

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 superficial de ambas as cargas $\sigma = \pm 0,50 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$; $\epsilon_0 = 9,0 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$; 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

A parede comporta-se como um capacitor e, desta forma, a energia armazenada é dada por:

$$W = \frac{1}{2} C U^2$$

Como: $C = \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$ e $U = E \cdot d = \frac{\sigma}{k \cdot \epsilon_0} \cdot d$

Então: $W = \frac{1}{2} \cdot \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d} \cdot \left(\frac{\sigma \cdot d}{k \cdot \epsilon_0} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2 \cdot A \cdot d}{k \cdot \epsilon_0}$

$$W(\text{eV}) = \frac{\sigma^2 \cdot V}{2k \cdot \epsilon_0 \cdot e} = \frac{(5 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 4 \cdot 10^{-16}}{2 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \therefore \boxed{W \cong 7 \text{ eV}}$$

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

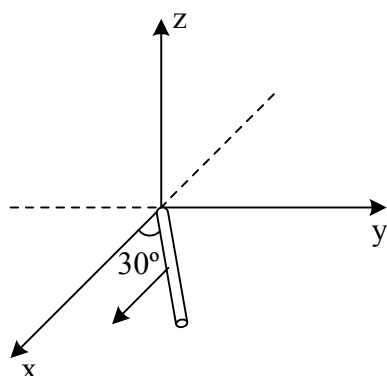
B. () 0,43 V

C. () 0,50 V

D. () 1,10 V

E. () 1,15 V

Alternativa: A



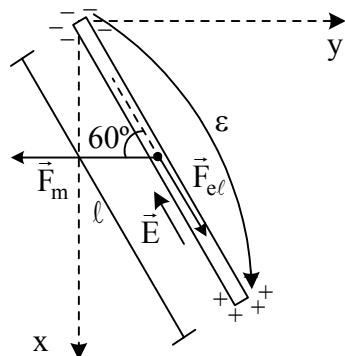
A velocidade da haste é dada por $\vec{v} = 5 \hat{x}$

O campo $\vec{B}$ pode ser escrito como: $\vec{B} = 2,2 \hat{x} - 0,50 \hat{z}$

Assim:

$$\vec{F}_m = -|e| \vec{v} \times \vec{B} = -|e| (5 \hat{x}) \times (2,2 \hat{x} - 0,50 \hat{z}) = -2,5 |e| \hat{y}$$

A força magnética é então vista agindo no elétron conforme a figura a seguir:

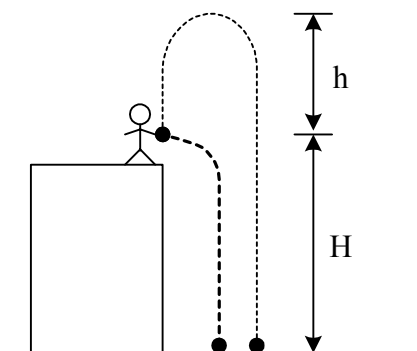


No equilíbrio:

$$F_m \cdot \cos 60^\circ = F_{el} \therefore e \cdot 2,5 \cdot \frac{1}{2} = e \cdot \frac{\varepsilon}{l}$$

$$\varepsilon = 2,5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,2 \therefore \boxed{\varepsilon = 0,25 \text{ V}}$$

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 .



A. () $H = \frac{t_1^2 t_2^2 h}{2(t_2^2 - t_1^2)^2}$

B. () $H = \frac{t_1 t_2 h}{4(t_2^2 - t_1^2)}$

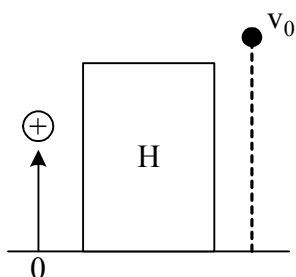
C. () $H = \frac{2 t_1^2 t_2^2 h}{(t_2^2 - t_1^2)^2}$

D. () $H = \frac{4 t_1 t_2 h}{(t_2^2 - t_1^2)}$

E. () $H = \frac{4 t_1^2 t_2^2 h}{(t_2^2 - t_1^2)^2}$

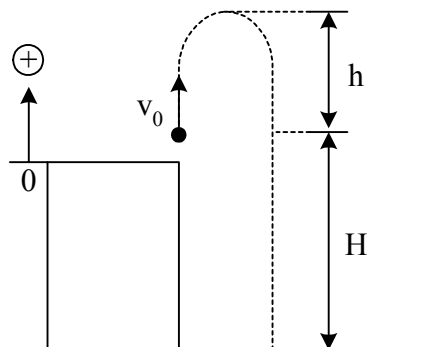
Alternativa: E

Determinando o tempo de queda t_1 :



$$s = s_0 + v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 \therefore 0 = (+H) + \frac{1}{2} (-g) t_1^2 \therefore g = \frac{2H}{t_1^2} \quad (\text{I})$$

No lançamento vertical temos:



Durante a subida:

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s \therefore 0 = v_0^2 + 2(-g)h \therefore v_0 = \sqrt{2gh}$$

Da saída do precipício ao solo:

$$s = s_0 + v_0 t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2$$

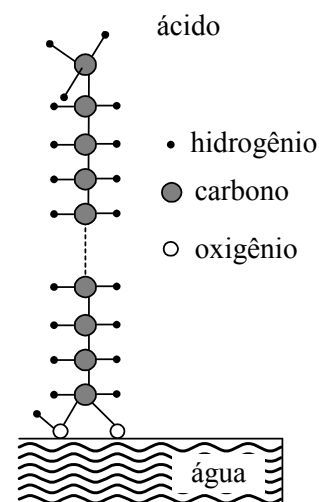
$$-H = 0 + v_0 t_2 + \frac{1}{2} (-g) t_2^2 \therefore -H = \sqrt{2gh} t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \quad (II)$$

Substituindo (I) em (II):

$$-H = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{2H}{t_1^2} \right)} \cdot h \cdot t_2 - \frac{1}{2} \left(\frac{2H}{t_1^2} \right) t_2^2 \therefore H \left(\frac{t_2^2}{t_1^2} - 1 \right) = \sqrt{\frac{4Hh}{t_1^2}} \cdot t_2 \therefore \frac{H^2 \left[\left(t_2^2 - t_1^2 \right)^2 \right]}{t_1^4} = \frac{4Hh}{t_1^2} \cdot t_2^2$$

Logo,
$$H = \frac{4t_1^2 \cdot t_2^2 \cdot h}{\left(t_2^2 - t_1^2 \right)^2}$$

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 O–H, da mesma natureza que as ligações (polares) O–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.



