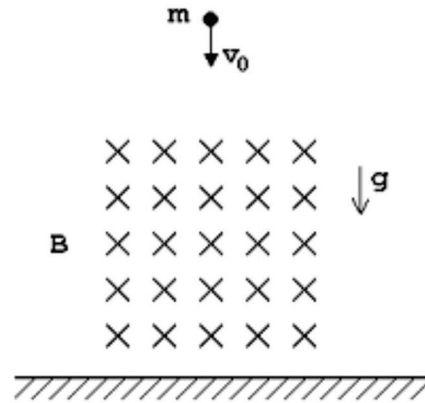


**Exercícios Dissertativos**

1. (2000)

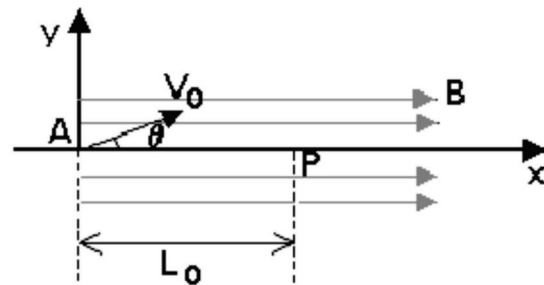
Uma partícula, de massa  $m$  e com carga elétrica  $Q$ , cai verticalmente com velocidade constante  $v_0$ . Nessas condições, a força de resistência do ar pode ser considerada como  $R_{ar} = kv$ , sendo  $k$  uma constante e  $v$  a velocidade. A partícula penetra, então, em uma região onde atua um campo magnético uniforme e constante  $B$ , perpendicular ao plano do papel e, nele entrando, conforme a figura. A velocidade da partícula é, então, alterada, adquirindo, após certo intervalo de tempo, um novo valor  $v_L$ , constante. (Lembre-se de que a intensidade da força magnética  $|F_M| = |q||v||B|$ , em unidades SI, para  $v$  perpendicular a  $B$ ).



- Expresse o valor da constante  $k$  em função de  $m$ ,  $g$  e  $v_0$ .
- Esquematize os vetores das forças (Peso,  $R_{ar}$  e  $F_M$ ) que agem sobre a partícula, em presença do campo  $B$ , na situação em que a velocidade passa a ser a velocidade  $v_L$ . Represente, por uma linha tracejada, direção e sentido de  $v_L$ .
- Expresse o valor da velocidade  $v_L$  da partícula, na região onde atua o campo  $B$ , em função de  $m$ ,  $g$ ,  $k$ ,  $B$  e  $Q$ .

2. (2001)

Um próton de massa  $M \simeq 1,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , com carga elétrica  $Q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , e lançado em A, com velocidade  $V_0$ , em uma região onde atua um campo magnético uniforme  $B$ , na direção  $x$ . A velocidade  $V_0$ , que forma um ângulo  $\theta$  com o eixo  $x$ , tem componentes  $V_{0x} = 4,0 \times 10^6 \text{ m/s}$  e  $V_{0y} = 3,0 \times 10^6 \text{ m/s}$ . O próton descreve um movimento em forma de hélice, voltando a cruzar o eixo  $x$ , em P, com a mesma velocidade inicial, a uma distância  $L_0 = 12 \text{ m}$  do ponto A. Desconsiderando a ação do campo gravitacional e utilizando  $\pi = 3$ , determine:

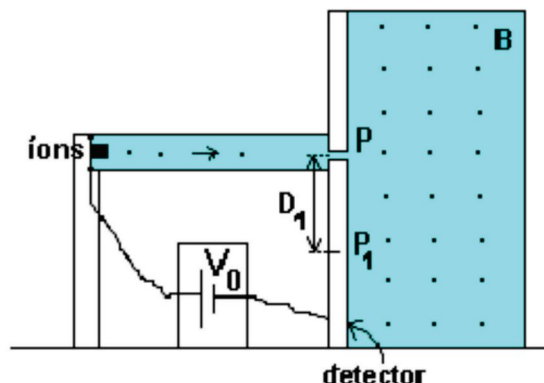


- O intervalo de tempo  $\Delta t$ , em s, que o próton leva para ir de A a P.
- O raio  $R$ , em m, do cilindro que contém a trajetória em hélice do próton.
- A intensidade do campo magnético  $B$ , em tesla, que provoca esse movimento.

