressão exercida pela água no fundo de um recipiente aberto que a contém é igual a  $P_{atm} + 10 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ . Colocado o recipiente num elevador hipotético em movimento, verifica-se que a pressão no seu fundo passa a ser de  $P_{atm} + 4,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ . Considerando que  $P_{atm}$  é a pressão atmosférica, que a massa específica da água é de  $1,0 \text{ g/cm}^3$  e que o sistema de referência tem seu eixo vertical apontado para cima, conclui-se que a aceleração do elevador é de
- A. ( )  $-14 \text{ m/s}^2$                       B. ( )  $-10 \text{ m/s}^2$                       C. ( )  $-6 \text{ m/s}^2$   
 D. ( )  $6 \text{ m/s}^2$                       E. ( )  $14 \text{ m/s}^2$

**Alternativa: C**

Com o elevador não acelerado, a pressão no fundo do recipiente é:  $P_1 = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$   
 Como:  $P_1 = P_{atm} + 10 \cdot 10^3$ , então  $\rho \cdot g \cdot h = 10 \cdot 10^3 \Rightarrow 10^3 \cdot 10 \cdot h = 10 \cdot 10^3 \Rightarrow h = 1 \text{ m}$

Se o elevador tem aceleração  $a$  para cima:  $P_2 = P_{atm} + \rho \cdot (g + a) \cdot h$   
 Como:  $P_2 = P_{atm} + 4 \cdot 10^3$ , então  $\rho \cdot (g + a) \cdot h = 4 \cdot 10^3 \Rightarrow 10^3 \cdot (10 + a) \cdot 1 = 4 \cdot 10^3 \Rightarrow 10 + a = 4 \Rightarrow$   
 $\boxed{a = -6 \text{ m/s}^2}$

- 21.** Um átomo de hidrogênio inicialmente em repouso emite um fóton numa transição do estado de energia  $n$  para o estado fundamental. Em seguida, o átomo atinge um elétron em repouso que com ele se liga, assim permanecendo após a colisão. Determine literalmente a velocidade do sistema átomo + elétron após a colisão. Dados: a energia do átomo de hidrogênio no estado  $n$  é  $E_n = E_0/n^2$ ; o momentum do fóton é  $h\nu/c$ ; e a energia deste é  $h\nu$ , em que  $h$  é a constante de Plank,  $\nu$  a frequência do fóton e  $c$  a velocidade da luz.

**Resolução:**

Para o fóton, a relação entre o momento linear e a energia cinética é  $E = p \cdot c$  e  $E = E_n - E_0$   
 Esse é o momento com que recua o átomo após a emissão, logo:

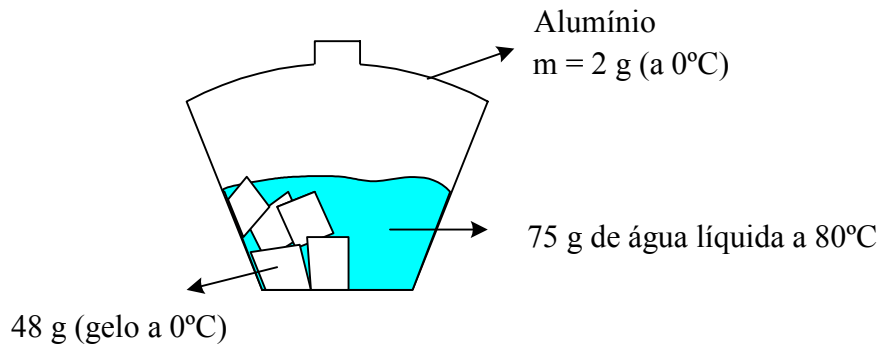
$$p = \frac{E}{c} = \frac{E_n - E_0}{c} \Rightarrow p = \frac{E_0}{c} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - 1 \right) \quad (E_0 < 0)$$

Como o sistema é isolado, para a colisão temos:  $p_{antes} = p_{depois}$

$$M_H \cdot \frac{E_0}{c} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - 1 \right) = (M_H + M_e) \cdot v \Rightarrow \boxed{v = \frac{M_H \cdot E_0}{(M_H + M_e) \cdot c} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - 1 \right)}$$

- 22.** Inicialmente 48 g de gelo a  $0^\circ\text{C}$  são colocados num calorímetro de alumínio de 2,0 g, também a  $0^\circ\text{C}$ . Em seguida, 75 g de água a  $80^\circ\text{C}$  são despejados dentro desse recipiente. Calcule a temperatura final do conjunto. Dados: calor latente do gelo  $L_g = 80 \text{ cal/g}$ , calor específico da água  $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , calor específico do alumínio  $c_{Al} = 0,22 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

