

Eletrromagnetismo. 3ª lista de exercícios. Prof. Carlos Felipe

Campos magnéticos devido a correntes

Dado: $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{Tm/A}$

- 1) Escreva as equações de Maxwell do eletromagnetismo e relacione a equação que inclui ou é equivalente a:
 - a) As linhas de força do campo elétrico terminam apenas em cargas elétricas.
 - b) A corrente de deslocamento.
 - c) Em condições estáticas não existem cargas no interior de um condutor.
 - d) Um campo elétrico variável induz um campo magnético.
 - e) O fluxo do campo magnético através de uma superfície fechada é nulo.
 - f) Um campo magnético variável induz um campo elétrico.
 - g) As linhas do campo magnético não tem extremidades.
 - h) O fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada é proporcional à carga no interior da superfície.
 - i) Uma carga elétrica é sempre acompanhada de um campo elétrico.
 - j) Não existem monopolos magnéticos.
 - k) Uma corrente elétrica é sempre acompanhada de um campo magnético.
 - l) A lei de Coulomb.
 - m) O campo eletrostático é conservativo.
 - n) Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais opostos se atraem, proporcionalmente ao inverso do quadrado da distância entre elas.
 - o) Toda carga colocada no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático se encontra em sua superfície externa.
 - p) Ocorre atração entre dois fios percorridos por correntes no mesmo sentido.
 - q) A empurrarmos um ímã através de uma bobina surge nesta uma corrente elétrica.
 - r) O campo elétrico induzido não é conservativo.
- 2) a) Descreva três maneiras de fazer variar o fluxo magnético através de uma espira. b) O que é um campo elétrico induzido? Este campo é conservativo? Justifique sua resposta.
- 3) Um ímã cai ao longo de um comprido tubo metálico vertical. O tubo está evacuado, de modo que não há resistência do ar ao movimento do ímã, mas verifica-se que ele acaba atingindo uma velocidade terminal (velocidade constante). Explique este fenômeno.
- 4) A figura 1 mostra um fio transportando uma corrente i . Qual é o campo magnético que é produzido pela corrente no centro do semicírculo a) pelos trechos retilíneos de comprimento L , b) pela segmento semicircular de raio R e c) por todo o fio? R: a) 0; b) $\mu_0 i / 4R$; c) $\mu_0 i / 4R$.
- 5) Um canhão de elétrons em tubo de TV emite elétrons com energia cinética de 25keV ($1\text{eV}=1,6 \times 10^{-19} \text{J}$), em um feixe de 0,22mm de diâmetro sobre a tela; $5,6 \times 10^{14}$ elétrons atingem a tela por segundo. Calcule o campo magnético produzido pelo feixe em um ponto a 1,5mm do eixo do feixe. R: 12nT.
- 6) Considere o circuito da figura 2. Os segmentos curvos são arcos de círculos de raios a e b . Determine o campo magnético no ponto P, supondo uma corrente i no circuito. R: $\frac{\mu_0 i \theta}{4\pi} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$, do desenho para o observador.
- 7) Na figura 3, um segmento de fio retilíneo (comprimento L), transporta uma corrente i . Mostre que o campo magnético no ponto P

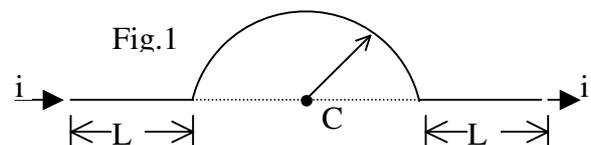
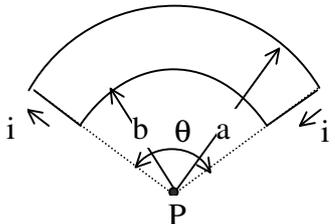
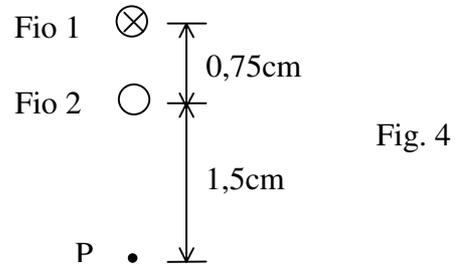
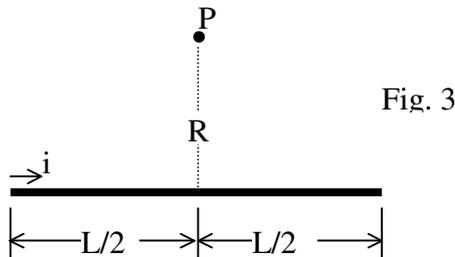


Fig. 2

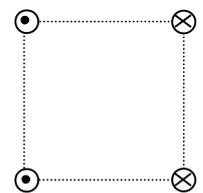


produzido por este segmento, a uma distância R do mesmo, vale: $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \frac{L}{\sqrt{L^2 + 4R^2}}$.

