1ª Questão

Um canhão de massa M = 200 kg em repouso sobre um plano horizontal sem atrito é carregado com um projétil de massa m = 1 kg, permanecendo ambos neste estado até o projétil ser disparado na direção horizontal. Sabe-se que este canhão pode ser considerado uma máquina térmica com 20% de rendimento, porcentagem essa utilizada no movimento do projétil, e que o calor fornecido a esta máquina térmica é igual a 100.000 J. Suponha que a velocidade do projétil após o disparo é constante no interior do canhão e que o atrito e a resistência do ar podem ser desprezados. Determine a velocidade de recuo do canhão após o disparo.

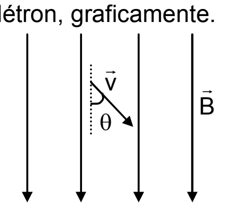
Solução Ideal:

Pelo enunciado, uma certa porcentagem η do calor total Q fornecido a máquina térmica é utilizada somente no movimento do projétil. Assim: $\frac{mv_p^2}{2} = \eta.Q \Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2\eta Q}{m}}$.

Pela conservação da quantidade de movimento: $0 = Mv_c - mv_p \Rightarrow v_c = \frac{m.v_p}{M} = \frac{\sqrt{2\eta m Q}}{M} \Rightarrow v_c = 1{,}00$ m/s

2ª Questão

Considere um elétron de massa m e carga –e, que se move com velocidade $\vec{v}$ conforme indicado na figura abaixo. No instante t = 0 é ligado um campo magnético $\vec{B}$ uniforme em todo o espaço. Desprezando a ação da gravidade, determine:
a) O trabalho realizado pela força magnética após um intervalo de tempo Δt.
b) O período do movimento no plano perpendicular a $\vec{B}$.
c) A trajetória seguida pelo elétron, graficamente.



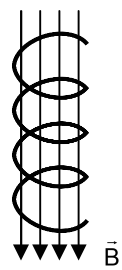
Solução Ideal:

a) Como o vetor força magnética sempre é perpendicular ao vetor deslocamento, então o trabalho da força magnética é igual a zero.
b) Seja v_x a componente da velocidade na direção perpendicular às linhas do campo magnético ($v_x = v.\text{sen}\,\theta$).

Deste modo: $|\vec{F}_{mag}| = |\vec{F}_{cp}| \Rightarrow e.B.v_x = \frac{mv_x^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv_x}{eB}$

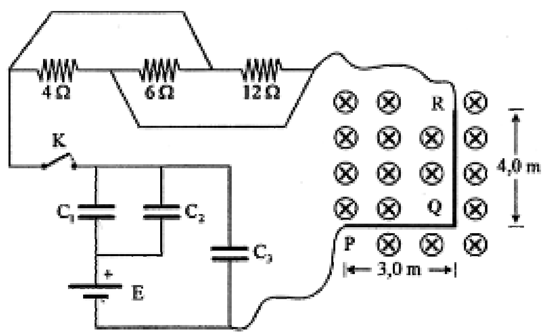
Analisando o movimento circular que ocorre no plano perpendicular a $\vec{B}$: $T = \frac{2\pi R}{v_x} = \frac{2\pi}{v_x}\frac{mv_x}{eB} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{eB}$

c) Como a força magnética é perpendicular às linhas do campo magnético, então o movimento em um plano perpendicular ao campo magnético é circular uniforme. Como a força resultante na direção das linhas de campo é nula, então nesta direção a velocidade é uniforme. Assim, o elétron percorre uma hélice cilíndrica, cujo esboço da curva está ao lado.



3ª Questão

Um fio condutor rígido PQR, dobrado em ângulo reto, está ortogonalmente inserido em um campo magnético uniforme de intensidade B = 0,40 T. O fio está conectado a dois circuitos, um resistivo e o outro capacitivo. Sabendo que o capacitor C_1 está carregado com 40 μC, determine a intensidade da força de origem magnética que atuará sobre o fio PQR no instante em que a chave K for fechada. Dados: $C_1 = 1\ \mu$F, $C_2 = 2\ \mu$F e $C_3 = 6\ \mu$F.



