

Na solução da prova, use quando necessário:

Aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$; Velocidade da luz no vácuo $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

Permeabilidade magnética do vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \times \text{m/A}$; Carga do próton $q_p = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Massa do próton $m_p = 1,60 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Questão 1: A figura abaixo mostra o esquema de um equipamento usado para determinar massas moleculares denominado de **Espectrômetro por Tempo de Voo**. Esse equipamento possui uma placa onde a amostra é injetada e ionizada para formar íons positivos que são acelerados por um campo elétrico, uniforme, mantido entre a placa e a grade, que estão separadas por uma distância $d = 10 \text{ cm}$, como mostra a figura. Em seguida, penetram em uma região sem campo elétrico e deslocam-se com velocidade constante até atingir o detector, colocado a uma distância $D = 50 \text{ cm}$, como indica a figura. O tempo entre o acionamento do campo elétrico e a detecção do íon é medido e a massa é determinada em função desse tempo. Despreze efeitos do campo gravitacional da Terra e calcule:



- a) o valor do campo elétrico quando se aplica uma diferença de potencial $V = 1250 \text{ V}$ entre a placa e a grade.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{1250 \text{ V}}{0,1 \text{ m}} = 12500 \text{ N/C}$$

- b) a aceleração de um íon H^+ no trecho entre a placa e a grade.

$$F = qE \Rightarrow qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m} = \frac{1,60 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1,25 \times 10^4 \text{ N/C}}{1,60 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 1,25 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$$

- c) a velocidade do íon H^+ quando esse alcança a grade.

$$v^2 = 2a\Delta x_1 \Rightarrow v = \sqrt{2 \times 1,25 \times 10^{12} \times 10^{-1}} = \sqrt{2,5 \times 10^{11}} = 5,0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

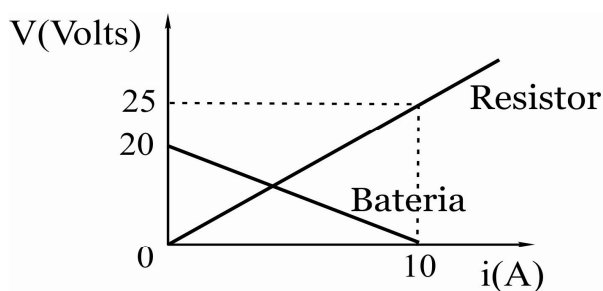
- d) O tempo total de voo, entre a placa e o detector.

$$1^\circ \text{ Trecho (placa-grade): } \Delta x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2\Delta x_1}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-1}}{1,25 \times 10^{12}}} = 0,4 \times 10^{-6} \text{ s}$$

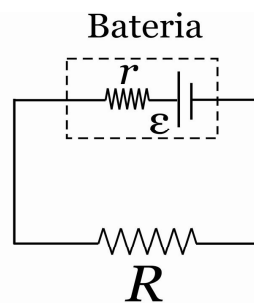
$$2^\circ \text{ Trecho (grade-detector): } \Delta x_2 = v t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{\Delta x_2}{v} = \frac{0,5}{5,0 \times 10^5} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$\text{Tempo total: } t = t_1 + t_2 = 0,4 \times 10^{-6} + 1,0 \times 10^{-6} = 1,4 \times 10^{-6} \text{ s}$$

Questão 2: A curva característica de um dispositivo elétrico é o gráfico que descreve o comportamento da diferença de potencial do dispositivo em função da corrente elétrica que o atravessa. A figura (I) mostra as curvas características de uma bateria ($V = \varepsilon - ri$) e de um resistor ôhmico R em função da corrente i . Esses dois dispositivos são utilizados no circuito da figura (II). A partir desses gráficos, calcule:



(I)



(II)

a) a força eletromotriz da bateria.

Tomando $i = 0$ na curva da bateria, obtém-se:

$$V = \varepsilon = 20 \text{ V}$$

b) o valor da resistência interna r da bateria e o valor da resistência R do resistor.

Tomando $V = 0$ na curva da bateria, obtém-se:

$$0 = \varepsilon - 10r \Rightarrow r = \frac{20}{10} = 2,0 \, \Omega$$

Tomando $V = 25 \text{ V}$ e $i = 10 \text{ A}$ na curva do resistor, obtém-se:

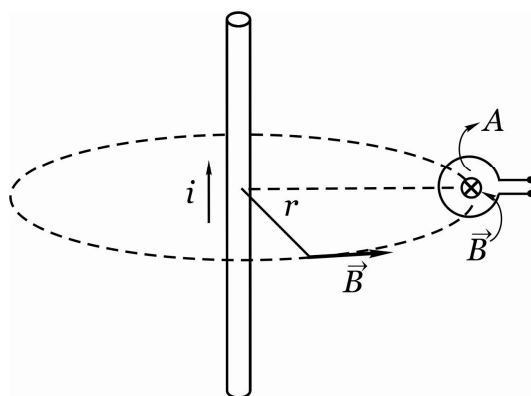
$$R = \frac{V}{i} = \frac{25}{10} = 2,5 \, \Omega$$

c) a intensidade da corrente elétrica mantida no circuito.

