ELITE
PRÉ-VESTIBULAR
campinas

ELITE RESOLVE UNICAMP 2007

2ª FASE

FÍSICA

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

FÍSICA

QUESTÃO 1

Em muitas praças de pedágio de rodovias existe um sistema que permite a abertura automática da cancela. Ao se aproximar, um veículo munido de um dispositivo apropriado é capaz de trocar sinais eletromagnéticos com outro dispositivo da cancela. Ao receber os sinais, a cancela abres-se automaticamente e o veículo é identificado para posterior cobrança. Para as perguntas a seguir, desconsidere o tamanho do veículo.

a) Um veículo aproxima-se da praça de pedágio a 40 km/h. A cancela recebe os sinais quando o veículo encontra-se a 50 m de distância. Qual é o tempo disponível para a completa abertura da cancela?
b) O motorista percebe que a cancela não abriu e aciona os freios exatamente quando o veículo se encontra a 40 m da mesma, imprimindo uma desaceleração de módulo constante. Qual deve ser o valor dessa desaceleração para que o veículo pare exatamente na cancela?

Resolução

a) $v = 40\dfrac{km}{h} = 40\dfrac{10^3 m}{3600 s} = \dfrac{100}{9} m/s$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{v} = \frac{50}{\frac{100}{9}} = 4,5s$$

b) Sendo a aceleração constante, podemos usar a equação de Torricelli:

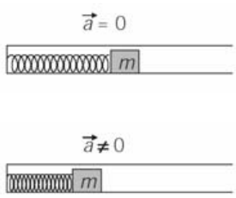
$$v^2 = v_0^2 + 2\cdot\gamma\cdot\Delta S \Rightarrow 0^2 = \left(\frac{100}{9}\right)^2 + 2\cdot\gamma\cdot 40 \Rightarrow$$

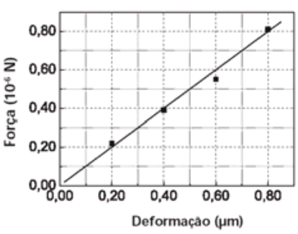
$$\gamma \approx -1,5 m/s^2$$

QUESTÃO 2

Sensores de dimensões muito pequenas têm sido acoplados a circuitos micro-eletrônicos. Um exemplo é um medidor de aceleração constante que consiste em uma massa *m* presa a uma micro-mola de constante elástica *k*. Quando o conjunto é submetido a uma aceleração $\vec{a}$, a micro-mola se deforma, aplicando uma força $\vec{F}_{el}$ na massa (ver diagrama abaixo). O gráfico ao lado do diagrama mostra o módulo da força aplicada versus a deformação de uma micro-mola utilizada num medidor de aceleração.

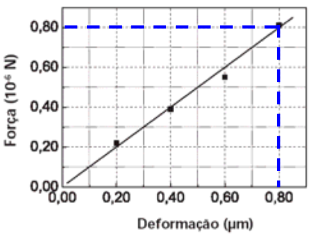
a) Qual é a constante *k* da micro-mola?
b) Qual é a energia necessária para produzir uma compressão de 0,10 μm na micro-mola?
c) O medidor de aceleração foi dimensionado de forma que essa micro-mola sofra uma deformação de 0,50 μm quando a massa tem uma aceleração de módulo 25 vezes o da aceleração da gravidade. Qual é o valor da massa *m* ligada à micro-mola?





Resolução

a) Observe o ponto destacado no gráfico:



De acordo com a Lei de Hooke, temos:

$$F = k.x \Rightarrow k = \frac{F}{x} = \frac{0,8.10^{-6}}{0,8.10^{-6}} = 1\ N/m$$

b) A energia acumulada em uma mola é dada por:

$$E = \frac{k.x^2}{2} \Rightarrow E = \frac{1.(0,1.10^{-6})^2}{2} = 5,0.10^{-15} J$$

c) A partir da Segunda Lei de Newton obtemos a equação: $F_R = m.a$. Como, após a deformação total da mola, $F_R = F_{el}$ então: $m.a = k.x$

$$m = \frac{k.x}{a} = \frac{1\times 0,50.10^{-6}}{25\times 10} = 2\cdot 10^{-9} kg = 2\mu g$$

QUESTÃO 3

Suponha que o esquilo do filme “A Era do Gelo” tenha desenvolvido uma técnica para colher nozes durante o percurso para sua toca. Ele desliza por uma rampa até atingir uma superfície plana com velocidade de 10 m/s. Uma vez nessa superfície, o esquilo passa a apanhar nozes em seu percurso. Todo o movimento se dá sobre o gelo, de forma que o atrito pode ser desprezado. A massa do esquilo é de 600 g e a massa de uma noz é de 40 g.
a) Qual é a velocidade do esquilo após colher 5 nozes?
b) Calcule a variação de energia cinética do conjunto formado pelo esquilo e pelas nozes entre o início e o final da coleta das 5 nozes.

