$$U_B = \tfrac{1}{2}Li^2 \quad \text{(energia magnética).} \tag{30-49}$$

Se B é o módulo do campo magnético (criado por um indutor ou por qualquer outro meio) em um ponto do espaço, a densidade de energia magnética armazenada nesse ponto é dada por

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad \text{(densidade de energia magnética).} \tag{30-55}$$

Indução Mútua Se duas bobinas 1 e 2 estão próximas, a variação da corrente em uma das bobinas pode induzir uma força eletromotriz na outra. Essa indução mútua é descrita pelas equações

$$\mathscr{E}_2 = -M\frac{di_1}{dt} \tag{30-64}$$

e

$$\mathscr{E}_1 = -M\frac{di_2}{dt}, \tag{30-65}$$

em que M (medida em henries) é a indutância mútua das bobinas.

Perguntas

1 Se o condutor circular da Fig. 30-21 sofre uma dilatação térmica na presença de um campo magnético uniforme, uma corrente é induzida no sentido horário. Isso significa que o campo magnético aponta para dentro ou para fora do papel?

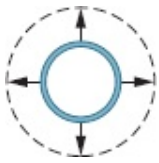


Figura 30-21 Pergunta 1.

2 A espira da Fig. 30-22*a* é submetida, sucessivamente, a seis campos magnéticos uniformes, todos paralelos ao eixo z, que apontam para fora do papel. A Fig. 30-22*b* mostra o módulo B_z desses campos em função do tempo t. (As retas 1 e 3 e as retas 4 e 6 são paralelas. As retas 2 e 5 são paralelas ao eixo do tempo.) Coloque os seis campos na ordem da força eletromotriz induzida na espira, começando pela maior no sentido horário e terminando com a maior no sentido anti-horário.

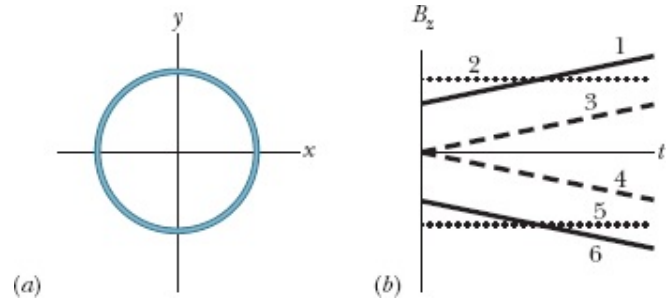


Figura 30-22 Pergunta 2.

3 Na Fig. 30-23, um fio retilíneo, longo, percorrido por uma corrente *i*, passa (sem fazer contato) por três espiras retangulares de lados *L*, 1,5*L* e 2*L*. A distância entre as espiras é relativamente grande (o suficiente para que não interajam). As espiras 1 e 3 são simétricas em relação ao fio. Coloque as espiras na ordem decrescente do valor absoluto da corrente induzida (a) se a corrente *i* for constante e (b) se a corrente *i* estiver aumentando.

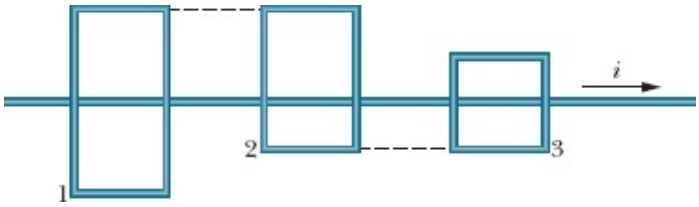


Figura 30-23 Pergunta 3.

4 A Fig. 30-24 mostra dois circuitos nos quais uma barra condutora desliza com a mesma velocidade escalar *v* na presença do mesmo campo magnético uniforme, ao longo de um fio em forma de **U** . Os segmentos paralelos do fio estão separados por uma distância 2*L* no circuito 1 e por uma distância *L* no circuito 2. A corrente induzida no circuito 1 tem o sentido anti-horário. (a) O campo magnético aponta para dentro ou para fora do papel? (b) A corrente induzida no circuito 2 tem o sentido horário ou o sentido anti-horário? (c) A força eletromotriz induzida no circuito 1 é maior, menor ou igual à força eletromotriz induzida no circuito 2?

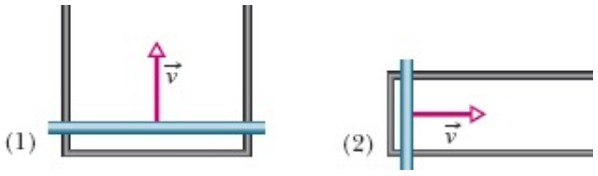


Figura 30-24 Pergunta 4.

5 A Fig. 30-25 mostra uma região circular na qual existem um campo magnético uniforme decrescente orientado para fora do papel e quatro trajetórias circulares concêntricas. Coloque as trajetórias na ordem decrescente do valor absoluto de $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$.

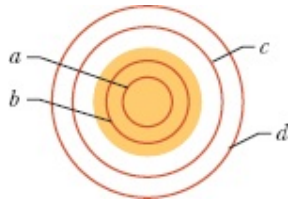


Figura 30-25 Pergunta 5.

6 Na Fig. 30-26, uma espira é feita de três segmentos: *bc* (um segmento em forma de quarto de circunferência), *ac* (dois segmentos retilíneos formando um ângulo reto) e *ab* (um segmento retilíneo). A espira pode ser submetida a três campos magnéticos:

$$(1)\ \vec{B}_1 = 3\hat{i} + 7\hat{j} - 5t\hat{k},$$
$$(2)\ \vec{B}_2 = 5t\hat{i} - 4\hat{j} - 15\hat{k},$$
$$(3)\ \vec{B}_3 = 2\hat{i} - 5t\hat{j} - 12\hat{k},$$

em que $\vec{B}$ está em militeslas e t está em segundos. Sem fazer nenhum cálculo no papel, coloque os campos magnéticos na ordem decrescente (a) do trabalho realizado por unidade de carga para criar a corrente induzida e (b) do valor absoluto da corrente induzida. (c) Qual é o sentido da corrente induzida para cada um dos campos magnéticos?

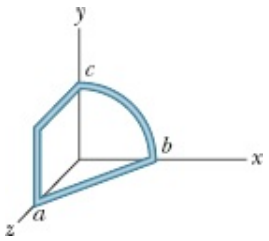


Figura 30-26 Pergunta 6.

7 A Fig. 30-27 mostra um circuito com dois resistores iguais e um indutor ideal. A corrente no resistor do meio é maior, menor ou igual à corrente no outro resistor (a) logo depois que a chave S é fechada, (b) muito tempo depois que a chave S é fechada, (c) logo depois que a chave é aberta depois de permanecer fechada por muito tempo e (d) muito tempo depois que a chave é aberta depois de permanecer fechada por muito tempo?

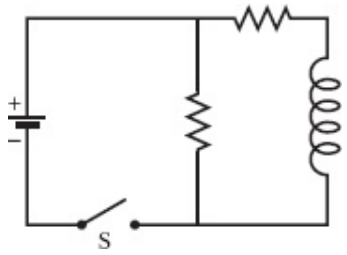


Figura 30-27 Pergunta 7.

8 A chave do circuito da Fig. 30-15 permaneceu na posição *a* por muito tempo e depois foi deslocada

para a posição *b*. A Fig. 30-28 mostra a corrente no indutor para quatro pares de valores da resistência *R* e da indutância *L*: (1) R_0 e L_0, (2) $2R_0$ e L_0, (3) R_0 e $2L_0$, (4) $2R_0$ e $2L_0$. Qual é a curva correspondente a cada par?

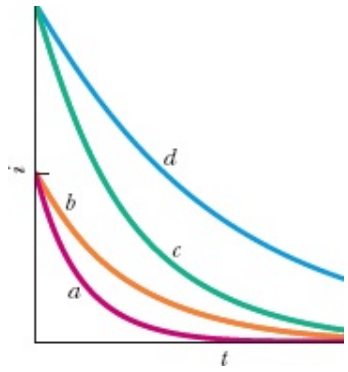


Figura 30-28 Pergunta 8.

9 A Fig. 30-29 mostra três circuitos com fontes, indutores e resistores iguais. Coloque os circuitos na ordem decrescente da corrente no resistor *R* (a) muito tempo depois do fechamento da chave, (b) logo depois de a chave ser aberta depois de permanecer fechada por muito tempo e (c) muito tempo depois de a chave ser aberta depois de permanecer fechada por muito tempo.

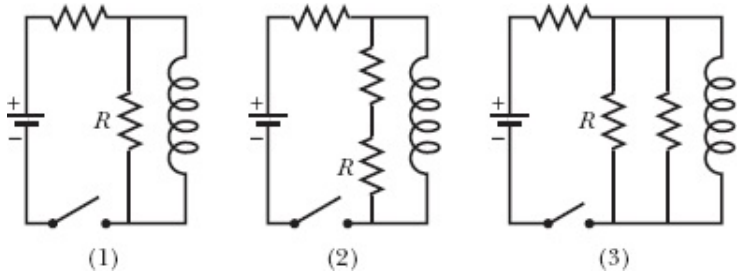


Figura 30-29 Pergunta 9.

10 A Fig. 30-30 mostra a variação, com o tempo, da diferença de potencial V_R entre os terminais de um resistor em três circuitos como mostra a Fig. 30-16. A resistência *R* e a força eletromotriz $\mathscr{E}$ da fonte são iguais nos três circuitos, mas as indutâncias *L* são diferentes. Coloque os circuitos na ordem decrescente do valor de *L*.

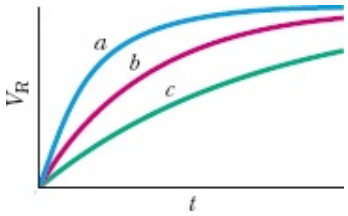


Figura 30-30 Pergunta 10.