Solução Ideal:

Encontrando-se inicialmente a capacitância equivalente, tem-se: $C_{eq} = \frac{(C_1 + C_2)C_3}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{3.6}{1+2+6} \Rightarrow C_{eq} = 2\ \mu F$

A ddp em C_1 é igual a ddp em C_2,então: $Q_1 = V_1.C_1 \Rightarrow 40 = V_1.1 \Rightarrow V_1 = V_2 = 40$ V

A carga armazenada por C_2 é dada por: $Q_2 = C_2.V_2 = 2.40 \Rightarrow Q_2 = 80\ \mu C$

Como C_3 está em paralelo com os capacitores C_1 e C_2, então a carga com armazenada por C_3 é:

$Q_3 = Q_1 + Q_2 = 40 + 80 \Rightarrow Q_3 = 120\ \mu C$

Portanto, a ddp em C_3 será: $Q_3 = C_3.V_3 \Rightarrow 120 = 6.V_3 \Rightarrow V_3 = 20$ V

No instante em que a chave é fechada, a ddp fornecida ao circuito resistivo é igual a ddp no capacitor C_3.

Como o circuito é constituído por 3 resistores associados em paralelo, então a resistência equivalente é: $R_{eq} = 2\ \Omega$

De acordo com a Lei de Ohm, a corrente inicial terá intensidade: $V = R.i \Rightarrow 20 = 2.i \Rightarrow i = 10$ A

No condutor PQR: $\vec{F}_{mag} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{PQ} + \vec{F}_{QR} \Rightarrow |\vec{F}_{mag}| = \sqrt{(i.\overline{RQ}.B)^2 + (i.\overline{PQ}.B)^2} \Rightarrow$

$|\vec{F}_{mag}| = \sqrt{(10.4.0{,}4)^2 + (10.3.0{,}4)^2} \Rightarrow |\vec{F}_{mag}| = 20\ N$

4ª Questão

Uma corda é fixada a um suporte e tencionada por uma esfera totalmente imersa em um recipiente com água, como mostra a figura. Desprezando o volume e a massa da corda em comparação com o volume e a massa da esfera, determine a velocidade com que se propaga uma onda na corda.

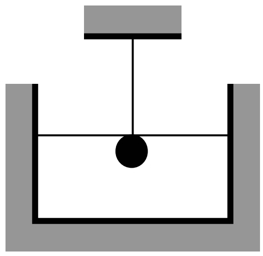
Dados: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s^2;

densidade linear da corda (μ) = 1,6 g/m;

massa da esfera (m) = 500 g;

volume da esfera (V) = 0,1 dm^3;

massa específica da água (d) = 1.000 kg/m^3.



Solução Ideal:

Pelo equilíbrio de forças a tração T no fio é dada por: $T = P - E = m.g - d.g.V$

Deste modo, a velocidade do som no fio é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{m.g - d.g.V}{\mu}} = \sqrt{\frac{(0{,}500)(10) - (1000)(10)(10^{-4})}{1{,}6.10^{-3}}} \Rightarrow v = 50{,}0\ m/s$$

