

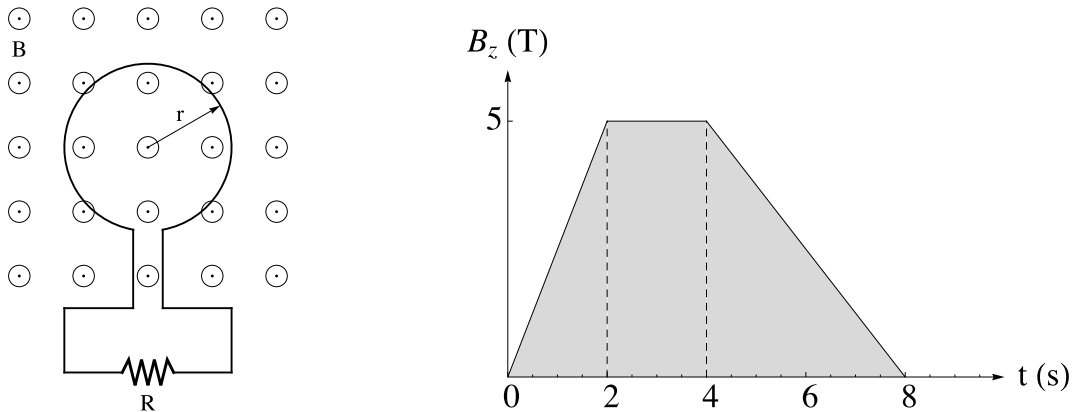
ELETROMAGNETISMO - LISTA 5

Lei de Faraday

Data para entrega: 14 de junho (quinta-feira)

1. Campo magnético variando no tempo

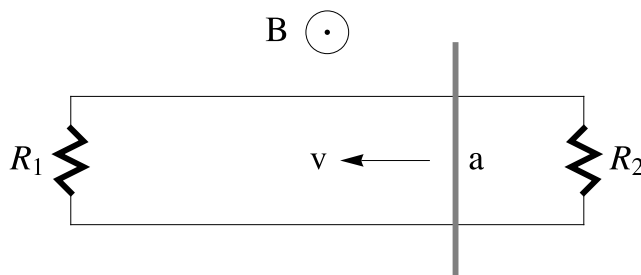
Considere o problema na figura abaixo, referente à um campo magnético \mathbf{B} perpendicular à uma espira de uma única volta e cuja resistência é desprezível. O campo muda com o tempo de acordo com o gráfico abaixo e sua direção é saindo da página. O raio da espira é $r = 50$ cm e ela está conectada em série com um resistor de resistência $R = 20 \Omega$. Nas perguntas abaixo, considere como positivo o sentido anti-horário.



- Encontre uma expressão para a *fem* induzida no circuito em função de $B_z(t)$ (**sem números!**)?
- Faça um gráfico da *fem* em função do tempo. Nomeie os eixos apropriadamente, com escala e unidades. Muito cuidado com os sinais. Note que o sentido positivo da *fem* foi definido como sendo o anti-horário.
- Faça um gráfico da resistência I através do resistor R . Nomeie os eixos apropriadamente, com escala e unidades. Para *cada um* dos três intervalos de tempo em que o campo está mudando, faça um desenho do resistor com uma flecha indicando a direção da corrente.
- Faça um gráfico da potência dissipada no resistor em função do tempo.

2. Bastão deslizando

Um bastão condutor de resistência desprezível e comprimento a desliza sem atrito sobre dois fios condutores paralelos. Dois resistores, R_1 e R_2 , estão conectados nas extremidades dos fios formando um circuito (vide figura). Nesta região há um campo magnético uniforme e constante \mathbf{B} , saindo da página. Nos cálculos do fluxo abaixo, tome a normal da superfície *saindo* da página.



- (a) O fluxo magnético no circuito da direita está aumentando ou diminuindo (explique)?
- (b) Qual a magnitude da taxa de variação do fluxo magnético através do circuito da direita?
- (c) Qual a corrente fluindo pelo resistor R_2 no circuito da direita? Faça um desenho de R_2 com uma flecha indicando sua direção.
- (d) O fluxo magnético no circuito da esquerda está aumentando ou diminuindo (explique)?
- (e) Qual a magnitude da taxa de variação do fluxo magnético através do circuito da esquerda?
- (f) Qual a corrente fluindo pelo resistor R_1 no circuito da esquerda? Faça um desenho de R_1 com uma flecha indicando sua direção.
- (g) Qual a magnitude e a direção da força magnética exercida no bastão?

