

ITA - 2006

1º DIA

FÍSICA

Física – Questão 01

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

RESOLUÇÃO:

Considerando um capacitor plano:

$$\sigma = \pm 0,50 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$$

$$\epsilon_0 = 9,0 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

$$V = 4,0 \times 10^{-16} \text{ m}^3$$

$$k = 5,0$$

diferença de potencial $\rightarrow U$

energia no capacitor $\rightarrow \tau$

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

$$Q = \sigma A$$

$$U = E \cdot d; E = \frac{\sigma}{k\epsilon_0} \Rightarrow U = \frac{\sigma d}{k\epsilon_0}$$

$$\tau = \frac{\sigma A \sigma d}{2k\epsilon_0} = \frac{\sigma^2 V}{2k\epsilon_0}; \text{ onde } V = A \cdot d$$

$$\tau = 1,11 \times 10^{-18} \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\tau = 6,94 \text{ eV}$$

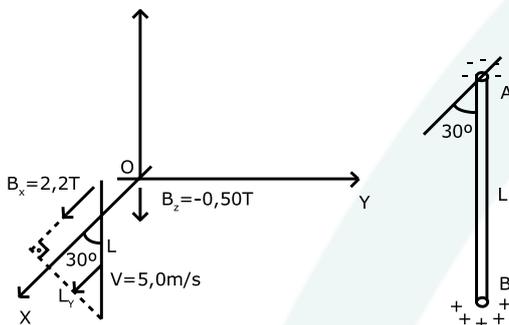
RESPOSTA: C

Física – Questão 02

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 $B_x = 2,2$ T e $B_z = -0,50$ T, cujas componentes, em relação a Ox e Oz (em que z é perpendicular a xy) são, respectivamente, $B_x = 2,2$ T e $B_z = -0,50$ 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

RESOLUÇÃO:



$$L = 20 \text{ cm}$$

$$L_y = L \cdot \sin 30^\circ = 10 \text{ cm}$$

B_x não gera força magnética sobre os elétrons, já que $\vec{B}_x // \vec{v}$.

B_z gera força magnética nos elétrons, fazendo com que eles acumulem na extremidade A.

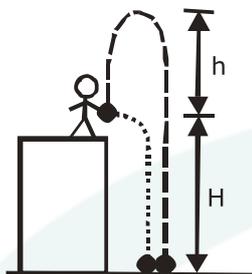
$$\varepsilon = B_z \cdot L_y \cdot v = 0,50 \cdot 0,10 \cdot 5,0$$

$$\varepsilon = 0,25 \text{ V}$$

RESPOSTA: A

Física – Questão 03

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

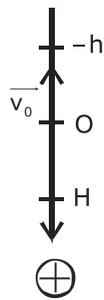
RESOLUÇÃO:

Considerando a aceleração da gravidade constante, os movimentos são uniformemente variados.

A) Para o 1º trecho:

$$\Delta S = y_0^0 t + \frac{at^2}{2}$$
$$H = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow \boxed{g = \frac{2H}{t_1^2}} \quad (i)$$

B) Para o 2º trecho:



Na subida:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S \Rightarrow 0 = (-v_0)^2 + 2 \cdot g \cdot (-h)$$
$$\boxed{v_0 = \sqrt{2gh}} \quad (\text{ii})$$

No trecho completo:

$$\Delta S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$H = v_0 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow H = \sqrt{2gh} t_2 + \frac{gt_2^2}{2} \quad (\text{iii})$$

Substituindo (i) em (iii), temos

$$H = \sqrt{2h} \frac{\sqrt{2H}}{t_1} t_2 + \frac{t_2^2}{2} \frac{2H}{t_1^2}$$

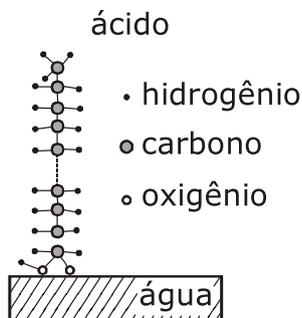
$$H \left(1 - \frac{t_2^2}{t_1^2} \right) = 2\sqrt{hH} \frac{t_2}{t_1} \Rightarrow \frac{t_1^2 - t_2^2}{t_1^2} = 2 \frac{t_2}{t_1} \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{H}}$$

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

RESPOSTA: E

Física – Questão 04

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) $0,25 \times 10^{-9} \text{ m}$

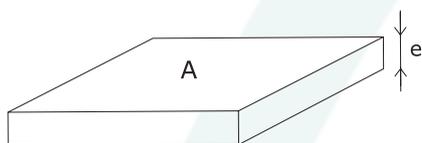
B) $0,40 \times 10^{-9} \text{ m}$

C) $2,50 \times 10^{-9} \text{ m}$

D) $4,00 \times 10^{-9} \text{ m}$

E) $25,0 \times 10^{-9} \text{ m}$

RESOLUÇÃO:



$$V = Ae \rightarrow e = \frac{V}{A} = \frac{1,56 \times 10^{-10} \text{ m}^3}{6,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2}$$

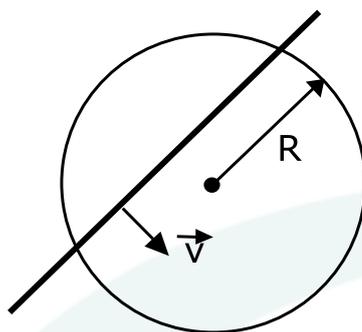
$$e = 2,496 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$e = 2,50 \times 10^{-9} \text{ m}$$

RESPOSTA: A

Física – Questão 05

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.

