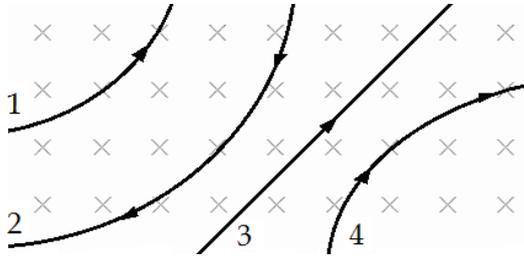


**LISTA COMPLETA PROVA 03**

**CAPÍTULO 30**

**2E.** Quatro partículas seguem as trajetórias mostradas na Fig. 30-28 quando elas passam através de um campo magnético. O que se pode concluir sobre a carga de cada partícula?



**Fig. 30-28** Exercício 2.

**5P.** Um elétron que tem velocidade  $\mathbf{v} = (2,0 \times 10^6 \text{ m/s})\mathbf{i} + (3,0 \times 10^6 \text{ m/s})\mathbf{j}$  penetra num campo magnético  $\mathbf{B} = (0,030 \text{ T})\mathbf{i} - (0,15 \text{ T})\mathbf{j}$ . (a) Determine o módulo, direção e sentido da força sobre o elétron. (b) Repita o cálculo para um próton tendo a mesma velocidade.

**6P.** Um elétron num campo magnético uniforme tem uma velocidade  $\mathbf{v} = (40 \text{ km/s})\mathbf{i} + (35 \text{ km/s})\mathbf{j}$ . Ele experimenta uma força  $\mathbf{F} = -(4,2 \text{ fN})\mathbf{i} + (4,8 \text{ fN})\mathbf{j}$ . Sabendo-se que  $B_i = 0$ , calcular o campo magnético.

**10E.** Um elétron com energia cinética de  $2,5 \text{ keV}$  se move horizontalmente para dentro de uma região do espaço onde existe um campo elétrico direcionado para baixo e cujo módulo é igual a  $10 \text{ kV/m}$ . (a) Quais são o módulo, a direção e o sentido do (menor) campo magnético capaz de fazer com que os elétrons continuem a se mover horizontalmente? Ignore a força gravitacional, que é bastante pequena. (b) Será possível, para um próton, atravessar essa combinação de campos sem ser desviado? Se for, em que circunstâncias?

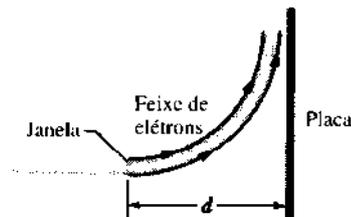
**12P.** Um elétron é acelerado através de uma diferença de potencial de  $1,0 \text{ kV}$  e dirigido para dentro de uma região entre duas placas paralelas separadas por  $20 \text{ mm}$ , entre as quais existe uma diferença de potencial de  $100 \text{ V}$ . O elétron está se movendo perpendicularmente ao campo elétrico quando entra na região entre as placas. Que campo magnético, perpendicular tanto à trajetória do elétron quanto ao campo elétrico, é necessário para que o elétron se desloque em linha reta?

**23E.** Um elétron é acelerado a partir do repouso por uma diferença de potencial de  $350 \text{ V}$ . Ele penetra, a seguir, num campo magnético uniforme de módulo  $200 \text{ mT}$  com sua velocidade perpendicular ao campo. Calcular (a) a velocidade escalar do elétron e (b) o raio de sua trajetória no campo magnético.

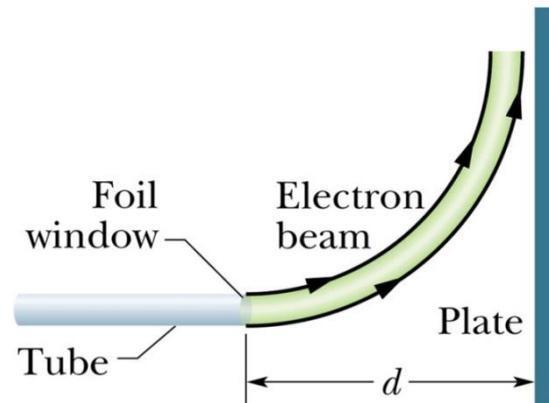
**27E.** Um feixe de elétrons cuja energia cinética é  $K$  emerge da “janela” de saída na extremidade de um tubo acelerador. Existe uma placa metálica a uma distância  $d$  dessa janela e perpendicular à direção do feixe emergente. Veja a fig. 30.32. Mostre que podemos evitar que o feixe colida com a placa se aplicarmos um campo magnético  $B$  tal que

$$B \geq \sqrt{\frac{2mK}{e^2d^2}}$$

onde  $m$  e  $e$  são, respectivamente, a massa e a carga do elétron. Qual deve ser a orientação de  $B$ ?



**Fig. 30-32** Exercício 27.



**30P.** Um próton, um dêuteron e uma partícula alfa, com a mesma energia cinética, entram numa região de campo magnético uniforme  $\mathbf{B}$ , movendo-se perpendicularmente a  $\mathbf{B}$ . Compare os raios de suas trajetórias circulares.

**31P.** A Fig. 30-33 mostra os aspectos mais importantes de um espectrômetro de massa, que é usado para medir as massas dos íons. Um íon de massa  $m$  e carga  $+q$  é produzido numa fonte  $S$ , uma câmara onde ocorre uma descarga gasosa. O íon, praticamente em repouso, deixa  $S$ , é

acelerado por uma diferença de potencial  $V$  e, então, entra numa câmara, onde existe um campo magnético  $\vec{B}$ . No campo, ele se move num semicírculo, incidindo numa chapa fotográfica a uma distância  $x$  da abertura de entrada. Mostre que a massa  $m$  do íon é dada por

$$m = \frac{B^2 q}{8V} x^2$$

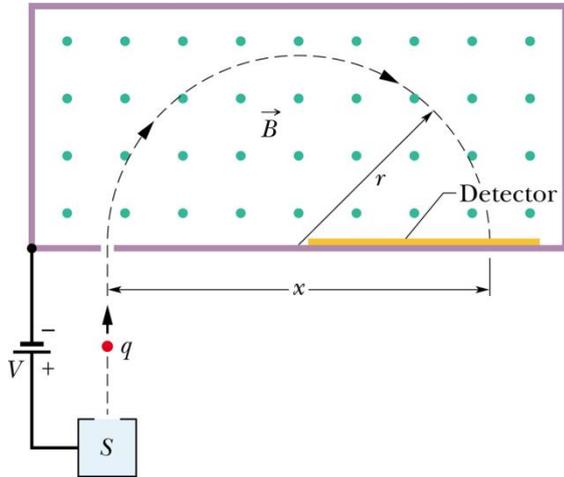


Fig. 30-33 Problema 31.