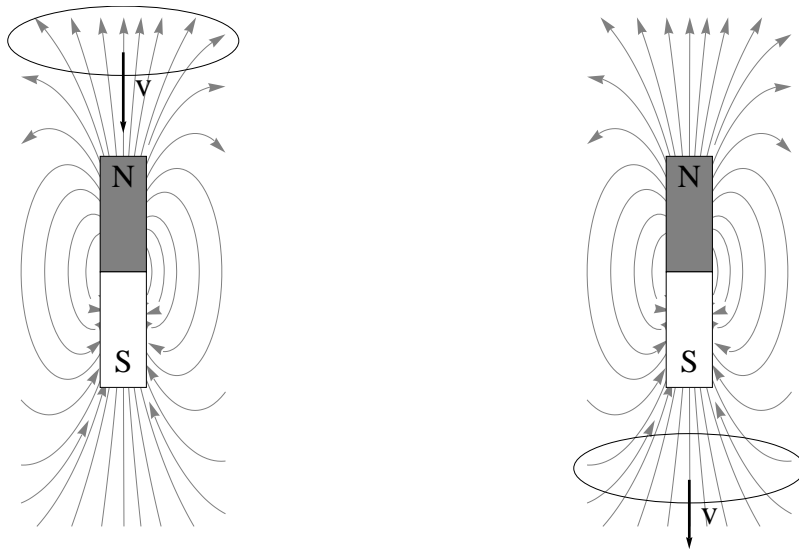
3. Integrador de corrente: medindo o campo magnético da terra

Um integrador de corrente é um dispositivo que integra (soma) a corrente passando por um circuito ao longo do tempo, a fim de fornecer a carga total que passou por ele. Como $I = \frac{dq}{dt}$, o integrador de corrente medirá uma carga $Q = \int I dt$. Considere uma bobina circular com 300 voltas e raio $r = 5$ cm, conectada ao integrador. Tome a resistência total do sistema como sendo 20Ω . Suponha que, inicialmente, a normal da bobina está paralela ao campo da terra.

- (a) Obtenha uma expressão para a carga medida no integrador se rotacionarmos a bobina em 90° (**sem números!**).
- (b) Suponha que no final do processo mediu-se uma carga $Q = 9,4 \mu\text{C}$. Calcule o campo magnético da terra neste local.

4. Indução eletromagnética

Uma espira de cobre está acima de um ímã permanente cujo norte aponta na mesma direção (vide figura da esquerda). Com relação a correntes, tome o sentido anti-horário, quando visto de cima, como positivo. Para o fluxo, tome para cima como positivo. Para obter créditos neste problema você deverá deixar **bem** claro seu raciocínio e seus cálculos.



Suponha que você move a espira à uma velocidade constante, de uma região bem *acima* do ímã, até uma região bem *abaixo* dele. Qual dos gráficos abaixo melhor representa

- (a) O fluxo magnético através da espira em função do tempo?

(b) A corrente através da espira em função do tempo?

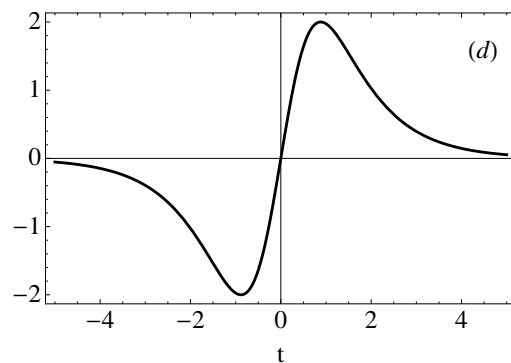
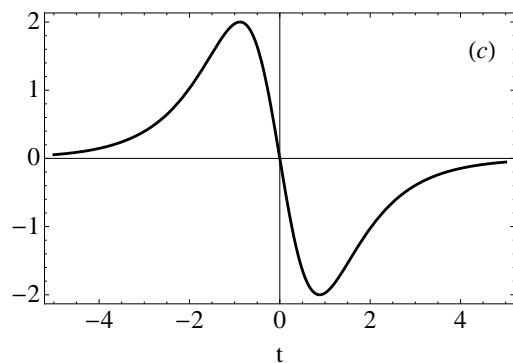
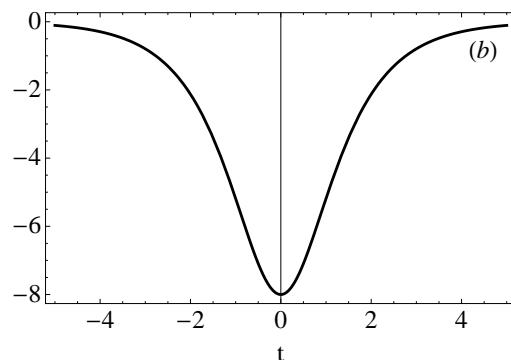
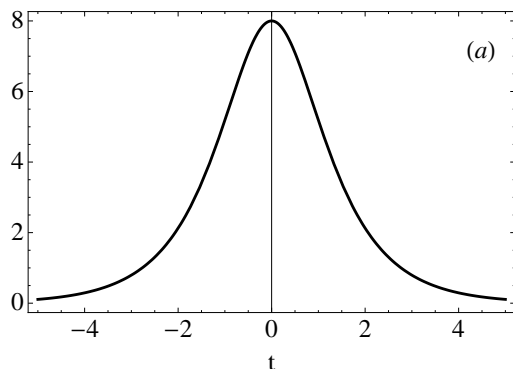
(c) Qual a direção da força magnética que o imã exerce na espira quando ela está (i) acima do imã e (ii) abaixo dele?