RESOLUÇÃO:

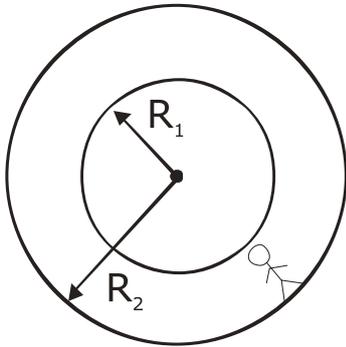
A lei de Faraday-Lenz nos garante que sempre que há variação do fluxo magnético através de uma linha fechada, haverá uma força eletromotriz induzida nesta linha. Se ela for feita de material condutor, haverá uma corrente induzida, o que provoca uma interação com o campo magnético que a produziu. Para haver variação de fluxo, o campo não se deve ser paralelo ao plano da espira. Para que haja corrente, anel e fio devem ser condutores e neste caso, a força magnética freia o movimento do fio que tende a aumentar o fluxo na espira.

RESPOSTA: D

Física – Questão 06

Uma estação espacial em forma de um toroide, 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) $v = \left(\frac{6}{5} - 1 \right) \frac{2\pi R_2}{P}$

RESOLUÇÃO:

Astronauta parado em relação à estação:

$$v_0 = \frac{2\pi R_2}{P} \quad g_0 = \frac{v_0^2}{R_2}$$

Astronauta correndo com velocidade \bar{v} em relação à superfície da estação:

$$v' = v_0 + v \quad g = \frac{v'^2}{R_2} = \frac{(v_0 + v)^2}{R_2}$$

$g = 1,2 g_0$ (aumento de 20% do peso).

$$\frac{(v_0 + v)^2}{R_2} = 1,2 \cdot \frac{v_0^2}{R_2}$$

$$v_0^2 + 2 v_0 v + v^2 = 1,2 v_0^2$$

$$v^2 + 2 v_0 v - 0,2 v_0^2 = 0$$

$$5 v^2 + 10 v_0 v - v_0^2 = 0$$

$$v = \frac{-10v_0 \pm \sqrt{100v_0^2 - 4 \cdot 5 \cdot (-v_0^2)}}{10}$$

$$v = \frac{-10v_0 \pm \sqrt{120v_0^2}}{10}$$

$$v = \frac{-10v_0 \pm 10v_0 \sqrt{\frac{6}{5}}}{10}$$

(O sinal negativo não convém)

$$v = v_0 \left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1 \right)$$

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

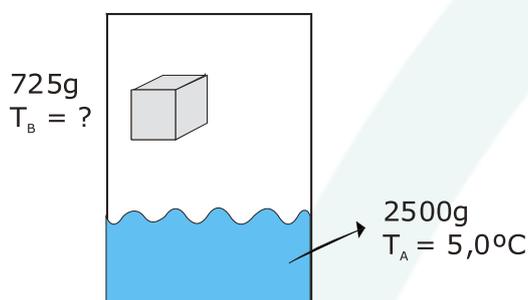
RESPOSTA: A

Física – Questão 07

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) $-14,1^{\circ}\text{C}$

RESOLUÇÃO:



Como no equilíbrio há água líquida e gelo, então a temperatura de equilíbrio é de 0°C .

$$T_{\text{eq}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$Q_R + Q_c = 0$$

$$725 \cdot 0,50 \cdot (0 - T_B) + 2500 \cdot 1,0 \cdot (0 - 5) - 64 \cdot 80 = 0$$

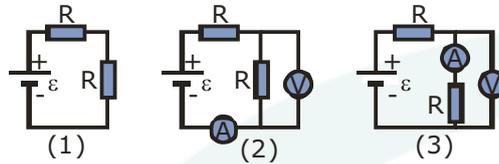
$$-362,5 T_B - 12500 - 5120 = 0$$

$$T_B = -\frac{17620}{362,5} = -48,61^{\circ}\text{C}$$

RESPOSTA: B

Física – Questão 08

Numa aula de laboratório, o professor enfatiza a necessidade de levar em conta a resistência interna de amperímetros e voltmímetro 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 voltmímetro 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) $R > R_3 > R_2$

Resolução:



$$V_2 = \frac{100R}{101} \cdot I_2 \Rightarrow R_2 = \frac{V_2}{I_2} \Rightarrow \boxed{R_2 = \frac{100R}{101}}$$



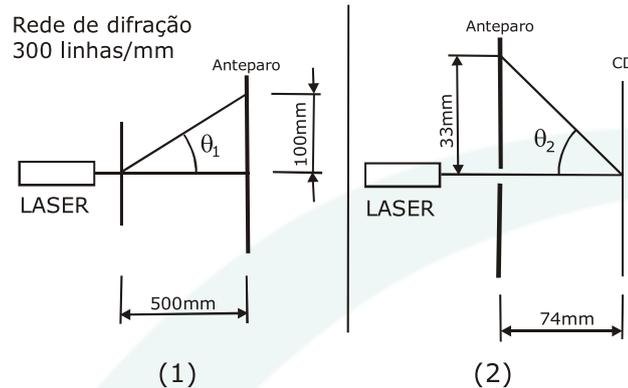
$$V_3 = 1,01R \cdot I_3 \Rightarrow R_3 = \frac{V_3}{I_3} \Rightarrow \boxed{R_3 = 1,01R}$$

Portanto, $\boxed{R_2 < R < R_3}$

Resposta: C

Física – Questão 09

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

RESOLUÇÃO:

Em 1 temos uma rede de difração, portanto

$$d \sin \theta_1 = n\lambda$$

$$(n = 1 \Rightarrow \text{Máximo de ordem 1})$$

$$\Rightarrow \lambda = d \sin \theta_1, \text{ onde } d = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{300} \text{ m (espaço entre linhas)}$$

e $\sin \theta_1 \cong \text{tg } \theta_1$, pois θ_1 é suficientemente pequeno.