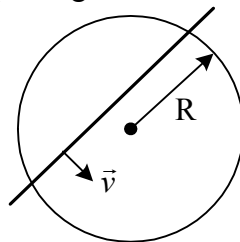
- A. () $0,25 \times 10^{-9} \text{ m}$ B. () $0,40 \times 10^{-9} \text{ m}$
 C. () $2,50 \times 10^{-9} \text{ m}$ D. () $4,00 \times 10^{-9} \text{ m}$
 E. () $25,0 \times 10^{-9} \text{ m}$

Alternativa: C

Se d denota o comprimento da molécula do ácido, podemos escrever:

$$V = S \cdot d \therefore 1,56 \cdot 10^{-10} = 6,25 \cdot 10^{-2} \cdot d \therefore d \cong 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

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:

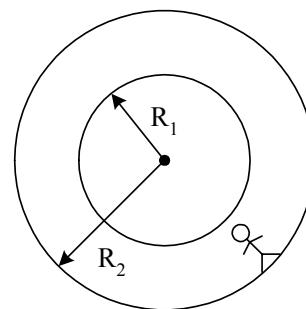


- A. () O fio irá se mover indefinidamente, pois a lei de inércia assim o garante.
 B. () O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for perpendicular ao plano do anel, caso fio e anel sejam isolantes.
 C. () O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for paralelo ao plano do anel, caso fio e anel sejam condutores.
 D. () 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

À medida que o fio avança sobre o anel, caso o campo magnético possua componente perpendicular ao plano do anel, temos variação do fluxo do campo magnético nas duas regiões internas ao anel. Com fio e anel feitos de material condutor, segue pela Lei de Lenz que atuará uma força no fio opondo-se ao movimento deste. Portanto, nessas condições, o fio pode parar.

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

Para as duas situações, podemos escrever $R_{cp} = m a_{cp}$

$$(1): N = \frac{mv_1^2}{R_2} = \frac{m}{R_2} \left(\frac{2\pi R_2}{P} \right)^2$$

$$(2): \frac{6}{5}N = \frac{mv_2^2}{R_2} = \frac{m}{R_2} \left(\frac{2\pi R_2}{P} + v \right)^2, \text{ em que } v \text{ é algébrico.}$$

Dividindo uma equação pela outra:

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

No 1º caso (sinal -), a pessoa corre em sentido contrário ao de rotação da estação espacial ($v < 0$),

com módulo $\left(\sqrt{\frac{6}{5}} + 1 \right) \cdot \frac{2\pi R_2}{P}$.

No 2º caso (sinal +), a pessoa corre no mesmo sentido ao de rotação da estação espacial ($v > 0$),

com módulo $\left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1 \right) \cdot \frac{2\pi R_2}{P}$.

Somente o 2º caso se encontra entre as alternativas.

Assim, $\boxed{|\vec{v}| = \left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1 \right) \cdot \frac{2\pi R_2}{P}}$

- 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 °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 °C

B. () -48,6 °C

C. () -34,5 °C

D. () -24,3 °C

E. () -14,1 °C

Alternativa: B

Com a formação de 64 g de gelo e com a conseqüente coexistência de gelo e água na forma líquida após o equilíbrio térmico, deduzimos que a temperatura no equilíbrio é 0 °C.

Como o sistema é termicamente isolado e o calorímetro possui capacidade térmica desprezível, temos:

$$Q_{\text{sensível água}} + Q_{\text{solidificação}} + Q_{\text{sensível gelo}} = 0$$

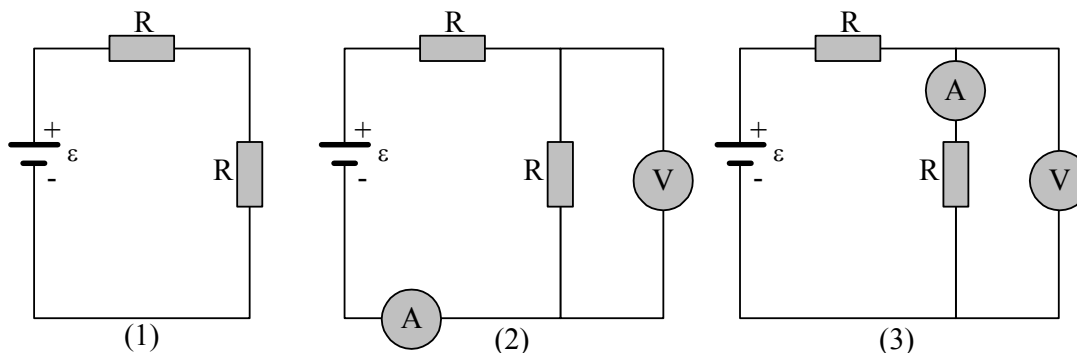
$$m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i\text{água}}) + (m_{\text{adicional gelo}} \cdot L_{\text{gelo}}) + m_{\text{gelo}} \cdot c_{\text{gelo}} \cdot (T_{\text{eq}} - T_{i\text{gelo}}) = 0$$

$$-2500 \cdot 1 \cdot 5 + 64 \cdot (-80) - 725 \cdot 0,5 \cdot T_{i\text{gelo}} = 0$$

$$\boxed{T_{i\text{gelo}} \cong -48,6^\circ\text{C}}$$

- 8.** Numa aula de laboratório, o professor enfatiza a necessidade de levar em conta a resistência interna de amperímetros e voltmíetros 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 de $100R$. 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

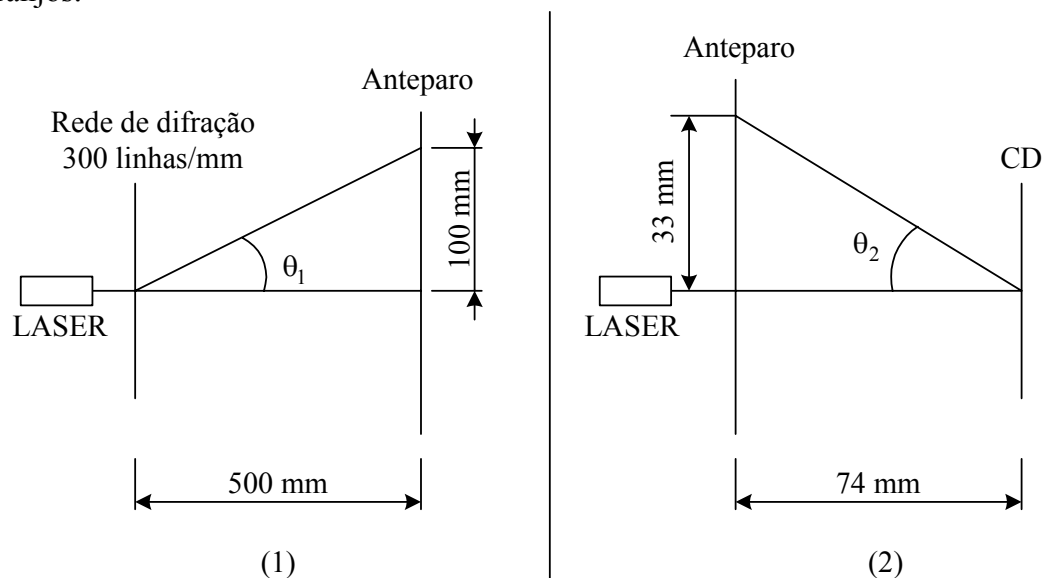
A medida da resistência R é feita através da leitura da tensão e da corrente $\left(R = \frac{U}{i}\right)$, pois $R_{\text{voltímetro}} \gg R$ e $R_{\text{amperímetro}} \ll R$.

