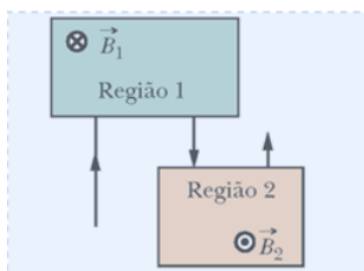
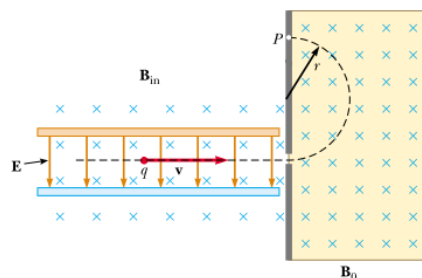


1. Na figura, um elétron com velocidade $V = 4000 \text{ m/s}$ penetra na região 1 no instante $t = 0$. Nessa região existe um campo magnético uniforme dirigido para dentro do papel, de módulo $|B_1| = 0,01 \text{ T}$. O elétron descreve uma semicircunferência e deixa a região 1, dirigindo-se para a região 2, situada a 1 metro de distância da região 1. Na região 2, existe um campo magnético uniforme dirigido para fora do papel de módulo $B_2 = 0,02 \text{ T}$. O elétron descreve uma semicircunferência e deixa a região 2.

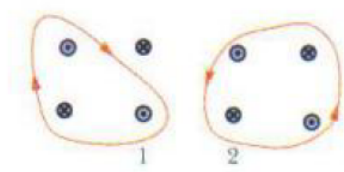


- Calcule o módulo da força magnética sobre o elétron na região 1 e na região 2.
 - Utilizando a lei de Newton, determine o raio da órbita circular descrita pelo elétron.
 - Determine o instante t em que a partícula deixa a região 2.
 - Considere que existe uma diferença de potencial $\Delta V = 2000 \text{ volts}$ entre as duas regiões, com uma polaridade tal que a velocidade do elétron aumenta no percurso entre a região 1 e a região 2. Determine o tempo que demora para a partícula atravessar a região 2.
 - Determine o trabalho do campo magnético no trecho circular da região 2.
2. Um espectrômetro de massa possui um campo elétrico uniforme de módulo $E = 1,75 \times 10^4 \text{ V/m}$ e dois campos magnéticos, também uniformes, com magnitudes $B = 2,5 \times 10^{-3} \text{ T}$ e $B_0 = 4,0 \times 10^{-4} \text{ T}$, orientados como na figura. Se uma partícula de carga q for lançada com uma certa velocidade \vec{V} , tal que na primeira região o movimento é retilíneo e uniforme, e na segunda região a trajetória é circular e tem



raio $R = 2,8 \text{ cm}$, determine (despreze a gravidade e o campo magnético terrestre):

- O sinal da carga elétrica.
 - O módulo da velocidade \vec{V} ;
 - A razão carga por massa.
 - Se o módulo da carga for $|q| = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$, qual o valor da massa dessa partícula?
 - O trabalho do campo magnético no trecho circular.
3. Um fio de $50,0 \text{ cm}$ de comprimento é percorrido por uma corrente de $0,500 \text{ A}$ no sentido positivo do eixo x na presença de um campo magnético $\vec{B} = (3,00 \text{ mT})\hat{j} + (10,0 \text{ mT})\hat{k}$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força que o campo magnético exerce sobre o fio?
4. Um fio de 2 metros de comprimento leva uma corrente de $8,2 \text{ A}$ e está imerso em um campo magnético uniforme \vec{B} . Quando o fio está ao longo do eixo $+x$, uma força magnética $\vec{F} = (-2,5\hat{j}) \text{ N}$ atua sobre o fio e, quando o fio está sobre o eixo $+y$, a força é $\vec{F} = (2,5\hat{i} - 5\hat{k}) \text{ N}$. Ache \vec{B} .
5. Os oito fios da figura conduzem correntes iguais de $2,0 \text{ A}$ para dentro ou para fora do papel. Duas curvas estão indicadas para a integral de linha $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l}$. Determine o valor da integral:
- para a curva 1;
 - para a curva 2.
6. Um condutor consiste de um loop circular de raio R e duas seções retas e muito longas. O



fio encontra-se no plano do papel e conduz uma corrente I . Determine o campo magnético no centro da espira utilizando explicitamente a Lei de Biot-Savart, a Lei de Ampère, ou ambas.

