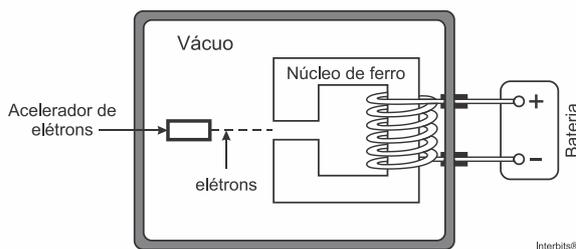




# FORÇA MAGNÉTICA

1. (UFPR 2017) Em uma câmara com vácuo, um acelerador de elétrons emite partículas que saem dele em movimento retilíneo uniforme com trajetória horizontal. Um dispositivo composto por um núcleo de ferro, um solenoide e uma bateria, conforme mostrado na figura a seguir, produz um campo magnético uniforme de 0,03 T no entreferro do núcleo de ferro. O sistema tem dimensionamento tal que o campo magnético é significativo apenas no entreferro.



a. Represente, no entreferro do núcleo de ferro da figura, as linhas de campo magnético. Justifique a sua resposta.

b. Qual é, por ação do campo magnético, o comportamento da trajetória a ser descrita pelos elétrons no núcleo de ferro no início do movimento no entreferro? Indicar também o sentido do movimento a ser executado. Justifique a sua resposta.

c. Considerando os valores aproximados, por conveniência de cálculo, para algumas das grandezas físicas mostradas abaixo, determine a aceleração de cada elétron que penetra no entreferro do núcleo de ferro se a velocidade deles, ao iniciarem o movimento no entreferro, for de 400 m/s.

$$m_{\text{elétron}} = 9.10^{-31} \text{ kg}$$

$$q_{\text{elétron}} = 1,5.10^{-19} \text{ C}$$

$$F = q.v.B.\text{sen}\theta$$

---



---



---



---

2. (FMJ 2016) Duas placas longas, planas e eletrizadas com sinais opostos e de mesmo módulo, dispostas paralelamente e distanciadas de 20 cm uma da outra, apresentam entre si diferença de potencial 200 V. Uma carga elétrica  $q$ , de sinal negativo e peso desprezível, é mantida em movimento entre as placas, paralelamente a elas e com velocidade  $v$  igual a 100 m/s, como mostra a figura.



$$q < 0 \quad \bullet \rightarrow \vec{v}$$



a. Represente na figura abaixo os vetores campo elétrico e força elétrica atuantes na carga, enquanto ela estiver na região central entre as duas placas.



$$q < 0 \quad \bullet \rightarrow \vec{v}$$



b. Considere desprezíveis os efeitos de bordas das placas eletrizadas e que a



intensidade da força magnética atuante na carga  $q$  seja dada por  $F_{mag} = Bqv\text{sen}\theta$ , em que  $B$  é a intensidade do campo magnético e  $\theta$  é o ângulo formado entre as linhas do campo magnético com a direção de  $v$ . Determine o módulo, em tesla, e o sentido do vetor campo magnético  $B$  que deve ser aplicado na região central entre as placas e perpendicularmente ao plano da figura, para manter a velocidade da carga constante em módulo e direção.

---

---

---

3. (UEMA 2016) A formação de imagem em um tubo de uma televisão é uma importante aplicação da força magnética que atua sobre uma carga elétrica em movimento. Suponha que uma partícula carregada penetre num tubo de imagem em que existe um campo magnético uniforme com velocidade “ $v$ ”, perpendicular às linhas de campo. A partir daí, realiza um movimento circular uniforme de raio  $R = 1,0$  cm, cujo período é  $T = 3,14 \times 10^{-6}$  s.

- a. Ilustre por meio de um desenho “esquema” o fenômeno descrito acima.
- b. Explique o porquê de a carga descrever um MCU.
- c. Determine a intensidade do campo, considerando a carga da partícula  $q = 2,0 \times 10^{-15}$  C e sua massa  $m = 6,0 \times 10^{-25}$  kg.
- d. Calcule o módulo da velocidade da partícula para os valores de:  $q = 4,0 \times 10^{-15}$  C,  $B = 4 \times 10^{-4}$  T e  $m = 8,0 \times 10^{-25}$  kg.

---

---

---

4. (UERJ 2015) Partículas de carga elétrica  $q$  e massa  $m$  penetram no plano horizontal de uma região do espaço na qual existe um campo magnético de intensidade  $B$ , normal a esse plano. Ao entrar na região, as partículas são submetidas a um selecionador de velocidades que deixa passar apenas aquelas com velocidade  $v_0$ . Admita que, na região do campo magnético, a trajetória descrita por uma das partículas selecionadas seja circular.

Escreva a expressão matemática para o raio dessa trajetória em função de:

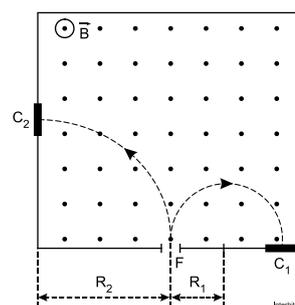
- massa, carga e velocidade da partícula;
- intensidade do campo magnético.

---

---

---

5. (UNESP 2013) Um feixe é formado por íons de massa  $m_1$  e íons de massa  $m_2$ , com cargas elétricas  $q_1$  e  $q_2$ , respectivamente, de mesmo módulo e de sinais opostos. O feixe penetra com velocidade  $V$ , por uma fenda  $F$ , em uma região onde atua um campo magnético uniforme  $B$ , cujas linhas de campo emergem na vertical perpendicularmente ao plano que contém a figura e com sentido para fora. Depois de atravessarem a região por trajetórias tracejadas circulares de raios  $R_1$  e  $R_2 = 2.R_1$ , desviados pelas forças magnéticas que atuam sobre eles, os íons de massa  $m_1$  atingem a chapa fotográfica  $C_1$  e os de massa  $m_2$  a chapa  $C_2$ .