Para o circuito 2, tem-se que: $R_2 = \frac{V_2}{i_2} = \frac{\frac{100R}{101} \cdot i_2}{i_2} = \frac{100R}{101} < R$

Para o circuito 3, tem-se que: $R_3 = \frac{V_3}{i_3} = \frac{1,01R \cdot i_3}{i_3} = 1,01R > R$

Logo, $R_2 < R < R_3$

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 no 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 as duas trilhas adjacentes do CD é de

- A. () $2,7 \times 10^{-7}$ m B. () $3,0 \times 10^{-7}$ m
C. () $7,4 \times 10^{-6}$ m D. () $1,5 \times 10^{-6}$ m
E. () $3,7 \times 10^{-5}$ m

Alternativa: D

Para uma rede de difração tem-se que os máximos de difração são dados por:

$$d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda, \text{ com } m = 0, 1, 2, \dots$$

onde d é a distância entre as linhas da rede de difração.

Como temos 300 linhas por mm, a distância entre as linhas será:

$$d = \frac{1}{300} \text{ mm} = \frac{1}{300} \cdot 10^{-3} \text{ m} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Com a aproximação $\sin \theta \approx \tan \theta$, temos:

$$d \cdot \tan \theta \approx m \cdot \lambda$$

Para a 1ª ordem de difração:

$$\frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \cdot \frac{100}{500} \approx 1 \cdot \lambda \Rightarrow \lambda \approx \frac{1}{15} \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

No segundo caso:

$$d_2 \cdot \frac{33}{74} \approx 1 \cdot \frac{1}{15} \cdot 10^{-5} \therefore \boxed{d_2 \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

Observação:

No segundo caso, a aproximação $\sin \theta \approx \tan \theta$ ocasiona um erro de aproximadamente 10%.

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

Se a frequência f emitida é menor que f_0 , a energia transportada pelo fóton não será suficiente para arrancar elétrons do material. Nesse caso, para que seja possível o efeito fotoelétrico, deve haver movimento relativo de aproximação, com aumento da frequência aparente e conseqüente aumento da energia.

- 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 $y_1(t) = A \cos(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t)$ e $y_2(t) = A \cos(2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t)$. 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

A coordenada Y da onda resultante é a soma das coordenadas y das ondas interferentes, logo:

$$Y(t) = y_1(t) + y_2(t)$$

$$Y(t) = A \cdot \cos(2\pi f_1 t) + A \cdot \cos(2\pi f_2 t)$$

$$Y(t) = A [\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t)]$$

$$Y(t) = A \left[2\cos\left(\frac{2\pi f_1 t + 2\pi f_2 t}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{2\pi f_1 t - 2\pi f_2 t}{2}\right) \right]$$

$$Y(t) = 2A \cdot \cos\left[\frac{(f_1 + f_2)}{2} 2\pi t\right] \cdot \cos[(f_1 - f_2) \pi t]$$

Logo, podemos dizer que, para a onda resultante:

$A_{\text{máx}} = 2A$ $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$ $f_{\text{batimento}} = f_1 - f_2$
--

- 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 $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. 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

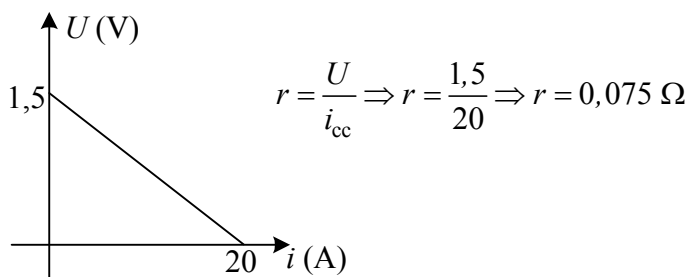
Pelos valores nominais da lâmpada, sua resistência é dada por:

$$\begin{cases} 3,0 \text{ W} \\ 1,0 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow P_N = \frac{U_N^2}{R_L} \Rightarrow R_L = \frac{1^2}{3} \Rightarrow R_L = \frac{1}{3} \Omega$$

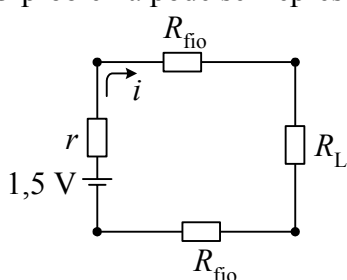
De acordo com os valores fornecidos, a resistência do fio é dada por:

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

Como a corrente de curto circuito (i_{cc}) é 20 A, a resistência interna é dada por:



O problema pode ser representado pelo circuito:

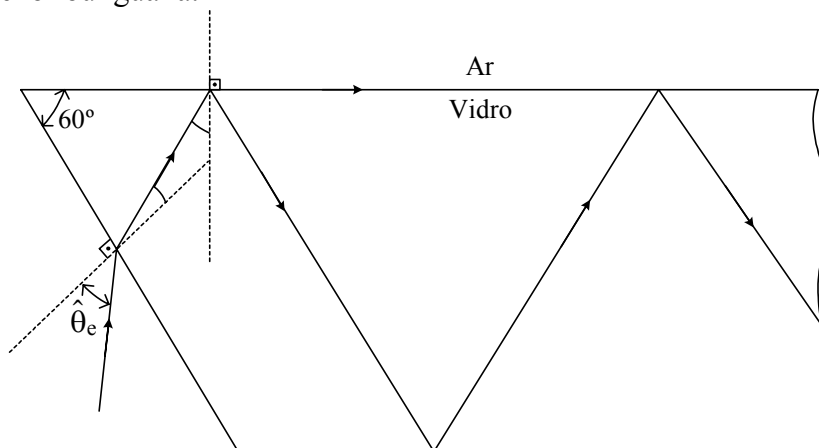


$$P_{\text{dis}} = R_L \cdot i^2 \Rightarrow P_{\text{dis}} = R_L \cdot \left(\frac{1,5}{R_{\text{eq}}}\right)^2, \text{ onde}$$

$$R_{\text{eq}} = r + 2R_{\text{fio}} + R_L \Rightarrow R_{\text{eq}} \cong 0,45 \Omega$$

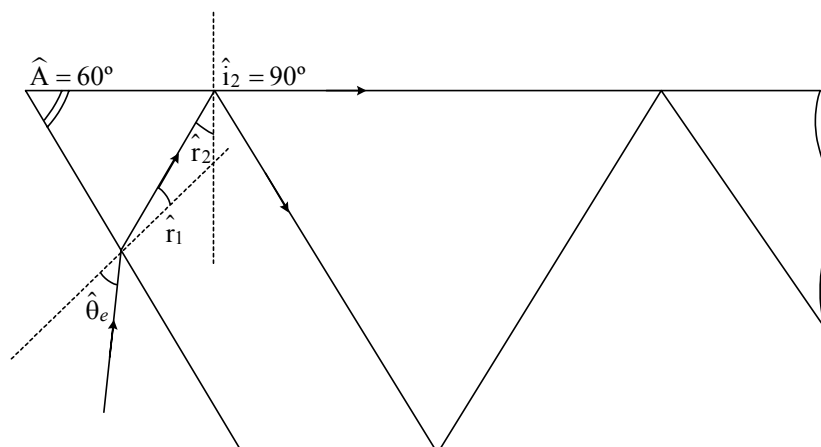
$$P_{\text{dis}} \cong \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1,5}{0,45}\right)^2 \Rightarrow \boxed{P_{\text{dis}} \cong 3,7 \text{ W}}$$

