sobre o dipolo é dado por

$$W_a = \Delta U = U_f - U_i. \qquad (28\text{-}39)$$

Perguntas

1 A Fig. 28-22 mostra três situações nas quais uma partícula positivamente carregada se move com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ e experimenta uma força magnética $\vec{F}_B$. Em cada situação, determine se as orientações dos vetores são fisicamente razoáveis.

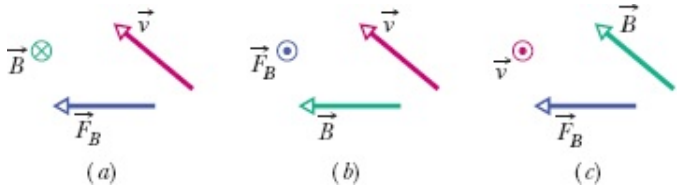


Figura 28-22 Pergunta 1.

2 A Fig. 28-23 mostra um fio percorrido por corrente na presença de um campo magnético uniforme. Mostra também quatro orientações possíveis para o campo. (a) Coloque as direções na ordem decrescente do valor absoluto da diferença de potencial elétrico entre os lados do fio. (b) Para qual orientação do campo magnético o lado de cima do fio está a um potencial mais alto que o lado de baixo?

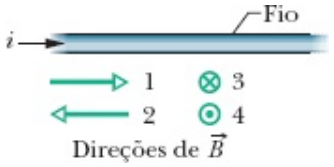


Figura 28-23 Pergunta 2.

3 A Fig. 28-24 mostra um paralelepípedo metálico que se move a uma velocidade v na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$. As dimensões do sólido são múltiplos de d, como mostra a figura. Existem seis possibilidades para a orientação da velocidade: o sentido positivo ou o sentido negativo dos eixos x, y e z. (a) Coloque as seis possibilidades na ordem decrescente da diferença de potencial a que o sólido é submetido. (b) Para qual orientação a face dianteira é submetida ao menor potencial?

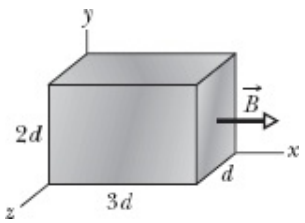


Figura 28-24 Pergunta 3.

4 A Fig. 28-25 mostra a trajetória de uma partícula que passa por seis regiões de campo magnético

uniforme, descrevendo trajetórias que são semicircunferências ou quartos de circunferência. Depois de sair da última região, a partícula passa entre duas placas paralelas eletricamente carregadas e é desviada na direção da placa de maior potencial. Qual é a orientação do campo magnético em cada uma das seis regiões?

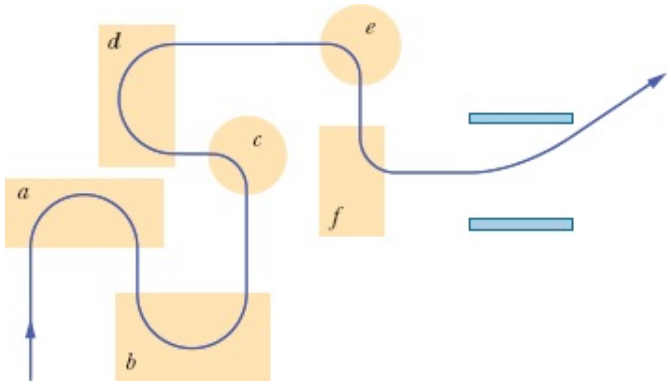


Figura 28-25 Pergunta 4.

5 No Módulo 28-2, discutimos o movimento de uma partícula carregada na presença de campos cruzados, com as forças $\vec{F}_E$ e $\vec{F}_B$ em oposição. Vimos que a partícula se move em linha reta (ou seja, as duas forças se equilibram) se a velocidade for dada pela Eq. 28-7 ($v = E/B$). Qual das duas forças é maior se a velocidade da partícula for (a) $v < E/B$ e (b) $v > E/B$?

6 A Fig. 28-26 mostra campos elétricos e magnéticos uniformes cruzados $\vec{E}$ e $\vec{B}$ e, em um dado instante, os vetores velocidade das 10 partículas carregadas que aparecem na Tabela 28-3. (Os vetores não estão desenhados em escala.) As velocidades dadas na tabela são menores ou maiores que E/B (veja a Pergunta 5). Que partículas se movem para fora do papel, em direção ao leitor, após o instante mostrado na Fig. 28-26?

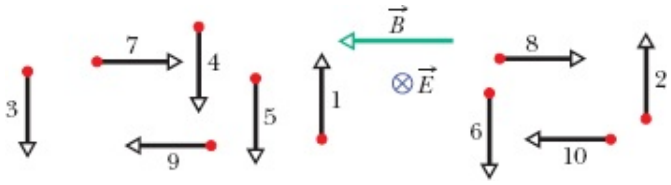


Figura 28-26 Pergunta 6.

Tabela 28-3 Pergunta 6

Partícula	Carga	Velocidade
1	+	Menor
2	+	Maior
3	+	Menor
4	+	Maior

5	–	Menor
6	–	Maior
7	+	Menor
8	+	Maior
9	–	Menor
10	–	Maior

7 A Fig. 28-27 mostra a trajetória de um elétron que passa por duas regiões onde existem campos magnéticos uniformes de módulos B_1 e B_2. A trajetória nas duas regiões é uma semicircunferência. (a) Qual dos dois campos é mais intenso? (b) Qual é a orientação de cada campo? (c) O tempo que o elétron passa na região de campo $\vec{B}_1$ é maior, menor ou igual ao tempo que passa na região de campo $\vec{B}_2$?

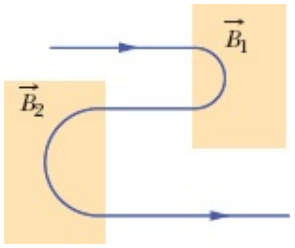


Figura 28-27 Pergunta 7.

8 A Fig. 28-28 mostra a trajetória de um elétron em uma região na qual o campo magnético é uniforme. A trajetória é constituída por dois trechos retilíneos, entre dois pares de placas uniformemente carregadas, e duas semicircunferências. (a) Qual das duas placas superiores possui o maior potencial elétrico? (b) Qual das duas placas inferiores possui o maior potencial elétrico? (c) Qual é a orientação do campo magnético?

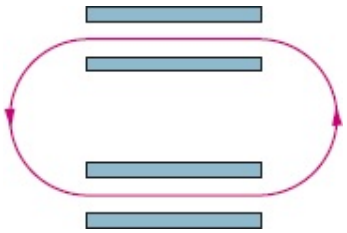


Figura 28-28 Pergunta 8.

9 (a) No Teste 5, se um agente externo faz o momento dipolar $\vec{\mu}$ girar da orientação 2 para a orientação 1, o trabalho realizado pelo agente externo sobre o dipolo é positivo, negativo ou nulo? (b) Coloque em ordem decrescente o trabalho realizado pelo agente externo sobre o dipolo para as três rotações a seguir: 2 → 1, 2 → 4, 2 → 3.

10 *Ciranda de partículas*. A Fig. 28-29 mostra 11 trajetórias em uma região onde existe um campo magnético uniforme. Uma trajetória é retilínea e as outras são semicircunferências. A Tabela 28-4 mostra as massas, cargas e velocidades das 11 partículas. Associe as trajetórias da figura às partículas da tabela. (A orientação do campo magnético pode ser determinada a partir da trajetória de uma das partículas.)

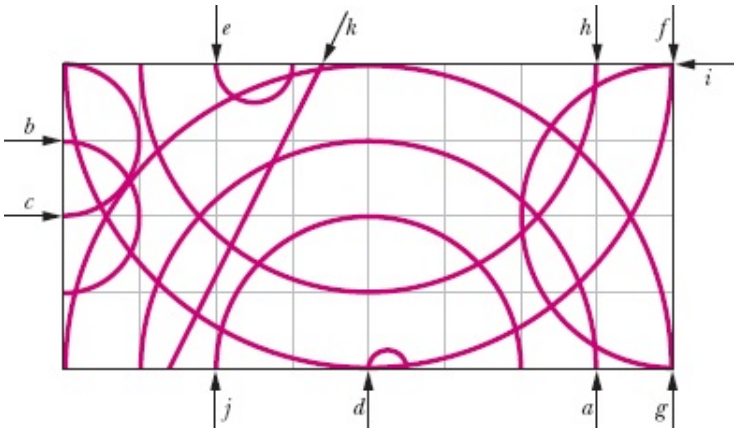


Figura 28-29 Pergunta 10.