Considere que a intensidade da força magnética que atua sobre uma partícula de carga  $q$ , movendo-se com velocidade  $v$ , perpendicularmente a um campo magnético uniforme de módulo  $B$ , é dada por  $F_{MAG} = |q| \cdot v \cdot B$ .

Indique e justifique sobre qual chapa,  $C_1$  ou  $C_2$ , incidiram os íons de carga positiva e os de carga negativa.

Calcule a relação  $m_1/m_2$  entre as massas desses íons.

---



---

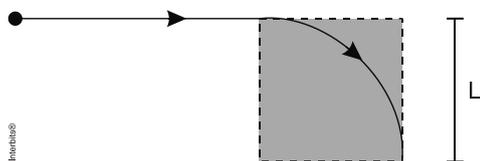


---



---

6. (UFPE 2013) Uma partícula de massa  $m$  e carga  $q$  ingressa, com velocidade horizontal de módulo  $v = 1500 \text{ km/s}$ , na extremidade superior esquerda da região acinzentada quadrada de lado  $L = 1 \text{ mm}$  (ver figura). Nesta região acinzentada existe um campo magnético uniforme, de módulo  $B = 2 \text{ T}$  e direção perpendicular à velocidade inicial da partícula e ao plano da página. A partícula deixa a região acinzentada quadrada na extremidade inferior direita. Considere apenas a força magnética atuando na partícula. Quanto vale a razão  $q/m$  (em  $\text{C/kg}$ ) dividida por  $10^7$ ?




---



---



---



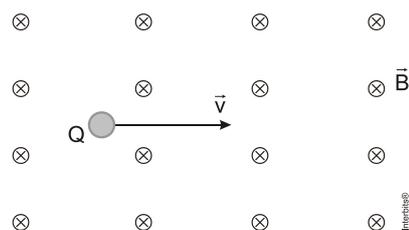
---



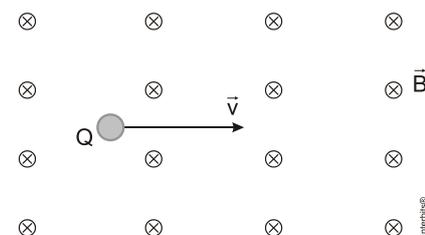
---

7. (UFPR 2011) Uma experiência interessante, que permite determinar a velocidade  $v$  com em que partículas elementares se movem, consiste em utilizar um campo magnético  $B$  em combinação com um campo elétrico  $E$ . Uma partícula elementar com carga  $Q$  negativa move-se com velocidade  $v$  paralelamente ao plano do papel (referencial inercial) e entra em uma região onde há um campo magnético  $B$  uniforme, constante e orientado para dentro do plano do papel, como mostra a figura. Ao se deslocar na região do campo magnético, a partícula fica sujeita a uma força magnética  $F_M$ .

a. Obtenha uma expressão literal para o módulo de  $F_M$  e represente na figura o vetor  $F_M$  para a posição indicada da partícula.



b. Dispõe-se de um sistema que pode gerar um campo elétrico  $E$  uniforme, constante e paralelo ao plano do papel, que produz uma força elétrica  $F_E$  sobre a partícula. Represente na figura o vetor  $E$  necessário para que a partícula de carga  $Q$  mova-se em movimento retilíneo uniforme. Em seguida, obtenha uma expressão literal para o módulo da velocidade  $v$  da partícula quando ela executa esse movimento, em função das grandezas apresentadas no enunciado.




---

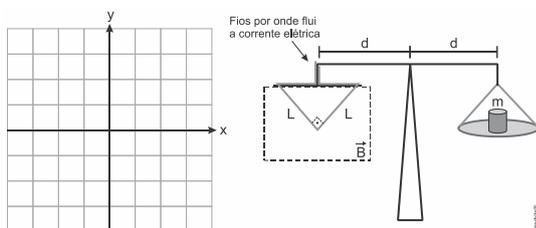


---



8. (UFJF 2017) 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  $L = 20$  cm está imersa numa região de campo magnético uniforme e de módulo igual  $10$  mT. 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.



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

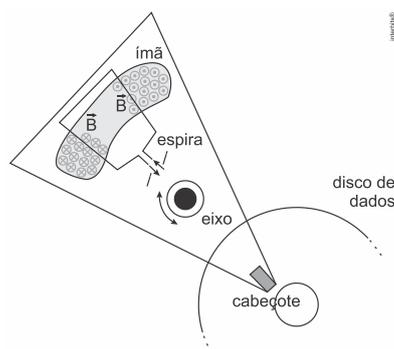
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. (UFU 2016) O esquema a seguir representa, ainda que resumidamente, o funcionamento do disco rígido de um computador, utilizado para armazenamento de dados. O conjunto é constituído por um braço giratório, sendo que, em uma de suas extremidades, há

um cabeçote de leitura e gravação, que fica sobre o disco de armazenamento de dados. Na outra extremidade desse braço, há fios enrolados em formato de espira, que se encontram sobre um ímã. Dependendo da direção que a corrente assume na espira, esse braço pode girar em torno de um eixo em sentido horário ou anti-horário, posicionando o cabeçote sobre o disco de armazenamento de dados no local desejado.



Com base nas informações, responda:

a. Se a corrente que percorre a espira tiver a direção indicada no esquema, o braço giratório se moverá em sentido horário ou anti-horário? Justifique sua resposta.

b. Sem alterar os componentes e a estrutura do disco rígido indicados na figura, qual medida pode ser tomada para que o braço giratório gire mais rapidamente em torno de seu eixo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. (UNESP 2009) Parte de uma espira condutora está imersa em um campo magnético constante e uniforme, perpendicular ao plano que a contém. Uma das extremidades de uma mola de constante elástica  $k = 2,5$  N/m está presa a um apoio externo isolado e a outra a um lado dessa espira, que mede  $10$  cm de comprimento.



Inicialmente não há corrente na espira e a mola não está distendida nem comprimida. Quando uma corrente elétrica de intensidade  $i = 0,50 \text{ A}$  percorre a espira, no sentido horário, ela se move e desloca de  $1,0 \text{ cm}$  a extremidade móvel da mola para a direita. Determine o módulo e o sentido do campo magnético.

