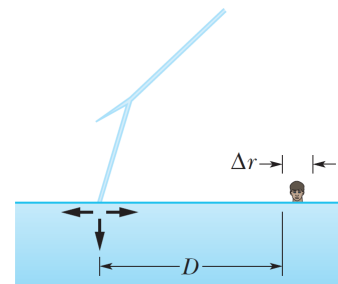


Eletricidade e magnetismo, 2017. Lista 2.

- Determine a corrente em um fio de raio $R = 3,40\text{mm}$ se o módulo da densidade de corrente é dado por (a) $J_a = J_0 r/R$ e (b) $J_b = J_0(1 - r/R)$, onde r é a distância radial e $J_0 = 5,50 \times 10^4 \text{A/m}^2$. (c) Para qual das duas funções a densidade de corrente perto da superfície do fio é maior? R: (a) 1.33A , (b) 0.666A , (c) para J_a
- (Transmissão de impulsos nervosos)** Células nervosas transmitem sinais elétricos através de seus axônios tubulares longos. Esses sinais se propagam graças ao repentino ímpeto dos íons Na^+ , cada um com carga $+e$, dentro do axônio. Experimentos mostram que entram, tipicamente, cerca de 5.6×10^{11} íons Na^+ por metro de axônio, durante um tempo de 10ms . Qual é a corrente devido à esse fluxo de cargas em um metro de axônio?
- (Enguias elétricas)** Enguias elétricas geram pulsos elétricos ao longo de sua pele que podem ser usadas para espantar um inimigo quando estes entram em contato. Testes mostraram que esses pulsos podem chegar a 500V e produzir correntes de 80mA (ou mais). Um pulso típico dura 10ms . Qual a potência e quanto de energia é liberado com um simples pulso ao infeliz inimigo, assumindo a corrente estacionária?
- (Tratamento de doenças do coração)** Um desfibrilador de coração é usado para ajudar o coração à voltar a bater caso ele tenha parado. Isso é feito passando-se uma alta corrente de 12A pelo corpo entre 25V por um curto período de tempo, que usualmente é de 3ms . (a) Qual a potência liberada pelo desfibrilador ao corpo e (b) quanto de energia é transferido?
- Quanto tempo os elétrons levam para ir da bateria de um carro até o motor de arranque? Suponha que a corrente é de 300A e que o fio de cobre que liga a bateria ao motor de arranque tem $0,85\text{m}$ de comprimento e uma seção reta de $0,21\text{cm}^2$. O número de portadores de carga por unidade de volume é $8,49 \times 10^{28} \text{m}^{-3}$. R: 13min .
- As especificações de uma lâmpada de lanterna são $0,30\text{A}$ e $2,9\text{V}$ (os valores da corrente e tensão de trabalho, respectivamente). Se a resistência do filamento de tungstênio da lâmpada à temperatura ambiente (20°C) é $1,1\Omega$, qual é a temperatura do filamento quando a lâmpada está acesa? R: $1.8 \times 10^3^\circ\text{C}$.
- Um cabo elétrico é formado por 125 fios com uma resistência de $2,65\mu\Omega$ cada um. A mesma diferença de potencial é aplicada às extremidades de todos os fios, o que produz uma corrente total de $0,750\text{A}$. (a) Qual é a corrente em cada fio? (b) Qual é a diferença de potencial aplicada? (c) Qual

é a resistência do cabo? R: (a) $6.00 \times 10^{-3}\Omega$, (b) $1.59 \times 10^{-8}\text{V}$ (c) $2.12 \times 10^{-8}\Omega$.