Resolução

a) Em cada colisão, ocorre conservação da quantidade de movimento. Assim:

$$M\cdot v_0 = (M+m)\cdot v_1 = \cdots = (M+5m)\cdot v_5$$

$$600\cdot 10^{-3}\cdot 10 = (600\cdot 10^{-3} + 5\cdot 40\cdot 10^{-3})\cdot v_5$$

$$v_5 = 7,5 m/s$$

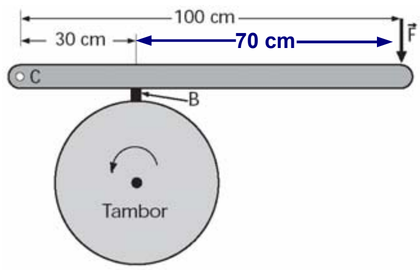
b) $\Delta E_C = \dfrac{(M+5m)\cdot v_5^{\,2}}{2} - \dfrac{M\cdot v_0^{\,2}}{2}$

$$\Delta E_C = \frac{(600\cdot 10^{-3} + 5\cdot 40\cdot 10^{-3})\cdot 7,5^2}{2} - \frac{600\cdot 10^{-3}\cdot 10^2}{2}$$

$$\Delta E_C = -7,5J$$

QUESTÃO 4

Um freio a tambor funciona de acordo com o esquema da figura a seguir. A peça de borracha B é pressionada por uma alavanca sobre um tambor cilindro que gira junto com a roda. A alavanca é acionada pela força F e o pino no ponto C é fixo. O coeficiente de atrito cinético entre a peça de borracha e o tambor é $\mu_c = 0,40$.
a) Qual é o módulo da força normal que a borracha B exerce sobre o tambor quando F = 750 N? Despreze a massa da alavanca.
b) Qual é o módulo da força de atrito entre a borracha e o tambor?
c) Qual é o módulo da força aplicada pelo pino sobre a alavanca no ponto C?



Resolução

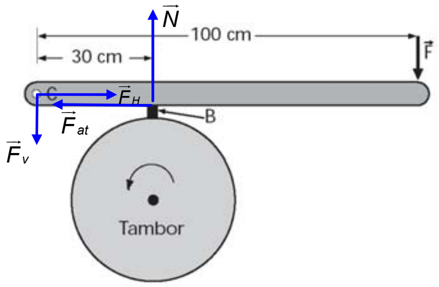
a) Tomando o princípio fundamental da Estática e considerando que a borracha está em repouso em relação ao ponto C, que adotaremos como referência para este item, temos:

$$\sum \vec{\tau}_C = 0 \Rightarrow 0,30.N = 1,00.750 \Rightarrow N = 2,5.10^3 N$$

b) A Força de Atrito aplicada é calculada através da equação:

$$F_{at} = \mu.N \Rightarrow F_{at} = 0,4.2,5.10^3 = 1,0\cdot 10^3 N$$

c) Observe a figura:



Para a determinação da força vertical aplicada pelo pino, devemos considerar que a alavanca não está girando, assim, considerando o torque resultante em relação ao ponto B:

$$\sum \vec{\tau}_B = 0 \;\Rightarrow\; 0{,}30.F_V = 0{,}70.F = 0{,}70.750$$

$$F_V = 1{,}75.10^3 N$$

Na horizontal, considerando a resultante sobre a alavanca nula, temos: $\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow F_H = F_{at} = 1{,}0.10^3 N$

Assim:

$$F_C^{\,2} = F_V^{\,2} + F_H^{\,2} \Rightarrow F_C = 2{,}0.10^3 N$$

NOTA: A rigor não podemos considerar que a resultante das forças horizontais sobre a alavanca é nula, uma vez que ela está em movimento acelerado, com aceleração negativa (note que se trata de um sistema de freios, portanto, sempre que a alavanca estiver sendo acionada, o sistema certamente estará freando), porém, o item (a) pede que a massa da alavanca seja desprezada, além disso, caso não desprezemos a massa da alavanca, seria impossível determinar a força horizontal, sem a informação do valor da massa e da aceleração do sistema.