Tabela 28-4 Pergunta 10

Partícula	Massa	Carga	Velocidade
1	$2m$	q	v
2	m	$2q$	v
3	$m/2$	q	$2v$
4	$3m$	$3q$	$3v$
5	$2m$	q	$2v$
6	m	$-q$	$2v$
7	m	$-4q$	v
8	m	$-q$	v
9	$2m$	$-2q$	$3v$
10	m	$-2q$	$8v$
11	$3m$	0	$3v$

11 Na Fig. 28-30, uma partícula carregada entra com velocidade escalar v_0 em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$, descreve uma semicircunferência em um intervalo de tempo T_0 e deixa a

região. (a) A carga da partícula é positiva ou negativa? (b) A velocidade final da partícula é maior, menor ou igual a v_0? (c) Se a velocidade inicial fosse $0{,}5v_0$, a partícula passaria um tempo maior, menor ou igual a T_0 na região onde existe campo magnético? (d) Na situação do item (c) a trajetória seria uma semicircunferência, um arco maior que uma semicircunferência ou um arco menor que uma semicircunferência?

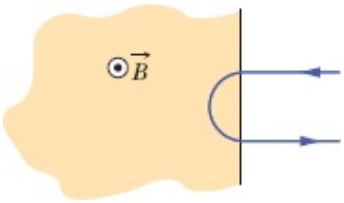


Figura 28-30 Pergunta 11.

12 A Fig. 28-31 mostra três situações nas quais uma partícula de carga positiva passa em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$. A velocidade $\vec{v}$ tem o mesmo módulo nas três situações. Coloque as situações na ordem decrescente (a) do período, (b) da frequência e (c) do passo do movimento da partícula.

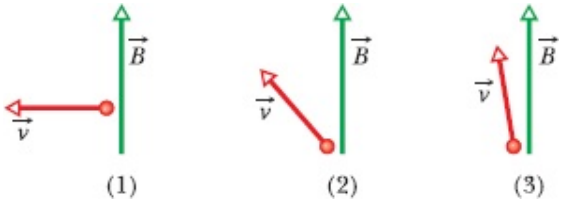


Figura 28-31 Pergunta 12.

Problemas

. - ... O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema.

Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física* de Jearl Walker, LTC, Rio de Janeiro, 2008.

Módulo 28-1 Campos Magnéticos e a Definição de $\vec{B}$

·**1** Um próton, cuja trajetória faz um ângulo de 23° com a direção de um campo magnético de 2,60 mT, experimenta uma força magnética de $6{,}50 \times 10^{-17}$ N. Calcule (a) a velocidade do próton e (b) a energia cinética do próton em elétrons-volts.

·**2** Uma partícula com massa de 10 g e carga de 80 μC se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme, e a aceleração da gravidade é $-9{,}8\hat{j}$ m/s^2. A velocidade da partícula é constante e igual a $20\hat{i}$ km/s, perpendicular ao campo magnético. Qual é o campo magnético?

·3 Um elétron com uma velocidade

$$\vec{v} = (2{,}0 \times 10^6\ \text{m/s})\hat{i} + (3{,}0 \times 10^6\ \text{m/s})\hat{j}$$

está se movendo em uma região em que existe um campo magnético uniforme $\vec{B} = (0{,}030\ \text{T})\hat{i} - (0{,}15\ \text{T})\hat{j}$. (a) Determine a força que age sobre o elétron. (b) Repita o cálculo para um próton com a mesma velocidade.

·4 Uma partícula alfa se move com uma velocidade $\vec{v}$ de módulo 550 m/s em uma região onde existe um campo magnético $\vec{B}$ de módulo 0,045 T. (Uma partícula alfa possui uma carga de $+3{,}2 \times 10^{-19}$ C e uma massa de $6{,}6 \times 10^{-27}$ kg.) O ângulo entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$ é 52°. Determine (a) o módulo da força $\vec{F}_B$ que o campo magnético exerce sobre a partícula e (b) a aceleração da partícula causada por $\vec{F}_B$. (c) A velocidade da partícula aumenta, diminui ou permanece constante?

··5 Um elétron se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = B_x\hat{i} + (3{,}0B_x)\hat{j}$. Em um dado instante, o elétron tem uma velocidade $\vec{v} = (2{,}0\hat{i} + 4{,}0\hat{j})$ m/s, e a força magnética que age sobre a partícula é $(6{,}4 \times 10^{-19}\ \text{N})\hat{k}$. Determine B_x.

··6 Um próton está se movendo em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = (10\hat{i} - 20\hat{j} + 30\hat{k})$ mT. No instante t_1, o próton possui uma velocidade dada por $\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + (2{,}0\ \text{km/s})\hat{k}$ e a força magnética que age sobre o próton é $\vec{F}_B = (4{,}0 \times 10^{-17}\ \text{N})\hat{i} + (2{,}0 \times 10^{-17}\ \text{N})\hat{j}$. Qual é, nesse instante, o valor (a) de v_x e (b) de v_y?

Módulo 28-2 Campos Cruzados: A Descoberta do Elétron

·7 Um elétron possui uma velocidade inicial de $(12{,}0\hat{j} + 15{,}0\hat{k})$ km/s e uma aceleração constante de $(2{,}00 \times 10^{12}\ \text{m/s}^2)\hat{i}$ em uma região na qual existem um campo elétrico e um campo magnético, ambos uniformes. Se $\vec{B} = (400\ \mu\text{T})\hat{i}$, determine o campo elétrico $\vec{E}$.

·8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

·9 Na Fig. 28-32, um elétron acelerado a partir do repouso por uma diferença de potencial $V_1 = 1{,}00$ kV entra no espaço entre duas placas paralelas, separadas por uma distância $d = 20{,}0$ mm, entre as quais existe uma diferença de potencial $V_2 = 100$ V. A placa inferior está a um potencial menor. Despreze o efeito de borda e suponha que o vetor velocidade do elétron é perpendicular ao vetor campo elétrico na região entre as placas. Em termos dos vetores unitários, qual é o valor do campo magnético uniforme para o qual a trajetória do elétron na região entre as placas é retilínea?

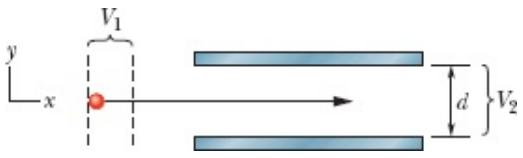


Figura 28-32 Problema 9.

··10 Um próton está se movendo em uma região onde existem um campo magnético e um campo elétrico, ambos uniformes. O campo magnético é $\vec{B} = -2{,}50\hat{i}$ mT. Em um dado 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 magnético é (a) $4{,}00\hat{k}$ V/m e (b) $-4{,}00\hat{k}$ V/m e (c) $4{,}00\hat{i}$ V/m?

··11 Uma fonte de íons está produzindo íons de ^{6}Li, que possuem carga $+e$ e massa $9{,}99 \times 10^{-27}$ kg. Os íons são acelerados por uma diferença de potencial de 10 kV e passam horizontalmente em uma região onde existe um campo magnético uniforme vertical de módulo $B = 1{,}2$ T. Calcule a intensidade do menor campo elétrico que, aplicado na mesma região, permite que os íons de ^{6}Li atravessem a região sem sofrer um desvio.