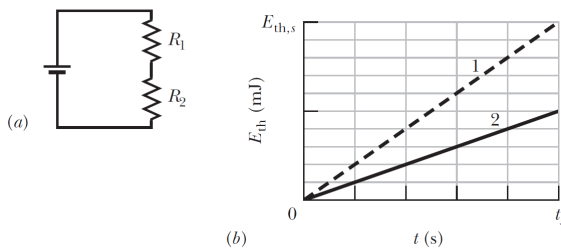
- (Atingido por um raio)** Raios podem gerar correntes elétricas da ordem de 25000A e que duram por $40\mu\text{s}$. Se uma pessoa é atingida por um raio com essas características a corrente irá passar pelo seu corpo. Vamos assumir que a massa da pessoa é de 75kg , que ela esteja molhada (afinal, ela está numa tempestade) e, portanto, tem uma resistência de $1,0\text{k}\Omega$. Além disso vamos assumir que seu corpo é formado apenas por água (o que é razoável para uma aproximação grosseira mas ainda sim plausível). (a) Em quantos graus celsius esse raio aumentaria a temperatura de 75kg de água? (b) Dado que a temperatura interna do corpo é cerca de 37 graus celsius, a temperatura da pessoa iria de fato aumentar tanto assim? Por que não? O que ocorreria primeiro?
- Nadando durante uma tempestade. A figura mostra um nadador a uma distância $D = 35,0\text{m}$ de um relâmpago, com uma corrente $I = 78\text{kA}$, que atinge a água. A água tem uma resistividade de $30\Omega \cdot \text{m}$, a largura do nadador ao longo de uma reta que passa pelo ponto em que caiu o raio é $0,70\text{m}$ e a resistência do corpo do nadador nessa direção é $4\text{k}\Omega$. Suponha que a corrente se espalhe pela água como um hemisfério, com o centro no ponto em que caiu o relâmpago. Qual é o valor da corrente que atravessa o corpo do nadador? R: $5.22 \times 10^{-2}\text{A}$.



- Mostre que de acordo com o modelo do elétron livre para a condução de corrente elétrica em metais e a física clássica a resistividade dos metais é proporcional a \sqrt{T} , onde T é a temperatura em kelvins.
- Uma diferença de potencial de 120V é aplicada a um aquecedor de ambiente cuja resistência de operação é 14Ω . (a) Qual é a taxa de conversão de energia elétrica em energia térmica? (b) Qual é o custo de $5,0\text{h}$ de uso do aquecedor se o preço da eletricidade é $\$0,05/\text{kWh}$? R: (a) 1.0kW , (b) 0.25 .
- Um elemento de aquecimento feito de Nichrome, com uma seção reta de $2,60 \times 10^{-6}\text{m}^2$, é submetido a uma diferença de potencial de $75,0\text{V}$. O fio de Nichrome tem uma resistividade de $5,00 \times 10^{-7}\Omega \cdot \text{m}$. (a) Se o fio dissipa 5000W , qual é o seu comprimento? (b) Qual deve ser o comprimento do fio

para que a mesma seja obtida com uma tensão de $100V$? R: (a) $5.85m$, (b) $10.4m$.

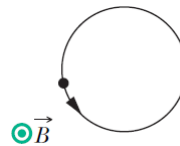
13. O módulo da densidade de corrente em um certo fio circular de $3,00mm$ de raio é dado por $J = (2,75 \times 10^{10} A/m^4)r^2$, onde r é a distância radial. O potencial aplicado às extremidades do fio é $60,0V$. Qual é a energia convertida em energia térmica em $1,00h$? R: $7.56 \times 10^5 J$.
14. A corrente que circula na bateria e nos resistores 1 e 2 da figura (a) é de $2,00A$. A energia elétrica é convertida em energia térmica nos dois resistores. As curvas 1 e 2 da figura (b) mostram a energia térmica E_t produzida pelos dois resistores em função do tempo t . A escala vertical é definida por $E_{t,s} = 40,0mJ$, e a escala horizontal é definida por $t_s = 5,00s$. Qual é a potência da bateria? R: $12mW$.



