Na solução da prova, use, quando necessário: $g = 10\ m/s^2$, $k= 9x10^9\ N\ m^2/C^2$, $c=3,0x10^8\ m/s$

QUESTÃO 1 – Consideremos uma corda fixa nas suas extremidades e sujeita a uma certa tensão. Se excitarmos um ponto desta corda por meio de um vibrador de frequência qualquer ou pela ação de uma excitação externa, toda a extensão da corda entra em vibração. É o que acontece, por exemplo, com as cordas de um violão. Existem certas frequências de excitação para as quais a amplitude de vibração é máxima. Estas frequências próprias da corda são chamadas modos normais de vibração. Além disto, formam-se ondas estacionárias exibindo um padrão semelhante àquele mostrado na figura 1a.

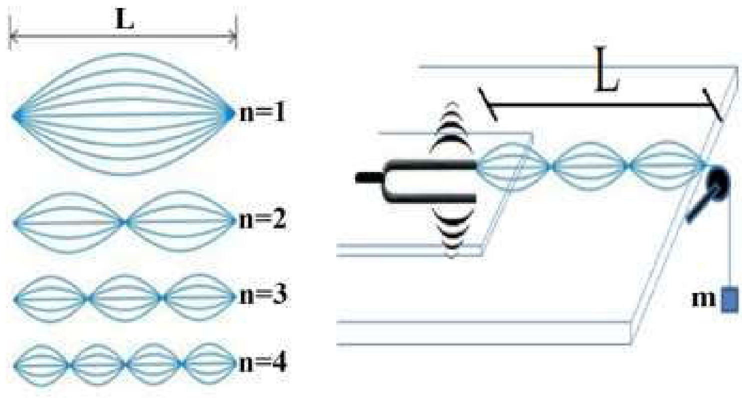


Figura 1a Figura 1b

Figura 1 - adaptado do roteiro de laboratório de Física 2 Departamento de Física – UFJF.

Com base nestas informações, um estudante usou o laboratório didático de sua escola e montou o seguinte experimento: uma corda tem uma de suas extremidades presa a um diapasão elétrico que oscila com frequência constante e a outra extremidade passa por uma polia na extremidade de uma mesa e é presa a uma massa **m** pendurada do lado de fora, conforme ilustrado na figura 1b.

a) No primeiro experimento, foi usado um diapasão elétrico de frequência constante f =150Hz. Ele fixou a corda para um comprimento L = 80 cm. Nesta configuração obteve o padrão de oscilação da corda formando 3 ventres, conforme a figura 1b. Nesse primeiro experimento, qual a velocidade de propagação da onda?

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$f = \frac{V}{\lambda}$$

$$f_n = n.\frac{V}{2L}$$

$$150Hz = 3.\frac{V}{2 \times 0,8m}$$

$$V = \frac{150Hz \times 2 \times 0,8m}{3}$$

$$V = 80m/s$$

(2,0 pontos)

b) Para um segundo diapasão, de frequência desconhecida, foi realizada uma experiência variando a posição do diapasão para obter comprimentos L diferentes. Para cada valor de L é possível alterar a massa M para obter um único ventre. Sabe-se que a velocidade de propagação da onda pode ser calculada pela expressão $V = (T/D)^{1/2}$, onde T é tensão na qual a corda está submetida e D é a densidade linear de massa da corda. Com essas informações, ele determinou, para cada comprimento L, qual a velocidade de propagação da onda na corda construindo um gráfico L x V, conforme o gráfico a seguir. Com base neste gráfico, encontre a frequência desconhecida do segundo diapasão.

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \Rightarrow n = 1 \Rightarrow L = \frac{\lambda}{2}$$

