

Questão 1

Algumas células do corpo humano são circundadas por paredes revestidas externamente por uma película com carga positiva e, internamente, por outra película semelhante, mas com carga negativa de mesmo módulo. Considere sejam conhecidas: densidades superficiais de ambas as cargas $\sigma = \pm 0,50 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$; $\epsilon_0 \cong 9,0 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$; parede com volume de $4,0 \times 10^{-16} \text{ m}^3$ e constante dielétrica $k = 5,0$. Assinale, então, a estimativa da energia total acumulada no campo elétrico dessa parede.

- a) 0,7 eV b) 1,7 eV c) 7,0 eV
d) 17 eV e) 70 eV

alternativa C

Supondo as células capacitores esféricos, com películas de raios R e r aproximadamente iguais, a estimativa da energia total armazenada (E) é dada por:

$$E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$$

$$U = \frac{Q}{4\pi k \epsilon_0} \cdot \left(\frac{R-r}{R \cdot r} \right) \Rightarrow$$

$$Q = \sigma \cdot A$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2 \cdot A^2}{4\pi k \epsilon_0} \cdot \left(\frac{R-r}{R \cdot r} \right)$$

Como a distância d entre as placas é igual a $R-r$ e sendo $R \cong r$ e $A = 4\pi R^2$, podemos afirmar que $R \cdot r \cong R^2$. Então, temos:

$$E \cong \frac{\sigma^2 \cdot (4\pi \cdot R^2)^2 \cdot d}{2 \cdot 4\pi \cdot k \cdot \epsilon_0 \cdot R^2} = \frac{\sigma^2 \cdot 4\pi \cdot R^2 \cdot d}{2k\epsilon_0}$$

Considerando o volume da parede $V = 4\pi R^2 \cdot d$, temos:

$$E \cong \frac{\sigma^2 \cdot V}{2k\epsilon_0} \Rightarrow E \cong \frac{(0,5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 4 \cdot 10^{-16}}{2 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E \cong 1,1 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

Sendo $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, vem:

$$E \cong 7,0 \text{ eV}$$

Obs.: a unidade de medida correta, no SI, para a permeabilidade elétrica ϵ_0 é $\text{C}^2/(\text{Nm}^2)$.

Questão 2

Uma haste metálica de comprimento 20,0 cm está situada num plano xy, formando um ângulo de 30° com relação ao eixo Ox. A haste movimenta-se com velocidade de 5,0 m/s na direção do eixo Ox e encontra-se imersa num campo magnético uniforme \vec{B} , cujas componentes, em relação a Ox e Oz (em que z é perpendicular a xy) são, respectivamente, $B_x = 2,2 \text{ T}$ e $B_z = -0,50 \text{ T}$. Assinale o módulo da força eletromotriz induzida na haste.

- a) 0,25 V b) 0,43 V c) 0,50 V
d) 1,10 V e) 1,15 V

alternativa A

Como a componente de campo responsável pela força magnética deve ser perpendicular ao vetor velocidade, devemos considerar somente B_z . Assim, sendo ℓ sen 30° o comprimento da haste projetado na direção perpendicular a \vec{v} , temos:

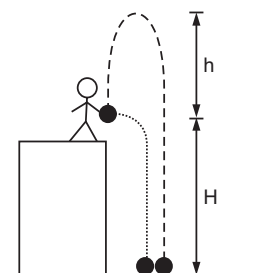
$$\mathcal{E} = |\vec{B}_z| \cdot v \cdot \ell \text{ sen } 30^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = 0,50 \cdot 5,0 \cdot 20,0 \cdot 10^{-2} \text{ sen } 30^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = 0,25 \text{ V}$$

Questão 3

À borda de um precipício de um certo planeta, no qual se pode desprezar a resistência do ar, um astronauta mede o tempo t_1 que uma pedra leva para atingir o solo, após deixada cair de uma altura H . A seguir, ele mede o tempo t_2 que uma pedra também leva para atingir o solo, após ser lançada para cima até uma altura h , como mostra a figura. Assinale a expressão que dá a altura H .



$$\begin{aligned} \text{a) } H &= \frac{t_1^2 t_2^2 h}{2(t_2^2 - t_1^2)^2} & \text{b) } H &= \frac{t_1 t_2 h}{4(t_2^2 - t_1^2)} \\ \text{c) } H &= \frac{2 t_1^2 t_2^2 h}{(t_2^2 - t_1^2)^2} & \text{d) } H &= \frac{4 t_1 t_2 h}{(t_2^2 - t_1^2)} \\ \text{e) } H &= \frac{4 t_1^2 t_2^2 h}{(t_2^2 - t_1^2)^2} \end{aligned}$$

alternativa E

Para a primeira pedra, temos:

$$H = \frac{1}{2} g t_1^2 \Rightarrow g = \frac{2H}{t_1^2} \quad (1)$$

Para a segunda pedra, considerando o seu movimento de subida, temos:

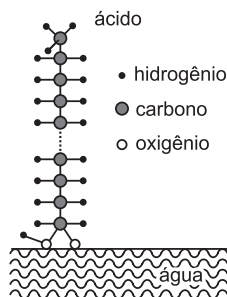
$$\begin{aligned} 0^2 &= v_0^2 - 2gh \Rightarrow v_0^2 = 2gh \Rightarrow \\ \Rightarrow v_0^2 &= 2 \left(\frac{2H}{t_1^2} \right) h \Rightarrow v_0 = \frac{2}{t_1} \sqrt{Hh} \quad (2) \end{aligned}$$

Considerando todo o movimento da segunda pedra, das equações (1) e (2) temos:

$$\begin{aligned} 0 &= H + v_0 t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{1}{2} \frac{2H}{t_1^2} t_2^2 - H &= \frac{2}{t_1} \sqrt{Hh} t_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H \left(\frac{t_2^2}{t_1^2} - 1 \right) &= \frac{2}{t_1} \sqrt{Hh} t_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H \left(\frac{t_2^2 - t_1^2}{t_1^2} \right) &= \frac{2}{t_1} \sqrt{Hh} t_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H^2 \frac{(t_2^2 - t_1^2)^2}{(t_1^2)^2} &= \frac{4}{t_1^2} H h t_2^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H &= \frac{4 t_1^2 t_2^2 h}{(t_2^2 - t_1^2)^2} \end{aligned}$$

Questão 4

Uma gota do ácido $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ se espalha sobre a superfície da água até formar uma camada de moléculas cuja espessura se reduz à disposição ilustrada na figura.



Uma das terminações deste ácido é polar, visto que se trata de uma ligação $\text{O} - \text{H}$, da mesma natureza que as ligações (polares) $\text{O} - \text{H}$ da água. Essa circunstância explica a atração entre as moléculas de ácido e da água. Considerando o volume $1,56 \times 10^{-10} \text{ m}^3$ da gota do ácido, e seu filme com área de $6,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2$, assinale a alternativa que estima o comprimento da molécula do ácido.