15. Os faróis de um carro em movimento consomem $10A$ do alternador de $12V$, que é acionado pelo motor. Suponha que o alternador tem uma eficiência de 80% (a potência elétrica de saída é 80% da potência mecânica de entrada) e calcule o número de cavalos-vapor que o motor precisa fornecer para manter os faróis acesos. R: $0.20hp$.
16. No modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio, o elétron faz 6.0×10^{15} voltas/s em volta do núcleo. Qual a corrente média de um ponto na órbita do elétron?
17. (**Lâmpada fluorescente compacta**) Lâmpadas compactas fluorescentes são mais efetivas em produzir luz do que as lâmpadas tradicionais incandescentes. Inicialmente elas custam mais, mas elas duram mais e gastam bem menos eletricidade. De acordo com um estudo à respeito dessas lâmpadas, uma lâmpada compacta que produz tanta luz quanto uma lâmpada incandescente de $100W$, usa apenas $23W$ de potência. As lâmpadas compactas duram 10.000 horas, em média, e custam R\$ $11,00$ enquanto as lâmpadas incandescentes custam R\$ 0.75 e duram 750 horas. O estudo considerou que $1kWh$ custa R\$ $0,080$ e que as lâmpadas ficam ligadas 4 horas por dia. (a) Qual o custo total (incluindo o preço das lâmpadas) para manter cada lâmpada por 3 anos? (b) Quanto você consegue economizar depois de 3 anos se você utilizar uma lâmpada compacta ao invés de uma lâmpada incandescente? (c) Qual a resistência de uma lâmpada

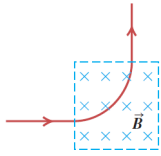
fluorescente de $100W$? (Lembre-se: ela usa na verdade apenas $23 W$ de potência quando ligada em $120V$).

18. A resistividade de um semicondutor pode ser modificada adicionando-se diferentes tipos de impurezas. Uma barra de material semicondutor de comprimento L e seção transversal de área A encontra-se sobre o eixo x , de $x = 0$ à $x = L$. O material obedece a lei de Ohm e sua resistividade varia ao longo da barra de acordo com a função $\rho(x) = \rho_0 e^{-\frac{x}{L}}$. A extremidade da barra, em $x = 0$ está num potencial V_0 maior do que a extremidade em $x = L$. (a) Encontre a resistência total da barra e a corrente na barra. (b) Encontre a intensidade do campo elétrico $E(x)$ ao longo da barra, como função de x . (c) Encontre o potencial elétrico $V(x)$ ao longo da barra como função de x . (d) Desenhe os gráficos das funções $\rho(x)$, $E(x)$ e $V(x)$ para valores de x entre $x = 0$ e $x = L$.
19. Um próton está se movendo em uma região onde existem um campo magnético e um campo elétrico, ambos uniformes. O campo magnético é $\vec{B} = -2,5\hat{i}$ mT. Em um certo instante, a velocidade do próton é $\vec{v} = 2000\hat{j}$ m/s. Nesse instante, em termos dos vetores unitários, qual é a força que age sobre o próton se o campo elétrico é (a) $4,00\hat{k}$ V/m; (b) $-4,00\hat{k}$ V/m; (c) $4,00\hat{i}$ V/m? R: (a) $(1.44 \times 10^{-18} N)\hat{k}$; (b) $(1.60 \times 10^{-19} N)\hat{k}$; (c) $(6.41 \times 10^{-19} N)\hat{i} + (8.01 \times 10^{-19} N)\hat{k}$.
20. Uma fita de cobre com $150\mu m$ de espessura e $4,5mm$ de largura é submetida a um campo magnético uniforme \vec{B} de módulo $0,65T$, com \vec{B} perpendicular à fita. Quando uma corrente $i = 23A$ atravessa a fita, uma diferença de potencial V aparece entre suas bordas. Calcule V . (A concentração de portadores de carga no cobre é $8,47 \times 10^{28}$ elétrons/ m^3 .) R: $7.4 \times 10^{-6}V$.
21. Na figura abaixo uma partícula descreve uma trajetória circular em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $B = 4,00mT$. A partícula é um próton ou um elétron (a identidade da partícula faz parte do problema) e está sujeita uma força magnética de módulo $3,20 \times 10^{-15}N$. Determine (a) a velocidade escalar da partícula; (b) o raio da trajetória; (c) o período do movimento. R: (a) $4.99 \times 10^6 m/s$, (b) $0.00710m$ (c) $8.93 \times 10^{-9} s$.

