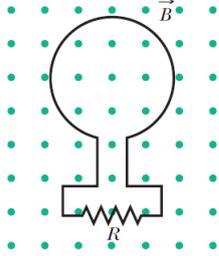
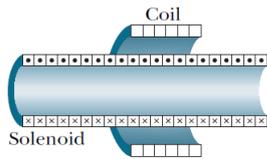


Eletricidade e magnetismo, Lista 3, 2022

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



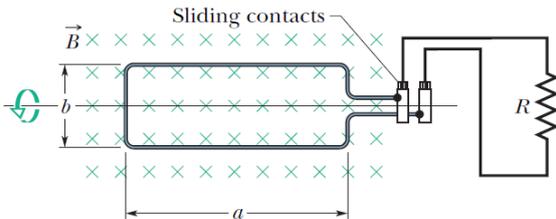
2. Na Figura uma bobina de 120espiras, com 1,8cm de raio e uma resistência de $5,3\Omega$, é coaxial com um solenoide de 220espiras/cm e 3,2cm de diâmetro. A corrente no solenoide diminui de 1,5A para zero em um intervalo de tempo $\Delta t = 25ms$. Qual é a corrente induzida na bobina no intervalo Δt ? R: 30mA.



3. 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 Figura. 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

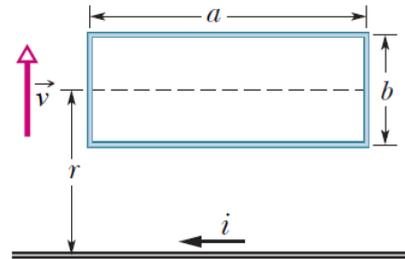
$$\varepsilon = 2\pi f NabB \sin(2\pi ft) = \varepsilon_0 \sin(2\pi ft)$$

Este é o princípio de funcionamento dos geradores comerciais de corrente alternada. (b) Para que valor de Nab a força eletromotriz gerada tem uma amplitude $\varepsilon_0 = 150V$ quando a bobina gira com uma frequência de 60.0 revoluções por segundo em um campo magnético uniforme de $0,500T$? R: (a) $\varepsilon_0 = 2\pi f NabB$, (b) $Nab = 0,796m^2$.

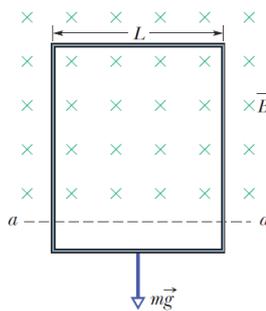


4. Em uma certa localidade o campo magnético da Terra tem módulo $B = 0,590gauss$ e uma inclinação para baixo de $70,0^\circ$ em relação à horizontal. Uma bobina plana horizontal tem 10,0cm de raio, 1000 espiras e uma resistência total de $85,0\Omega$ e está ligada em série com um medidor com 140Ω de resistência. A bobina descreve meia revolução em torno de um diâmetro. Qual é a carga que atravessa o medidor durante o movimento? R: $1,55 \times 10^{-5}C$.

5. Na Figura uma espira retangular de comprimento $a = 2,2cm$, largura $b = 0,80cm$ e resistência $R = 0,40m$ é colocada nas vizinhanças de um fio infinitamente longo percorrido por uma corrente $i = 4,7A$. Em seguida, a espira é afastada do fio com uma velocidade constante $v = 3,2mm/s$. 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; (b) a corrente induzida na espira. R: (a) $1,4 \times 10^{-8}Wb$, (b) $1,0 \times 10^{-5}A$.

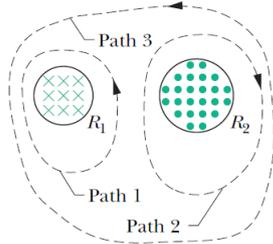


6. Na Figura uma espira retangular muito longa, de largura L , resistência R e massa m , está inicialmente suspensa na presença de um campo magnético horizontal uniforme \vec{B} orientado para dentro do papel, que existe apenas acima da reta aa . Deixa-se cair a espira, que acelera sob a ação da gravidade até atingir uma certa velocidade terminal v_t . Escreva uma expressão para v_t , ignorando a resistência do ar. R: $v_t = mgR / (BL)^2$.