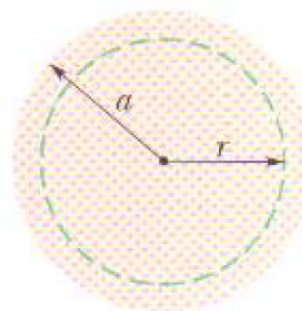


7. Use a lei de Ampère para obter a expressão do campo magnético gerado por um fio infinito, justificando os passos realizados. Assumindo que a expressão da força magnética sobre um fio reto é $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$, encontre a equação que fornece a força por unidade de comprimento (\vec{F}/L) que um condutor por onde passa uma corrente I_1 exerce sobre outro condutor paralelo a ele por onde passa uma corrente I_2 .

Considere agora que três fios paralelos conduzem correntes de módulo igual a $I_1 = I_3 = I$ e $I_2 = 2I$, como indicado na figura. Calcule o módulo da força magnética resultante por unidade de comprimento (\vec{F}/L) sobre cada fio e desenhe essa força em cada fio.



8. A figura mostra uma seção reta de um fio cilíndrico longo de raio $a = 2,00$ cm que conduz uma corrente uniforme de 170 A. Determine o módulo do campo magnético produzido pela corrente a uma distância do eixo do fio igual a:



- 0;
- 1,00 cm;
- 2,00 cm (superfície do fio);
- 4,00 cm.

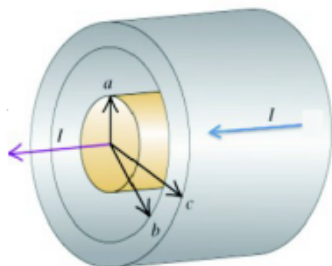
9. Um condutor muito longo possui a forma de um cilindro oco, sendo a o raio interno e b o raio externo. Ele conduz uma corrente I uniformemente distribuída ao longo da seção reta do fio. Deduza a expressão para o campo magnético nas seguintes regiões usando a Lei de Ampère:

- $r < a$
- $a < r < b$
- $r > b$

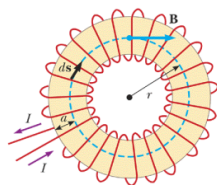
Para cada um dos itens acima, desenhe o caminho de integração e justifique os passos da sua dedução.

10. Um cabo coaxial é formado por um condutor interno e um condutor externo conforme mostra a figura. As distâncias entre o eixo de simetria e os pontos a, b, c da figura são respectivamente R_a, R_b, R_c . Considerando que os condutores sejam maciços e que a corrente elétrica seja uniformemente distribuída em seu interior, determine o campo magnético $B(r)$ a uma distância r do eixo de simetria para:

- $r < R_a$
- $R_a < r < R_b$
- $R_b < r < R_c$
- $r > R_c$

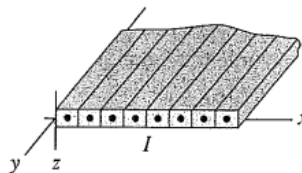


11. Repita o exercício anterior considerando que a corrente externa da figura está no sentido contrário ao indicado nela.
12. Dado o toro de raios $r_1 < r_2$, calcule o campo magnético em função da distância ao centro da bobina. Explique sua resposta.



13. Uma espira quadrada cujo fio tem uma volta, tem lados de 2,00 cm e transporta uma corrente de 0,200 A. A espira encontra-se dentro de um solenoide, com o plano da espira perpendicular ao campo magnético do solenoide. O solenoide tem 30 voltas/cm e carrega uma corrente de 15,0 A no sentido horário. Encontre a força em cada lado da espira.
14. *Um plano infinito que conduz corrente.* Condutores retilíneos longos, com seções retas quadradas, cada um deles conduzindo uma corrente I , são colocados um ao lado do outro, formando uma placa fina que se estende até o infinito (ver Figura). Os condutores se distribuem sobre o plano xy paralelamente ao eixo Oy e conduzem uma corrente no sentido $+Oy$. Existem n condutores por unidade de comprimento ao longo do eixo Ox .