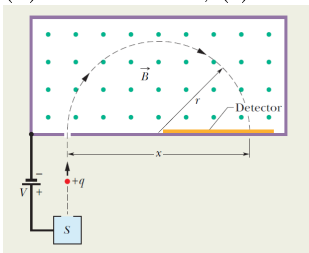


22. Um feixe de prótons que se move a $1,20 km/s$ penetra um campo magnético uniforme, deslocando-se perpendicularmente ao campo. O feixe sai do

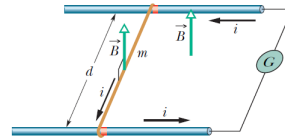
campo magnético em um sentido perpendicular ao seu sentido original (Figura abaixo). O feixe percorre uma distância de $1,18\text{ cm}$ enquanto está no campo. Qual é o módulo do campo magnético? R: $1.67 \times 10^{-3}(\text{T})$



23. No espectrômetro de massa Bainbridge (Figura de problema anterior), o módulo do campo magnético no seletor de velocidade é igual a $0,650\text{ T}$ e um íon com velocidade igual a $1,82 \times 10^6\text{ m/s}$ não sofre nenhum desvio. (a) Qual é o módulo do campo elétrico do seletor de velocidades? (b) Sabendo que a distância entre as placas é igual a $5,20\text{ mm}$, qual é a diferença de potencial entre as placas P e P' ? R: (a) $1.18 \times 10^6(\text{V/m})$, (b) 6.14 kV
24. **BIO. Comer Carne de Antigo.** A quantidade de carne em dietas pré-históricas pode ser determinada medindo-se a razão entre os isótopos do nitrogênio-15 e nitrogênio-14 de ossos de cadáveres humanos. Carnívoros concentram ^{15}N , portanto essa razão fornece uma medida aos arqueólogos da quantidade de carne consumida por povos antigos. Use o espectrômetro do exercício 39 para encontrar a separação entre os isótopos ^{14}N e ^{15}N no detector, quando $B = 0,650\text{ T}$, $v = 1.82 \times 10^6\text{ m/s}$. As massas medidas desses isótopos são $2,32 \times 10^{-26}\text{ Kg}$ (^{14}N) e $2,49 \times 10^{-26}\text{ Kg}$ (^{15}N). R: 2.0 cm
25. Um certo espectrômetro de massa comercial (veja a figura) é usado para separar íons de urânio de massa $3,92 \times 10^{-25}\text{ kg}$ e carga $3,20 \times 10^{-19}\text{ C}$ de íons semelhantes. Os íons são submetidos a uma diferença de potencial de 100 kV e depois a um campo magnético uniforme que os faz descrever um arco de circunferência com $1,00\text{ m}$ de raio. Depois de sofrer um desvio de 180° e passar por uma fenda com $1,00\text{ mm}$ de largura e $1,00\text{ cm}$ de altura, são recolhidos em um reservatório. (a) Qual é o módulo do campo magnético (perpendicular) do separador? Se o aparelho é usado para separar 100 mg de material por hora, calcule (b) a corrente dos íons selecionados pelo aparelho e (c) a energia térmica produzida no reservatório em $1,00\text{ h}$. R: (a) 0.495 T , (b) $2.27 \times 10^{-2}\text{ A}$, (c) $8.17 \times 10^6\text{ J}$.



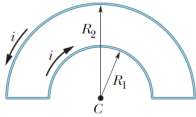
26. **Reator de fusão.** Se dois núcleos de deutério (carga $+e$, massa $3.34 \times 10^{-27}\text{ Kg}$) se aproximam o suficiente, a atração da força forte irá fundi-los e formar um isótopo do Hélio, liberando uma grande quantidade de energia. O alcance dessa força é por volta de 10^{-15} m . Esse é o princípio por trás do reator nuclear. O núcleo de deutério se move muito rapidamente para ser contido por paredes físicas, por isso é confinado magneticamente. (a) A que velocidade os dois núcleos devem se mover para que em uma colisão frontal eles se aproximem o suficiente para se fundirem? (Assuma que suas velocidades sejam iguais. Trate os núcleos como pontos de cargas e assumo que a separação de 1.0×10^{-15} é necessária para a fusão.) (b) Que magnitude do campo magnético é necessária para fazer um núcleo de deutério com essa velocidade viajar em um círculo de diâmetro $2,50\text{ m}$? R: (a) $8.3 \times 10^6(\text{m/s})$, (b) 0.14 T
27. Na Figura um fio metálico de massa $m = 24,1\text{ mg}$ pode deslizar com atrito insignificante sobre dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância $d = 2,56\text{ cm}$. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $56,3\text{ mT}$. No instante $t = 0$ um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante $i = 9,13\text{ mA}$ no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante $t = 61,1\text{ ms}$, determine (a) a velocidade escalar do fio; (b) o sentido do movimento do fio (para esquerda ou para a direita). R: (a) $3.34 \times 10^{-2}\text{ m/s}$, (b) Esquerda.