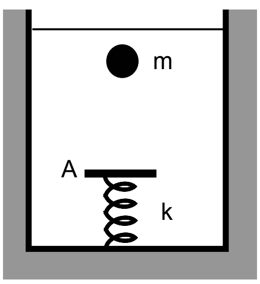
5ª Questão

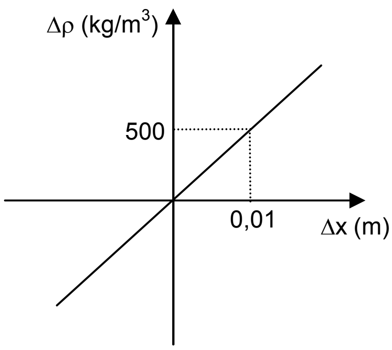
Um corpo de massa m e volume v = 1 m^3, imerso em um líquido de massa específica ρ_0, é solto, inicia o movimento vertical, atinge o anteparo A e provoca uma deformação máxima x na mola de constante elástica k. Em seguida, o procedimento é repetido, porém com líquidos de massa específica ρ_1 diferente de ρ_0. O gráfico abaixo mostra a relação entre a variação da massa específica do líquido $\Delta\rho$ e a variação da deformação máxima da mola Δx.

a) Construa o gráfico da deformação máxima da mola x em função da diferença entre as massas específicas do corpo e do líquido $\Delta\rho_{CL}$.

b) Determine o valor de x para $\Delta\rho_{CL}$ = 1.000 kg/m^3.

Dado: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s^2.





Solução Ideal:

i) Se considerarmos este sistema como sendo conservativo, encontraremos um erro conceitual grave no enunciado desta questão. Aplicando a conservação da energia mecânica para duas situações:

$(m.g - \rho_0.g.V)(h + x) = k.x_0^2/2 \quad (mg - \rho_1.g.V)(h + x) = k.x_1^2/2$

Subtraindo estas equações: $ghV(\rho_0 - \rho_1) + mg(x_1 - x_0) + gV(\rho_0 x_0 - \rho_1 x_1) = k(x_0^2 - x_1^2)/2 \Rightarrow$

$ghV\Delta\rho + mg\Delta x + gV(\rho_0 x_0 - \rho_1 x_1) = k\Delta x(x_0 + x_1)/2$

Pelo gráfico, quando $\Delta x = 0$ temos $\Delta\rho = 0$. substituindo isto na equação acima, concluímos que $(\rho_0 x_0 - \rho_1 x_1) = 0$.

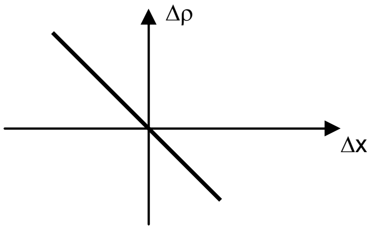
Assim: $ghV\dfrac{\Delta\rho}{\Delta x} + mg = \dfrac{k(x_0 + x_1)}{2}$. Se considerarmos que $\Delta\rho/\Delta x$ é realmente constante, teremos que $x_0 + x_1$ é constante, o que é absurdo, pois se assim fosse teríamos líquidos diferentes com a mesma deformação x.

Deste modo, para um sistema conservativo, é impossível que $\Delta\rho/\Delta x$ seja constante.

ii) Considerando que no instante de máxima deformação as forças atuantes sobre o sistema se anulam, **o que é um absurdo**, visto que tal afirmação só é verdadeira quando o corpo se encontra em posição de equilíbrio, equaciona-se:

$\rho_0.g.V + kx_0 = \rho_c.g.V \qquad \rho_1.g.V + kx = \rho_c.g.V$

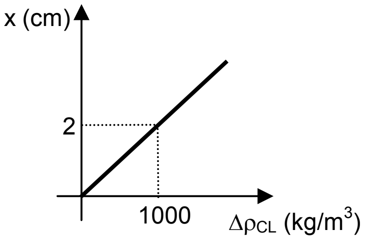
Subtraindo encontramos: $\Delta\rho.g.V + k.\Delta x = 0 \Rightarrow \dfrac{\Delta\rho}{\Delta x} = -\dfrac{k}{g.V}$, o que implica que $k = 5.10^5$ N/m e o esboço do gráfico correto que relaciona $\Delta\rho$ e Δx é o seguinte:



Observe que além do erro conceitual de considerar que a deformação máxima ocorre no ponto de equilíbrio de forças, o gráfico fornecido está incorreto,uma vez que nunca poderia ser uma curva crescente, pois se $\Delta\rho > 0$ então $\Delta x < 0$ e vice versa.