- 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, $\sin \theta_e$, deverá ser menor ou igual a:



- A. () 0,18
C. () 0,50
E. () 0,87

- B. () 0,37
D. () 0,71

Alternativa: B

Aplicando a lei de Snell-Descartes para a segunda refração (interface vidro-ar):

$$n_{\text{vidro}} \cdot \sin \hat{r}_2 = n_{\text{ar}} \cdot \sin \hat{i}_2 \quad (1)$$

Como deve ocorrer reflexão total para o confinamento do raio de luz, temos, no limite da refração (raio rasante), $\hat{i}_2 = 90^\circ$. Substituindo em (1):

$$\sqrt{2} \cdot \sin \hat{r}_2 = 1 \cdot 1 \therefore \sin \hat{r}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \therefore \hat{r}_2 = 45^\circ$$

Na região de incidência, a placa comporta-se como um prisma, logo o ângulo de abertura será:

$$\hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2. \text{ Substituindo os valores: } 60^\circ = \hat{r}_1 + 45^\circ, \text{ logo } \hat{r}_1 = 15^\circ.$$

Aplicando-se Snell-Descartes para a primeira refração (interface ar-vidro), temos:

$$n_{\text{ar}} \cdot \sin \hat{\theta}_e = n_{\text{vidro}} \cdot \sin \hat{r}_1$$

$$1 \cdot \sin \hat{\theta}_e = \sqrt{2} \cdot \sin 15^\circ \therefore \sin \hat{\theta}_e = \sqrt{2} \cdot \sin (45^\circ - 30^\circ) \therefore \sin \hat{\theta}_e = \sqrt{2} \cdot [\sin 45^\circ \cdot \cos 30^\circ - \cos 45^\circ \cdot \sin 30^\circ]$$

$$\sin \hat{\theta}_e = \sqrt{2} \cdot \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{2} \right] \therefore \sin \hat{\theta}_e = \frac{\sqrt{3} - 1}{2} \therefore \sin \hat{\theta}_e \cong 0,37$$

Se $\sin \theta_e < 0,37 \therefore \hat{r}_1 < 15^\circ \therefore \hat{r}_2 > 45^\circ$, o que permanece gerando reflexão total na interface vidro-ar.

Logo, os valores de $\sin \hat{\theta}_e$ que obedecem à condição dada devem obedecer a: $\boxed{\sin \hat{\theta}_e \leq 0,37}$.

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

O fluxo através de cada uma das “ n ” espiras de um solenóide é $\Phi_i = B \cdot A$, onde A é a área da seção transversal. Portanto, o fluxo total é: $\Phi = n \cdot B \cdot A = L \cdot i$, pela definição de indutância.

Como $B = \frac{\mu \cdot n \cdot i}{\ell}$, em que ℓ é o comprimento do solenóide, temos:

$$n \cdot \frac{\mu \cdot n \cdot i}{\ell} \cdot A = L \cdot i \Rightarrow L = \frac{\mu \cdot n^2 \cdot A}{\ell}$$

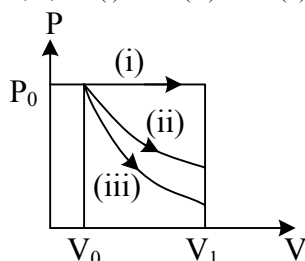
Para o segundo solenóide, podemos escrever:

$$L' = \frac{\left(\frac{n}{2}\right)^2 \cdot \mu \cdot (1,5A)}{0,15 \ell} \therefore \boxed{L' = 2,5L}$$

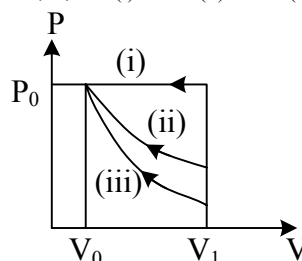
15. Um mol de um gás ideal ocupa um volume inicial V_0 à temperatura T_0 e pressão P_0 , sofrendo a seguir uma expansão reversível para um volume V_1 . Indique a relação entre o trabalho que é realizado por:

- (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.

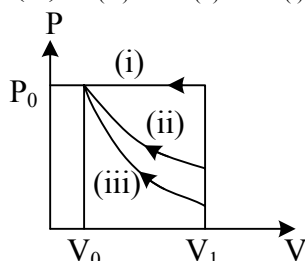
A. () $W_{(i)} > W_{(iii)} > W_{(ii)}$



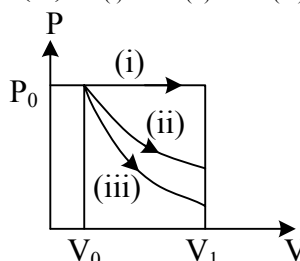
B. () $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



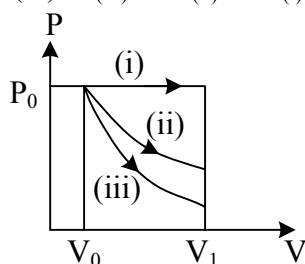
C. () $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



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



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



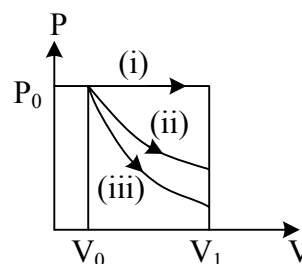
Alternativa: D

Como se trata de uma expansão, temos $V_1 > V_0$ e o trabalho (W) é positivo (motor).

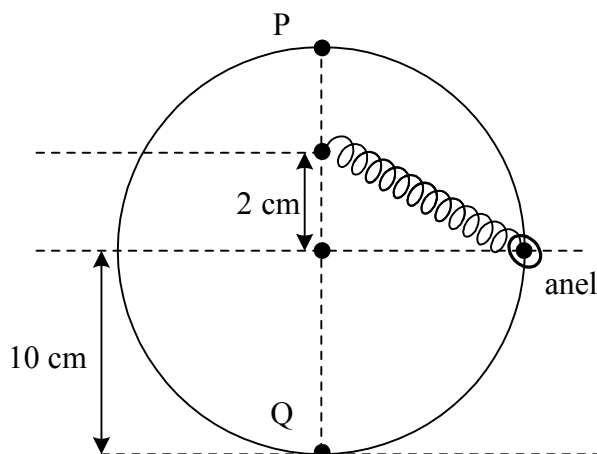
Na expansão adiabática o gás realiza trabalho sem receber calor, logo sua energia interna diminui e, portanto, há redução da temperatura.

O trabalho é numericamente igual à área sob a curva.

Assim, $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$, conforme o diagrama ao lado.



