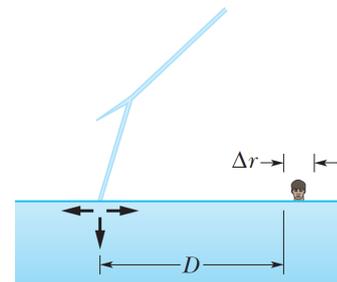


### Eletricidade e magnetismo, 2017. Lista 2.

- 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)  $1.33\text{A}$ , (b)  $0.666\text{A}$ , (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  $\text{Na}^+$ , cada um com carga  $+e$ , dentro do axônio. Experimentos mostram que entram, tipicamente, cerca de  $5.6 \times 10^{11}$  íons  $\text{Na}^+$  por metro de axônio, durante um tempo de  $10\text{ms}$ . 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  $500\text{V}$  e produzir correntes de  $80\text{mA}$  (ou mais). Um pulso típico dura  $10\text{ms}$ . 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  $12\text{A}$  pelo corpo entre  $25\text{V}$  por um curto período de tempo, que usualmente é de  $3\text{ms}$ . (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  $300\text{A}$  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:  $13\text{min}$ .
- 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 ( $20^\circ\text{C}$ ) 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)  $6.00 \times 10^{-3}\text{A}$ , (b)  $1.59 \times 10^{-8}\text{V}$  (c)  $2.12 \times 10^{-8}\Omega$ .

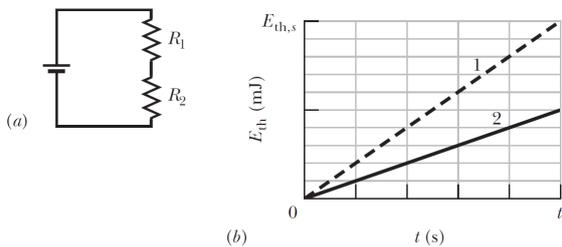
- (Atingido por um raio)** Raios podem gerar correntes elétricas da ordem de  $25000\text{A}$  e que duram por  $40\mu\text{s}$ . Se uma pessoa é atingida por um raio com essas características a corrente irá passar pelo seu corpo. Vamos assumir que a massa da pessoa é de  $75\text{kg}$ , que ela esteja 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  $75\text{kg}$  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  $120\text{V}$  é aplicada a um aquecedor de ambiente cuja resistência de operação é  $14\Omega$ . (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)  $1.0\text{kW}$ , (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  $5000\text{W}$ , 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.

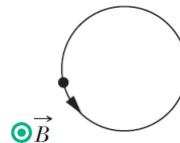
13. O módulo da densidade de corrente em um certo fio circular de 3,00mm de raio é dado por  $J = (2,75 \times 10^{10} A/m^4)r^2$ , onde  $r$  é a distância radial. O potencial aplicado às extremidades do fio é 60,0V. Qual é a energia convertida em energia térmica em 1,00h? R:  $7.56 \times 10^5 J$ .
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  $6.0 \times 10^{15}$  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

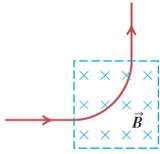
fluorescente de 100W? (Lembre-se: ela usa na verdade apenas 23 W de potência quando ligada em 120V).

18. A resistividade de um semicondutor pode ser modificado 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 a 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)  $8.93 \times 10^{-9} s$ .

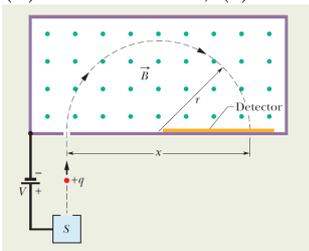


22. Um feixe de prótons que se move a  $1,20 km/s$  penetra um campo magnético uniforme, deslocando-se perpendicularmente ao campo. O feixe sai do

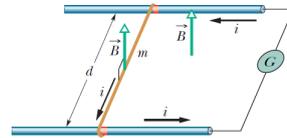
campo magnético em um sentido perpendicular ao seu sentido original (Figura abaixo). O feixe percorre uma distância de  $1,18\text{ cm}$  enquanto está no campo. Qual é o módulo do campo magnético? R:  $1.67 \times 10^{-3}(\text{T})$



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)  $6.14\text{ kV}$
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  $^{15}\text{N}$ , 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  $^{14}\text{N}$  e  $^{15}\text{N}$  no detector, quando  $B = 0,650\text{ T}$ ,  $v = 1.82 \times 10^6\text{ m/s}$ . As massas medidas desses isótopos são  $2,32 \times 10^{-26}\text{ Kg}$  ( $^{14}\text{N}$ ) e  $2,49 \times 10^{-26}\text{ Kg}$  ( $^{15}\text{N}$ ). R:  $2.0\text{ cm}$
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  $100\text{ kV}$  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  $180^\circ$  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  $100\text{ mg}$  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)  $0.495\text{ T}$ , (b)  $2.27 \times 10^{-2}\text{ A}$ , (c)  $8.17 \times 10^6\text{ J}$ .



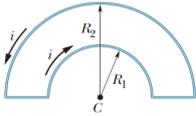
26. **Reator de fusão.** Se dois núcleos de deutério (carga  $+e$ , massa  $3.34 \times 10^{-27}\text{ Kg}$ ) se aproximam o suficiente, a atração da força forte irá fundi-los e formar um isótopo do Hélio, liberando uma grande quantidade de energia. O alcance dessa força é por volta de  $10^{-15}\text{ m}$ . 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 assumam que a separação de  $1.0 \times 10^{-15}$  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)  $0.14\text{ T}$
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.