**34P.** O espectrômetro de massa Bainbridge, mostrado na Fig. 30-34, separa íons que têm a mesma velocidade. Depois de terem penetrado através das fendas  $S_1$  e  $S_2$ , os íons passam por um seletor de velocidade composto de um campo elétrico produzido pelas placas carregadas  $P$  e  $P'$  e de um campo magnético  $\vec{B}$  perpendicular ao campo elétrico e à trajetória dos íons. Os íons que passam sem serem desviados pelos campos cruzados,  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$ , penetram numa região onde existe um segundo campo magnético  $\vec{B}'$  e são curvados em trajetórias circulares. Uma chapa fotográfica registra a chegada deles. Mostre que, para os íons,  $q/m = E/(rBB')$ , onde  $r$  é o raio da órbita circular.

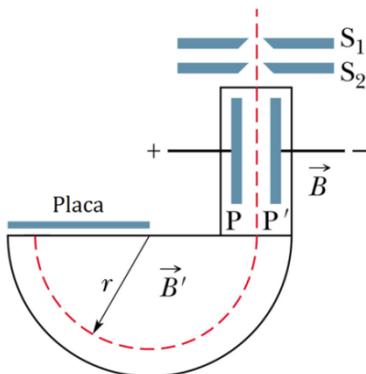


Fig. 30-34 Problema 34.

**36P.** Uma partícula neutra está em repouso num campo magnético uniforme de módulo  $B$ . No instante  $t = 0$ , ela decai em duas partículas carregadas de massa  $m$ . (a) Sabendo-se que a carga de uma das partículas é  $+q$ , qual é a carga da outra? (b) As duas partículas se afastam em trajetórias distintas contidas no plano perpendicular a  $\vec{B}$ . Num certo instante posterior, as partículas colidem. Expresse o intervalo de tempo desde o decaimento até a colisão em termos de  $m$ ,  $B$  e  $q$ .

**43E.** A Fig. 30-35 mostra quatro posições de um ímã e um fio retilíneo pelo qual elétrons estão fluindo para fora da página, perpendicular ao plano do ímã. Em que caso a força sobre o fio aponta para o topo da página?

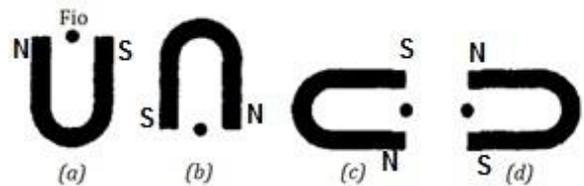


Fig. 30-35 Exercício 43.

**46P.** Um fio de  $62,0 \text{ cm}$  de comprimento e  $13,0 \text{ g}$  de massa está suspenso por um par de condutores flexíveis num campo magnético de  $0,440 \text{ T}$  (Fig. 30-36). Quais são as intensidades e o sentido da corrente necessários para anular a tensão nos fios de suporte?

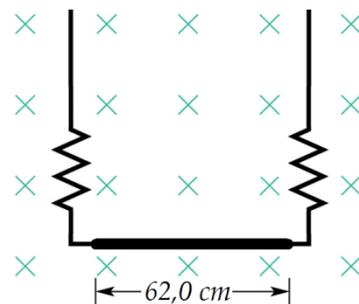


Fig. 30-36 Problema 46.

**47P.** Um fio de  $50 \text{ cm}$  de comprimento, situado ao longo do eixo  $x$ , é percorrido por uma corrente de  $0,50 \text{ A}$ , no sentido dos  $x$  positivos. O fio está imerso num campo magnético dado por  $\vec{B} = (0,0030 \text{ T}) \vec{j} + (0,010 \text{ T}) \vec{k}$ . Determine a força sobre o fio.

**48P.** Um fio de metal de massa  $m$  desliza sem atrito sobre dois trilhos horizontais separados por uma distância  $d$ , como na Fig. 30-37. Os trilhos estão colocados num campo magnético uniforme  $\vec{B}$ . Uma corrente constante  $i$  flui de um gerador  $G$

ao longo de um trilho, através do fio e retorna pelo outro trilho. Determine a velocidade (módulo, direção e sentido) do fio em função do tempo, supondo que ele esteja em repouso no instante  $t = 0$ .

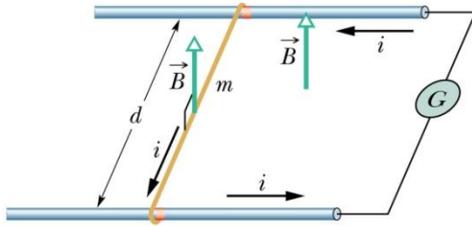


Fig. 30-37 Problema 48.

**50P.** Um condutor rígido e comprido, colocado ao longo do eixo  $x$ , é percorrido por uma corrente de  $5,0 \text{ A}$  no sentido  $-x$ . Um campo magnético  $\mathbf{B}$  está presente e é dado por  $\mathbf{B} = 3,0\mathbf{i} + 8,0x^2\mathbf{j}$ , com  $x$  em metros e  $\mathbf{B}$  em militeslas. Calcule a força sobre um segmento de  $2,0 \text{ m}$  de condutor que está situado entre  $x = 1,0$  e  $x = 3,0 \text{ m}$ .

**53E.** Uma bobina de corrente de uma só volta, transportando uma corrente de  $4,00 \text{ A}$ , tem a forma de um triângulo retângulo de lados  $50 \text{ cm}$ ,  $120 \text{ cm}$  e  $130 \text{ cm}$ . A bobina é colocada num campo magnético uniforme de módulo  $75 \text{ mT}$  e de direção paralela à corrente no lado de  $130 \text{ cm}$  da bobina. (a) Determine o módulo da força magnética que atua sobre cada um dos três lados da bobina. (b) Mostre que a força magnética total sobre a bobina é nula.

**67P.** Uma espira circular de arame, de raio  $8,0 \text{ cm}$ , transporta uma corrente de  $0,20 \text{ A}$ . Um vetor unitário, paralelo ao momento de dipolo  $\boldsymbol{\mu}$  da espira, é dado por  $0,60\mathbf{i} - 0,80\mathbf{j}$ . A espira está imersa num campo magnético de  $\mathbf{B} = (0,25 \text{ T})\mathbf{i} + (0,30 \text{ T})\mathbf{k}$ . Determine (a) o torque sobre a espira (usando notação vetorial) e (b) a energia potencial magnética da espira.

### CAPÍTULO 31

**8E.** Uma carga puntiforme  $q$  está se movendo com velocidade escalar  $v$  ao passar a uma distância  $d$  de um fio retilíneo longo percorrido por uma corrente  $i$ . Quais são o módulo, a direção e o sentido da força que atua sobre a carga, nessa posição, nos seguintes casos: (a) a carga se aproxima ortogonalmente do fio e (b) a carga se afasta ortogonalmente do fio?