Uma partícula com carga  $Q$ , que se move em um campo  $B$ , com velocidade  $V$ , fica sujeita a uma força de intensidade  $F = Q \times V_n \times B$ , normal ao plano formado por  $B$  e  $V_n$ , sendo  $V_n$  a componente da velocidade  $V$  normal a  $B$ .

3. (2002)

Um espectrômetro de massa foi utilizado para separar os íons  $I_1$  e  $I_2$ , de mesma carga elétrica e massas diferentes, a partir do movimento desses íons em um campo magnético de intensidade  $B$ , constante e uniforme. Os íons partem de uma fonte, com velocidade inicial nula, são acelerados por uma diferença de potencial  $V_0$  e penetram, pelo ponto P, em uma câmara, no vácuo, onde atua apenas o campo  $B$  (perpendicular ao plano do papel), como na figura. Dentro da câmara, os íons  $I_1$  são detectados no ponto  $P_1$ , a uma distância  $D_1 = 20\text{cm}$  do ponto P, como indicado na figura. Sendo a razão  $m_2/m_1$  entre as massas dos íons  $I_2$  e  $I_1$ , igual a 1,44, determine:

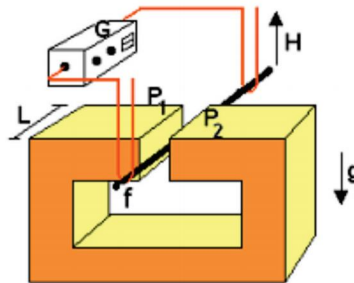


- (a) A razão entre as velocidades  $V_1/V_2$  com que os íons  $I_1$  e  $I_2$  penetram na câmara, no ponto A.  
 (b) A distância  $D_2$ , entre o ponto P e o ponto  $P_2$ , onde os íons  $I_2$  são detectados.  
 (Nas condições dadas, os efeitos gravitacionais podem ser desprezados).

Uma partícula com carga  $Q$ , que se move em um campo  $B$ , com velocidade  $V$ , fica sujeita a uma força de intensidade  $F = QV_n B$ , normal ao plano formado por  $B$  e  $V_n$ , sendo  $V_n$  a componente da velocidade  $V$  normal a  $B$ .

4. (2003) O ímã representado na figura, com largura  $L = 0,20\text{ m}$ , cria, entre seus pólos,  $P_1$  e  $P_2$ , um campo de indução magnética  $B$ , horizontal, de intensidade constante e igual a  $1,5\text{T}$ . Entre os pólos do ímã, há um fio condutor  $f$ , com massa  $m = 6,0 \times 10^{-3}\text{kg}$ , retilíneo e horizontal, em uma direção perpendicular à do campo  $B$ . As extremidades do fio, fora da região do ímã, estão apoiadas e podem se mover ao longo de guias condutores, verticais, ligados a um gerador de corrente  $G$ .

A partir de um certo instante, o fio  $f$  passa a ser percorrido por uma corrente elétrica constante  $I = 50\text{A}$ . Nessas condições, o fio sofre a ação de uma força  $F_0$ , na direção vertical, que o acelera para cima. O fio percorre uma distância vertical  $d = 0,12\text{ m}$ , entre os pólos do ímã e, a seguir, se desconecta dos guias, prosseguindo em movimento livre para cima, até atingir uma altura máxima  $H$ .



Determine

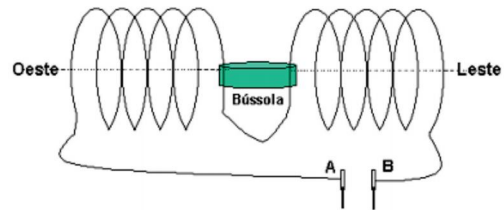
- (a) o valor da força eletromagnética  $F_0$ , em newtons, que age sobre o fio.  
 (b) o trabalho total  $\tau$ , em joules, realizado pela força  $F_0$ .  
 (c) a máxima altura  $H$ , em metros, que o fio alcança, medida a partir de sua posição inicial.

**NOTE/ADOTE**

- 1) Um fio condutor retilíneo, de comprimento  $C$ , percorrido por uma corrente elétrica  $I$ , totalmente inserido em um campo de indução magnética de módulo  $B$ , perpendicular à direção do fio, fica sujeito a uma força  $F$ , de módulo igual a  $BIC$ , perpendicular à direção de  $B$  e à direção do fio.
- 2) Aceleração da gravidade  $g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
- 3) Podem ser desprezados os efeitos de borda do campo  $B$ , o atrito entre o fio e os guias e a resistência do ar.