- a) Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético a uma distância a abaixo do plano da corrente.

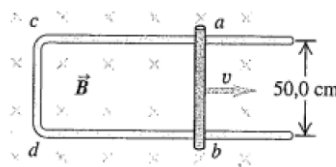


- b) Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético a uma distância a acima do plano da corrente.

15. Uma bobina com raio de 4,0 cm, com 500 espiras, é colocada em um campo magnético uniforme que varia com o tempo de acordo com a relação $B = (0,0120 \text{ T/s})t + (3,0 \times 10^{-5} \text{ T/s}^4)t^4$. A bobina está conectada a um resistor de 600 Ω e seu plano é perpendicular ao campo magnético. A resistência da bobina pode ser desprezada.

- a) Calcule o módulo da fem induzida na bobina em função do tempo.
- b) Qual é o módulo da corrente que passa no resistor para $t = 5,0 \text{ s}$?

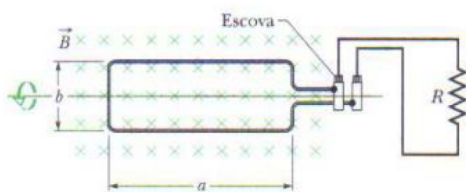
16. Na figura, uma barra condutora ab está em contato com os trilhos ca e db . O dispositivo encontra-se em um campo magnético uniforme de 0,800 T perpendicular ao plano da figura.



- a) Calcule o módulo da fem induzida na barra quando ela se desloca da esquerda para a direita com velocidade igual a 7,50 m/s.
- b) Em que sentido a corrente flui na barra?
- c) Sabendo que a resistência do circuito $abcd$ é igual a 1,50 Ω (supostamente constante), determine o módulo, a direção e o sentido da força necessária para manter a barra se deslocando da esquerda para a direita com velocidade de 7,50 m/s. Despreze o atrito.

- d) Compare a taxa do trabalho mecânico realizado pela força magnética à taxa da energia térmica dissipada no circuito.

17. Uma bobina retangular de comprimento a e largura b , com N espiras, gira com frequência f na presença de um campo magnético uniforme \vec{B} , como mostra a figura. A bobina está ligada a cilindros metálicos que giram solidariamente a ela e nos quais estão apoiadas escovas metálicas que fazem contato com um circuito externo.



- a) Mostre que a força eletromotriz induzida na bobina é dada (em função do tempo t) pela equação:

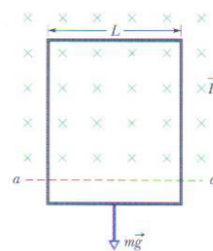
$$\varepsilon = 2\pi f N a b B \sin(2\pi f t) = \varepsilon_0 \sin(2\pi f t)$$

Este é o princípio de funcionamento dos geradores comerciais de corrente alternada.

- b) Para que valor de Nab a força eletromotriz gerada tem uma amplitude $\varepsilon_0 = 150$ V quando a bobina gira com uma frequência de 60,0 revoluções por segundo em um campo magnético uniforme de 0,500 T?

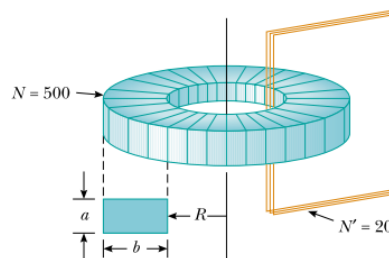
18. Na figura, uma espira retangular muito longa, de largura L , resistência R e massa m está inicialmente suspensa na presença de um campo magnético horizontal uniforme \vec{B} orientado para dentro da folha, que existe apenas cima da reta aa . Deixa-se cair a espira, que acelera sob a ação da gravidade até atingir uma certa velocidade terminal V_{term} (velocidade alcançada quando a aceleração vai a zero).

- a) Obtenha a corrente induzida na espira quando a velocidade de queda for v . Justifique o sentido da corrente a partir da lei de Lenz.



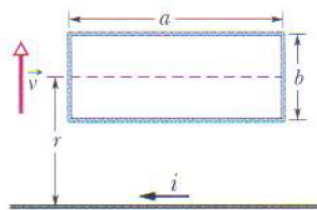
- b) Encontre a força magnética (módulo, direção e sentido) sobre a espira quando a velocidade de queda for v .
- c) Obtenha a velocidade de queda da espira em função do tempo e a velocidade terminal.