**9E.** Um fio retilíneo longo transporta uma corrente de  $50 \text{ A}$ . Um elétron está se movendo a  $1,0 \times 10^7 \text{ m/s}$  ao passar a  $5,0 \text{ cm}$  desse fio. Que

força atua sobre o elétron se a sua velocidade estiver orientada (a) diretamente para o fio, (b) paralelamente ao fio e (c) perpendicular às direções definidas por (a) e (b)?

**11P.** O fio mostrado na Fig. 31-31 transporta uma corrente  $i$ . Que campo magnético  $\mathbf{B}$  é produzido no centro  $C$  do semicírculo (a) por cada segmento retilíneo de comprimento  $L$ , (b) pelo segmento semicircular de raio  $R$  e (c) pelo fio inteiro?

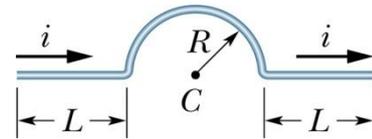


Fig 31-31 Problema 11.

**13P.** Use a lei de Biot-Savart para calcular o campo magnético  $\mathbf{B}$  em  $C$ , o centro comum dos arcos semicirculares  $AD$  e  $HJ$  na Fig. 31-33. Os dois arcos de raios  $R_1$  e  $R_2$ , respectivamente, formam parte do circuito  $ADJHA$  transportando uma corrente  $i$ .

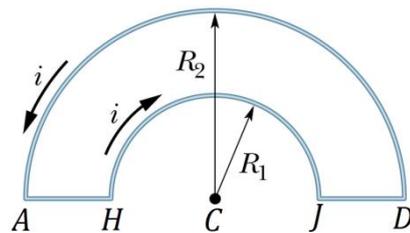


Fig. 31-33 Problema 13.

**16P.** Considere o circuito da Fig. 31-36. Os segmentos curvos são arcos de círculo de raios  $a$  e  $b$ . Os segmentos retilíneos estão ao longo de raios. Determine o campo magnético  $\mathbf{B}$  em  $P$ , considerando uma corrente  $i$  no circuito.

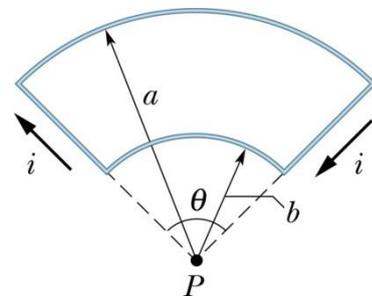


Fig. 31-36 Problema 16.

**17P.** Um segmento retilíneo de fio, de comprimento  $L$ , transporta uma corrente  $i$ . Mostre que o módulo do campo magnético  $\mathbf{B}$  produzido por esse segmento, a uma distância  $R$  do

segmento ao longo de sua mediatriz (veja a Fig. 31-37), é

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \frac{L}{(L^2 + 4R^2)^{1/2}}$$

Mostre que essa expressão se reduz a um resultado esperado se  $L \rightarrow \infty$ .

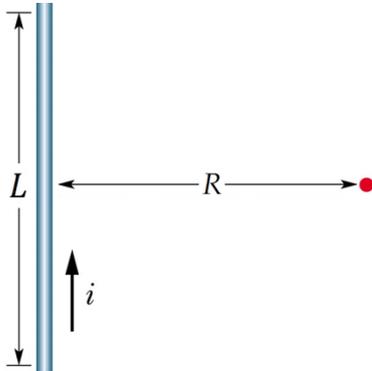


Fig. 31-37 Problema 17.

18P. Uma espira quadrada de fio de lado  $a$  transporta uma corrente  $i$ . Mostre que, no centro da espira, o módulo do campo magnético produzido pela corrente é

$$B = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a}$$

(Sugestão: Veja o Problema 17).

19P. Mostre que o módulo do campo magnético produzido no centro de uma espira retangular de fio, de comprimento  $L$  e largura  $W$ , transportando uma corrente  $i$ , é

$$B = \frac{2\mu_0 i}{\pi} \frac{(L^2 + W^2)^{1/2}}{LW}$$

Mostre que, para  $L \gg W$ , essa expressão se reduz a um resultado consistente com o resultado do Exemplo 31-3. O resultado encontrado para  $B$ , no Exemplo 31-3, é

$$B = \frac{\mu_0 i d}{\pi(d^2 + x^2)}$$

20P. Uma espira quadrada de fio, de lado  $a$ , transporta uma corrente  $i$ . Mostre que o módulo do campo magnético produzido num ponto sobre o eixo da espira e a uma distância  $x$  de seu centro é

$$B(x) = \frac{4\mu_0 i a^2}{\pi(4x^2 + a^2)(4x^2 + 2a^2)^{1/2}}$$

Prove que esse resultado é consistente com o resultado do Problema 18.

21P. Dispõe-se de um fio de comprimento  $L$ , onde podemos estabelecer uma corrente  $i$ . O fio pode ser dobrado na forma de um círculo ou de um quadrado. Mostre que o quadrado dará o maior valor de  $B$  para o ponto central.

22P. Um segmento retilíneo de fio, de comprimento  $L$ , transporta uma corrente  $i$ . Mostre que o campo magnético associado a ele, no ponto  $P$ , a uma distância perpendicular  $D$  de uma de suas extremidades (veja a Fig. 31-38), é dado em módulo por

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi D} \frac{L}{(L^2 + D^2)^{1/2}}$$

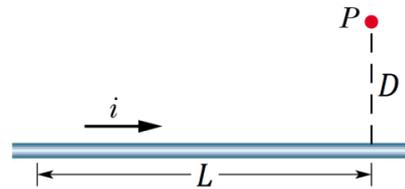


Fig. 31-38 Problema 22.

23P. Uma corrente  $i$  flui num segmento retilíneo de fio de comprimento  $a$ , como mostra a Fig. 31-39. Mostre que o campo magnético no ponto  $Q$  é zero e que em  $P$  o módulo do campo é dado por

$$B = \frac{\sqrt{2}\mu_0 i}{8\pi a}$$

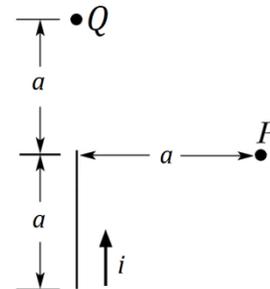


Fig. 31-39 Problema 23.

24P. Determine o campo magnético no ponto  $P$  da Fig. 31-40 (veja o Problema 23).

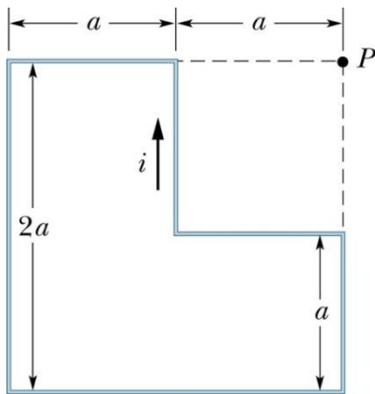


Fig. 31-40 Problema 24.