- a) $0,25 \times 10^{-9} \text{ m}$ b) $0,40 \times 10^{-9} \text{ m}$
c) $2,50 \times 10^{-9} \text{ m}$ d) $4,00 \times 10^{-9} \text{ m}$
e) $25,0 \times 10^{-9} \text{ m}$

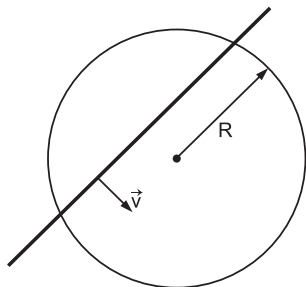
alternativa C

Supondo que o filme tem espessura constante, o comprimento da molécula correspondente à espessura ℓ do filme de área A é:

$$\begin{aligned} V &= A \cdot \ell \Rightarrow 1,56 \cdot 10^{-10} = 6,25 \cdot 10^{-2} \ell \Rightarrow \\ \Rightarrow \ell &= 2,50 \cdot 10^{-9} \text{ m} \end{aligned}$$

Questão 5

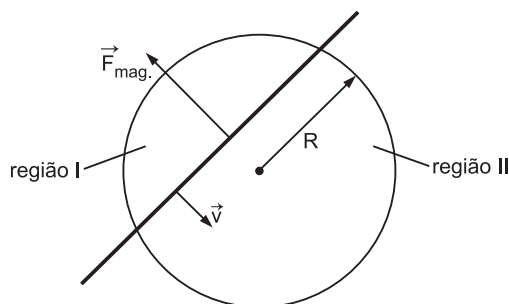
Um fio delgado e rígido, de comprimento L , desliza, sem atrito, com velocidade \vec{v} sobre um anel de raio R , numa região de campo magnético constante \vec{B} . Pode-se, então, afirmar que:



- a) O fio irá se mover indefinidamente, pois a lei de inércia assim o garante.
- b) O fio poderá parar, se \vec{B} for perpendicular ao plano do anel, caso fio e anel sejam isolantes.
- c) O fio poderá parar, se \vec{B} for paralelo ao plano do anel, caso fio e anel sejam condutores.
- d) O fio poderá parar, se \vec{B} for perpendicular ao plano do anel, caso fio e anel sejam condutores.
- e) O fio poderá parar, se \vec{B} for perpendicular ao plano do anel, caso o fio seja feito de material isolante.

alternativa D

No esquema a seguir, temos o fio em contato com o anel delimitando as regiões I e II.

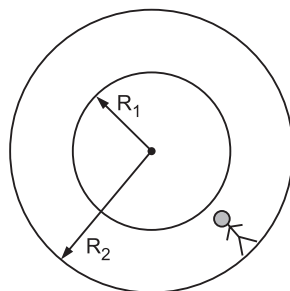


Se o campo magnético for perpendicular ao plano que contém o anel e o fio, e ambos forem condutores, notamos que, ao deslizar, o fio provoca um aumento de fluxo magnético na região I e a consequente diminuição do fluxo magnético na região II, devido às variações respectivas das áreas das regiões.

Assim sendo, da Lei de Lenz, surgirão uma corrente induzida e uma força magnética contrária ao movimento, situação na qual o fio poderá parar.

Questão 6

Uma estação espacial em forma de um toróide, de raio interno R_1 , e externo R_2 , gira, com período P , em torno do seu eixo central, numa região de gravidade nula. O astronauta sente que seu “peso” aumenta de 20%, quando corre com velocidade constante \vec{v} no interior desta estação, ao longo de sua maior circunferência, conforme mostra a figura. Assinale a expressão que indica o módulo dessa velocidade.



- a) $v = \left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$
- b) $v = \left(1 - \sqrt{\frac{5}{6}} \right) \frac{2\pi R_2}{P}$
- c) $v = \left(\sqrt{\frac{5}{6}} + 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$
- d) $v = \left(\frac{5}{6} + 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$
- e) $v = \left(\frac{6}{5} - 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$

alternativa A

Considerando a sensação de “peso” como a normal do piso da estação sobre o astronauta, temos “peso” = N . Assim, para o astronauta parado em relação ao piso, vem:

$$R_{cp} = \frac{m \cdot v_E^2}{R_2}$$

$$R_{cp} = N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{4\pi^2 R_2 m}{P^2}$$

$$v_E = \frac{2\pi R_2}{P}$$

Com o astronauta andando com velocidade v' em relação ao centro da estação, temos:

$$R_{cp'} = 1,2 \text{ N}$$

$$R_{cp'} = \frac{mv'^2}{R_2} \Rightarrow 1,20 \frac{4\pi^2 R_2 \cancel{m}}{P^2} = \frac{\cancel{m}v'^2}{R_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v'^2 = \frac{120}{100} \cdot \frac{4\pi^2 R_2^2}{P^2} \Rightarrow v' = \sqrt{\frac{6}{5}} \cdot \frac{2\pi R_2}{P}$$

Assim, considerando que o astronauta se desloca no mesmo sentido que o piso, vem:

$$v = v' - v_E = \sqrt{\frac{6}{5}} \cdot \frac{2\pi R_2}{P} - \frac{2\pi R_2}{P} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$$

Observações:

1) Se considerarmos que o astronauta se desloca no sentido oposto ao do piso, a resposta seria dada por:

$$v = \left(\sqrt{\frac{6}{5}} + 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$$

2) No enunciado, a afirmação "corre com velocidade constante \vec{v} " está incorreta, pois a direção da velocidade em um movimento circular é variável. Foi considerado na resolução que o valor da velocidade é constante.

Questão 7

Um bloco de gelo com 725 g de massa é colocado num calorímetro contendo 2,50 kg de água a uma temperatura de $5,0^\circ\text{C}$, verificando-se um aumento de 64 g na massa desse bloco, uma vez alcançado o equilíbrio térmico. Considere o calor específico da água ($c = 1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$) o dobro do calor específico do gelo, e o calor latente de fusão do gelo de 80 cal/g . Desconsiderando a capacidade térmica do calorímetro e a troca de calor com o exterior, assinale a temperatura inicial do gelo.

- a) $-191,4^\circ\text{C}$ b) $-48,6^\circ\text{C}$ c) $-34,5^\circ\text{C}$
d) $-24,3^\circ\text{C}$ e) $-14,1^\circ\text{C}$

alternativa B

Como no equilíbrio coexistem as fases sólida e líquida, admitindo pressão de 1 atm, teremos uma temperatura de equilíbrio de 0°C . Da conservação da energia para um sistema isolado, vem:

$$Q_G + Q_A = 0 \Rightarrow m_G \cdot \frac{c}{2} \cdot \Delta\theta_G + m_{AC}\Delta\theta_A +$$

$$+ m \cdot L = 0 \Rightarrow 725 \cdot 0,5 \cdot (0 - \theta) +$$

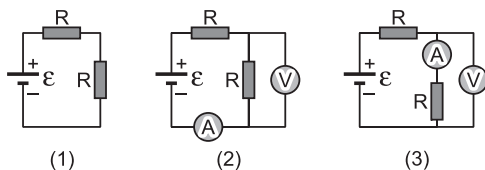
$$+ 2 \cdot 500 \cdot 1 \cdot (0 - 5) + 64 \cdot (-80) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = -48,6^\circ\text{C}$$

Obs.: a unidade de medida correta de calor específico é $\text{cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$.