---

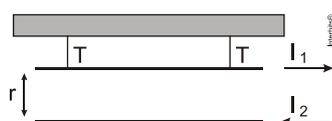


---



---

**11.** (ITA 2012) Considere dois fios paralelos, muito longos e finos, dispostos horizontalmente conforme mostra a figura. O fio de cima pesa  $0,080 \text{ N/m}$ , é percorrido por uma corrente  $I_1 = 20 \text{ A}$  e se encontra dependurado por dois cabos. O fio de baixo encontra-se preso e é percorrido por uma corrente  $I_2 = 40 \text{ A}$ , em sentido oposto. Para qual distância  $r$  indicada na figura, a tensão  $T$  nos cabos será nula?




---

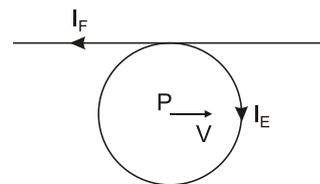


---



---

**12.** (ITA 2011) Uma corrente  $I_E$  percorre uma espira circular de raio  $R$  enquanto uma corrente  $I_F$  percorre um fio muito longo, que tangencia a espira, estando ambos no mesmo plano, como mostra a figura.



Determine a razão entre as correntes  $I_E/I_F$  para que uma carga  $Q$  com velocidade  $v$  paralela ao fio no momento que passa pelo centro  $P$  da espira não sofra aceleração nesse instante.

---



---



---

**13.** (UFPR 2010) Num aparelho de um laboratório de física nuclear, um elétron e um próton estão confinados numa região em que há um campo magnético uniforme. Ambos estão em movimento circular uniforme e as linhas do campo magnético são perpendiculares ao plano da circunferência descrita pelas duas partículas. Suponha que as duas partículas estão suficientemente separadas, de modo que uma não interfere no movimento da outra. Considere que a massa do próton é 1830 vezes maior que a massa do elétron, e que a velocidade escalar do elétron é 5 vezes maior que a velocidade escalar do próton.

- Deduza uma expressão algébrica para a razão dos raios das circunferências descritas pelo próton e pelo elétron.
- Calcule o valor numérico dessa razão.

---



---



---

**14.** (UFC 2010) Em um dado instante de tempo, uma partícula  $X$  (massa  $m$  e carga elétrica nula) e uma partícula  $Y$  (massa  $m$  e carga elétrica positiva  $q$ ) entram com



velocidades iguais e de módulo  $v$ , em uma região na qual está presente um campo magnético uniforme de intensidade  $B$ . As partículas são lançadas em um mesmo plano perpendicular ao campo magnético.

- a. Determine o intervalo de tempo  $\Delta t$  para o qual as partículas terão suas velocidades em sentidos opostos.
- b. Determine a variação da energia cinética total do sistema no intervalo de tempo encontrado no item anterior. Desconsidere quaisquer efeitos gravitacionais e de dissipação de energia.

---

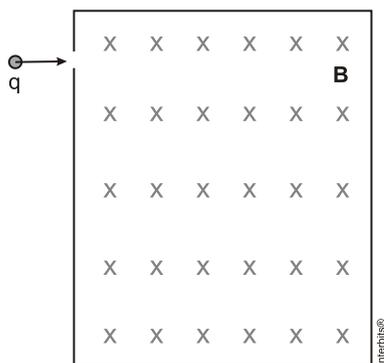


---



---

15. (UFBA 2010) Uma partícula carregada negativamente com carga de módulo igual a  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , movendo-se com velocidade de módulo  $1,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ , penetra em uma região na qual atua um campo magnético uniforme, de intensidade igual a  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ , conforme a figura.



Sabendo-se que a partícula descreve uma trajetória circular de raio igual a  $4,0 \text{ cm}$ , calcule a sua massa, desprezando a ação gravitacional.

---

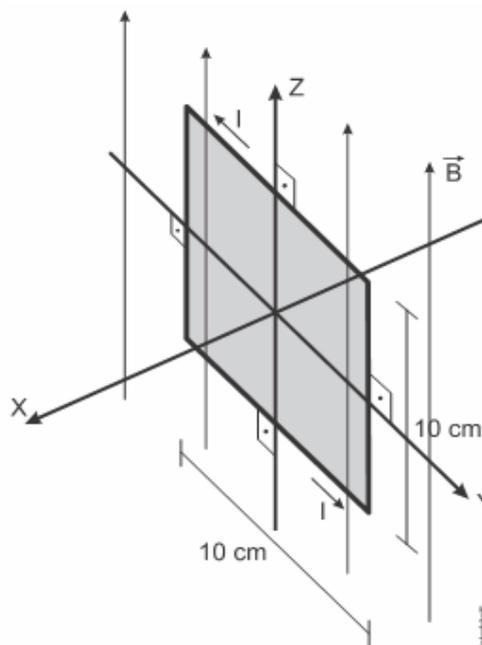


---



---

16. (UFU 2018) Esta figura, utilizando como referência os eixos  $X$  e  $Y$  mostra uma espira quadrada, feita de um fio metálico rígido, inicialmente em repouso, de lado  $10 \text{ cm}$  que se encontra, em um dado instante, no plano  $YZ$  e com corrente elétrica  $I = 10 \text{ A}$ . Nessa região do espaço, atua um campo magnético uniforme de intensidade  $B = 5 \text{ T}$  na direção do eixo  $Z$  e em seu sentido positivo.



Com base na situação descrita e representada na figura, responda.

- a. Qual a força magnética (módulo, direção e sentido) em cada lado da espira?
- b. Considerando-se apenas as forças magnéticas, qual a força resultante na espira? A espira irá se mover ou permanecerá em repouso? Justifique sua resposta.