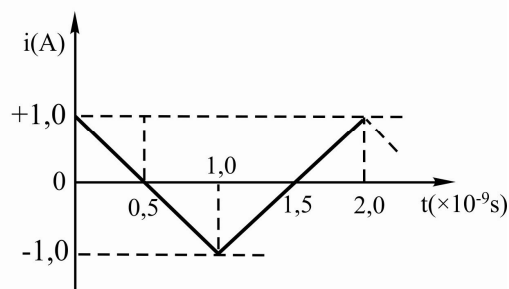
Da lei das malhas:

$$\varepsilon = (R + r)i \Rightarrow 20 = (2,5 + 2,0)i \Rightarrow i = 4,4 \text{ A}$$

Questão 3: Um fio condutor, retilíneo e longo, é colocado no plano que contém uma pequena espira circular de área $A = 1,0 \text{ cm}^2$, conforme mostrado na figura (I). O fio é percorrido por uma corrente elétrica i , cuja variação em função do tempo é mostrada na figura (II). O valor da distância $r = 1,0 \text{ m}$ entre a espira e o fio é suficientemente grande para que se possa admitir que o campo magnético $\vec{B}$ seja constante e perpendicular à área A da espira.



(I)



(II)

a) A partir do gráfico (II), calcule a frequência da corrente elétrica induzida que percorre a espira.

$$T = 2,0 \times 10^{-9} \text{ s} = 2,0 \text{ ns} \quad ; \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,0 \times 10^{-9} \text{ s}} = 0,5 \times 10^9 \text{ Hz} = 500 \text{ MHz}$$

b) Calcule os valores máximo e mínimo da força eletromotriz $\mathcal{E}$ induzida nos terminais da espira.

$$A = 1,0 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\phi_B = BA \cos 0^\circ = BA = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} A = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 1,0} \times 10^{-4} i = 2,0 \times 10^{-11} i \quad ; \quad \mathcal{E} = -\frac{\Delta \phi_B}{\Delta t} = -2,0 \times 10^{-11} \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

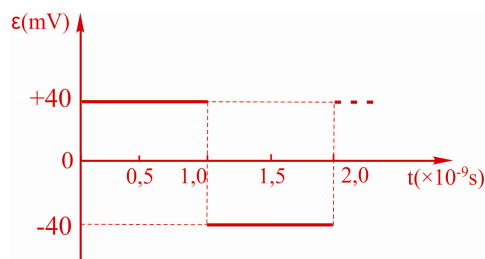
$$\mathcal{E}_{\max} \text{ ocorre para } \Delta i = -2,0 \text{ A e } \Delta t = 1,0 \times 10^{-9} \text{ s} \quad ; \quad \mathcal{E}_{\min} \text{ ocorre para } \Delta i = +2,0 \text{ A e } \Delta t = 1,0 \times 10^{-9} \text{ s}$$

Assim,

$$\mathcal{E}_{\max} = -2,0 \times 10^{-11} \times \frac{-2,0 \text{ A}}{1,0 \times 10^{-9} \text{ s}} = +4,0 \times 10^{-2} \text{ V} = +40 \text{ mV}$$

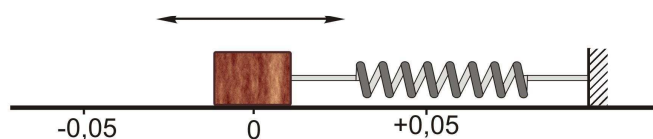
$$\mathcal{E}_{\min} = -2,0 \times 10^{-11} \times \frac{+2,0 \text{ A}}{1,0 \times 10^{-9} \text{ s}} = -4,0 \times 10^{-2} \text{ V} = -40 \text{ mV}$$

c) Use os resultados obtidos no item (b) para fazer um gráfico, devidamente justificado, da força eletromotriz $\mathcal{E}$ induzida nos terminais da espira em função do tempo.

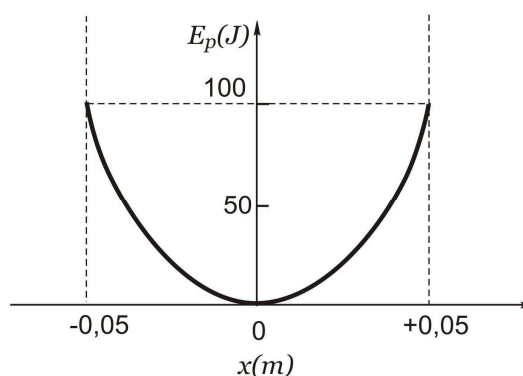


Questão 4: Um bloco de massa $m = 2,0\text{kg}$, preso à extremidade de uma mola e apoiado sobre uma superfície horizontal sem atrito, oscila em torno da posição de equilíbrio com uma amplitude $A = 0,05\text{m}$, como mostra a figura (I). A figura (II) mostra como a energia potencial $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ varia com a posição x do bloco.