11 A Fig. 30-31 mostra três situações nas quais parte de uma espira está em uma região onde existe um campo magnético. Como indica a figura, o campo pode apontar para dentro ou para fora do papel e o

módulo do campo pode estar aumentando ou diminuindo. Nas três situações, uma fonte faz parte do circuito. Em que situação ou situações a força eletromotriz induzida e a força eletromotriz da bateria têm o mesmo sentido?

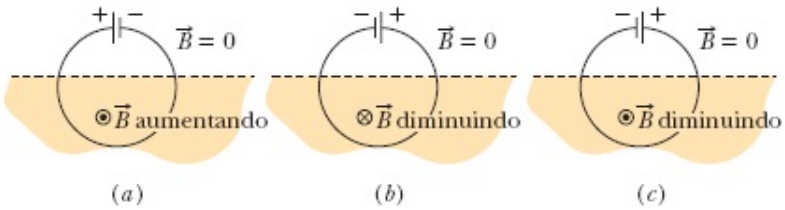


Figura 30-31 Pergunta 11.

12 A Fig. 30-32 mostra quatro situações nas quais espiras retangulares são retiradas de campos magnéticos iguais (que apontam para dentro do papel) com a mesma velocidade constante. Os lados das espiras têm um comprimento L ou $2L$, como mostra a figura. Coloque as situações na ordem decrescente (a) do módulo da força necessária para movimentar as espiras e (b) da taxa com a qual a energia fornecida às espiras é convertida em energia térmica.

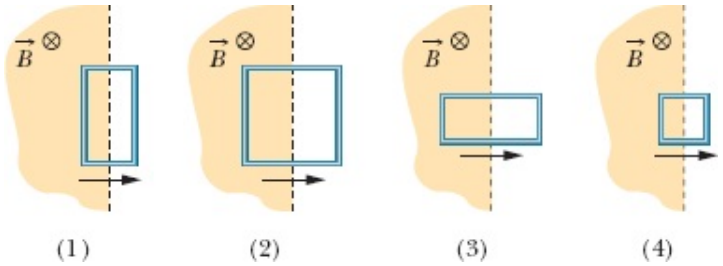


Figura 30-32 Pergunta 12.

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 30-1 Lei de Faraday e Lei de Lenz

·**1** Na Fig. 30-33, uma espira circular com 10 cm de diâmetro (vista de perfil) é posicionada com a normal $\vec{N}$ fazendo um ângulo $\theta = 30^{\circ}$ com a direção de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ cujo módulo é 0,50 T. A espira começa a girar de tal forma que $\vec{N}$ descreve um cone em torno da direção do campo à taxa de 100 revoluções por minuto; o ângulo θ permanece constante durante o processo. Qual é a força eletromotriz induzida na espira?

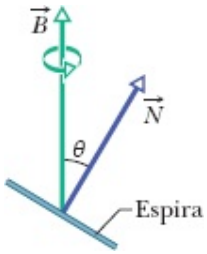


Figura 30-33 Problema 1.

·2 Um material condutor elástico é esticado e usado para fazer uma espira circular com 12,0 cm de raio, que é submetida a um campo magnético uniforme de 0,800 T perpendicular ao plano da espira. Ao ser liberada, a espira começa a se contrair e, em um dado instante, o raio está diminuindo à taxa de 75,0 cm/s. Qual é a força eletromotriz induzida na espira nesse instante?

·3 Na Fig. 30-34, uma bobina de 120 espiras, com 1,8 cm de raio e uma resistência de 5,3 Ω, é coaxial com um solenoide de 220 espiras/cm e 3,2 cm de diâmetro. A corrente no solenoide diminui de 1,5 A para zero em um intervalo de tempo Δt = 25 ms. Qual é a corrente induzida na bobina no intervalo Δt?

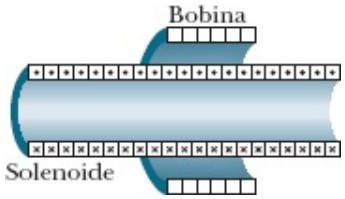


Figura 30-34 Problema 3.

·4 Uma espira com 12 cm de raio e uma resistência de 8,5 Ω é submetida a um campo magnético uniforme $\vec{B}$ cujo módulo varia da forma indicada na Fig. 30-35. A escala do eixo vertical é definida por B_s = 0,50 T e a escala do eixo horizontal é definida por t_s = 6,00 s. O plano da espira é perpendicular a $\vec{B}$. Determine a força eletromotriz induzida na espira durante o intervalo de tempo (a) 0 < t < 2,0 s, (b) 2,0 < t < 4,0 s, (c) 4,0 < t < 6,0 s.

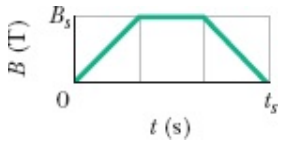


Figura 30-35 Problema 4.

·5 Na Fig. 30-36, um fio forma uma espira circular de raio R = 2,0 m e uma resistência de 4,0 Ω. Um fio retilíneo, longo, passa pelo centro da espira. No instante t = 0, a corrente no fio é 5,0 A, da esquerda para a direita. Para t > 0, a corrente varia de acordo com a equação i = 5,0 A − (2,0 A/s^2)t^2. (Como o fio retilíneo tem um revestimento isolante, não há contato elétrico entre o fio e a espira.) Qual é o valor absoluto da corrente induzida na espira para t > 0?

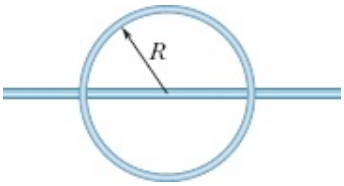


Figura 30-36 Problema 5.

·6 A Fig. 30-37*a* mostra um circuito formado por uma fonte ideal de força eletromotriz = 6,00 μV, uma resistência R e uma pequena espira com 5,0 cm^2 de área. Um campo magnético externo é aplicado à espira durante o intervalo de t = 10 a t = 20 s. O campo é uniforme, aponta para dentro do papel na Fig. 30-37*a* e o módulo do campo é dado por $B = at$, em que B está em teslas, a é uma constante e t está em segundos. A Fig. 30-37*b* mostra a corrente i no circuito antes, durante e depois da aplicação do campo. A escala vertical é definida por i_s = 2,0 mA. Determine o valor da constante a na equação do módulo do campo em função do tempo.

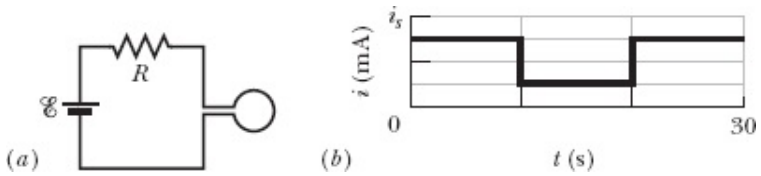


Figura 30-37 Problema 6.

·7 Na Fig. 30-38, o fluxo de campo magnético na espira aumenta de acordo com a equação $\Phi_B = 6{,}0t^2 + 7{,}0t$, em que Φ_B está em miliwebers e t está em segundos. (a) Qual é o módulo da força eletromotriz induzida na espira no instante t = 2,0 s? (b) O sentido da corrente no resistor R é para a direita ou para a esquerda?

·8 Um campo magnético uniforme $\vec{B}$ é perpendicular ao plano de uma espira circular com 10 cm de diâmetro, formada por um fio com 2,5 mm de diâmetro e uma resistividade de $1{,}69 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m. Qual deve ser a taxa de variação de $\vec{B}$ para que uma corrente de 10 A seja induzida na espira?

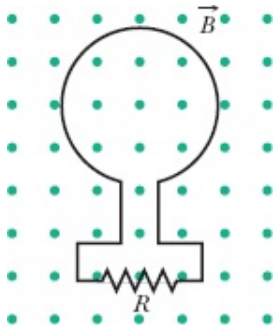


Figura 30-38 Problema 7.

·9 Uma pequena espira com 6,8 mm^2 de área é colocada no interior de um solenoide longo, com 854 espiras/cm, percorrido por uma corrente senoidal i com 1,28 A de amplitude e uma frequência angular de 212 rad/s. Os eixos centrais da espira e do solenoide coincidem. Qual é a amplitude da força

eletromotriz induzida na espira?

··10 A Fig. 30-39 mostra uma espira formada por um par de semicircunferências de 3,7 cm de raio situadas em planos mutuamente perpendiculares. A espira foi formada dobrando uma espira plana ao longo de um diâmetro até que as duas partes ficassem perpendiculares. Um campo magnético uniforme $\vec{B}$ de módulo 76 mT é aplicado perpendicularmente ao diâmetro da dobra, fazendo ângulos iguais (de 45°) com os planos das semicircunferências. O campo magnético é reduzido para zero a uma taxa uniforme durante um intervalo de tempo de 4,5 ms. Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (horário ou anti-horário, do ponto de vista do sentido de $\vec{B}$) da força eletromotriz induzida na espira durante esse intervalo.

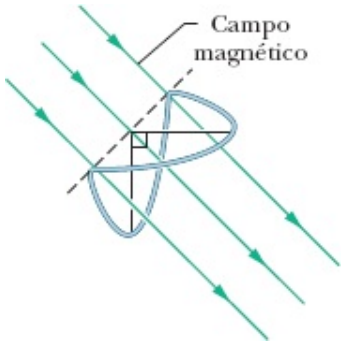


Figura 30-39 Problema 10.