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{5} \Rightarrow \lambda = \frac{10^{-5}}{15} \text{ m.}$$

Em 2, como o *laser* é o mesmo, o comprimento de onda não se altera e vale λ .

Agora, vamos considerar a faixa do CD como uma fenda única.

Portanto,

$l \sin \theta_2 = n\lambda$. Novamente, $n = 1$ e θ_2 é suficientemente pequeno para fazermos $\sin \theta_2 = \text{tg } \theta_2$.

$$\Rightarrow l = \frac{\lambda}{\sin \theta_2} \Rightarrow l = \frac{10^{-5}}{15} \cdot \frac{74}{33} \Rightarrow$$

$$l = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

RESPOSTA: D

Física – Questão 10

Einstein propôs que a energia da luz é transportada por pacotes de energia hf , em que h é a constante de Planck 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.

RESOLUÇÃO:

A frequência aparente, devido ao efeito Doppler, não é levada em consideração quando o objetivo é retirar elétrons da placa metálica, consideramos sim a frequência f_0 no referencial em repouso em relação à fonte, que é no mínimo a frequência de corte.

$$E_{\text{fóton}} = hf_0$$

Caso a fonte esteja se aproximando, temos $f > f_0$ e se ela estiver se afastando, temos $f < f_0$, em que f é a frequência aparente.

Assim, caso $f' \geq f_0$, em que f' é a frequência percebida na placa, a frequência emitida pela fonte é sempre maior que a frequência de corte, o que faz com que sempre haja a emissão de elétrons pela placa.

RESPOSTA: D

Física – 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 | $(f_1 + f_2)/2$ | $f_1 - f_2$ |

RESOLUÇÃO:

Para a onda resultante, temos

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

$$y = 2A \cos \frac{2\pi t (f_1 + f_2)}{2} \cos \frac{2\pi t (f_1 - f_2)}{2}$$

Como $f_1 \cong f_2$, temos $f_1 - f_2 \cong 0$

Assim temos:

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

Do que se deduz que:

$$A_R = 2A \text{ e } f_R = \frac{f_1 + f_2}{2} \text{ e}$$

para o batimento temos:

$$f_b = |f_1 - f_2|$$

Considerando $f_1 > f_2$, temos:

$$f_b = f_1 - f_2$$

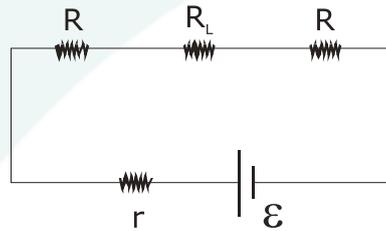
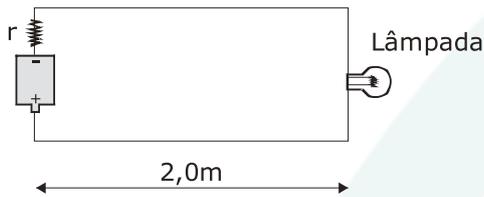
RESPOSTA: C

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

RESOLUÇÃO:



$$\varepsilon = 1,5 \text{ V}$$

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow r = \frac{1,5}{20} = 0,075 \Omega$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1,7 \times 10^{-8} \cdot 2,0}{\pi \cdot (1,5 \times 10^{-3})^2} = 0,0192 \Omega$$

Indicação nominal da lâmpada:

$$3,0 \text{ W}; 1,0 \text{ V} \rightarrow P = \frac{V^2}{R_L}$$

$$R_L = 0,333 \Omega$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R_L + 2R + r} = \frac{1,5}{0,333 + 2 \cdot 0,0192 + 0,075}$$

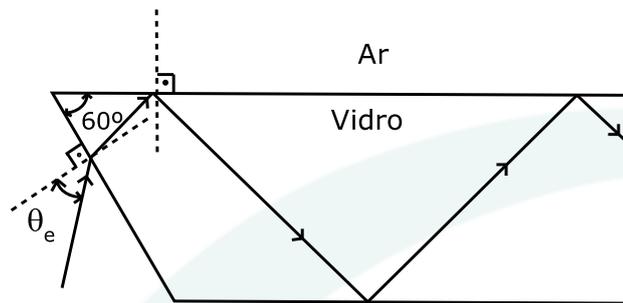
$$i = 3,357 \text{ A}$$

$$P_L = R_L \cdot i^2 = 3,76 \text{ W}$$

RESPOSTA: A

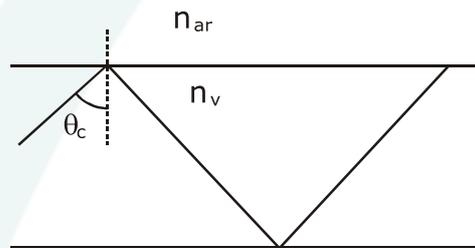
Física – Questão 13

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, $\text{sen } \theta_e$ e deverá ser menor ou igual a



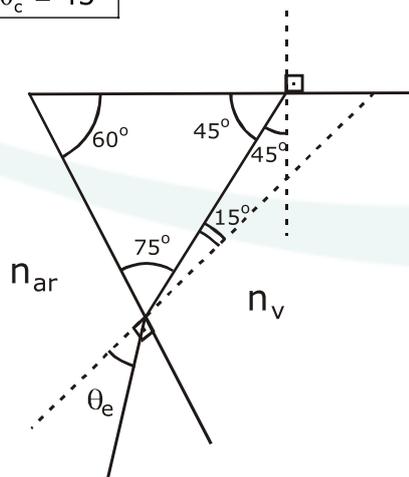
- A) 0,18
- B) 0,37
- C) 0,50
- D) 0,71
- E) 0,87