a) Para uma situação qualquer de equilíbrio: $\rho_L.g.V + kx = \rho_C.g.V \Rightarrow x = \Delta\rho_{CL}\dfrac{g.V}{k}$, onde $\dfrac{g.V}{k} = 2.10^{-5}$ (SI)

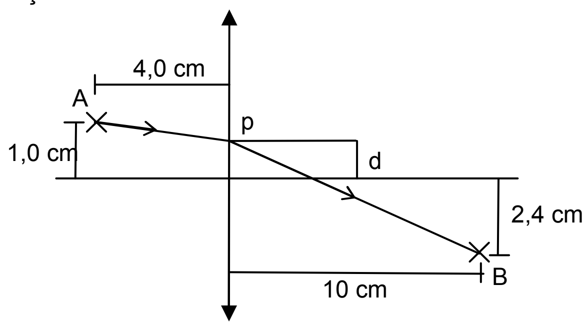
O esboço do gráfico é:



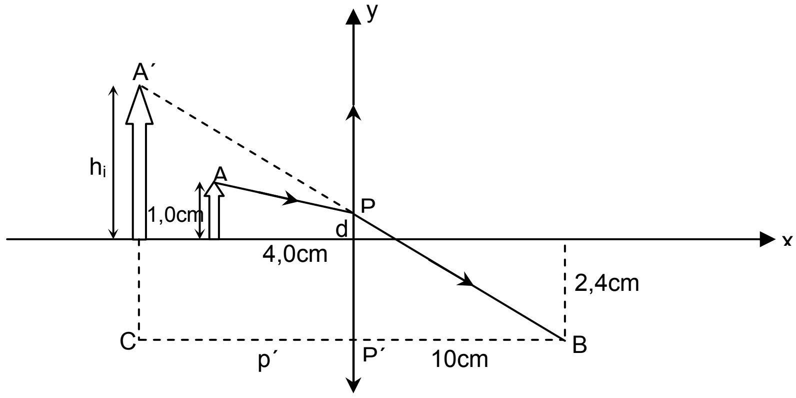
b) Como $x = (2.10^{-5})\Delta\rho_{CL}$, para $\Delta\rho_{CL} = 1000$ kg/m^3 temos x = 0,02 m ou x = 2,0 cm

6ª Questão

Determine a ordenada d de um ponto P, localizado sobre a lente convergente de distância focal 6 cm, no qual deve ser mirado um feixe laser disparado do ponto A, com o intuito de sensibilizar um sensor ótico localizado no ponto B. Considere válidas as aproximações de Gauss.



Solução Ideal:



I) De acordo com a equação de Gauss, encontra-se a posição da imagem A´ do ponto A:

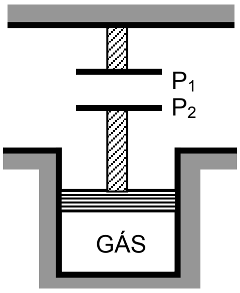
$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{6} - \frac{1}{4} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -12\text{cm}$

II) Para se calcular a distância de A´para o eixo óptico da lente, faz-se : $\frac{h_i}{h_o} = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{h_i}{1} = \frac{-(-12)}{4} \Rightarrow h_i = 3{,}0\text{cm}$

III) Desde que $\Delta A'BC \sim \Delta PBP'$, então: $\frac{A'C}{PP'} = \frac{BC}{BP'} \Rightarrow \frac{5{,}4}{(d+2{,}4)} = \frac{22}{10} \Rightarrow d = 0{,}055\text{cm}$

7ª Questão

Um gás ideal encontra-se, inicialmente, sob pressão de 1,0 atmosfera e ocupa um volume de 1,0 litro em um cilindro de raio R = $5/\pi$ m, cujo êmbolo mantém a placa P_2 de um capacitor afastada 10 cm da placa paralela P_1. Nessa situação, existe uma energia de 171,5 μJ armazenada no capacitor, havendo entre suas placas a tensão de 5,0 V. Determine o valor da capacitância quando o êmbolo for levantado, reduzindo a pressão isotermicamente para 0,8 atm.