Questão 8

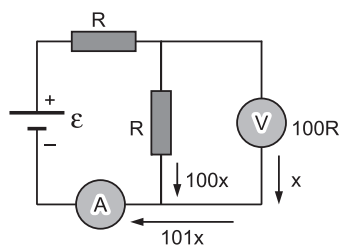
Numa aula de laboratório, o professor enfatiza a necessidade de levar em conta a resistência interna de amperímetros e voltímetros na determinação da resistência R de um resistor. A fim de medir a voltagem e a corrente que passa por um dos resistores, são montados os 3 circuitos da figura, utilizando resistores iguais, de mesma resistência R . Sabe-se de antemão que a resistência interna do amperímetro é $0,01R$, ao passo que a resistência interna do voltímetro é $100R$. Assinale a comparação correta entre os valores de R , R_2 (medida de R no circuito 2) e R_3 (medida de R no circuito 3).



- a) $R < R_2 < R_3$ b) $R > R_2 > R_3$
c) $R_2 < R < R_3$ d) $R_2 > R > R_3$
e) $R > R_3 > R_2$

alternativa C

Indicando as correntes no circuito 2, temos:



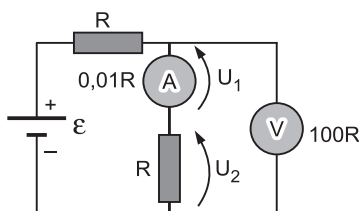
Aplicando-se a definição de resistência elétrica e a Lei dos Nós, temos:

$$L_V = R_2 L_A$$

$$L_V = 100R_x \Rightarrow R_2 = \frac{100}{101} R$$

$$L_A = 101x$$

Indicando tensões elétricas no circuito 3, temos:



Aplicando-se a definição de resistência elétrica, vem:

$$L_V = R_3 L_A$$

$$L_V = U_1 + U_2 \Rightarrow R_3 = \frac{101}{100} R$$

$$U_1 = 0,01RL_A$$

$$U_2 = RL_A$$

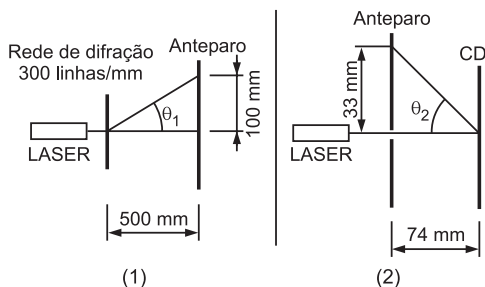
Portanto, encontramos $R_2 < R < R_3$.

Questão 9

Para se determinar o espaçamento entre duas trilhas adjacentes de um CD, foram montados dois arranjos:

1. O arranjo da figura (1), usando uma rede de difração de 300 linhas por mm, um LASER e um anteparo. Neste arranjo, mediu-se a distância do máximo de ordem 0 ao máximo de ordem 1 da figura de interferência formada no anteparo.

2. O arranjo da figura (2), usando o mesmo LASER, o CD e um anteparo com um orifício para a passagem do feixe de luz. Neste arranjo, mediu-se também a distância do máximo de ordem 0 ao máximo de ordem 1 da figura de interferência. Considerando nas duas situações θ_1 e θ_2 ângulos pequenos, a distância entre duas trilhas adjacentes do CD é de



a) $2,7 \times 10^{-7} \text{ m}$

c) $7,4 \times 10^{-6} \text{ m}$

e) $3,7 \times 10^{-5} \text{ m}$

b) $3,0 \times 10^{-7} \text{ m}$

d) $1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$

alternativa D

No arranjo da figura 1, o espaçamento (d) da rede de difração é dado por $d = \frac{1}{300} \text{ mm}$.

Da condição para o primeiro máximo de interferência da figura, e aproximando $\sin\theta_1 = \tan\theta_1 = \frac{100}{500} = \frac{1}{5}$, vem:

$$d \sin\theta_1 = \lambda \Rightarrow \frac{1}{300} \cdot \frac{1}{5} = \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{1}{1500} \text{ mm}$$

De forma análoga, tomando $\sin\theta_2 = \tan\theta_2 = \frac{33}{74}$,

para o arranjo da figura 2, o espaçamento (d') entre duas trilhas adjacentes do CD é dado por:

$$d' \sin\theta_2 = \lambda \Rightarrow d' \cdot \frac{33}{74} = \frac{1}{1500} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d' = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm} \Rightarrow \boxed{d' = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

Questão 10

Einstein propôs que a energia da luz é transportada por pacotes de energia hf , em que h é a constante de Plank e f é a frequência da luz, num referencial na qual a fonte está em repouso. Explicou, assim, a existência de uma frequência mínima f_0 para arrancar elétrons de um material, no chamado efeito fotoelétrico. Suponha que a fonte emissora de luz está em movimento em relação ao material. Assinale a alternativa correta.

a) Se $f = f_0$, é possível que haja emissão de elétrons desde que a fonte esteja se afastando do material.

b) Se $f < f_0$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se afastando do material.

c) Se $f < f_0$, não há emissão de elétrons qualquer que seja a velocidade da fonte.

d) Se $f > f_0$, é sempre possível que elétrons sejam emitidos pelo material, desde que a fonte esteja se afastando do material.

e) Se $f < f_0$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se aproximando do material.

alternativa E

Sendo f' a frequência da luz emitida pela fonte emissora em relação ao material, de acordo com o Efeito Doppler, o valor dessa frequência aumenta com a aproximação da fonte ao material, assim, se $f < f_0$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se aproximando do material.

Questão 11

Considere duas ondas que se propagam com frequências f_1 e f_2 , ligeiramente diferentes entre si, e mesma amplitude A , cujas equações são respectivamente $y_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t)$ e $y_2(t) = A \cos(2\pi f_2 t)$. Assinale a opção que indica corretamente:

	Amplitude máxima da onda resultante	Frequência da onda resultante	Frequência do batimento
a)	$A\sqrt{2}$	$f_1 + f_2$	$(f_1 - f_2)/2$
b)	$2A$	$(f_1 + f_2)/2$	$(f_1 - f_2)/2$
c)	$2A$	$(f_1 + f_2)/2$	$f_1 - f_2$
d)	$A\sqrt{2}$	$f_1 + f_2$	$f_1 - f_2$
e)	A	$(f_1 + f_2)/2$	$f_1 - f_2$

alternativa C

Do princípio da sobreposição de ondas, vem:

$$y_R = y_1 + y_2 \Rightarrow y_R = A(\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))$$

Note que a amplitude será máxima e igual a $2A$, quando $\cos(2\pi f_1 t) = \cos(2\pi f_2 t) = 1$.