**28E.** Dois fios paralelos, retilíneos e longos, separados por  $0,75\text{ cm}$  estão perpendiculares ao plano da página, como é mostrado na Fig. 31-43. O fio 1 transporta uma corrente de  $6,5\text{ A}$  para dentro da página. Qual deve ser a corrente (intensidade e sentido) no fio 2 para que o campo magnético resultante no ponto  $P$  seja zero?

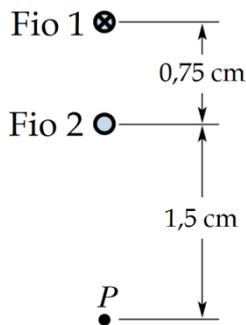


Fig. 31-43 Exercício 28.

**29E.** Dois fios longos e paralelos, separados por uma distância  $d$ , transportam correntes de  $i$  e  $3i$  no mesmo sentido. Localize o ponto ou os pontos em que seus campos magnéticos se cancelam.

**34P.** Quatro fios longos de cobre estão paralelos entre si, a seção transversal do conjunto formando os vértices de um quadrado de  $20\text{ cm}$  de lado. Cada fio é percorrido por uma corrente e  $20\text{ A}$ , no sentido indicado na Fig. 31-46. Quais são o módulo, direção e sentido de  $\mathbf{B}$  no centro do quadrado?

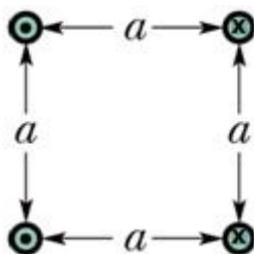


Fig. 31-46 Problema 34.

**35P.** Suponha, na Fig. 31-46, que as correntes idênticas  $i$  estejam todas apontando para fora da página. Qual é a força por unidade de comprimento (módulo, direção e sentido) sobre qualquer um dos fios?

**37P.** Dois fios longos, separados por uma distância  $d$ , transportam correntes iguais  $i$  antiparalelas, como se vê na Fig. 31-47. (a) Mostre que o módulo do campo magnético no ponto  $P$ , que é equidistante dos fios, é dado por

$$B = \frac{2\mu_0 id}{\pi(4R^2 + d^2)}$$

(b) Em que direção aponta  $\mathbf{B}$ ?

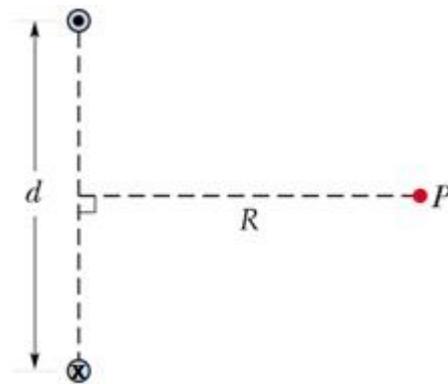
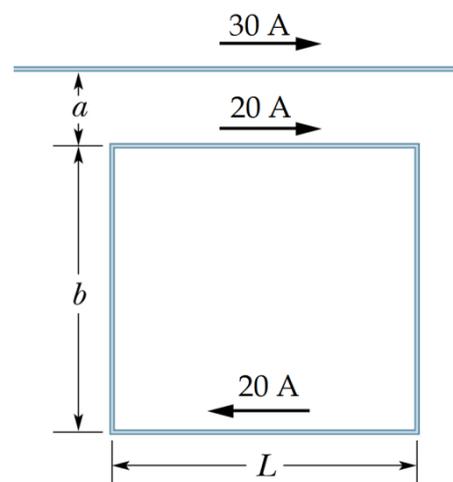


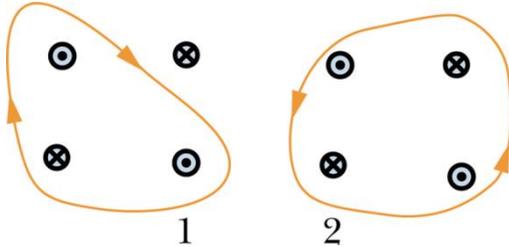
Fig. 31-47 Problema 37.

**38P.** Na Fig. 31-48, o fio retilíneo longo transporta uma corrente de  $30\text{ A}$  e a espira retangular transporta uma corrente de  $20\text{ A}$ . Calcular a força resultante atuando sobre a espira. Suponha que  $a = 1,0\text{ cm}$ ,  $b = 8,0\text{ cm}$  e  $L = 30\text{ cm}$ .



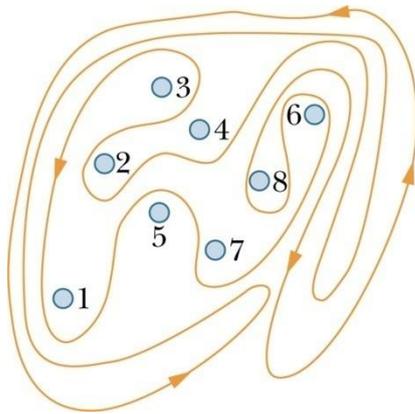
**Fig. 31-48** Problema 38.

**40E.** Cada um dos oito condutores mostrados na Fig. 31-50 transporta uma corrente de  $2,0\text{ A}$  para dentro ou para fora da página. Dois caminhos são indicados para a integral de linha  $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$ . Qual é o valor da integral para (a) o caminho 1 e (b) para o caminho 2?



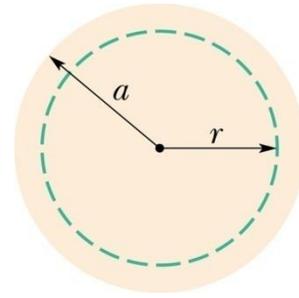
**Fig. 30-51** Exercício 40.

**41E.** Oito fios cortam a página perpendicularmente, nos pontos mostrados na Fig. 31-51. Um fio marcado com o número inteiro  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 8$ ) transporta a corrente  $ki_0$ . Para os fios com  $k$  ímpar, a corrente está para fora da página; para os com  $k$  par, a corrente está para dentro da página. Calcular  $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$  ao longo do caminho fechado no sentido indicado.



**Fig. 31-51** Exercício 41.

**42E.** A Fig. 31-52 mostra uma seção transversal de um condutor cilíndrico longo, de raio  $a$ , transportando uma corrente  $i$  uniformemente distribuída. Suponha  $a = 2,0\text{ cm}$  e  $i = 100\text{ A}$  e faça o gráfico de  $B(r)$  na faixa de  $0 < r < 6,0\text{ cm}$ .