··11 Uma bobina retangular, de comprimento a e largura b, com N espiras, gira com frequência f na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$, como mostra a Fig. 30-40. A bobina está ligada a cilindros metálicos que giram solidariamente a ela e nos quais estão apoiadas escovas metálicas que fazem contato com um circuito externo. (a) Mostre que a força eletromotriz induzida na bobina é dada (em função do tempo t) pela equação

$$\mathscr{E} = 2\pi f NabB \operatorname{sen}(2\pi ft) = \mathscr{E}_0 \operatorname{sen}(2\pi ft).$$

Esse é o princípio de funcionamento dos geradores comerciais de corrente alternada. (b) Para qual valor de Nab a força eletromotriz gerada tem uma amplitude $\mathscr{E}_0$ = 150 V quando a bobina gira com uma frequência de 60,0 revoluções por segundo em um campo magnético uniforme de 0,500 T?

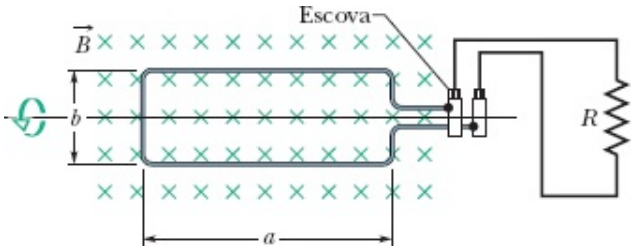


Figura 30-40 Problema 11.

··12 Na Fig. 30-41, uma espira retangular, de dimensões L = 40,0 cm e W = 25,0 cm, é submetida a um

campo magnético $\vec{B}$. Determine (a) o módulo $\mathscr{E}$ e (b) o sentido (horário, anti-horário − ou "nenhum", se $\mathscr{E}$ = 0) da força eletromotriz induzida na espira se $\vec{B} = (4{,}00 \times 10^{-2}\ \text{T/s})y\hat{k}$. Determine (c) $\mathscr{E}$ e (d) o sentido de $\mathscr{E}$ se $\vec{B} = (6{,}00 \times 10^{-2}\ \text{T/s})t\hat{k}$. Determine (e) $\mathscr{E}$ e (f) o sentido de se $\vec{B} = (8{,}00 \times 10^{-2}\ \text{T/s})yt\hat{k}$. Determine (g) $\mathscr{E}$ e (h) o sentido de $\mathscr{E}$ se $\vec{B} = (3{,}00 \times 10^{-2}\ \text{T/s})xt\hat{j}$. Determine (i) $\mathscr{E}$ e (j) o sentido de $\mathscr{E}$ se $\vec{B} = (5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{T/s})yt\hat{i}$.

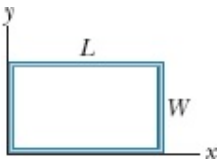


Figura 30-41 Problema 12.

··13 Cem espiras de fio de cobre (isolado) são enroladas em um núcleo cilíndrico de madeira com uma seção reta de $1{,}20 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$. As extremidades do fio são ligadas a um resistor. A resistência do circuito é 13,0 Ω. Se um campo magnético longitudinal uniforme aplicado ao núcleo muda de 1,60 T em um sentido para 1,60 T no sentido oposto, qual é a carga que passa por um ponto do circuito durante a mudança?

··14 Na Fig. 30-42*a*, o módulo do campo magnético uniforme $\vec{B}$ aumenta com o tempo de acordo com o gráfico da Fig. 30-42*b*, em que a escala do eixo vertical é definida por B_s = 9,0 mT e a escala do eixo horizontal é definida por t_s = 3,0 s. Uma espira circular com uma área de $8{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$, no plano do papel, é submetida ao campo. A Fig. 30-40*c* mostra a carga q que passa pelo ponto A da espira em função do tempo t, com a escala do eixo vertical definida por q_s = 6,0 mC e a escala do eixo horizontal definida novamente por t_s = 3,0 s. Qual é a resistência da espira?

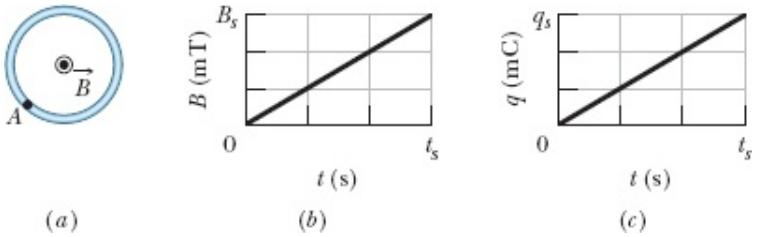


Figura 30-42 Problema 14.

··15 Uma espira quadrada com 2,00 m de lado é mantida perpendicular a um campo magnético uniforme com metade da área da espira na região em que existe campo, como mostra a Fig. 30-43. A espira inclui uma fonte ideal de força eletromotriz $\mathscr{E}$ = 20,0 V. Se o módulo do campo varia com o tempo de acordo com a equação $B = 0{,}0420 - 0{,}870t$, com B em teslas e t em segundos, determine (a) a força eletromotriz total aplicada à espira e (b) o sentido da corrente (total) que circula na espira.

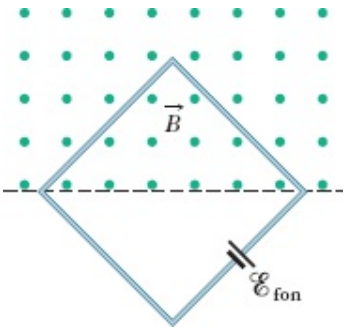


Figura 30-43 Problema 15.

··16 A Fig. 30-44*a* mostra um fio que forma um retângulo (W = 20 cm, H = 30 cm) e tem uma resistência de 5,0 mΩ. O interior do retângulo é dividido em três partes iguais, que são submetidas a campos magnéticos $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ e $\vec{B}_3$. Os campos são uniformes dentro de cada região e apontam para dentro ou para fora do papel, como indica a figura. A Fig. 30-44*b* mostra a variação da componente B_z dos três campos com o tempo t; a escala do eixo vertical é definida por B_s = 4,0 μT e B_b = 2,5B_s e a escala do eixo horizontal é definida por t_s = 2,0 s. Determine (a) o módulo e (b) o sentido da corrente induzida no fio.

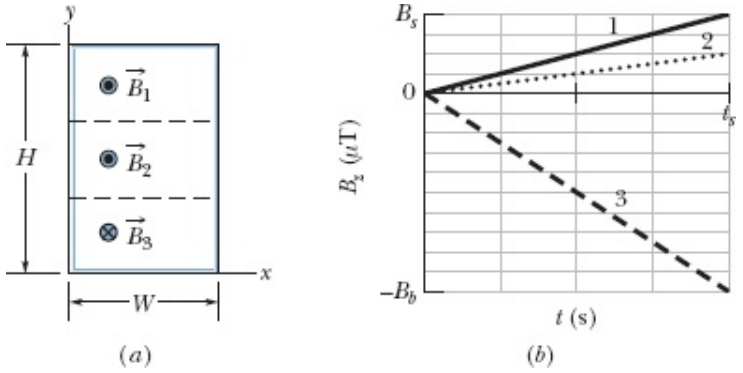


Figura 30-44 Problema 16.

··17 Uma pequena espira circular, com 2,00 cm^2 de área, é concêntrica e coplanar com uma espira circular muito maior, com 1,00 m de raio. A corrente na espira maior varia, a uma taxa constante, de 200 A para −200 A (ou seja, troca de sentido) em um intervalo de 1,00 s, começando no instante t = 0. Determine o módulo do campo magnético $\vec{B}$ no centro da espira menor devido à corrente na espira menor (a) em t = 0, (b) em t = 0,500 s e (c) em t = 1,00 s. (d) O campo $\vec{B}$ troca de sentido no intervalo $0 < t <$ 1,00 s? Suponha que $\vec{B}$ é uniforme na região em que se encontra a espira menor. (e) Determine a força eletromotriz induzida na espira menor no instante t = 0,500 s.

··18 Na Fig. 30-45, dois trilhos condutores retilíneos formam um ângulo reto. Uma barra condutora em contato com os trilhos parte do vértice no instante t = 0 com uma velocidade escalar constante de 5,20 m/s e passa a se mover entre os trilhos. Um campo magnético B = 0,350 T, que aponta para fora da página, existe em toda a região. Determine (a) o fluxo magnético através do triângulo formado pelos trilhos e a barra no instante t = 3,00 s e (b) a força eletromotriz aplicada ao triângulo nesse instante. (c)

Se a força eletromotriz é dada por $\mathscr{E} = at^n$, em que a e n são constantes, determine o valor de n.

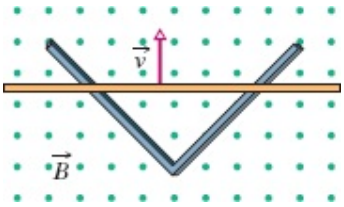


Figura 30-45 Problema 18.

··19 Um gerador elétrico contém uma bobina de 100 espiras retangulares de 50,0 cm por 30,0 cm. A bobina é submetida a um campo magnético uniforme, de módulo B = 3,50 T, com $\vec{B}$ inicialmente perpendicular ao plano da bobina. Qual é o valor máximo da força eletromotriz produzida quando a bobina gira a 1000 revoluções por minuto em torno de um eixo perpendicular a $\vec{B}$?

··20 Em uma localidade, o campo magnético da Terra tem módulo B = 0,590 gauss e uma inclinação para baixo de 70,0° em relação à horizontal. Uma bobina plana horizontal tem 10,0 cm de raio, 1000 espiras e uma resistência total de 85,0 Ω e está ligada em série com um medidor com 140 Ω de resistência. A bobina descreve meia revolução em torno de um diâmetro. Qual é a carga que atravessa o medidor durante o movimento?