- 8) Dois longos fios paralelos, separados por uma distância de 0,75cm, são perpendiculares ao plano do desenho, como mostra a figura 4. O fio 1 transporta uma corrente de 6,5A, no sentido do observador para o desenho. Qual deve ser a corrente no fio 2 (magnitude e sentido) para que o campo resultante no ponto P seja nulo? R: 4,3A; sentido: do desenho para o observador.



- 9) Quatro longos fios de Cu são paralelos entre si e suas seções transversais formam os vértices de um quadrado de lado $a=20\text{cm}$. Uma corrente de 20A existe em cada um destes fios, como mostra a figura 5. Qual é o vetor campo magnético no centro do quadrado? R: $8 \times 10^{-5} \hat{j}$ (T).

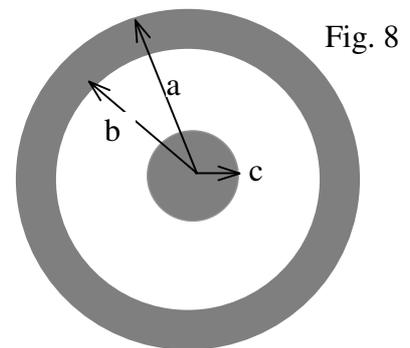
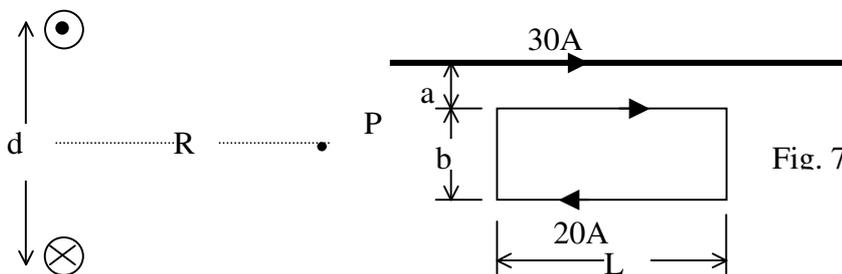


- 10) Dois longos fios, distantes entre si de d , transportam correntes de mesma magnitude e de sentidos opostos, como mostra a figura 6. Mostre que o campo magnético no ponto P, que é equidistante dos fios vale: $B = \frac{2\mu_0 id}{\pi(d^2 + 4R^2)}$.

- 11) Na figura 7, um longo fio transporta uma corrente de 30A e uma espira retangular transporta uma corrente de 20A. Calcule a força resultante que age sobre a espira. Dados: $a=1,0\text{cm}$; $b=8,0\text{cm}$ e $L=30\text{cm}$. R: $3,2 \times 10^{-3} \text{N}$.

- 12) A figura 8 mostra a seção transversal de um longo condutor de um tipo chamado cabo coaxial e dá os seus raios (a, b, c). A corrente elétrica nos dois condutores tem mesma magnitude e sentidos opostos e está uniformemente distribuída. Calcule o campo magnético para pontos situados em: a) $r < c$; b) $c < r < b$; c) $b < r < a$ e d) $r > a$.

R: a) $B = \frac{\mu_0 i r}{2\pi c^2}$; b) $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$; c) $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \frac{a^2 - r^2}{a^2 - b^2}$ e d) $B=0$.



- 13) A densidade de corrente dentro de um fio sólido, longo e cilíndrico de raio a está na direção do eixo central e varia linearmente com a distância radial r do eixo de acordo com $J=J_0 r/a$.

Determine o campo magnético dentro do fio. R: $B = \frac{\mu_0 J_0 r^2}{3a}$

- 14) Um solenóide de 1,30m de comprimento, 2,60cm de diâmetro transporta uma corrente de 18A. O campo magnético dentro do solenóide é 23,0mT. Encontre o comprimento do fio que forma o

solenóide. R: 108m.

- 15) Um fio de comprimento ℓ é dobrado na forma de uma espira de raio R_a e um outro fio idêntico é dobrado na forma de uma bobina constituída de 2 espiras, de raio R_b . A espira e a bobina transportam uma mesma corrente i . a) Se B_a e B_b são os campos no centro da espira e no centro da bobina, respectivamente, determine a razão B_b/B_a . b) Determine a razão entre os dipolos magnéticos μ_b e μ_a da bobina e da espira, respectivamente. R: a) 4; b) 0,5.
- 16) Um estudante faz um pequeno eletroímã dando 300 voltas com um fio de Cu sobre um cilindro de madeira de diâmetro $d=5,0\text{cm}$. A bobina é conectada a uma bateria, produzindo uma corrente de 4,0A no fio. a) Qual é o momento magnético deste dispositivo? b) A que distância $z \gg d$ terá o campo magnético deste dipolo o valor de $5,0\mu\text{T}$ (aproximadamente 10% do campo magnético terrestre)? R: a) $2,4\text{Am}^2$; b) 0,46m.