···12 No instante t_1, um elétron que está se movendo no sentido positivo do eixo x penetra em uma região onde existem um campo elétrico $\vec{E}$ e um campo magnético $\vec{B}$, com $\vec{E}$ paralelo ao eixo y. A Fig. 28-33 mostra a componente y da força total $F_{\text{tot},y}$ exercida pelos dois campos sobre o elétron em função da velocidade v do elétron no instante t_1. A escala do eixo horizontal é definida por $v_s = 100{,}0$ m/s. As componentes x e z da força total são zero no instante t_1. Supondo que $B_x = 0$, determine (a) o módulo E do campo elétrico e (b) o campo magnético $\vec{B}$ em termos dos vetores unitários.

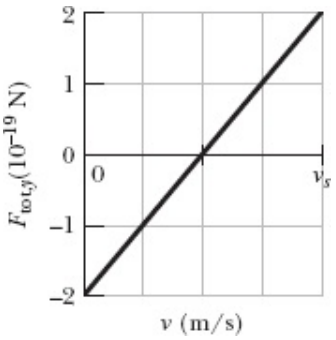


Figura 28-33 Problema 12.

Módulo 28-3 Campos Cruzados: O Efeito Hall

·13 Uma fita de cobre com 150 μm de espessura e 4,5 mm de largura é submetida a um campo magnético uniforme $\vec{B}$ de módulo 0,65 T, com $\vec{B}$ perpendicular à fita. Quando uma corrente $i = 23$ A atravessa a fita, uma diferença de potencial V aparece entre as bordas da fita. Calcule o valor de V. (A concentração de portadores de corrente no cobre é $8{,}47 \times 10^{28}$ elétrons/m^3.)

·14 Uma fita metálica com 6,50 cm de comprimento, 0,850 cm de largura e 0,760 mm de espessura está se movendo com velocidade constante $\vec{v}$ em uma região onde existe um campo magnético uniforme $B = 1{,}20$ mT perpendicular à fita, como mostra a Fig. 28-34. A diferença de potencial entre os pontos x e y da fita é 3,90 μV. Determine a velocidade escalar v.

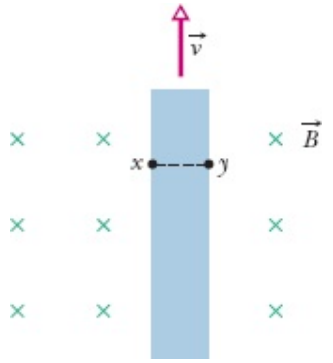


Figura 28-34 Problema 14.

··15 Na Fig. 28-35, um paralelepípedo metálico de dimensões d_x = 5,00 m, d_y = 3,00 m e d_z = 2,00 m está se movendo com velocidade constante $\vec{v}$ = (20,0 m/s)$\hat{i}$ em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$ = (30,0 mT)$\hat{j}$. Determine (a) o campo elétrico no interior do objeto, em termos dos vetores unitários e (b) a diferença de potencial entre as extremidades do objeto.

···16 A Fig. 28-35 mostra um paralelepípedo metálico com as faces paralelas aos eixos coordenados. O objeto está imerso em um campo magnético uniforme de módulo 0,020 T. Uma das arestas do objeto, que *não está* desenhado em escala, mede 25 cm. O objeto é deslocado a uma velocidade de 3,0 m/s, paralelamente aos eixos *x*, *y* e *z*, e a diferença de potencial *V* que aparece entre as faces do objeto é medida. Quando o objeto se desloca paralelamente ao eixo *y*, *V* = 12 V; quando o objeto se desloca paralelamente ao eixo *z*, *V* = 18 mV; quando o objeto se desloca paralelamente ao eixo *x*, *V* = 0. Determine as dimensões (a) d_x, (b) d_y e (c) d_z do objeto.

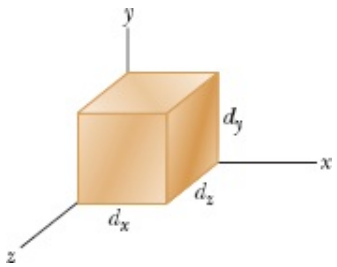


Figura 28-35 Problemas 15 e 16.

Módulo 28-4 Uma Partícula Carregada em Movimento Circular

·17 A partícula alfa, que é produzida em alguns decaimentos radioativos de núcleos atômicos, é formada por dois prótons e dois nêutrons. A partícula tem uma carga $q = +2e$ e uma massa de 4,00 u, em que u é a unidade de massa atômica (1 u = 1,661 × 10^{-27} kg). Suponha que uma partícula alfa descreva uma trajetória circular de raio 4,50 cm na presença de um campo magnético uniforme de módulo B = 1,20 T. Determine (a) a velocidade da partícula, (b) o período de revolução da partícula, (c) a energia cinética da partícula e (d) a diferença de potencial a que a partícula teria que ser submetida para adquirir a energia cinética calculada no item (c).

·18 Na Fig. 28-36, uma partícula descreve uma trajetória circular em uma região onde existe um campo

magnético uniforme de módulo B = 4,00 mT. 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 × 10^{-15} N. Determine (a) a velocidade escalar da partícula, (b) o raio da trajetória e (c) o período do movimento.

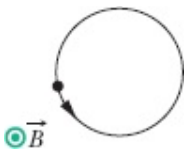


Figura 28-36 Problema 18.

·19 Uma partícula penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme, com o vetor velocidade da partícula perpendicular à direção do campo. A Fig. 28-37 mostra o período T do movimento da partícula em função do *recíproco* do módulo B do campo. A escala do eixo vertical é definida por T_s = 40,0 ns e a escala do eixo horizontal é definida por $\vec{B}_s^{-1} = 5{,}0\ \mathrm{T}^{-1}$. Qual é a razão $m/|q|$ entre a massa da partícula e o valor absoluto da carga?

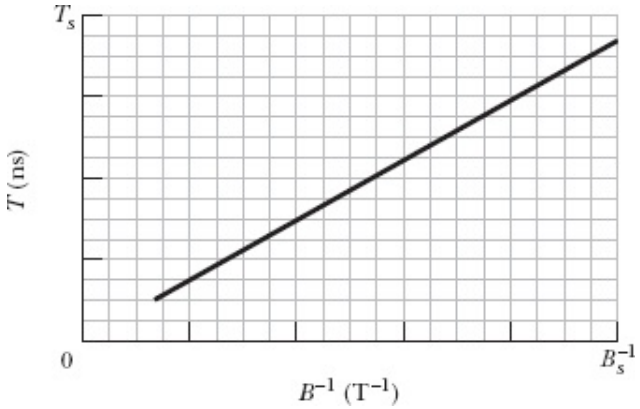


Figura 28-37 Problema 19.

·20 Um elétron é acelerado a partir do repouso por uma diferença de potencial V e penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme, na qual descreve um movimento circular uniforme. A Fig. 28-38 mostra o raio r da circunferência descrita pelo elétron em função de $V^{1/2}$. A escala do eixo vertical é definida por r_s = 3,00 mm e a escala do eixo horizontal é definida por $V_s^{1/2} = 40{,}0\ \mathrm{V}^{1/2}$. Qual é o módulo do campo magnético?

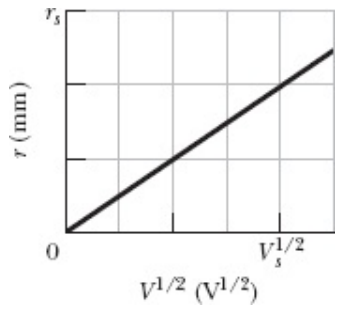


Figura 28-38 Problema 20.

·21 Um elétron de energia cinética 1,20 keV descreve uma trajetória circular em um plano perpendicular a um campo magnético uniforme. O raio da órbita é 25,0 cm. Determine (a) a velocidade escalar do elétron, (b) o módulo do campo magnético, (c) a frequência de revolução e (d) o período do movimento.

·22 Em um experimento de física nuclear, um próton com uma energia cinética de 1,0 MeV descreve uma trajetória circular em um campo magnético uniforme. Qual deve ser a energia (a) de uma partícula alfa ($q = +2e$, $m = 4{,}0$ u) e (b) de um dêuteron ($q = +e$, $m = 2{,}0$ u) para que a trajetória da partícula seja igual à do próton?