Para ondas de frequências muito próximas, a frequência resultante f_R e a do batimento f_b são dadas por:

$$f_R = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad f_b = |f_1 - f_2|$$

Obs.: como o enunciado não determina que $f_1 > f_2$, a frequência de batimento deve ser dada pelo módulo da diferença entre f_1 e f_2 .

Questão 12

Para iluminar o interior de um armário, liga-se uma pilha seca de 1,5 V a uma lâmpada de 3,0 W e 1,0 V. A pilha ficará a uma distância de 2,0 m da lâmpada e será ligada a um fio de 1,5 mm de diâmetro e resistividade de $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. A corrente medida produzida pela pilha em curto circuito foi de 20 A.

Assinale a potência real dissipada pela lâmpada, nessa montagem.

- a) 3,7 W b) 4,0 W c) 5,4 W
d) 6,7 W e) 7,2 W

alternativa A

Admitindo que o comprimento de fio usado seja mínimo ($\ell = 4$ m), podemos calcular a resistência elétrica de cada elemento:

$$R_{\text{fio}} = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 4}{\pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^2} = 3,85 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$R_{\text{pilha}} = \frac{\mathcal{E}}{I_{cc}} = \frac{1,5}{20} = 7,5 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$R_{\text{lâmpada}} = \frac{U^2}{P} = \frac{1^2}{3} = 3,33 \cdot 10^{-1} \Omega$$

Assim, para um circuito com os elementos ligados em série, temos:

$$U = (R_{\text{fio}} + R_{\text{pilha}} + R_{\text{lâmpada}}) \cdot i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,5 = (3,85 \cdot 10^{-2} + 7,5 \cdot 10^{-2} + 3,33 \cdot 10^{-1}) \cdot i \Rightarrow$$

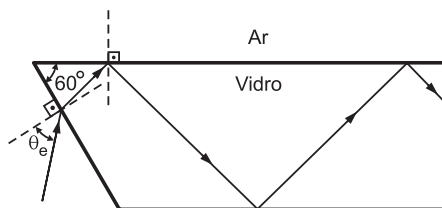
$$\Rightarrow i = 3,36 \text{ A}$$

Logo, a potência real dissipada pela lâmpada é obtida de:

$$P_d = R \cdot i^2 = 3,33 \cdot 10^{-1} \cdot 3,36^2 \Rightarrow \boxed{P_d = 3,7 \text{ W}}$$

Questão 13

A figura mostra uma placa de vidro com índice de refração $n_v = \sqrt{2}$ mergulhada no ar, cujo índice de refração é igual a 1,0. Para que um feixe de luz monocromática se propague pelo interior do vidro através de sucessivas reflexões totais, o seno do ângulo de entrada, sen θ_e deverá ser menor ou igual a:



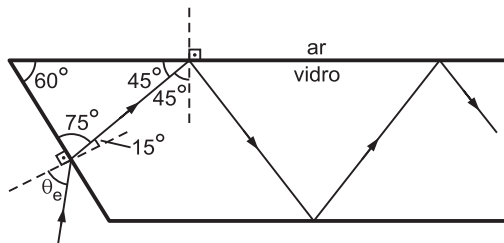
- a) 0,18 b) 0,37 c) 0,50
d) 0,71 e) 0,87

alternativa B

O ângulo limite L na interface vidro-ar é igual a:

$$\text{sen } L = \frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{vidro}}} \Rightarrow \text{sen } L = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow L = 45^\circ$$

Assim, na condição limite de emergência, temos:



Como aumentando θ_e o ângulo de incidência na interface vidro-ar diminui, para que ocorram sucessivas reflexões totais no interior do vidro, devemos ter:

$$n_{\text{ar}} \cdot \sin \theta_e < n_{\text{vidro}} \cdot \sin 15^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 \cdot \sin \theta_e < \sqrt{2} \cdot \sin 15^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \theta_e < \frac{\sqrt{3} - 1}{2}$$

Obs.: para optar pela alternativa B, devemos ignorar a diferença matemática entre a resposta, $\frac{\sqrt{3} - 1}{2}$, e seu valor aproximado, 0,37.

Questão 14

Um solenóide com núcleo de ar tem uma auto-indutância L . Outro solenóide, também com núcleo de ar, tem a metade do número de espiras do primeiro solenóide, 0,15 do seu comprimento e 1,5 de sua seção transversal. A auto-indutância do segundo solenóide é

- a) 0,2 L b) 0,5 L c) 2,5 L
d) 5,0 L e) 20,0 L

alternativa C

A auto-indutância L de um solenóide com núcleo de permeabilidade magnética μ , número de espiras N , seção transversal A e comprimento ℓ pode ser calculada por:

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

Portanto, para o outro solenóide podemos escrever:

$$L' = \frac{\mu (0,5 N)^2 1,5 A}{0,15 \ell} \Rightarrow \boxed{L' = 2,5 L}$$

Questão 15

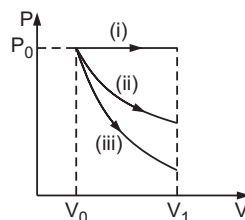
Um mol de um gás ideal ocupa um volume inicial V_0 à temperatura T_0 e pressão P_0 , sofrendo a seguir uma expansão reversível para um volume V_1 . Indique a relação entre o trabalho que é realizado por:

(i) $W_{(i)}$, num processo em que a pressão é constante.

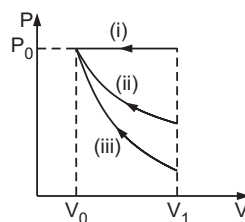
(ii) $W_{(ii)}$, num processo em que a temperatura é constante.

(iii) $W_{(iii)}$, num processo adiabático.

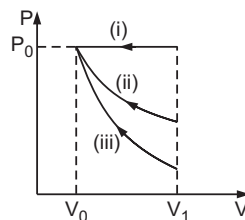
a) $W_{(i)} > W_{(iii)} > W_{(ii)}$



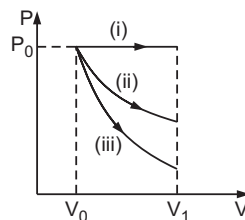
b) $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



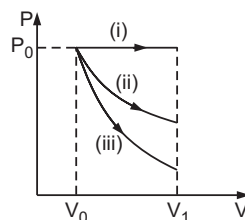
c) $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



d) $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



e) $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



alternativa D

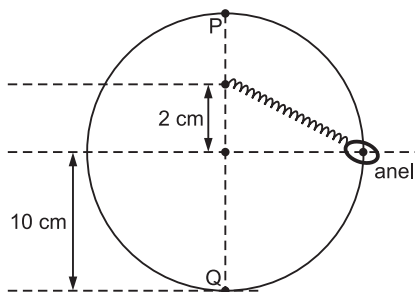
Por se tratar de uma expansão, as setas devem seguir o sentido do eixo dos volumes.

