

Corrente, Resistência e FEM

25.1 Uma corrente elétrica de 3,6 A flui através da lâmpada do farol de um automóvel. Quantos coulombs fluem através dessa lâmpada em 3,0 h?

25.13 Em uma experiência realizada à temperatura ambiente, uma corrente elétrica de 0,820 A flui ao longo de um fio com diâmetro de 3,26 mm. (a) Calcule o módulo do campo elétrico no fio, supondo que o material do fio seja (a) tungstênio; (b) alumínio.

25.32 Considere o circuito elétrico indicado na Figura 25.33. A tensão entre os terminais da bateria de 24,0 V é igual a 21,2 V durante a passagem da corrente. Calcule (a) a resistência interna r da bateria; (b) a resistência R do resistor do circuito.

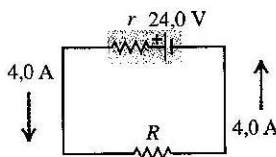


Figura 25.33 Exercício 25.32.

25.35 Um voltímetro ideal V está conectado a um resistor de $2,0 \Omega$ e a uma bateria com fem igual a $5,0 \text{ V}$ e resistência interna de $0,5 \Omega$, como indicado na Figura 25.36. (a) Qual é a corrente no resistor de $2,0 \Omega$? (b) Qual é a voltagem entre os terminais da bateria durante a passagem da corrente? (c) Qual é a leitura do voltímetro? Explique suas respostas.

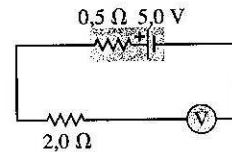


Figura 25.36 Exercício 25.35.

25.64 A região entre duas esferas concêntricas condutoras com raios a e b está preenchida por um material condutor com resistividade ρ . (a) Mostre que a resistência entre as esferas é dada por

$$R = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

(b) Deduza uma expressão para a densidade de corrente em função do raio, em termos da diferença de potencial V_{ab} entre as esferas. (c) Mostre que o resultado da parte (a) se reduz ao resultado da Equação (25.10) quando a distância entre as esferas $b - a$ é pequena.

25.65 Corrente de fuga em um dielétrico. Dois capacitores com placas paralelas possuem cargas Q iguais e opostas. O dielétrico possui uma constante dielétrica K e uma resistividade ρ . Mostre que a 'corrente de fuga' através do dielétrico é dada por $I = Q/K\epsilon_0\rho$.

Campo magnético e forças

27.1 Uma partícula com carga igual a $-1,24 \times 10^{-3} \text{ C}$ se move com velocidade instantânea $\vec{v} = (4,19 \times 10^4 \text{ m/s})\hat{i} + (-3,85 \times 10^4 \text{ m/s})\hat{j}$. Qual é a força exercida sobre essa partícula por um campo magnético (a) $\vec{B} = (1,40 \text{ T})\hat{i}$ e (b) $\vec{B} = (1,40 \text{ T})\hat{k}$?

27.6 Um elétron se move com velocidade igual a $2,50 \times 10^6 \text{ m/s}$ em uma região onde existe um campo magnético com uma direção especificada e com módulo igual a $7,40 \times 10^{-2} \text{ T}$. (a) Quais devem ser o maior e o menor módulo da aceleração de um elétron provocada por esse campo magnético? (b) Se a aceleração real do elétron for igual a um quarto do maior módulo encontrado no item (a), qual será o ângulo entre a velocidade do elétron e o campo magnético?

27.15 Um elétron no ponto A da Figura 27.46 possui velocidade v_0 igual a $1,41 \times 10^6$ m/s. Determine: (a) o módulo, a direção e o sentido do campo magnético que obriga o elétron a descrever uma órbita semicircular de A até B; (b) o tempo necessário para que o elétron se desloque de A até B.