**Resolução:**



O calor sensível disponível na água, de  $80^\circ\text{C}$  a  $0^\circ\text{C}$ , é:  $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ .

$$\text{Logo: } Q_1 = 75 \cdot 1 \cdot (-80) \Rightarrow Q_1 = -6000 \text{ cal}$$

O calor necessário para fundir completamente o gelo é:

$$Q_2 = m \cdot L = 48 \cdot 80 = +3840 \text{ cal}.$$

Como  $|Q_1| > |Q_2|$ , a água conseguirá fundir o gelo e depois aquecer o sistema. Calculando a temperatura de equilíbrio, temos, supondo o sistema (água + gelo + calorímetro) isolado:

$$Q_{H_2O} + Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{gelo fundido}} = 0$$

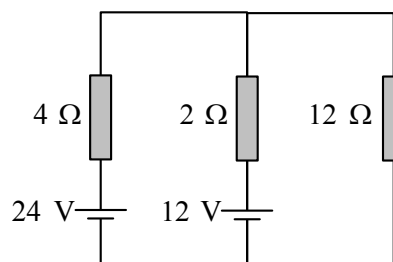
$$\underbrace{m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta\theta}_{75 \cdot 1 \cdot (\theta_x - 80)} + \underbrace{m_g \cdot L}_{48 \cdot 80} + \underbrace{m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot \Delta\theta}_{2 \cdot 0,22 \cdot (\theta_x - 0)} + \underbrace{m_{gf} \cdot c \cdot \Delta\theta}_{48 \cdot 1 \cdot (\theta_x - 0)} = 0$$

$$75 \cdot 1 \cdot (\theta_x - 80) + 48 \cdot 80 + 2 \cdot 0,22 \cdot (\theta_x - 0) + 48 \cdot 1 \cdot (\theta_x - 0) = 0$$

$$75\theta_x - 6000 + 3840 + 0,44 \cdot \theta_x + 48 \cdot \theta_x = 0 \Rightarrow 123,44 \cdot \theta_x = 2.160$$

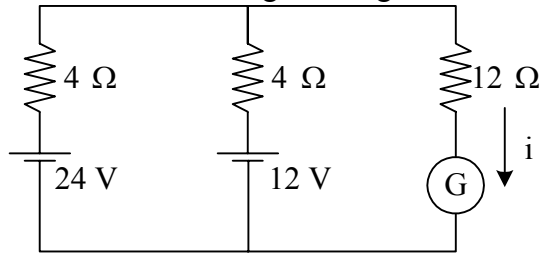
$$\text{Logo: } \boxed{\theta_x \cong 17,5^\circ\text{C}}$$

- 23.** Um técnico em eletrônica deseja medir a corrente que passa pelo resistor de  $12 \Omega$  no circuito da figura. Para tanto, ele dispõe de um galvanômetro e uma caixa de resistores. O galvanômetro possui resistência interna  $R_g = 5 \text{ k}\Omega$  e suporta, no máximo, uma corrente de  $0,1 \text{ mA}$ . Determine o valor máximo do resistor  $R$  a ser colocado em paralelo com o galvanômetro para que o técnico consiga medir a corrente.

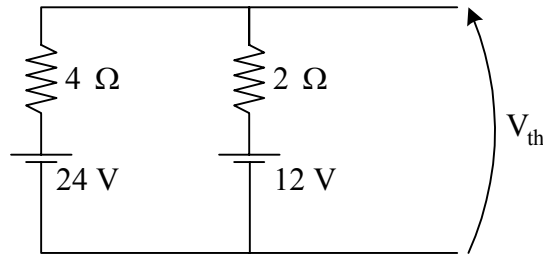


**Resolução:**

O circuito para a medida da corrente é visto na figura a seguir:



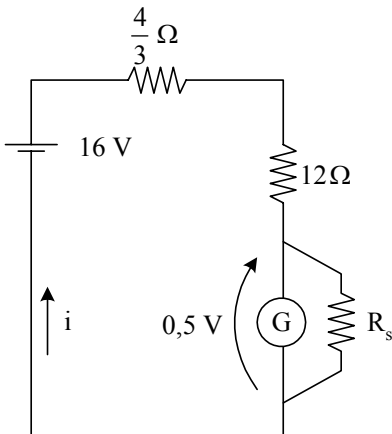
Pelo teorema de Thevenin, tem-se que:



$$V_{th} = 12 + 2 \cdot \frac{(24 - 12)}{6} = 16 \text{ V}$$

$$R_{th} = 2 // 4 = \frac{8}{6} = \frac{4}{3} \Omega$$

Temos o circuito equivalente:



Como  $R_G = 5 \text{ k}\Omega$  e  $i_{G\text{máx}} = 0,1 \text{ mA}$ ,  $U_G = 0,5 \text{ V}$  (no máximo)

$$\text{Assim, temos: } 16 - \left(\frac{4}{3} + 12\right) \cdot i - 0,5 = 0 \Rightarrow 15,5 = \frac{40}{3} i \Rightarrow i = \frac{46,5}{40} \text{ A}$$

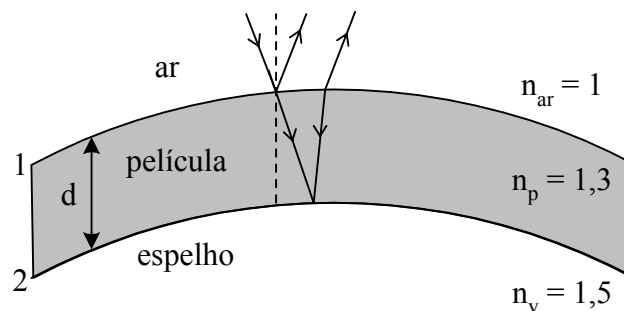
Como  $i_G \ll i$ , a corrente que atravessa  $R_s$  é praticamente  $i$ .

$$\text{Assim: } R_s \cdot i = 0,5 \Rightarrow R_s \cdot \frac{46,5}{40} = 0,5 \Rightarrow R_s = \frac{40}{93} \Omega$$

- 24.** Uma fina película de fluoreto de magnésio recobre o espelho retrovisor de um carro a fim de reduzir a reflexão luminosa. Determine a menor espessura da película para que produza a reflexão mínima no centro do espectro visível. Considere o comprimento de onda  $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ , o índice de refração do vidro  $n_v = 1,50$  e, o da película,  $n_p = 1,30$ . Admita a incidência luminosa como quase perpendicular ao espelho.

**Resolução:**

A situação descrita no problema pode ser vista na figura abaixo:



Observa-se, devido aos índices de refração da película e do vidro, que há 2 inversões de fase nas reflexões.

Se  $2d = n_i \cdot \frac{\lambda_n}{2}$ , tem-se interferência  $n_i = 1, 3, 5, 7, \dots$  destrutiva.

Logo, para a menor espessura, tem-se  $n_i = 1$  e  $d = \frac{1 \cdot 5500}{4 \cdot 1,3} \Rightarrow \boxed{d \cong 1058 \text{ \AA}}$

Obs.: Foi considerado  $\lambda = 5500 \text{ \AA}$  no ar.

- 25.** Num experimento, foi de  $5,0 \cdot 10^3 \text{ m/s}$  a velocidade de um elétron, medida com precisão de 0,003%. Calcule a incerteza na determinação da posição do elétron, sendo conhecidos: massa do elétron  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  e constante de Plank reduzida  $\hbar = 1,1 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

**Resolução:**

De acordo com o enunciado, usando a incerteza de Heisenberg, tem-se que:

$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$  onde  $\Delta x$  e  $\Delta p$  são as incertezas da posição e da quantidade de movimento respectivamente.

No caso de incerteza mínima, tem-se que:  $\Delta x \cdot \Delta p = \hbar$ , logo:

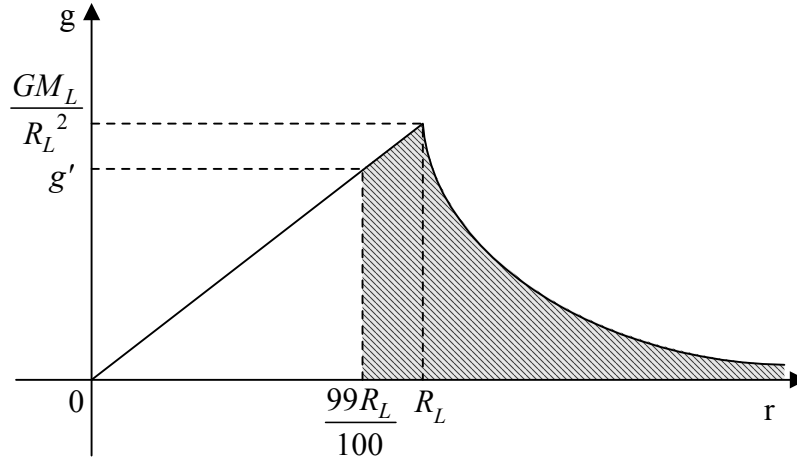
$$\Delta x = \frac{1,1 \cdot 10^{-34}}{m \cdot \Delta v \cdot 3 \cdot 10^{-5}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \boxed{\Delta x = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$$

