ELITE
PRÉ-VESTIBULAR
campinas

Resolve Aprova

# ITA 2006
# FÍSICA

www.elitecampinas.com.br (19) 3251-1012

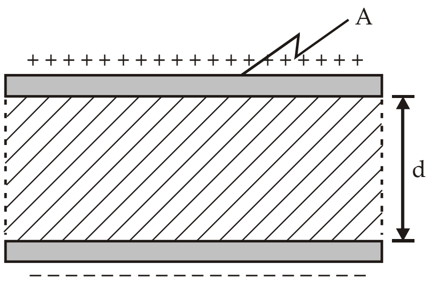
# FÍSICA

## QUESTÃO 1

Algumas células do corpo humano são circundadas por paredes revestidas externamente por uma película com carga positiva e, internamente, por outra película semelhante, mas com carga negativa de mesmo módulo. Considere sejam conhecidas: densidades superficial de ambas as cargas $\sigma = \pm 0{,}50\text{x}10^{-6}$ C/m²; $\varepsilon \cong 9{,}0\text{x}10^{-12}\,C^2/Nm^2$, parede com volume de $4{,}0\text{x}10^{-16}\,m^3$ e constante dielétrica k=5,0. Assinale, então, a estimativa de 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 — Alternativa C




$$\begin{cases} \rho = \pm 0{,}50 \,.\, 10^{-6}\,\dfrac{C}{m^2} \\ \varepsilon_0 = 9{,}0 \,.\, 10^{-12}\,\dfrac{c^2}{N\,.\,m^2} \\ V_{interno} = V_{parede} = 4{,}0 \,.\, 10^{-16}\ m^3 \\ K = 5{,}0 \end{cases}$$

A energia do capacitor pode ser calculada por:

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(\rho A)^2}{2\dfrac{K\varepsilon_0 A}{d}} = \frac{\rho^2 A^2 d}{2\,K\,\varepsilon_0 A}$$

$$W = \frac{\rho^2.(d\,.\,A)}{2\,K\,\varepsilon_0} \Rightarrow W = \frac{\rho^2\,.\,V_{parede}}{2\,K\,\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow W = \frac{(0{,}50\,.\,10^{-6})^2\,.\,4{,}0\,.\,10^{-16}}{2\,.\,5{,}0\,.\,9{,}0\,.\,10^{-12}} = \frac{4.25}{10.9}10^{-18} = \frac{1}{9}\,.\,10^{-17}\ J$$

$$\Rightarrow \text{W} = \frac{1\,.\,10^{-17}}{9\,.\,1{,}6\,.\,10^{-19}}\ \text{eV} = \frac{100}{14{,}4} = 0{,}694\ \text{eV}$$

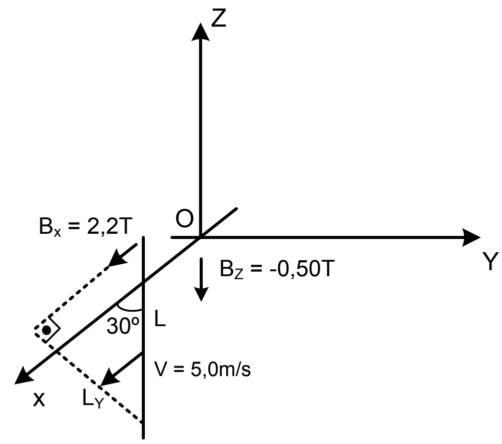
$$\boxed{\text{W} = 7{,}0\ \text{eV}}$$

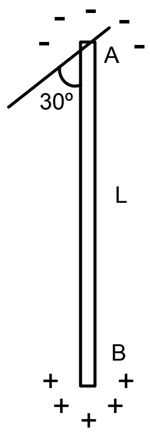
## QUESTÃO 2

Uma haste metálica de comprimento de 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 componente, 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 — Alternativa A




A f.e.m induzida (força eletromotriz induzida ou simplesmente ε) é causada somente pelo campo que **não** tem a mesma direção do movimento da haste, isto é, $B_x$ não produz f.e.m. induzida, somente $B_Z$ produz f.e.m induzida, fazendo com que os elétrons se acumulem na extremidade A.

Como L = 20 cm, $L_y$ = 20.sen30º = 10 cm (projeção de L no eixo y).

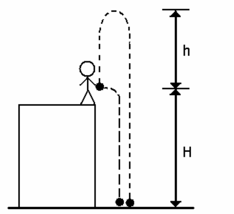
Tem-se que:

$\varepsilon = |B_z.L_y.v|$, v é a velocidade da haste

$\varepsilon$ = 0,5.0,1.5 = 0,25 V

## QUESTÃO 3

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




a) $H = \dfrac{t_1^2\ t_2^2\ h}{2(t_2^2 - t_1^2)^2}$

b) $H = \dfrac{t_1\ t_2\ h}{4(t_2^2 - t_1^2)}$

c) $H = \dfrac{2\ t_1^2\ t_2^2\ h}{(t_2^2 - t_1^2)^2}$

d) $H = \dfrac{4\ t_1\ t_2\ h}{(t_2^2 - t_1^2)}$

e) $H = \dfrac{4\ t_1^2\ t_2^2\ h}{(t_2^2 - t_1^2)^2}$

## Resolução — Alternativa E

De acordo com o enunciado, para o primeiro lançamento, podemos escrever $H = \dfrac{gt_1^2}{2}$. Para o segundo lançamento, supondo $v_0$ a velocidade inicial de lançamento, temos que o tempo necessário para se atingir o ponto mais alto da trajetória é $\dfrac{v_0}{g}$, enquanto o tempo necessário para se ir do ponto mais alto ao ponto mais baixo da trajetória é dado por $\sqrt{\frac{2(H+h)}{g}}$. Assim, temos $t_2 = \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{2(H+h)}{g}}$. Ainda considerando o segundo lançamento, temos que, por conservação da energia mecânica, a energia do momento de lançamento deve ser igual à energia no ponto mais alto da trajetória, ou seja, $m.g.H + \frac{m.v_0^2}{2} = m.g.(h+H)$. Daqui, segue $v_0 = \sqrt{2.g.h}$, e, portanto, $t_2 = \frac{\sqrt{2.g.h}}{g} + \sqrt{\frac{2(H+h)}{g}}$. Isolando H nessa expressão, temos:

$$t_2 = \frac{\sqrt{2.g.h}}{g} + \sqrt{\frac{2(H+h)}{g}} \Rightarrow t_2\sqrt{g} = \sqrt{2h} + \sqrt{2(H+h)}$$

$$\Rightarrow \left(\sqrt{2(H+h)}\right)^2 = \left(t_2\sqrt{g} - \sqrt{2h}\right)^2$$

$$\Rightarrow 2H + 2h = t_2^2 g - 2t_2\sqrt{2gh} + 2h$$

$$\Rightarrow H = \frac{t_2^2 g - 2t_2\sqrt{2gh}}{2}$$

Fazendo $g = \frac{2H}{t_1^2}$ (primeiro lançamento), e substituindo na equação acima, temos:

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

$$\Rightarrow H^2\left(\frac{t_2^2}{t_1^2} - 1\right)^2 = t_2^2\frac{4Hh}{t_1^2} \Rightarrow H\frac{\left(t_2^2 - t_1^2\right)}{t_1^4} = \frac{4ht_2^2}{t_1^2}$$

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

## QUESTÃO 4

Uma gota do ácido $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ 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 do ácido e da água. Considerando o volume $1{,}56\text{x}10^{-10}\text{m}^3$ da gota do ácido, e seu filme com área de $6{,}25\text{x}10^{-2}\text{m}^2$, assinale a alternativa que estima o comprimento da molécula do ácido.