·23 Qual é o valor do campo magnético uniforme, aplicado perpendicularmente a um feixe de elétrons que se movem com uma velocidade de $1{,}30 \times 10^6$ m/s, que faz com que a trajetória dos elétrons seja um arco de circunferência com 0,350 m de raio?

·24 Um elétron é acelerado a partir do repouso por uma diferença de potencial de 350 V. Em seguida, o elétron entra em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 200 mT com uma velocidade perpendicular ao campo. Calcule (a) a velocidade escalar do elétron e (b) o raio da trajetória do elétron na região onde existe campo magnético.

·25 (a) Determine a frequência de revolução de um elétron com uma energia de 100 eV em um campo magnético uniforme de módulo 35,0 μT. (b) Calcule o raio da trajetória do elétron se sua velocidade é perpendicular ao campo magnético.

··26 Na Fig. 28-39, uma partícula carregada penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$, descreve uma semicircunferência e deixa a região. A partícula, que pode ser um próton ou um elétron (a identidade da partícula faz parte do problema), passa 130 ns na região. (a) Qual é o módulo de $\vec{B}$? (b) Se a partícula é enviada de volta para a região onde existe campo magnético com uma energia duas vezes maior, quanto tempo ela passa na região?

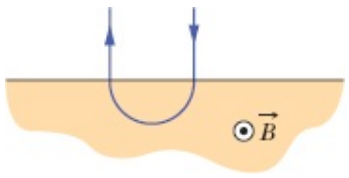


Figura 28-39 Problema 26.

··27 Um espectrômetro de massa (Fig. 28-12) é usado para separar íons de urânio de massa $3{,}92 \times 10^{-25}$ kg e carga $3{,}20 \times 10^{-19}$ 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 descreverem um arco de circunferência com 1,00 m de raio. Após sofrerem um desvio de 180° e passarem por uma fenda com 1,00 mm de largura e 1,00 cm de altura, os íons são recolhidos em um recipiente. (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

recipiente em 1,00 h.

··28 Uma partícula descreve um movimento circular uniforme com 26,1 μm de raio em um campo magnético uniforme. O módulo da força magnética experimentada pela partícula é $1{,}60 \times 10^{-17}$ N. Qual é a energia cinética da partícula?

··29 Um elétron descreve uma trajetória helicoidal em um campo magnético uniforme de módulo 0,300 T. O passo da hélice é 6,00 μm e o módulo da força magnética experimentada pelo elétron é $2{,}00 \times 10^{-15}$ N. Qual é a velocidade do elétron?

··30 Na Fig. 28-40, um elétron com uma energia cinética inicial de 4,0 keV penetra na região 1 no instante $t = 0$. Nessa região existe um campo magnético uniforme, de módulo 0,010 T, que aponta para dentro do papel. O elétron descreve uma semicircunferência e deixa a região 1, dirigindo-se para a região 2, situada a 25,0 cm de distância da região 1. Existe uma diferença de potencial $\Delta V = 2000$ V entre as duas regiões, com uma polaridade tal que a velocidade do elétron aumenta no percurso entre a região 1 e a região 2. Na região 2 existe um campo magnético uniforme, de módulo 0,020 T, que aponta para fora do papel. O elétron descreve uma semicircunferência e deixa a região 2. Determine o instante t em que isso acontece.

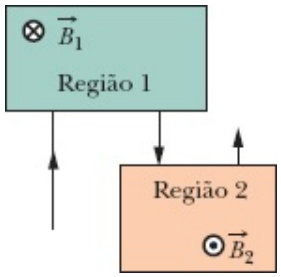


Figura 28-40 Problema 30.

··31 Uma partícula subatômica decai em um elétron e um pósitron. Suponha que, no instante do decaimento, a partícula está em repouso em um campo magnético uniforme $\vec{B}$ de módulo 3,53 mT e que as trajetórias do elétron e do pósitron resultantes do decaimento estão em um plano perpendicular a $\vec{B}$. Quanto tempo após o decaimento o elétron e o pósitron se chocam?

··32 Uma fonte injeta um elétron, de velocidade $v = 1{,}5 \times 10^7$ m/s, em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $B = 1{,}0 \times 10^{-3}$ T. A velocidade do elétron faz um ângulo $\theta = 10^\circ$ com a direção do campo magnético. Determine a distância d entre o ponto de injeção e o ponto em que o elétron cruza novamente a linha de campo que passa pelo ponto de injeção.

··33 Um pósitron com energia cinética de 2,00 keV penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$ de módulo 0,100 T. O vetor velocidade da partícula faz um ângulo de 89,0° com $\vec{B}$. Determine (a) o período do movimento, (b) o passo p e (c) o raio r da trajetória helicoidal.

··34 Um elétron descreve uma trajetória helicoidal na presença de um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = (20\hat{i} - 50\hat{j} - 30\hat{k})$ mT. No instante $t = 0$, a velocidade do elétron é dada por $\vec{v} = (20\hat{i} - 30\hat{j} + 50\hat{k})$ m/s.

(a) Qual é o ângulo ϕ entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$? A velocidade do elétron varia com o tempo. (b) A velocidade escalar varia com o tempo? (c) O ângulo ϕ varia com o tempo? (d) Qual o raio da trajetória?

Módulo 28-5 Cíclotrons e Síncrotrons

··35 Um próton circula em um cíclotron depois de partir aproximadamente do repouso no centro do aparelho. Toda vez que ele passa pelo espaço entre os dês, a diferença de potencial entre os dês é de 200 V. (a) Qual é o aumento da energia cinética cada vez que o próton passa no espaço entre os dês? (b) Qual é a energia cinética do próton depois de passar 100 vezes pelo espaço entre os dês? Seja r_{100} o raio da trajetória circular do próton no momento em que completa as 100 passagens e entra em um dê, e seja r_{101} o raio após a passagem seguinte. (c) Qual é o aumento percentual do raio de r_{100} para r_{101}, ou seja, qual é o valor de

$$\text{aumento percentual} = \frac{r_{101} - r_{100}}{r_{100}} 100\% ?$$

··36 Um cíclotron, no qual o raio dos dês é 53,0 cm, é operado a uma frequência de 12,0 MHz para acelerar prótons. (a) Qual deve ser o módulo B do campo magnético para que haja ressonância? (b) Para esse valor do campo, qual é a energia cinética dos prótons que saem do cíclotron? Suponha que o campo seja mudado para 1,57 T. (c) Qual deve ser a nova frequência do oscilador para que haja ressonância? (d) Para esse valor da frequência, qual é a energia cinética dos prótons que saem do cíclotron?

··37 Estime a distância total percorrida por um dêuteron em um cíclotron com um raio de 53 cm e uma frequência de 12 MHz durante todo o processo de aceleração. Suponha que a diferença de potencial entre os dês é de 80 kV.

··38 Em certo cíclotron, um próton descreve uma circunferência com 0,500 m de raio. O módulo do campo magnético é 1,20 T. (a) Qual é a frequência do oscilador? (b) Qual é a energia cinética do próton em elétrons-volts?

Módulo 28-6 Força Magnética em um Fio Percorrido por Corrente

·39 Uma linha de transmissão horizontal é percorrida por uma corrente de 5000 A no sentido sul-norte. O campo magnético da Terra (60,0 μT) aponta para o norte e faz um ângulo de 70,0° com a horizontal. Determine (a) o módulo e (b) a direção da força magnética exercida pelo campo magnético da Terra sobre 100 m da linha.

·40 Um fio de 1,80 m de comprimento é percorrido por uma corrente de 13,0 A e faz um ângulo de 35,0° com um campo magnético uniforme de módulo B = 1,50 T. Calcule a força magnética exercida pelo campo sobre o fio.

·41 Um fio com 13,0 g de massa e L = 62,0 cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-41). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a

tração dos contatos.

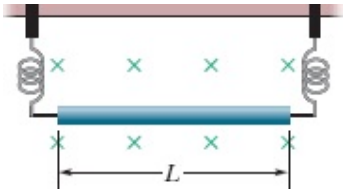


Figura 28-41 Problema 41.