---



---



---

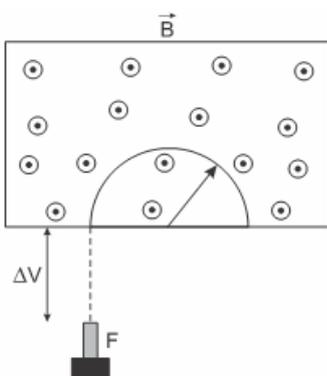


---



---

**17.** (EBMSP 2018) A espectrometria de massas é uma poderosa ferramenta física que caracteriza as moléculas pela medida da relação massa/carga de seus íons. Ela foi usada, inicialmente, na determinação de massas atômicas e vem sendo empregada na busca de informações sobre a estrutura de compostos orgânicos, na análise de misturas orgânicas complexas, na análise elementar e na determinação da composição isotópica dos elementos. A espectrometria de massas acoplada, é uma técnica analítica poderosa, usada para identificar compostos desconhecidos, quantificar compostos conhecidos e auxiliar na elucidação estrutural de moléculas. A apresenta uma vasta gama de aplicações, como por exemplo: na ecologia, na toxicologia, na geologia, na biotecnologia, e na descoberta e desenvolvimento de fármacos.



Considere a figura que representa, na forma de um esquema simplificado, um espectrômetro de massa, sendo F a fonte de íons, que são acelerados pela diferença de potencial  $\Delta V$ , entram na região onde existe o campo magnético B e descrevem uma trajetória semicircular.

Sabendo que os íons são compostos de partículas idênticas, cada uma eletrizada com a carga igual a  $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e com massa,  $1,0 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$ , que penetram, perpendicularmente, na região do campo magnético uniforme com velocidade de módulo  $10^6 \text{ m/s}$  e descrevem trajetória semicircular de raio  $1,0 \text{ mm}$ .

Determine a intensidade do campo magnético.

---



---



---

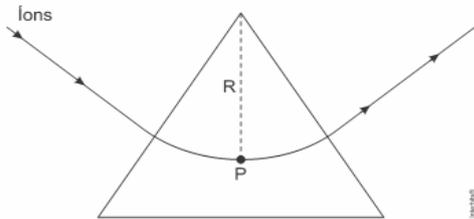
**18.** (UFJF-PISM 3 2018) A espectrometria de massas tem sido utilizada para uma enorme variedade de aplicações, como a datação de rochas, a elucidação de estrutura de compostos químicos, e até o monitoramento da qualidade de processos químicos industriais. Para analisar a composição de um gás, primeiramente é necessário submetê-lo a uma descarga elétrica para produzir íons daquele gás. Os íons produzidos são acelerados por uma diferença de potencial U e adquirem uma energia cinética  $E = qU$ , onde q é a carga do íon. Os íons são então direcionados para uma região com um campo magnético uniforme, representada pela área triangular da figura do item (b). Na região do campo magnético, os íons percorrem uma trajetória circular de raio R. Vamos supor que o espectrômetro opere com uma tensão de aceleração dos íons  $U = 960 \text{ volts}$ , e que o raio da trajetória circular seja  $R = 20 \text{ cm}$ . O módulo da carga do elétron vale  $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Deseja-se analisar íons de  $\text{Ne}^+$ , sendo que a massa m do íon vale aproximadamente  $20 \text{ g/mol}$ , e um mol equivale a  $6,0 \times 10^{23}$  átomos.

Com base nessas informações, faça o que se pede:

- Escreva uma expressão para a velocidade dos íons em função de q, m e U. Não é necessário levar em conta efeitos relativísticos.
- Considerando o ponto P da figura, desenhe o vetor velocidade do íon ( $v$ ), o vetor campo magnético (B) e o vetor força magnética ( $F_m$ ) de tal forma



que a trajetória seja circular naquele ponto. Para vetores entrando ou saindo do plano da página, use a seguinte notação: entrando no plano da página, e saindo do plano da página.



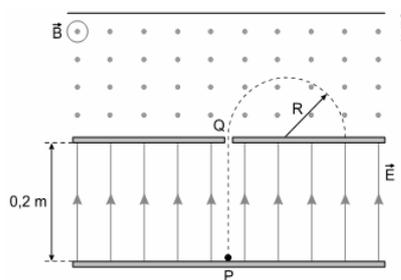
c. Calcule o valor do módulo do campo magnético no ponto P para que a trajetória dos íons seja circular.

---

---

---

19. (UNESP 2019) Em um equipamento utilizado para separar partículas eletrizadas atuam dois campos independentes, um elétrico, E e um magnético, B, perpendiculares entre si. Uma partícula de massa  $m = 4 \times 10^{-15}$  kg e carga  $q = 8 \times 10^{-6}$  C parte do repouso no ponto P, é acelerada pelo campo elétrico e penetra, pelo ponto Q, na região onde atua o campo magnético, passando a descrever uma trajetória circular de raio R, conforme a figura.



a. Sabendo que entre os pontos P e Q existe uma diferença de potencial de 40 V, que a intensidade do campo magnético é  $B = 10^{-3}$  T e desprezando ações gravitacionais sobre a partícula eletrizada, calcule:

- b. A intensidade do campo elétrico E, em N/C.
- c. O raio R, em m, da trajetória circular percorrida pela partícula na região em que atua o campo magnético B.

---

---

---

---

---

---

20. (UNICAMP 2011) Em 2011 comemoram-se os 100 anos da descoberta da supercondutividade. Fios supercondutores, que têm resistência elétrica nula, são empregados na construção de bobinas para obtenção de campos magnéticos intensos. Esses campos dependem das características da bobina e da corrente que circula por ela.