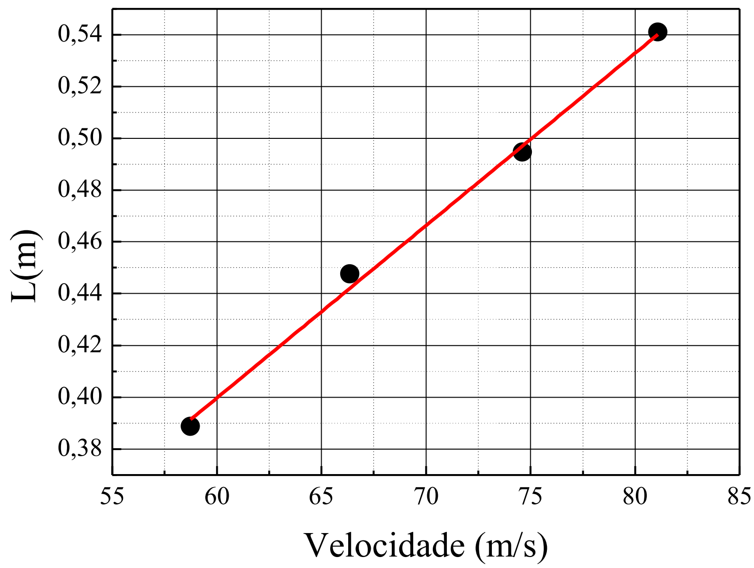
$$f_n = n.\frac{V}{2L}$$

$$f_1 = 1\frac{V}{2L}$$

$$f_1 = \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta V}{\Delta L}$$

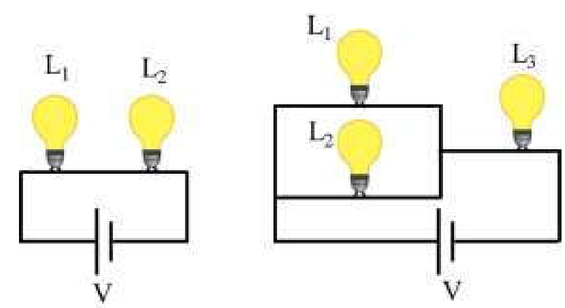
$$f_1 = \frac{1}{2}\cdot\frac{(75-60)m/s}{(0,5-0,4)m}$$

$$f_1 = 75Hz$$



(3,0 pontos)

QUESTÃO 2 – Em uma aula de Física, o professor apresenta para seus alunos três lâmpadas com as seguintes especificações: L_1: 20W – 120 V, L_2: 40W – 120 V e L_3: 15W – 120 V. Em seguida faz duas ligações com as lâmpadas, montando os circuitos A e B, como mostram as figuras ao lado.



Circuito A

Circuito B

Com base nas informações, responda as seguintes questões:

a) Calcule a resistência equivalente de cada circuito.

$$P = V^2/R$$

$$R_1 = V^2/P_1 = (120V)^2/20W = 720\Omega$$

$$R_2 = V^2/P_2 = (120V)^2/40W = 360\Omega$$

$$R_3 = V^2/P_3 = (120V)^2/15W = 960\Omega$$

$$R_{eq\,A} = R_1 + R_2 = 1080\Omega$$

$$R_{eq\,B} = \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}\right) + R_3 = 1200\Omega$$

(2,0 pontos)

b) Qual lâmpada terá o maior brilho em cada circuito? Justifique sua resposta.

CIRCUITO A

$P = R \cdot i^2$ *- Como a corrente é a mesma para as duas lâmpadas ligadas em série, quanto maior R maior a dissipação de potência e, portanto, maior brilho. Assim para esse circuito a lâmpada L1 terá maior brilho.*

CIRCUITO B – Novamente, quanto maior a dissipação de potência, maior o brilho que a lâmpada emite. Neste caso, a maior potência foi obtida para a lâmpada L3. Existem várias maneiras de se chegar a essa conclusão, como por exemplo:

$$i = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{120V}{1200\Omega} = 0{,}1A$$

$$V_{paralelo} = R_{eq\_paralelo} \cdot i$$

$$V_{paralelo} = 240\Omega \cdot 0{,}1A = 24V$$

$$\therefore V_3 = 960\Omega \cdot 0{,}1A = 96V$$

$$P_1 = \frac{(V_{paralelo})^2}{R_1} = \frac{(24V)^2}{720\Omega} = 0{,}8W$$

$$P_2 = \frac{(V_{paralelo})^2}{R_2} = \frac{(24V)^2}{360\Omega} = 1{,}6W$$

$$P_3 = \frac{(V_3)^2}{R_3} = \frac{(96V)^2}{960\Omega} = 9{,}6W$$

Com a maior potência, L3 terá o maior brilho no circuito B *(2,0 pontos)*

PS.: todas as respostas corretas acompanhadas de justificativas corretas serão igualmente pontuadas.

c) Alimentando os circuitos com V=120V, qual a corrente em cada um dos circuitos no caso de a lâmpada L_1 se queimar? Justifique sua resposta.

Circuito A

Com L1 queimada, o circuito A fica aberto e, portanto, i=0

Circuito B

Com L1 queimada, o circuito B equivalente é agora um circuito com L2 e L3 em série.