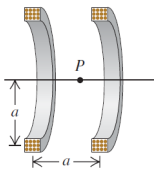
28. **BIO Usos médicos dos Ciclotrons.** O maior ciclotron dos Estados Unidos é o Tevatron no Fermilab na cidade de Chicago, Illinois. É chamado de Tevatron pois é capaz de acelerar partículas a energias da ordem de TeV : $1\text{ tera-eV} = 10^{12}\text{ eV}$. Sua circunferência é de $6,4\text{ km}$, e atualmente pode produzir uma energia máxima de 20 TeV . Em um certo experimento médico, prótons serão acelerados a energias de $1,25\text{ MeV}$ e apontados para um tumor para destruir suas células. (a) Quão rápido os prótons estarão se movendo quando atingirem o tumor? (b) Quão forte deve ser o campo magnético para ser capaz de desviar a trajetória dos prótons no círculo indicado? R: (a) $1.55 \times 10^7(\text{m/s})$, (b) $1.59 \times 10^{-4}\text{ T}$
29. Uma partícula com carga de $7,80\mu\text{C}$ está se movendo com velocidade $\vec{v} = -(3,8 \times 10^3\text{ m/s})\hat{j}$. A força magnética que atua sobre a partícula é medida como $\vec{F} = +(7,60 \times 10^{-3}\text{ N})\hat{i} - (5,20 \times 10^{-3}\text{ N})\hat{k}$. (a) Calcule todos os componentes do

campo magnético que puder, a partir dessa informação. (b) Há componentes do campo magnético que não são determinados pela medição da força? Explique. (c) Calcule o produto escalar $\vec{B} \cdot \vec{F}$. Qual é o ângulo entre \vec{B} e \vec{F} ? R: (a) $B_z = -0.256T$, $B_x = -0.175T$, (b) B_y não é determinada, (c) 0.

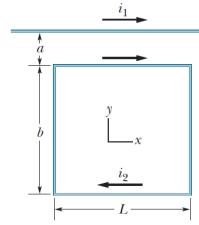
30. Na Figura dois arcos de circunferência têm raios $R_2 = 7,80cm$ e $R_1 = 3,15cm$, subtendem um ângulo $=180^\circ$, conduzem uma corrente $i = 0,281A$ e têm o mesmo centro de curvatura C. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora do papel) do campo magnético no ponto C. R: (a) $1,67 \times 10^{-6}T$, (b) para dentro do papel.



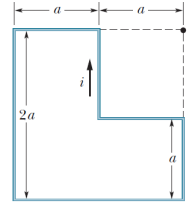
31. **Bobinas de Helmholtz.** A Figura abaixo é uma vista em corte de duas bobinas circulares de raio a , cada aro com N voltas de fio transportando uma corrente I , que circula na mesma direção em ambos os rolos. As bobinas são separadas por uma distância a igual a um seu raio. Nesta configuração, as bobinas são chamadas de bobinas de Helmholtz; elas produzem um campo magnético muito uniforme na região entre as mesmas. (a) Derive a expressão para a magnitude B do campo magnético em um ponto sobre o eixo mostrado na figura a uma distância x à direita do ponto P, que está posicionado a meia distância entre as bobinas. (b) Gráfico B versus x para $x = 0$ e $x = a/2$. Compare este gráfico com o gráfico do campo magnético produzido apenas pela bobina do lado direito. (c) Da parte (a), obtenha uma expressão para a magnitude do campo magnético no ponto P. (d) Calcule a magnitude do campo magnético no ponto P para $N = 300$ voltas, $I = 6,00A$ e $a = 8,00cm$. (e) Calcular $\frac{dB}{dx}$ e $\frac{d^2B}{dx^2}$ em $P(x = 0)$. Discuta como os resultados mostram que o campo é muito uniforme nas proximidades de P. R: (a) $\frac{\mu_0 N I a^2}{2} \left(\frac{1}{((x+a/2)^2+a^2)^{3/2}} + \frac{1}{((x-a/2)^2+a^2)^{3/2}} \right)$, (c) $(\frac{4}{5})^{3/2} \frac{\mu_0 N I}{a}$, (d) $0.0202 T$, (e) $\frac{dB}{dx} |_{x=0} = 0$, $\frac{d^2B}{dx^2} |_{x=0} = 0$,