- a. O módulo do campo magnético B no interior de uma bobina pode ser calculado pela expressão  $B = \mu_0 ni$ , na qual i é a corrente que circula na bobina, n e o número de espiras por unidade de comprimento e  $\mu_0 = 1,3 \times 10^{-6}$  Tm/A. Calcule B no interior de uma bobina de 25000 espiras, com comprimento  $L = 0,65$  m, pela qual circula uma corrente  $i = 80$  A.
- b. Os supercondutores também apresentam potencial de aplicação em levitação magnética. Considere um ímã de massa  $m = 200$  g em repouso sobre um material que se torna supercondutor para temperaturas menores que uma dada temperatura crítica  $T_c$ . Quando o material é resfriado até uma temperatura  $T < T_c$ , surge sobre o ímã uma força magnética  $F_m$ . Suponha que  $F_m$  tem a mesma direção e sentido oposto ao da força peso P

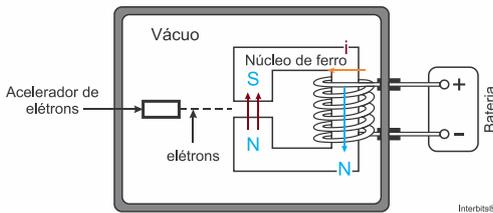




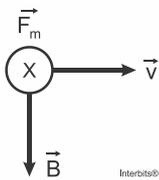
# GABARITO

1.

a. Conforme figura abaixo, usando a regra da mão direita, no sentido da corrente elétrica convencional, que sai pelo polo positivo da bateria, determina-se o sentido do campo magnético internamente ao solenoide, de cima para baixo. Com isso, determinam-se os polos no entreferro do núcleo, sendo as linhas do campo magnético agora, de baixo para cima.



b. Sendo os elétrons ejetados perpendicularmente ao campo magnético uniforme no entreferro, usando a regra da mão esquerda, nota-se que os elétrons recebem uma força perpendicular ao plano da folha, com sentido entrando no plano da folha, executando um movimento circular uniforme em que a força resultante centrípeta é dada pela própria força magnética. Figura ilustrativa abaixo.

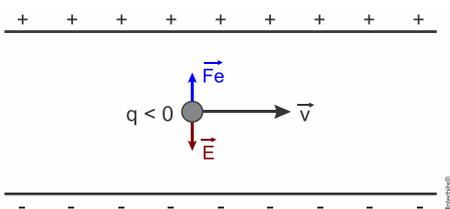


c. A aceleração de cada elétron no entreferro é dada pela aceleração centrípeta  $a_c$ , sendo a razão entre a força resultante centrípeta representada pela força de Lorentz (força magnética) e a massa do elétron:

$$F_r = m \cdot a_c \Rightarrow q \cdot \theta \cdot B \cdot \text{sen} \theta = m \cdot a_c \Rightarrow a_c = \frac{q \cdot \theta \cdot B \cdot \text{sen} \theta}{m}$$
$$a_c = \frac{1,5 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 400 \text{ m/s} \cdot 0,03 \text{ T} \cdot \text{sen} 90^\circ}{9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \therefore a_c = 2 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$$

2.

a. Representações dos vetores campo elétrico E e força elétrica  $F_e$ :

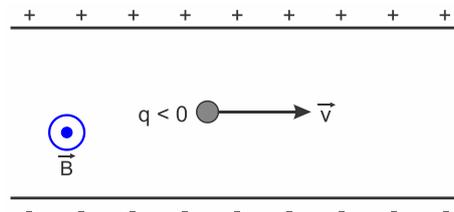


b. Como a velocidade da partícula é constante, temos um equilíbrio dinâmico e a resultante das forças é nula. Portanto, em módulo, as forças elétrica e magnética são iguais:

$$|\vec{F}_{\text{mag}}| = |\vec{F}_e| \Rightarrow q B v \text{sen} \theta = q E \Rightarrow B = \frac{V}{d v \text{sen} \theta} \Rightarrow$$

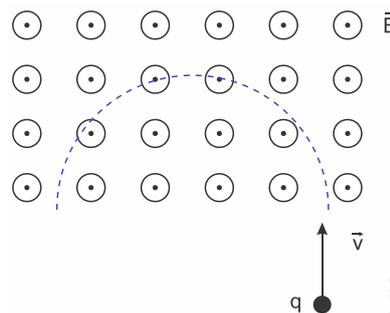
$$B = \frac{200 \text{ V}}{0,2 \text{ m} \cdot 100 \text{ m/s} \cdot \text{sen} 90^\circ} \therefore B = 10 \text{ T}$$

Usando a regra da mão direita, determinamos a direção e sentido do campo magnético B, que aponta perpendicular ao plano da folha entrando nela, representada abaixo:



3.

a. Esquema de uma partícula de carga q negativa entrando com velocidade v perpendicularmente em uma região onde o campo magnético B é de intensidade constante, sofrendo mudança de trajetória devido à ação de uma força magnética  $F_m$ .



b. O motivo para a partícula descrever um MCU (movimento circular uniforme) é que, nestas condições, há a presença de uma força magnética constante atuando perpendicularmente à velocidade e ao campo magnético, no caso para a esquerda da partícula, causando uma mudança de trajetória para o MCU pela presença de uma aceleração centrípeta constante que aponta para o centro da curva que é a força magnética.

c. A intensidade do campo magnético está relacionada com o módulo da força magnética,

que está pareada com a força centrípeta do MCU, então:

$$F_m = F_{cp} \Rightarrow q \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow B = \frac{m \cdot v}{q \cdot R} \quad (1)$$

Por outro lado, desconhecemos o valor da velocidade, mas podemos relacioná-la com o período no movimento circular:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \quad (2)$$

Substituindo a equação (2) na equação (1), ficamos com uma expressão para o cálculo da intensidade do campo sem depender da velocidade.

$$B = \frac{m \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{q \cdot R \cdot T} \Rightarrow B = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{q \cdot T}$$

$$B = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 10^{-25}}{2 \cdot 10^{-15} \cdot 3,14 \cdot 10^{-6}} \therefore B = 6 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

d. Isolando  $v$  da equação (1) e substituindo os valores fornecidos, temos:

$$v = \frac{B \cdot q \cdot R}{m} \Rightarrow v = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-15} \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{-25}} \therefore v = 2 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

4. Se o movimento é circular uniforme, a força magnética atua como resultante centrípeta.

$$F_{mag} = R_{cent} \Rightarrow |q| v B = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow \boxed{R = \frac{m v}{|q| B}}$$

5. Pela regra da mão esquerda, íons de carga positiva sofrem, inicialmente, força magnética para a direita, atingindo a placa  $C_1$ ; os íons de carga negativa sofrem, inicialmente, força magnética para a esquerda, atingindo a placa  $C_2$ .