7. A Figura mostra duas regiões circulares, R_1 e R_2 , de raios $r_1 = 20,0cm$ e $r_2 = 30,0cm$. Em R_1 existe um campo magnético uniforme de módulo $B_1 = 50,0mT$ dirigido para dentro do papel, e em R_2 existe um campo magnético uniforme de módulo $B_2 = 75,0mT$ dirigido para fora do papel (ignore os efeitos de borda). Os dois campos estão diminuindo

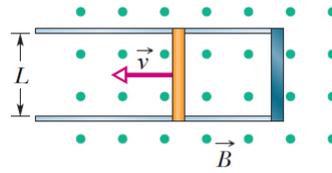
à taxa de $8,50\text{mT/s}$. Calcule o valor de $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$ (a) para a trajetória 1; (b) para a trajetória 2; (c) para a trajetória 3. R: (a) $-1,07 \times 10^{-3}\text{V}$, (b) $-2,40 \times 10^{-3}\text{V}$, (c) $1,33 \times 10^{-3}\text{V}$.



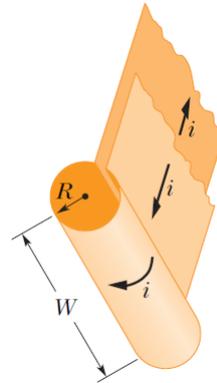
8. O campo magnético de um ímã cilíndrico com $3,3\text{cm}$ de diâmetro varia senoidalmente entre $29,6\text{T}$ e $30,0\text{T}$ com uma frequência de 15Hz . Qual é a amplitude do campo elétrico induzido por essa variação a uma distância de $1,6\text{cm}$ do eixo do cilindro? R: $0,15\text{V/m}$.

9. Como o novo engenheiro elétrico de uma companhia de energia local, você se inscreveu para um projeto de desenvolvimento de um gerador senoidal de voltagem AC, cuja máxima voltagem é 120V . Além de muitos fios, você tem dois ímãs fortes que podem produzir um campo magnético uniforme de $1,5\text{T}$ sobre uma superfície quadrada de 10cm de lado quando os ímãs estão separados por uma distância de 12cm . O design básico do projeto consiste em uma bobina quadrada que roda sob presença de um campo magnético constante. Para que a bobina tenha resistência adequada, ela pode ter no máximo 400 voltas. Qual é a taxa de rotação mínima da bobina (em r.p.m) para que ela produza a voltagem desejada? R: 190rpm .

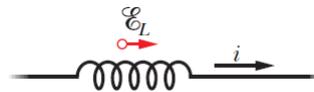
10. A barra condutora da Figura tem comprimento L e está sendo puxada sobre trilhos horizontais condutores, sem atrito, com velocidade constante \vec{v} . Os trilhos estão ligados em uma das extremidades por uma fita condutora. Um campo magnético uniforme \vec{B} , orientado para fora do papel, ocupa a região na qual se move a barra. Suponha que $L = 10\text{cm}$, $v = 5,0\text{m/s}$ e $B = 1,2\text{T}$. 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 $0,40\Omega$ 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 ela continue a se mover com velocidade v ? (g) Qual é a taxa com a qual esta força executa trabalho sobre a barra? R: $0,6\text{V}$, pra cima; $1,5\text{A}$, sentido horário; $0,9\text{W}$, $0,8\text{N}$, $9,9\text{W}$.



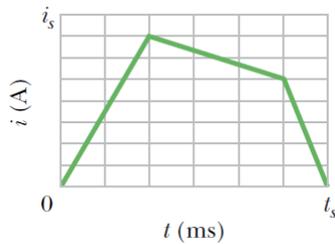
11. A Figura mostra uma fita de cobre de largura $W=16,0\text{cm}$ que foi enrolada para formar um tubo de raio $R=1,8\text{cm}$ com duas extensões planas. Uma corrente $i=35\text{mA}$ está distribuída uniformemente na fita, fazendo com que o tubo se comporte como um solenoide de uma espira. Suponha 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; (b) a indutância do tubo (desprezando as extensões planas). R: (a) $2,7 \times 10^{-7}\text{T}$, (b) $8,0 \times 10^{-9}\text{H}$.



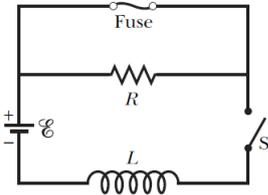
12. Em um certo instante a corrente e a força eletromotriz auto induzida em um indutor têm os sentidos indicados na Figura. (a) A corrente está aumentando ou diminuindo? (b) A força eletromotriz induzida é 17V e a taxa de variação da corrente é 25kA/s ; determine a indutância. R: (a) dimin., (b) $6,8 \times 10^{-4}\text{H}$.



