

# FAP 2292

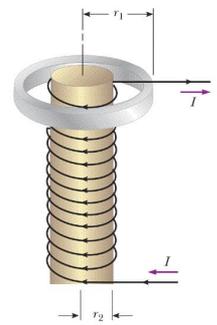
## Lista de Exercícios 6 Leis da Indução

Exercícios Sugeridos (29/04/2010)

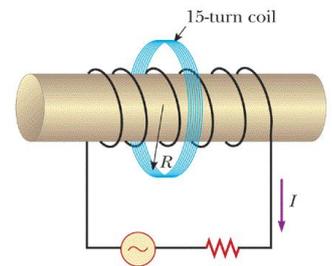
A numeração corresponde ao Livros Textos A e B.

**A23.1** Uma espira plana com  $8,00 \text{ cm}^2$  de área consistindo de uma única volta de fio é perpendicular a um campo magnético que aumenta uniformemente em módulo de  $0,500 \text{ T}$  para  $2,50 \text{ T}$  em  $1,00 \text{ s}$ . Qual é a corrente induzida na espira se ela tiver uma resistência de  $2,00 \Omega$ ?

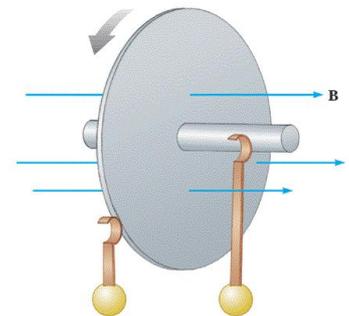
**A23.4** Um anel de alumínio de raio  $r_1$  e resistência  $R$  é colocado ao redor do topo de um solenóide longo de raio  $r_2 < r_1$  com núcleo de ar e  $n$  espiras por metro como na figura. Suponha que o campo magnético do solenóide só seja significativo no seu interior. Próximo às bordas a componente axial do campo é aproximadamente a metade da do campo no centro do solenóide. A corrente no solenóide está variando a uma taxa  $\Delta I / \Delta t$ . (a) Qual é a corrente induzida no anel? (b) Quais são o módulo e direção do campo magnético devido à corrente induzida no centro do anel?



**A23.8** Um transformador é usado para transferir potência entre circuitos elétricos isolados entre si. A figura esquematiza um transformador particular que consiste de uma bobina com 15 voltas de raio  $R = 10,0 \text{ cm}$  em torno de um solenóide com  $2,00 \text{ cm}$  de raio e  $1000$  espiras/m. (a) Qual é a indutância mútua entre os dois enrolamentos? (b) A corrente alternada pelo solenóide varia no tempo como  $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$ , com  $I_0 = 5,00 \text{ A}$  e  $\omega = 120\pi \text{ rad/s}$ . Encontre a fem induzida na bobina como função do tempo,  $\mathcal{E}(t)$ .



**A23.18** O gerador unipolar, também chamado *disco de Faraday*, é um gerador elétrico de baixa voltagem e alta corrente. Ele consiste num disco condutor giratório com uma escova (contato elétrico deslizante) no seu eixo e outra na borda, como indicado na figura. Um campo magnético é aplicado perpendicularmente ao plano do disco. Determine a fem gerada entre as escovas supondo um campo de  $0,900 \text{ T}$ , um raio do disco de  $0,400 \text{ m}$  e que o disco gire a  $3200 \text{ rpm}$ . Se uma voltagem for aplicada às escovas o sistema funciona como um *motor unipolar*.

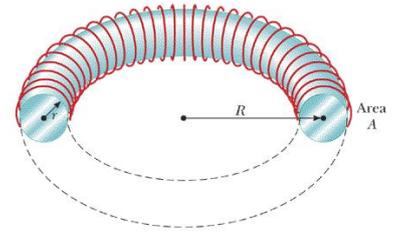


**A23.20** Um solenóide longo com o eixo paralelo à direção  $\hat{x}$ , com  $200$  espiras/m, conduz uma corrente constante de  $15,0 \text{ A}$ . Uma segunda bobina consiste de  $30$  espiras enroladas ao redor de uma armação circular com  $8,00 \text{ cm}$  de raio. A bobina é montada no interior do solenóide presa a um eixo paralelo à direção  $\hat{y}$  que a permite girar em torno de seu diâmetro. No instante  $t = 0$  a bobina se encontra no plano  $yz$  e gira com velocidade angular constante de  $4,00\pi \text{ rad/s}$ . Determine a fem induzida na bobina como função do tempo.