(I)



(II)



a) Faça um gráfico, devidamente justificado, que mostre como a energia cinética $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ varia com a posição x do bloco.

Da conservação de energia,

$$E_c + E_p = E \Rightarrow E_c = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

$$\Rightarrow E_c = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$$

O gráfico ao lado mostra como E_c varia com x .

b) Calcule o módulo da velocidade do bloco quando ele passa pela posição de equilíbrio.

$$\text{Para } x = 0, \quad E_c = E = 100 \text{ J} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 100 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

c) Calcule o módulo da força que a mola exerce sobre o bloco quando ele está na posição $x = A = 0,05 \text{ m}$.

$$\text{Para } x = A = 5,0 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad E = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow 100 = \frac{1}{2}k(5,0 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow k = 8,0 \times 10^4 \text{ N/m}$$

Assim,

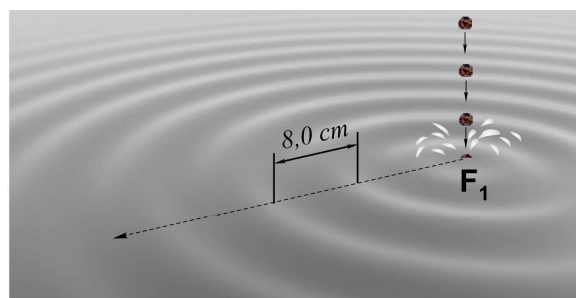
$$F = kA = 8,0 \times 10^4 \times 5,0 \times 10^{-2} = 4000 \text{ N}$$

Questão 5: Sobre um ponto F_1 da superfície da água de um lago tranquilo, caem, sucessivamente, 40 pedras durante 2 minutos, formando ondas, cuja distância entre ventres consecutivos é de $8,0 \text{ cm}$, como mostra a figura (I) abaixo.

a) Calcule a velocidade de propagação das ondas na superfície do lago.

$$T = \frac{120 \text{ s}}{40} = 3,0 \text{ s}$$

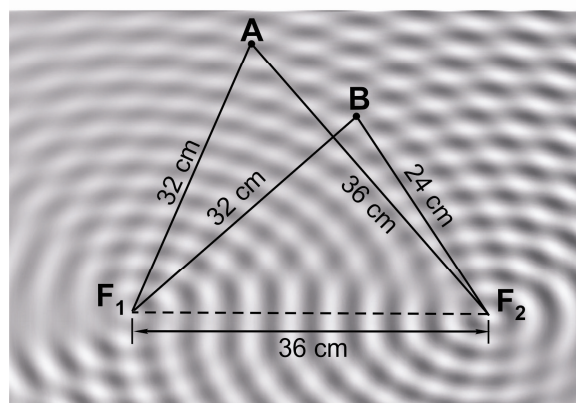
$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8,0 \text{ cm}}{3,0 \text{ s}} = 2,6 \text{ cm/s}$$



(I)

b) Calcule a frequência da onda formada na superfície do lago.

$$f = \frac{2,6 \text{ cm/s}}{8,0 \text{ cm}} = 0,32 \text{ Hz}$$



(II)

c) Suponha agora que, em um outro ponto F_2 , distante 36 cm de F_1 , caem outras pedras de forma coerente (ao mesmo tempo) com F_1 , como mostra a figura (II). Nas posições A e B , mostradas na figura, ocorrem interferência **construtiva** ou **destrutiva**? Justifique sua resposta.

Se Δs é a diferença de caminho e n um inteiro, então:

Para $\Delta s = n\lambda \rightarrow$ Interferência construtiva e para $\Delta s = \frac{n}{2}\lambda \rightarrow$ Interferência destrutiva.

Assim:

Ponto A $\rightarrow \Delta s = 36\text{ cm} - 32\text{ cm} = 4,0\text{ cm} = \frac{1}{2}\lambda \rightarrow$ Interferência destrutiva.

Ponto B $\rightarrow \Delta s = 32\text{ cm} - 24\text{ cm} = 8,0\text{ cm} = 1\lambda \rightarrow$ Interferência construtiva.

Cursos que Indicamos

Conheça os cursos e dê o próximo passo na sua preparação.

Clique na imagem ou no botão para acessar.



Código Matemática 2.0

Conhecer o curso



Curso Preparatório ENEM

Conhecer o curso



Curso Preparatório Redação ENEM

Conhecer o curso