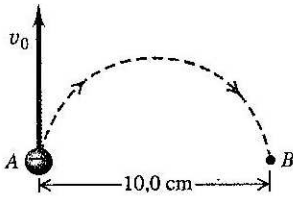


Figura 27.46 Exercício 27.15.

27.46 Uma bobina circular de área A possui N espiras e pode girar em torno de um diâmetro que coincide com o eixo Ox . Uma corrente I está circulando na bobina. Existe um campo magnético \vec{B} no sentido positivo do eixo Oy . Determine o módulo, a direção e o sentido do torque $\vec{\tau}$ e o valor de energia potencial U , como indicado na Equação (27.27), quando a bobina estiver orientada nas posições indicadas de (a) até (d), na Figura 27.55.

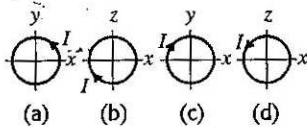


Figura 27.55 Exercício 27.46.

***27.49** Na Figura 27.56, vemos um motor cc, no qual um rotor com resistência $R_r = 5,9 \Omega$ está ligado em paralelo, formando um shunt com as bobinas de campo com resistência $R_c = 106 \Omega$. Quando uma diferença de potencial igual a 120 V é aplicada nas escovas e o motor está realizando trabalho e girando com velocidade máxima, a corrente fornecida ao motor é igual a 4,82 A. (a) Qual é a corrente que passa nas bobinas de campo? (b) Qual é a corrente que passa no rotor? (c) Qual é a fem induzida desenvolvida pelo motor? (d) Qual é a potência mecânica desenvolvida pelo motor?

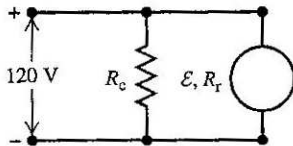


Figura 27.56 Exercícios 27.49 e 27.50.

27.75 A espira retangular indicada na Figura 27.65 possui massa igual a 0,15 g por centímetro de comprimento e está articulada em torno do lado ab por meio de um eixo sem atrito. A corrente que circula no fio é igual a 8,2 A, no sentido indicado. Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético paralelo ao eixo Oy que produzirá uma oscilação para cima na espira até que seu plano forme um ângulo de $30,0^\circ$ com o plano yz .

27.81 Força sobre uma espira de corrente em um campo magnético não uniforme. Mostramos na Seção 27.7 que é nula a força resultante sobre uma espira de corrente em um campo magnético uniforme. Porém, o que ocorre quando \vec{B} não é uniforme? A Figura 27.70 mostra uma espira quadrada que está contida no plano xy . A espira possui vértices nos pontos $(0, 0)$, $(0, L)$, $(L, 0)$ e (L, L) , e conduz uma corrente I no sentido horário. O campo magnético não possui componente x , mas possui componentes em ambas as direções y e z : $\vec{B} = (B_0z/L)\hat{j} + (B_0y/L)\hat{k}$, em que B_0 é uma constante positiva. (a) Faça um desenho das linhas do campo magnético no plano yz . (b) Calcule o módulo, a direção e o sentido da força magnética exercida sobre cada um dos lados da espira, integrando a Equação (27.20). (c) Determine o módulo, a direção e o sentido da força magnética resultante sobre a espira.

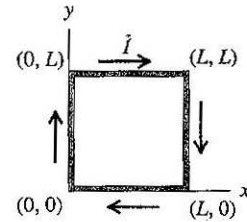
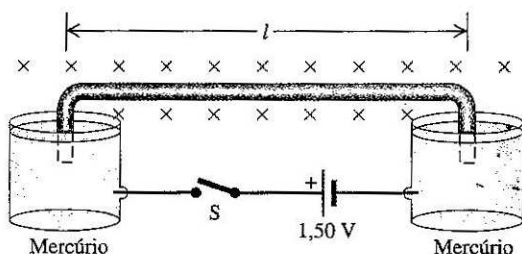


Figura 27.70 Problemas 27.81 e 27.82.