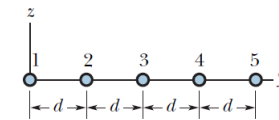
32. Na figura um fio retilíneo longo conduz uma corrente $i_1 = 30,0A$ e uma espira retangular conduz uma corrente $i_2 = 20,0A$. Suponha que $a = 1,00cm$, $b = 8,00cm$ e $L = 300,0cm$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força a que está submetida a espira. R: $(3.20 \times 10^{-3}N)\hat{j}$.



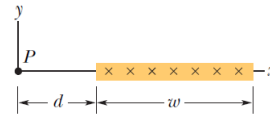
33. Na Figura $a = 4,7cm$ e $i = 13A$. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora do papel) do campo magnético no ponto P. (Observe que não se trata de fios longos.) R: (a) $2.0 \times 10^{-5}T$, (b) para dentro do papel.



34. Na Figura cinco fios paralelos longos no plano xy estão separados por uma distância $d = 8,0cm$, têm $10,0m$ de comprimento e conduzem correntes iguais de $3,00A$ para fora do papel. Em termos dos vetores unitários, determine a força (a) sobre o fio 1; (b) sobre o fio 2; (c) sobre o fio 3; (d) sobre o fio 4; (e) sobre o fio 5. R: (a) $(4.69 \times 10^{-4}N)\hat{j}$, (b) $(1.88 \times 10^{-4}N)\hat{j}$, (c) 0, (d) $(-1.88 \times 10^{-4}N)\hat{j}$, (e) $(-4.69 \times 10^{-4}N)\hat{j}$.

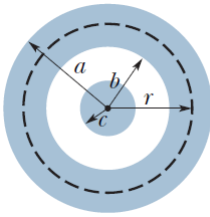


35. A Figura mostra uma seção reta de uma fita longa e fina de largura $w = 4,91cm$ que está conduzindo uma corrente uniformemente distribuída $i = 4,61\mu A$ para dentro do papel. Em termos dos vetores unitários, qual é o campo magnético \vec{B} em um ponto P no plano da fita situado a uma distância $d = 2,16cm$ de uma das bordas? (Sugestão: Imagine a fita como um conjunto de fios paralelos.) R: $(2.23 \times 10^{-11}T)\hat{j}$.



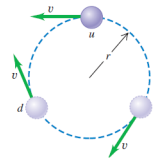
36. A Figura mostra um seção reta de um cabo coaxial longo de raios a , b e c . Correntes i de mesmo valor e sentidos opostos estão uniformemente distribuídas nos dois condutores. Escreva expressões para o módulo do campo magnético $B(r)$ em função da distância radial r (a) para $r < a$; (b) para $a < r < b$; (c) para $b < r < c$; (d) para $r > c$. (e) Teste essas expressões para todos os casos especiais possíveis. (f) Suponha que $a = 2,0cm$, $b = 1,8cm$,

$c = 0,40\text{cm}$ e $i = 120\text{A}$ e plote a função $B(r)$ no intervalo $0 < r < 3\text{cm}$. R: (a) $\frac{\mu_0 i r}{2\pi c^2}$, (b) $\frac{\mu_0 i}{2\pi r}$, (c) $\frac{\mu_0 i}{2\pi r} - \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \left(\frac{r^2 - b^2}{a^2 - b^2} \right)$, (d) 0.