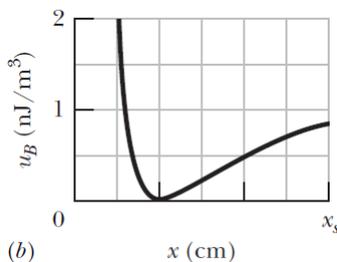
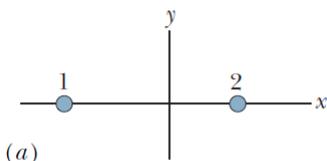
13. A corrente i em um indutor de $4,6\text{H}$ varia com o tempo t de acordo com o gráfico da Figura, onde a escala do eixo vertical é definida por $i_s = 8,0\text{A}$ e a escala do eixo horizontal é definida por $t_s = 6,0\text{ms}$. O indutor tem uma resistência de 12Ω . Determine o módulo da força eletromotriz induzida ε (a) para $0 < t < 2\text{ms}$; (b) para $2\text{ms} < t < 5\text{ms}$; (c) para $5\text{ms} < t < 6\text{ms}$. R: (a) $1,6 \times 10^4\text{V}$, (b) $3,1 \times 10^3\text{V}$, (c) $2,3 \times 10^4\text{V}$.



14. Na Figura $R = 15\Omega$, $L = 5,0H$, a força eletromotriz da fonte ideal é $\mathcal{E} = 10V$ e o fusível do ramo superior é um fusível ideal de $3,0A$. A resistência do fusível é zero enquanto a corrente que o atravessa permanece abaixo de $3,0A$. Quando atinge o valor de $3,0A$ 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? (b) Faça um gráfico da corrente i no indutor em função do tempo e assinale o instante em que o fusível queima. R: $1,5s$, veja livro texto.

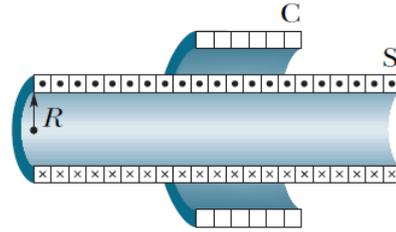


15. A Figura (a) mostra, em seção reta, dois fios retílicos, paralelos e muito compridos. A razão i_1/i_2 entre a corrente no fio 1 e a corrente no fio 2 é $1/3$. O fio 1 é mantido fixo no lugar. O fio 2 pode ser deslocado ao longo do semieixo x positivo, o que faz variar a densidade de energia magnética u_B criada pelas duas correntes na origem. A Figura (b) mostra um gráfico de u_B em função da posição x do fio 2. A curva tem uma assíntota $u_B = 1,96nJ/m^3$ para x e a escala do eixo horizontal é definida por $x_s = 60,0cm$. Determine os valores de (a) i_1 e (b) i_2 . R: (a) $23mA$, (b) $\sim 70mA$.

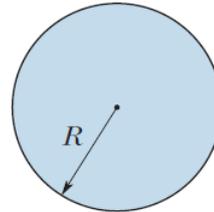


16. Uma bobina C de N espiras envolve um solenoide longo S de raio R e n espiras por unidade de com-

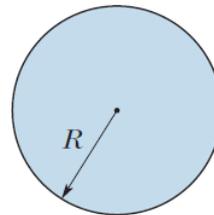
primento, como na Figura. (a) Mostre que a indutância mútua da combinação bobina solenoide é dada por $M = \mu_0\pi R^2 nN$. (b) Explique por que M não depende da forma, do tamanho ou da possível falta de compactação da bobina. R: (a) $\mu_0\pi R^2 nN$, (b) $\Phi_S = B_S\pi R^2$.



17. Campo elétrico uniforme. Na Figura um campo elétrico uniforme aponta para fora do papel em uma região circular de raio $R = 3,00cm$. O módulo do campo elétrico é dado por $E = (4,5 \times 10^{-3}V/m \cdot s)t$, onde t está em segundos. Determine o módulo do campo magnético induzido a uma distância radial (a) de $2,00cm$; (b) de $5,00cm$. R: (a) $5,01 \times 10^{-22}T$, (b) $4,51 \times 10^{-22}T$.



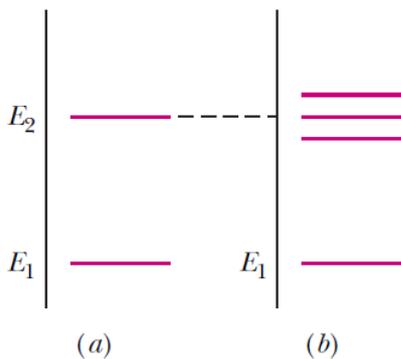
18. Campo elétrico não uniforme. Na Figura um campo elétrico aponta para fora do papel em uma região circular de raio $R = 3,00cm$. O módulo do campo elétrico é dado por $E = (0,500V/m \cdot s)(1 - r/R)t$, onde t está em segundos e r é a distância radial ($r \leq R$). Determine o módulo do campo magnético induzido a uma distância radial (a) de $2,00cm$; (b) de $5,00cm$. R: (a) $3,09 \times 10^{-20}T$, (b) $1,67 \times 10^{-20}T$.