·42 O fio dobrado da Fig. 28-42 está submetido a um campo magnético uniforme. Cada trecho retilíneo tem 2,0 m de comprimento e faz um ângulo $\theta = 60^{o}$ com o eixo x. O fio é percorrido por uma corrente de 2,0 A. Qual é a força que o campo magnético exerce sobre o fio, em termos dos vetores unitários, se o campo magnético é (a) $4{,}0\hat{k}$ T e (b) $4{,}0\hat{i}$ T?

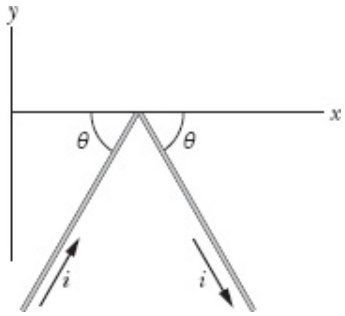


Figura 28-42 Problema 42.

·43 Uma bobina de uma espira, percorrida por uma corrente de 4,00 A, tem a forma de um triângulo retângulo cujos lados medem 50,0, 120 e 130 cm. A bobina é submetida a um campo magnético uniforme de módulo 75,0 mT paralelo à corrente no lado de 130 cm. Determine o módulo da força magnética (a) no lado de 130 cm, (b) no lado de 50,0 cm e (c) no lado de 120 cm. (d) Determine a força total que o campo magnético exerce sobre a espira.

··44 A Fig. 28-43 mostra um anel circular de fio, com 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 $\theta = 20^{o}$ 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.

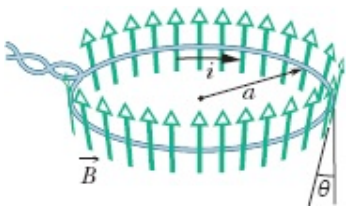


Figura 28-43 Problema 44.

··45 Um fio de 50,0 cm de comprimento é percorrido por uma corrente de 0,500 A no sentido positivo do eixo x na presença de um campo magnético $\vec{B} = (3{,}00\ \text{mT})\hat{j} + (10{,}0\ \text{mT})\hat{k}$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força que o campo magnético exerce sobre o fio?

··46 Na Fig. 28-44, um fio metálico de massa $m = 24{,}1$ mg pode deslizar com atrito desprezível em dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância $d = 2{,}56$ cm. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 56,3 mT. No instante $t = 0$, um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante $i = 9{,}13$ mA no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante $t = 61{,}1$ ms, determine (a) a velocidade escalar do fio e (b) o sentido do movimento do fio (para a esquerda ou para a direita).

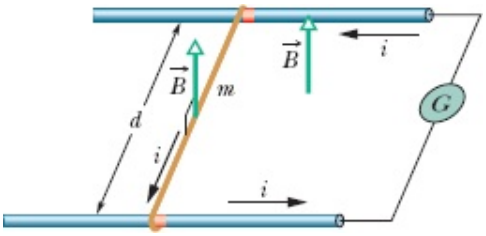


Figura 28-44 Problema 46.

···47 Uma barra de cobre de 1,0 kg repousa em dois trilhos horizontais situados a 1,0 m de distância um do outro e é percorrida por uma corrente de 50 A. O coeficiente de atrito estático entre a barra e trilhos é 0,60. Determine (a) o módulo e (b) o ângulo (em relação à vertical) do menor campo magnético que faz a barra se mover.

···48 Um condutor longo, rígido, retilíneo, situado no 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.

Módulo 28-7 Torque em uma Espira Percorrida por Corrente

·49 A Fig. 28-45 mostra uma bobina retangular de cobre, de 20 espiras, com 10 cm de altura e 5 cm de largura. A bobina, que conduz uma corrente de 0,10 A e dispõe de uma dobradiça em um dos lados verticais, está montada no plano xy, fazendo um ângulo $\theta = 30^\circ$ com a direção de um campo magnético uniforme de módulo 0,50 T. Em termos dos vetores unitários, qual é o torque, em relação à dobradiça, que o campo exerce sobre a bobina?

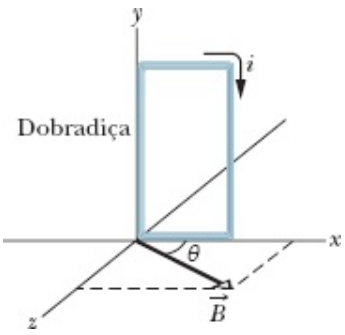


Figura 28-45 Problema 49.

··50 Um elétron se move em uma circunferência de raio $r = 5{,}29 \times 10^{-11}$ m com uma velocidade de $2{,}19 \times 10^{6}$ m/s. Trate a trajetória circular como uma espira percorrida por uma corrente constante igual à razão entre a carga do elétron e o período do movimento. Se a trajetória do elétron está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $B = 7{,}10$ mT, qual é o maior valor possível do módulo do torque aplicado pelo campo à espira?

··51 A Fig. 28-46 mostra um cilindro de madeira de massa $m = 0{,}250$ kg e comprimento $L = 0{,}100$ m, com $N = 10{,}0$ espiras de fio enroladas longitudinalmente para formar uma bobina; o plano da bobina passa pelo eixo do cilindro. O cilindro é liberado a partir do repouso em um plano inclinado que faz um ângulo θ com a horizontal, com o plano da bobina paralelo ao plano inclinado. Se o conjunto é submetido a um campo magnético uniforme de módulo 0,500 T, qual é a menor corrente i na bobina que impede que o cilindro entre em movimento?

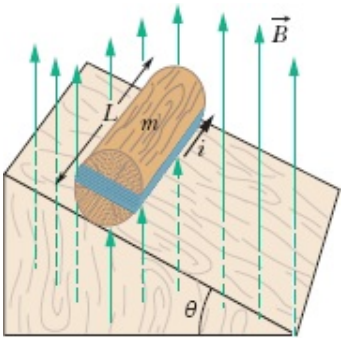


Figura 28-46 Problema 51.

··52 Na Fig. 28-47, uma bobina retangular percorrida por corrente está no plano de um campo magnético uniforme de módulo 0,040 T. A bobina é formada por uma única espira de fio flexível enrolado em um suporte flexível que permite mudar as dimensões do retângulo. (O comprimento total do fio permanece inalterado.) Quando o comprimento x de um dos lados do retângulo varia de aproximadamente zero para o valor máximo de aproximadamente 4,0 cm, o módulo τ do torque passa por um valor máximo de $4{,}80 \times 10^{-8}$ N · m. Qual é a corrente na bobina?

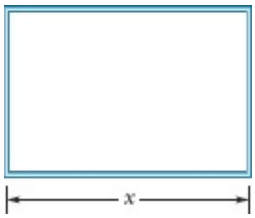


Figura 28-47 Problema 52.

··53 Prove que a relação $\tau = NiAB \operatorname{sen} \theta$ não é válida apenas para a espira retangular da Fig. 28-19, mas também para uma espira fechada com qualquer forma geométrica. (*Sugestão*: Substitua a espira de forma arbitrária por um conjunto de espiras longas, finas, aproximadamente retangulares, muito próximas umas das outras, que sejam quase equivalentes à espira de forma arbitrária no que diz respeito à distribuição de corrente.)

Módulo 28-8 O Momento Dipolar Magnético

·54 Um dipolo magnético com um momento dipolar de módulo 0,020 J/T é liberado a partir do repouso em um campo magnético uniforme de módulo 52 mT e gira livremente sob a ação da força magnética. Quando o dipolo está passando pela orientação na qual o momento dipolar está alinhado com o campo magnético, sua energia cinética é 0,80 mJ. (a) Qual é o ângulo inicial entre o momento dipolar e o campo magnético? (b) Qual é o ângulo quando o dipolo volta a ficar (momentaneamente) em repouso?

·55 Duas espiras circulares concêntricas, de raios $r_1 = 20{,}0$ cm e $r_2 = 30{,}0$ cm, estão situadas no plano xy; ambas são percorridas por uma corrente de 7,00 A no sentido horário (Fig. 28-48). (a) Determine o módulo do momento dipolar magnético do sistema. (b) Repita o cálculo supondo que a corrente da espira menor mudou de sentido.