A força magnética age como resultante centrípeta:

$$F_{MAG} = F_{cent} \Rightarrow |q| v B = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m v}{|q| B}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = \frac{m_1 v}{|q_1| B} \\ R_2 = \frac{m_2 v}{|q_2| B} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{R_1}{2 R_1} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$$

6.

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{BR} \rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{BR} \rightarrow \frac{q}{m} = \frac{1500 \times 10^3}{2 \times 1 \times 10^{-3}} = 75 \times 10^7 \text{ C/kg}$$

Como o enunciado pede a resposta dividida por  $10^7$ . Então,  $q/m / 10^7 = 75$ .

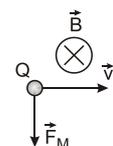
7.

a. A força magnética é dada pela expressão:

$F_M = |Q| v B \sin \theta$ , sendo  $\theta$  o ângulo formado entre os vetores  $v$  e  $B$ .

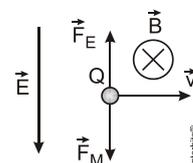
No caso, esses vetores são perpendiculares entre si. Então:  $\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1$ . A expressão da força magnética fica, então:  $F_M = |Q| v B$ .

A direção e o sentido dessa força são dados pela regra da mão direita para uma carga negativa, como indicado na figura ao lado.



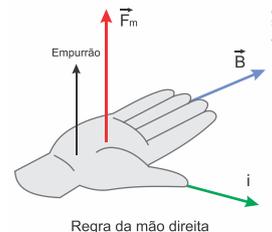
b. Como se trata de movimento retilíneo e uniforme, a força elétrica deve equilibrar a força magnética, anulando a resultante entre elas. Assim, a força elétrica deve ser vertical e para cima. Como a carga é negativa, a força elétrica tem sentido oposto ao do campo elétrico. Assim, esse campo elétrico ( $E$ ) deve ser vertical, orientado para baixo, como indica a figura abaixo.

$$F_M = F_E \Rightarrow |Q| v B = |Q| E \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

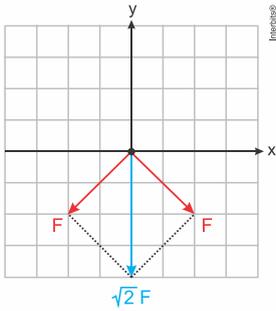


8.

a. Para que a força magnética resultante nos dois segmentos de fio equilibre a força peso do objeto colocado no prato, essa força deve ser para baixo. Para tal, pela regra da mão direita, o sentido da corrente elétrica através do circuito deve ser o indicado na figura.



b. A figura mostra a resultante das forças agindo nos segmentos de fios



A intensidade da força magnética em cada segmento de fio de comprimento  $L$ , é:  $F = BiL$ .

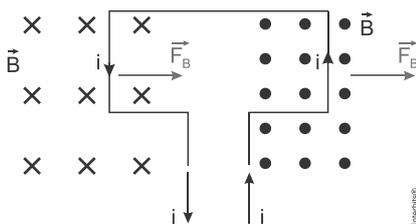
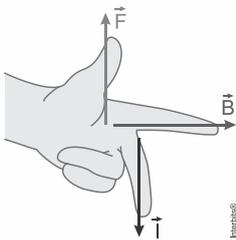
Como a balança oferece simetria, a força magnética resultante equilibra o peso da massa  $m$ .

Assim:

$$mg = \sqrt{2} F \Rightarrow m = \frac{\sqrt{2} BiL}{g}$$

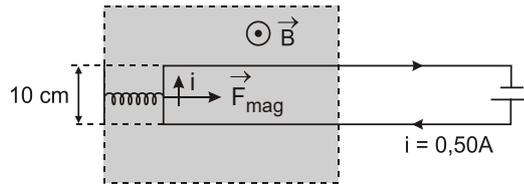
**9.**

a. Usando a regra da mão esquerda, determinamos que a força magnética está orientada para direita, pelo qual o sistema gira no sentido horário. Para melhor compreensão, observe as fotos logo abaixo.



b. Lembrando que:  $F = iL \cdot B \cdot \sin\theta$  e, considerando que não podem ser alterados os componentes e a estrutura do disco rígido, logo, deve-se aumentar a corrente que passa pela espira para que a força seja maior, fazendo o braço girar mais rapidamente.

**10.** Se a mola sofre distensão, a força magnética tem sentido para a direita. Aplicando a regra da mão direita, conclui-se que o vetor indução magnética é perpendicular ao plano da página, dela saindo, como indica a figura.



Na posição de equilíbrio a força magnética tem a mesma intensidade da força elástica.

Dados:  $i = 0,5 \text{ A}$ ;  $x = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ ;  $k = 2,5 \text{ N/m}$ ;  $L = 10 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ m}$ .

$$F_{\text{mag}} = F_{\text{elast}} \Rightarrow B i L = k x \Rightarrow B = \frac{k x}{i L} = \frac{2,5 \times 10^{-2}}{0,5 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-1}$$

$$B = 0,5 \text{ T}$$

**11.** Sabemos que condutores paralelos percorridos por correntes elétricas de sentidos opostos repelem-se, devido à interação eletromagnética entre eles, onde a intensidade da força é dada por:

$$F = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$F$ : intensidade da força trocada entre os condutores;

$\mu_0$ : permeabilidade magnética do meio. No vácuo  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (unidades no S.I.);

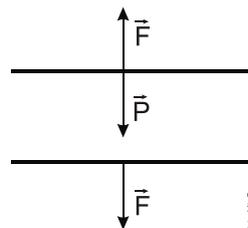
$i_1$ : intensidade da corrente elétrica que percorre o fio 1;

$i_2$ : intensidade da corrente elétrica que percorre o fio 2;

$L$ : comprimento do fio;

$r$ : distância entre os fios.

Considerando a tensão  $T$  nos cabos nula, teremos as seguintes forças atuando nos fios:



Como o fio de cima pesa  $0,080 \text{ N/m}$ , teremos:  $P = 0,080 \cdot L$  (em Newtons), onde  $L$  representa o comprimento do fio em metros.