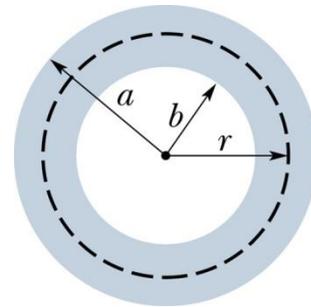


**Fig. 31-52** Exercício 42.

**46P.** A Fig. 31-55 mostra uma seção transversal de um condutor cilíndrico oco, de raios  $a$  e  $b$ , transportando uma corrente  $i$  uniformemente distribuída. (a) Mostre que  $B(r)$  para a faixa de  $b < r < a$  é dado por

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(a^2 - b^2)} \left( \frac{r^2 - b^2}{r} \right)$$

(b) Mostre que, quando  $r = a$ , essa equação dá o campo magnético  $B$  para um fio retilíneo longo; quando  $r = b$ , dá campo magnético nulo e, quando  $b = 0$ , dá o campo magnético no interior de um condutor sólido. (c) Suponha  $a = 2,0\text{ cm}$ ,  $b = 1,0\text{ cm}$  e  $i = 100\text{ A}$  e faça o gráfico de  $B(r)$  na faixa de  $0 < r < 6\text{ cm}$ .



**Fig. 31-55** Problema 46.

**47P.** A Fig. 31-56 mostra uma seção transversal de um condutor longo de um tipo chamado de cabo coaxial. Seus raios ( $a, b, c$ ) estão mostrados na figura. Existem correntes iguais  $i$ , mas de sentidos opostos, nos dois condutores. Obtenha as expressões para  $B(r)$  nas faixas (a)  $r < c$ , (b)  $c < r < b$ , (c)  $b < r < a$  e (d)  $r > a$ . (e) Teste essas expressões para todos os casos especiais que lhe ocorram. (f) Suponha  $a = 2,0\text{ cm}$ ,  $b = 1,8\text{ cm}$ ,  $c = 0,40\text{ cm}$ ,  $i = 120\text{ A}$  e faça o gráfico de  $B(r)$  na faixa de  $0 < r < 3\text{ cm}$ .

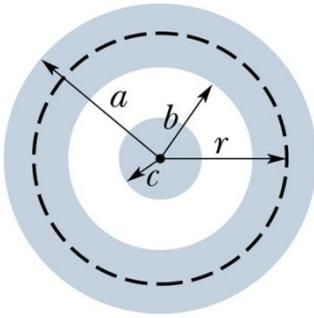


Fig. 31-56 Problema 47.

**48P.** A densidade de corrente no interior de um fio cilíndrico comprido e maciço de raio  $a$  está na direção do eixo central e varia linearmente com a distância radial  $r$  de acordo com  $J = J_0 r/a$ . Determine o campo magnético no interior do fio.

**53E.** Um solenoide de  $95,0\text{ cm}$  de comprimento tem um raio de  $2,00\text{ cm}$ , um enrolamento de  $1200$  espiras e transporta uma corrente de  $3,60\text{ A}$ . Calcule o módulo do campo magnético no interior do solenoide.

**56E.** Um toroide, tendo seção transversal quadrada, com  $5,00\text{ cm}$  de lado e um raio interno de  $15,0\text{ cm}$ , possui  $500$  espiras e transporta uma corrente de  $0,800\text{ A}$ . Qual é o módulo do campo magnético no interior do toroide (a) no raio interno e (b) no raio externo do toroide?

### CAPÍTULO 32

**1E.** Num certo local do hemisfério norte, o campo magnético da Terra tem módulo de  $42\ \mu\text{T}$  e aponta para baixo, formando um ângulo de  $57^\circ$  com a vertical. Calcular o fluxo através de uma superfície horizontal de área igual a  $2,5\text{ m}^2$ : veja a Fig. 32-32, na qual o vetor área  $\mathbf{A}$  foi arbitrariamente escolhido para baixo.

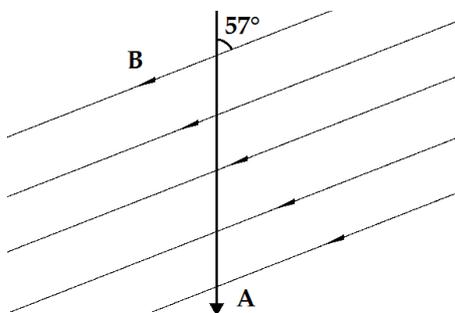


Fig. 32-32 Exercício 1.

**2E.** Uma corrente  $i = i_0 \sin(\omega t)$  percorre um solenoide longo que possui  $n$  espiras por unidade de comprimento. Uma espira circular de área  $A$

está no interior do solenoide e seu eixo coincide com o eixo do solenoide. Determine a fem induzida na espira.

**4E.** Um campo magnético uniforme  $\mathbf{B}$  é perpendicular ao plano de uma espira circular de raio  $r$ . O módulo do campo varia com o tempo de acordo com a relação  $B = B_0 e^{-t/\tau}$ , onde  $B_0$  e  $\tau$  são constantes. Determine a fem induzida na espira em função do tempo.

**5E.** O fluxo magnético através da espira mostrada na Fig. 32-33 cresce com o tempo de acordo com a relação

$$\phi_B = 6,0t^2 + 7,0t$$

onde  $\phi_B$  é dado em miliwebers e  $t$  em segundos. (a) Qual é o módulo da fem induzida na espira quando  $t = 2,0\text{ s}$ ? (b) Qual é o sentido da corrente em  $R$ ?

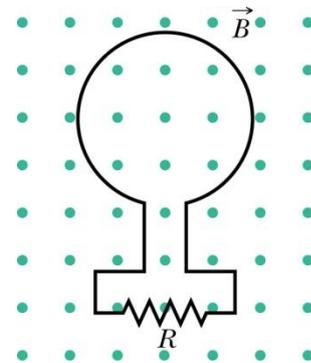


Fig. 32-33 Exercício 5.

**6E.** O módulo do campo magnético através de uma espira circular de  $12\text{ cm}$  de raio e resistência igual a  $8,5\ \Omega$  varia com o tempo conforme mostra a Fig. 32-34. Determine a fem na espira em função do tempo. Considere os intervalos de tempo (a) de  $t = 0$  até  $t = 2,0\text{ s}$ ; (b) de  $t = 2,0\text{ s}$  até  $t = 4,0\text{ s}$ ; (c) de  $t = 4,0\text{ s}$  até  $t = 6,0\text{ s}$ . O campo magnético (uniforme) é perpendicular ao plano da espira.

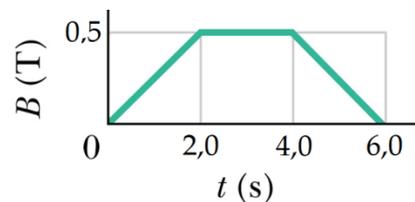


Fig. 32-34 Exercício 6.