··21 Na Fig. 30-46, uma semicircunferência de fio de raio a = 2,00 cm gira com uma velocidade angular constante de 40 revoluções por segundo na presença de um campo magnético uniforme de 20 mT. Determine (a) a frequência e (b) a amplitude da força eletromotriz induzida no circuito.

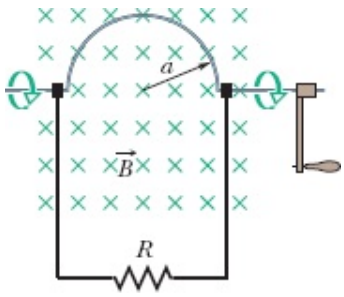


Figura 30-46 Problema 21.

··22 Uma espira retangular, com 0,15 m^2 de área, está girando na presença de um campo magnético uniforme de módulo B = 0,20 T. Quando o ângulo entre o campo e a normal ao plano da espira é $\pi/2$ e está aumentando à taxa de 0,60 rad/s, qual é a força eletromotriz induzida na espira?

··23 A Fig. 30-47 mostra duas espiras paralelas com um eixo comum. A espira menor (de raio r) está acima da espira maior (de raio R) a uma distância $x \gg R$. Em consequência, o campo magnético produzido por uma corrente i que atravessa a espira maior no sentido anti-horário é praticamente uniforme na região limitada pela espira menor. A distância x está aumentando a uma taxa constante $dx/dt = v$. (a) Escreva uma expressão para o fluxo magnético através da bobina menor em função de x. (*Sugestão*: Veja a Eq. 29-27.) (b) Escreva uma expressão para a força eletromotriz induzida na espira

menor. (c) Determine o sentido da corrente induzida na espira menor.

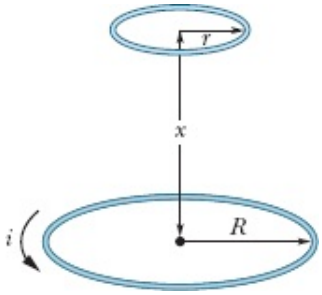


Figura 30-47 Problema 23.

··24 Uma espira é formada por três segmentos circulares, todos de raio $r = 10$ cm, como mostra a Fig. 30-48. Cada segmento tem a forma de um quarto de circunferência: *ab* está no plano *xy*, *bc* no plano *yz* e *ca* no plano *zx*. (a) Se um campo magnético uniforme $\vec{B}$ aponta no sentido positivo do eixo *x*, qual é o valor absoluto da força eletromotriz que aparece na espira quando *B* aumenta à taxa de 3,0 mT/s? (b) Qual é o sentido da corrente no segmento *bc*?

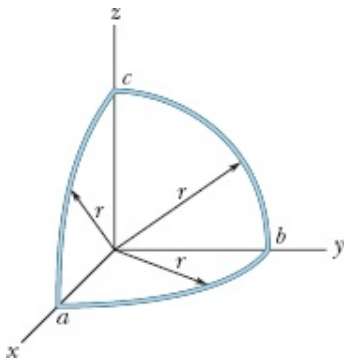


Figura 30-48 Problema 24.

···25 Dois fios longos e paralelos, de cobre, com 2,5 mm de diâmetro, conduzem uma corrente de 10 A em sentidos opostos. (a) Se os eixos centrais dos fios estão separados por uma distância de 20 mm, determine o fluxo magnético por metro de fio que existe no espaço entre os fios. (b) Que porcentagem desse fluxo está no interior dos fios? (c) Repita o item (a) supondo que as correntes têm o mesmo sentido.

···26 No sistema da Fig. 30-49, $a = 12{,}0$ cm e $b = 16{,}0$ cm. A corrente no fio retilíneo longo é dada por $i = 4{,}50t^2 - 10{,}0t$, em que *i* está em ampères e *t* está em segundos. (a) Determine a força eletromotriz na espira quadrada no instante $t = 3{,}00$ s. (b) Qual é o sentido da corrente induzida na espira?

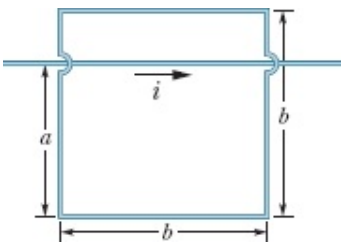


Figura 30-49 Problema 26.

···27 Na Fig. 30-50, uma espira quadrada com 2,0 cm de lado é submetida a um campo magnético que aponta para fora do papel e cujo módulo é dado por $B = 4{,}0t^2y$, em que B está em teslas, t em segundos e y em metros. Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido da força eletromotriz induzida na espira no instante $t = 2{,}5$ s.

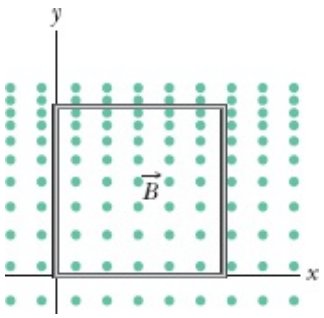


Figura 30-50 Problema 27.

···28 Na Fig. 30-51, uma espira retangular, de comprimento $a = 2{,}2$ cm, largura $b = 0{,}80$ cm e resistência $R = 0{,}40$ mΩ, é colocada nas vizinhanças de um fio infinitamente longo percorrido por uma corrente $i = 4{,}7$ A. Em seguida, a espira é afastada do fio com uma velocidade constante $v = 3{,}2$ mm/s. Quando o centro da espira está a uma distância $r = 1{,}5b$ do fio, determine (a) o valor absoluto do fluxo magnético que atravessa a espira e (b) a corrente induzida na espira.

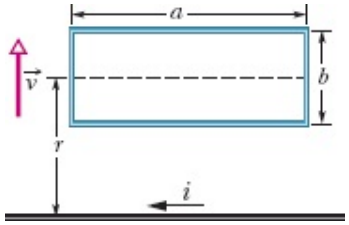


Figura 30-51 Problema 28.

Módulo 30-2 Indução e Transferências de Energia

·29 Na Fig. 30-52, uma barra de metal é forçada a se mover com velocidade constante $\vec{v}$ ao longo de dois trilhos paralelos ligados em uma das extremidades por uma fita de metal. Um campo magnético de módulo $B = 0{,}350$ T aponta para fora do papel. (a) Se a distância entre os trilhos é 25,0 cm e a velocidade escalar da barra é 55,0 cm/s, qual é o valor absoluto da força eletromotriz gerada? (b) Se a barra tem uma resistência de 18,0 Ω e a resistência dos trilhos e da fita de ligação é desprezível, qual é a corrente na barra? (c) Qual é a taxa com a qual a energia é transformada em energia térmica?

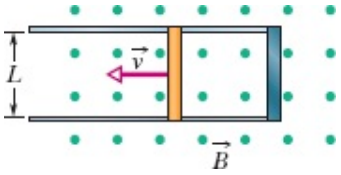


Figura 30-52 Problemas 29 e 35.

·30 Na Fig. 30-53*a*, uma espira circular é concêntrica com um solenoide e está em um plano perpendicular ao eixo central do solenoide. A espira tem 6,00 cm de raio. O solenoide tem um raio de 2,00 cm, possui 8000 espiras/cm, e a corrente i_{sol} varia com o tempo t da forma indicada na Fig. 30-53*b*, em que a escala do eixo vertical é definida por i_s = 1,00 A e a escala do eixo horizontal é definida por t_s = 2,0 s. A Fig. 30-53*c* mostra, em função do tempo, a energia E_t que é transformada em energia térmica na espira; a escala do eixo vertical é definida por E_s = 100,0 nJ. Qual é a resistência da espira?

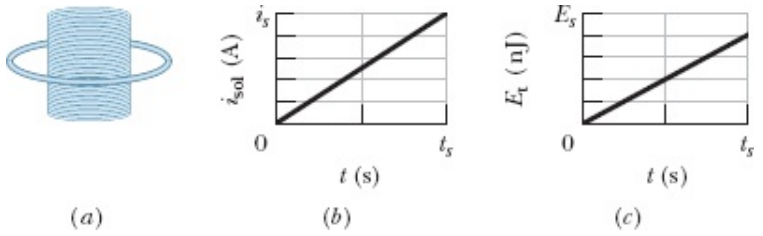


Figura 30-53 Problema 30.

·31 Se 50,0 cm de um fio de cobre com 1,00 mm de diâmetro são usados para formar uma espira circular e a espira é submetida a um campo magnético uniforme perpendicular que está aumentando a uma taxa constante de 10,0 mT/s, qual é a taxa com a qual é gerada energia térmica na espira?

·32 Uma antena circular, com área de 2,00 cm^2 e uma resistência de 5,21 $\mu\Omega$, é submetida a um campo magnético uniforme perpendicular de módulo 17,0 μT. O módulo do campo diminui para zero em 2,96 ms. Qual é a energia térmica produzida na espira pela variação do campo?

··33 A Fig. 30-54 mostra uma barra de comprimento L = 10,0 cm que é forçada a se mover com velocidade escalar constante v = 5,00 m/s ao longo de trilhos horizontais. A barra, os trilhos e a fita metálica na extremidade direita dos trilhos formam uma espira condutora. A barra tem resistência de 0,400 Ω; a resistência do resto da espira é desprezível. Uma corrente i = 100 A que percorre um fio longo, situado a uma distância a = 10,0 mm da espira, produz um campo magnético (não uniforme) que atravessa a espira. Determine (a) a força eletromotriz e (b) a corrente induzida da espira. (c) Qual é a potência dissipada na espira? (d) Qual é o módulo da força que deve ser aplicada à espira para que se mova com velocidade constante? (e) Qual é a taxa com a qual a força realiza trabalho sobre a espira?