**A23.29** A bobina toroidal esquematizada na figura é constituída de  $N$  espiras muito próximas entre si. Considerando que o raio da seção circular  $r$  é muito menor que o raio do círculo central  $R$ , o módulo do campo magnético pode ser considerado uniforme ao longo da seção circular. Usando esta aproximação, mostre que a auto-indutância é

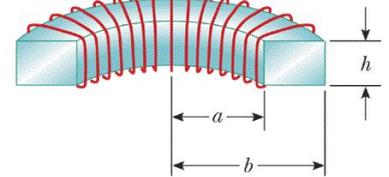
$$L \approx \frac{\mu_0 N^2 A}{2\pi R},$$

onde  $A = \pi r^2$  é a área da seção circular.



**A23.56** A bobina toroidal de seção retangular esquematizada na figura é constituída de  $N$  espiras muito próximas entre si. (a) Mostre que a sua auto-indutância é

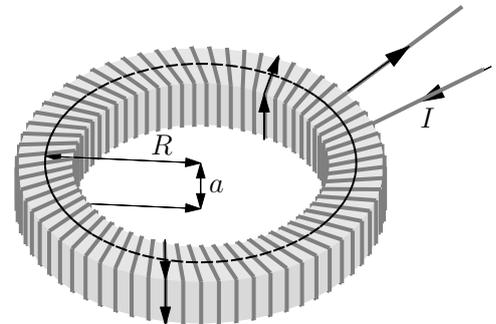
$$L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln(b/a),$$



onde  $a$  e  $b$  são os raios dos círculos internos e externos, respectivamente.

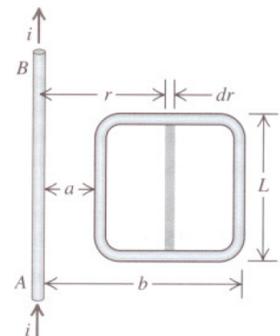
(b) Compute o valor de  $L$  tomando  $N=500$ ,  $a=10,0$  cm,  $b=12,0$  cm e  $h=1,00$  cm. (c) A expressão derivada no problema anterior (A23.29) vale para qualquer formato da seção do toróide, contanto que suas dimensões sejam muito menores que o raio médio do toro. Para testar a sua exatidão, use aquela expressão para computar  $L$  para esta bobina de seção retangular e compare com o resultado exato.

**P2.4** O espaço interno da bobina toroidal esboçada na figura é preenchido com um material de permeabilidade magnética  $\mu = \kappa_m \mu_0$ . A bobina tem raio médio  $R$ , seção quadrada de lado  $a$  e  $N$  espiras finamente espaçadas pelas quais se mantém uma corrente constante  $I$ .

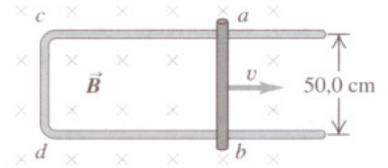


- Determine o campo  $\mathbf{H}$  em todo o espaço.
- Determine o campo  $\mathbf{B}$  em todo o espaço.
- Determine a magnetização  $\mathbf{M}$  em todo o espaço.
- Calcule a energia armazenada na bobina.

**B29.7** A corrente no fio longo e retilíneo  $AB$  indicado na Figura 29.27 está orientada de baixo para cima e aumenta regularmente a uma taxa  $\frac{di}{dt}$ . (a) No instante em que a corrente é  $i$ , quais são o módulo, a direção e o sentido do campo  $\mathbf{B}$  a uma distância  $r$  para a direita do fio? (b) Qual é o fluxo  $d\Phi_B$  através da faixa estreita sombreada? (c) Qual é o fluxo total através da espira? (d) Qual é a fem induzida na espira? (e) Avalie o valor numérico da fem induzida com  $a=12,0$  cm,  $b=36,0$  cm,  $L=24,0$  cm e  $\frac{di}{dt}=9,60$  A/s.

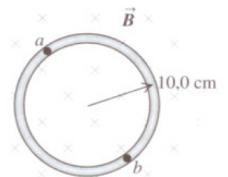


**B29.25** Na Figura ao lado, uma barra condutora  $ab$  está em contato com os trilhos  $ca$  e  $db$ . O dispositivo encontra-se em um campo magnético uniforme de  $0,800\text{ T}$  perpendicular ao plano da figura.



(a) Calcule o módulo da fem induzida na barra quando ela se desloca da esquerda para a direita com velocidade igual a  $7,50\text{ m/s}$ . (b) Em que sentido a corrente flui na barra? (c) Sabendo que a resistência do circuito  $abcd$  é igual a  $1,50\ \Omega$  (suposta constante), determine o módulo, a direção e o sentido da força necessária para manter a barra se deslocando da esquerda para a direita com a velocidade de  $7,50\text{ m/s}$ . Despreze o atrito. (d) Compare a taxa do trabalho mecânico realizado pela força ( $Fv$ ) à taxa da energia térmica dissipada no circuito ( $RI^2$ ).