5. (2004)

Com auxílio de uma pequena bússola e de uma bobina, é possível construir um instrumento para medir correntes elétricas. Para isso, a bobina é posicionada de tal forma que seu eixo coincida com a direção Leste-Oeste da bússola, sendo esta colocada em uma região em que o campo magnético  $\mathbf{B}$  da bobina pode ser considerado uniforme e dirigido para Leste. Assim, quando a corrente que percorre a bobina é igual a zero, a agulha da bússola aponta para o Norte. A medida em que, ao passar pela bobina, a corrente  $\mathbf{I}$  varia, a agulha da bússola se move, apontando em diferentes direções, identificadas por  $\theta$ , ângulo que a agulha faz com a direção Norte. Os terminais A e B são inseridos convenientemente no circuito onde se quer medir a corrente. Uma medida inicial de calibração indica que, para  $\theta_0 = 45^\circ$ , a corrente  $I_0 = 2A$ .



**NOTE E ADOTE:**

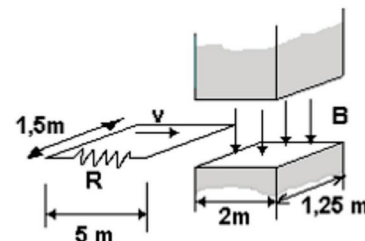
- A componente horizontal do campo magnético da Terra,  $B_T \approx 0,2$  gauss.
- O campo magnético  $B$  produzido por esta bobina, quando percorrida por uma corrente  $I$ , é dado por  $B = kI$ , em que  $k$  é uma constante de proporcionalidade.
- A constante  $k = \mu_0 N$ , em que  $\mu_0$  é uma constante  $c$  N, o número de espiras por unidade de comprimento da bobina.

Para essa montagem:

- (a) Determine a constante  $k$  de proporcionalidade entre  $B$  e  $I$ , expressa em gauss por ampère.
- (b) Estime o valor da corrente  $I_1$ , em amperes, quando a agulha indicar a direção  $\theta_1$ , representada na folha de respostas. Utilize, para isso, uma construção gráfica.
- (c) Indique, no esquema apresentado na folha de respostas, a nova direção  $\theta_2$  que a bússola apontaria, para essa mesma corrente  $I_1$ , caso a bobina passasse a ter seu número  $N$  de espiras duplicado, sem alterar seu comprimento.

6. (2005) Uma espira condutora ideal, com 1,5 m por 5,0 m, é deslocada com velocidade constante, de tal forma que um de seus lados atravessa uma região onde existe um campo magnético  $\mathbf{B}$ , uniforme, criado por um grande eletroímã. Esse lado da espira leva 0,5 s para atravessar a região do campo.

Na espira está inserida uma resistência  $\mathbf{R}$  com as características descritas. Em consequência do movimento da espira, durante esse intervalo de tempo, observa-se uma variação de temperatura, em  $R$ , de  $40^\circ C$ . Essa medida de temperatura pode, então, ser utilizada como uma forma indireta para estimar o valor do campo magnético  $B$ . Assim determine



**CARACTERÍSTICAS DO RESISTOR R:**

- Massa = 1,5 g
- Resistência =  $0,40 \Omega$
- Calor específico =  $0,33 \text{ cal/g}$

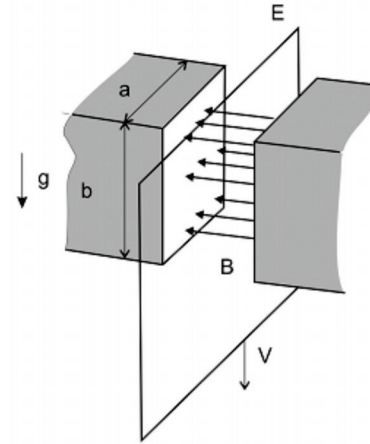
- a) a energia  $\mathbf{E}$ , em joules, dissipada no resistor sob a forma de calor.
- b) a corrente  $\mathbf{I}$ , em ampères, que percorre o resistor durante o aquecimento.
- c) o valor do campo magnético  $\mathbf{B}$ , em teslas.