Desprezando a massa da alavanca, temos:

$$\vec{R}_{horizontal} = m\vec{a} \cong 0.\vec{a} = 0 \Rightarrow F_H = F_{at}$$

QUESTÃO 5

Uma torneira é usada para controlar a vazão Φ da água que sai de um determinado encanamento. Essa vazão (volume de água por unidade de tempo) relaciona-se com a diferença de pressão dos dois lados da torneira (ver figura) pela seguinte expressão:

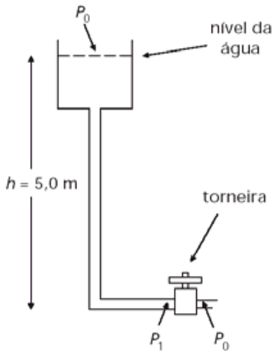
$$P_1 - P_0 = Z \times \Phi\,.$$

Nessa expressão, Z é a resistência ao fluxo de água oferecida pela torneira. A densidade da água é $1{,}0 \times 10^3$ kg/m^3 e a pressão atmosférica P_0 é igual a $1{,}0 \times 10^5$ N/m^2.

a) Qual é a unidade de Z no Sistema Internacional?

b) Se a torneira estiver fechada, qual será a pressão P_1?

c) Faça uma estimativa da vazão de uma torneira doméstica, tomando como base sua experiência cotidiana. A partir dessa estimativa, encontre a resistência da torneira, supondo que a diferença de pressão $(P_1 – P_0)$ seja igual a $4{,}0 \times 10^4$ N/m^2.



Resolução

a) $[\Delta P] = [Z]\cdot[\Phi] \Rightarrow \dfrac{N}{m^2} = [Z]\cdot\dfrac{m^3}{s}$

Como $N = \dfrac{kg\cdot m}{s^2}$, temos: $\dfrac{\dfrac{kg\cdot m}{s^2}}{m^2} = [Z]\cdot\dfrac{m^3}{s} \Rightarrow [Z] = \dfrac{kg}{m^4\cdot s}$

b) $P_1 = P_0 + \rho\cdot g\cdot h = 1{,}0\cdot10^5 + 1{,}0\cdot10^3\cdot10\cdot5{,}0$

$$P_1 = 1{,}5\cdot10^5 N/m^2$$

c) Estimando a vazão em 6,0 litros por minuto e convertendo essa unidade para o SI, vem:

$$\Phi = 6{,}0\frac{litros}{\min} = 6{,}0\frac{10^{-3}m^3}{60s} = 1{,}0\cdot10^{-4} m^3/s$$

Assim, ficamos com:

$$Z = \frac{p_1 - p_0}{\Phi} = \frac{4{,}0\cdot10^4}{1{,}0\cdot10^{-4}} = 4{,}0\cdot10^8\frac{kg}{m^4\cdot s}$$

Lembramos, porém, que o enunciado pede uma estimativa da vazão e, portanto, a banca deve aceitar uma faixa de valores como resposta final, em vista da subjetividade do valor atribuído pelo aluno. Por exemplo, um intervalo plausível para a vazão seria entre 5,0 e 10 litros por minuto, o que nos leva ao correspondente intervalo para a resistência Z:

$$2{,}4\cdot10^8 \le Z \le 4{,}8\cdot10^8\,.$$

QUESTÃO 6

Em agosto de 2006, Plutão foi reclassificado pela União Astronômica Internacional, passando a ser considerado um planeta-anão. A terceira Lei de Kepler diz que $T^2 = K.a^3$, onde T é o tempo para um planeta completar uma volta em torno do Sol, e a é a média entre a maior e a menor distância do planeta ao Sol. No caso da Terra, essa média é $a_T = 1{,}5 \times 10^{11}$ m, enquanto que para Plutão $a_P = 60 \times 10^{11}$ m. A constante K é a mesma para todos os objetos em torno do Sol. A velocidade da luz no vácuo é igual a $3{,}0 \times 10^8$ m/s. Dado: $\sqrt{10} \cong 3{,}2$.

a) Considerando-se as distâncias médias, quanto tempo leva a luz do Sol para atingir a Terra? E para atingir Plutão?

b) Quantos anos terrestres Plutão leva para dar uma volta em torno do Sol? Expresse o resultado de forma aproximada como um número inteiro.