RESOLUÇÃO:



Para que haja reflexão total interna,

$$\text{sen } \theta_c = \frac{n_{\text{ar}}}{n_v} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \boxed{\theta_c = 45^\circ}$$



$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta_e = n_v \cdot \text{sen } 15^\circ$$

$$1,0 \cdot \text{sen } \theta_e = \sqrt{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4} \right)$$

$$\text{sen } \theta_e = \frac{2\sqrt{3} - 2}{4} = \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{3} - 1)$$

$$\text{sen } \theta_e = 0,366$$

RESPOSTA: B

Física – Questão 14

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

- A) $0,2 L$.
- B) $0,5 L$.
- C) $2,5 L$.
- D) $5,0 L$.
- E) $20,0 L$.

RESOLUÇÃO:

Por definição de autoindutância, temos

$$\phi = Li \quad (\text{i})$$

Mas $\phi = NBA$; onde $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} i$

$$\phi = \frac{\mu_0 N^2 A i}{\ell} \quad (\text{ii})$$

Igualando (i) e (ii), temos:

$$Li = \frac{\mu_0 N^2 A i}{\ell} \Rightarrow \boxed{L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}}$$

$$N' = \frac{N}{2}; \ell' = 0,15 \ell \quad A' = 1,5 A$$

$$L' = \frac{\mu_0 N'^2 A'}{\ell'} = \frac{\mu_0 \frac{N^2}{4} \cdot 1,5 A}{0,15 \ell} = 2,5 \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

$$\boxed{L' = 2,5 L}$$

RESPOSTA: C

Física – Questão 15

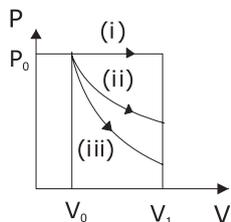
Um mol de um gás ideal ocupa um volume inicial V_0 à temperatura T_0 e pressão P_0 , sofrendo a seguir uma expansão reversível para um volume V_1 . Indique a relação entre o trabalho que é realizado por

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

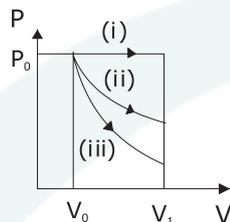
(ii) $W_{(ii)}$, num processo em que a temperatura é constante.

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

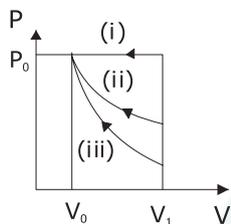
A) $W_{(i)} > W_{(iii)} > W_{(ii)}$



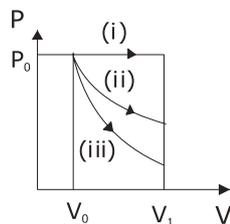
D) $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



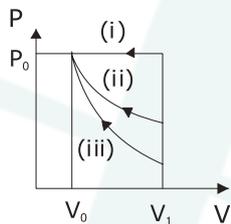
B) $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



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



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



RESOLUÇÃO:

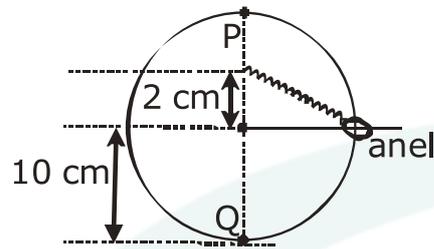
O trabalho termodinâmico, num diagrama $p \times V$, é dado pela área sob o gráfico. Assim, indo de V_0 a V_1 , teremos

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

REPOSTA: D

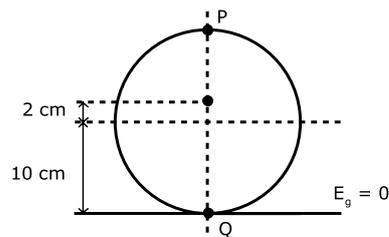
Física – Questão 16

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

RESOLUÇÃO:



Se em P a mola não está deformada, então seu comprimento relaxado é $L_0 = 8,0$ cm e sendo $E_c^P = E_c^Q$, temos:

$$E_m^P = E_m^Q$$

$$\cancel{E_c^P} + E_g^P + \cancel{E_{e,O}^P} = \cancel{E_c^Q} + \cancel{E_{e,O}^Q} + E_e^Q$$

$$mg \cdot h_p = \frac{1}{2} k x_Q^2$$

$$30 \cdot 0,20 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (0,04)^2$$

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

RESPOSTA: C

Física – 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 de 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 módulos 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) $f = (m_e c^2)/4h$

RESOLUÇÃO:



Momentos simétricos, logo energias e frequências iguais.



$$v_p = v_e = 0$$

$$E_{\text{depois}} = 2m_e c^2$$

Pela conservação de energia, temos:

$$E_{\text{antes}} = E_{\text{depois}}$$

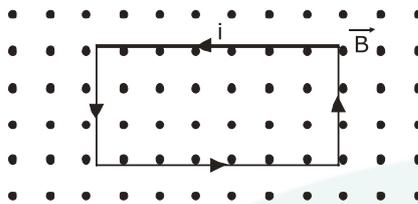
$$2hf = 2m_e c^2$$

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

RESPOSTA: B

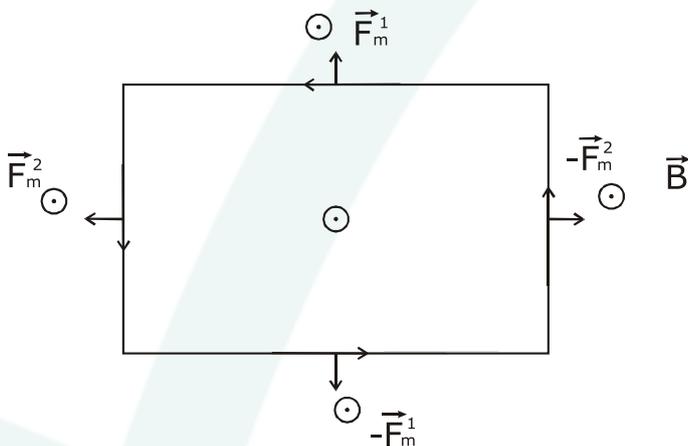
Física – Questão 18

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.