Solução Ideal:

I) Como o processo é isotérmico, tem-se, para um sistema fechado:
$P_iV_i = P_fV_f \Rightarrow 1 \cdot 1 = 0{,}8 \cdot V_f \Rightarrow V_f = 1{,}25L$
Assim há uma expansão do gás, diminuindo a distância entre as placas do capacitor e aumentando, desta forma a sua capacitância.
II) Ora: $\Delta V = S\Delta h$, onde Δh representará o deslocamento da placa P_2, e assim:

$0{,}25L = \pi \cdot \left(\frac{5}{\pi}\right)^2 \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{25 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{25} \cdot 10^2 \text{cm} \Rightarrow \Delta h = 10^{-3}\,\pi \text{ cm}$

Portanto, concluímos que: $d_2 = 10 - 10^{-3}\,\pi$
III) Durante o deslocamento do êmbolo não há variação da carga do capacitor e, muito menos, do campo elétrico entre elas, sendo assim: $Q_i = Q_f \Rightarrow C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow C_1Ed_1 = C_2Ed_2 \Rightarrow C_1d_1 = C_2d_2$

IV) $E = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow 171{,}5 \cdot 10^{-6} = \frac{C_1 \cdot 5^2}{2} \Rightarrow C_1 = 13{,}72\mu F$

Como $C_2 = C_1 . \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow C_2 = \frac{(13{,}72)10}{10 - 10^{-3}.\pi} \Rightarrow C_2 = \frac{686}{5(10 - 10^{-3}.\pi)}\ \mu F$

8ª Questão

A Figura 1 mostra um cilindro de raio R = 0,2 m em repouso e um bloco de massa m = 0,1 kg, suspenso por uma mola de constante elástica k. Junto ao bloco existe um dispositivo que permite registrar sua posição no cilindro. Em um determinado instante, o bloco é puxado para baixo e solto. Nesse mesmo instante, o cilindro começa a girar com aceleração angular constante γ = 0,8 rad/s^2 de tal maneira que a posição do bloco é registrada no cilindro conforme a Figura 2. Determine:
a) O período T de oscilação do bloco em segundos;
b) O valor da constante elástica k da mola em N/m;
c) A deformação da mola em metros antes de o bloco ter sido puxado;
d) A amplitude total em metros do movimento de oscilação, apresentado no gráfico da Figura 2, sabendo que a energia potencial elástica máxima do conjunto bloco-mola é de 2,0 J.
Dados: aceleração da gravidade (g) = 10 m/s^2; $\pi^2 \cong 10$.

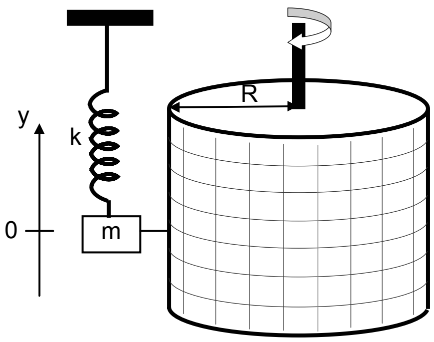


Figura 1

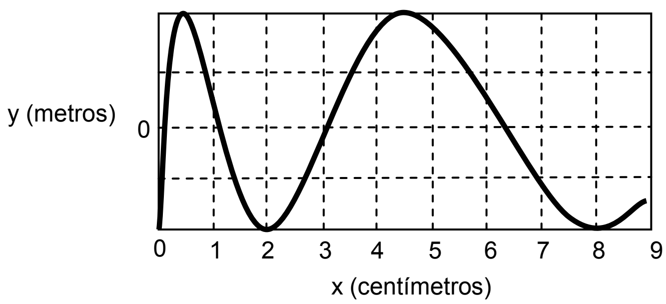


Figura 2

Solução Ideal:

a) Pelo gráfico, observamos que em um período **T**, na primeira oscilação há um deslocamento de x = 2cm.