Como o trabalho é numericamente igual à área sob o gráfico P versus V , podemos concluir que:

$$W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$$

Questão 16

Um anel de peso 30 N está preso a uma mola e desliza sem atrito num fio circular situado num plano vertical, conforme mostrado na figura.



Considerando que a mola não se deforma quando o anel se encontra na posição P e que a velocidade do anel seja a mesma nas posições P e Q, a constante elástica da mola deve ser de

- a) $3,0 \times 10^3$ N/m b) $4,5 \times 10^3$ N/m
c) $7,5 \times 10^3$ N/m d) $1,2 \times 10^4$ N/m
e) $3,0 \times 10^4$ N/m

alternativa C

Do enunciado, vem que o comprimento natural da mola é $\ell_0 = 10 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$.

Sendo o sistema conservativo, e tomando a energia potencial gravitacional nula no ponto Q, temos:

$$E_m^P = E_m^Q \Rightarrow \cancel{E_c^P} + E_p^P = \cancel{E_c^Q} + E_p^Q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P \cdot h_p = \frac{k(\ell_Q - \ell_0)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 30 \cdot 0,2 = \frac{k(0,12 - 0,08)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{k = 7,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}}$$

Questão 17

No modelo proposto por Einstein, a luz se comporta como se sua energia estivesse concentrada em pacotes discretos, chamados de “quanta” de luz, e atualmente conhecidos por fótons. Estes possuem momento p e energia E relacionados pela equação $E = pc$, em que c é a velocidade da luz no vácuo. Cada fóton carrega uma energia $E = hf$, em que h é a constante de Planck e f é a frequência da luz. Um evento raro, porém possível, é a fusão de dois fótons, produzindo um par elétron-pósitron, sendo a massa do pósitron igual à massa do elétron. A relação de Einstein associa a energia da partícula à massa do elétron ou pósitron, isto é, $E = m_e c^2$. Assinale a frequência mínima de cada fóton, para que dois fótons, com momentos opostos e de módulo iguais, produzam um par elétron-pósitron após a colisão.

- a) $f = (4m_e c^2)/h$ b) $f = (m_e c^2)/h$
c) $f = (2m_e c^2)/h$ d) $f = (m_e c^2)/2h$
e) $f = (m_e c^2)/4h$

alternativa B

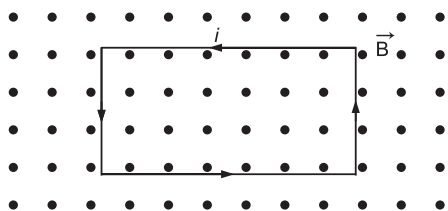
A situação de mínima energia, frequência mínima do fóton, é obtida quando a velocidade inicial do elétron e do pósitron gerados é nula. Nessa situação, do Princípio da Conservação da Energia, determinamos a frequência mínima do fóton como segue:

$$E_i = E_f \Rightarrow 2E_{\text{fóton}} = E_e + E_p \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2hf = m_e c^2 + m_e c^2 \Rightarrow \boxed{f = \frac{m_e c^2}{h}}$$

Questão 18

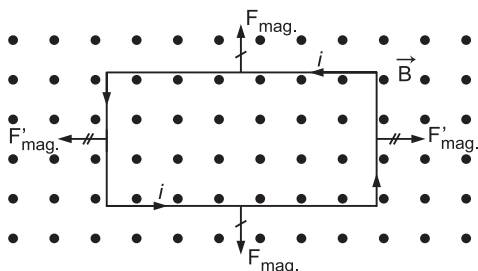
Uma espira retangular é colocada em um campo magnético com o plano da espira perpendicular à direção do campo, conforme mostra a figura. Se a corrente elétrica flui no sentido mostrado, pode-se afirmar em relação à resultante das forças, e ao torque total em relação ao centro da espira, que



- a) A resultante das forças não é zero, mas o torque total é zero.
 b) A resultante das forças e o torque total são nulos.
 c) O torque total não é zero, mas a resultante das forças é zero.
 d) A resultante das forças e o torque total não são nulos.
 e) O enunciado não permite estabelecer correlações entre as grandezas consideradas.

alternativa B

Supondo o campo magnético constante, pela regra da mão esquerda, podemos marcar as forças que atuam em cada lado da espira. Assim, temos:



Como as forças se equilibram, e pela simetria da espira, a força resultante e o torque total são nulos.

Questão 19

Sejam o recipiente (1), contendo 1 mol de H_2 (massa molecular $M = 2$) e o recipiente (2) contendo 1 mol de He (massa atômica $M = 4$) ocupando o mesmo volume, ambos mantidos a mesma pressão. Assinale a alternativa correta:

- a) A temperatura do gás no recipiente 1 é menor que a temperatura do gás no recipiente 2.
 b) A temperatura do gás no recipiente 1 é maior que a temperatura do gás no recipiente 2.
 c) A energia cinética média por molécula do recipiente 1 é maior que a do recipiente 2.

- d) O valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 1 é menor que o valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 2.
 e) O valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 1 é maior que o valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 2.

alternativa C/E

Da Equação de Estado dos Gases Perfeitos, vem:

$$T = \frac{pV}{nR}$$

$$p_1 = p_2 \Rightarrow T_1 = T_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$n_1 = n_2$$

A energia cinética média das moléculas é dada por:

$$\begin{aligned} \bar{e}_{c1} &= \frac{5}{2} kT \\ \bar{e}_{c2} &= \frac{3}{2} kT \end{aligned} \Rightarrow \bar{e}_{c1} > \bar{e}_{c2}$$

Assim, a alternativa C é correta.

Considerando a energia cinética de translação,

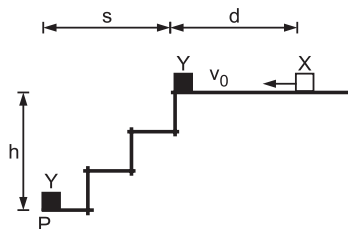
$$\frac{3}{2} kT = \frac{Mv^2}{2}, \text{ temos:}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{Mv^2}{3k} \\ T_1 = T_2 &\Rightarrow \frac{2v_1^2}{3k} = \frac{4v_2^2}{3k} \Rightarrow \sqrt{v_1^2} = \sqrt{2 \cdot v_2^2} \\ M_1 &= 2 \\ M_2 &= 4 \end{aligned}$$

Assim, a alternativa E está correta.