**NOTE E ADOTE:**

- $1 \text{ cal} \approx 4 \text{ J}$
- $F = I B L$  é a força  $F$  que age sobre um fio de comprimento  $L$ , percorrido por uma corrente  $I$ , em um campo magnético  $B$ .
- $fem = \Delta\phi/\Delta t$ , ou seja, o módulo da força eletromotriz induzida é igual à variação de fluxo magnético  $\phi$  por unidade de tempo.
- $\phi = B \cdot S$ , onde  $B$  é a intensidade do campo através de uma superfície de área  $S$ , perpendicular ao campo.

7. (2006) Um procedimento para estimar o campo magnético de um ímã baseia-se no movimento de uma grande espira condutora  $E$  através desse campo. A espira retangular  $E$  é abandonada à ação da gravidade entre os pólos do ímã de modo que, enquanto a espira cai, um de seus lados horizontais (apenas um) corta perpendicularmente as linhas de campo.

A corrente elétrica induzida na espira gera uma força eletromagnética que se opõe a seu movimento de queda, de tal forma que a espira termina atingindo uma velocidade  $V$  constante. Essa velocidade é mantida enquanto esse lado da espira estiver passando entre os pólos do ímã. A figura representa a configuração usada para medir o campo magnético, uniforme e horizontal, criado entre os pólos do ímã. As características da espira e do ímã estão apresentadas na tabela. Para a situação em que um dos lados da espira alcança a velocidade constante  $V = 0,40 \text{ m/s}$  entre os pólos do ímã, determine:



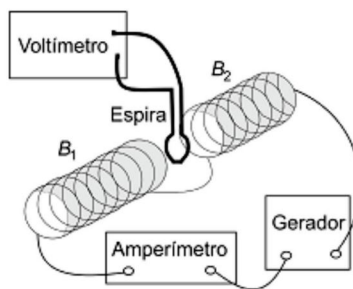
- A intensidade da força eletromagnética  $F$ , em  $N$ , que age sobre a espira, de massa  $M$ , opondo-se à gravidade no seu movimento de queda a velocidade constante.
- O trabalho realizado pela força de gravidade por unidade de tempo (potência), que é igual à potência  $P$  dissipada na espira, em watts.
- A intensidade da corrente elétrica  $i$ , em amperes, que percorre a espira, de resistência  $R$ .
- O campo magnético  $B$ , em tesla, existente entre os pólos do ímã.

Espira:	
Massa $M$	$0,016kg$
Resistência $R$	$0,10\Omega$
Dimensões do ímã	
Largura $a$ :	$0,20m$
Altura $b$ :	$0,15m$

NOTE E ADOTE $P = FV$ ; $P = i^2R$ ; $F = Bi\ell$ (Desconsidere o campo magnético da Terra).
--

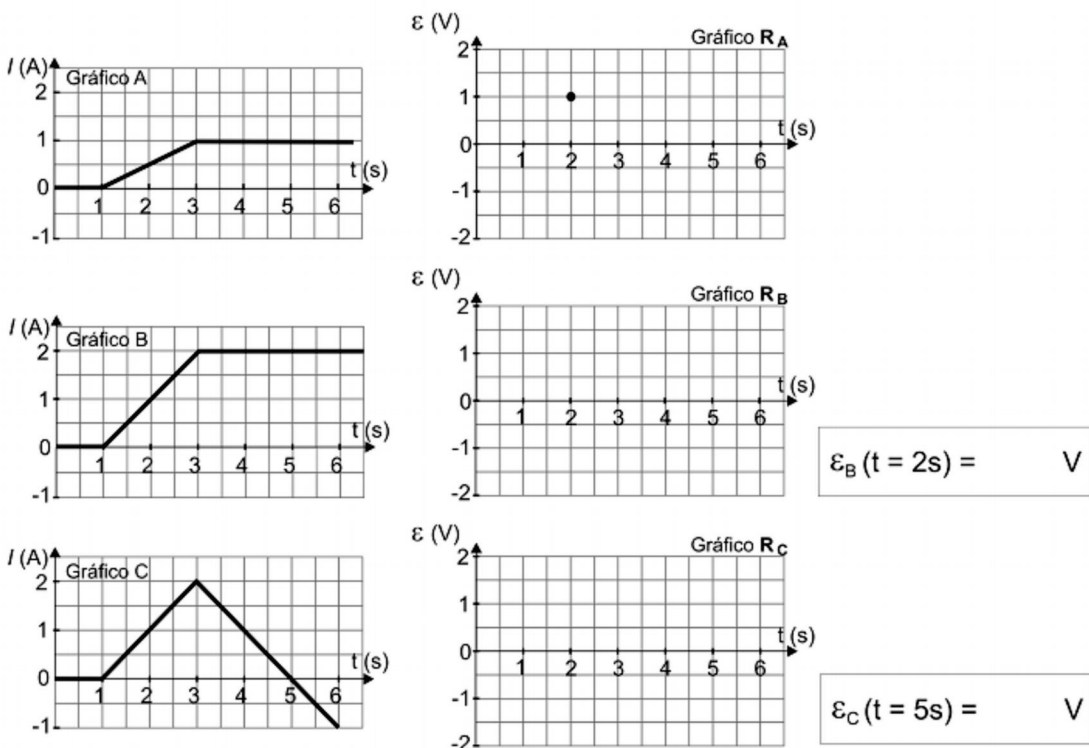
8. (2007)