- 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

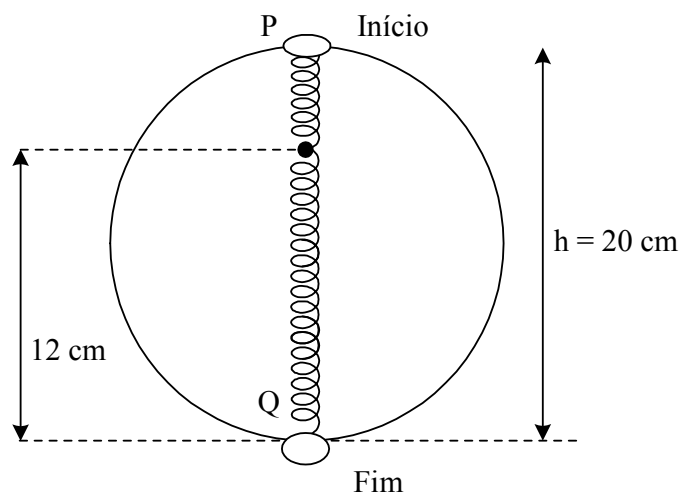


- A. () $3,0 \times 10^3 \text{ N/m}$
 C. () $7,5 \times 10^3 \text{ N/m}$
 E. () $3,0 \times 10^4 \text{ N/m}$

- B. () $4,5 \times 10^3 \text{ N/m}$
 D. () $1,2 \times 10^4 \text{ N/m}$

Alternativa: C

Do enunciado: $L_0 = 8 \text{ cm}$



$$\tau^{F_{NC}} = \Delta E_M \therefore \tau^{F_{NC}} = \Delta E_c + \Delta E_{P_G} + \Delta E_{P_{Ela}} \therefore 0 = 0 + \left(E_{P_{G,Q}} - E_{P_{G,P}} \right) + \left(E_{P_{Ela,Q}} - E_{P_{Ela,P}} \right)$$

$$0 = -E_{P_{G,P}} + E_{P_{Ela,Q}} \therefore E_{P_{G,P}} = E_{P_{Ela,Q}} \therefore mgh = \frac{1}{2} kx^2 \therefore k = \frac{2mgh}{x^2}$$

$$\text{Substituindo os dados: } k = \frac{2 \cdot 30 \cdot 0,2}{(0,04)^2}$$

$$\boxed{k = 7.500 \text{ N/m}}$$

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. () $f = (m_e c^2)/h$

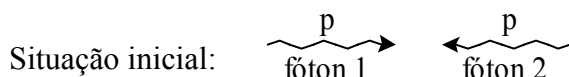
C. () $f = (2m_e c^2)/h$

D. () $f = (m_e c^2)/2h$

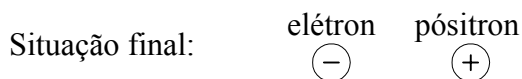
E. () $f = (m_e c^2)/4h$

Alternativa: B

Os dois fótons interagem inicialmente:



Os fótons produzem um par elétron-pósitron sem energia cinética (para a frequência mínima dos fótons):



Supondo o sistema isolado, temos conservação da energia:

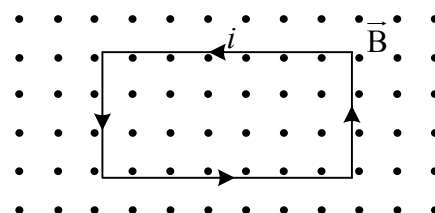
$$\underbrace{E_{\text{início}}}_{E_{\text{fóton 1}} + E_{\text{fóton 2}}} = \underbrace{E_{\text{fim}}}_{E_{\text{elétron}} + E_{\text{pósitron}}}$$

$$p \cdot c + p \cdot c = m_e c^2 + m_e c^2 \therefore 2pc = 2m_e c^2$$

Mas, $pc = E = hf$: $h \cdot f = m_e c^2$

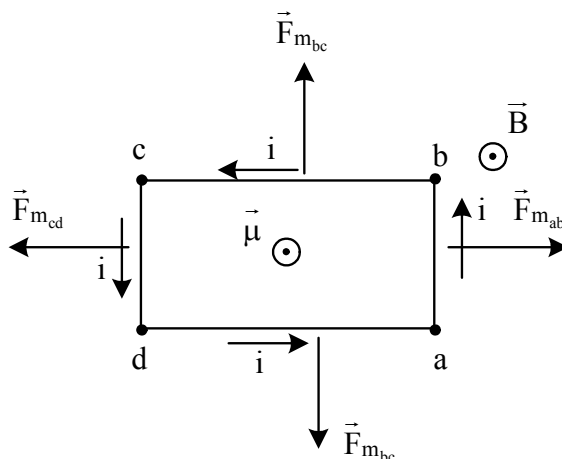
Logo, $\boxed{f = \frac{m_e c^2}{h}}$

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 são nulos.
 E. () O enunciado não permite estabelecer correlações entre as grandezas consideradas

Alternativa: B



Através da regra da mão direita podemos determinar a força magnética em cada trecho da espira.

Como: $|\vec{F}_{mab}| = |\vec{F}_{mcd}|$ e $|\vec{F}_{mbc}| = |\vec{F}_{mda}|$, temos: $\boxed{\vec{F}_r = \vec{0}}$

Sendo $\vec{\mu} = i \cdot A \cdot \hat{n}$, onde $\hat{n}$ é o versor normal ao plano da espira, com sentido definido através do sentido da corrente utilizando a regra da mão direita.

Uma vez que: $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$, $|\vec{\tau}| = |\vec{\mu}| \cdot |\vec{B}| \sin \theta$. Como $\theta = 0^\circ$ ($\vec{\mu}$ e $\vec{B}$ são paralelos), então $\boxed{|\vec{\tau}| = 0}$

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: E

Pela equação de Clapeyron, temos:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R}$$

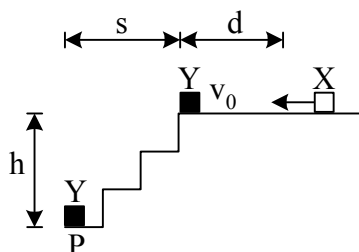
$$\text{Como } \begin{cases} P_1 = P_2 \\ V_1 = V_2 \\ n_1 = n_2 \end{cases} \Rightarrow T_1 = T_2$$

Considerando apenas a energia cinética translacional, a temperatura é proporcional à energia cinética média das partículas do gás, logo:

$$\frac{1}{2} m_1 \bar{v}_1^2 = \frac{1}{2} m_2 \bar{v}_2^2 \therefore \left(\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} \right)^2 = \frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 \cdot M_1}{n_2 \cdot M_2} = \frac{2}{4}$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \therefore \bar{v}_1 = \bar{v}_2 \sqrt{2} \therefore \boxed{\bar{v}_1 > \bar{v}_2}$$

- 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

Considerando elástica a colisão entre X e Y, a velocidade de lançamento de Y após o choque é igual a velocidade de X após percorrer a distância d .

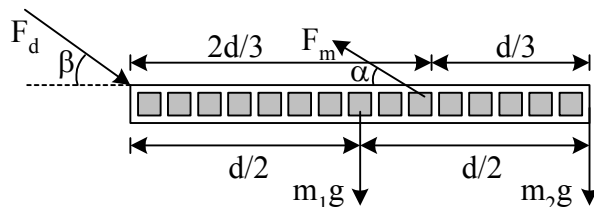
Temos para o tempo de queda de Y: $t_q = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Logo, a velocidade de lançamento de Y é dada por: $v = \frac{s}{t_q} = s \sqrt{\frac{g}{2h}}$.

Pela equação de Torricelli, para o movimento X:

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

- 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 ?