- 26.** Suponha que na Lua, cujo raio é  $R$ , exista uma cratera de profundidade  $R/100$ , do fundo da qual um projétil é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial  $v$  igual à de escape. Determine literalmente a altura máxima alcançada pelo projétil, caso ele fosse lançado da superfície da Lua com aquela mesma velocidade inicial  $v$ .

**Resolução:**

O gráfico do campo gravitacional da Lua em função da distância ao seu centro é dado por:





Na parte linear temos:  $g(r) = \frac{GM_L r}{R_L^3}$

Logo:  $g' = g\left(\frac{99R_L}{100}\right) = \frac{99GM_L}{100R_L^2}$

O potencial em um ponto P que dista r do centro da Lua é dado por  $V_p = -\int_{\infty}^r \vec{g} \cdot d\vec{\ell}$ , que é

interpretado como a área sob a curva  $g \times r$ . Para a superfície, o potencial é dado por  $V = -\frac{GM_L}{R_L}$ .

Assim, no fundo do buraco, o potencial é dado por:

$$V_p \stackrel{N}{=} -\left(\text{Área de } \frac{99R_L}{100} \text{ ao infinito}\right) = -\left(\text{Área de } \frac{99R_L}{100} \text{ a } R_L\right) - \left(\text{Área de } R_L \text{ ao infinito}\right) =$$

$$= -\frac{\frac{GM_L}{R_L^2} + \frac{99GM_L}{100R_L^2}}{2} \cdot \frac{R_L}{100} - \frac{GM_L}{R_L} \Rightarrow V_p = -\left(\frac{199 \cdot GM_L}{20000R_L} + \frac{GM_L}{R_L}\right) = \frac{20199GM_L}{20000R_L}$$

Por conservação de energia, a velocidade de escape no ponto onde o projétil foi lançado é dado por:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{20199GM_L m}{20000R_L} = 0 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{20199GM_L}{10000R_L}}$$

Portanto maior que a velocidade de escape na superfície da Lua, que é igual a  $\sqrt{\frac{2GM_L}{R_L}}$ .

Logo, se o projétil for lançado da superfície da Lua com  $v$  não atingirá uma altura máxima e se afastará da Lua sem parar.

Supondo que a banca tivesse desejado a altura máxima atingida pelo projétil caso ele fosse lançado do buraco com a velocidade de escape da superfície da Lua, teríamos:

$$E_{M_I} = E_{M_F} \Rightarrow \frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{2GM_L}{R_L}}\right)^2 - \frac{20199GM_L m}{20000R_L} = -\frac{GM_L m}{r}$$

$$\frac{2GM_L}{2R_L} - \frac{20199GM_L}{20000R_L} = -\frac{GM_L}{r} \Rightarrow \frac{1}{R_L} - \frac{20199}{20000R_L} = -\frac{1}{r}$$

$$-\frac{199}{20000R_L} = -\frac{1}{r} \Rightarrow r = \frac{20000R_L}{199}$$

- 27.** Estime a massa de ar contida numa sala de aula. Indique claramente quais as hipóteses utilizadas e os quantitativos estimados das variáveis empregadas.

**Resolução:**

Vamos pensar em uma sala de aula média, que consegue acomodar bem 40 alunos. Cada aluno ocupa uma área igual a  $1 \text{ m}^2$ . Supondo também uma área de circulação do professor tenha 1 m de largura e 6 m de comprimento, temos:

I) Estimativa da área da sala:  $A = 40 \cdot 1 + 1 \cdot 6 = 46 \text{ m}^2$

II) Estimativa do volume da sala:  $V = A \cdot h = 46 \cdot 2,5 = 115 \text{ m}^3 = 115.000 \text{ L}$   
(com h sendo a altura do chão ao teto: 2,5 m)