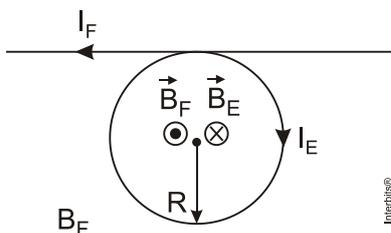
$$F = P \rightarrow \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot r} = 0,080 \cdot L \rightarrow \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2}{2 \cdot \pi \cdot r} = 0,080$$

Substituindo os valores:

$$\frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2}{2 \cdot \pi \cdot r} = 0,080 \rightarrow \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot 40}{2 \cdot \pi \cdot r} = 0,080 \rightarrow r = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

**12.** A figura dada sugere que o ponto  $P$  é o centro da espira. A figura a seguir ilustra os vetores indução magnética nesse ponto:  $B_e$ , devido à espira,

entrando perpendicularmente no plano da figura, e  $B_F$ , devido ao fio, saindo perpendicularmente do plano da figura.



A força magnética (F) tem intensidade:

$$F = |q| v B \sin \theta.$$

Para que a partícula não sofra aceleração, o vetor indução magnética no referido ponto deve ser nulo ( $B = 0$ ). Como ambos têm sentidos opostos, eles devem ter mesma intensidade.

$$B_E = B_F \Rightarrow \frac{\mu_0 I_E}{2 R} = \frac{\mu_0 I_F}{2 \pi R} \Rightarrow \frac{I_E}{I_F} = \frac{1}{\pi}$$

**13.**

a. Se ambos, próton e elétron estão em movimento circular uniforme, a força magnética age como resultante centrípeta. Assim:

$$R_{Cent} = F_{Mag} \Rightarrow \frac{m v^2}{R} = |q| v B$$

$$\Rightarrow R = \frac{m v}{|q| B}$$

Sendo  $m_e$ ;  $m_p$ ;  $v_e$ ;  $v_p$ ;  $R_e$  e  $R_p$  as massas, velocidades e raios das trajetórias do elétron e do próton, respectivamente. Lembrando que ambos têm cargas de mesmo módulo, fazendo a razão entre os raios, obtemos:

$$\frac{R_p}{R_e} = \frac{m_p v_p \times |q| B}{|q| B m_e v_e}$$

$$\Rightarrow \frac{R_p}{R_e} = \frac{m_p v_p}{m_e v_e}$$

b. Dados:  $m_p = 1.830 m_e$ ;  $v_e = 5 v_p$ .

Substituindo esses dados na expressão deduzida no item anterior, temos:

$$\frac{R_p}{R_e} = \frac{1.830 m_e v_p}{m_e 5 v_p}$$

$$\Rightarrow \frac{R_p}{R_e} = \frac{1.830}{5} = 366$$

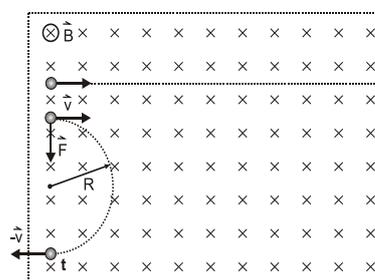
**14.**

a. A proposta desse item está totalmente mal formulada. Deveria ser: determine o intervalo de tempo  $\Delta t$ , após o qual, as partículas terão

velocidades em sentidos opostos. A partícula X não está eletrizada, não sofrendo influência do campo magnético. Como os efeitos gravitacionais são desprezados, assim como as dissipações de energia, essa partícula atravessa o campo em movimento retilíneo e uniforme.

A partícula Y, eletrizada, sofre força magnética cuja direção é dada pela regra da mão direita. Como essa força é perpendicular ao campo e à velocidade, simultaneamente, ela age como resultante centrípeta ( $R_c$ ), não alterando o módulo da velocidade dessa partícula, fazendo com que ela realize movimento circular uniforme.

O esquema abaixo ilustra as duas situações, supondo um campo magnético perpendicular ao plano dessa página, nela entrando.

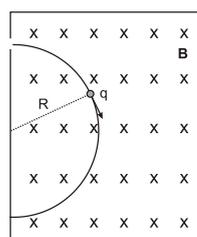


b. Como já especificado, a força magnética age como resultante centrípeta, não alterando o módulo da velocidade da partícula da partícula Y. A partícula X também não sofre variação em sua velocidade, logo a variação da energia cinética total do sistema no intervalo de tempo encontrado é nula.

**15.** Dados:  $|q| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $B = 1,5 \times 10^3 \text{ T}$ ;  $v = 10^7 \text{ m/s}$ ;  $r = 4 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$ .

Uma partícula eletrizada com carga q movendo-se, com velocidade v no interior de um campo magnético B está sujeita a uma força magnética F, que atua na direção perpendicular ao plano que contém v e B, com sentido perpendicular ao giro de v para B, se a carga é positiva e, oposto, se a carga é negativa. O módulo dessa força é dado por:

$$F = q v B \sin \theta, \text{ sendo } \theta \text{ é o ângulo entre } v \text{ e } B.$$



Observando o esquema, notamos que as duas partículas só terão sentidos opostos no instante t,



em que a partícula Y já tiver percorrido meia volta, levando para tal, um intervalo de tempo igual a meio período.

Calculemos o raio, R, da trajetória descrita pela partícula Y.

$$F = R_c \Rightarrow$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

O espaço percorrido até o instante t é  $\Delta S = \pi R$ . Assim

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\pi R}{v} = \frac{\pi m v}{v q B}$$

$$\Delta t = \frac{\pi m}{q B}$$

No caso em questão,  $v \perp B \rightarrow \sin \theta = 1$ .

Uma vez que  $F \perp v$ , na ausência de outras forças, F age sobre a partícula como resultante centrípeta não realizando trabalho sobre ela, alterando apenas a direção da sua velocidade, obrigando-a a descrever a trajetória circular, conforme mostra a figura.