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

### Resolução — Alternativa C

Nas condições dadas na figura, onde há somente uma camada de moléculas do ácido e supondo-se que na área dada as moléculas estão justapostas, isto é, sem distanciamento entre elas, temos:

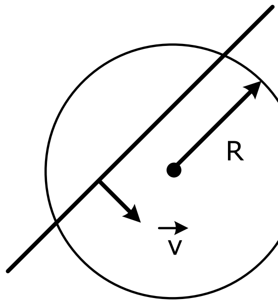
$$V = A_b.h,$$

onde V é o volume, $A_b$ é a área dada e h é a altura das moléculas. Portanto,

$$h = \frac{V}{A_b} = \frac{1{,}56.10^{-10}}{6{,}25.10^{-2}} m \Rightarrow h = 2{,}5.10^{-9}\ m$$

## QUESTÃO 5

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




a) O fio irá se mover indefinidamente, pois a lei da 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 — Alternativa D

a) **Falso**, pois se o campo for perpendicular ao plano do anel o fio, caso seja condutor este sofrerá a ação de uma força magnética contrária ao seu movimento.
b) **Falso**, pois o fio sendo isolante não será percorrido por corrente induzida e não sofrerá efeito de força magnética.
c) **Falso**, pois se o campo for paralelo ao plano do anel (e, portanto, à velocidade) não produzirá efeito magnético no fio.
d) **Verdadeiro**, pois o campo perpendicular ao plano do anel gera uma corrente induzida na espira formada pelo fio e por ambas as partes do anel, produzindo uma força eletromotriz contrária ao movimento, caso o fio e o anel sejam condutores.
e) **Falso**, pois se o fio for de material isolante não haverá circulação de corrente induzida e, portanto, não haverá efeito magnético.

## QUESTÃO 6

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

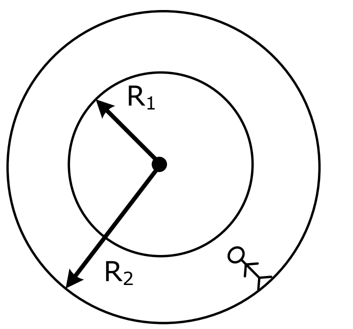
a) $v = \left(\sqrt{\frac{6}{5}} - 1\right)\frac{2\pi R_2}{P}$

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 — Alternativa A

Considerando que o período de rotação é P, temos que a sua velocidade escalar é $\frac{2\pi R_2}{P}$. Considerando que o módulo da velocidade do astronauta com relação à estação é v, temos que o módulo de sua velocidade escalar é $\frac{2\pi R_2}{P} + v$. Nessa situação, sabemos que a força resultante é a força centrípeta, e essa força corresponde a um aumento de 20% no "peso" do astronauta. Assim, temos:

$$F = m.\left(\frac{2\pi R_2}{P}+v\right)^2.\frac{1}{R_2} = 1{,}2.m.\left(\frac{2\pi R_2}{P}\right)^2\frac{1}{R_2}$$

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

## QUESTÃO 7

Um bloco de gelo com 725g de massa é colocado num calorímetro contendo 2,50 kg de água a uma temperatura de 5,0° C, verificando-se um aumento de 64g na massa desse bloco, uma vez alcançado o equilíbrio térmico. Considere o calor específico da água (c = 1,0 cal/g°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

## Resolução — Alternativa B

No problema dado, para haver congelamento parcial da água, deveremos ter resfriamento da água até sua temperatura de fusão, que será a temperatura de equilíbrio (a qual assumiremos ser 0°C, isto é, pressão de 1 atm) devido à troca de calor com o gelo, portanto, o calor cedido pela água ao se resfriar de 5°C é:

$$Q_1 = m.c.\Delta\theta = 2500.1.5 = 12500 \text{ cal}$$

O calor cedido pela água para que 64g se solidifiquem é:

$$Q_2 = m.L = 64.80 = 5120 \text{ cal}$$

Portanto o calor recebido pelo gelo será:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 = 17620 \text{ cal, mas}$$

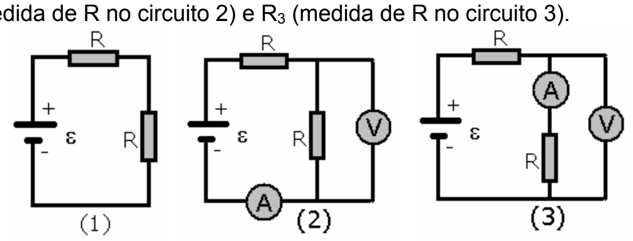
$$Q_3 = m_{gelo}.c_{gelo}.\ \Delta\theta_{gelo} = 725.0{,}5.\ \Delta\theta_{gelo}\text{, logo}$$

$$\Delta\theta_{gelo} = \frac{17620}{725.0{,}5} = 48{,}6\ ^0\text{C}$$

Como a temperatura de equilíbrio é 0°C, então o gelo estava inicialmente a -48,6°C

## QUESTÃO 8

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




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

## Resolução — Alternativa C

No circuito (2), temos:

$$R_{eq} = R + \frac{R.100R}{R+100R}+\frac{1}{100R} = 2{,}0001R$$

$$U = R_{eq}.i = \varepsilon \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{2{,}0001R} \qquad \text{(I)}$$

A ddp da associação em paralelo entre $R_2$ e o voltímetro é dada pela diferença entre ε e as somas das ddps do amperímetro e da outra resistência. Assim:

$$U_{Voltimetro} = \varepsilon - R.i - \frac{R}{100}.i \quad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II), vem:

$$U_{Voltimetro} = \frac{99}{200}\varepsilon$$

Como $U_{Voltimetro} = \frac{99}{200}\varepsilon = R_2.\frac{\varepsilon}{2{,}0001R} \Rightarrow R_2 \approx 0{,}99R$

No circuito (3), temos:

$$R_{eq} = \frac{\left(R+\frac{R}{100}\right)100R}{\left(R+\frac{R}{100}\right)+100R} + R = 1{,}9999R$$

$$U = R_{eq}.i = \varepsilon \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{1{,}9999R}$$