III) Outras considerações

$$T_C = 27^\circ\text{C}, P = 1 \text{ atm}$$

Composição da atmosfera: 70% de  $\text{N}_2$  e 30% de  $\text{O}_2$  (obtido da questão 28)

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ u e } M_{\text{N}_2} = 28 \text{ u}$$

IV) Cálculo do número de mols

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot 115.1000 = n \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$n = \frac{1.150}{3 \cdot 0,082} = 4,67 \cdot 10^3 \text{ mols}$$

$$N_{\text{O}_2} = 30\% \cdot 4,67 \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ mols}$$

$$N_{\text{N}_2} = 70\% \cdot 4,67 \cdot 10^3 = 3,27 \cdot 10^3 \text{ mols}$$

V) Cálculo da massa

$$M = N_{\text{O}_2} \cdot M_{\text{O}_2} + N_{\text{N}_2} \cdot M_{\text{N}_2} \Rightarrow M = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 32 + 3,27 \cdot 10^3 \cdot 28$$

$$M = 4,48 \cdot 10^4 + 9,16 \cdot 10^4 \Rightarrow M = 1,36 \cdot 10^5 \text{ g} \Rightarrow \boxed{M = 136 \text{ kg}}$$

- 28.** Uma cesta portando uma pessoa deve ser suspensa por meio de balões, sendo cada qual inflado com  $1 \text{ m}^3$  de hélio na temperatura local ( $27^\circ\text{C}$ ). Cada balão vazio com seus apetrechos pesa 1,0 N. São dadas a massa atômica do oxigênio  $A_{\text{O}} = 16$ , a do nitrogênio  $A_{\text{N}} = 14$ , a do hélio  $A_{\text{He}} = 4$  e a constante dos gases  $R = 0,082 \text{ atm } \ell \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Considerando que o conjunto pessoa e cesta pesa 1000 N e que a atmosfera é composta de 30% de  $\text{O}_2$  e 70% de  $\text{N}_2$ , determine o número mínimo de balões necessários.

**Resolução:**

Para que o conjunto seja suspenso, o empuxo  $E$  gerado deve ser tal que:

$E > P$ , onde  $P$  é o peso do conjunto cesta + pessoa + balões

$E = n \cdot V_s \cdot g \cdot \rho_{\text{ar}}$ , onde  $n$  é o número de balões

$$P = 1000 + n \cdot 1 + n \cdot 1 \cdot \rho_{\text{Ne}} \cdot 10$$

$$\rho_{\text{ar}} = 0,7 \cdot \frac{P_{\text{atm}} \cdot M_{\text{N}_2}}{R \cdot 300} + 0,3 \cdot \frac{P_{\text{atm}} \cdot M_{\text{O}_2}}{R} \Rightarrow$$

Supondo que  $P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm}$ , tem-se que:

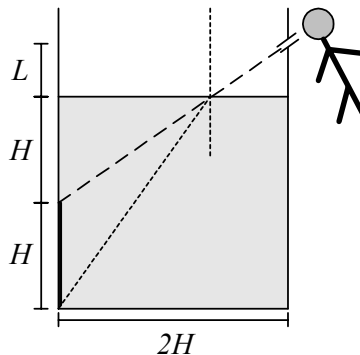
$$\rho_{\text{ar}} = \frac{1}{10^{-3}} \left( \frac{1 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7}{0,082 \cdot 300} + \frac{1 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{0,082 \cdot 300} \right) = 1,19 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{He} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 300} = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

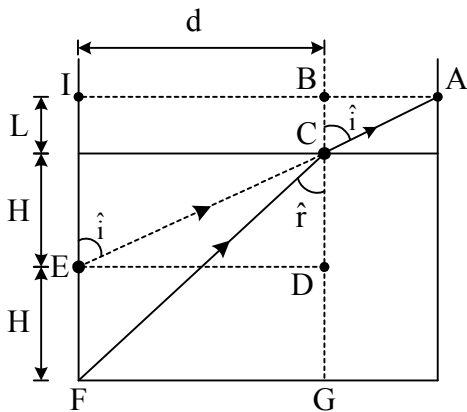
$$n \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1,19 = 1000 + n \cdot 1 + 1,6 \cdot n$$

$$11,9 \cdot n - 2,6 \cdot n = 1000 \Rightarrow n = \frac{1000}{9,3} \cong 108 \text{ (arredondando para o inteiro superior mais próximo).}$$

**29.** Através de um tubo fino, um observador enxerga o topo de uma barra vertical de altura  $H$  apoiada no fundo de um cilindro vazio de diâmetro  $2H$ . O tubo encontra-se a uma altura  $2H + L$  e, para efeito de cálculo, é de comprimento desprezível. Quando o cilindro é preenchido com um líquido até uma altura  $2H$  (veja a figura), mantido o tubo na mesma posição, o observador passa a ver a extremidade inferior da barra. Determine literalmente o índice de refração desse líquido.



