

## 9ª lista de exercícios - Fundamentos de Eletromagnetismo

1. Uma espira quadrada, com lado de  $0,50m$ , está imersa em um campo magnético homogêneo normal ao seu plano, como se vê na figura. Uma bateria de resistência interna desprezível está ativando a espira. O campo, direcionado para fora do papel, passa por um transiente rápido em que sua intensidade varia na forma  $B = 0,010T + 0,50T/s$ .

- Qual é a fem total na espira durante o transiente?
- Qual é o sentido da corrente na espira?

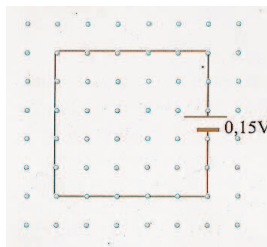


Figura 1: Exercício 1.

2. Um circuito tem indutância  $L$  e resistência elétrica  $R$ .
- Mostre que, para gerar no circuito uma corrente  $I = I_0 \text{sen}(\omega t)$ , é necessário que se lhe aplique uma voltagem  $V(t) = RI_0 \text{sen}(\omega t) + \omega LI_0 \text{cos}(\omega t)$ .
  - Mostre que a potência média fornecida ao circuito pela fonte de tensão é  $\bar{P} = \frac{1}{2} RI_0^2$ .
3. Na figura um bastão condutor de massa  $m$  e comprimento  $L$  desliza sem atrito sobre dois trilhos longos e horizontais. Um campo magnético vertical  $\vec{B}$  preenche a região na qual o bastão é livre para se mover. O gerador  $G$  fornece a corrente  $i$  que flui por um trilho, através do bastão e de volta para o gerador ao longo do outro trilho. Um estudante monitora o gerador, ajustando-o continuamente de tal forma que a corrente suprida é constante não importando a carga. Ache a velocidade do bastão em função do tempo, supondo que em  $t = 0$  estava em repouso.

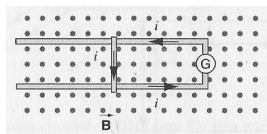


Figura 2: Exercício 3.

4. Deseja-se projetar um gerador que produzirá uma fem de  $150V$  de amplitude quando girar a  $60 \text{rev/s}$  em um campo magnético de  $0,50T$ .
- Se for utilizado uma só espira, quão grande precisaria ser a área necessária?
  - Se fosse utilizado uma bobina com 100 voltas, qual seria a área necessária?
5. A figura mostra uma barra metálica de resistência elétrica desprezível, em forma de U, posicionada na vertical, à qual se prende uma barra horizontal de resistência elétrica  $R$ . Os anéis que prendem a barra horizontal à barra metálica permitem que a barra horizontal deslize na vertical com atrito desprezível. A massa do conjunto barra horizontal mais anéis vale  $m$ . Um campo magnético horizontal de intensidade uniforme  $B$  cobre toda a região do sistema.
- Qual é o sentido da corrente induzida?

- b) Qual é a força magnética sobre a barra?
- c) Escreva a equação de movimento da barra.
- d) Mostre que a velocidade terminal da barra é  $v_{max} = \frac{mgR}{(lB)^2}$ .
- e) Mostre que, após atingida a velocidade terminal, a energia dissipada na barra por efeito Joule é igual à taxa de perda de energia potencial gravitacional do sistema.

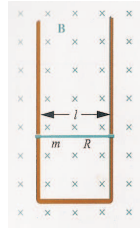


Figura 3: Exercício 5.

6. Uma barra de comprimento  $l$  está orientada em direção perpendicular a um fio longo no qual corre uma corrente  $I$ . A extremidade da barra mais próxima ao fio está à distância  $d$  do fio e move-se com velocidade  $v$  paralela ao fio (ver figura). Mostre que entre as extremidades da barra há uma tensão elétrica dada por  $V = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{d+l}{d}$ .

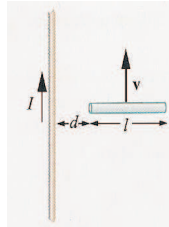


Figura 4: Exercício 6.