A ddp da associação em paralelo é dada pela diferença entre a fem e a ddp da outra resistência. Assim:

$$U_{Voltimetro} = \varepsilon - R.i = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{1{,}9999} = 0{,}49997.\varepsilon$$

Porém, para a associação em série amperímetro-resistor, temos

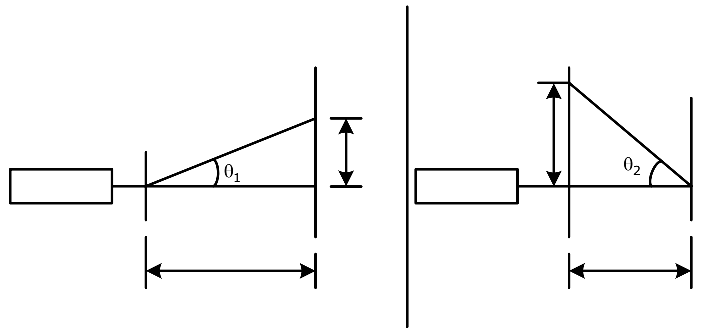
$U_{Voltimetro} = 0{,}49997\varepsilon = i.\left(R+\frac{R}{100}\right) = 1{,}001Ri$ . Assim, a corrente que passa pelo resistor é $\frac{0{,}49997\varepsilon}{1{,}001R}$ e a partir da lei de Ohm temos

$R_3 = 0{,}49997\varepsilon.\frac{1{,}001R}{0{,}49997\varepsilon} = 1{,}001R$ .

Logo, $R_2 < R < R_3$.

## QUESTÃO 9

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




1. O arranjo da figura (1), usando uma rede de difração de 300 linhas por mm, um LASER e um anteparo. Neste arranjo, mediu-se a distância do máximo de ordem 0 ao máximo de ordem 1 da figura de interferência formada no anteparo.
2. O arranjo da figura (2), usando o mesmo LASER, o CD e um anteparo com um orifício para a passagem do feixe de luz. Neste arranjo, mediu-se também a distância do máximo de ordem 0 ao máximo de ordem 1 da figura de interferência. Considerando nas duas situações $\theta_1$ e $\theta_2$ ângulos pequenos, a distância entre duas trilhas adjacentes do CD é de:

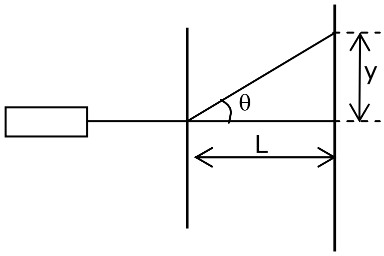
a) $2{,}7 \times 10^{-7}$ m
b) $3{,}0 \times 10^{-7}$ m
c) $7{,}4 \times 10^{-6}$ m
d) $1{,}5 \times 10^{-6}$ m
e) $3{,}7 \times 10^{-5}$ m

## Resolução — Alternativa D

Para o experimento da figura 1, temos:

$$d.\text{sen}\theta = m.\lambda \qquad \text{(I)}$$

onde $d = \frac{1}{300}mm$




Além disso, pela figura, temos:

$$\text{tg}\theta = \frac{y}{L} \qquad \text{(II)}$$

Como θ é pequeno, podemos assumir senθ ≅ tgθ, logo, de (I) e (II), temos:

$$\lambda = \frac{d.\text{sen}\theta}{m} \cong \frac{d.\text{tg}\theta}{m} = \frac{d.y}{mL} \qquad \text{(III)}$$

Do experimento da figura 1, temos:

$$\lambda = \frac{100}{300.1.500} mm \qquad \text{(IV)}$$

Aplicando a equação (III) para a figura 2 e isolando d, temos:

$$d_2 = \frac{\lambda mL}{y} = \frac{1.1.74}{1500.33} mm \Rightarrow \mathbf{d_2 = 1{,}5.10^{-6}m}$$

## QUESTÃO 10

Einstein propôs que a energia da luz é transportada por pacotes de energia hf, em que h é a constante de Plank e f é a freqüência da luz, num referencial na qual a fonte está em repouso. Explicou, assim, a existência de uma freqüência mínima $f_o$ pra 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 $f = f_o$, é possível que haja emissão de elétrons desde que a fonte esteja se afastando do material.
b) Se $f < f_o$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se afastando do material.
c) Se $f < f_o$, não há emissão de elétrons qualquer que seja a velocidade da fonte.
d) Se $f > f_o$, é possível que elétrons sejam emitidos pelo material, desde que a fonte esteja se afastando do material.
e) Se $f < f_o$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se aproximando do material.

## Resolução — Alternativa E

Para haver emissão é necessário que a freqüência tenha valor maior que a freqüência de corte. Uma aproximação provoca um aumento na freqüência aparente em relação a freqüência real. Assim podemos ter a freqüência real menor que a freqüência de corte e a freqüência aparente maior que freqüência de corte bastando para tanto uma aproximação relativa.

## QUESTÃO 11

Considere duas ondas que se propagam com freqüências $f_1$ 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 | Freqüência da onda resultante | Freqüência 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 — Alternativa C

A onda resultante será:

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

Usando as equações de Postaferese (da trigonometria):

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

Logo, a freqüência da onda resultante é a média aritmética das freqüências $\frac{f_1+f_2}{2}$.

A freqüência de batimentos é $f_1 - f_2$, pois as ondas possuem freqüências ligeiramente diferentes.

## QUESTÃO 12

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

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

## Resolução — Alternativa A

Pelo enunciado, sabemos que $i_{cc}$=20 A. Assim:

$$R_{int} = \frac{\varepsilon}{i_{cc}} = 0{,}0775\ \Omega$$

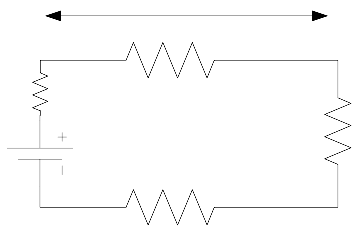
A resistência elétrica do fio pode ser determinada a partir da segunda lei de Ohm, com L = 2 m e A = $\pi(1{,}5.10^{3})^2/4$:

$$R_{fio} = \rho\frac{L}{A} = 1{,}92.10^{-2}\ \Omega$$

Como $Pot = \frac{U^2}{R}$, temos então que:

$$R_{lampada} = \frac{U^2}{Pot} = 0{,}33\ \Omega.$$

A resistência equivalente do sistema é dada pela soma das resistências da pilha, do fio e da lâmpada, considerando o circuito abaixo:



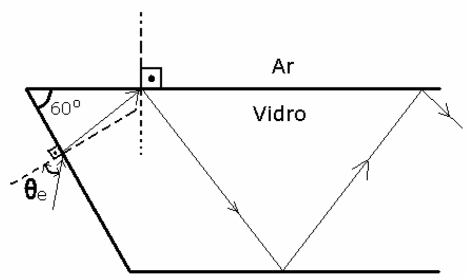
Logo, temos $R_{eq} = 0{,}446\ \Omega$.