Duas bobinas iguais,  $B_1$  e  $B_2$ , com seus eixos alinhados, são percorridas por uma mesma corrente elétrica e produzem um campo magnético uniforme no espaço entre elas. Nessa região, há uma espira, na qual, quando o campo magnético varia, é induzida uma força eletromotriz  $\epsilon$ , medida pelo voltímetro. Quando a corrente  $I$ , que percorre as bobinas, varia em função do tempo, como representado no Gráfico A da folha de respostas, mede-se  $\epsilon_A = 1,0V$ , para o instante  $t = 2s$ . Para analisar esse sistema,



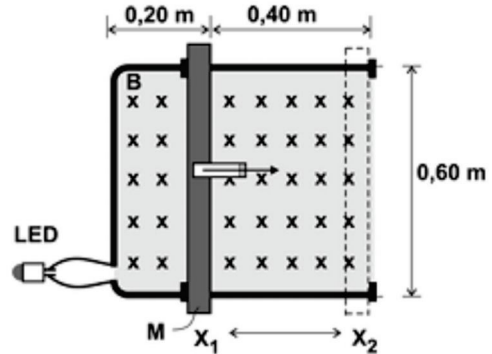
- construa, na folha de respostas, o gráfico  $R_A$ , da variação de  $\epsilon$ , em função do tempo, para o intervalo entre 0 e 6 s, quando a corrente  $I$  varia como no Gráfico A.
- determine o valor de  $\epsilon_B$  para  $t = 2s$  e construa o gráfico  $R_B$ , da variação de  $\epsilon$ , em função do tempo, para o intervalo entre 0 e 6 s, quando a corrente  $I$  varia como no Gráfico B.
- determine o valor de  $\epsilon_C$  para  $t = 5s$  e construa o gráfico  $R_C$ , da variação de  $\epsilon$ , em função do tempo, para o intervalo entre 0 e 6 s, quando a corrente  $I$  varia como no Gráfico C.

**NOTE E ADOTE**  
 A força eletromotriz induzida em uma espira é proporcional à variação temporal do fluxo do campo magnético em sua área.



9. (2008) É possível acender um LED, movimentando-se uma barra com as mãos? Para verificar essa possibilidade, um jovem utiliza um condutor elétrico em forma de U, sobre o qual pode ser movimentada uma barra M, também condutora, entre as posições  $X_1$  e  $X_2$ .

Essa disposição delimita uma espira condutora, na qual é inserido o LED, cujas características são indicadas na tabela ao lado. Todo o conjunto é colocado em um campo magnético  $B$  (perpendicular ao plano dessa folha e entrando nela), com intensidade de  $1,1\text{ T}$ . O jovem, segurando em um puxador isolante, deve fazer a barra deslizar entre  $X_1$  e  $X_2$ . Para verificar em que condições o LED acenderia durante o movimento, estime:

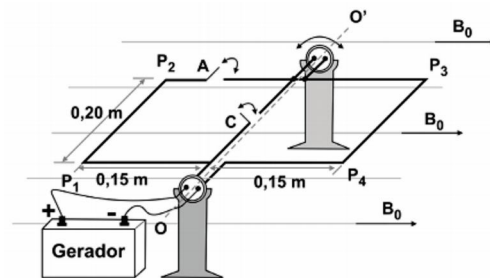


LED (diodo emissor de luz)	
Potência	24 mW
Corrente	20 mA
Luminosidade	2 Lumens

- A tensão  $V$ , em volts, que deve ser produzida nos terminais do LED, para que ele acenda de acordo com suas especificações.
- A variação  $\Delta\phi$  do fluxo do campo magnético através da espira, no movimento entre  $X_1$  e  $X_2$ .
- O intervalo de tempo  $\Delta t$ , em s, durante o qual a barra deve ser deslocada entre as duas posições, com velocidade constante, para que o LED acenda.