RESOLUÇÃO:



As forças magnéticas se anulam aos pares, já que a corrente é a mesma e os comprimentos são iguais (aos pares). Assim, a força resultante é nula. Como todas as forças estão no plano da espira, não há torque na espira.

RESPOSTA: B

Física – 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 à 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.

RESOLUÇÃO:

$T = \frac{pV}{nR}$ e como R é constante e p, V e n são iguais, para os dois casos temos que as temperaturas dos recipientes serão iguais.

A energia cinética média por molécula também será a mesma nos dois recipientes já que:

$$e_c = \frac{3}{2}kT$$

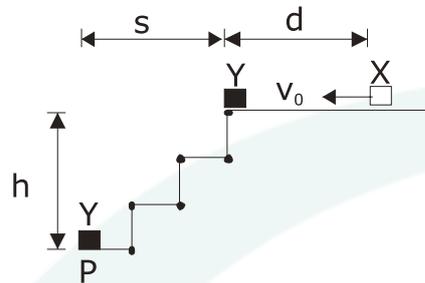
E como $e_c = \frac{Mv^2}{2}$, onde M é a massa molecular e v é a velocidade quadrática média, sendo $M_1 < M_2$, temos $v_1 > v_2$.

E sendo a velocidade quadrática média do recipiente 1 maior que a do recipiente 2, o valor médio da velocidade das moléculas do recipiente 1 é maior do que no 2.

RESPOSTA: E

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

RESOLUÇÃO:

Tempo de queda do objeto Y:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Velocidade horizontal do objeto Y:

$$v_Y = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v_Y = \frac{s}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} \Rightarrow v_Y = s \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Considerando que o choque é perfeitamente elástico e que os objetos possuem a mesma massa, então eles trocaram de velocidade após o choque, ou seja, a velocidade do objeto X imediatamente antes do choque é igual à velocidade de Y após o choque.

$$v_x = v_y \Rightarrow v_x = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Trabalho da força de atrito

$$\tau = E_{c_{\text{final}}} - E_{c_{\text{inicial}}}$$

$$\Rightarrow -F_{\text{at}} \cdot d = \frac{mv_x^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\mu_k \cdot N \cdot d = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_x^2}{2}$$

$$\Rightarrow 2\mu_k mgd = mv_0^2 - mv_x^2$$

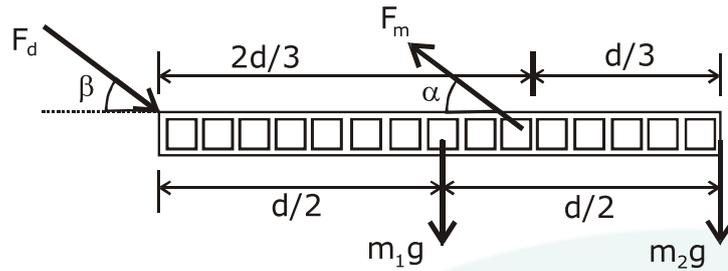
$$\Rightarrow d = \frac{1}{2\mu_k g} (v_0^2 - v_x^2) \text{ onde } v_x = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

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

OBS.: O choque foi considerado perfeitamente elástico para que fosse possível chegar a uma solução, apesar de não ter sido especificado. Caso contrário, o problema estaria em aberto.

RESPOSTA: A

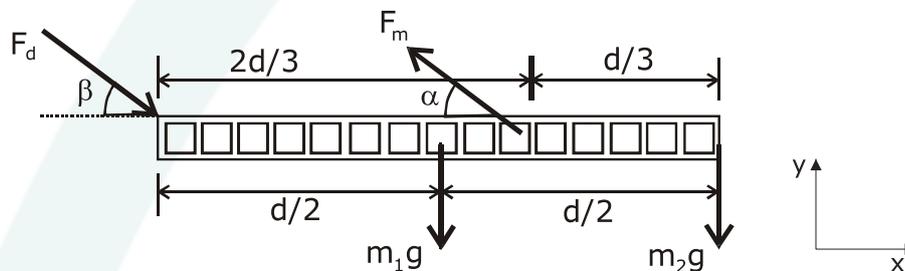
Física – Questão 21



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 ?

RESOLUÇÃO:



$$(i) \sum \vec{\tau}_0 = \vec{0} \text{ (Primeira condição de equilíbrio)}$$

Já tomando em módulos:

$$m_1 \cdot g \cdot \frac{d}{2} + m_2 \cdot g \cdot d = F_m \cdot \frac{2d}{3} \cdot \text{sen} \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2}{5} \cdot m \cdot g \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{5} \cdot m \cdot g \cdot d = \frac{2}{3} \cdot F_m \cdot d \cdot \text{sen} \alpha \Rightarrow F_m = \frac{3 \cdot m \cdot g}{5 \cdot \text{sen} \alpha}$$