Nesta nova configuração:

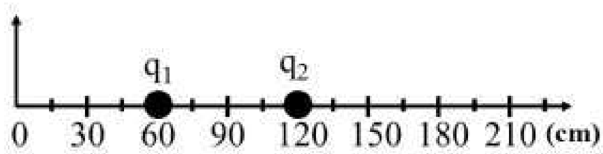
$$R_{eq} = 360\Omega + 960\Omega = 1320\Omega$$

$$i = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{120V}{1320\Omega} = 0{,}09A$$

PS.: todas as respostas corretas acompanhadas de justificativas corretas serão igualmente pontuadas.

(1,0 pontos)

QUESTÃO 3 – Duas cargas elétricas, q1 = + 1µC e q2 = - 4 µC , estão no vácuo, fixas nos pontos 1 e 2, e separadas por uma distância d=60 cm, como mostra a figura abaixo.



Como base nas informações, determine:

a) A intensidade, a direção e o sentido do vetor campo elétrico resultante no ponto médio da linha reta que une as duas cargas.

Ponto médio entre q1 e q2, $x = 30\text{cm} \Rightarrow x = 3 \cdot 10^{-1}\,\text{m}$

$$E = k_0 \frac{|Q|}{d^2}$$

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{|1 \cdot 10^{-6}\,\text{C}|}{(3 \cdot 10^{-1}\,\text{m})^2} = 1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{|4 \cdot 10^{-6}\,\text{C}|}{(3 \cdot 10^{-1}\,\text{m})^2} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_R = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} + 1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 5 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

No ponto médio, o campo elétrico resultante é horizontal e aponta para a direita

b) O ponto em que o campo elétrico resultante é nulo à esquerda de q1.

$$|E_1| = k_0 \frac{|q_1|}{(x-60)^2}$$

$$|E_2| = k_0 \frac{|q_2|}{(x-120)^2}$$

$$|E_1| = |E_2|$$

$$k_0 \frac{|1 \cdot 10^{-6}\,\text{C}|}{(x-60)^2} = k_0 \frac{|4 \cdot 10^{-6}|}{(x-120)^2}$$

$$\frac{1}{(x-60)^2} = \frac{4}{(x-120)^2} \Rightarrow$$

$$x^2 - 240x + 14400 = 4\left(x^2 - 120x + 3600\right)$$

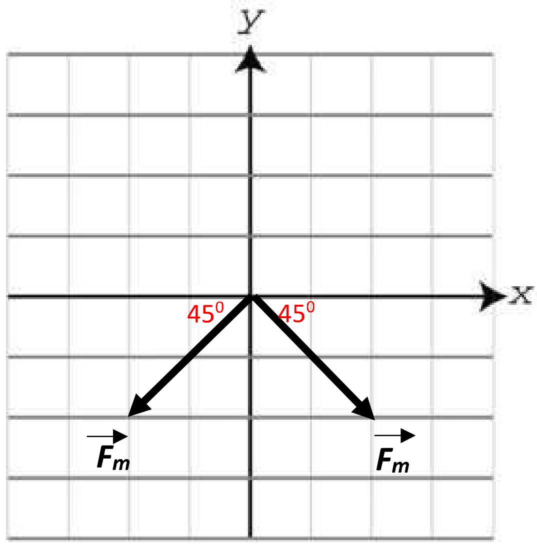
$$3x^2 - 240x = 0 \begin{cases} x = 0\text{cm} \\ x = 80\text{cm} \end{cases}$$

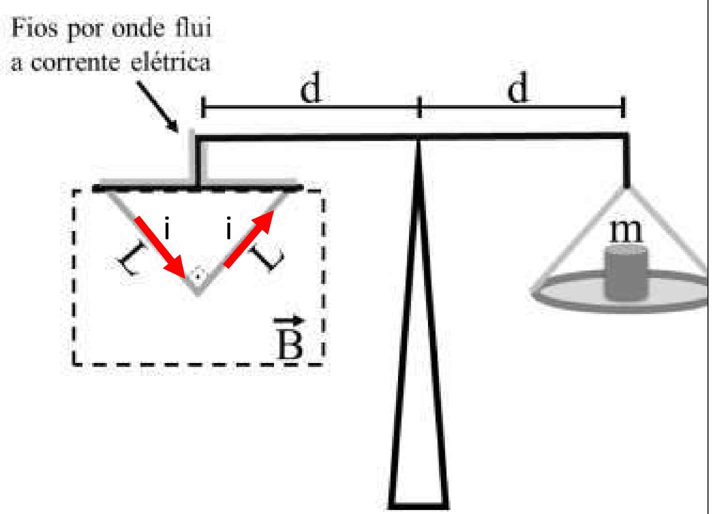
(3,0 pontos)