**Resolução:**



Como  $\widehat{BCA} = \widehat{ECD}$ :

$$\text{tg } \hat{i} = \frac{ED}{CD} \Rightarrow \text{tg } \hat{i} = \frac{d}{H}$$

$$\text{tg } \hat{r} = \frac{FG}{CG} \Rightarrow \text{tg } \hat{r} = \frac{d}{2H}$$

Logo:  $\text{tg } \hat{i} = 2 \cdot \text{tg } \hat{r}$

Como  $\triangle CED \sim \triangle EAI$ :  $\frac{AI}{EI} = \frac{ED}{CD} \Rightarrow \frac{2H}{H+L} = \frac{d}{H}$

$$\Rightarrow d = \frac{2H^2}{H+L}$$

Logo:  $\text{tg } \hat{r} = \frac{d}{2H} = \frac{H}{H+L}$

Aplicando a Lei de Snell, com  $n_{AR} = 1,0$ , tem-se:  $1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n \cdot \text{sen } \hat{r} \Rightarrow n = \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} \Rightarrow n = \frac{\text{tg } \hat{i}}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \hat{i}}}$

$$n = \frac{\text{tg } \hat{i}}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \hat{i}}}$$

$$n = \frac{\frac{2 \cdot \text{tg } \hat{r}}{\sqrt{1 + 4 \cdot \text{tg}^2 \hat{r}}}}{\frac{\text{tg } \hat{r}}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \hat{r}}}} \Rightarrow n = \frac{2 \sqrt{1 + \frac{H^2}{(H+L)^2}}}{\sqrt{1 + 4 \frac{H^2}{(H+L)^2}}} \Rightarrow n = \frac{2\sqrt{(H+L)^2 + H^2}}{\sqrt{(H+L)^2 + 4H^2}}$$

- 30.** Satélite síncrono é aquele que tem sua órbita no plano do equador de um planeta, mantendo-se estacionário em relação a este. Considere um satélite síncrono em órbita de Júpiter cuja massa é  $M_J = 1,9 \cdot 10^{27}$  kg e cujo raio é  $R_J = 7,0 \cdot 10^7$  m. Sendo a constante da gravitação universal  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup> e considerando que o dia de Júpiter é de aproximadamente 10 h, determine a altitude do satélite em relação à superfície desse planeta.

**Resolução:**

Calculando a interação gravitacional,  $F_G$ :

$$F_G = m\omega^2 d \Rightarrow \frac{GM_J m}{d^2} = m \cdot \frac{4\pi^2}{T_J^2} d \Rightarrow d^3 = \frac{G \cdot M_J \cdot T_J^2}{4\pi^2} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_J \cdot T_J^2}{4\pi^2}}$$

$$T_J = 10 \text{ h} = 36.000 \text{ s}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 1,9 \cdot 10^{27} \cdot 36^2 \cdot 10^6}{4\pi^2}} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{6,7 \cdot 1,9 \cdot 36^2}{4\pi^2} \cdot 10^{22}} \cong \sqrt[3]{\frac{6,7 \cdot 1,9 \cdot 36^2}{4}} \cdot 10^7 \cong 16 \cdot 10^7 \text{ m}$$

A altitude em relação à superfície é:  $h = d - R_J = 9 \cdot 10^7 \text{ m}$

Observação: consideramos  $\pi^2 \approx 10$

**Comentário:**

A prova de Física de 2005 foi, em linhas gerais, de um grau de complexidade menor do que a do ano anterior.

O exame apresentou uma ênfase acentuada em mecânica, em detrimento de questões de termodinâmica e física moderna, com baixa incidência.

O enunciado da questão 26 faz com que a resolução não tenha sentido físico. Além disso, não foram apresentados valores numéricos para as constantes físicas, ficando a cargo do candidato o conhecimento dos seus valores numéricos. O ITA certamente selecionará os candidatos mais bem preparados para os seus cursos de engenharia em 2005.



# POLIEDRO

O CURSINHO QUE MAIS ENTENDE DE IME E ITA