Indução Magnética

- 17) Se a resistência R no circuito à esquerda da figura 9 está aumentando a uma taxa constante, qual é o sentido da corrente na espira (à direita da figura)?
- 18) O fluxo do campo magnético através de uma espira (figura 10) aumenta de acordo com a relação $\phi_B = (6,0t^2 + 7t) \times 10^{-3} \text{Tm}^2$, com t em segundos. a) Qual é a magnitude da fem induzida na espira em $t=2,0\text{s}$? b) Qual é a sentido da corrente em R? R: a) 31mV; b) sentido: direita p/ esquerda.
- 19) Um material condutor elástico é esticado na forma de uma espira circular de raio 12cm. Ela é colocada em uma região onde existe um campo magnético uniforme, $B=0,800\text{T}$, perpendicularmente ao campo. Quando a espira é liberada o seu raio começa a contrair a uma taxa de 75cm/s. Qual é a fem induzida na espira em função do tempo? R: $3,77(0,12-0,75t)$.
- 20) Uma espira retangular de um fio de comprimento a , largura b e resistência R, é colocada próxima de um fio muito longo transportando uma corrente i , como mostra a figura 11. A distância do fio longo ao centro da espira é r . Determine: a) a magnitude do fluxo magnético através da espira; b) a corrente na espira quando ela se move com uma velocidade v , distanciando do fio longo. R: a) $\phi_B = \frac{\mu_0 i a}{2\pi} \ln \frac{2r+b}{2r-b}$; b) $\epsilon = \frac{2\mu_0 i a b v}{\pi} \frac{1}{4r^2 - b^2}$.

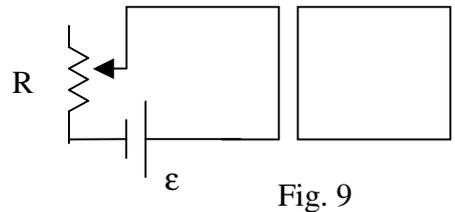


Fig. 9

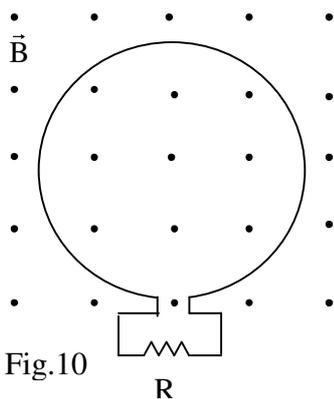


Fig.10

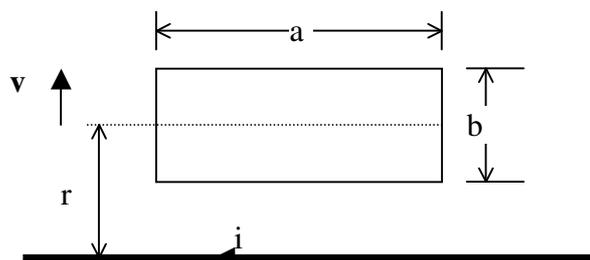


Fig. 11

- 21) Uma haste condutora mostrada na figura 12 tem um comprimento $L=10\text{cm}$ e está sendo puxada horizontalmente sobre trilhos condutores, sem atrito, a uma velocidade $v=5,0\text{m/s}$. Um campo magnético uniforme, $B=1,2\text{T}$, preenche a região onde a haste se move e está orientado do desenho para o observador. a) Calcule a fem induzida na haste? b) Calcule a corrente induzida no circuito (magnitude e sentido)?

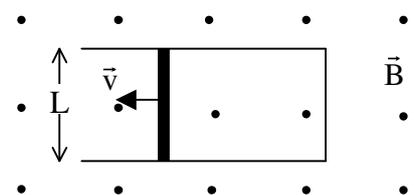
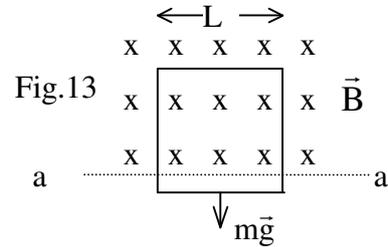


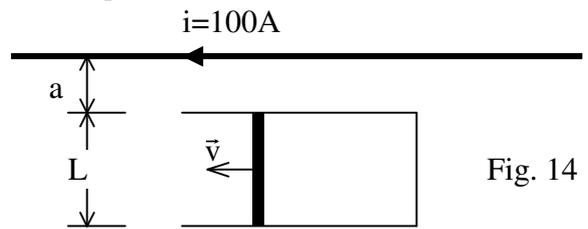
Fig.12

Suponha que a resistência da haste seja de $0,40\Omega$ e a resistência dos trilhos é desprezível. c) A que taxa a energia térmica está sendo gerada na haste? d) Qual é a força que um agente externo deve aplicar à haste para que ela se mova em movimento uniforme? e) Qual é a taxa que o agente externo realiza trabalho? R: a) $0,6V$; b) $1,5A$, sentido horário; c) $0,9W$; d) $F=0,18N$; e) $0,9W$.