27.82 Torque sobre uma espira de corrente em um campo magnético não uniforme. Na Seção 27.7, a expressão do torque sobre uma espira de corrente foi deduzida supondo que o campo magnético \vec{B} fosse uniforme. Porém, o que ocorre quando \vec{B} não é uniforme? A Figura 27.70 mostra uma espira quadrada que está contida no plano xy . A espira possui vértices nos pontos $(0, 0)$, $(0, L)$, $(L, 0)$ e (L, L) e conduz uma corrente I constante no sentido horário. O campo magnético não possui componente z , porém possui componentes y e x : $\vec{B} = (B_0y/L)\hat{i} + (B_0x/L)\hat{j}$, onde B_0 é uma constante positiva. (a) Faça um desenho das linhas do campo magnético no plano xy . (b) Calcule o módulo, a direção e o sentido da força magnética exercida sobre cada um dos lados da espira integrando a Equação (27.20). (c) Se a espira pode girar livremente em torno do eixo Ox , determine o módulo, a direção e o sentido do torque magnético sobre a espira. (d) Repita o item (c) para o caso no qual a espira pode girar livremente em torno do eixo Oy . (e) A Equação (27.26), $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$, fornece uma descrição apropriada para o torque sobre a espira? Por quê?

27.83 Um fio de arame isolado com massa $m = 5,40 \times 10^{-5}$ kg é encurvado, formando um U invertido, de tal modo que a parte horizontal possui comprimento $l = 15,0$ cm. As extremidades encurvadas do fio são parcialmente imersas em dois recipientes cheios de mercúrio, e cada extremidade fica 2,5 cm abaixo da superfície do mercúrio. A estrutura inteira está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de $0,00650$ T direcionado para o interior da página (Figura 27.71). Uma ligação elétrica dos recipientes de mercúrio se dá através das extremidades dos fios. Os dois recipientes de mercúrio são conectados a uma bateria de $1,50$ V e a uma chave S. Quando a chave S está fechada, o fio salta $35,0$ cm para o ar, a partir de sua posição inicial. (a) Determine a velocidade v do fio quando ele deixa o mercúrio. (b) Supondo que a corrente I , que passa no fio, permaneça constante desde o momento em que a chave foi fechada até o instante em que o fio sai do mercúrio, determine o valor de I . (c) Desprezando as resistências dos fios do circuito e a resistência do mercúrio, determine a resistência do fio de arame.



Fontes do campo magnético

28.1 Uma carga puntiforme de $+6,0 \mu\text{C}$ se move com velocidade constante igual a $8,0 \times 10^6$ m/s ao longo do eixo $+Oy$ de um sistema de referência. No momento em que ela está na origem do sistema de referência, qual é o campo magnético \vec{B} que ela produz nos seguintes pontos: (a) $x = 0,500$ m, $y = 0$, $z = 0$; (b) $x = 0$, $y = -0,500$ m, $z = 0$; (c) $x = 0$, $y = 0$, $z = +0,500$ m; (d) $x = 0$, $y = -0,500$ m, $z = +0,500$ m?

28.19 Um fio retilíneo longo está situado sobre o eixo Oy e conduz uma corrente $I = 8,0$ A no sentido $-Oy$ (Figura 28.39). Além do campo magnético produzido pelo fio, existe um campo magnético uniforme \vec{B}_0 com módulo igual a $1,50 \times 10^{-6}$ T apontando no sentido $+Ox$. Calcule o módulo, a direção e o sentido do campo magnético total nos seguintes pontos sobre o plano xz : (a) $x = 0$, $z = 1,0$ m; (b) $x = 1,0$ m, $z = 0$; (c) $x = 0$, $z = -0,25$ m.

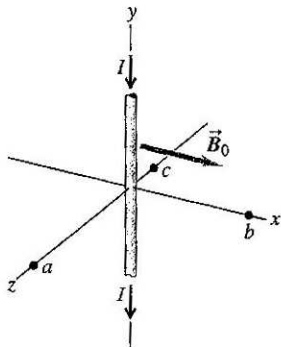


Figura 28.39 Exercício 28.19.