·56 Uma espira circular de 15,0 cm de raio conduz uma corrente de 2,60 A. A normal ao plano da espira faz um ângulo de 41,0° com um campo magnético uniforme de módulo 12,0 T. (a) Calcule o módulo do momento dipolar magnético da espira. (b) Qual é o módulo do torque que age sobre a espira?

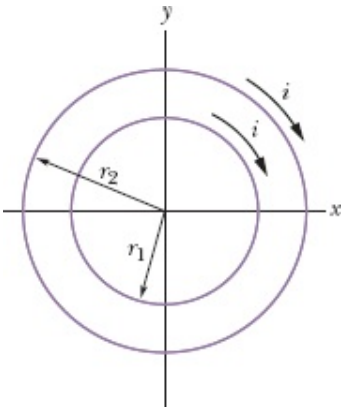


Figura 28-48 Problema 55.

·57 Uma bobina circular de 160 espiras tem um raio de 1,90 cm. (a) Calcule a corrente que resulta em

um momento dipolar magnético de módulo 2,30 A · m^2. (b) Determine o valor máximo do torque a que a bobina é submetida quando, sendo percorrida por essa corrente, é colocada na presença de um campo magnético uniforme de módulo 35,0 mT.

·58 O módulo de momento dipolar magnético da Terra é 8,00 × 10^{22} 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 km, calcule a corrente associada.

·59 Uma espira que conduz uma corrente de 5,0 A tem a forma de um triângulo retângulo cujos lados medem 30, 40 e 50 cm. A espira é submetida a um campo magnético uniforme de módulo 80 mT paralelo à corrente no lado de 50 cm da bobina. Determine o módulo (a) do momento dipolar magnético da bobina e (b) do torque sobre a bobina.

··60 A Fig. 28-49 mostra uma espira *ABCDEFA* percorrida por uma corrente i = 5,00 A. Os lados da espira são paralelos aos eixos coordenados, com AB = 20,0 cm, BC = 30,0 cm e FA = 10,0 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, *ABCDA* e *ADEFA*.)

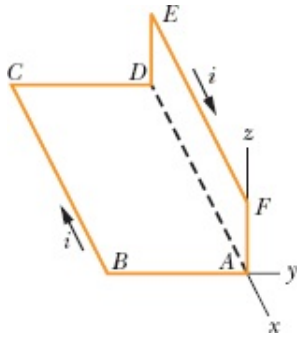


Figura 28-49 Problema 60.

··61 A bobina da Fig. 28-50 conduz uma corrente i = 2,00 A no sentido indicado, é paralela ao plano xz, possui 3,00 espiras, tem uma área de 4,00 × 10^{-3} m^2 e está submetida a um campo magnético uniforme $\vec{B} = (2{,}00\hat{\mathrm{i}} - 3{,}00\hat{\mathrm{j}} - 4{,}00\hat{\mathrm{k}})$ mT. Determine (a) a energia orientacional da bobina na presença do campo magnético e (b) o torque magnético (na notação dos vetores unitários) a que está sujeita a bobina.

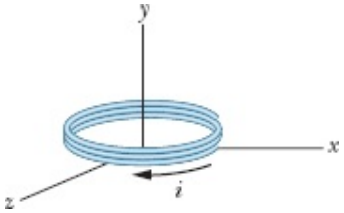


Figura 28-50 Problema 61.

··62 Na Fig. 28-51*a*, duas espiras concêntricas, situadas no mesmo plano, são percorridas por correntes em sentidos contrários. A corrente i_1 na espira 1 é fixa e a corrente i_2 na espira 2 é variável. A

Fig. 28-51*b* mostra o momento magnético total do sistema em função de i_2. A escala do eixo vertical é definida por $\mu_{tot,s} = 2{,}0 \times 10^{-5}$ A · m^2 e a escala do eixo horizontal é definida por $i_{2s} = 10{,}0$ mA. Se o sentido da corrente na espira 2 for invertido, qual será o módulo do momento magnético total do sistema para $i_2 = 7{,}0$ mA?

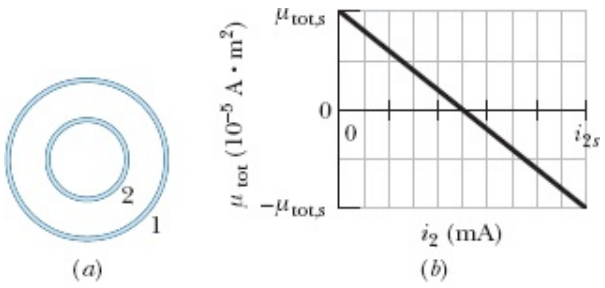


Figura 28-51 Problema 62.

··63 Uma espira circular com 8,0 cm de raio é percorrida por uma corrente de 0,20 A. Um vetor de comprimento unitário, paralelo ao momento dipolar $\vec{\mu}$ da espira, é dado por $0{,}60\hat{i} - 0{,}80\hat{j}$. (Esse vetor unitário indica a orientação do vetor momento dipolar magnético.) Se a espira é submetida a um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = (0{,}25\text{ T})\hat{i} + (0{,}30\text{ T})\hat{k}$, determine (a) o torque a que espira é submetida (em termos dos vetores unitários) e (b) a energia orientacional da espira.

··64 A Fig. 28-52 mostra a energia orientacional U de um dipolo magnético na presença de um campo magnético externo $\vec{B}$ em função do ângulo ϕ entre a direção de $\vec{B}$ e a direção do dipolo magnético. A escala do eixo vertical é definida por $U_s = 2{,}0 \times 10^{-4}$ J. O dipolo pode girar em torno de um eixo com atrito desprezível. Rotações no sentido anti-horário a partir de $\phi = 0$ correspondem a valores positivos de ϕ, e rotações no sentido horário correspondem a valores negativos. O dipolo é liberado na posição $\phi = 0$ com uma energia cinética de rotação de $6{,}7 \times 10^{-4}$ J e gira no sentido anti-horário. Até que ângulo ϕ vai a rotação? (Na terminologia do Módulo 8-3, qual é o valor de ϕ no ponto de retorno do poço de energia da Fig. 28-52?)

··65 Um fio de 25,0 cm de comprimento, percorrido por uma corrente de 4,51 mA, é convertido em uma bobina circular e submetido a um campo magnético uniforme $\vec{B}$ de módulo 5,71 mT. Se o torque que o campo exerce sobre a espira é o maior possível, determine (a) o ângulo entre $\vec{B}$ e o momento dipolar magnético da bobina, (b) o número de espiras da bobina e (c) o módulo do torque.

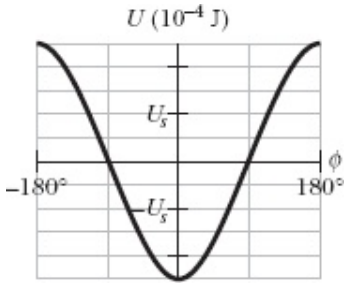


Figura 28-52 Problema 64.

Problemas Adicionais

66 No instante $t = 0$, um próton de carga $+e$ e massa m penetra com velocidade $\vec{v} = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$ em uma região onde existe um campo magnético $\vec{B} = B\hat{i}$. Escreva uma expressão, na notação dos vetores unitários, para a velocidade $\vec{v}$ em função de t para $t \geq 0$.

67 Um relógio de parede estacionário tem um mostrador circular com 15 cm de raio. Seis espiras de fio são enroladas no mostrador; o fio conduz uma corrente de 2,0 A no sentido horário. No local onde o relógio se encontra existe um campo magnético uniforme de 70 mT (que não impede o relógio de mostrar corretamente a hora). Exatamente às 13 h, o ponteiro das horas do relógio aponta na direção do campo magnético. (a) Após quantos minutos o ponteiro de minutos do relógio aponta na direção do torque exercido pelo campo magnético sobre a bobina? (b) Determine o módulo do torque.