Resolução:

$$\vec{F}_R = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{Rx} = \vec{0} \Rightarrow F_d \cdot \cos\beta = F_m \cdot \cos\alpha \\ \vec{F}_{Ry} = \vec{0} \Rightarrow F_d \cdot \sin\beta + m_1g + m_2g = F_m \cdot \sin\alpha \end{cases}$$

$$\vec{\tau}_R = \vec{0}. \text{ Em relação ao ponto de aplicação de } F_d: F_m \cdot \sin\alpha \cdot \frac{2d}{3} = m_1g \cdot \frac{d}{2} + m_2g \cdot d$$

$$\begin{cases} F_d \cdot \cos\beta = F_m \cdot \cos\alpha \\ F_d \cdot \sin\beta + \frac{2}{5}mg + \frac{1}{5}mg = F_m \cdot \sin\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_d \cdot \cos\beta = F_m \cdot \cos\alpha & (1) \\ F_d \cdot \sin\beta + \frac{3}{5}mg = F_m \cdot \sin\alpha & (2) \\ F_m \cdot \sin\alpha \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{5} \cdot \frac{mg}{2} + \frac{1}{5} \cdot mg & (3) \end{cases}$$

$$\text{Substituindo (3) em (2): } F_d \cdot \sin\beta + \frac{3}{5}mg = \frac{3}{5}mg$$

$$F_d \cdot \sin\beta = 0 \Rightarrow \begin{cases} F_d = 0. \text{ De (1): } F_m = 0 \text{ (não convém) ou } \cos\alpha = 0 \\ \text{ou} \\ \sin\beta = 0 \end{cases}$$

$$\text{Para } \sin\beta = 0 \Rightarrow \cos\beta = 1$$

De (1):

$$F_d \cdot \cos\beta = F_m \cdot \cos\alpha \Rightarrow F_d = F_m \cdot \cos\alpha \Rightarrow F_d = \frac{3}{5} \cdot \frac{mg}{\sin\alpha} \cdot \cos\alpha \therefore F_d = \frac{3}{5}mg \cdot \cot\alpha$$

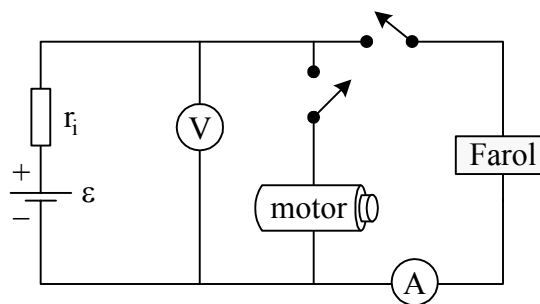
$$\text{Assim: } F_d = 0 \text{ ou } F_d = \frac{3}{5}mg \cdot \cot\alpha$$

$$\text{Como, para } F_d = 0 \text{ temos } \cos\alpha = 0, \text{ então simplesmente: } \boxed{F_d = \frac{3}{5}mg \cdot \cot\alpha}$$

Observação:

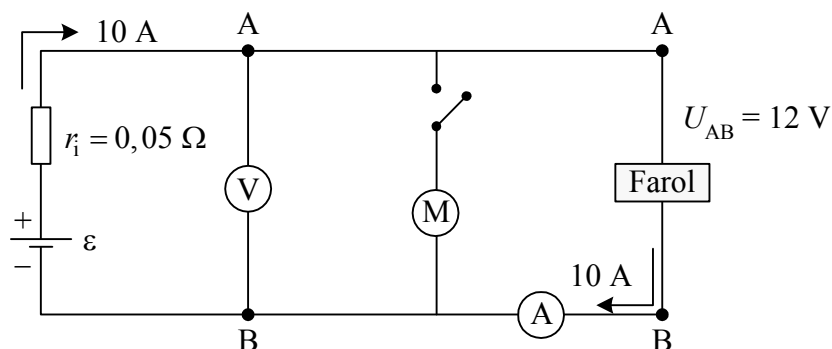
$$\text{A solução poderia ser dada em função de } F_m: F_d = \frac{\sqrt{25F_m^2 - 9m^2g^2}}{5}$$

- 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 $10 \, \text{A}$ e um voltmímetro uma voltagem de $12 \, \text{V}$. Considere desprezível a resistência interna do amperímetro. Ao ligar o motor de arranque, observa-se que a leitura do amperímetro é de $8,0 \, \text{A}$ e que as luzes diminuem um pouco de intensidade. Calcular a corrente que passa pelo motor de arranque quando os faróis estão acesos.



Resolução:

Circuito com o farol aceso



$$U = \varepsilon - r_i \cdot i$$

$$12 = \varepsilon - 0,05 \cdot 10$$

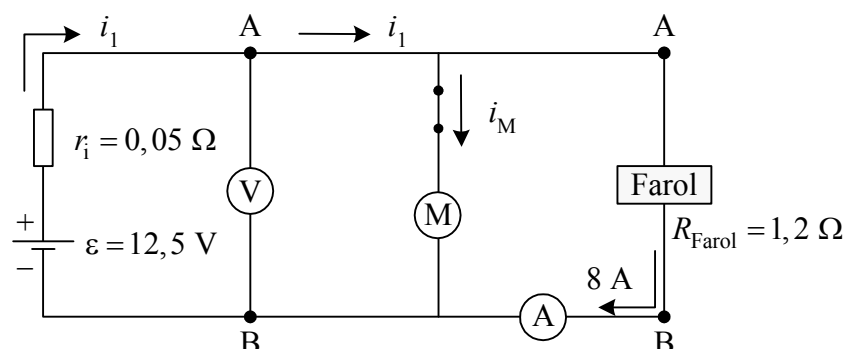
$$\varepsilon = 12,5 \, \text{V}$$

$$R_{\text{Farol}} = \frac{U_{AB}}{i}$$

$$R_{\text{Farol}} = \frac{12}{10}$$

$$R_{\text{Farol}} = 1,2 \, \Omega$$

Circuito com farol e motor de arranque acionados



$$U_{AB} = R_{\text{Farol}} \cdot 8$$

$$U_{AB} = 9,6 \, \text{V}$$

$$U_{AB} = \varepsilon - r_i \cdot i_1$$

$$9,6 = 12,5 - 0,05 \cdot i_1$$

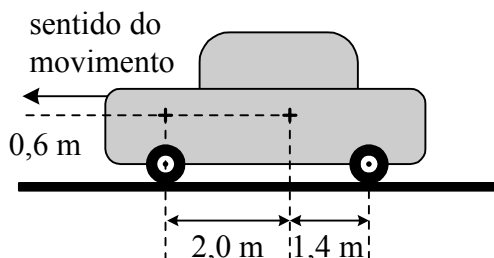
$$i_1 = 58 \, \text{A}$$

$$i_1 = i_M + 8$$

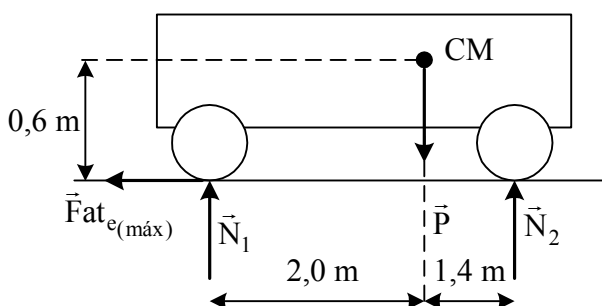
$$i_M = 58 - 8$$

$$\boxed{i_M = 50 \, \text{A}}$$

- 23.** Considere um automóvel de peso P , com tração nas rodas dianteiras, cuja 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 $0,75$.