Questão 20

Animado com velocidade inicial v_0 , o objeto X, de massa m , desliza sobre um piso horizontal ao longo de uma distância d , ao fim da qual colide com o objeto Y, de mesma massa, que se encontra inicialmente parado na beira de uma escada de altura h . Com o choque, o objeto Y atinge o solo no ponto P. Chamando μ_k o coeficiente de atrito cinético entre o objeto X e o piso, g a aceleração da gravidade e desprezando a resistência do ar, assinale a expressão que dá a distância d .



$$a) d = \frac{1}{2\mu_k g} \left(v_0^2 - \frac{s^2 g}{2h} \right)$$

$$b) d = \frac{-1}{2\mu_k g} \left(v_0^2 - \frac{s^2 g}{2h} \right)$$

$$c) d = \frac{-v_0}{2\mu_k g} \left(v_0 - s\sqrt{\frac{g}{2h}} \right)$$

$$d) d = \frac{1}{2\mu_k g} \left(2v_0^2 - \frac{s^2 g}{2h} \right)$$

$$e) d = \frac{-v_0}{\mu_k g} \left(v_0 - s\sqrt{\frac{g}{2h}} \right)$$

alternativa A

Após o choque, o corpo Y é lançado horizontalmente com velocidade inicial (v). Suas equações horárias da posição na vertical e na horizontal são dadas respectivamente por:

$$\begin{cases} h = \frac{1}{2}gt^2 \\ s = vt \end{cases} \Rightarrow h = \frac{1}{2}g \frac{s^2}{v^2} \Rightarrow v = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Ao deslizar no piso horizontal, a resultante das forças sobre o objeto X é a força de atrito. Assim, a sua aceleração nesse trecho é dada por:

$$R = m\gamma \Rightarrow f_{at} = m\gamma \Rightarrow \mu_k mg = m\gamma \Rightarrow \gamma = \mu_k g$$

Supondo que o choque tenha sido elástico e, portanto, que as velocidades de X e de Y tenham sido trocadas, da Equação de Torricelli aplicada ao objeto X vem:

$$v^2 = v_0^2 - 2\gamma d \Rightarrow \left(s\sqrt{\frac{g}{2h}} \right)^2 = v_0^2 - 2\mu_k g d \Rightarrow$$

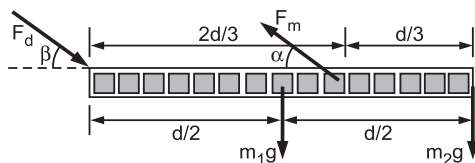
$$\Rightarrow d = \frac{1}{2\mu_k g} \left(v_0^2 - \frac{s^2 g}{2h} \right)$$

Obs.: se o choque não for elástico, não é possível resolver o problema com os dados fornecidos no enunciado.

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

Questão 21

Considere uma pessoa de massa m que ao curvar-se permaneça com a coluna vertebral praticamente nivelada em relação ao solo. Sejam $m_1 = \frac{2}{5}m$ a massa do tronco e $m_2 = \frac{1}{5}m$ a soma das massas da cabeça e dos braços. Considere a coluna como uma estrutura rígida e que a resultante das forças aplicadas pelos músculos à coluna seja F_m e que F_d seja a resultante das outras forças aplicadas à coluna, de forma a mantê-la em equilíbrio. Qual é o valor da força F_d ?



Resposta

O somatório dos momentos em relação ao ponto de aplicação da força F_m é zero, logo temos:

$$-F_d \cdot \sin\beta \cdot \frac{2d}{3} - \frac{2}{5}m \cdot g \cdot \frac{d}{6} + \frac{1}{5}m \cdot g \cdot \frac{d}{3} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_d \cdot \sin\beta = 0 \Rightarrow \begin{cases} F_d = 0 \Rightarrow \alpha = 90^\circ \\ \text{ou} \\ \sin\beta = 0 \Rightarrow \beta = 0^\circ \end{cases}$$

Supondo $F_d \neq 0$ temos $\sin\beta = 0 \Rightarrow \beta = 0^\circ$.

Assim sendo, a força F_d é horizontal e, fazendo $R_x = 0$, temos:

$$F_d = F_m \cdot \cos\alpha$$

A resposta também poderia ser expressa em função de outras variáveis.

Para $R_y = 0$, temos:

$$F_m \sin\alpha = m_1 g + m_2 g \Rightarrow F_m \sin\alpha = \frac{3}{5}mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_m^2 \sin^2\alpha = \left(\frac{3}{5}mg \right)^2 \quad (I)$$

Sendo $F_d = F_m \cdot \cos\alpha$, temos:

$$F_m^2 \cos^2\alpha = F_d^2 \quad (II)$$

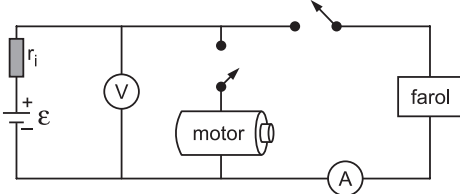
Somando (I) e (II), vem:

$$F_m^2 (\cancel{\sin^2 \alpha} + \cos^2 \alpha) = F_d^2 + \left(\frac{3}{5} mg\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_d = \sqrt{F_m^2 - \left(\frac{3}{5} mg\right)^2}$$

Questão 22

Quando se acendem os faróis de um carro cuja bateria possui resistência interna $r_i = 0,050 \, \Omega$, um amperímetro indica uma corrente de 10 A e um voltímetro uma voltagem de 12 V. Considere desprezível a resistência interna do amperímetro. Ao ligar o motor de arranque, observa-se que a leitura do amperímetro é de 8,0 A e que as luzes diminuem um pouco de intensidade. Calcular a corrente que passa pelo motor de arranque quando os faróis estão acesos.



Resposta

Para a situação em que o motor de arranque não está conectado à bateria, podemos calcular a resistência equivalente R dos faróis por:

$$U = R \cdot i \Rightarrow 12 = R \cdot 10 \Rightarrow R = 1,2 \, \Omega$$

A força eletromotriz \mathcal{E} da bateria, assumindo que o voltímetro seja ideal, será dada por:

$$U = \mathcal{E} - r_i i \Rightarrow 12 = \mathcal{E} - 0,050 \cdot 10 \Rightarrow \mathcal{E} = 12,5 \, \text{V}$$

Com o motor de arranque também conectado à bateria, sua corrente i_m será dada por:

$$U' = \mathcal{E} - r_i i$$

$$U' = R i' \Rightarrow R i' = \mathcal{E} - r_i (i' + i_m) \Rightarrow$$

$$I = i' + i_m$$

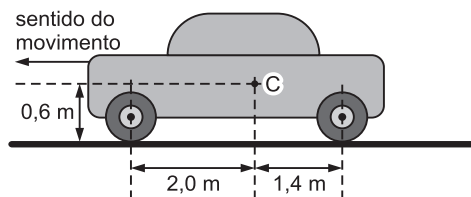
$$\Rightarrow 1,2 \cdot 8,0 = 12,5 - 0,050(8,0 + i_m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_m = 50 \, \text{A}$$

Questão 23

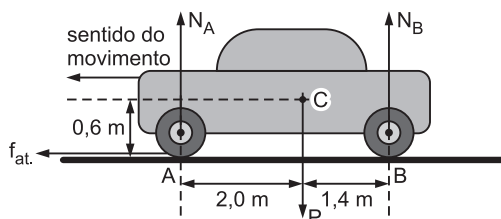
Considere um automóvel de peso P , com tração nas rodas dianteiras, cujo centro de massa está em C , movimentando-se num plano horizontal. Considerando $g = 10 \, \text{m/s}^2$, calcule

a aceleração máxima que o automóvel pode atingir, sendo o coeficiente de atrito entre os pneus e o piso igual a 0,75.