Resolução

a) Usando os conceitos de M.R.U.:

$c = \dfrac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{\Delta S}{c}$, logo:

Terra: $\Delta t = \dfrac{1{,}5.10^{11}}{3.10^8} = 5{,}0.10^2 s$

Plutão: $\Delta t = \dfrac{60.10^{11}}{3.10^8} = 2{,}0.10^4 s$

b) A Terceira Lei de Kepler nos diz que $T^2 = K.a^3$, isto é:

$$\frac{T_{Terra}^{\;2}}{a_{Terra}^{\;3}} = \frac{T_{Plutão}^{\;2}}{a_{Plutão}^{\;3}} \Rightarrow T_{Plutão}^{\;2} = \frac{a_{Plutão}^{\;3}}{a_{Terra}^{\;3}}.T_{Terra}^{\;2}$$

$$T_{Plutão}^{\;2} = \frac{(60.10^{11})^3}{(1{,}5.10^{11})^3}.T_{Terra}^{\;2} = \left[\frac{(60.10^{11})}{(1{,}5.10^{11})}\right]^3.T_{Terra}^{\;2}$$

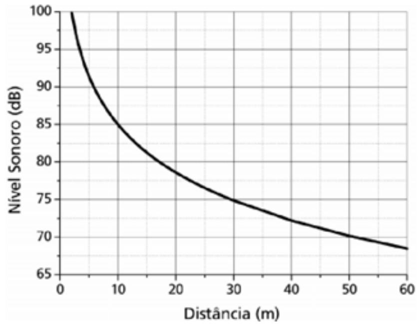
$$T_{Plutão} = T_{Terra}.\sqrt{40^3} = 40.T_{Terra}.\sqrt{40} = 80.T_{Terra}.\sqrt{10}$$

$$T_{Plutão} \cong 80.T_{Terra}.3{,}2 = 256.T_{Terra}$$

Observando que T_{Terra} = 1 ano terrestre, temos que Plutão leva **256 anos terrestres** para dar 1 volta em torno do Sol.

QUESTÃO 7

O nível sonoro S é medido em decibéis (dB) de acordo com a expressão $S = (10\ \ dB)\log\dfrac{I}{I_0}$, onde I é a intensidade da onda sonora e $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 é a intensidade de referência padrão correspondente ao limiar da audição do ouvido humano. Numa certa construção, o uso de proteção auditiva é indicado para trabalhadores expostos durante um dia de trabalho a um nível igual ou superior a 85 dB. O gráfico abaixo mostra o nível sonoro em função da distância a uma britadeira em funcionamento na obra.



a) A que distância mínima da britadeira os trabalhadores podem permanecer sem proteção auditiva?
b) A freqüência predominante do som emitido pela britadeira é de 100 Hz. Sabendo-se que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, qual é o comprimento de onda para essa freqüência?
c) Qual é a intensidade da onda sonora emitida pela britadeira a uma distância de 50 m?

Resolução

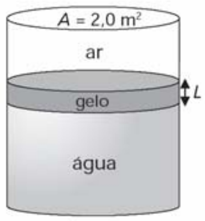
a) Pelo gráfico, observamos que o nível sonoro de 85 dB corresponde a uma distância de 10 m. Assim, para que os trabalhadores possam dispensar o uso da proteção (nível sonoro menor que 85 dB), a distância deve ser maior do que 10 m.
b) $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 340 = \lambda \cdot 100 \Rightarrow \lambda = 3{,}4m$
c) Novamente através do gráfico, observamos um nível sonoro de 70 dB, correspondente à distância de 50m. Assim:

$$S = (10\,dB)\cdot \log\frac{I}{I_0} \Rightarrow 70\,dB = (10\,dB)\cdot \log\frac{I}{10^{-12}}$$

$$\frac{I}{10^{-12}} = 10^{7} \Rightarrow I = 10^{-5}W/m^2$$

QUESTÃO 8

Nas regiões mais frias do planeta, camadas de gelo podem se formar rapidamente sobre um volume de água a céu aberto. A figura abaixo mostra um tanque cilíndrico de água cuja área da base é A = 2,0 m^2, havendo uma camada de gelo de espessura L na superfície da água. O ar em contato com o gelo está a uma temperatura T_{ar} = -10 °C, enquanto a temperatura da água em contato com o gelo é T_{ag} = 0,0 °C.