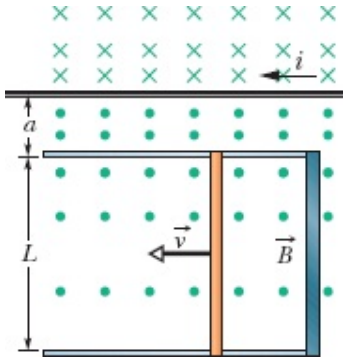


Figura 30-54 Problema 33.

··34 Na Fig. 30-55, uma espira retangular muito longa, de largura L, resistência R e massa m, está inicialmente suspensa na presença de um campo magnético horizontal uniforme $\vec{B}$ que aponta para dentro do papel e existe apenas acima da reta aa. É deixada cair a espira, que acelera sob a ação da gravidade até atingir uma velocidade terminal v_t. Escreva uma expressão para v_t, ignorando a resistência do ar.

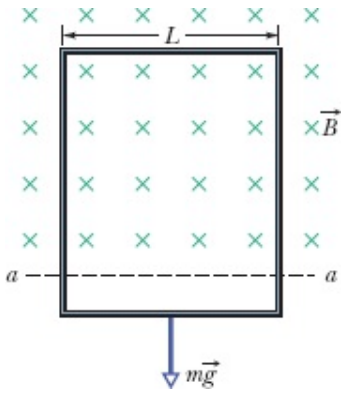


Figura 30-55 Problema 34.

··35 A barra condutora da Fig. 30-52 tem comprimento L e está sendo puxada em trilhos horizontais condutores, sem atrito, com velocidade constante $\vec{v}$. Os trilhos estão ligados em uma das extremidades por uma fita condutora. Um campo magnético uniforme $\vec{B}$, orientado para fora do papel, ocupa a região na qual se move a barra. Suponha que L = 10 cm, v = 5,0 m/s e B = 1,2 T. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para cima ou para baixo) da força eletromotriz induzida na barra. Determine também (c) o valor absoluto e (d) o sentido da corrente na espira formada pela barra, os trilhos e a fita. Suponha que a resistência da barra é 0,40 Ω e que a resistência dos trilhos e da fita é desprezível. (e) Qual é a taxa com a qual a energia é dissipada na barra em forma de calor? (f) Qual é o módulo da força externa que deve ser aplicada à barra para que continue a se mover com velocidade v? (g) Qual é a taxa com a qual a força realiza trabalho sobre a barra?

Módulo 30-3 Campos Elétricos Induzidos

·36 A Fig. 30-56 mostra duas regiões circulares, R_1 e R_2, de raios r_1 = 20,0 cm e r_2 = 30,0 cm. Em R_1 existe um campo magnético uniforme, de módulo B_1 = 50,0 mT, que aponta para dentro do papel; em R_2, existe um campo magnético uniforme, de módulo B_2 = 75,0 mT, que aponta para fora do papel (ignore os efeitos de borda). Os dois campos estão diminuindo à taxa de 8,50 mT/s. Calcule o valor de $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$ (a) para a trajetória 1, (b) para a trajetória 2 e (c) para a trajetória 3.

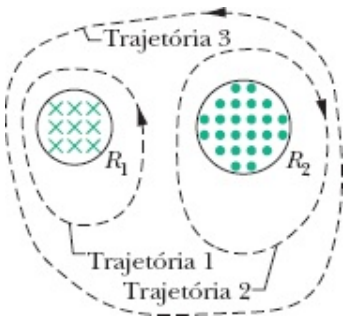


Figura 30-56 Problema 36.

·37 Um solenoide longo tem um diâmetro de 12,0 cm. Quando o solenoide é percorrido por uma corrente i, um campo magnético uniforme de módulo B = 30,0 mT é produzido no interior do solenoide. Por meio de uma diminuição da corrente i, o campo magnético é reduzido a uma taxa de 6,50 mT/s. Determine o módulo do campo elétrico induzido (a) a 2,20 cm e (b) a 8,20 cm de distância do eixo do solenoide.

··38 Uma região circular no plano xy é atravessada por um campo magnético uniforme que aponta no sentido positivo do eixo z. O módulo B do campo (em teslas) aumenta com o tempo t (em segundos) de acordo com a equação $B = at$, em que a é uma constante. A Fig. 30-57 mostra o módulo E do campo elétrico criado por esse aumento do campo magnético em função da distância radial r; a escala do eixo vertical é definida por E_s = 300 μN/C, e a escala do eixo horizontal é definida por r_s = 4,00 cm. Determine o valor de a.

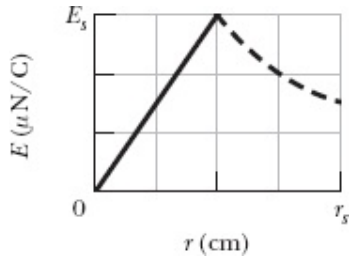


Figura 30-57 Problema 38.

··39 O campo magnético de um ímã cilíndrico com 3,3 cm de diâmetro varia senoidalmente entre 29,6 T e 30,0 T com uma frequência de 15 Hz. (Essa variação é produzida pela corrente em um fio enrolado em um ímã permanente.) Qual é a amplitude do campo elétrico induzido por essa variação a uma distância de 1,6 cm do eixo do cilindro?

Módulo 30-4 Indutores e Indutância

·40 A indutância de uma bobina compacta de 400 espiras é 8,0 mH. Calcule o fluxo magnético através da bobina quando a corrente é 5,0 mA.

·41 Uma bobina circular tem 10,0 cm de raio e 30,0 espiras compactas. Um campo magnético externo, de módulo 2,60 mT, é aplicado perpendicularmente ao plano da bobina. (a) Se a corrente na bobina é zero, qual é o fluxo magnético que enlaça as espiras? (b) Quando a corrente na bobina é 3,80 A em certo sentido, o fluxo magnético através da bobina é zero. Qual é a indutância da bobina?

··42 A Fig. 30-58 mostra uma fita de cobre, de largura W = 16,0 cm, que foi enrolada para formar um tubo, de raio R = 1,8 cm com duas extensões planas. Uma corrente i = 35 mA está distribuída uniformemente na fita, fazendo com que o tubo se comporte como um solenoide de uma espira. Suponha que o campo magnético do lado de fora do tubo é desprezível e que o campo magnético no interior do tubo é uniforme. Determine (a) o módulo do campo magnético no interior do tubo e (b) a indutância do

tubo (desprezando as extensões planas).

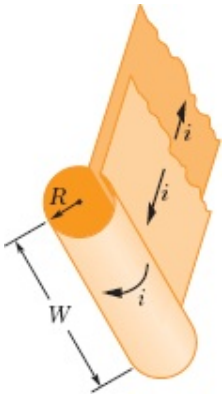


Figura 30-58 Problema 42.

··43 Dois fios longos, iguais, de raio a = 1,53 mm, são paralelos e conduzem correntes iguais em sentidos opostos. A distância entre os eixos centrais dos fios é d = 14,2 cm. Despreze o fluxo no interior dos fios, mas considere o fluxo na região entre os fios. Qual é a indutância dos fios por unidade de comprimento?

Módulo 30-5 Autoindução

·44 Um indutor de 12 H conduz uma corrente de 2,0 A. Qual deve ser a taxa de variação da corrente para que a força eletromotriz induzida no indutor seja 60 V?

·45 Em um dado instante, a corrente e a força eletromotriz autoinduzida em um indutor têm o sentido indicado na Fig. 30-59. (a) A corrente está aumentando ou diminuindo? (b) A força eletromotriz induzida é 17 V e a taxa de variação da corrente é 25 kA/s; determine a indutância.

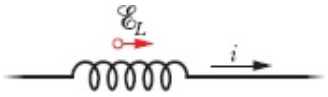


Figura 30-59 Problema 45.

··46 A corrente i em um indutor de 4,6 H varia com o tempo t de acordo com o gráfico da Fig. 30-60, em que a escala do eixo vertical é definida por i_s = 8,0 A e a escala do eixo horizontal é definida por t_s = 6,0 ms. O indutor tem uma resistência de 12 Ω. Determine o módulo da força eletromotriz induzida $\mathscr{E}$(a) para $0 < t < 2$ ms, (b) para 2 ms $< t <$ 5 ms e (c) para 5 ms $< t <$ 6 ms. (Ignore o comportamento nos extremos dos intervalos.)

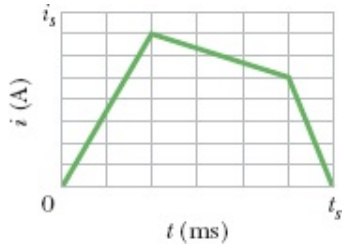


Figura 30-60 Problema 46.

··47 *Indutores em série*. Dois indutores L_1 e L_2 estão ligados em série e estão separados por uma distância tão grande que o campo magnético de um não pode afetar o outro. (a) Mostre que a indutância equivalente é dada por

$$L_{eq} = L_1 + L_2.$$

(*Sugestão*: Estude novamente as seções que tratam de resistores em série e capacitores em série. Qual é a situação mais parecida com o caso atual?) (b) Qual é a generalização da expressão do item (a) para N indutores em série?

··48 *Indutores em paralelo*. Dois indutores L_1 e L_2 estão ligados em paralelo e estão separados por uma distância tão grande que o campo magnético de um não pode afetar o outro. (a) Mostre que a indutância equivalente é dada por

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}.$$

(*Sugestão*: Estude novamente as seções que tratam de resistores em série e capacitores em paralelo. Qual é a situação mais parecida com o caso atual?) (b) Qual é a generalização da expressão do item (a) para N indutores em paralelo?

··49 O circuito de indutores da Fig. 30-61, com $L_1 = 30{,}0$ mH, $L_2 = 50{,}0$ mH, $L_3 = 20{,}0$ mH e $L_4 = 15{,}0$ mH, é ligado a uma fonte de corrente alternada. Qual é a indutância equivalente do circuito? (*Sugestão*: Veja os Problemas 47 e 48.)