Desse modo tem-se:

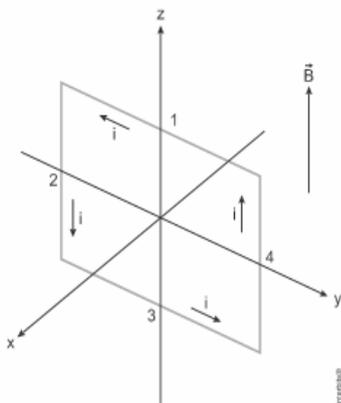
$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$m = \frac{qBR}{v} = \frac{(1,6 \times 10^{-19})(0,0015 \times 0,04)}{10^7} \Rightarrow$$

$$m = 9,6 \times 10^{-31} \text{kg.}$$

**16.**

a. Enumerando os lados da espira, temos:

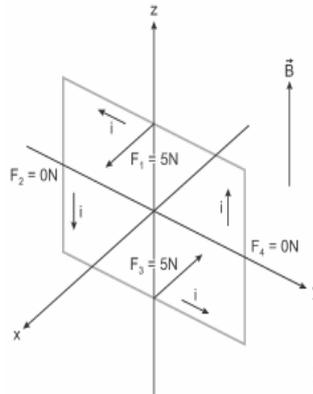


Como  $F_m = B i \sin \theta$ , com  $\theta$  sendo o ângulo entre B e i, vem:

$$F_1 = F_3 = 5 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow F_1 = F_3 = 5 \text{ N}$$

$$F_2 = F_4 = 5 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot \sin 0^\circ \Rightarrow F_2 = F_4 = 0 \text{ N}$$

b. Pela regra da mão direita, determinamos os vetores força magnética em cada um dos lados da espira:



Como podemos observar, a força resultante na espira é nula, mas haverá um torque não nulo que o fará girar em torno do eixo y.

**17.** Na região do campo magnético, a força magnética sobre a partícula atua como resultante centrípeta. Logo:

$$F_m = F_{cp}$$

$$Bqv = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow B = \frac{mv}{qR} = \frac{10^{-14} \cdot 10^6}{10^{-6} \cdot 10^{-3}}$$

$$\therefore B = 10 \text{ T}$$

**18.**

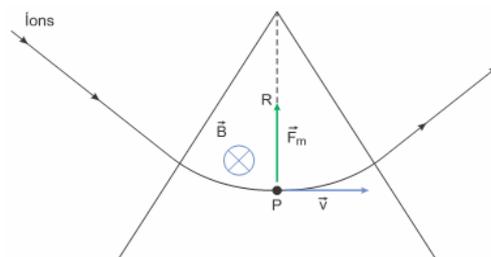
a. A energia cinética adquirida pela diferença de potencial elétrico pode ser comparada com a sua expressão da mecânica, assim obtemos a velocidade.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} = q \cdot U$$

Isolando a velocidade da equação acima, temos sua expressão:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}$$

b. Pela regra da mão direita, a força magnética deve apontar para cima e o campo magnético para dentro da folha e a velocidade tangente à trajetória circular.





c. Para que a trajetória dos íons seja circular, devemos igualar a força magnética à resultante centrípeta usando a expressão anterior para a velocidade dos íons:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta, \text{ sendo que } \theta = 90^\circ \text{ (sen}\theta = 1\text{)}.$$

$$F_c = \frac{m}{R} \cdot v^2 \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}$$

Juntando as equações e isolando o campo magnético:

$$q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} \cdot B = \frac{m}{R} \cdot \left( \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} \right)^2 \Rightarrow B = \frac{m}{R} \cdot \frac{2 \cdot q \cdot U}{m \cdot q} \cdot \sqrt{\frac{m}{2 \cdot q \cdot U}}$$
$$B = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{q}}$$

Substituindo os valores no SI, temos:

$$B = \frac{1}{0,2 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 960 \text{ V}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}} \therefore B = 0,1 \text{ T}$$

### 19.

a. Para o campo elétrico uniforme, temos:

$$V = E \cdot d$$

$$40 = E \cdot 0,2$$

$$\therefore E = 200 \text{ N/C}$$

b. Aplicando o teorema da energia cinética para determinar a velocidade da partícula, vem:

$$\tau_{PQ} = E c_Q - E c_P$$

$$qV = \frac{mv_Q^2}{2} - \frac{mv_P^2}{2}$$

$$8 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = \frac{4 \cdot 10^{-15} \cdot v_Q^2}{2} - 0$$

$$v_Q = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Na região do campo magnético, temos que:

$$F_{mg} = F_{cp}$$

$$B|q|v_Q = \frac{mv_Q^2}{R}$$

$$R = \frac{mv_Q}{B|q|} = \frac{4 \cdot 10^{-15} \cdot 4 \cdot 10^5}{10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}$$

$$\therefore R = 0,2 \text{ m}$$

20. a. Dados:  $\mu_0 = 1,3 \times 10^{-6} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ ;  $N = 25.000$  espiras;  $L = 0,65 \text{ m}$ ;  $i = 80 \text{ A}$ .

$$B = \mu_0 n i \rightarrow B = \mu_0 N/L i = 1,3 \times 10^{-6} \times 25.000/0,65 \times 80 \rightarrow B = 4,0 \text{ T}.$$

b) Dados:  $m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$ ;  $d = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$ ;  $a_r = 0,5 \text{ m/s}^2$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Se o imã sobe em movimento acelerado,  $F_m > P$ .

Do Princípio Fundamental da Dinâmica:  $F_m - P = m a_r \Rightarrow F_m = m a_r + m g = 0,2 (0,5 + 10) \Rightarrow F_m = 2,1 \text{ N}$ .

Calculando o trabalho:  $W_{Fm} = F_m d = 2,1 \times 2 \times 10^{-3} \Rightarrow W_{Fm} = 4,2 \times 10^{-3} \text{ J}$ .

ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---

-  contato@biologiatotal.com.br
-  /biologiajubulut
-  Biologia Total com Prof. Jubilut
-  @biologiatotaloficial
-  @Prof\_jubilut
-  biologijubilut