28.29 Um fio horizontal longo AB encontra-se apoiado sobre uma mesa e conduz uma corrente I . Um fio horizontal longo CD está verticalmente sobre o fio AB e pode deslizar para cima ou para baixo ao longo de duas guias metálicas verticais C e D (Figura 28.45). O fio CD está conectado por meio de contactos deslizantes a outro fio que também conduz uma corrente I , porém de sentido contrário à corrente do fio AB . A massa por unidade de comprimento do fio CD é igual a λ . Na posição de equilíbrio, qual é a altura h do fio CD , supondo que a força magnética sobre o fio CD seja inteiramente produzida pela corrente do fio AB ?

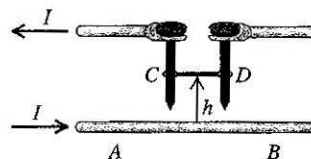


Figura 28.45 Exercício 28.29.

28.30 Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético resultante produzido no ponto P pela corrente que passa na seção semicircular do fio indicado na Figura 28.46. (Sugestão: a corrente que passa na seção retilínea do fio produz algum campo magnético no ponto P ?)

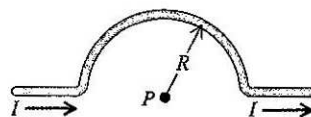


Figura 28.46 Exercício 28.30.

28.36 A Figura 28.48 mostra a seção reta de diversos condutores que conduzem correntes que atravessam o plano da figura. Os sentidos das correntes são indicados na figura e os módulos são $I_1 = 4,0$ A, $I_2 = 6,0$ A e $I_3 = 2,0$ A. Quatro trajetórias indicadas pelas letras de a até d são mostradas na figura. Qual é o valor da integral de linha $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ para cada trajetória? Para cada integral, escolha um percurso no sentido anti-horário. Explique suas respostas.

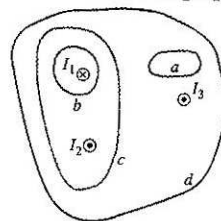


Figura 28.48 Exercício 28.36.

28.38 Repita o Exercício 28.37 para o caso no qual a corrente no condutor sólido central é I_1 , a corrente no tubo é I_2 e as correntes possuem o mesmo sentido em vez de sentidos contrários.

28.37 Cabo coaxial. Um condutor sólido com raio a é suportado por discos isolantes no centro de um tubo condutor com raio interno b e raio externo c (Figura 28.49). O condutor central e o tubo transportam correntes com o mesmo módulo I , porém com sentidos contrários. As correntes são distribuídas uniformemente ao longo da seção reta de cada condutor. Deduza uma expressão para o módulo do campo magnético (a) nos pontos no exterior do condutor sólido central, porém no interior do tubo ($a < r < b$); (b) nos pontos no exterior do tubo ($r > c$).

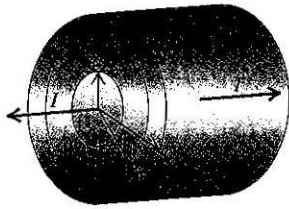


Figura 28.49 Exercício 28.37.

28.45 Um anel de madeira com diâmetro médio igual a 14,0 cm é enrolado de modo compacto com 600 espiras, formando um enrolamento toroidal. Determine o campo magnético em um ponto situado no centro da seção reta das espiras quando a corrente que passa no enrolamento é de 0,650 A.

28.63 Dois fios longos e paralelos estão suspensos por meio de cordas de 4,0 cm de comprimento, presas a um eixo comum (Figura 28.56). Os fios possuem massa por unidade de comprimento igual a 0,0125 kg/m e conduzem correntes de mesmo módulo, porém de sentidos contrários. Qual é a corrente em cada fio, sabendo que as cordas de sustentação formam um ângulo de $6,0^\circ$ com a vertical?