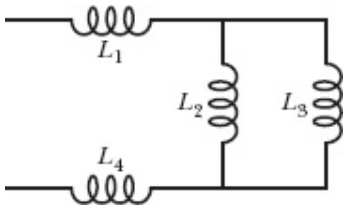


Figura 30-61 Problema 49.

Módulo 30-6 Circuitos *RL*

·50 A corrente em um circuito *RL* aumenta para um terço do valor final em 5,00 s. Determine a constante de tempo indutiva do circuito.

·51 A corrente em um circuito *RL* diminui de 1,0 A para 10 mA no primeiro segundo depois que a fonte é removida do circuito. Se $L = 10$ H, determine a resistência R do circuito.

·52 A chave da Fig. 30-15 é colocada na posição *a* no instante $t = 0$. Determine a razão $\mathscr{E}_L/\mathscr{E}$ entre a força eletromotriz autoinduzida no indutor e a força eletromotriz da fonte (a) logo após o instante $t = 0$ e (b) no instante $t = 2{,}00\tau_L$. (c) Para qual múltiplo de τ_L temos $\mathscr{E}_L/\mathscr{E} = 0{,}500$?

·53 Um solenoide com uma indutância de 6,30 μH é ligado em série com um resistor de 1,20 kΩ. (a) Se uma bateria de 14,0 V é ligada entre os terminais do conjunto, quanto tempo é necessário para que a corrente no resistor atinja 80,0% do valor final? (b) Qual é a corrente no resistor no instante $t = 1{,}0\tau_L$?

·54 Na Fig. 30-62, $\mathscr{E}$ = 100 V, R_1 = 10,0 Ω, R_2 = 20,0 Ω, R_3 = 30,0 Ω e L = 2,00 H. Determine os valores de (a) i_1 e (b) i_2 logo após o fechamento da chave S. (Considere positivas as correntes nos sentidos indicados na figura e negativas as correntes no sentido oposto.) Determine também os valores de (c) i_1 e (d) i_2 muito tempo após o fechamento da chave. A chave é aberta depois de ter permanecido fechada por muito tempo. Determine os valores de (e) i_1 e (f) i_2 logo depois de a chave ter sido novamente aberta. Determine também os valores de (g) i_1 e (h) i_2 muito tempo depois de a chave ter sido novamente aberta.

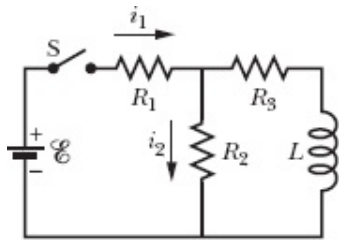


Figura 30-62 Problema 54.

·55 Uma bateria é ligada a um circuito *RL* série no instante $t = 0$. Para qual múltiplo de τ_L a corrente atinge um valor 0,100% menor que o valor final?

·56 Na Fig. 30-63, o indutor tem 25 espiras e a fonte ideal tem uma força eletromotriz de 16 V. A Fig. 30-64 mostra o fluxo magnético Φ nas espiras do indutor em função da corrente i. A escala do eixo vertical é definida por $\Phi_s = 4{,}0 \times 10^{-4}$ T·m^2, e a escala do eixo horizontal é definida por i_s = 2,00 A. Se a chave S é fechada no instante $t = 0$, qual é a taxa de variação da corrente, di/dt, no instante $t = 1{,}5\tau_L$?

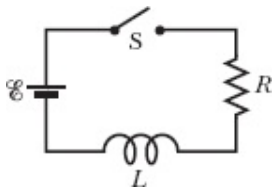


Figura 30-63 Problemas 56, 80, 83 e 93.

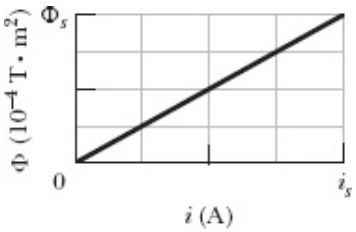


Figura 30-64 Problema 56.

··57 Na Fig. 30-65, R = 15 Ω, L = 5,0 H, a força eletromotriz da fonte ideal é = 10 V, e o fusível do

ramo superior é um fusível ideal de 3,0 A. A resistência do fusível é zero enquanto a corrente que o atravessa permanece abaixo de 3,0 A. Quando a corrente atinge o valor de 3,0 A, o fusível "queima" e passa a apresentar uma resistência infinita. A chave S é fechada no instante $t = 0$. (a) Em que instante o fusível queima? (*Sugestão*: A Eq. 30-41 não se aplica; use uma adaptação da Eq. 30-39.) (b) Faça um gráfico da corrente i no indutor em função do tempo e assinale o instante em que o fusível queima.

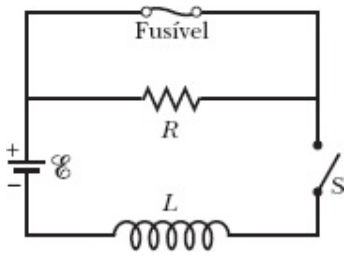


Figura 30-65 Problema 57.

··58 A força eletromotriz da fonte do circuito da Fig. 30-16 varia com o tempo de tal forma que a corrente é dada por $i(t) = 3{,}0 + 5{,}0t$, em que i está em ampères e t em segundos. Suponha que $R = 4{,}0\ \Omega$ e $L = 6{,}0$ H e escreva uma expressão para a força eletromotriz da fonte em função de t. (*Sugestão*: Use a regra das malhas.)

···59 Na Fig. 30-66, depois que a chave S é fechada no instante $t = 0$, a força eletromotriz da fonte é ajustada automaticamente para manter uma corrente constante i passando pela chave. (a) Determine a corrente no indutor em função do tempo. (b) Em que instante a corrente no resistor é igual à corrente no indutor?

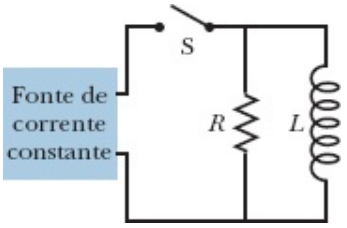


Figura 30-66 Problema 59.

···60 Um núcleo toroidal de madeira, de seção reta quadrada, possui um raio interno de 10 cm e um raio externo de 12 cm. Em torno do núcleo é enrolada uma série de espiras. O fio tem 1,0 mm de diâmetro e uma resistência de 0,020 Ω/m. Determine (a) a indutância e (b) a constante de tempo indutiva do conjunto. Ignore a espessura do isolamento do fio.

Módulo 30-7 Energia Armazenada em um Campo Magnético

·61 Uma bobina é ligada em série com um resistor de 10,0 kΩ. Uma fonte ideal de 50,0 V é ligada aos terminais do conjunto e a corrente atinge um valor de 2,00 mA após 5,00 ms. (a) Determine a indutância da bobina. (b) Determine a energia armazenada na bobina nesse instante.

·62 Uma bobina com uma indutância de 2,0 H e uma resistência de 10 Ω é ligada bruscamente a uma fonte ideal com $\mathscr{E}$ = 100 V. Um décimo de segundo após ser feita a ligação, determine (a) a taxa com a qual a energia está sendo armazenada no campo magnético da bobina, (b) a potência dissipada na resistência da bobina e (c) a potência fornecida pela fonte.

·63 No instante $t = 0$, uma bateria é ligada em série a um resistor e um indutor. Se a constante de tempo indutiva é 37,0 ms, em que instante a taxa com a qual a energia é dissipada no resistor é igual à taxa com a qual a energia é armazenada no campo magnético do indutor?

·64 No instante $t = 0$, uma bateria é ligada em série com um resistor e um indutor. Para qual múltiplo da constante de tempo indutiva a energia armazenada no campo magnético do indutor é 0,500 vez o valor final?

··65 No circuito da Fig. 30-16, suponha que $\mathscr{E}$ = 10,0 V, R = 6,70 Ω e L = 5,50 H. A fonte ideal é ligada no instante $t = 0$. (a) Qual é a energia fornecida pela fonte durante os primeiros 2,00 s? (b) Qual é a energia armazenada no campo magnético do indutor nesse intervalo? (c) Qual é a energia dissipada no resistor nesse intervalo?

Módulo 30-8 Densidade de Energia de um Campo Magnético

·66 Uma espira circular com 50 mm de raio conduz uma corrente de 100 A. Determine (a) a intensidade do campo magnético e (b) a densidade de energia no centro da espira.

·67 Um solenoide tem 85,0 cm de comprimento, uma seção reta de 17,0 cm^2, 950 espiras e é percorrido por uma corrente de 6,60 A. (a) Calcule a densidade de energia do campo magnético no interior do solenoide. (b) Determine a energia total armazenada no campo magnético, desprezando os efeitos de borda.

·68 Um indutor toroidal com uma indutância de 90,0 mH envolve um volume de 0,0200 m^3. Se a densidade de energia média no toroide é 70,0 J/m^3, qual é a corrente no indutor?

·69 Qual deve ser o módulo de um campo elétrico uniforme para que possua a mesma densidade de energia que um campo magnético de 0,50 T?

··70 A Fig. 30-67*a* mostra, em seção reta, dois fios retilíneos, paralelos e muito compridos. A razão i_1/i_2 entre a corrente no fio 1 e a corrente no fio 2 é 1/3. O fio 1 é mantido fixo no lugar. O fio 2 pode ser deslocado ao longo do semieixo x positivo, o que faz variar a densidade de energia magnética u_B criada pelas duas correntes na origem. A Fig. 30-67*b* mostra um gráfico de u_B em função da posição x do fio 2. A curva tem uma assíntota u_B = 1,96 nJ/m^3 para $x \rightarrow \infty$, e a escala do eixo horizontal é definida por x_s = 60,0 cm. Determine o valor de (a) i_1 e (b) i_2.