**9P.** Suponha que a corrente no solenoide do Exemplo 32-1 varie, não como nesse exemplo, mas de acordo com a relação  $i = 3,0t + 1,0t^2$ , onde  $i$  se expressa em ampères e  $t$  em segundos. (a) Faça o gráfico da fem na bobina desde  $t = 0$

até  $t = 4,0 \text{ s}$ . (b) A resistência da bobina vale  $0,15 \Omega$ . Qual é a corrente na bobina para  $t = 2,0 \text{ s}$ ?

No Exemplo 32-1, tem-se um solenoide longo  $S$ , conforme mostra a Fig. 32-4, com 220 espiras/cm, diâmetro  $D$  de 3,2 cm. Em seu centro, é colocada uma bobina compacta  $C$  de 130 espiras, com diâmetro de 2,1 cm.

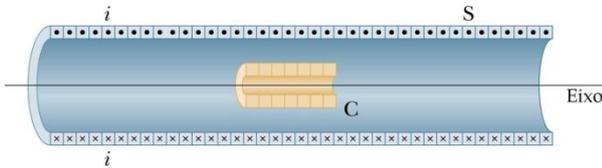


Fig. 32-4 Exemplo 32-1.

**12P.** Deduza uma expressão para o fluxo através de um toroide, com  $N$  espiras, transportando uma corrente  $i$ . Suponha que o enrolamento tenha uma seção transversal retangular de raio interno  $a$ , raio externo  $b$  e altura  $h$ .

**19P.** Uma espira quadrada cujo lado mede 2,00 m está disposta perpendicularmente a um campo magnético uniforme com metade de sua área imersa no campo, como mostra a Fig. 32-38. A espira contém uma bateria de 20,0 V e resistência interna desprezível. Sabendo-se que o módulo do campo varia com o tempo de acordo com a relação  $B = 0,042 - 0,870t$ , com  $B$  em teslas e  $t$  em segundos, (a) qual é a fem total no circuito? (b) Qual é o sentido da corrente através da bateria?

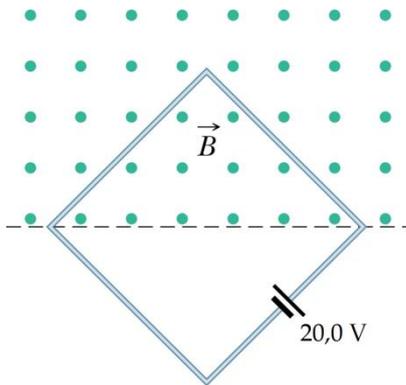


Fig. 32-38 Problema 19.

**23E.** Uma barra metálica está se movendo com velocidade constante ao longo de dois trilhos metálicos paralelos, ligados por tira metálica numa das extremidades, como mostra a Fig. 32-40. Um campo magnético  $B = 0,350 \text{ T}$  aponta para fora da página. (a) Sabendo-se que os trilhos estão separados em 25,0 cm e a velocidade escalar da barra é 55,0 cm/s, que fem é gerada?

(b) Sabendo-se que a resistência da barra vale  $18,0 \Omega$  e que a resistência dos trilhos é desprezível, qual é a corrente na barra?

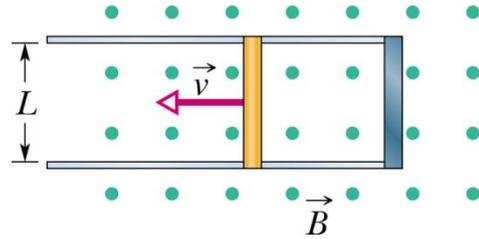


Fig. 32-40 Exercícios 23 e 24.

**24E.** A Fig. 32-40 mostra uma barra condutora de comprimento  $L$  sendo puxada ao longo de trilhos condutores horizontais, sem atrito, com uma velocidade constante  $v$ . Um campo magnético vertical e uniforme  $B$  preenche a região onde a barra se move. Suponha que  $L = 10 \text{ cm}$ ,  $v = 5,0 \text{ m/s}$  e  $B = 1,2 \text{ T}$ . (a) Qual é a fem induzida na barra? (b) Qual é a corrente na espira condutora? Considere que a resistência da barra seja  $0,40 \Omega$  e que a resistência dos trilhos seja desprezível. (c) Com que taxa a energia térmica está sendo gerada na barra? (d) Que força um agente externo deve exercer sobre a barra para manter seu movimento? (e) Com que taxa esse agente externo realiza trabalho sobre a barra? Compare essa resposta com a do item (c).

**25E.** Na Fig. 32-41, uma barra condutora de massa  $m$  e comprimento  $L$  desliza sem atrito sobre dois trilhos horizontais longos. Um campo magnético vertical uniforme  $B$  preenche a região onde a barra está livre para se mover. O gerador  $G$  fornece uma corrente constante  $i$  que flui ao longo de um trilho, através da barra e volta ao gerador ao longo do outro trilho. Determine a velocidade da barra em função do tempo, supondo que ela esteja em repouso no instante  $t = 0$ .

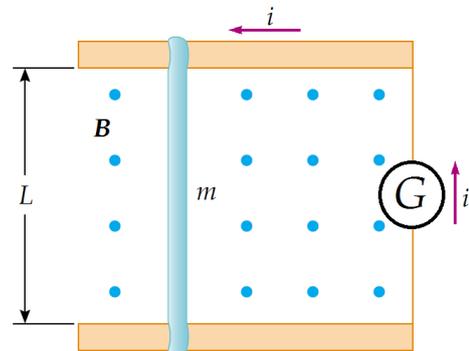


Fig. 32-41 Exercício 25.

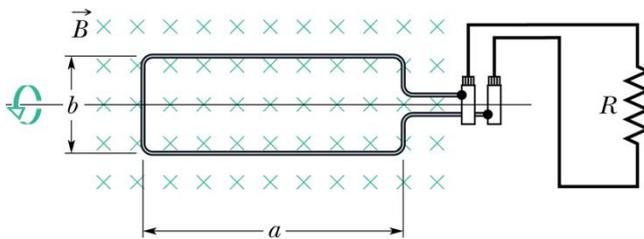
**26P.** Um material condutor elástico está esticando formando uma espira circular de raio igual a

12,0 cm. Ela é colocada perpendicularmente a um campo magnético uniforme de 0,800 T. Ao ser liberada, seu raio começa a se contrair numa taxa constante de 75,0 cm/s. Que fem é induzida na espira naquele instante?

**29P.** Uma bobina retangular, com  $N$  espiras, comprimento  $a$  e largura  $b$  é girada com uma frequência  $f$  num campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , como mostra a Fig. 32-44. (a) Mostre que uma fem induzida dada por

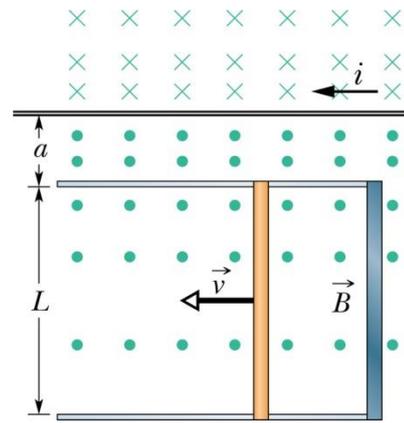
$$\varepsilon = 2\pi f N a b \sin(2\pi f t) = \varepsilon_0 \sin(2\pi f t)$$

aparece na bobina. Este é o princípio de um gerador comercial de corrente alternada. (b) Projete uma bobina que produza uma fem com  $\varepsilon_0 = 150 \text{ V}$  quando girada a 60,0 rev/s num campo magnético de 0,500 T.