Pela primeira lei de Ohm, $\varepsilon = R_{eq}.i \Rightarrow i = \frac{1{,}5}{0{,}446} = 3{,}36\ A$. Assim, a potência dissipada pela lâmpada é:

$$P = R_{lampada}.i^2 = 0{,}33.3{,}36^2 = 3{,}7\ W.$$

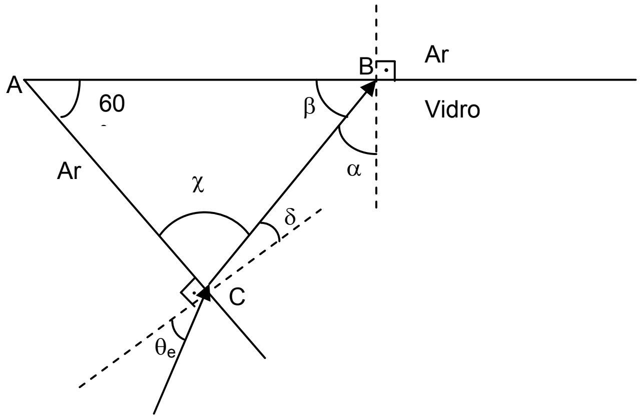
## QUESTÃO 13

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




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

## Resolução — Alternativa B




Aplicando a Lei de Snell-Descartes para a face Vidro-Ar (incidência em B), e usando r = 90° (condição limite de reflexão total) temos:

$\text{sen}\alpha . n_V = \text{sen}90°. n_{Ar} \Rightarrow \text{sen}\alpha = 1/n_V = \sqrt{2}/2 \Rightarrow \alpha = 45°$ (valor mínimo de $\alpha$)

$\beta = 90 - \alpha = 45°$

No triângulo ABC, $\chi = 180° - \beta - 60° = 75°$

$\delta = 90 - \chi = 15°$

Aplicando a Lei de Snell-Descartes para a face Ar-Vidro (incidência em C) temos:

$$\text{sen}\theta_e . n_{Ar} = \text{sen}\delta . n_V$$

$$\Rightarrow \text{sen}\theta_e = \text{sen}15°. \sqrt{2} = \left(\frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{4}\right).\sqrt{2} = \frac{\sqrt{3}-1}{2} \cong \frac{1{,}73-1}{2} = 0{,}37$$

(valor máximo de $\text{sen}\theta_e$)

## QUESTÃO 14

Um solenóide com núcleo de ar tem 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

## Resolução — Alternativa C

Se pelo enrolamento do solenóide passa uma corrente elétrica (i), então pela definição do coeficiente de auto indução (L), o fluxo de indução magnética $\phi$ é dado por:

$\phi = L . i$; onde $\phi = B . S . N$

S - seção transversal.
N - número total de espiras.
B - indução do campo magnético.

$B = \dfrac{\mu N i}{\ell}$ (solenóide longo).

$$BSN = Li \Rightarrow \frac{\mu N \cancel{i} SN}{\ell} = L\cancel{i} \Rightarrow L = \frac{\mu N^2 S}{\ell};$$

Fazendo:

$$\begin{cases} L_1 = \dfrac{\mu N^2 S}{\ell} \\ L_2 = \dfrac{\mu . 0{,}5^2 N^2 . 1{,}5\, S}{0{,}15\, \ell}; \end{cases}$$ comparando:

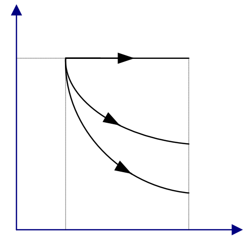
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{2{,}5} \Rightarrow \boxed{L_2 = 2{,}5\, L}$$

## QUESTÃO 15

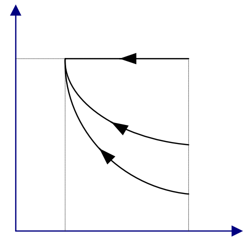
Um mol de gás ideal ocupa um volume inicial $V_0$ à temperatura $T_0$ e pressão $P_0$, sofrendo a seguir uma expansão reversível para um volume $V_1$. Indique a relação entre o trabalho que é realizado por:

(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.

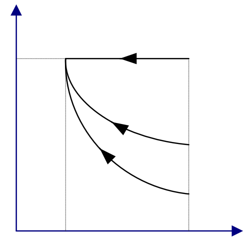
a) $W_{(i)} > W_{(iii)} > W_{(ii)}$



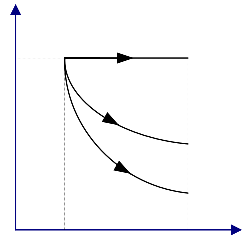
b) $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



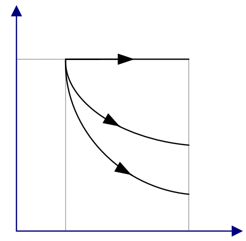
c) $W_{(iii)} > W_{(i)} > W_{(i)}$



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



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

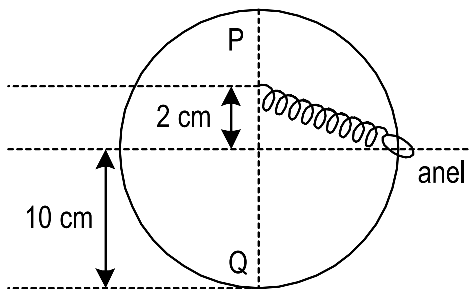


## Resolução — Alternativa D

Como o trabalho é numericamente igual à área sob a curva PxV, temos, pelos gráficos, que $A_{(i)} > A_{(ii)} > A_{(iii)} \Rightarrow W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$. Além disso, como ocorre uma expansão, temos que $V_{final} > V_{inicial}$. A alternativa que satisfaz essas condições é a alternativa d.