68 Um fio situado no eixo y, entre $y = 0$ e $y = 0{,}250$ m, é percorrido por uma corrente de 2,00 mA no sentido negativo do eixo. Na região existe um campo magnético não uniforme dado por $\vec{B} = (0{,}300\ \text{T/m})y\hat{i} + (0{,}400\ \text{T/m})y\hat{j}$. Na notação dos vetores unitários, qual é a força magnética que o campo exerce sobre o fio?

69 Tanto o íon 1, de massa 35 u, como o íon 2, de massa 37 u, possuem uma carga $+e$. Depois de serem introduzidos em um espectrômetro de massa (Fig. 28-12) e acelerados a partir do repouso por uma diferença de potencial $V = 7{,}3$ kV, os íons descrevem trajetórias circulares sob a ação de um campo magnético de módulo $B = 0{,}50$ T. Qual é a distância Δx entre os pontos em que os íons atingem o detector?

70 Um elétron com uma energia cinética de 2,5 keV, movendo-se em linha reta no sentido positivo do eixo x, penetra em uma região onde existe um campo elétrico uniforme de módulo 10 kV/m orientado no sentido negativo do eixo y. Deseja-se aplicar um campo $\vec{B}$ na mesma região para que o elétron continue a se mover em linha reta, e a direção de $\vec{B}$ deve ser tal que o módulo de $\vec{B}$ seja o menor possível. Em termos dos vetores unitários, qual deve ser o campo $\vec{B}$?

71 O físico S. A. Goudsmit inventou um método para medir a massa de um íon pesado determinando o período de revolução do íon na presença de um campo magnético conhecido. Um íon de iodo monoionizado descreve 7,00 revoluções em 1,29 milissegundo em um campo de 45,0 militeslas. Calcule a massa do íon em unidades de massa atômica.

72 Um feixe de elétrons de energia cinética K emerge de uma "janela" de folha de alumínio na extremidade de um acelerador. A uma distância d da janela existe uma placa de metal perpendicular à direção do feixe (Fig. 28-53). (a) Mostre que é possível evitar que o feixe atinja a placa aplicando um campo uniforme $\vec{B}$ tal que

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

em que m e e são a massa e a carga do elétron. (b) Qual deve ser a orientação de $\vec{B}$?

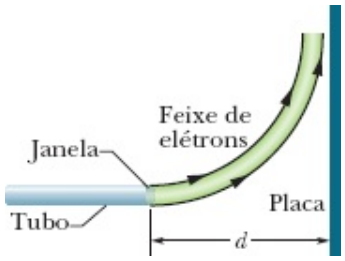


Figura 28-53 Problema 72.

73 No instante $t = 0$, um elétron com uma energia cinética de 12 keV, que está se movendo no sentido positivo de um eixo x paralelo à componente horizontal do campo magnético $\vec{B}$ da Terra, passa pelo ponto $x = 0$. A componente vertical do campo aponta para baixo e tem um módulo de 55,0 μT. (a) Qual é o módulo da aceleração do elétron produzida pelo campo $\vec{B}$? (b) Qual é a distância a que o elétron se encontra do eixo x ao chegar ao ponto de coordenada $x = 20$ cm?

74 Uma partícula de carga 2,0 C está se movendo na presença de um campo magnético uniforme. Em dado instante, a velocidade da partícula é $(2{,}0\hat{i} + 4{,}0\hat{j} + 6{,}0\hat{k})$ m/s e a força magnética experimentada pela partícula é $(4{,}0\hat{i} - 20\hat{j} + 12\hat{k})$ N. As componentes x e y do campo magnético são iguais. Qual é o campo $\vec{B}$?

75 Um próton, um dêuteron ($q = +e$, $m = 2{,}0$ u) e uma partícula alfa ($q = +2e$, $m = 4{,}0$ u), todos com a mesma energia cinética, entram em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$; a velocidade $\vec{v}$ das partículas é perpendicular a $\vec{B}$. Determine a razão (a) entre o raio r_d da trajetória do dêuteron e o raio r_p da trajetória do próton e (b) entre o raio r_α da trajetória da partícula alfa e r_p.

76 O espectrômetro de massa de Bainbridge, mostrado de forma esquemática na Fig. 28-54, separa íons de mesma velocidade. Depois de entrar no aparelho através das fendas colimadoras S_1 e S_2, os íons passam por um seletor de velocidade composto por um campo elétrico produzido pelas placas carregadas P e P′ e por um campo magnético $\vec{B}$ perpendicular ao campo elétrico e à trajetória dos íons. Os íons que passam pelos campos cruzados $\vec{E}$ e $\vec{B}$ sem serem desviados entram em uma região onde existe um segundo campo magnético, $\vec{B}'$, que os faz descrever um semicírculo. Uma placa fotográfica (ou, mais recentemente, um detector) registra a chegada dos íons. Mostre que a razão entre a carga e a massa dos íons é dada por $q/m = E/rBB'$, em que r é o raio do semicírculo.

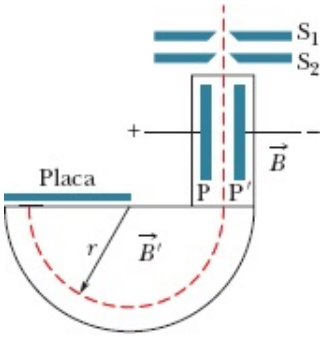


Figura 28-54 Problema 76.

77 Na Fig. 28-55, um elétron se move com uma velocidade v = 100 m/s no eixo x, na presença de um campo magnético uniforme e de um campo elétrico uniforme. O campo magnético $\vec{B}$ aponta para dentro do papel e tem módulo 5,00 T. Qual é o campo elétrico na notação dos vetores unitários?

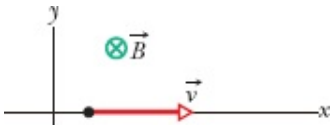


Figura 28-55 Problema 77.

78 (a) Na Fig. 28-8, mostre que a razão entre o módulo E do campo elétrico de Hall e o módulo E_C do campo elétrico responsável pelo movimento das cargas (corrente) é dada por

$$\frac{E}{E_C} = \frac{B}{ne\rho},$$

em que ρ é a resistividade do material e n é a concentração de portadores de corrente. (b) Calcule o valor numérico dessa razão para os dados do Problema 13. (*Sugestão*: Consulte a Tabela 26-1.)

79 Um próton, um dêuteron (q = +e, m = 2,0 u) e uma partícula alfa (q = +2e, m = 4,0 u) são acelerados pela mesma diferença de potencial e entram em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$; a velocidade $\vec{v}$ das partículas é perpendicular a $\vec{B}$. Determine a razão (a) entre a energia cinética do próton, K_p, e a energia cinética da partícula alfa, K_α e (b) entre a energia cinética do dêuteron, K_d, e K_α. Se o raio da trajetória circular do próton é 10 cm, determine o raio (c) da trajetória do dêuteron e (d) da trajetória da partícula alfa.

80 Um elétron está se movendo a 7,20 × 10^6 m/s na presença de um campo magnético de 83,0 mT. Determine (a) o valor máximo e (b) o valor mínimo da força que o campo magnético pode exercer sobre o elétron. (c) Em um dado instante, o elétron tem uma aceleração de módulo 4,90 × 10^{14} m/s^2. Qual é o ângulo entre a velocidade do elétron e o campo magnético nesse instante?

81 Uma partícula com uma carga de 5,0 μC está se movendo em uma região onde existem um campo magnético de $-20\hat{i}$ mT e um campo elétrico de $300\hat{j}$ V/m. Em um dado instante, a velocidade da partícula é ($17\hat{i} - 11\hat{j} + 7{,}0\hat{k}$) km/s. Nesse instante, na notação dos vetores unitários, qual é a força eletromagnética total (soma das forças elétrica e magnética) a que a partícula está submetida?

82 Em um experimento de efeito Hall, uma corrente de 3,0 A, que percorre longitudinalmente um condutor com 1,0 cm de largura, 4,0 cm de comprimento e 10 μm de espessura, produz uma diferença de potencial de Hall entre os lados do condutor de 10 μV quando um campo magnético de 1,5 T é aplicado perpendicularmente ao plano do condutor. A partir desses dados, determine (a) a velocidade de deriva dos portadores de corrente e (b) a concentração dos portadores de corrente. (c) Mostre em um diagrama a polaridade da diferença de potencial de Hall com sentidos arbitrados para a corrente e o campo magnético, supondo que os portadores de corrente são elétrons.