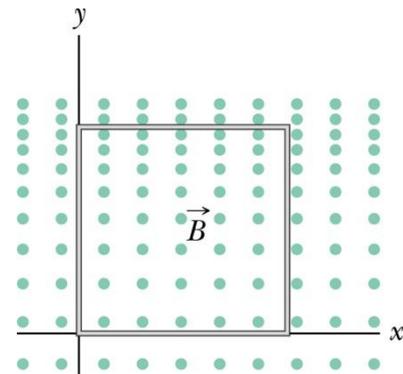
**Fig. 32-44** Problema 29.

**34P.** A Fig. 32-45 mostra uma barra de comprimento  $L$  que é deslocada com velocidade escalar constante  $v$  ao longo de trilhos condutores horizontais. Neste caso, o campo magnético em que a barra se move é não-uniforme, pois é criado por uma corrente  $i$  que percorre um fio longo paralelo aos trilhos. Suponha que  $v = 5,00 \text{ m/s}$ ,  $a = 10,0 \text{ mm}$ ,  $L = 10,0 \text{ cm}$  e  $i = 100 \text{ A}$ . (a) Calcule a fem induzida na barra. (b) Qual é a corrente na espira condutora? Suponha que a resistência da barra seja  $0,400 \Omega$  e que a resistência dos trilhos e da tira que os liga, no lado direito, seja desprezível. (c) Em que taxa está sendo gerada energia térmica na barra? (d) Que força deve ser exercida sobre a barra por um agente externo para manter seu movimento? (e) Com que taxa esse agente externo realiza trabalho sobre a barra? Compare essa resposta com a do item (c).



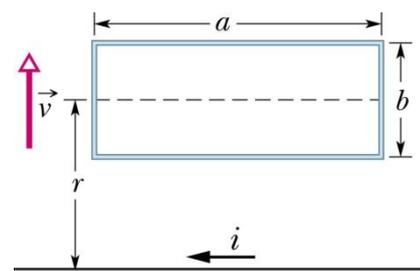
**Fig. 32-45** Problema 34.

**36P.** Na Fig. 32-47, o lado da espira quadrada, de fio, mede 2,0 cm. Um campo magnético aponta para fora da página; seu módulo é dado por  $B = 4,0t^2y$ , onde  $B$  é dado em teslas,  $t$  em segundos e  $y$  em metros. Determine a fem induzida no quadrado no instante  $t = 2,5 \text{ s}$  e dê o seu sentido.



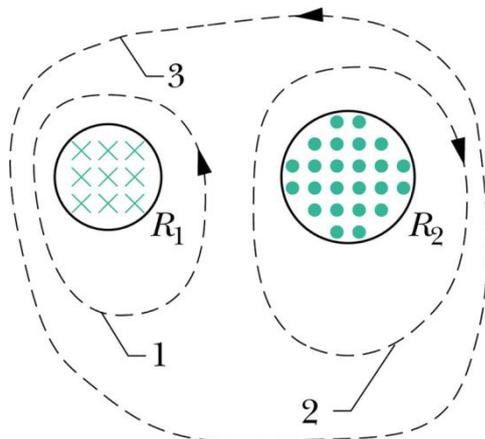
**Fig. 32-47** Problema 36.

**37P.** Uma espira retangular, de fio, de comprimento  $a$ , largura  $b$  e resistência  $R$  está colocada nas proximidades de um fio infinitamente longo que transporta uma corrente  $i$ , conforme mostra a Fig. 32-48. A distância do fio longo ao centro da espira é  $r$ . Determine (a) o módulo do fluxo magnético através da espira e (b) a corrente na espira à medida que ela se afasta do fio com velocidade escalar  $v$ .



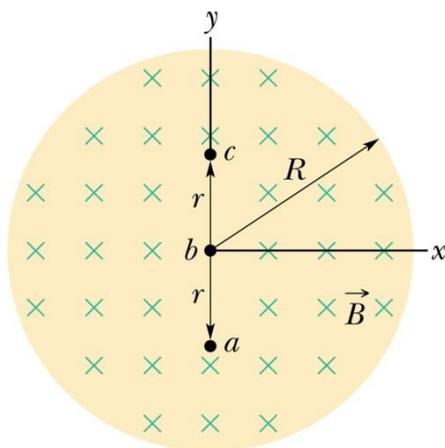
**Fig. 32-48** Problema 37.

**41E.** A Fig. 32-51 mostra duas regiões circulares,  $R_1$  e  $R_2$ , com raios  $r_1 = 20,0 \text{ cm}$  e  $r_2 = 30,0 \text{ cm}$ , respectivamente. Em  $R_1$ , existe um campo magnético uniforme  $B_1 = 50,0 \text{ mT}$  para dentro da página e, em  $R_2$ , existe um campo magnético uniforme  $B_2 = 75,0 \text{ mT}$  para fora da página (ignore a distorção dos campos). Os dois campos estão diminuindo na taxa de  $8,50 \text{ mT/s}$ . Calcule a integral  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$  para cada um dos três caminhos tracejados.



**Fig. 32-51** Exercício 41.

**43P.** A Fig. 32-52 mostra um campo magnético uniforme  $\vec{B}$  confinado a um volume cilíndrico de raio  $R$ . O módulo de  $\vec{B}$  está decrescendo numa taxa constante de  $10 \text{ mT/s}$ . Qual é a aceleração instantânea (módulo, direção e sentido) experimentada por um elétron, quando colocado sucessivamente nos pontos  $a$ ,  $b$  e  $c$ ? Suponha  $r = 5,0 \text{ cm}$ .