a) O calor é conduzido da água ao ar através do gelo. O fluxo de calor Φ_{cal}, definido como a quantidade de calor conduzido por unidade de tempo, é dado por $\Phi_{cal} = k.A\frac{T_{ag} - T_{ar}}{L}$, onde k = 4,0 × 10^{-3} cal/(s cm °C) é a condutividade térmica do gelo. Qual é o fluxo de calor Φ_{cal} quando L = 5,0 cm?
b) Ao solidificar-se, a água a 0 °C perde uma quantidade de calor que é proporcional à massa de água transformada em gelo. A constante de proporcionalidade L_s é chamada calor latente de solidificação. Sabendo-se que o calor latente de solidificação e a densidade do gelo valem, respectivamente, L_s = 80 cal/g e ρ_g = 0,90 g/cm^3, calcule a quantidade de calor trocado entre a água e o ar para que a espessura do gelo aumente de 5,0 cm para 15 cm.

Resolução

a) Convertendo a área dada para cm^2 de modo a facilitar os cálculos, temos:

$$\phi_{cal} = k.A.\frac{T_{ag} - T_{ar}}{L} = 4.10^{-3}.2.10^{4}.\frac{(0-(-10))}{5}$$

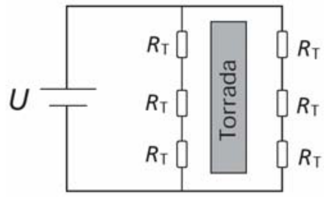
$$\phi_{cal} = 160\,cal/s$$

b) A referida proporção é dada pela equação: $Q = m.L_s$. Lembrando que $m = d.V = d.A.L$, onde L = 10 cm:

$$Q = d.A.L.L_s = 0{,}9.2.10^4.10.80 = 1{,}44.10^7\,cal$$

QUESTÃO 9

O diagrama abaixo representa um circuito simplificado de uma torradeira elétrica que funciona com uma tensão $U = 120V$. Um conjunto de resistores $R_T = 20\Omega$ é responsável pelo aquecimento das torradas e um cronômetro determina o tempo durante o qual a torradeira permanece ligada.



a) Qual é a corrente que circula **em cada** resistor R_T quando a torradeira está em funcionamento?
b) Sabendo-se que essa torradeira leva 50 segundos para preparar uma torrada, qual é a energia elétrica total consumida no preparo dessa torrada?
c) O preparo da torrada só depende da energia elétrica total dissipada nos resistores. Se a torradeira funcionasse com dois resistores R_T de cada lado da torrada, qual seria o novo tempo de preparo da torrada?

Resolução

a) Observemos que esse circuito é composto de dois conjuntos em paralelo, cada conjunto sendo formado por três resistores em série. Assim, em cada conjunto, a resistência equivalente é:

$$R_S = 3\cdot R_T = 3\cdot 20 = 60\Omega$$

Estando cada conjunto ligado em paralelo à bateria, pela primeira lei de Ohm, temos que a corrente em cada ramo de resistores é dada por:

$$U = R_S \cdot i_S \Rightarrow 120 = 60\cdot i_S \Rightarrow i_S = 2{,}0A$$

b) Observando que a corrente através da bateria é o dobro da corrente em cada ramo de resistores, temos:

$$Pot = U\cdot i = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = U\cdot(2i_S)\cdot\Delta t$$

$$E = 120\cdot(2\cdot 2{,}0)\cdot 50 = 24\,kJ$$

c) Nesse caso, a resistência de cada conjunto seria:

$$R_S = 2\cdot R_T = 40\Omega$$

Conseqüentemente, a corrente em cada conjunto seria:

$$i_S = \frac{U}{R_S} = \frac{120}{40} = 3{,}0A$$

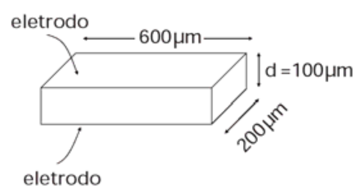
Como o enunciado afirma que a energia total dissipada não muda, o novo tempo será dado por:

$$E = U\cdot(2\cdot i_S)\cdot\Delta t \Rightarrow 24\cdot 10^3 = 120\cdot(2\cdot 3{,}0)\cdot\Delta t$$

$$\Delta t = 33{,}3s$$

QUESTÃO 10

Numa tela de televisor de plasma, pequenas células contendo uma mistura de gases emitem luz quando submetidas a descargas elétricas. A figura abaixo mostra uma célula com dois eletrodos, nos quais uma diferença de potencial é aplicada para produzir a descarga. Considere que os eletrodos formam um capacitor de placas paralelas, cuja capacitância é dada por $C = \frac{\varepsilon_0.A}{d}$, onde ε_0 = 8,9 × 10^{-12} F/m, A é a área de cada eletrodo e d é a distância entre os eletrodos.



a) Calcule a capacitância da célula.
b) A carga armazenada em um capacitor é proporcional à diferença de potencial aplicada, sendo que a constante de proporcionalidade é a capacitância. Se uma diferença de potencial igual a 100 V for aplicada nos eletrodos da célula, qual é a carga que será armazenada?
c) Se a carga encontrada no item b) atravessar o gás em 1 μs (tempo de descarga), qual será a corrente média?

Resolução

a) Aplicando a equação dada e respeitando o número de algarismos significativos, temos:

$$C = \frac{\varepsilon_o . A}{d} = \frac{8{,}9.10^{-12}.600.10^{-6}.200.10^{-6}}{100.10^{-6}} = 1{,}1.10^{-14} F$$

b) A proporção citada é: $Q = C.U$. Assim:

$$Q = 1{,}1.10^{-14}.100 = 1{,}1 pC$$

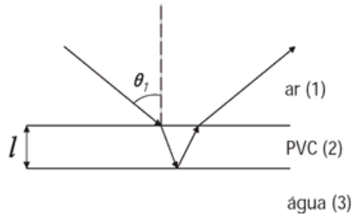
c) Seja a corrente i dada por: $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, temos:

$$i = \frac{1{,}1.10^{-12}}{1.10^{-6}} = 1{,}1.10^{-6} = 1{,}1 \mu A$$

QUESTÃO 11

Uma gota de cola plástica à base de PVC cai sobre a superfície da água parada de um tanque, formando um filme sólido (camada fina) de espessura $l = 4{,}0 \times 10^{-7}$ m. Dado: $\sqrt{2} \cong 1{,}4$.

a) Ao passar de um meio de índice de refração n_1 para outro meio de índice de refração n_2, um raio de luz é desviado de tal forma que n_1 sen θ_1 = n_2 sen θ_2, onde θ_1 e θ_2 são os ângulos entre o raio em cada meio e a normal, respectivamente. Um raio luminoso incide sobre a superfície superior do filme, formando um ângulo $\theta_1 = 30°$ com a normal, conforme a figura abaixo. Calcule a distância d que o raio representado na figura percorre no interior do filme. O índice de refração do PVC é $n_2 = 1{,}5$.



b) As diversas cores observadas no filme devem-se ao fenômeno de interferência. A interferência é construtiva quando a distância d percorrida pela luz no interior do filme é igual a $(2k+1)\frac{\lambda}{2n_2}$, onde k é um número natural (k= 0, 1, 2, 3...). nesse caso, a cor correspondente ao comprimento de onda λ torna-se visível para os raios incidentes que formam o ângulo θ_1 com a normal. Qual é o comprimento de onda na faixa visível do espectro eletromagnético (400 nm – 700 nm) para o qual a interferência é construtiva quando o ângulo de incidência é $\theta_1 = 30°$?