7. Uma barra de comprimento  $l$  ocupa uma região onde há um campo magnético uniforme e estático  $\mathbf{B}$ . A barra gira com velocidade angular  $\omega$  em torno de um ponto fixo em uma das suas extremidades, em um plano perpendicular ao campo (ver figura).
- a) Mostre que uma carga  $q$  da barra, à distância  $r$  do eixo de rotação, fica sujeita a uma força magnética  $F_{mag} = qr\omega B$  e que entre as extremidades da barra existe uma tensão elétrica  $V = \omega l^2 B/2$ .
- b) Analise o problema do ponto de vista da lei de indução de Faraday: mostre que a barra girando varre uma área que cresce linearmente no tempo na forma  $A = l^2 \omega t/2$  e calcule a derivada no tempo do fluxo magnético nessa área. Calcule a força eletromotriz usando diretamente a lei de Faraday e mostre que ela é igual à tensão anteriormente calculada.



Figura 5: Exercício 7.

8. Considere um circuito fechado com uma resistência elétrica total  $R$ . Imagine que o campo magnético na região do circuito varie no espaço e no tempo de forma arbitrária, e seja  $\Phi_B(t)$  o fluxo magnético na superfície contornada pelo circuito no instante  $t$ . Mostre que no intervalo de tempo entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$  a carga total que percorre o circuito é  $q = \frac{1}{R} [\Phi_B(t_1) - \Phi_B(t_2)]$ .
9. *Tensão elétrica gerada pela força centrífuga inercial.* Se girarmos um disco metálico em torno de seu eixo, em uma região inteiramente livre de campo magnético, aparece uma diferença de potencial entre a borda e o centro decorrente da força centrífuga que atua sobre os elétrons, que podem mover-se livremente no metal e acabam sendo arrastados para a borda. Essa migração cessa quando o campo elétrico gerado pelo acúmulo de elétrons na borda equilibra a força centrífuga sobre eles.

- a) Mostre que a borda do disco fica negativa e que a tensão elétrica entre o eixo e a borda é  $V = m\omega^2 R^2 / 2e$ , onde  $m$  e  $e$  são, respectivamente, a massa e a carga do elétron,  $\omega$  a velocidade angular e  $R$  é o raio do disco.
- b) Calcule  $V$  para um disco com raio de  $5,0\text{cm}$  perfazendo 200 giros por segundo.
10. A figura mostra um cabo coaxial. Um fio metálico cilíndrico de raio  $a$  é envolvido por uma capa metálica cilíndrica de raio  $b$ . Um plástico isolante preenche o espaço entre o fio e a capa. O plástico não é magnético, de modo que, para cálculo do campo magnético, podemos tratá-lo como vácuo. Em operação como cabo elétrico, a corrente de mesma intensidade  $I$  se propaga no fio e na capa em sentidos opostos. Calcule a auto-indutância por unidade de comprimento do cabo.

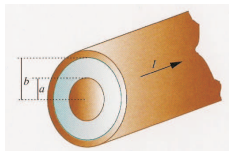


Figura 6: Exercício 10.

11. Mostre que a indutância de duas bobinas ligadas em série é  $L = L_1 + L_2 \pm L_{12}$  e discuta o significado do duplo sinal.
12. Um solenóide de longo raio  $R$  cria um campo magnético homogêneo em seu interior, o qual varia no tempo na forma  $B(t) = at$ , onde  $a$  é uma constante.
- a) Calcule a intensidade do campo elétrico induzido à distância  $r$  do eixo do solenóide, sobre o plano normal ao eixo que corta o solenóide ao meio.
- b) Desenhe as linhas de força do campo elétrico induzido.

### Respostas

1. (a)  $\epsilon = 0,025V$ , (b) sentido anti-horário.
3.  $iLBt/m$ , afastando-se de G.
5. (a) Sentido horário, (b)  $F = -\frac{e^2 B^2}{R} \hat{y}$ , (c)  $m\ddot{y} = mg - \frac{(iB)^2}{R} \hat{y}$ .
10.  $\frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$ .
12.  $E_{ind} = \frac{ar}{2}$  para  $r < R$ ,  $E_{ind} = \frac{aR^2}{2r}$  para  $r > R$ .

Exercícios retirados dos livros:

'Física Básica: Eletromagnetismo', Alaor Chaves, LTC, 2007, e  
'Física 3', Halliday, Resnick e Krane, LTC, 2004.