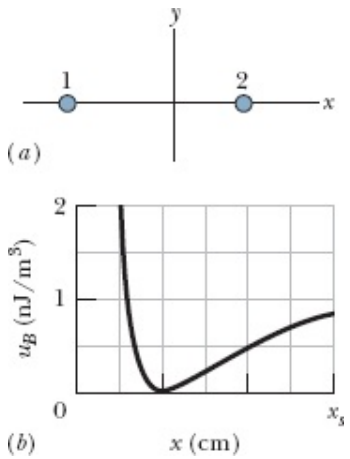


Figura 30-67 Problema 70.

··71 Um fio de cobre conduz uma corrente de 10 A uniformemente distribuída em sua seção reta. Calcule a densidade de energia (a) do campo magnético e (b) do campo elétrico na superfície do fio. O diâmetro do fio é 2,5 mm e a resistência é 3,3 Ω/km.

Módulo 30-9 Indução Mútua

·72 A bobina 1 tem uma indutância L_1 = 25 mH e N_1 = 100 espiras. A bobina 2 tem uma indutância L_2 = 40 mH e N_2 = 200 espiras. As bobinas são mantidas fixas no espaço; a indutância mútua é 3,0 mH. Uma corrente de 6,0 mA na bobina 1 está variando à taxa de 4,0 A/s. Determine (a) o enlaçamento de fluxo Φ_{12} da bobina 1, (b) a força eletromotriz autoinduzida na bobina 1, (c) o enlaçamento de fluxo Φ_{21} na bobina 2 e (d) a força eletromotriz mutuamente induzida na bobina 2.

·73 Duas bobinas são mantidas fixas no espaço. Quando a corrente na bobina 1 é zero e a corrente na bobina 2 aumenta à taxa de 15,0 A/s, a força eletromotriz na bobina 1 é 25,0 mV. (a) Qual é a indutância mútua das duas bobinas? (b) Quando a corrente na bobina 2 é zero e a corrente na bobina 1 é 3,60 A, qual é o enlaçamento de fluxo da bobina 2?

·74 Dois solenoides fazem parte do circuito de ignição de um automóvel. Quando a corrente em um dos solenoides diminui de 6,0 A para zero em 2,5 ms, uma força eletromotriz de 30 kV é induzida no outro solenoide. Qual é a indutância mútua M dos solenoides?

··75 Uma bobina retangular com N espiras compactas é colocada nas proximidades de um fio retilíneo, longo, como mostra a Fig. 30-68. Qual é a indutância mútua M da combinação fio-bobina para N = 100, a = 1,0 cm, b = 8,0 cm e l = 30 cm?

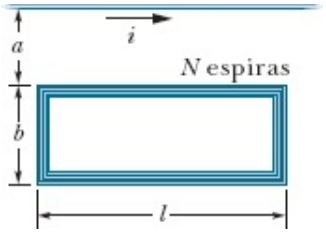


Figura 30-68 Problema 75.

··76 Uma bobina C de N espiras envolve um solenoide longo S de raio R e n espiras por unidade de comprimento, como na Fig. 30-69. (a) Mostre que a indutância mútua da combinação bobina-solenoide é dada por $M = \mu_0 \pi R^2 nN$. (b) Explique por que M não depende da forma, do tamanho ou da possível falta de compactação da bobina.

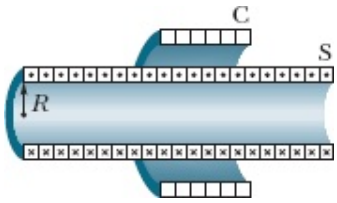


Figura 30-69 Problema 76.

··77 As duas bobinas da Fig. 30-70 têm indutâncias L_1 e L_2 quando estão muito afastadas. A indutância mútua é M. (a) Mostre que a combinação que aparece na figura pode ser substituída por uma indutância equivalente dada por

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M.$$

(b) De que forma as bobinas da Fig. 30-70 podem ser ligadas para que a indutância equivalente seja

$$L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M?$$

(Este problema é uma extensão do Problema 47, na qual foi suprimida a condição de que as bobinas estejam muito afastadas.)

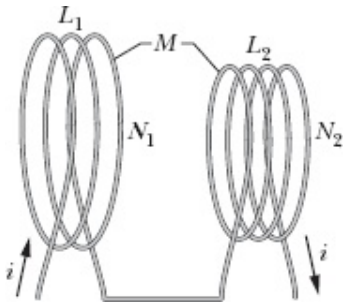


Figura 30-70 Problema 77.

Problemas Adicionais

78 No instante $t = 0$, uma diferença de potencial de 12,0 V é aplicada bruscamente a uma bobina que possui uma indutância de 23,0 mH e uma resistência desconhecida R. No instante $t = 0{,}150$ ms, a corrente na bobina está variando a uma taxa de 280 A/s. Determine o valor de R.

79 Na Fig. 30-71, a fonte é ideal, $\mathscr{E} = 10$ V, $R_1 = 5{,}0\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ e $L = 5{,}0$ H. A chave S é fechada no instante $t = 0$. Determine, logo após o fechamento da chave, (a) i_1, (b) i_2, (c) a corrente i_S na chave, (d) a diferença de potencial V_2 entre os terminais do resistor 2, (e) a diferença de potencial V_L entre os

terminais do indutor e (f) a taxa de variação di_2/dt. Determine também, muito tempo após o fechamento da chave, (g) i_1, (h) i_2, (i) i_S, (j) V_2, (k) V_L e (l) di_2/dt.

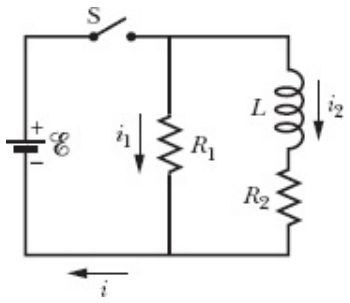


Figura 30-71 Problema 79.

80 Na Fig. 30-63, R = 4,0 kΩ, L = 8,0 μH, e a força eletromotriz da fonte ideal é $\mathscr{E}$ = 20 V. Quanto tempo, após o fechamento da chave, a corrente atinge o valor de 2,0 mA?

81 A Fig. 30-72*a* mostra uma espira retangular, de resistência R = 0,020 Ω, altura H = 1,5 cm e comprimento D = 2,5 cm, que é puxada com velocidade escalar constante v = 40 cm/s e passa por duas regiões onde existem campos magnéticos uniformes. A Fig. 30-70*b* mostra a corrente i induzida na espira em função da posição x do lado direito da espira. A escala do eixo vertical é definida por i_s = 3,0 μA. Assim, por exemplo, uma corrente de 3,0 μA no sentido horário é induzida quando a espira penetra na região 1. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora do papel) do campo magnético na região 1. Determine também (c) o módulo e (d) o sentido do campo magnético na região 2.

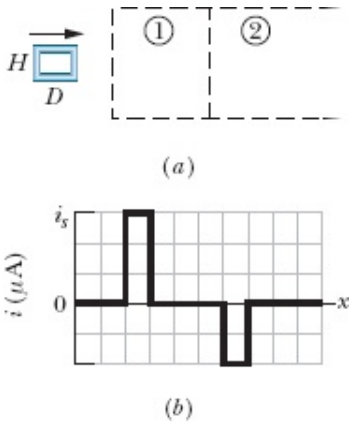


Figura 30-72 Problema 81.

82 Um campo magnético uniforme $\vec{B}$ é perpendicular ao plano de uma espira circular de raio r. O módulo do campo varia com o tempo de acordo com a equação $B = B_0 e^{-t/\tau}$, em que B_0 e τ são constantes. Escreva uma expressão para a força eletromotriz na espira em função do tempo.

83 A chave S da Fig. 30-63 é fechada no instante t = 0, fazendo com que a corrente comece a aumentar no indutor de 15,0 mH e no resistor de 20,0 Ω. Em que instante a força eletromotriz entre os terminais do indutor é igual à diferença de potencial entre os terminais do resistor?

84 A Fig. 30-73*a* mostra duas regiões circulares concêntricas nas quais campos magnéticos uniformes podem variar. A região 1, com um raio r_1 = 1,0 cm, possui um campo magnético $\vec{B}_1$ que aponta para fora do papel e cujo módulo está aumentando. A região 2, com um raio r_2 = 2,0 cm, possui um campo magnético $\vec{B}_2$ que aponta para fora do papel e que também pode estar variando. Um anel condutor, de raio R, concêntrico com as duas regiões, é instalado e a força eletromotriz no anel é medida. A Fig. 30-73*b* mostra a força eletromotriz $\mathscr{E}$ em função do quadrado R^2 do raio do anel, para $0 < R < 2{,}0$ cm. A escala do eixo vertical é definida por $\mathscr{E}_s$ = 20,0 nV. Determine o valor da taxa (a) dB_1/dt e (b) dB_2/dt. (c) O módulo de $\vec{B}_2$ está aumentando, diminuindo ou permanece constante?

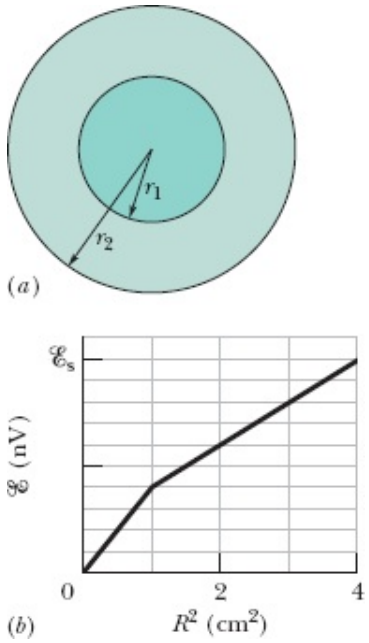


Figura 30-73 Problema 84.