## 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.



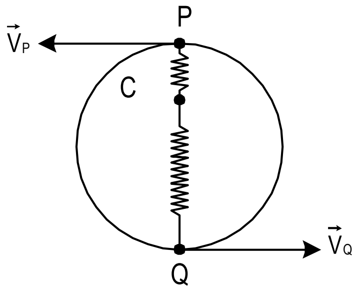

a) $3{,}0 \times 10^3$ N/m
b) $4{,}5 \times 10^3$ N/m
c) $7{,}5 \times 10^3$ N/m
d) $1{,}2 \times 10^4$ N/m
e) $3{,}0 \times 10^4$ N/m

## Resolução — Alternativa C

Como apenas forças conservativas (peso e força elástica) realizam trabalho, o sistema é conservativo. Toma-se como referencial da altura o ponto Q do anel.

$$E_{MecQ} = E_{MecP} \rightarrow \frac{m{v_Q}^2}{2} + \frac{k{x_Q}^2}{2} = \frac{m{v_P}^2}{2} + mgh_P$$

$$\rightarrow V_p = V_Q \rightarrow \frac{k{x_Q}^2}{2} = mgh_P \rightarrow k = \frac{2mgh_P}{{x_Q}^2}$$




Como o raio do fio circular é 10 cm, temos que o comprimento da mola não deformada mais 2 cm é igual ao raio. Assim, o comprimento livre da mola é de 8 cm. No ponto Q, temos que a mola tem 12 cm, estando portanto distendida em 4 cm. Assim, $x_Q = 4.10^{-2}$ m. Como mg = 30 N, $h_P$ = 0,2 m, temos:

$$k = \frac{2.30.0,2}{\left(4x10^{-2}\right)^2} = 7,5x10^3\ \frac{N}{m}$$

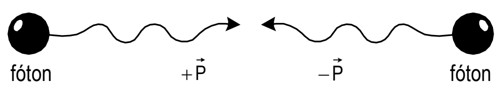
## QUESTÃO 17

No modelo proposto por Einstein, a luz se comporta como se sua energia estivesse concentrada em pacote 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 = h f, em que h é a constante de Planck e f é a freqüência da luz. Um evento raro, porem 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, $E = m_ec^2$. Assinale a freqüência mínima de cada fóton, para que dois fótons, com momentos opostos e de módulo iguais, produzam um par elétron-pósitron após a colisão.

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

## Resolução — Alternativa B

Sendo os momentos opostos, tem-se a rota de colisão.

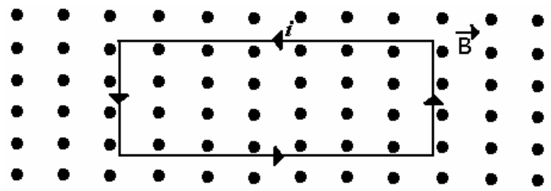



Pela conservação da energia


$$\Sigma E_i = \Sigma E_f \rightarrow 2 . h . f = 2\, m_ec^2 \rightarrow f = \frac{m_ec^2}{h}$$

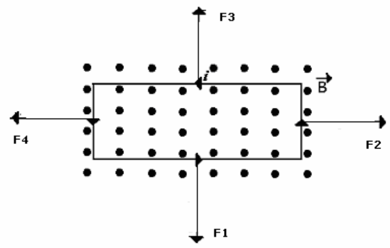
## QUESTÃO 18

Uma espira retangular é colocada em um campo magnético com o plano de 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 de 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 torque são nulos.
c) O torque total não é zero, mas a resultante das forças é zero.
d) A resultante das forças e o torque não são nulos.
e) O enunciado não permite estabelecer correlações entre as grandezas consideradas.

## Resolução — Alternativa B




Por simetria na figura, temos que $F_1 = F_3$ e $F_2 = F_4$, ou seja, que $\vec{F_R} = \vec{0}$.

Como todas as forças são concorrentes num mesmo ponto (centro do retângulo), temos então que o torque resultante é nulo, ou seja, $\tau_R = 0$.

## QUESTÃO 19

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

a) A temperatura do gás no recipiente 1 é menor que a temperatura no recipiente 2.
b) A temperatura no recipiente 1 é maior que a temperatura 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 — Alternativa C/E

Do enunciado: $\begin{cases} P_1 = P_2 \\ V_1 = V_2 \\ n_1 = n_2 \end{cases}$

Da equação de Clapeyron, temos: $T = \dfrac{pV}{nR}$ .

Assim, concluímos que: $T_1 = T_2$

A energia cinética média de uma molécula monoatômica é calculada por: $E_C = \dfrac{3}{2}$ k.T enquanto a energia cinética média de uma molécula diatômica (situação em que não é desprezada a energia cinética de rotação) é calculada por: $E_C = \dfrac{5}{2}$ k.T, com k a constante de Boltzmann e T a temperatura absoluta. Como $T_1 = T_2$, temos:

$E_{C_1} > E_{C_2}$ , pois $Ec(H_2) = \dfrac{5}{2}kT$ e $Ec(He) = \dfrac{3}{2}kT$ .

Sendo a energia cinética média: $E_C = \dfrac{1}{2}M\bar{v}^2$ temos:

$H_2$: $\bar{v}_1^2 = \dfrac{5kT}{M_1}$ e He: $\bar{v}_2^2 = \dfrac{3kT}{M_2}$

onde, $\bar{v}$ é a velocidade média das partículas gasosas.

Dado $T_1 = T_2$

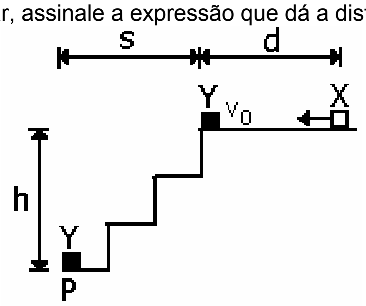
$$kT = \frac{\overline{v}_1^2 M_1}{5} = \frac{\overline{v}_2^2 M_2}{3}$$

Sabendo que $M_1 < M_2 \Rightarrow \boxed{\overline{v}_1 > \overline{v}_2}$. Logo, as alternativas C e E estão corretas.

**Nota:**
A banca não esperava a consideração da energia cinética de rotação. Temos neste caso que os dois gases, na mesma temperatura, apresentam mesma energia cinética de transação $E_C = \frac{3}{2}k.T$, o que eliminaria a alternativa C. Assim, quanto maior a massa, menor a velocidade média das partículas no estado gasoso.

## 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 $\mu_k$ 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 distancia 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 — Alternativa A

A força resultante em X é a força de atrito (movimento uniformemente retardado), assim, temos que

$$F_R = F_{atrito} = m.a \Rightarrow a = \frac{\mu_k.m.g}{m} = \mu_k.g$$

Assim, a velocidade de X no momento de colisão é dada por

$$v^2 = v_0^2 - 2.\mu_k.g.d \quad (1)$$

Considerando uma colisão perfeitamente elástica, como as massas dos objetos são iguais, na colisão eles trocam de velocidade; ou seja, o objeto X pára e o objeto Y adquire velocidade v. Assim, na direção horizontal, tem-se que $v = \frac{s}{t}$, e, na direção vertical, $h = \frac{gt^2}{2}$.