γ = 0,8 rd/s^2 $\Rightarrow$ a_t = 0,8 $\times$ 0,2 m/s^2 $\Rightarrow$ a_t = 0,16m/s^2

v = at $\Rightarrow$ $v_{(x = 2cm)}$ = 0,16T (velocidade escalar na extremidade do cilindro)

$$v_{m(x = 0cm \text{ a } 2cm)} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow \frac{0 + 0{,}16T}{2} = \frac{0{,}02}{T} \Rightarrow T = 0{,}5s$$

b) $k = \dfrac{4\pi^2 m}{T^2} \Rightarrow k = \dfrac{4 \cdot 10 \cdot 0{,}1}{(0{,}5)^2} \Rightarrow k = 16$ N/m

c) $\Delta x = \dfrac{mg}{k} \Rightarrow \Delta x = \dfrac{0{,}1 \cdot 10}{16} \Rightarrow \Delta x = 6{,}25\times10^{-2}$ m

d) $E = \dfrac{k(\Delta x + A)^2}{2} \Rightarrow 2 = \dfrac{16\left(\frac{1}{16} + A\right)^2}{2} \Rightarrow A = \dfrac{7}{16}$ m

9ª Questão

Um objeto foi achado por uma sonda espacial durante a exploração de um planeta distante. Esta sonda possui um braço ligado a uma mola ideal presa a garras especiais. Ainda naquele planeta, observou-se no equilíbrio um deslocamento x_p = 0,8 x 10^{-2} m na mola, com o objeto totalmente suspenso. Retornando à Terra, repetiu-se o experimento observando um deslocamento x_T = 2,0 x 10^{-2} m. Ambos os deslocamentos estavam na faixa linear da mola.

Esse objeto foi colocado em um recipiente termicamente isolado a 378 K em estado sólido. Acrescentou-se 200 g de gelo a 14 ºF. Usando um termômetro especial, graduado em uma escala E de temperatura, observou-se que o equilíbrio ocorreu a 1,5 ºE, sob pressão normal. Determine:

a) A razão entre o raio do planeta de origem e o raio da Terra;

b) O calor específico do objeto na fase sólida.

Dados: a massa do planeta é 10% da massa da Terra;

Aceleração da gravidade na Terra (g) = 10 m/s^2;

Temperatura de fusão da água sob pressão normal na escala E: – 12 ºE;

Temperatura de ebulição da água sob pressão normal na escala E: 78 ºE;

Calor específico do gelo: 0,55 cal/g ºC;

Calor específico da água na fase líquida: 1,00 cal/g ºC;

Calor latente de fusão da água: 80 cal/g;

Massa específica da água: 1 g/cm^3;

Constante elástica da mola (k) = 502,5 N/m.

Solução Ideal:

a) $kx_P = mg_P$ (Equilíbrio no planeta) (I) $\quad$ $kx_T = mg_T$ (Equilíbrio na Terra) (II)

$$(II) / (I) \Rightarrow \frac{x_T}{x_P} = \frac{g_T}{g_P}, \text{ como } g_P = \frac{GM_P}{R_p^2} \text{ e } g_T = \frac{GM_T}{R_T^2}, \text{ então } \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0{,}8 \cdot 10^{-2}} = \frac{M_T}{R_T^2} \cdot \frac{R_P^2}{0{,}1M_T} \Rightarrow \frac{R_P}{R_T} = \frac{1}{2}$$

b) T_{gelo} = 14ºF = -10ºC $\quad$ T_E = 1,5ºE (tempo de equilíbrio)

Transformando para graus Celsius:

$$\frac{t}{180} = \frac{1{,}5 - (-12)}{78 - (-12)} \Rightarrow t = 15ºC$$

Pelas trocas de calor:

$Q_{gelo} + Q_{objeto} = 0 \Rightarrow m_g c_g \cdot 10 + m_g L_f + m_g c_{água} \cdot 15 + mc_0 \Delta t_0 = 0 \Rightarrow$

$200\times0{,}55\times10 + 200\times80 + 200\times1\times15 + C_T\times(-90) = 0 \Rightarrow C_T = \dfrac{2010}{9}$ cal / ºC

Cálculo da massa do objeto: $kx_T = mg_T \Rightarrow 502{,}5\times2\times10^{-2} = m\times10 \Rightarrow m = 1005g \Rightarrow mc = \dfrac{2010}{9} \Rightarrow$ **c = 0,22 cal/gºC**

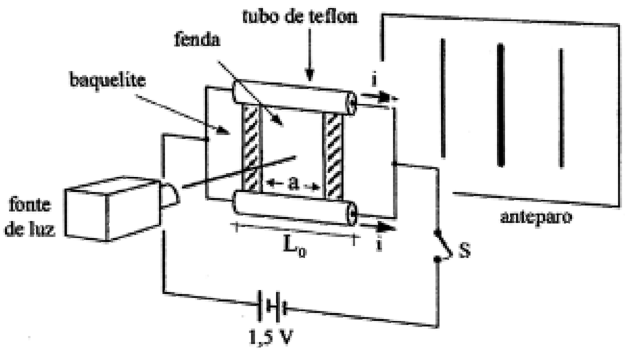
10ª Questão

Um feixe de luz monocromática incide perpendicularmente aos planos da fenda retangular e do anteparo, como mostra a figura. A fenda retangular de largura inicial a é formada por duas lâminas paralelas de baquelite, fixadas em dois tubos de teflon, que sofrem dilatação linear na direção de seus comprimentos. Estes tubos envolvem dois filamentos de tungstênio, que estão ligados, em paralelo, a uma fonte de 1,5 V.

Após o fechamento da chave S, uma corrente i = 500 mA atravessa cada tubo de teflon fazendo com que a figura de difração, projetada no anteparo, comece a se contrair. Considerando que a energia dissipada no filamento de tungstênio seja totalmente transmitida para o tubo de teflon, determine o tempo necessário para que o segundo mínimo de difração ocupe a posição onde se encontrava o primeiro mínimo.

Dados: calor específico do teflon = 1050 J/kg . K;

Coeficiente de dilatação linear do teflon = 216×10^{-6} ºC^{-1};
Massa do tubo de teflon = 10 g;
Comprimento inicial da barra de teflon (L_0) = 10a, onde "a" é a largura inicial da fenda.



Solução Ideal:

As equações sobre o 1º e 2º mínimo são: $a\,\text{sen}\theta = \lambda$ (1º mínimo) e $a'\text{sen}\theta = 2\lambda$ (2º mínimo)

Dividindo as equações: $\dfrac{a\,\text{sen}\,\theta}{a'\text{sen}\,\theta} = \dfrac{\lambda}{2\lambda} \Rightarrow a' = 2a$

Como $L_0 = 10a$ e $L = 10a' = 20a$ então $\Delta L = 10a$

Assim: $\Delta L = L_0 \alpha \Delta t \Rightarrow 10a = 10 \times 216 \times 10^{-6} \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = \dfrac{10^6}{216}$ ºC

Em cada tubo passa uma corrente elétrica de 500mA: $U = Ri \Rightarrow 1{,}5 = R \times 0{,}5 \Rightarrow R = 3\ \Omega$ (resistência de cada tubo)

$E = P \cdot T \Rightarrow E = Ri^2 T = mc\Delta t \Rightarrow 3 \times 0{,}5^2 \times T = 10 \times 10^{-3} \times 1050 \times \dfrac{10^6}{216} \Rightarrow T = 64814{,}8\text{s} \Rightarrow$ **T = 18h**