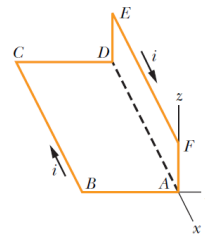


37. No modelo de Bohr do átomo de hidrogênio, no seu estado mais inferior de energia, o elétron orbita o próton a uma velocidade escalar de $2,2 \times 10^6\text{m/s}$ em uma órbita circular com raio igual a $5,3 \times 10^{-11}\text{m}$. (a) Qual é o período orbital do elétron? (b) Se considerarmos o elétron em órbita como uma espira de corrente, qual será a corrente I ? (c) Qual é o momento magnético do átomo em função do movimento do elétron? R: (a) $1,5 \times 10^{-16}\text{s}$, (b) $1,1\text{mA}$, (c) $9,3 \times 10^{-24}\text{A} \cdot \text{m}^2$.
38. Espectrômetro de massa. Um espectrômetro de massa é usado para medir as massas dos íons de massas diferentes. Em um projeto para tal instrumento, os íons com massa m e carga q são acelerados através de uma diferença de potencial V . A seguir, eles entram em um campo magnético uniforme que é perpendicular à sua velocidade e são desviados para uma trajetória semicircular de raio R . Um detector mede onde os íons completam o semicírculo e, a partir disso, é fácil calcular R . (a) Deduza a equação para calcular a massa do íon a partir das medidas de B , V , R e q . (b) Qual é a diferença de potencial necessária para que os átomos de ^{12}C com íon único tenham $R = 50,0\text{cm}$ em um campo magnético de $0,150\text{T}$? (c) Suponha que o feixe consista de uma combinação de íons ^{12}C e ^{14}C . Se V e B tiverem os mesmos valores que no item (b), calcule a separação desses dois isótopos no detector. Você acha que essa separação do feixe é suficiente para a distinção entre os dois íons? R: (a) $\frac{qB^2 R^2}{2V}$, (b) $2,26 \times 10^4\text{V}$, (c) 8cm .
39. O módulo de momento dipolar magnético da Terra é $8,00 \times 10^{22}\text{J/T}$. Suponha que esse momento é produzido por cargas que circulam na parte externa do núcleo da Terra. Se o raio da trajetória dessas cargas é 3500km , calcule a corrente associada. R: $2,08 \times 10^9\text{A}$.
40. **Modelo de Quark para o nêutron.** O nêutron é uma partícula com carga elétrica igual a zero. Contudo, ele possui um momento magnético diferente de zero, cujo componente z é igual a $9,66 \times 10^{-27}\text{A} \cdot \text{m}^2$. Esse momento pode ser explicado pela estrutura interna do nêutron. Diversas evidências indicam que o nêutron é composto de

três partículas fundamentais, chamadas de *quarks*: um quark 'up' (u), com carga $+2e/3$, e dois quarks 'down' (d), cada um com uma carga $-e/3$. A combinação dessas três cargas produz uma carga total $+2e/3 - e/3 - e/3 = 0$. Caso os quarks estejam em movimento, eles produzem um movimento magnético diferente de zero. Com um modelo muito simples suponha que o quark (u) se mova em uma órbita circular em sentido anti-horário, todos os quarks se movendo com o mesmo módulo da velocidade v ao longo das circunferências de mesmo raio r (Figura abaixo). (a) Obtenha a corrente elétrica produzida pela circulação do quark (u). (b) Determine o módulo do momento magnético do sistema constituído pelos três quarks. (Tom cuidado e use os sentidos corretos para os momentos magnéticos.) (d) Com que velocidade v os quarks devem se mover para reproduzir o valor do momento magnético do nêutron? Use o valor $r = 1,20 \times 10^{-15}\text{m}$ (o raio do nêutron) para o raio das órbitas. R: (a) $\frac{ev}{3\pi r}$, (b) $\frac{evr}{3}$, (c) $\frac{2evr}{3}$, (d) $7,55 \times 10^7\text{(m/s)}$