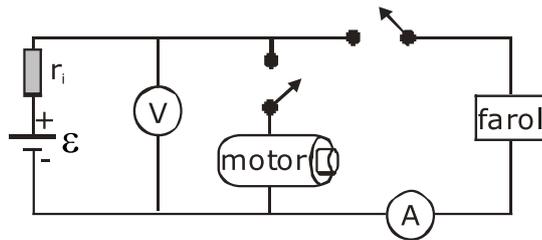
$$(ii) \sum \vec{F}_{\text{EXT}} = \vec{0} \text{ (Segunda condição de equilíbrio)}$$

Em x : (Tomando os módulos)

$$F_d \cos \beta = F_m \cos \alpha$$

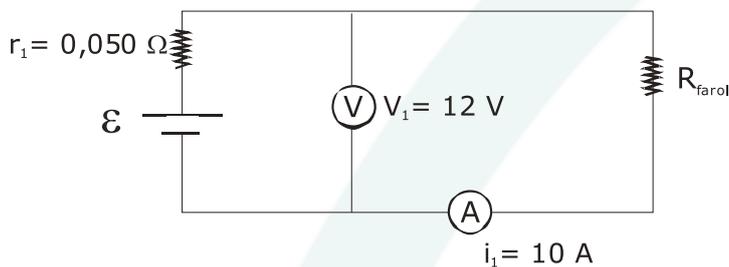
$$F_d = \frac{3 \cdot m \cdot g}{5 \cdot \text{sen} \alpha} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \Rightarrow \boxed{F_d = \frac{3}{5} \cdot m \cdot g \cdot \cot \alpha \cdot \sec \beta}$$

Física – 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. **CALCULE** a corrente que passa pelo motor de arranque quando os faróis estão acesos.

RESOLUÇÃO:

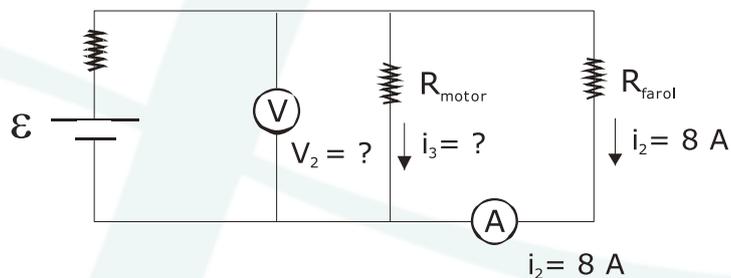


$$U_1 = \varepsilon - r_i \cdot i_1$$

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

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

$$R_{\text{farol}} = \frac{U}{i} = \frac{12}{10} = 1,2 \, \Omega$$



$$U_2 = R_{\text{farol}} \cdot i_2$$

$$U_2 = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ V}$$

$$U_2 = \varepsilon - r_i \cdot i_{\text{total}}$$

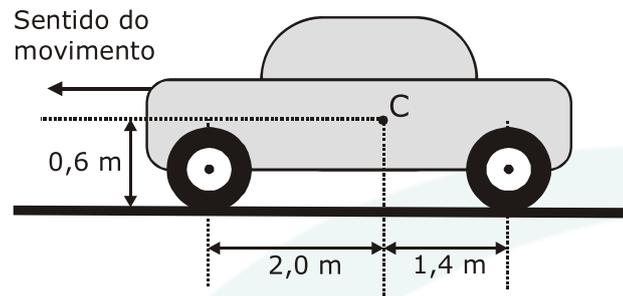
$$9,6 = 12,5 - 0,05 \cdot i_{\text{total}}$$

$$i_{\text{total}} = \frac{2,9}{0,05} = 58 \text{ A}$$

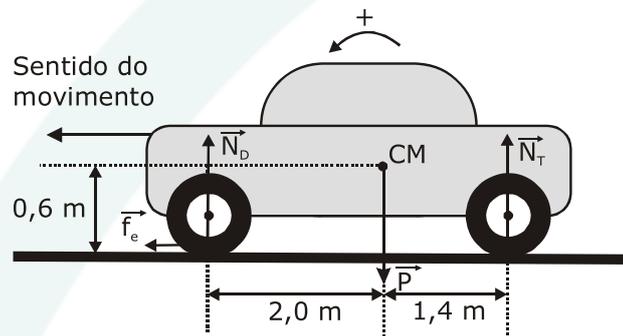
$$i_{\text{total}} = i_2 + i_3 \Rightarrow 58 = 8 + i_3 \Rightarrow i_3 = 50 \text{ A}$$

Física – 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 $0,75$.



RESOLUÇÃO:



Equilíbrio rotacional

$$\sum M_{CM} = 0 \Rightarrow -N_D \cdot 2,0 - f_e \cdot 0,6 + N_T \cdot 1,4 = 0$$

Para a_{\max} , temos $f_e = f_e^{\max} = \mu_e \cdot N_D$

$$-2N_D - 0,75 \cdot 0,6 \cdot N_D + 1,4 N_T = 0$$

$$1,4 N_T = 2,45 N_D \Rightarrow N_T = \frac{2,45}{1,4} N_D$$

Equilíbrio translacional em y

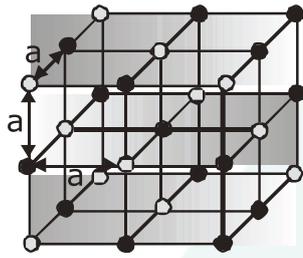
$$\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Rightarrow N_D + N_T = P \Rightarrow N_D + \frac{2,45}{1,4} N_D = P \Rightarrow \frac{3,85}{1,4} N_D = P \Rightarrow N_D = \frac{1,4}{3,85} P$$

$$\sum \vec{F}_x = m \cdot \vec{a} \Rightarrow f_e^{\max} = m \cdot a_{\max} \Rightarrow \mu_e \cdot N_D = m \cdot a_{\max} \Rightarrow \mu_e \cdot \frac{1,4}{3,85} \cancel{m} g = \cancel{m} \cdot a_{\max}$$

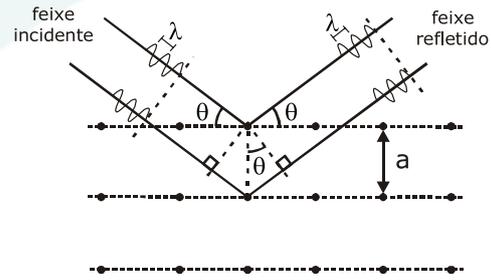
$$a_{\max} = \mu_e \cdot \frac{1,4}{3,85} g = 2,73 \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_{\max} = 2,7 \text{ m/s}^2$$

Física – 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 $a = 0,30 \times 10^{-9} \text{ m}$, em que 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.