Resposta

Marcando as forças que atuam no carro, obtemos:



Como o momento resultante é nulo em relação ao centro de massa, temos:

$$\sum M_F(C) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_A \cdot 2 + f_{at} \cdot 0,6 - N_B \cdot 1,4 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_A \cdot 2 + 0,75 \cdot N_A \cdot 0,6 = N_B \cdot 1,4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2,45 N_A = 1,4 N_B \Rightarrow N_B = \frac{2,45}{1,4} N_A \quad (I)$$

Do equilíbrio na vertical, temos:

$$R_y = 0 \Rightarrow N_A + N_B = P \quad (II)$$

De (I) e (II), obtemos:

$$N_A + \frac{2,45}{1,4} N_A = P \Rightarrow N_A = 0,36 P \quad (III)$$

Assim a aceleração máxima γ do automóvel é dada por:

$$R = f_{at}.$$

$$R = m \gamma$$

$$f_{at} = \mu \cdot 0,36 \cdot P$$

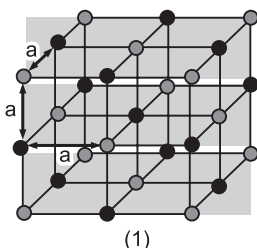
$$\Rightarrow \cancel{m} \gamma = \mu \cdot 0,36 \cancel{m} g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = 0,75 \cdot 0,36 \cdot 10 \Rightarrow \gamma = 2,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

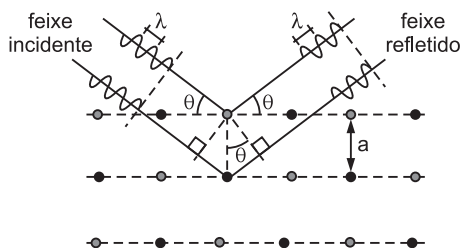
Questão 24

O Raio-X é uma onda eletromagnética de comprimento de onda (λ) muito pequeno. A fim de observar os efeitos da difração de tais ondas é necessário que um feixe de Raio-X incida sobre um dispositivo, com fendas da ordem de λ .

Num sólido cristalino, os átomos são dispostos em um arranjo regular com espaçamento entre os átomos da mesma ordem de λ . Combinando esses fatos, um cristal serve como uma espécie de rede de difração dos Raios-X. Um feixe de Raios-X pode ser refletido pelos átomos individuais de um cristal e tais ondas refletidas podem produzir a interferência de modo semelhante ao das ondas provenientes de uma rede de difração. Considere um cristal de cloreto de sódio, cujo espaçamento entre os átomos adjacentes é $a = 0,30 \times 10^{-9}$ m, onde Raios-X com $\lambda = 1,5 \times 10^{-10}$ m são refletidos pelos planos cristalinos. A figura (1) mostra a estrutura cristalina cúbica do cloreto de sódio. A figura (2) mostra o diagrama bidimensional da reflexão de um feixe de Raios-X em dois planos cristalinos paralelos. Se os feixes interferem construtivamente, calcule qual deve ser a ordem máxima da difração observável?



(1)



(2)

Resposta

Da Lei de Bragg, temos:

$$2 \cdot a \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda$$

Para a ordem máxima de difração observável ($m_{\text{máx.}}$) temos que $\sin \theta = 1$.

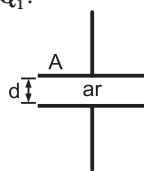
Assim, vem:

$$2 \cdot 0,30 \cdot 10^{-9} \cdot 1 = m_{\text{máx.}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-10} \Rightarrow$$

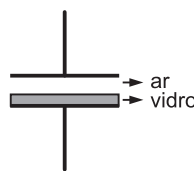
$$\Rightarrow m_{\text{máx.}} = 4$$

Questão 25

A figura mostra um capacitor de placas paralelas de área A separadas pela distância d . Inicialmente o dielétrico entre as placas é o ar e a carga máxima suportada é Q_i . Para que esse capacitor suporte uma carga máxima Q_f foi introduzida uma placa de vidro de constante dielétrica k e espessura $d/2$. Sendo mantida a diferença de potencial entre as placas, calcule a razão entre as cargas Q_f e Q_i .



configuração inicial



configuração final

Resposta

Na configuração inicial a carga máxima suportada é dada por $Q_i = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \cdot U$.

Sendo introduzida a placa de vidro, com a diferença de potencial mantida, temos:

$$U = U_{\text{ar}} + U_{\text{vidro}} = \frac{Q_f}{\epsilon_0 \cdot A} \cdot \frac{d}{2} + \frac{Q_f}{\epsilon_0 \cdot A \cdot k} \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow$$

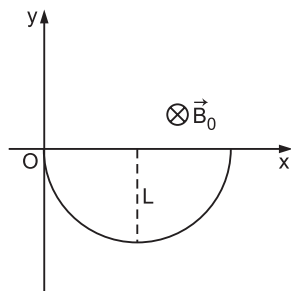
$$\Rightarrow U = \frac{Q_f \cdot d(k+1)}{2k \cdot \epsilon_0 \cdot A} \Rightarrow Q_f = \frac{2k\epsilon_0 AU}{d(k+1)}$$

Então, temos:

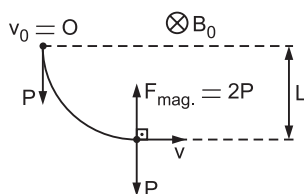
$$\frac{Q_f}{Q_i} = \frac{\frac{2k \cdot \epsilon_0 AU}{d(k+1)}}{\frac{\epsilon_0 AU}{d}} \Rightarrow \frac{Q_f}{Q_i} = \frac{2k}{(k+1)}$$

Questão 26

Uma partícula de massa m carregada com carga $q > 0$ encontra-se inicialmente em repouso imersa num campo gravitacional e num campo magnético B_0 com sentido negativo em relação ao eixo Oz , conforme indicado na figura. Sabemos que a velocidade e a aceleração da partícula na direção Oy são funções harmônicas simples. Disso resulta uma trajetória cicloidial num plano perpendicular à B_0 . Determine o deslocamento máximo (L) da partícula.