19. Um toroide com uma seção reta retangular ($a = 2,00$ cm por $b = 3,00$ cm) e um raio interno de $R = 4,00$ m consiste de 500 voltas de um fio que carrega uma corrente sinusoidal $I = I_{\text{max}} \sin \omega t$, com $I_{\text{max}} = 50,0$ A e uma frequência $f = \omega/2\pi = 60,0$ Hz. Uma bobina cujo fio faz 20 voltas é colocada em volta do toroide, como mostra a figura. Determine a fem induzida na bobina como função do tempo.

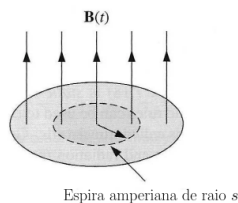


20. Na figura, uma espira retangular de comprimento $a = 2,2$ cm, largura $b = 0,80$ cm e resistência $R = 0,40$ mΩ é colocada nas vizinhanças de um fio infinitamente longo percorrido por uma corrente $i = 4,7$ A. Em seguida, a espira é afastada do fio com uma velocidade constante $v = 3,2$ mm/s. Quando o centro da espira está a uma distância $r = 1,5b$ do fio, determine:

- a) o valor absoluto do fluxo magnético que atravessa a espira;
- b) a corrente induzida na espira.



21. Um campo magnético uniforme $\vec{B}(t)$, apontando para cima, preenche uma região circular sombreada na figura. Se $|\vec{B}|$ está crescendo com o tempo, qual o campo elétrico induzido?



May Maxwell be with you :)
Boa prova!

Informações adicionais

Quando não for fornecido, considerar:

- massa do elétron = $m_e = 9,10 \times 10^{-31}$ kg
- massa do próton = $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
- carga do elétron = $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.
- Permeabilidade do vácuo = $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T · m/A

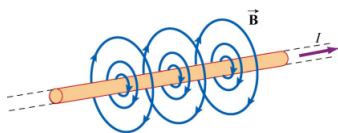


Figura 1: Campo magnético gerado por um fio longo

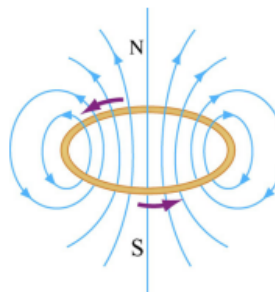


Figura 2: Campo magnético gerado por uma espira circular

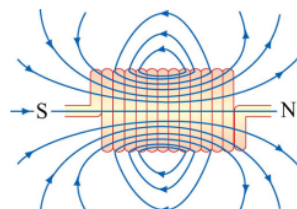
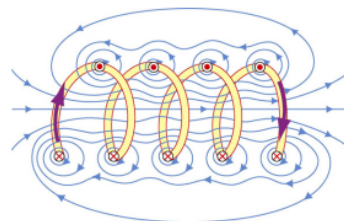