(1)



(2)

RESOLUÇÃO:

Pela lei de Bragg:

$$\text{sen}\theta = \frac{n\lambda}{2a},$$

onde n representa a ordem de difração e é um número inteiro positivo.

Como $\text{sen}\theta \leq 1$:

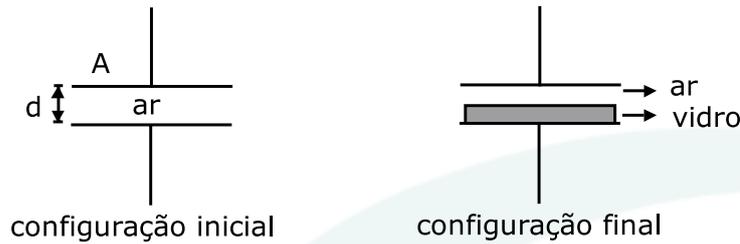
$$\frac{n\lambda}{2a} \leq 1 \Rightarrow n \leq \frac{2a}{\lambda} \Rightarrow$$

$$n \leq \frac{2 \cdot 0,30 \cdot 10^{-9}}{1,5 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow n \leq 4$$

A ordem máxima observável é, portanto, 4.

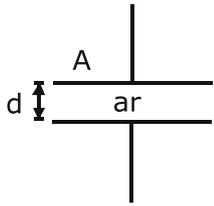
Física – Questão 25

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 .



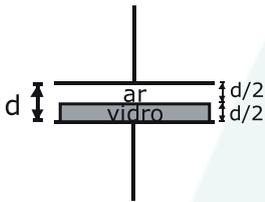
RESOLUÇÃO:

Configuração Inicial:

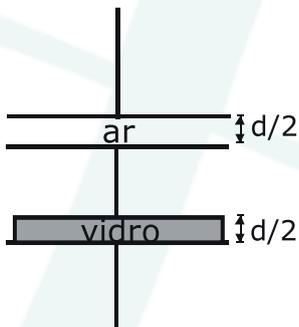


$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \Rightarrow \frac{Q_i}{V_{\max}} = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \Rightarrow V_{\max} = \frac{d \cdot Q_i}{\epsilon_0 \cdot A}$$

Configuração final:



Configuração equivalente:



$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{\frac{d}{2}} = \frac{2 \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

$$C_3 = k \frac{\epsilon_0 \cdot A}{\frac{d}{2}} = k \frac{2 \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

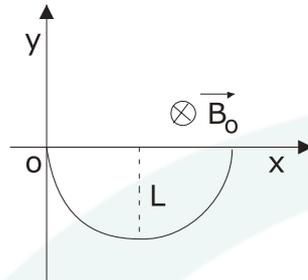
Capacitância equivalente:

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow \frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{d}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot A} + \frac{d}{k \cdot 2 \cdot \epsilon_0 \cdot A} = \frac{k \cdot d + d}{k \cdot 2 \cdot \epsilon_0 \cdot A} \Rightarrow C_{\text{eq}} = \frac{k \cdot 2 \cdot \epsilon_0 \cdot A}{(k + 1)d}$$

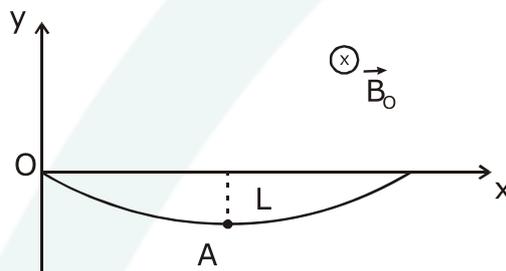
$$C_{\text{eq}} = \frac{Q_f}{V_{\max}} \Rightarrow C_{\text{eq}} \cdot V_{\max} = Q_f \Rightarrow \frac{k \cdot 2 \cdot \epsilon_0 \cdot A}{(k + 1)d} \cdot \frac{d Q_i}{\epsilon_0 \cdot A} = Q_f \Rightarrow \boxed{\frac{Q_f}{Q_i} = \frac{2k}{k + 1}}$$

Física – 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 cicloidal num plano perpendicular à B_0 . **DETERMINE** o deslocamento máximo (L) da partícula.