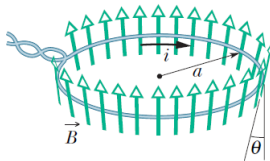
41. A Figura mostra uma espira $ABCDEF$ percorrida por uma corrente $i = 5,00\text{A}$. Os lados da espira são paralelos aos eixos coordenados, com $AB = 20,0\text{cm}$, $BC = 30,0\text{cm}$ e $FA = 10,0\text{cm}$. Em termos dos vetores unitários, qual é o momento dipolar magnético da espira? (Sugestão: Imagine correntes iguais e opostas no segmento AD e calcule o momento produzido por duas espiras retangulares, $ABCD$ e $ADEFA$.) R: $(0,150\hat{j} - 0,300\hat{k})\text{A} \cdot \text{m}^2$.



42. **BIO Bactéria Navigation.** Certas bactérias (como *Aquaspirillum magnetotacticum*) tendem a nadar em direção polo norte geográfico da Terra, pois elas contêm pequenas partículas, chamadas magnetossomos, que são sensíveis a um campo magnético. Se uma linha de transmissão com 100A de corrente é colocada debaixo d'água, a que distâncias o campo magnético dessa linha será grande o suficiente para interferir na migração dessa bactéria? (Assuma que um campo menor do que 5 por cento do campo magnético da Terra teria pouco efeito sobre a bactéria. Tome o campo da Terra

como $5 \times 10^{-5} T$ e ignore efeitos da água do oceano). R: 8 m

43. **BIO Correntes no cérebro.** O campo magnético medido ao redor da cabeça é aproximadamente $3.0 \times 10^{-8} G$. Mesmo que as correntes que causem esse campo sejam bastante complicadas, podemos obter uma estimativa aproximada do seu tamanho ao modelá-las como um único aro circular de corrente com 16 cm de diâmetro (largura típica de uma cabeça). Qual a corrente necessária para produzir tal campo no centro do aro? R: $3.8 \times 10^{-7} A$
44. Um condutor longo, rígido, retilíneo, situado sobre o eixo x , é percorrido por uma corrente de 5,0 A no sentido negativo do eixo x . Um campo magnético \vec{B} está presente, dado por $\vec{B} = 3,0\hat{i} + 8,0x^2\hat{j}$, com x em metros e \vec{B} em militeslas. Determine, em termos dos vetores unitários, a força exercida pelo campo sobre o segmento de 2,0 m do condutor entre os pontos $x = 1,0 m$ e $x = 3,0 m$. R: $(-0.35 N)\hat{k}$.
45. A Figura mostra um anel circular de fio com um raio $a = 1,8 cm$, submetido a um campo magnético divergente de simetria radial. O campo magnético em todos os pontos do anel tem o mesmo módulo $B = 3,4 mT$, é perpendicular ao anel e faz um ângulo $\theta = 20^\circ$ com a normal ao plano do anel. A influência dos fios de alimentação da espira pode ser desprezada. Determine o módulo da força que o campo exerce sobre a espira se a corrente na espira é $i = 4,6 mA$. R: $6.0 \times 10^{-7} N$.



46. A bomba eletromagnética. As forças magnéticas que atuam sobre fluidos condutores fornecem um modo conveniente para bombear esses fluidos. Por exemplo, esse método pode ser usado para bombear o sangue sem prejudicar células que poderiam ser danificadas por uma bomba mecânica. Um tubo horizontal com seção reta retangular (largura w e altura h) é colocado ortogonalmente a um campo magnético B , de tal modo que um comprimento l está imerso no campo (ver Figura). O tubo é preenchido com um fluido condutor e uma densidade de corrente J é mantida na terceira direção mutuamente perpendicular. (a) Mostre que a diferença de pressão entre um ponto do líquido sobre o plano vertical que passa em ab e um ponto do líquido sobre outro plano vertical que passa em cd, para impedir o escoamento do fluido, é dada por $\Delta p = J l B$. (b) Qual é a densidade de corrente necessária para fornecer uma diferença de pressão igual a $1,0 atm$ entre esses dois pontos, sabendo que $B = 2,20 T$ e $l = 35,0 mm$? R: (a) $J l B$, (b) $1.32 \times 10^6 A/m^2$.