Logo, $v^2 = \frac{gs^2}{2h} \quad (2)$

Substituindo (2) em (1):

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

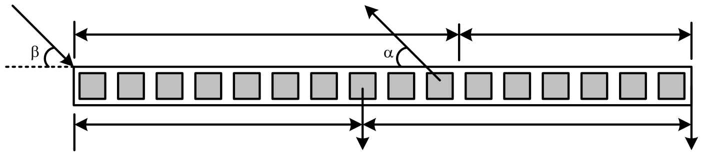
**Observação**: para ser possível a resolução, teve-se que assumir algumas hipóteses não apresentadas claramente no enunciado:

- Os objetos X e Y colidem elasticamente;
- O objeto Y atinge o ponto P sem colidir com os degraus;

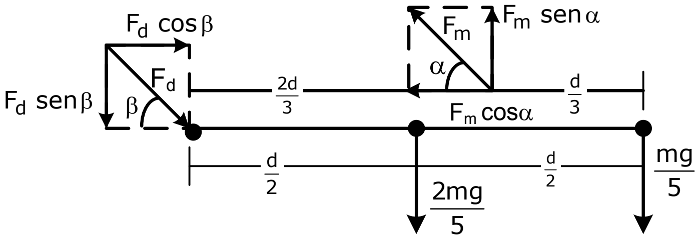
Sem tais considerações, o problema não teria resposta.

## 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 $m_2 = \frac{1}{5}m$ 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




Como a coluna está em equilíbrio, temos que a força resultante é nula. Assim, o somatório de forças na horizontal e na vertical também são nulos. Admitindo que o módulo da aceleração da gravidade é g, temos:

$$\sum F_{vertical} = F_d sen\,\beta + \frac{3mg}{5} - F_m sen\,\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$F_d sen\,\beta + \frac{3mg}{5} = F_m sen\,\alpha \quad (1)$$

$$\sum F_{horizontal} = F_d \cos\beta - F_m \cos\alpha = 0 \Rightarrow$$

$$F_d \cos\beta = F_m.\cos\alpha \quad (2)$$

Utilizando novamente a condição de equilíbrio, temos que o momento resultante também é nulo, assim, tomando o ponto de aplicação de $F_m$ como referência:

$$\sum M = 0 \Rightarrow F_d sen\,\beta.\frac{2d}{3} + \frac{2mg}{5}\left(\frac{d}{2} - \frac{d}{3}\right) = \frac{mg}{5}.\frac{d}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{mg}{15} = \frac{2mg}{30} + \frac{2}{3}F_d sen\,\beta \Rightarrow F_d sen\,\beta = 0$$

O resultado $F_d$ = 0 N é, de certa forma, matematicamente possível, porém incoerente com nossa situação. Dessa forma, temos então sen β = 0 $\Rightarrow$ cos β = 1. Logo, temos:

$$F_d = F_m.\cos\alpha \;\text{ e }\; \frac{3mg}{5} = F_m sen\,\alpha.$$

Assim,

$$sen\,\alpha = \frac{3mg}{5F_m} \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{9m^2g^2}{25F_m^2}}$$

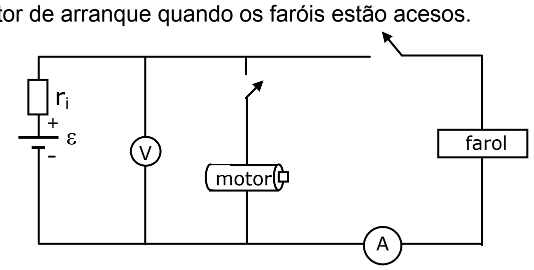
Dessa forma, temos:

$$F_d = F_m.\sqrt{1 - \frac{9m^2g^2}{25F_m^2}} = F_m.\sqrt{\frac{25F_m^2 - 9m^2g^2}{25F_m^2}}$$

$$\Rightarrow F_d = \frac{1}{5}\sqrt{25F_m^2 - 9m^2g^2}$$

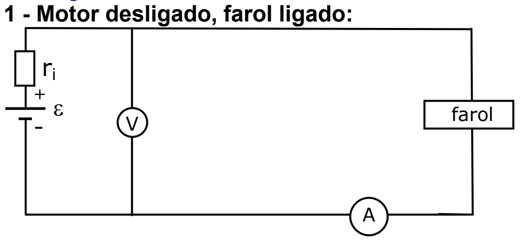
## QUESTÃO 22

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



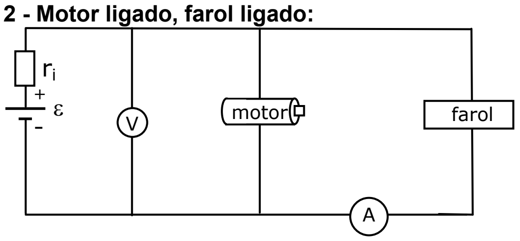

## Resolução

**Situação 1 - Motor desligado, farol ligado:**




$$\begin{cases} \varepsilon - r.i = V \\ V = R_{farol}.i \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon - 0{,}05.10 = 12 \\ 12 = R_{farol}.10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 12{,}5V \\ R_{farol} = 1{,}2\Omega \end{cases}$$

**Situação 2 - Motor ligado, farol ligado:**

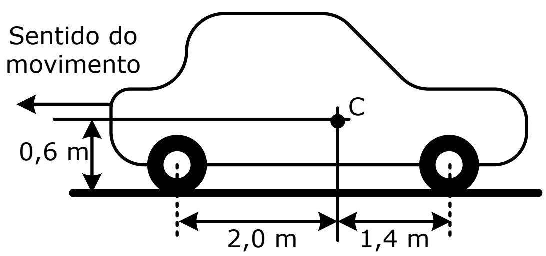



$$\varepsilon - r.i_2 = V_2 = R_{farol}.i_{farol} = 1{,}2.8 = 9{,}6V \Rightarrow$$
$$12{,}5 - 0{,}05.i_2 = 9{,}6 \Rightarrow i_2 = 58A$$

Mas, $i_2 = i_{motor} + i_{farol}$, logo, $i_{motor} = 58 - 8 \Rightarrow$ **$i_{motor}$ = 50A**

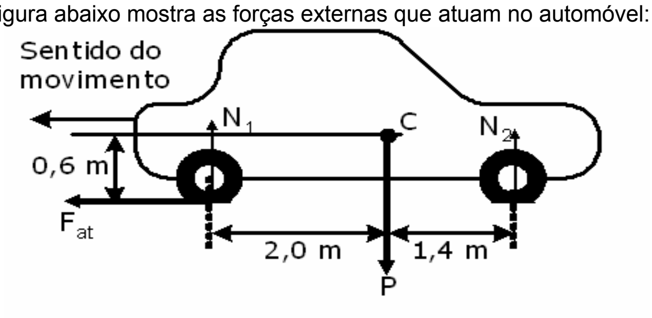
## QUESTÃO 23

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= 10m/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

A figura abaixo mostra as forças externas que atuam no automóvel:




Na vertical, tem-se que a somatória das forças é nula. Assim:

$$\Sigma F_y = 0$$
$$N_1 + N_2 = P \quad (1)$$

Na horizontal, a força resultante é a força de atrito motora (desconsiderando o atrito do pneu que não é tracionado).