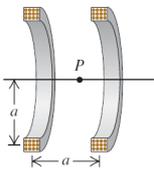
28. **BIO Usos médicos dos Ciclotrons.** O maior ciclotron dos Estados Unidos é o Tevatron no Fermilab na cidade de Chicago, Illinois. É chamado de Tevatron pois é capaz de acelerar partículas a energias da ordem de  $\text{TeV}$ :  $1\text{ tera-eV} = 10^{12}\text{ eV}$ . Sua circunferência é de  $6,4\text{ km}$ , e atualmente pode produzir uma energia máxima de  $20\text{ TeV}$ . 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.

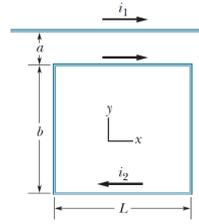
30. Na Figura dois arcos de circunferência têm raios  $R_2 = 7,80cm$  e  $R_1 = 3,15cm$ , subtendem um ângulo  $=180^\circ$ , conduzem uma corrente  $i = 0,281A$  e têm o mesmo centro de curvatura C. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora do papel) do campo magnético no ponto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



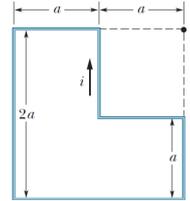
31. **Bobinas de Helmholtz.** A Figura abaixo é uma vista em corte de duas bobinas circulares de raio  $a$ , cada aro com  $N$  voltas de fio transportando uma corrente  $I$ , que circula na mesma direção em ambos os rolos. As bobinas são separadas por uma distância  $a$  igual a um seu raio. Nesta configuração, 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) Calcule  $\frac{dB}{dx}$  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)  $\frac{dB}{dx} |_{x=0} = 0$ ,  $\frac{d^2B}{dx^2} |_{x=0} = 0$ ,



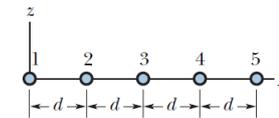
32. Na figura um fio retilíneo longo conduz uma corrente  $i_1 = 30,0A$  e uma espira retangular conduz uma corrente  $i_2 = 20,0A$ . Suponha que  $a = 1,00cm$ ,  $b = 8,00cm$  e  $L = 300,0cm$ . Em termos dos vetores unitários, qual é a força a que está submetida a espira. R:  $(3.20 \times 10^{-3}N)\hat{j}$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



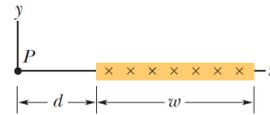
33. Na Figura  $a = 4,7cm$  e  $i = 13A$ . Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora do papel) do campo magnético no ponto P. (Observe que não se trata de fios longos.) R: (a)  $2.0 \times 10^{-5}T$ , (b) para dentro do papel.



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)  $(-4.69 \times 10^{-4}N)\hat{j}$ .

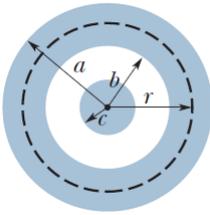


35. A Figura mostra uma seção reta de uma fita longa e fina de largura  $w = 4,91cm$  que está conduzindo uma corrente uniformemente distribuída  $i = 4,61\mu A$  para dentro do papel. Em termos dos vetores unitários, qual é o campo magnético  $\vec{B}$  em um ponto P no plano da fita situado a uma distância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



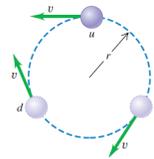
36. A Figura mostra um seção reta de um cabo coaxial longo de raios  $a$ ,  $b$  e  $c$ . Correntes  $i$  de mesmo valor e sentidos opostos estão uniformemente distribuídas nos dois condutores. Escreva expressões para o módulo do campo magnético  $B(r)$  em função da distância radial  $r$  (a) para  $r < a$ ; (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.

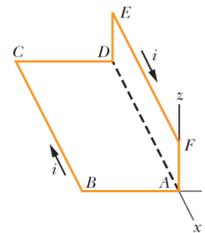


37. No modelo de Bohr do átomo de hidrogênio, no seu estado mais inferior de energia, o elétron orbita o próton a uma velocidade escalar de  $2,2 \times 10^6 \text{m/s}$  em uma órbita circular com raio igual a  $5,3 \times 10^{-11} \text{m}$ . (a) Qual é o período orbital do elétron? (b) Se considerarmos 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  $^{12}\text{C}$  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  $^{12}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$ . 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)  $8 \text{cm}$ .
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  $3500 \text{km}$ , 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)  $7,55 \times 10^7 \text{m/s}$



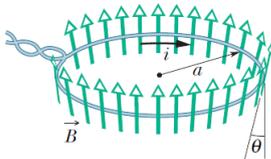
41. A Figura mostra uma espira  $ABCDEF$  percorrida por uma corrente  $i = 5,00 \text{A}$ . Os lados da espira são paralelos aos eixos coordenados, com  $AB = 20,0 \text{cm}$ ,  $BC = 30,0 \text{cm}$  e  $FA = 10,0 \text{cm}$ . Em termos dos vetores unitários, qual é o momento dipolar magnético da espira? (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  $100 \text{A}$  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  $16 \text{ cm}$  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  $a = 1,8 \text{ cm}$ , submetido a um campo magnético divergente de simetria radial. O campo magnético em todos os pontos do anel tem o mesmo módulo  $B = 3,4 \text{ mT}$ , 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  $i = 4,6 \text{ mA}$ . 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  $1,0 \text{ atm}$  entre esses dois pontos, sabendo que  $B = 2,20 T$  e  $l = 35,0 \text{ mm}$ ? R: (a)  $J l B$ , (b)  $1.32 \times 10^6 A/m^2$ .