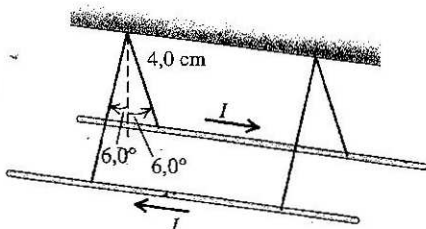


Figura 28.56 Problema 28.63.

28.64 O fio retilíneo longo AB , indicado na Figura 28.57, conduz uma corrente de 14,0 A. A espira retangular cuja aresta mais longa é paralela ao fio conduz uma corrente de 5,0 A. Determine o módulo, a direção e o sentido da força magnética resultante produzida pelo campo do fio e exercida sobre a espira.

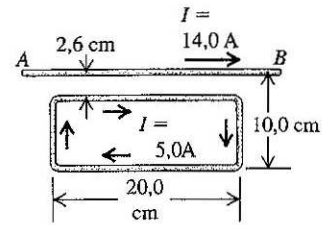


Figura 28.57 Problema 28.64.

28.66 Os fios que formam as semicircunferências indicadas na figura 28.58 possuem raios a e b . Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético resultante produzido pelas correntes dos fios no ponto P .

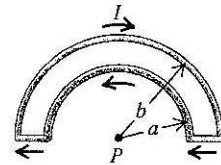


Figura 28.58 Problema 28.66.

Materiais magnéticos

28.47 Um solenóide toroidal com 500 espiras é constituído por um enrolamento sobre um anel cujo raio médio é igual a 2,90 cm. Calcule qual deve ser a corrente no enrolamento necessária para produzir um campo magnético de 0,350 T no anel, (a) supondo que o anel seja de ferro recozido ($K_m = 1400$); (b) supondo que o anel seja de aço com silício ($K_m = 5200$).

28.48 A corrente que passa nos enrolamentos de um solenóide toroidal é de 2,400 A. Existem 500 espiras e seu raio médio é igual a 25,0 cm. O toróide está preenchido com um material magnético. Verifica-se que o campo magnético no interior das espiras é igual a 1,940 T. Calcule (a) a permeabilidade relativa; (b) a suscetibilidade magnética do material que preenche o toróide.

28.49 Um solenóide longo, com 60 espiras por centímetro, conduz uma corrente igual a 0,15 A. O fio das espiras é enrolado em torno de um núcleo de aço com silício ($K_m = 5200$). (O fio do solenóide é envolvido por uma camada de isolante, de modo que não flua nenhuma corrente para o núcleo.) (a) Para um dado ponto no interior do núcleo, determine o módulo (i) do campo magnético \vec{B}_0 produzido pela corrente que passa no solenóide, (ii) da magnetização \vec{M} e (iii) do campo magnético resultante \vec{B} . (b) Faça um esboço mostrando o solenóide e o núcleo e indique as direções e os sentidos dos vetores \vec{B}_0 , \vec{M} e \vec{B} no interior do núcleo do solenóide.

Corrente, Resistência e Força Eletromotriz

25.1 $3,89 \times 10^4$ C

25.13 (a) $5,16 \times 10^{-3}$ V/m (b) $2,70 \times 10^{-3}$ V/m

25.32 (a) $0,700 \Omega$ (b) $5,30 \Omega$

25.35 (a) não há corrente através do resistor de $2,0 \Omega$ (b) $5,0$ V (c) $5,0$ V

25.64 (a) $R = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{b-a}{ab} \right)$ (b) $J = \frac{V_{ab} ab}{\rho(b-a)r^2}$ (c) $R = \frac{\rho L}{A}$, com $L = b - a$ e $A = 4\pi ab \simeq 4\pi a^2$