19. Prove que a corrente de deslocamento em um capacitor de placas paralelas de capacitância C pode ser escrita na forma $i_d = C(dV/dt)$, onde V é a diferença de potencial entre as placas. R: $i_D = C \frac{dV}{dt}$.
20. Suponha que o valor médio da componente vertical do campo magnético da Terra é $43\mu T$ (para baixo) em todo o estado americano do Arizona, que tem uma área de $2,95 \times 10^5 km^2$. Determine (a) o valor

absoluto e (b) o sentido (para dentro ou para fora) do fluxo magnético da Terra no resto da superfície do planeta (ou seja, em toda a superfície terrestre, com exceção do Arizona). R: (a) $1,3 \times 10^7 Wb$.

21. A Figura (a) mostra dois valores permitidos de energia (níveis de energia) de um átomo. Quando o átomo é submetido a um campo magnético de $0,500T$ os níveis mudam para os que aparecem na Figura (b) por causa da energia associada ao produto escalar $\vec{\mu}_{orb} \cdot \vec{B}$. (Estamos ignorando o efeito de $\vec{\mu}_s$) O nível E_1 não é alterado, mas o nível E_2 se desdobra em três níveis muito próximos. Determine o valor de m_l associado (a) ao nível de energia E_1 ; (b) ao nível de energia E_2 . (c) Qual é o valor em joules do espaçamento entre os níveis desdobrados? R: (a) $m_l \mu_B B_{ext}$, (b) $m_l = 0, +1, -1$, (c) $4,64 \times 10^{-24} J$.



22. Se um elétron de um átomo possui um momento angular orbital com $m_l = 0$, determine as componentes (a) $L_{orb,z}$ e (b) $\mu_{orb,z}$. Se o átomo é submetido a um campo magnético externo \vec{B} de módulo $35mT$ e orientado no sentido positivo do eixo z , determine (c) a energia potencial U_{orb} associada a $\vec{\mu}_{orb}$; (d) a energia potencial U_{spin} associada a μ_s . Se, em vez disso, o átomo possui um momento an-

gular orbital com $m_l = -3$, determine (e) $L_{orb,z}$; (f) $\mu_{orb,z}$; (g) U_{orb} ; (h) U_{spin} . R: (a) 0, (b) 0, (c) 0, (d) $\pm 3,2 \times 10^{-25} J$, (e) $-3,2 \times 10^{-34} Js$, (f) $2,8 \times 10^{-23} J/T$, (g) $-9,8 \times 10^{-25} J$, (h) $\pm 3,2 \times 10^{-25} J$.

23. Em um acelerador de prótons utilizado em experimentos de física das partículas elementares, as trajetórias dos prótons são controladas por ímãs de torção que podem produzir um campo magnético de $4,80T$. Qual é a energia do campo magnético em um volume no espaço de $10cm^3$ onde esse campo está presente? R: $91,67J$.
24. **(O cabo coaxial)** Um pequeno condutor sólido, com raio a é sustentado por discos isolantes e não magnéticos, sobre o eixo de um tubo fino com raio b . Os condutores interno e externo carregam correntes i de mesma intensidade mas sentidos opostos. (a) Use a lei de Ampère para determinar o campo magnético em qualquer ponto no volume entre os dois condutores. (b) Encontre uma expressão para o fluxo $d\Phi_B$ através de uma faixa fina de comprimento l , paralela ao eixo, e largura dr , à uma distância r do eixo do cabo em um plano que contém esse eixo. (c) Integre a expressão obtida no item (b) no volume entre os dois condutores para encontrar o fluxo total produzido por uma corrente i no condutor central. (d) Mostre que a indutância de um comprimento l do fio é dado por:

$$L = l \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

- (e) Use a equação $U = \frac{1}{2} LI^2$ para calcular a energia armazenada pelo campo magnético por um comprimento l do fio. R: (a) $\frac{\mu_0 i}{2\pi r}$, (b) $\frac{\mu_0 i}{2\pi r} l dr$, (c) $\frac{\mu_0 i l}{2\pi} \ln(b/a)$, (d) $l \frac{\mu_0}{2\pi} \ln(b/a)$, (e) $\frac{\mu_0 l i^2}{4\pi} \ln(b/a)$.