Suponha agora que você move a espira à uma velocidade constante, de uma região bem *abaixo* do imã, até uma região bem *acima* dele. Qual dos gráficos abaixo melhor representa

(c) O fluxo magnético através da espira em função do tempo?

(d) A corrente através da espira em função do tempo?

(e) Qual a direção da força magnética que o imã exerce na espira quando ela está (i) abaixo do imã e (ii) acima dele?



5. Solenóide

Um solenóide (que assumimos ideal) tem 30 cm de comprimento e 1 cm de raio, possui 500 voltas e carrega uma corrente de 2 A.

(a) Calcule o campo magnético no centro do solenóide.

(b) Calcule o fluxo magnético através do solenóide (assumindo que o campo seja uniforme).

(c) Calcule a auto-indutância do solenóide.

(d) Calcule a energia magnética armazenada no solenóide através da relação $U_B = \frac{1}{2} \mathcal{L} I^2$.

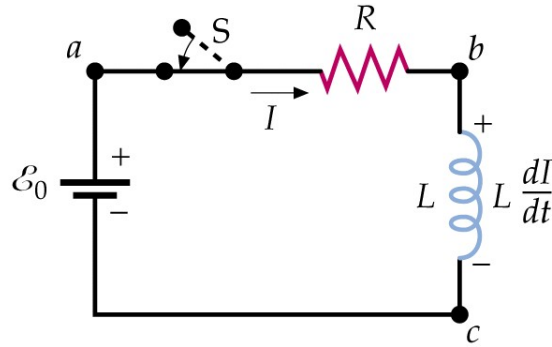
(e) Divida o seu resultado do item anterior pelo volume do solenóide a fim de obter a densidade de energia magnética, u_B .

(f) Calcule a densidade de energia através da relação $u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$, e verifique se o seu resultado concorda com o item anterior.

(g) Suponha que passamos a aumentar a corrente numa taxa de 100 A/s. Qual será a fem induzida no solenóide (em módulo)?

6. Circuito RL

Considere o circuito da figura abaixo, onde a chave S , inicialmente aberta, é fechada em $t = 0$. Tome $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$, $R = 3 \Omega$ e $L = 0,6 \text{ H}$.



- Qual a constante de tempo do sistema e o valor final da corrente? Esboce um gráfico de I vs. t , indicando o valor final da corrente. Não se esqueça de colocar escala e unidades.
- Calcule quantas constantes de tempo são necessárias para a corrente atingir 90%, 99% e 99,9% do seu valor final. Dica: desenvolva uma fórmula para o número de constantes de tempo em função de uma fração f da corrente final; depois basta aplicar esta fórmula para diferentes valores.
- Qual a taxa de variação inicial da corrente? Qual a taxa de variação da corrente quando ela corresponde à 50% do seu valor final?
- No instante onde a corrente corresponde à 50% do seu valor final, encontre a taxa com que a bateria fornece energia ao sistema (P_B), a taxa com que energia é dissipada na forma de calor no resistor (P_R), e a taxa com que energia é armazenada no indutor (P_L). Analise os seus resultados em termos da conservação de energia no sistema.

7. Solenóides preenchidos com materiais magnéticos

Considere um solenóide com 400 voltas e 20 cm de comprimento, por onde passa uma corrente de 4 A. Encontre o campo externo (produzido pelas correntes que passam pelo solenóide) e o campo total quando

- não há nenhum material dentro do solenóide;
- o solenóide é preenchido com cromo (Cr é paramagnético com susceptibilidade $\chi = 2,7 \times 10^{-4}$).
- o solenóide é preenchido com ferro puro, cuja magnetização vale $1,2 \times 10^6 \text{ A/m}$.
- Suponha agora que preenchamos o solenóide com um líquido. No processo, mediu-se que o campo magnético dentro do solenóide *diminuiu* por 0,004%. Encontre a susceptibilidade do líquido. Ele é diamagnético ou paramagnético?