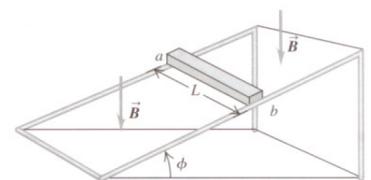
**B29.30** O campo magnético  $\mathbf{B}$  em todos os pontos do círculo no interior do anel indicado na figura ao lado possui um módulo inicial igual a  $0,750\text{ T}$ . (O círculo poderia representar o espaço no interior de um solenóide longo.) O campo magnético está direcionado para o interior da figura e diminui com uma taxa igual a  $-0,0350\text{ T/s}$ .



(a) Qual é a forma das linhas do campo elétrico induzido no interior de desse círculo? (b) Qual é o módulo, a direção e o sentido desse campo em qualquer ponto do anel condutor com raio igual a  $0,100\text{ m}$ ? (c) Qual é a corrente que circula no anel, sabendo que sua resistência é de  $4,0\ \Omega$ ? (d) Qual é a fem entre os pontos  $a$  e  $b$  do anel? (e) Se o anel for cortado em um certo ponto e as extremidades forem separadas ligeiramente, qual será a fem entre essas extremidades?

**B29.68** O propulsor (hélice) de um avião com comprimento total  $L$  gira em torno do seu centro com velocidade angular  $\omega$  em um campo magnético que é perpendicular ao plano da rotação. Modelando o propulsor como uma barra delgada e uniforme, determine a diferença de potencial entre (a) o centro e qualquer extremidade do propulsor e (b) as duas extremidades. (c) Se o campo é o campo da Terra de  $0,50\text{ G}$  e o propulsor gira a  $220\text{ rpm}$  e tem  $2,0\text{ m}$  de comprimento, qual é a diferença de potencial entre o meio e qualquer das extremidades? Esse valor chega a ser preocupante?

**B29.77** Uma barra metálica de comprimento  $L$ , massa  $m$  e resistência total  $R$  está sobre trilhos metálicos sem atrito, inclinados em um ângulo  $\phi$  em relação à horizontal. Os trilhos possuem resistência desprezível. Um campo magnético uniforme de módulo  $B$  está orientado para baixo, como indicado na figura ao lado. A barra é libertada a partir do repouso e desliza para baixo sobre os trilhos.



(a) O sentido da corrente induzida é de  $a$  para  $b$  ou de  $b$  para  $a$ ? (b) Qual é a velocidade terminal da barra? (c) Qual será a corrente induzida na barra quando a velocidade terminal for atingida? (d) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa da conversão de energia elétrica em energia térmica na barra? (e) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa do trabalho realizado pela força da gravidade? Compare sua resposta à taxa encontrada no item (d).

- B30.48** *Um cabo coaxial.* Um pequeno condutor maciço com raio  $a$  é suportado por dois discos isolantes não-magnéticos no eixo de um tubo com paredes finas com raio interno igual a  $b$ . O condutor interno e o condutor externo conduzem correntes de mesmo módulo  $i$ , porém com sentidos contrários. (a) Aplique a lei de Ampère para determinar o campo magnético em qualquer ponto do volume entre os condutores. (b) Escreva uma expressão para o fluxo magnético  $d\Phi_B$  através de uma faixa estreita de comprimento  $l$  paralela ao eixo, com espessura  $dr$ , situada a uma distância  $r$  do centro do cabo e sobre o plano que contém o eixo. (c) Integre a expressão encontrada no item (b) sobre o volume entre os dois condutores, para calcular o fluxo magnético produzido pela corrente  $i$  que passa no condutor central. (d) Mostre que a indutância  $L$  de um comprimento  $l$  do cabo é dada por  $L = l \frac{\mu_0}{2\pi} \ln(b/a)$ . (e) Calcule a energia magnética armazenada no campo magnético para um comprimento  $l$  do cabo.
- B30.50** Um solenóide toroidal com um raio médio  $r$  e uma área de seção reta  $A_1$  está uniformemente enrolado com um número de espiras igual a  $N_1$ . Um segundo toróide com área  $A_2$  e  $N_2$  espiras é enrolado no interior do primeiro solenóide. Ambos são enrolados no mesmo sentido. Despreze a variação do campo magnético ao longo das seções retas dos toróides. (a) Deduza uma expressão para a indutância  $L_1$  quando somente a primeira bobina é usada; e uma expressão para  $L_2$  quando somente a segunda bobina é usada. (b) Mostre que a indutância mútua satisfaz  $M^2 = L_1 L_2$ .