25.65 $J = \frac{Q}{KA\epsilon_0\rho}$, $I = \frac{Q}{K\epsilon_0\rho}$

Campo Magnético e Forças Magnéticas

27.1 (a) $\vec{F} = (-6,68 \times 10^{-4} \text{N})\hat{k}$ (b) $\vec{F} = (6,68 \times 10^{-4} \text{N})\hat{i} + (7,27 \times 10^{-4} \text{N})\hat{j}$

27.6 (a) 0 e $3,25 \times 10^{16}$ m/s² (b) $14,5^\circ$

27.15 (a) $1,60 \times 10^{-4}$ T (b) $1,11 \times 10^{-7}$ s

27.46 (a) $\vec{\tau} = -NIAB\hat{i}$ e $U = 0$ (b) $\vec{\tau} = 0$ e $U = -NIAB$ (c) $\vec{\tau} = NIAB\hat{i}$ e $U = 0$ (d) $\vec{\tau} = 0$ e $U = NIAB$

27.49 (a) $1,13$ A (b) $3,69$ A (c) $98,2$ V (d) 362 W

27.75 $0,024$ T

27.81 (b) lado $(0,0)$ a $(0,L)$: $\frac{1}{2}B_0LI\hat{i}$; lado $(0,L)$ a (L,L) : $-B_0LI\hat{j}$; lado (L,L) a $(L,0)$: $-\frac{1}{2}B_0LI\hat{i}$; lado $(L,0)$ a $(0,0)$: 0 ; (c) $-B_0LI\hat{j}$

27.82 (b) lado $(0,0)$ a $(0,L)$: $-\frac{1}{2}B_0LI\hat{k}$; lado $(0,L)$ a (L,L) : $\frac{1}{2}B_0LI\hat{k}$; lado (L,L) a $(L,0)$: $\frac{1}{2}B_0LI\hat{k}$; lado $(L,0)$ a $(0,0)$: 0 ; (c) $\frac{1}{2}B_0AI\hat{i}$ (d) $-\frac{1}{2}B_0AI\hat{j}$ (e) não, pois o campo magnético não é constante

27.83 (a) $2,52$ m/s (b) $7,58$ A (c) $0,198 \Omega$

Fontes de Campo Magnético

28.1 (a) $-(1,92 \times 10^{-5} \text{T})\hat{k}$ (b) 0 (c) $(1,92 \times 10^{-5} \text{T})\hat{i}$ (d) $-(6,79 \times 10^{-6} \text{T})\hat{i}$

28.19 (a) $-(1,50 \times 10^{-7} \text{T})\hat{i}$ (b) $(1,50 \times 10^{-6} \text{T})\hat{i} + (1,60 \times 10^{-6} \text{T})\hat{k}$, com módulo de $2,19 \times 10^{-6}$ T, formando um ângulo de $46,8^\circ$ com o eixo x (c) $(7,90 \times 10^{-6} \text{T})\hat{i}$

28.29 $h = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi g \lambda}$

28.30 $B = \frac{\mu_0 I}{4R}$, entrando na página

28.36 trajetória a : 0 ; trajetória b : $-5,03 \times 10^{-6}$ T m; trajetória c : $2,51 \times 10^{-6}$ T m; trajetória d : $5,03 \times 10^{-6}$ T m

28.38 (a) $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$ (b) $\frac{\mu_0(I_1 + I_2)}{2\pi r}$

28.45 $1,11 \times 10^{-3}$ T

28.63 $23,2$ A

28.64 $7,97 \times 10^{-5}$ N, afastando-se do fio

28.66 $\frac{\mu_0 I}{4a} \left(1 - \frac{a}{b} \right)$, entrando na página

Fontes de Campo Magnético (Materiais Magnéticos)

28.47 (a) $0,0725$ A (b) $0,0195$ A

28.48 (a) $K_m = 2021$ (b) $\chi_m = K_m - 1 = 2020$.

28.49 (a) (i) $1,1 \times 10^{-3}$ T (ii) $4,7 \times 10^{-6}$ A/m (b) (iii) $5,9$ T