**Fig. 32-52** Exercício 43.

**Respostas**  
**Capítulo 30**

2. 1. Positiva 2. Negativa 3. Neutra 4. Negativa. 5. (a)  $(6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\mathbf{k}$ . (b)  $-(6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\mathbf{k}$ . 6.  $\vec{B} = 0,75 \text{ T } \vec{K}$  10. a)  $B = 3,37 \times 10^{-4} \text{ T}$  b) Sim. Campo  $\vec{B}$  desviaria o próton para cima e o campo  $\vec{E}$  para baixo. 12.  $B = 2,7 \times 10^{-4} \text{ T}$  23. (a)  $1,11 \times 10^7 \text{ m/s}$ . (b)  $0,316 \text{ mm}$ . 30. próton:  $\beta = m_p/e_2$  Dêuteron:  $\beta = 2m_p/e_2$ , partícula  $\alpha$ :  $\beta = m_p/e_2$  O próton e a partícula alfa terão trajetórias de mesmo raio enquanto o dêuteron terá uma trajetória de raio menor. 36. a)  $-q$  b)  $t = \frac{m\pi}{qB}$  43. Caso (b). 46.  $i = 0,467 \text{ A}$ , da esquerda para a direita. 47.  $-(2,5 \times 10^{-3} \text{ N})\mathbf{j} + (0,75 \times 10^{-3} \text{ N})\mathbf{k}$ . 48.  $v(t) = \left(\frac{idB}{m}\right)t$  50.  $\vec{F} = 3,2 \times 10^{-1} \text{ N } \vec{K}$  53. (a)  $0$ ;  $1,38 \text{ mN}$ ;  $1,38 \text{ mN}$ . 67. (a)  $(8,0 \times 10^{-4} \text{ Nm}) \cdot (-1,2\mathbf{i} - 0,90\mathbf{j} + 1,0\mathbf{k})$ . (b)  $-6,0 \times 10^{-4} \text{ J}$ .

### Capítulo 31

8.  $F_B = qv \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$  em a) e b);  $F_B$  aponta para fora em a) e para dentro da página em b) 9. (a)  $3,2 \times 10^{-16} \text{ N}$ , paralela à corrente. (b)  $3,2 \times 10^{-16} \text{ N}$ , radialmente para fora, se  $v$  for paralelo à corrente. (c) Zero. 11. (a) Zero. (b)  $\mu_0 i/4R$ , para dentro da página. (c) Igual ao do item (b). 13.  $\frac{\mu_0 i}{4} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ , para dentro da página. 16.  $B = \frac{\mu_0 i \theta}{4\pi} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right)$  28.  $i_2 = 4,3 \text{ A}$  29. Em todos os pontos entre os fios, sobre uma linha paralela a eles, a uma distância  $d/4$  do fio que transporta a corrente  $i$ . 34.  $B = 8,0 \times 10^{-5} \text{ T}$ , apontando para cima sobre uma linha vertical que passa pelo centro do quadrado. 35.  $0,338\mu_0 i^2/a$ , apontando para o centro do quadrado. 37. (b) Para a direita. 38.  $F = 3,2 \times 10^{-3} \text{ N}$ , no sentido positivo de  $y$ , ou seja, no mesmo sentido de  $F_1$  40. a)  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i$  b)  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$  41.  $+5\mu_0 i_0$ . 47. (a)  $\mu_0 i r/2\pi c^2$ . (b)  $\mu_0 i/2\pi r$ . (c)  $\frac{\mu_0 i}{2\pi(a^2-b^2)} \frac{a^2-r^2}{r}$ . (d) Zero. 48.  $B = \frac{\mu_0 r^2 J_0}{3a}$  53.  $5,71 \text{ mT}$ . 56. (a)  $5,33 \times 10^{-4}$  (b)  $4,0 \times 10^{-4}$

### Capítulo 32

1.  $57 \mu\text{Wb}$ . 2.  $\varepsilon = -N\mu_0 i_0 A n \omega \cos \omega t$  4.  $\varepsilon = \pi r^2 \frac{B_0}{\tau} e^{-t/\tau}$  5. (a)  $31 \text{ mV}$ . (b) Da direita pra esquerda. 6. a)  $0\text{s} < t < 2,0\text{s} \rightarrow \varepsilon = -0,011 \text{ V}$ . b)  $2,0\text{s} < t < 4,0\text{s} \rightarrow \varepsilon = 0 \text{ V}$  c)  $4,0\text{s} < t < 6,0\text{s} \rightarrow \varepsilon = 0,011 \text{ V}$  9. (b)  $58 \text{ mA}$ . 19. (a)  $21,7 \text{ V}$ . (b) Anti-horário. 23. (a)  $48,1 \text{ mV}$ . (b)  $2,67 \text{ mA}$ . 24. a)  $\varepsilon = 0,60 \text{ V}$  b)  $i = 1,5 \text{ A}$  c)  $P = 0,90 \text{ W}$  d)  $F = 0,18 \text{ N}$  e)  $P = 0,90 \text{ W}$  25.  $\text{BiLt}/m$ , afastando-se do gerador. 26.  $\varepsilon = 3,77 \text{ V}$  29. (b) Projete-a de modo que  $Nab = (5/2\pi)m^2$ . 34. a)  $\varepsilon = 2,53 \times 10^{-4} \text{ V}$  b)  $i = 6,32 \times 10^{-4} \text{ A}$  c)  $P = 1,60 \times 10^{-7} \text{ W}$  d)  $F = 3,17 \times 10^{-8} \text{ N}$  e)  $P = 1,58 \times 10^{-7} \text{ W}$  36.  $\varepsilon = 8,0 \times 10^{-5} \text{ V}$ , no sentido horário. 37. (a)  $\frac{\mu_0 i a}{2\pi} \ln \left(\frac{2r+b}{2r-b}\right)$ . (b)  $2\mu_0 i a b v / \pi R(4r^2 - b^2)$ . 41. 1:  $-1,07 \text{ mV}$ ; 2:  $-2,40 \text{ mV}$ ; 3:  $1,33 \text{ mV}$ . 43. Em  $a$ :  $4,4 \times 10^7 \text{ m/s}^2$ , para a direita. Em  $b$ : zero. Em  $c$ :  $4,4 \times 10^7 \text{ m/s}$ , para a esquerda.

Formulário :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad \vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} \quad F_c = \frac{mv^2}{r} \quad f = \frac{qB}{2\pi m} \quad \vec{F}_B = i \vec{L} \times \vec{B} \quad \vec{F}_B = i \int_a^b \vec{dL} \times \vec{B}$$

$$\tau = (NiA)B \sin \theta \quad \vec{\mu} = NiA \quad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i \vec{dS} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A} \quad F_{ba} = \frac{\mu_0 i_a i_b L}{2\pi d} \quad \oint \vec{B} \cdot \vec{dS} = \mu_0 i_{enc} \quad B = \mu_0 i n \quad B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi r}$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot \vec{dA} \quad \varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad P = Fv \quad V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E} \cdot \vec{dS} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \quad i = \int \vec{J} \cdot \vec{dA} \quad R = \frac{V}{i} \quad P = Vi \quad P = \frac{dU}{dt} \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2}$$

$$\rho = \frac{q}{V} \quad \sigma = \frac{q}{A} \quad \lambda = \frac{q}{l} \quad K = \frac{mv^2}{2} \quad \vec{F} = q_0 \vec{E} \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad f = 10^{-15}$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \mu = 10^{-6}$$

$$n = 10^9 \quad p = 10^{-12}$$

$$\int \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}} \quad \int \frac{x^2 dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{-x}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2})$$