**Resposta**

Como temos um MHS na direção O_y , nos extremos dessa oscilação devemos ter o mesmo módulo da resultante. Assim, podemos construir o diagrama de forças a seguir:



Além disso, o sistema é conservativo, então:

$$v = \sqrt{2gh} \Rightarrow v = \sqrt{2gL}$$

Portanto, temos:

$$\begin{aligned} F_{\text{mag.}} &= 2P \\ F_{\text{mag.}} &= q \cdot v \cdot B_0 \Rightarrow q\sqrt{2gL}B_0 = 2mg \Rightarrow \\ v &= \sqrt{2gL} \\ P &= mg \end{aligned}$$

$$\Rightarrow L = 2g \left(\frac{m}{qB_0} \right)^2$$

Questão 27

Calcule a área útil das placas de energia solar de um sistema de aquecimento de água, para uma residência com quatro moradores, visando manter um acréscimo médio de $30,0^\circ\text{C}$ em relação à temperatura ambiente. Considere que cada pessoa gasta 30,0 litros de água quente por dia e que, na latitude geográfica da residência, a conversão média mensal de energia é de 60,0 kWh/mês por metro quadrado de superfície coletora.

Considere ainda que o reservatório de água quente com capacidade para 200 litros apresente uma perda de energia de 0,30 kWh por mês para cada litro. É dado o calor específico da água $c = 4,19 \text{ J/g}^\circ\text{C}$.

Resposta

A energia solar (E) convertida em térmica em um mês é dada por

$$E = 60,0 \frac{\text{kWh}}{\text{mês} \cdot \text{m}^2} \cdot A,$$

em que A é a área útil das placas em m^2 .

Admitindo que 1 L de água possui massa de 10^3 g e sabendo que $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, a energia (E_e) efetivamente utilizada para aquecer a água é dada por:

$$\begin{aligned} E_e &= 30 \frac{\text{dias}}{\text{mês}} \cdot 4 \text{ pessoas} \cdot 30 \cdot 10^3 \frac{\text{g}}{\text{dia} \cdot \text{pessoa}} \cdot 4,19 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} \cdot 30^\circ\text{C} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_e = 125,7 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \end{aligned}$$

A energia (E_d) dissipada no reservatório, supondo que ele permaneça sempre cheio, é dada por:

$$E_d = 0,30 \frac{\text{kWh}}{\text{mês} \cdot \text{L}} \cdot 200 \text{ L} \Rightarrow E_d = 60 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}}$$

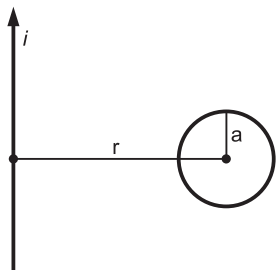
Como $E = E_e + E_d$, temos:

$$\begin{aligned} 60 \frac{\text{kWh}}{\text{mês} \cdot \text{m}^2} \cdot A &= 125,7 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}} + 60 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow A = 3,1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Obs.: a unidade correta de calor específico é $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$.

Questão 28

Num meio de permeabilidade magnética μ_0 , uma corrente i passa através de um fio longo e aumenta a uma taxa constante $\Delta i/\Delta t$. Um anel metálico com raio a está posicionado a uma distância r do fio longo, conforme mostra a figura. Se a resistência do anel é R , calcule a corrente induzida no anel.

**Resposta**

Considerando r a distância entre o fio longo e o centro do anel e sendo $r \gg a$, da Lei de Faraday da Indução, temos:

$$\begin{aligned}\epsilon_{ind.} &= \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \cdot \pi a^2 - \frac{\mu_0 i_0}{2\pi r} \cdot \pi a^2 \Rightarrow \\ \phi &= B \cdot A \Rightarrow \epsilon_{ind.} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \cdot \pi a^2 \Rightarrow \\ B &= \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \\ \Rightarrow \epsilon_{ind.} &= \frac{\mu_0 \cdot a^2}{2r} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}\end{aligned}$$

Assim, a corrente ($i_{ind.}$) induzida no anel é dada por:

$$i_{ind.} = \frac{\epsilon_{ind.}}{R} \Rightarrow i_{ind.} = \frac{\mu_0 a^2 \Delta i}{2rR\Delta t}$$

Questão 29

Considere uma tubulação de água que consiste de um tubo de 2,0 cm de diâmetro por onde a água entra com velocidade de 2,0 m/s sob uma pressão de $5,0 \times 10^5$ Pa. Outro tubo de 1,0 cm de diâmetro encontra-se a 5,0 m de altura, conectado ao tubo de entrada. Considerando a densidade da água igual $1,0 \times 10^3$ kg/m³ e desprezando as perdas, calcule a pressão da água no tubo de saída.

Resposta

Da equação da continuidade, vem:

$$\begin{aligned}A_1 v_1 &= A_2 v_2 \Rightarrow \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot v_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot v_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow (2,0 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2,0 &= (1,0 \cdot 10^{-2})^2 \cdot v_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow v_2 &= 8,0 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, da Equação de Bernoulli, vem:

$$\begin{aligned}p_1 + \cancel{\mu_0 g h_1} + \frac{\mu v_1^2}{2} &= p_2 + \mu g h_2 + \frac{\mu v_2^2}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow 5,0 \cdot 10^5 + \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot (2,0)^2}{2} &= \\ = p + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5,0 + \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot (8,0)^2}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow p &= 4,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Questão 30

Vivemos dentro de um capacitor gigante, onde as placas são a superfície da Terra, com carga $-Q$ e a ionosfera, uma camada condutora na atmosfera, a uma altitude $h = 60$ km, carregada com carga $+Q$. Sabendo que nas proximidades do solo junto à superfície da Terra, o módulo do campo elétrico médio é de 100 V/m e considerando $h \ll$ raio da Terra ≈ 6400 km, determine a capacitância deste capacitor gigante e a energia elétrica armazenada. Considere $1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Resposta

Sendo R o raio da Terra e h a altitude considerada, a capacitância pode ser calculada por:

$$\begin{aligned}C &= \frac{1}{k} \cdot \frac{R_1 R_2}{(R_2 - R_1)} \Rightarrow C = \frac{1}{k} \cdot \frac{R(R+h)}{[(R+h) - R]} = \\ &= \frac{6,4 \cdot 10^6 (6,4 \cdot 10^6 + 6 \cdot 10^4)}{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^4} \Rightarrow \\ \Rightarrow C &= 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ F}\end{aligned}$$

Sendo $h \ll R$, podemos considerar $U = Eh$. Assim, vem:

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{C \cdot U^2}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow \epsilon &= \frac{C(E \cdot h)^2}{2} = \frac{7,6 \cdot 10^{-2} (100 \cdot 6 \cdot 10^4)^2}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow \epsilon &= 1,4 \cdot 10^{12} \text{ J}\end{aligned}$$