Resolução:



Como $\vec{F}_{Ry} = \vec{0} \therefore N_1 + N_2 = P \therefore N_2 = P - N_1$ (1)

Como o carro só possui movimento de translação: $\vec{\tau}_{R(CM)} = \vec{0}$

$$Fat \cdot 0,6 + N_1 \cdot 2,0 = N_2 \cdot 1,4 \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2):

$$Fat \cdot 0,6 + N_1 \cdot 2,0 = P \cdot 1,4 - N_1 \cdot 1,4$$

Como a aceleração deve ser máxima, então: $Fat_{e(max)} = \mu_e \cdot N_1 = 0,75 \cdot N_1$.

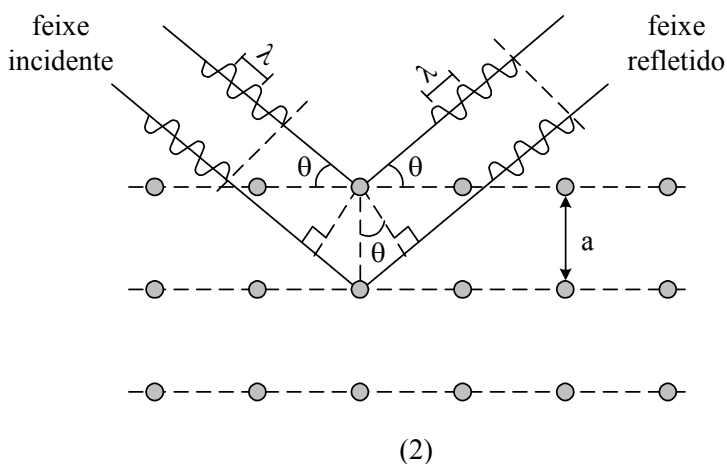
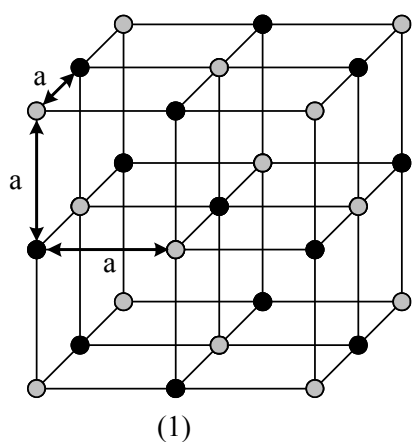
$$\text{Logo: } 0,75N_1 \cdot 0,6 + 2,0N_1 = 1,4mg - 1,4N_1 \therefore N_1 = \frac{1,4}{3,85}mg$$

Para o eixo x: $F_r = ma \therefore Fat_{e(max)} = ma_{max} \therefore 0,75 \cdot N_1 = ma_{max}$

$$a_{max} = 0,75 \cdot \frac{1,4}{3,85} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \therefore \boxed{a_{max} \cong 2,7 \text{ m/s}^2}$$

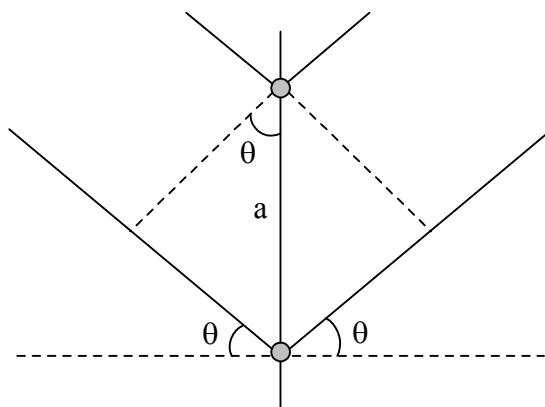
- 24.** O Raio-X é uma onda eletromagnética de comprimento de onda (λ) muito pequeno. A fim de observar os efeitos da difração de tais ondas é necessário que um feixe de Raio-X incida sobre um dispositivo, com fendas da ordem de λ . Num sólido cristalino, os átomos são dispostos em um arranjo regular 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 $a = 0,30 \times 10^{-9} \text{ m}$, onde Raios-X com $\lambda = 1,5 \times 10^{-10} \text{ m}$ 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?



Resolução:

A estrutura cristalina do NaCl funciona como uma rede de difração tal que, de acordo com a figura a seguir, tem-se que, para interferência construtiva: $2a \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda$.



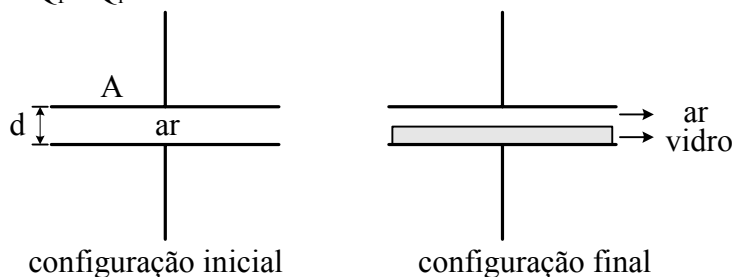
Portanto $n = \frac{2a}{\lambda} \cdot \sin\theta$

O valor de n máximo ocorre para θ máximo. Como $\theta \leq \frac{\pi}{2}$, tem-se que

$$n \leq \frac{2a}{\lambda} = \frac{2 \cdot 0,30 \cdot 10^{-9}}{1,5 \cdot 10^{-10}} \therefore n \leq 4.$$

Logo, $n_{\max} = 4$.

- 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 .



Resolução:

A carga máxima suportada deve-se ao campo elétrico estabelecido entre as placas, o qual não pode superar a rigidez dielétrica do ar.

Assim, a carga inicial é dada por:

$$Q_i = C \cdot U \Rightarrow Q_i = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \cdot U$$

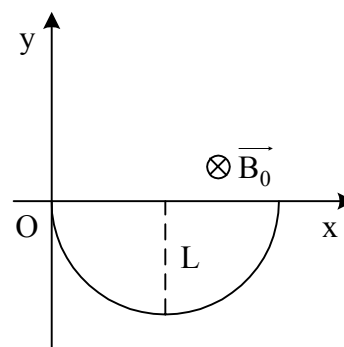
Na configuração final, a capacitância equivalente é dada por:

$$C_{eq} = \frac{\frac{\epsilon_0 \cdot A}{d/2} \cdot \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d/2}}{\frac{\epsilon_0 \cdot A}{d/2} + \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d/2}} = \frac{\frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d/2}}{k+1} \therefore C_{eq} = \frac{2k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d \cdot (k+1)}$$

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

$$\frac{Q_f}{Q_i} = \frac{\frac{2k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d \cdot (k+1)} \cdot U}{\frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \cdot U} \therefore \boxed{\frac{Q_f}{Q_i} = \frac{2k}{k+1}}$$

- 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.