83 Uma partícula, de massa 6,0 g, está se movendo a 4,0 km/s no plano *xy*, em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $5{,}0\hat{i}$ mT. No instante em que a velocidade da partícula faz um ângulo de 37° no sentido anti-horário com o semieixo *x* positivo, a força magnética que o campo exerce sobre a partícula é $0{,}48\hat{k}$ N. Qual é a carga da partícula?

84 Um fio situado no eixo *x*, entre os pontos $x = 0$ e $x = 1{,}00$ m, conduz uma corrente de 3,00 A no sentido positivo do eixo. Na região existe um campo magnético não uniforme dado por $\vec{B} = (4{,}00\ \text{T/m}^2)x^2\hat{i} - (0{,}600\ \text{T/m}^2)x^2\hat{j}$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força magnética que o campo exerce sobre o fio?

85 Em um dado instante, $\vec{v} = (-2{,}00\hat{i} + 4{,}00\hat{j} - 6{,}00\hat{k})$ m/s é a velocidade de um próton em um campo magnético uniforme $\vec{B} = (2{,}00\hat{i} - 4{,}00\hat{j} + 8{,}00\hat{k})$ mT. Para esse instante, determine (a) a força magnética $\vec{F}$ que o campo exerce sobre o próton, na notação dos vetores unitários, (b) o ângulo entre $\vec{v}$ e $\vec{F}$ e (c) o ângulo entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$.

86 A velocidade de um elétron é $\vec{v} = (32\hat{i} + 40\hat{j})$ km/s no instante em que penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B} = 60\hat{i}\ \mu\text{T}$. Determine (a) o raio da trajetória helicoidal do elétron e (b) o passo da trajetória. (c) Do ponto de vista de um observador que olha para a região onde existe o campo magnético a partir do ponto de entrada do elétron, o elétron se move no sentido horário ou no sentido anti-horário?

87 A Fig. 28-56 mostra um *gerador homopolar*, no qual um motor (que não aparece na figura) faz girar um disco metálico. Duas escovas são usadas para ligar o sistema a um circuito elétrico. Este tipo de gerador pode produzir uma força eletromotriz maior que os geradores que utilizam espiras giratórias, já que o disco pode girar a uma velocidade muito maior que uma espira, sem se romper. Suponha que o disco tem um raio $R = 0{,}250$ m, a frequência da rotação é $f = 4000$ Hz, e um campo magnético uniforme de módulo $B = 60{,}0$ mT é aplicado perpendicularmente ao plano do disco. Quando o disco está girando, os elétrons de condução que estão na reta que liga o eixo do disco a uma das escovas (reta tracejada) são forçados a se mover perpendicularmente ao campo magnético. (a) Para o sentido de rotação indicado na figura, os elétrons são submetidos a uma força magnética para cima ou para baixo? (b) O módulo da força é maior perto da borda ou perto do centro do disco? (c) Qual é o trabalho por unidade de carga que a força realiza ao longo da reta, do centro até a borda do disco? (d) Qual é a diferença de potencial produzida pelo gerador? (e) Se a corrente no circuito é 50,0 A, qual é a potência elétrica produzida pelo gerador?

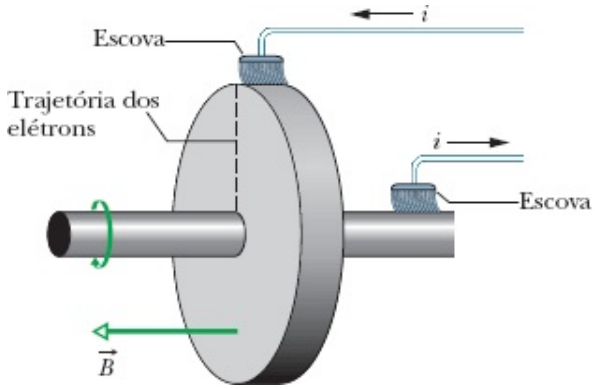


Figura 28-56 Problema 87.

88 Na Fig. 28-57, as duas extremidades de um fio em forma de **U**, de massa m = 10,0 g e comprimento L = 20,0 cm, estão imersas em mercúrio (que é um condutor), formando uma espira. Um campo magnético uniforme de módulo B = 0,100 T é aplicado perpendicularmente ao plano da espira. Uma chave (que não aparece na figura) é fechada e aberta rapidamente, criando um pulso de corrente que se propaga na espira e faz o fio se deslocar para cima. Se altura máxima atingida pelo fio em relação à posição inicial é h = 3,00 m, qual é a carga do pulso? Suponha que a duração do pulso é muito menor que o tempo de subida do fio. (*Sugestão*: Use a definição de impulso, Eq. 9-30, a relação entre impulso e momento, Eq. 9-31, e a relação entre carga e corrente, Eq. 26-2.)

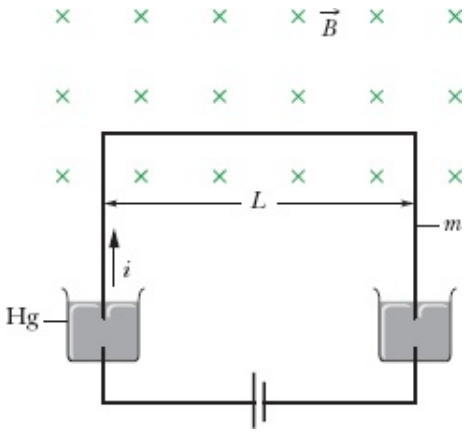


Figura 28-57 Problema 88.

89 Na Fig. 28-58, um elétron de massa m, carga $-e$ e velocidade inicial perpendicular ao plano da placa superior, penetra em uma região entre duas placas separadas por uma distância d e submetidas a uma diferença de potencial V, com uma velocidade inicial perpendicular ao plano da placa superior. Na região entre as placas existe um campo magnético de módulo B que aponta para dentro do papel. Considerando a velocidade inicial do elétron tão pequena que pode ser desprezada, determine o menor valor de B para o qual o elétron não se choca com a placa superior.

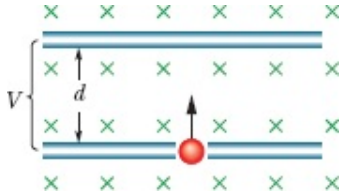


Figura 28-58 Problema 89.

90 Uma partícula de carga q está se movendo em uma circunferência de raio r com velocidade v. Tratando a trajetória da partícula como uma espira percorrida por corrente, determine o torque máximo que pode ser exercido sobre a espira por um campo uniforme de módulo B.

91 Em um experimento de efeito Hall, expresse a concentração de portadores (número de portadores por unidade de volume) em função do módulo E do campo elétrico transversal, da densidade de corrente J e do módulo B do campo magnético.

92 Um elétron que está se movendo na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ tem uma velocidade $\vec{v}$ = (40 km/s)$\hat{i}$ + (35 km/s)$\hat{j}$ quando está submetido a uma força magnética $\vec{F}$ = −(4,2 fN)$\hat{i}$ + (4,8 fN)$\hat{j}$. Se B_x = 0, determine o campo magnético $\vec{B}$ na notação dos vetores unitários.

[1]O resultado obtido por Thomson foi $m/|q| \approx 1{,}3 \text{ H } 10^{-11}$ kg/C; o valor aceito atualmente é $0{,}57 \text{ H } 10^{-11}$ kg/C. (N.T.)

[2]O LHC, o maior síncrotron atualmente em operação, tem um raio de 4,3 km e foi projetado para acelerar prótons até energias da ordem de 7 TeV. (N.T.)

[1]Na verdade, o campo calculado é 320 vezes maior que o campo magnético médio da Terra. (N.T.)

[4]O autor se refere ao fato de que, como a força magnética é não conservativa, não seria correto associar ao campo magnético uma energia potencial, como foi feito em edições anteriores do livro. (N.T.)