$$F_R = F_{at}$$
$$m.a = \mu.N_1$$
$$a = \frac{\mu.N_1}{m} \quad (2)$$

Como não há movimento de rotação em torno do centro de massa, o momento angular resultante das forças em relação ao centro de massa é igual a zero:

$$F_{at}.0{,}6 + N_1.2 = N_2.1{,}4 \quad (3)$$

De (1), (3) e sabendo que $F_{at} = \mu.N_1$, tem-se:

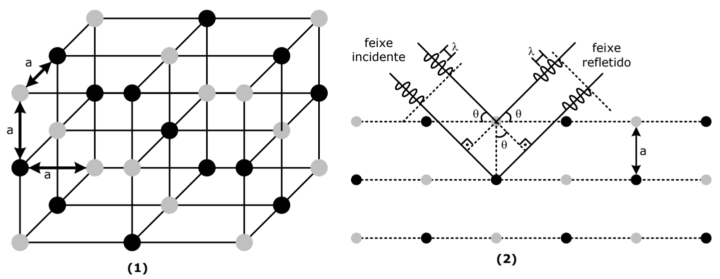
$$P = 2{,}75.N_1 \quad (4)$$

Substituindo (4) em (2), chegamos:

$$a = 2{,}73 \text{ m/s}^2$$

## QUESTÃO 24

O Raio-X é uma onda eletromagnética de comprimento de onda ($\lambda$) 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 $\lambda$. Num sólido cristalino, os átomos são dispostos em um arranjo regular com espaçamento entre os átomos da mesma ordem de $\lambda$. Combinando esses fatos, um cristal serve como uma espécie onde 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 = 0,30x10$^{-9}$m, onde Raios-X com $\lambda$ = 1,5 x 10$^{-10}$m são refletidos pelos planos cristalinos. A figura (1) mostra a estrutura cristalina cúbica do cloreto de sódio. A figura (2) mostra o diagrama bidimensional da reflexão de um feixe de Raios-X em dois planos cristalinos paralelos. Se os feixes interferem construtivamente, calcule qual deve ser a ordem máxima da difração observável.




## Resolução

Calculando a diferença de percurso do caminho óptico, tem-se:

$$d = 2.a.\text{sen}\,\theta$$

Esta diferença deve ser múltipla de $\lambda$, para que a interferência seja construtiva. Assim:

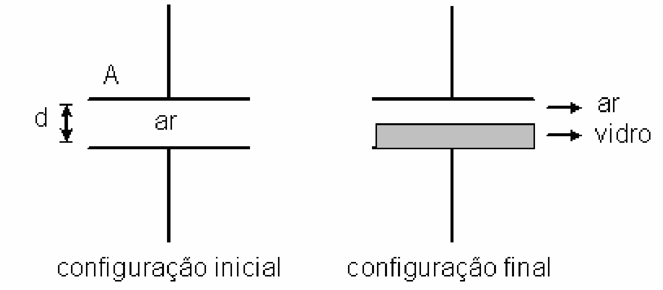
$$2.a.\text{sen}\,\theta = m\,\lambda \Rightarrow m = \frac{2a\,\text{sen}\,\theta}{\lambda}$$

Para m máximo, sen $\theta$ = 1 e portanto $m = \frac{2a}{\lambda} = 4$

Assim, a máxima ordem de interferência observável é a quarta ordem.

## 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

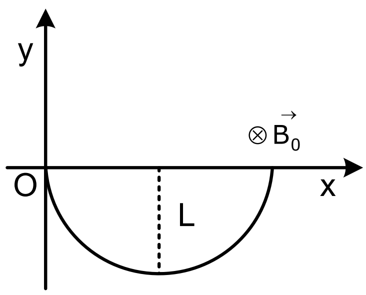
Sabemos que Q = CV e que $\frac{Q_F}{Q_i} = \frac{C_F \cdot V_E}{C_i \cdot V_i} = \frac{C_F}{C_i}$, pois a diferença de potencial é mantida.

A capacitância inicial é dada por $C_I = \frac{E_0 A}{d}$, enquanto a final é dada por $\frac{1}{C_F} = \frac{(d/2)}{E_0 A} + \frac{(d/2)}{K \ E_0 A} \Rightarrow C_F = \frac{K\ E_0 A}{\frac{d}{2}(1+K)}$.

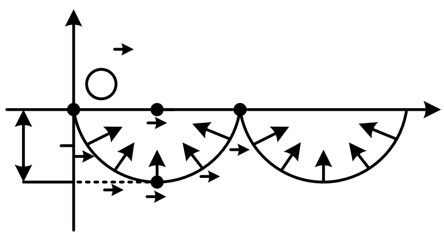
Logo, temos $\frac{Q_F}{Q_i} = \frac{K\ E_0 A}{\frac{d}{2}(1+K)} \cdot \frac{d}{E_0 A} = \frac{2K}{1+K}$.

## 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 $B_o$ 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



Considerando-se o MHS na direção Oy com extremidades em y = 0 e y = - L, nestes pontos devemos ter, a aceleração máxima:

Em y = 0: $F_R = P$ (I)

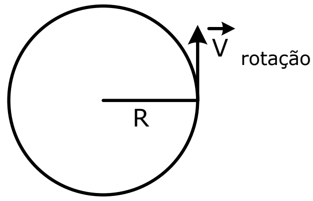
Em y = - L: $F_R = F_M - P$ (II)

Igualando-se (I) e (II), vem:

$P = F_M - P \Rightarrow F_M = 2P$ (onde $F_M$ é a força magnética em y=-L)

$$\text{Mas, } F_m = 2.P \Rightarrow B_0.q.v_B = 2.P \Rightarrow v_B = \frac{2P}{B_0.q}$$

Observando a circunferência que gerou o ciclóide, ainda em y = -L, temos:




Onde $v_B = v_{rotação} + v_{translação}$, mas, no ponto B temos:

$v_{translação} = v_{rotação}$, logo:

$v_B = 2.\ v_{rotação}$, portanto:

$$F_{centripeta} = P \Rightarrow m.\frac{v_{rotação}^{\ 2}}{R} = m.\frac{\left(\frac{v_B}{2}\right)^2}{R} = m.g \Rightarrow v_B = 2\sqrt{R.g}$$

Igualando essas relações, encontramos então que:

$$v_B = \frac{2P}{B_0.q} = 2\sqrt{R.g} \Rightarrow R.g = \frac{P^2}{B_0^{\ 2} q^2} \Rightarrow R = \frac{m^2 g}{B_0^{\ 2} q^2}$$

$$\text{Como L = 2R} \Rightarrow L = \frac{2m^2 g}{B_0^{\ 2} q^2}.$$

## QUESTÃO 27

Calcule a área útil das placas de energia solar de um sistema de aquecimento de água, para uma residência com quatro moradores, visando manter um acréscimo médio de 30,0°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 0,30kWh por mês para cada litro. É dado o calor específico da água c = 4,19 J/g°C.