RESOLUÇÃO:



Conservação da energia mecânica

$$E_{mecO} = E_{mecA}$$

$$mgL = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gL}$$

A partícula executa um MHS na direção y entre os pontos O e A . Portanto, nos extremos O e A as acelerações são máximas e iguais.

$$a_O = a_A \Rightarrow \frac{F_O}{m} = \frac{F_A}{m} \Rightarrow \frac{P}{m} = \frac{Bqv - P}{m} \Rightarrow g = \frac{Bqv}{m} - g$$

$$\Rightarrow 2gm = Bqv \Rightarrow 2gm = Bq\sqrt{2gL} \Rightarrow 4g^2m^2 = B^2q^22gL$$

$$L = \frac{2gm^2}{B^2q^2}$$

Física – 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 $30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $60,0\text{ kWh/mês}$ 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 $0,30\text{ kWh}$ por mês para cada litro. É dado o calor específico da água $c = 4,19\text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

RESOLUÇÃO:

$$\text{Área útil} = ? , \quad I = \frac{60\text{ kWh}}{\text{mês}} = \frac{216000\text{ kJ/mês}}{\text{Área}}$$

$$\text{Consumo mensal} = 120\text{ L} \cdot 30 = 3600\text{ L}$$

$$\Delta\theta = 30^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{necessária (mês)}} = mc\Delta\theta = 3600 \cdot 10^3 \cdot 4,19 \cdot 30 = 452520\text{ kJ/mês}$$

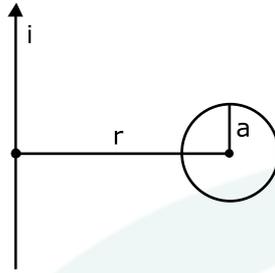
$$\text{Cálculo da perda mensal: } Q_{\text{perdido}} = 200 \cdot 0,3 \cdot 3600 = 216000\text{ kJ/mês}$$

$$\text{Sendo } I = \frac{\text{Potência}}{\text{Área}} \text{ temos } \text{Área} = \frac{\text{Potência Total}}{I}$$

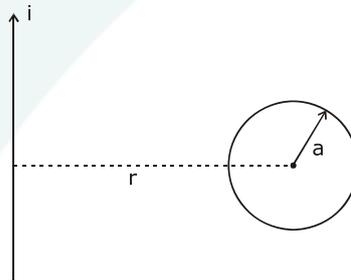
$$\text{Área} = \frac{452520 + 216000}{216000} = 3,09 \approx 3,1\text{ m}^2$$

Física – 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.



RESOLUÇÃO:



$$\phi_0 = B \cdot \pi a^2$$

Considerando $a \ll r$, temos

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

$$\phi_0 = \frac{\mu_0 i \cdot \pi a^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 a^2 i}{2r}$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 a^2 \Delta i}{2r\Delta t} = |\varepsilon|$$

Mas pela lei de Ohm, $|\varepsilon| = R \cdot i_{\text{ind}}$

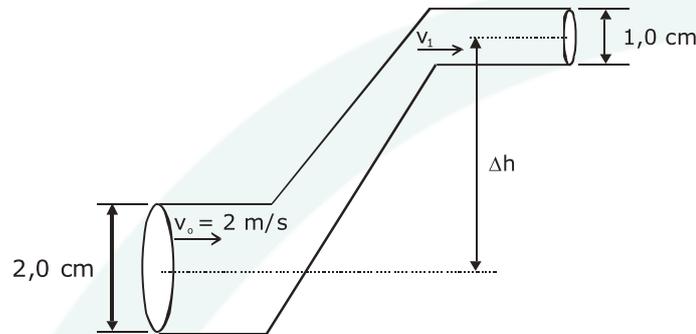
$$i_{\text{ind}} = \frac{|\varepsilon|}{R}$$

$$i_{\text{ind}} = \frac{\mu_0 a^2 \Delta i}{2rR\Delta t}$$

Física – 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.

RESOLUÇÃO:



- (i) Considerando o líquido incompressível, temos a vazão constante, portanto:

$$A_0 v_0 = A_1 v_1$$

$$\text{Como } A_0 = 4A_1 \Rightarrow v_1 = 4v_0 \Rightarrow v_1 = 8 \text{ m/s}$$

- (ii) Pela Eq. de Bernoulli (conservação de energia por volume)

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 + \rho g h_0 = p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 + \frac{1}{2} \rho (v_0^2 - v_1^2) - \rho g \Delta h$$

Considerando $g = 10,0 \text{ m/s}^2$:

$$p_1 = 5,0 \cdot 10^5 + \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 10^3 (4 - 64) - 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10,0 \cdot 5$$

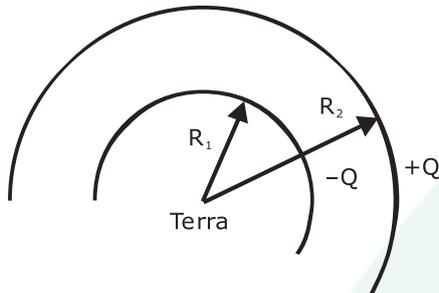
$$p_1 = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Física – 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 $\cong 6400$ km, **DETERMINE** a capacitância deste capacitor gigante e a energia elétrica armazenada. Considere $1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \times 10^9$ Nm²/C².

RESOLUÇÃO:

Admitindo a Terra como um capacitor esférico, temos



onde $R_1 = 6400$ e
 $R_2 = R_1 + h = 6460$ km

Calculando a capacitância da Terra:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \cdot \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2} \right)$$

$$C = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \cdot \left(\frac{6400000 \cdot 6460000}{60000} \right) = 77 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$

Para um condutor em equilíbrio:

$$E = \frac{kQ}{R^2} \Rightarrow Q = \frac{ER^2}{k} = \frac{100 \cdot (6400000)^2}{9 \cdot 10^9} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ C}$$

Para o cálculo da energia:

$$\left. \begin{array}{l} \tau = \frac{QU}{2} \\ \text{Sendo } U = \frac{Q}{C} \end{array} \right\} \tau = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(4,5 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot 77 \cdot 10^{-3}}$$

$$\tau = \frac{20,25 \cdot 10^{10}}{154 \cdot 10^{-3}} = 0,131 \cdot 10^{13}$$

$$\tau = 1,31 \cdot 10^{12} \text{ J}$$