Resolução

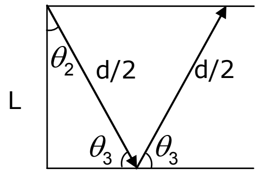
a) Aplicando a lei de Snell:

$$n_1 \cdot sen\theta_1 = n_2 \cdot sen\theta_2 \Rightarrow 1{,}0 \cdot \frac{1}{2} = 1{,}5 \cdot sen\theta_2$$

$$sen\theta_2 = \frac{1}{3}$$

Como $\cos^2\theta_2 = 1 - sen^2\theta_2 \Rightarrow \cos\theta_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

Observe que, como na reflexão o ângulo de refração é igual o ângulo de incidência, então a distância percorrida pelo raio de luz ascendente no PVC é igual à distância percorrida pelo raio de luz descendente:



$$\cos\theta_2 = \frac{l}{\frac{d}{2}} \Rightarrow \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{4{,}0 \cdot 10^{-7}}{\frac{d}{2}} \Rightarrow d = \frac{12 \cdot 10^{-7}}{\sqrt{2}} = 6\sqrt{2} \cdot 10^{-7}$$

Usando a aproximação dada no enunciado:

$$d = 6 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-7} = 8{,}4 \cdot 10^{-7} m$$

b) $d = (2k+1)\frac{\lambda}{2n_2} \Rightarrow \lambda = \frac{2n_2 \cdot d}{2k+1}$

Como $400nm \le \lambda \le 700nm$, temos que:

$$400 \cdot 10^{-9} \le \frac{2n_2 \cdot d}{2k+1} \le 700 \cdot 10^{-9} \Rightarrow 4 \cdot 10^{-7} \le \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 8{,}4 \cdot 10^{-7}}{2k+1} \le 7 \cdot 10^{-7} \Rightarrow$$

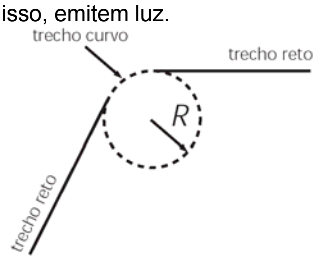
$$\Rightarrow 4 \le \frac{25{,}2}{2k+1} \le 7 \Rightarrow \frac{25{,}2}{7} \le 2k+1 \le \frac{25{,}2}{4} \Rightarrow 1{,}3 \le k \le 2{,}65$$

Desse modo, devemos ter $k = 2$ e conseqüentemente:

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 8{,}4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 2 + 1} = 5{,}04 \cdot 10^{-7} m = 504 nm$$

QUESTÃO 12

Numa fonte de luz síncrotron, como aquela existente no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) de Campinas, elétrons circulam no interior de um tubo com velocidade de módulo v muito próximo ao da velocidade da luz no vácuo, que é c = 3,0 × 10^8 m/s. A trajetória percorrida pelos elétrons é composta de trechos em linha reta e de trechos curvos (arcos de circunferência de raio R), como ilustrado na figura abaixo. Nas curvas os elétrons sofrem aceleração centrípeta, e, em conseqüência disso, emitem luz.



a) Se R = 3,0 m, qual é o módulo da aceleração centrípeta do elétron nos trechos curvos da trajetória? Para simplificar o cálculo, considere **neste item** que o módulo da velocidade v dos elétrons é exatamente igual a c.
b) Segundo a teoria da relatividade, a energia de um elétron é dada por $E = \gamma mc^2$, onde $m = 9 \times 10^{-31}$ kg é a massa do elétron, e γ é uma grandeza adimensional sempre maior do que 1, que depende da velocidade do elétron. No LNLS, a energia do elétron é exatamente igual a $2{,}1 \times 10^{-10}$ J. Qual é o valor de γ?
c) A diferença entre os módulos das velocidades da luz e dos elétrons, $\Delta v = (c - v)$, relaciona-se com γ por $\Delta v \cong \frac{c}{2\gamma^2}$. Encontre Δv no caso do LNLS.

Resolução

a) Para calcular a aceleração centrípeta usamos:

$$a_{cpt} = \frac{v^2}{R} = \frac{(3.10^8)^2}{3} = 3.10^{16} m/s^2$$

b) Fazendo uso do enunciado (note que a grandeza c, que aparece na fórmula, é a velocidade da luz e não dos elétrons):

$$\gamma = \frac{E}{m.c^2} = \frac{2{,}1.10^{-10}}{9.10^{-31}.(3.10^8)^2} = 2{,}6.10^3$$

c) Utilizando as informações da questão, teremos:

$$\Delta v \cong \frac{3.10^8}{2.\left(2{,}6.10^3\right)^2} \cong 22 m/s$$