$$\therefore x = 0\text{ cm é o ponto à esquerda de } q_1$$

QUESTÃO 4 – João, em suas experiências de laboratório, resolve construir uma balança de indução magnética. Essa balança é composta de uma barra que equilibra de um lado um prato com uma massa **m** e de outro um circuito por onde circula uma corrente i = 0,5A. Parte do circuito contendo dois segmentos de mesmo tamanho L=20cm está imersa numa região de campo magnético uniforme e de módulo igual 10mT. O campo magnético uniforme está confinado na região tracejada e aponta perpendicularmente para fora do plano da folha de papel, de acordo com a figura mostrada abaixo.

a) Usando o sistema de coordenadas abaixo, especifique a direção e o sentido das forças induzidas em cada segmento do circuito, indicando o ângulo segundo os eixos desse sistema. Considere que o centro deste sistema é o vértice do circuito. Desenhe também diretamente no triângulo da figura da balança o sentido da corrente elétrica.





(3,0 pontos)

b) Qual o valor da massa que essa balança equilibra?

$$\vec{F}_{mag} = \vec{B} \times \left(i\vec{L} \right) \Rightarrow \left| \vec{F}_{mag} \right| = BiL \to \text{Força Magnética}$$

$$\vec{R} \to \text{resultante das forças magnéticas}$$

$$\left| \vec{R} \right| = F_{mag}\sqrt{2} = mg \Rightarrow BiL\sqrt{2} = mg$$

$$m = \frac{BiL\sqrt{2}}{g}$$

$$m = \frac{10.10^{-3}T \cdot 0{,}5A \cdot 0{,}2m \cdot \sqrt{2}}{10\frac{m}{s^2}} = \sqrt{2} \times 10^{-4}\,kg$$

(2,0 pontos)

QUESTÃO 5 – O Efeito Fotoelétrico foi descoberto por Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894), nos anos de 1886 e 1887. Hertz percebeu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos, dentro de uma ampola de vidro, era facilitada pela incidência de radiação luminosa no eletrodo negativo, provocando a emissão de elétrons de sua superfície. A explicação satisfatória para esse efeito foi dada em 1905, por Albert Einstein, e em 1921 deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física. Analisando o efeito fotoelétrico, quantitativamente, Einstein propôs que a energia do fóton incidente é igual à energia necessária para remover um elétron mais a energia cinética do elétron emitido. Com base nestas informações, calcule os itens abaixo.

a) Considerando que a energia de um fóton incidente é definida por $E=h.f$, onde $h=6{,}6\times10^{-34}$ Js é a constante de Planck e que o comprimento de onda de um fóton é dado por λ=396nm, obtenha a energia do fóton.

$$\lambda = 396\,\text{nm}$$

$$c = 3 \cdot 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$E = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34}(\text{J} \cdot \text{s}) \times \cdot 3 \cdot 10^{8}\left(\text{m}/\text{s}\right)}{396 \cdot 10^{-9}(\text{m})}$$

$$E = 0{,}05 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$$

ou

$$E = 5{,}0 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

(2,0 pontos)

b) Sabendo que a massa de um elétron é de aproximadamente $9{,}1\times10^{-31}$kg e que a velocidade dos elétrons emitidos de uma placa metálica incidente por uma radiação com λ=396nm é de 900,00km/s, CALCULE o valor da energia necessária para remover o elétron da placa.

do enunciado: "...a energia do fóton incidente é igual à energia necessária para remover um elétron mais a energia cinética do elétron emitido"

E= a energia do fóton incidente
Φ= energia necessária para remover um elétron
K= energia cinética do elétron emitido

$$E = \Phi + K$$

$$E = 5{,}0 \cdot 10^{-19}\ \text{J} \ \ (\text{calculado no item anterior})$$

$$K = \frac{mc^{2}}{2} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,\text{kg} \times \left(9 \cdot 10^{5}\ \text{m/s}\right)^{2}}{2} = 3{,}68 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

$$\therefore$$

$$\Phi = E - K = 5{,}0 \cdot 10^{-19}\ \text{J} - 3{,}68 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

$$\Phi = 1{,}35 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

(3,0 pontos)