## Resolução

A energia total fornecida pelas placas vale:

$E = E_u + E_p$

Onde $E_u$ é a energia necessária para aquecer á água consumida e $E_p$ é a energia perdida pelo reservatório.

O cálculo pode ser simplificado se todas as quantidades de energia forem especificadas em unidades de kWh, consumidas em um mês.

Assim, considerando a densidade da água 1 kg/L, temos:

$E_u$ = 4 pessoas x 30 kg/(pessoa x dia) x 4,19 kJ/(kg x °C) x 30 °C x 30 dias = 4,52 x $10^5$ kJ

Convertendo para kWh (dividir por 3600):

$E_u$ = 125,7 kWh em um mês.

Assumindo que o reservatório seja mantido permanentemente cheio, a energia perdida é dada por:

$E_p$ = 200 litros x 0,30 kWh/(mês x litro) = 60 kWh em um mês.

A energia total vale, portanto:

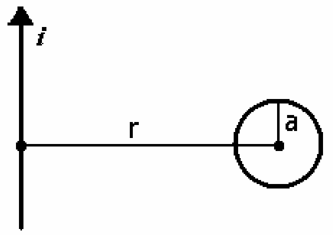
$E = E_u + E_p$ = 185,7 kWh em um mês.

A energia fornecida pelas placas é o produto entre a energia fornecida por unidade de área e a sua área, de modo que a área total necessária é, portanto:

A = 185,7 (kWh/mês) / 60 [kWh/(mês x $m^2$)] = 3,1 $m^2$.

## QUESTÃO 28

Num meio de permeabilidade magnética $\mu_0$, uma corrente i passa através de um fio longo e aumenta a uma taxa constante de $\Delta i/\Delta t$. Um anel metálico com o raio a está posicionado a uma distância r do fio longo, conforme mostra figura. Se a resistência do anel é R, calcule a corrente induzida no anel.




## Resolução
Considerando r >> a.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(BA\cos\theta)}{dt} \Rightarrow$$

$$|\varepsilon| = \frac{\mu_0}{2\cancel{\pi} r}\cdot\frac{\Delta i}{\Delta t}\cdot\cancel{\pi} a^2 = R\,.\,i \Rightarrow \boxed{i = \frac{\mu_0\, a^2\, \Delta i}{2\,R\,.\,r\,\Delta t}}$$

## QUESTÃO 29
Considere uma tubulação de água que consiste de um tubo de 2,0 cm de diâmetro por onde a água entra com velocidade de 2,0 m/s sob uma pressão de 5,0 x $10^5$ 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 x $10^3$ kg/$m^3$ e desprezando as perdas, calcule a pressão da água no tubo de saída.

## Resolução
Considerando o fluido incompressível sem perda de carga, temos fluxo $\phi = A.v = cte \Rightarrow A_0.v_0 = A_F.v_F \Rightarrow$

$$\frac{A_0}{A_F}.v_0 = v_F \Rightarrow v_F = \frac{D_0^2}{D_F^2}.v_0 \Rightarrow v_F = \frac{2{,}0^2}{1{,}0^2}.2{,}0$$

$$\Rightarrow v_F = 8{,}0 \text{ m/s}$$

Uma vez que não há perda de carga, vale a equação de Bernoulli, baseada na conservação de energia mecânica no fluido:

$$\frac{\rho v_0^2}{2} + \rho g h_0 + P_0 = \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g h_F + P_F \Rightarrow$$

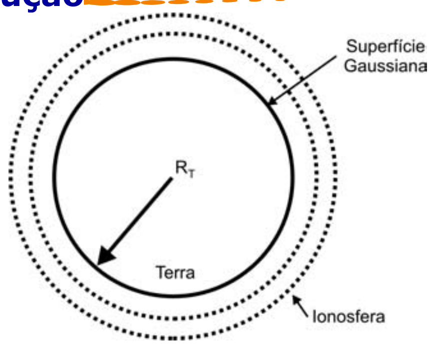
$$P_F = \frac{\rho(v_0^2 - v_F^2)}{2} - \rho g h_F + P_0 \Rightarrow$$

$$P_F = \frac{10^3(2{,}0^2 - 8{,}0^2)}{2} - 10^3.10.5{,}0 + 5{,}0\times 10^5$$

$$\Rightarrow \boxed{P_F = 4{,}2\times 10^5 \text{ Pa}}$$

## 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 << raio da Terra ≅ 6400km, determine a capacitância deste capacitor gigante e a energia elétrica armazenada. Considere $1/(4\pi\varepsilon_0)$=9,0 x $10^9$N$m^2$/$C^2$.

## Resolução




Considerando uma superfície Gaussiana esférica concêntrica com a Terra e raio $r \in \left]R_T, R_T + h\right[$, temos:

$$\phi_E = \frac{-Q}{\varepsilon_0}\ ;\ \phi_E = E.\,4\pi r^2.\cos 180°$$

Como h << $R_T$, temos:

$$E.\left(4\pi R^2\right) = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Assim:

$$Q = E.R^2.\left(4\pi\varepsilon_0\right) \Rightarrow Q = \frac{100.2^{12}.10^{10}}{9.10^9} \Rightarrow Q = 4{,}5.10^5\ C$$

Sabe-se que: $C = \frac{Q}{U}$, onde U é a diferença de potencial entre as placas do capacitor: U = $V_{IONOSFERA}$ - $V_{TERRA}$. Precisa-se descobrir o potencial na IONOSFERA e o potencial na TERRA:

O potencial na ionosfera é a superposição do potencial gerado pela esfera de carga $-Q$ e raio R (a uma distância de R+h de seu centro) com o potencial na superfície da esfera de carga Q e raio R+h:

$$V_{IONOSFERA} = \frac{k(-Q)}{R+h} + \frac{kQ}{R+h}\ ;\ k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

O potencial na Terra é a superposição do potencial na superfície da esfera de carga $-Q$ e raio R com o potencial no interior da esfera de carga Q e raio R+h:

$$V_{TERRA} = \frac{k(-Q)}{R} + \frac{kQ}{R+h}$$

$$U = V_{IONOSFERA} - V_{TERRA}$$

$$\Rightarrow U = -V_{TERRA} = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{R+h} = kQ\frac{h}{R(R+h)} \cong kQ\frac{h}{R^2}\text{, pois } h << R$$

Assim:

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow C = \frac{Q}{\frac{kQh}{R^2}} \Rightarrow C = \frac{R^2}{kh} \Rightarrow C = \frac{(6400.10^3)^2}{9.10^9.60.10^3}$$

$$C \cong 76\,\text{mF}$$

A energia é calculada por: $E = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow E \cong 1{,}3.10^{12}\,J$