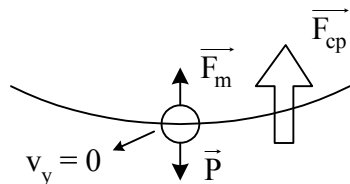


Resolução:

Através da conservação da energia entre a origem e o ponto de máximo deslocamento em relação ao eixo Ox , temos: $E_i = E_f \therefore m \cdot g \cdot L = \frac{1}{2} m \cdot v^2$.

Logo: $v = \sqrt{2gL}$ (1)

Analisando a resultante centrípeta associada ao movimento instantâneo de rotação no ponto de máximo deslocamento $v_y = 0$, temos, em Y, que o raio instantâneo de curvatura é $2L$, assim:



$$F_{cp} = F_m - P$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2L} + mg = q \cdot v \cdot B_0 \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2), temos:

$$\frac{m(\sqrt{2gL})^2}{2L} + mg = q \cdot \sqrt{2gL} \cdot B_0 \therefore \frac{m \cdot 2g \cdot L}{2L} + mg = q \cdot \sqrt{2gL} \cdot B_0$$

$$2mg = q \cdot \sqrt{2gL} \cdot B_0$$

Para o deslocamento máximo L , temos

$$L = \frac{2m^2 g}{q^2 \cdot B_0^2}$$

Observação: O campo de gravidade segue o sentido negativo de Oy .

- 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 $c = 4,19 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$.

Resolução:

A placa coletora deve fornecer, por mês, a energia total E_T que aquece a água e é, em parte, perdida. Cálculo do consumo mensal de água quente:

$$4 \text{ pessoas} \cdot \frac{30L}{\text{dia} \cdot \text{pessoa}} \cdot 30 \text{ dias} = 3600 L \Rightarrow m_{\text{água}} = 3600 \text{ kg} \quad (d_{\text{água}} = 1 \text{ kg/L})$$

Calor cedido à água em seu aquecimento:

$$E_U = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 3600 \cdot 4190 \cdot 30 = \frac{3600 \cdot 4190 \cdot 30}{3600000} = 125,7 \text{ kWh}$$

Cálculo da perda mensal de energia:

$$E_D = 0,30 \frac{\text{kWh}}{L} \cdot 200 L = 60 \text{ kWh}$$

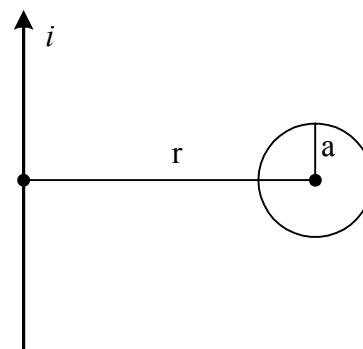
Cálculo da energia total coletada:

$$E_T = E_U + E_D = 185,7 \text{ kWh}$$

Cálculo da área necessária útil A :

$$A = \frac{E_T}{\text{taxa por área}} = \frac{185,7}{60} \therefore A \cong 3,1 \text{ m}^2$$

- 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.



Resolução:

Supondo $r \gg a$, podemos considerar que o campo magnético gerado pela corrente que circula no fio retilíneo infinito é aproximadamente constante na região onde a espira circular se encontra:

$$B(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i(t)}{r}$$

Do enunciado podemos concluir: $i(t) = \frac{\Delta i}{\Delta t} \cdot t + k$ onde k é uma constante.

Dessa forma: $B(t) = \frac{\mu_0}{2\pi \cdot r} \left(\frac{\Delta i}{\Delta t} \cdot t + k \right)$

Como $\Phi(t) = B(t) \cdot A \cdot \cos\theta$, $\Phi(t) = \frac{\mu_0}{2\pi \cdot r} \left(\frac{\Delta i}{\Delta t} \cdot t + k \right) \cdot \pi \cdot a^2$

Da Lei de Faraday: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -\frac{\mu_0 \cdot a^2}{2r} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$

Da Lei de Ohm: $U = R \cdot i$, com $U = |\varepsilon| \therefore i_{\text{anel}} = \frac{\mu_0 \cdot a^2 \cdot \Delta i}{2r \cdot R \cdot \Delta t}$

- 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.

Resolução:

Pela equação da continuidade ($A \cdot v = \text{constante}$), temos:

$$A_i \cdot v_i = A_f \cdot v_f \Rightarrow (\pi \cdot 2^2) \cdot 2 = (\pi \cdot 1^2) \cdot v_f \Rightarrow v_f = 8 \text{ m/s}$$

Assim, pela equação de Bernoulli:

$$\frac{d \cdot v_i^2}{2} + d \cdot g \cdot h_i + P_i = \frac{d \cdot v_f^2}{2} + d \cdot g \cdot h_f + P_f$$

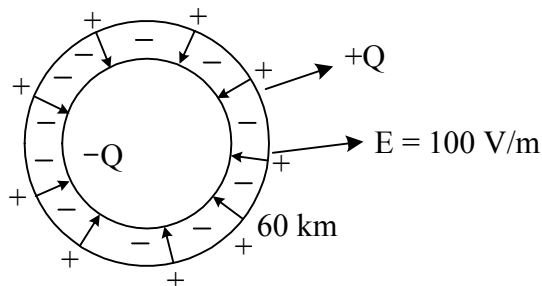
$$\frac{10^3 \cdot 2^2}{2} + 0 + 5 \cdot 10^5 = \frac{10^3 \cdot 8^2}{2} + 10^3 \cdot 10 \cdot 5 + P_f$$

$$2.000 + 500.000 = 32.000 + 50.000 + P_f \therefore P_f = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

- 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 $\cong 6400$ km, determine a capacitância deste capacitor gigante e a energia elétrica armazenada.

Considere $1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Resolução:



$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

Como $h \ll R_{\text{Terra}}$, podemos modelar o capacitor gigantesco como se fosse de placas planas, com área útil igual à da superfície esférica.

Para a capacitância equivalente:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} = \frac{\epsilon_0 \cdot 4\pi \cdot R_{\text{Terra}}^2}{h} = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \cdot \frac{(6,4 \cdot 10^6)^2}{60 \cdot 10^3} \therefore \boxed{C = 0,076 \text{ F}}$$

Supondo que o campo elétrico é uniforme:

$$E \cdot h = U \therefore 100 \cdot 60 \cdot 10^3 = U \therefore U = 6 \cdot 10^6 \text{ V}$$

Para a energia eletrostática armazenada no capacitor:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{0,076 \cdot (6 \cdot 10^6)^2}{2} \therefore W = \frac{0,076 \cdot 36 \cdot 10^{12}}{2}$$

Logo: $\boxed{W = 1,4 \cdot 10^{12} \text{ J}}$

Comentários

A prova do ITA 2006 caracterizou-se por apresentar questões inéditas e abrangentes, que conseguiram abordar todo o programa solicitado.

As ressalvas ficam por conta do excesso de esforço numérico em algumas questões (1 e 12 por exemplo) e pelas questões 23 e 26, que cobraram assuntos fora do programa Ensino Médio.

Parabéns à banca examinadora do ITA, que certamente selecionou os melhores candidatos aos seus cursos de engenharia em 2006.



POLIEDRO

O CURSINHO QUE MAIS ENTENDE DE IME E ITA