85 Na Fig. 30-74 mostra-se um campo magnético uniforme $\vec{B}$ confinado a um volume cilíndrico, de raio R. O módulo de $\vec{B}$ está di-minuindo a uma taxa constante de 10 mT/s. Determine, na notação dos vetores unitários, a aceleração inicial de um elétron liberado (a) no ponto a (r = 5,0 cm), (b) no ponto b (r = 0), e (c) no ponto c (r = 5,0 cm).

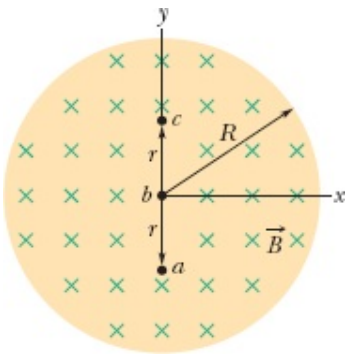


Figura 30-74 Problema 85.

86 Na Fig. 30-75*a*, a chave S permaneceu na posição *A* por um tempo suficiente para que a corrente no

indutor de indutância L_1 = 5,00 mH e no resistor de resistência R_1 = 25,0 Ω se estabilizasse. Da mesma forma, na Fig. 30-75*b*, a chave S permaneceu na posição *A* por um tempo suficiente para que a corrente no indutor de indutância L_2 = 3,00 mH e no resistor de resistência R_2 = 30,0 Ω se estabilizasse. A razão Φ_{02}/Φ_{01} entre o fluxo magnético através de uma das espiras do indutor 2 e o fluxo magnético através de uma das espiras do indutor 1 é 1,50. No instante t = 0, as duas chaves são deslocadas para a posição *B*. Em que instante de tempo os fluxos magnéticos através de uma espira dos dois indutores são iguais?

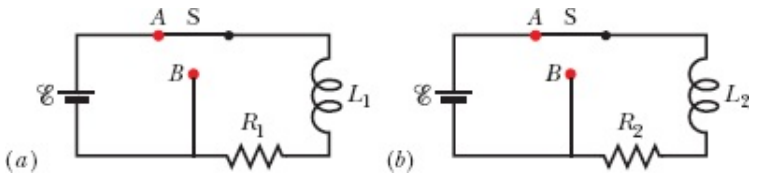


Figura 30-75 Problema 86.

87 Uma espira quadrada, com 20 cm de lado e uma resistência de 20 mΩ, é mantida perpendicular a um campo magnético uniforme de módulo B = 2,0 T. Quando dois lados da espira são afastados um do outro, os outros dois lados automaticamente se aproximam, reduzindo a área envolvida pela espira. Se a área se reduz a zero em um intervalo de tempo Δt = 0,20 s, determine (a) a força eletromotriz média e (b) a corrente média induzida no circuito no intervalo de tempo Δt.

88 Uma bobina com 150 espiras está submetida a um fluxo magnético de 50,0 nT · m^2 através de cada espira quando a corrente é 2,00 mA. (a) Qual é a indutância da bobina? Determine (b) a indutância e (c) o fluxo através de cada espira quando a corrente aumenta para 4,00 mA. (d) Qual é a força eletromotriz máxima $\mathscr{E}$ entre os terminais da bobina quando a corrente é dada por i = (3,00 mA) cos(377t), com t em segundos?

89 Uma bobina com uma indutância de 2,0 H e uma resistência de 10 Ω é ligada bruscamente a uma fonte ideal com $\mathscr{E}$ = 100 V. (a) Qual é a corrente final? (b) Qual é a energia armazenada no campo magnético quando a corrente do item (a) atravessa a bobina?

90 Quanto tempo é necessário, depois que a fonte é removida, para que a diferença de potencial entre os terminais do resistor de um circuito *RL* com L = 2,00 H e R = 3,00 Ω diminua para 10,0% do valor inicial?

91 No circuito da Fig. 30-76, R_1= 20 kΩ, R_2 = 20 Ω, L = 50 mH e a fonte ideal tem uma força eletromotriz $\mathscr{E}$ = 40 V. A chave S permaneceu aberta por um longo tempo antes de ser fechada em t = 0. Logo após o fechamento da chave, determine (a) a corrente na fonte i_{fon} e (b) a taxa de variação da corrente na fonte di_{fon}/dt. Para t = 3,0 μs, determine (c) i_{fon} e (d) di_{fon}/dt. Muito depois de a chave ter sido fechada, determine (e) i_{fon} e (f) di_{fon}/dt.

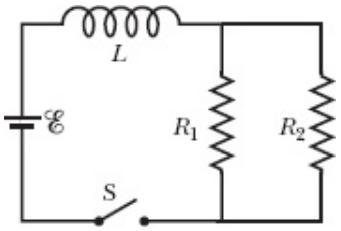


Figura 30-76 Problema 91.

92 O enlaçamento de fluxo em uma bobina com uma resistência de 0,75 Ω é 26 mWb quando uma corrente de 5,5 A atravessa a bobina. (a) Calcule a indutância da bobina. (b) Se uma fonte ideal de 6,0 V é ligada bruscamente à bobina, quanto tempo é necessário para que a corrente aumente de 0 para 2,5 A?

93 Na Fig. 30-63, uma fonte ideal de 12,0 V, um resistor de 20,0 Ω e um indutor são ligados por uma chave no instante $t = 0$. Qual é a taxa com a qual a fonte transfere energia para o campo magnético do indutor no instante $t = 1{,}61\tau_L$?

94 Um solenoide cilíndrico, longo, com 100 espiras/cm, tem um raio de 1,6 cm. Suponha que o campo magnético produzido no interior do solenoide é uniforme e paralelo ao eixo do solenoide. (a) Qual é a indutância do solenoide por unidade de comprimento? (b) Se a corrente varia à taxa de 13 A/s, qual é a força eletromotriz induzida por metro?

95 Na Fig. 30-77, $R_1 = 8{,}0\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $L_1 = 0{,}30$ H, $L_2 = 0{,}20$ H e a força eletromotriz da fonte ideal é $\mathscr{E} = 6{,}0$ V. (a) Qual é a taxa de variação da corrente no indutor 1 logo após o fechamento da chave S? (b) Qual é a corrente no indutor 1 depois que o circuito atinge o regime estacionário?

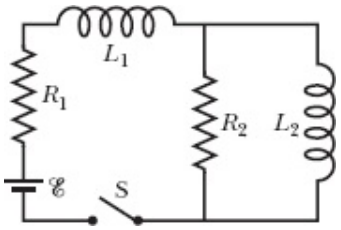


Figura 30-77 Problema 95.

96 Uma espira quadrada é mantida em um campo magnético uniforme de 0,24 T perpendicular ao plano da espira. O comprimento dos lados do quadrado está diminuindo a uma taxa constante de 5,0 cm/s. Qual é a força eletromotriz induzida na espira quando o comprimento dos lados é 12 cm?

97 No instante $t = 0$, uma diferença de potencial de 45 V é aplicada bruscamente a uma bobina com uma indutância $L = 50$ mH e uma resistência $R = 180\ \Omega$. A que taxa a corrente na bobina está aumentando no instante $t = 1{,}2$ ms?

98 A indutância de uma bobina compacta é tal que uma força eletromotriz de 3,00 mV é induzida quando a corrente varia à taxa de 5,00 A/s. Uma corrente constante de 8,00 A produz um fluxo magnético de 40,0 μWb através das espiras da bobina. (a) Calcule a indutância da bobina. (b) Determine o número de espiras da bobina.

99 O campo magnético no espaço interestelar de nossa galáxia tem um módulo da ordem de 10^{-10} T. Qual é a energia magnética armazenada em um cubo com 10 anos-luz de aresta? (A título de comparação, observe que a estrela mais próxima do Sol está a 4,3 anos-luz de distância e que o raio da galáxia é aproximadamente 8×10^4 anos-luz.)

100 A Fig. 30-78 mostra um fio em forma de arco de circunferência de raio $r = 24{,}0$ cm, com centro no ponto O. Um fio retilíneo OP pode girar em torno do ponto O e faz um contato deslizante com o arco no ponto P. Outro fio retilíneo OQ completa o circuito. Os três fios têm uma área da seção reta de 1,20 mm^2 e uma resistividade de $1{,}70 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m, e o circuito está em uma região onde existe um campo magnético, de módulo $B = 0{,}150$ T, que aponta para fora do papel. O fio OP parte do repouso na posição $\theta = 0$ e passa a se mover com uma aceleração angular constante de 12 rad/s^2. Determine, em função de θ, em radianos, (a) a resistência do circuito e (b) o fluxo magnético que atravessa o circuito. (c) Para qual valor de θ a corrente induzida no circuito é máxima? (d) Qual é a corrente máxima induzida no circuito?

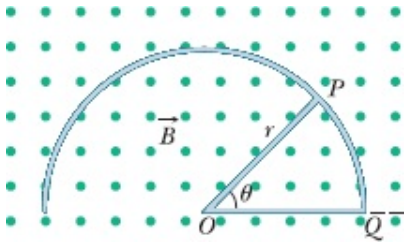


Figura 30-78 Problema 100.

101 Um toroide tem uma seção reta quadrada de 5,00 cm de lado, um raio interno de 15,0 cm, 500 espiras e uma corrente de 0,800 A. Qual é o fluxo magnético através da seção reta do toroide?

*Linhas de campo elétrico radiais também seriam compatíveis com a simetria do problema. Entretanto, essas linhas radiais teriam que começar e terminar em cargas elétricas; estamos supondo que o campo magnético foi criado em uma região do espaço desprovida de cargas.