NOTE E ADOTE:  
 A força eletromotriz induzida  $\epsilon$  é tal que  
 $\epsilon = -\Delta\phi/\Delta t$ .

10. (2009) Para estimar a intensidade de um campo magnético  $B_0$ , uniforme e horizontal, é utilizado um fio condutor rígido, dobrado com a forma e dimensões indicadas na figura, apoiado sobre suportes fixos, podendo girar livremente em torno do eixo  $OO'$ . Esse arranjo funciona como uma "balança para forças eletromagnéticas". O fio é ligado a um gerador, ajustado para que a corrente contínua fornecida seja sempre  $i = 2,0\text{ A}$ , sendo que duas pequenas chaves, A e C, quando acionadas, estabelecem diferentes percursos para a corrente. Inicialmente, com o gerador desligado, o fio permanece em equilíbrio na posição horizontal. Quando o gerador é ligado, com a chave A, aberta e C, fechada, é necessário pendurar uma pequena massa  $M_1 = 0,008\text{ kg}$ , no meio do segmento  $P_3$ - $P_4$ , para restabelecer o equilíbrio e manter o fio na posição horizontal.

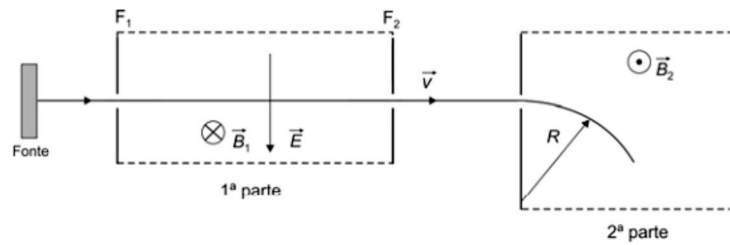


- Determine a intensidade da força eletromagnética  $F_1$ , em newtons, que age sobre o segmento  $P_3$ - $P_4$  do fio, quando o gerador é ligado com a chave A, aberta e C, fechada.
- Estime a intensidade do campo magnético  $B_0$ , em teslas.
- Estime a massa  $M_2$ , em kg, necessária para equilibrar novamente o fio na horizontal, quando a chave A está fechada e C, aberta. Indique onde deve ser colocada essa massa, levando em conta que a massa  $M_1$  foi retirada.

NOTE E ADOTE:  
 $F = iBL$   
 Desconsidere o campo magnético da Terra.  
 As extremidades  $P_1, P_2, P_3$  e  $P_4$  estão sempre no mesmo plano.



11. (2010) A figura abaixo mostra o esquema de um instrumento (espectrômetro de massa), constituído de duas partes. Na primeira parte, há um campo elétrico  $\vec{E}$ , paralelo a esta folha de papel, apontando para baixo, e também um campo magnético  $\vec{B}_1$  perpendicular a esta folha, entrando nela. Na segunda, há um campo magnético  $\vec{B}_2$ , de mesma direção que  $\vec{B}_1$ , mas em sentido oposto. Íons positivos, provenientes de uma fonte, penetram na primeira parte e, devido ao par de fendas  $F_1$  e  $F_2$ , apenas partículas com velocidade  $\vec{v}$ , na direção perpendicular aos vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{B}_1$ , atingem a segunda parte do equipamento, onde os íons de massa  $m$  e carga  $q$  têm uma trajetória circular com raio  $R$ .



- Obtenha a expressão do módulo da velocidade  $\vec{v}$  em função de  $E$  e de  $B_1$ .
- Determine a razão  $m/q$  dos íons em função dos parâmetros  $E$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  e  $R$ .
- Determine, em função de  $R$ , o raio  $R'$  da trajetória circular dos íons, quando o campo magnético, na segunda parte do equipamento, dobra de intensidade, mantidas as demais condições.

NOTE E ADOTE:

$F_{\text{elétrica}} = qE$  (na direção do campo elétrico).

$F_{\text{magnética}} = qvB \sin\theta$  (na direção perpendicular a  $\vec{v}$  e a  $\vec{B}$ ;  $\theta$  é o ângulo formado por  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ ).

Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.