Figura 3: Campo magnético gerado por um solenóide

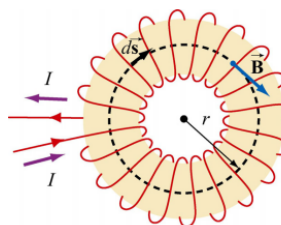


Figura 4: Campo magnético gerado por um toróide

Respostas

1. a) $F_1 = 6,4 \times 10^{-18} \text{ N}$ $F_2 = 1,28 \times 10^{-17} \text{ N}$
 b) $r_1 = 2,25 \times 10^{-6} \text{ m}$ $r_2 = 1,125 \times 10^{-6} \text{ m}$.
 c) $t = \frac{\pi r_1}{V} + \frac{1 \text{ metro}}{V} + \frac{\pi r_2}{V} = 0,000250003 \text{ s}$.
 d) $\Delta t = 8,83 \times 10^{-10} \text{ s}$ (repare que o tempo NÃO depende da velocidade.)
 e) $W = 0 \text{ J}$, pois a força magnética é sempre perpendicular ao deslocamento.
2. a) Pela regra da mão esquerda/direita, a carga é positiva.
 b) $V = 7 \times 10^6 \text{ m/s}$.
 c) $\frac{q}{m} = 6,25 \times 10^{11} \text{ C/kg}$
 d) $m = 5,12 \times 10^{-31} \text{ kg}$.
 e) $W = 0 \text{ J}$.
3. $\vec{F}_B = (-2,50 \times 10^{-3} \hat{j} + 0,750 \times 10^{-3} \hat{k}) \text{ N}$.
4. -
5. a) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = -2,5 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
 b) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$
6. $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R} \left(\frac{1}{\pi} + 1 \right) (-\hat{k})$
7. $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $\frac{\vec{F}_2}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \hat{j}$
 Considerando os três fios: $\frac{\vec{F}_1}{L} = \frac{3\mu_0 I^2}{4\pi d} \hat{j}$
 $\frac{\vec{F}_2}{L} = \vec{0}$ $\frac{\vec{F}_3}{L} = -\frac{3\mu_0 I^2}{4\pi d} \hat{j}$
 Resolução completa disponível na prova 2013.3 P2 Questão 1.
8. a) $B = 0 \text{ T}$.
 b) $B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi a^2} = 8,50 \times 10^{-4} \text{ T}$.
 c) $B = 1,70 \times 10^{-3} \text{ T}$.
 d) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 8,50 \times 10^{-4} \text{ T}$.
9. a) $B = 0$.
- b) $B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \frac{I(r^2 - a^2)}{(b^2 - a^2)}$
- c) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
10. a) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_a^2} r$
 b) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
 c) $\frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 + \frac{r^2 - R_b^2}{R_c^2 - R_b^2} \right)$
 d) $B = \frac{\mu_0 I}{\pi r}$
11. a) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_a^2} r$
 b) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
 c) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_b^2}{R_c^2 - R_b^2} \right)$
 d) $B = 0$
12. $r < r_1 \Rightarrow B \approx 0$, $r > r_2 \Rightarrow B \approx 0$,
 $r_1 < r < r_2 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$.
 Assumimos um solenóide ideal e desprezamos a componente do campo magnético perpendicular ao plano da figura.
13. $|\vec{F}| = 226 \mu\text{N}$ em cada lado. Todas direcionadas para longe do centro da espira.
14. a) $B = \frac{1}{2} \mu_0 I n$ horizontal para a direita.
 b) $B = \frac{1}{2} \mu_0 I n$ horizontal para a esquerda.
15. a) $\varepsilon = 0,0302 \text{ V} + (3,02 \times 10^{-4} \text{ V/s}^3) t^3$
 b) $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0,0680 \text{ V}}{600 \Omega} = 1,13 \times 10^{-4} \text{ A}$.
16. a) $\varepsilon = vBL = 3,00 \text{ V}$
 b) De b para a no bastão.
 c) $F_{\text{ext}} = 0,800 \text{ N}$ horizontal para a direita.
 d) $P_{\text{mec}} = F_{\text{ext}} V = 6,00 \text{ W}$ $P_{\text{térmica}} = I^2 R = 6,00 \text{ W}$. Os dois valores são iguais, como esperado pela conservação da energia.
17. a) Demonstração. Lembrar que $\omega = 2\pi f$.

b) $Nab = 0,796 \text{ m}^2$.

18. a) $i = \frac{BLV}{R}$

b) $\vec{F}_B = \frac{B^2 L^2 V}{R} (-\hat{i})$

c) $V(t) = \frac{mgR}{B^2 L^2} \left(1 - e^{\frac{B^2 L^2}{mR} t}\right)$
 $V_{\text{terminal}} = \frac{mgR}{B^2 L^2}$

19. $\varepsilon = -N' \frac{d\Phi_B}{dt} =$
 $-N' \left(\frac{\mu_0 N I_{\text{max}}}{2\pi} \right) \omega a \ln \left(\frac{b+R}{R} \right) \cos \omega t =$
 $-(0,422V) \cos \omega t$

20. a) $|\Phi_B| = \frac{\mu_0 i a}{2\pi} \ln \left(\frac{r+b/2}{r-b/2} \right) = 1,4 \times$
 10^{-8} Wb

b) $i_{\text{ind}} = |\varepsilon/R| = 1,0 \times 10^{-5} \text{ A}$

21. $|\vec{E}| = -\frac{s}{2} \frac{dB}{dt}$ no sentido horário.