22) Na figura 13, uma espira condutora de largura L , resistência R e massa m está suspensa verticalmente em um campo magnético uniforme orientado do observador para o desenho. Este campo existe apenas acima da linha aa . A espira é então liberada; durante a queda ela acelera até alcançar uma velocidade terminal (velocidade constante). Ignorando a resistência do ar, determine esta velocidade terminal. R: $v=mgR/(B^2L^2)$.

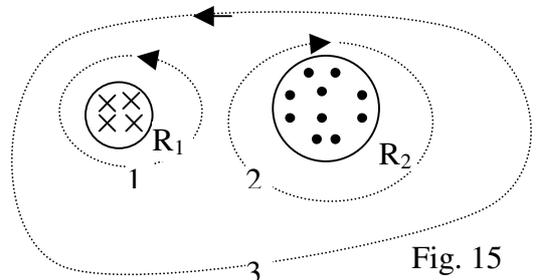


23) A figura 14 mostra uma haste de comprimento $L=10,0cm$, que é levada a se mover com uma velocidade constante $v=5,00m/s$, na direção horizontal, sobre trilhos condutores. A uma distância $a=10,0mm$ do trilho superior há um fio muito longo transportando uma corrente de $100A$. a) Calcule a fem induzida na haste. b) Qual é a corrente induzida na haste, magnitude e sentido?



Suponha que a resistência da haste seja de $0,40\Omega$ e a resistência dos trilhos é desprezível. c) A que taxa a energia térmica está sendo gerada na haste? d) Qual é a força que um agente externo deve aplicar à haste para que ela se mova em movimento uniforme? e) Qual é a taxa que o agente externo realiza trabalho? R: a) $0,24mV$; b) $0,6mA$; sentido: de baixo para cima; c) $0,144\mu W$; d) $28,8nN$; e) $0,144\mu W$.

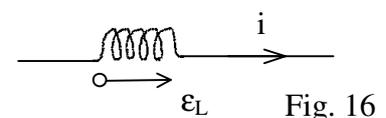
24) A figura 15 mostra duas regiões R_1 e R_2 , com raios $r_1=20,0cm$ e $r_2=30,0cm$. Em R_1 existe um campo magnético uniforme $B_1=50,0mT$, orientado do observador para o desenho e em R_2 existe um campo magnético uniforme $B_2=75,0mT$, orientado do desenho para o observador. Ambos os campos estão diminuindo a uma taxa de $8,50mT/s$. Calcule a integral de $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$ para cada um dos três caminhos tracejados. R: 1: $-1,07mV$; 2: $-2,4mV$; 3: $1,33mV$.



25) Um solenóide é constituído de uma camada única de um fio de cobre isolado (diâmetro= $2,5mm$). O solenóide tem um diâmetro de $4,0cm$ e comprimento de $2,0m$. a) Quantas espiras compõem o solenóide? b) Qual é a indutância por metro de comprimento do solenóide próximo ao seu centro? Suponha que os fios adjacentes se tocam e que a espessura do isolante é desprezível. R: a) 800 ; b) $0,25mH/m$.

26) Dois fios longos e paralelos, cada um de raio a , cujos centros distam de d , transportam correntes de mesma magnitude e sentidos opostos. Mostre que, negligenciando o fluxo do campo dentro dos fios, a indutância para um comprimento ℓ do par de fios é dada por: $L = \frac{\mu_0 \ell}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}$.

27) Em um dado instante a corrente e a fem auto-induzida em um indutor são indicadas na figura 16. a) Está a corrente aumentando ou diminuindo? b) Se a fem auto-induzida é de $17V$ e a taxa de variação da corrente é $25kA/s$, determine a indutância. R: a) diminuindo; b) $0,68mH$.



28) Ao remover a bateria de um circuito RL, após quanto tempo a ddp no resistor cairá para 10% do valor inicial? Dados: $L=2,0\text{H}$; $R=3,0\Omega$. R: 1,54s.

29) Na figura 17, $\varepsilon=100\text{V}$, $R_1=10,0\Omega$, $R_2=20,0\Omega$, $R_3=30,0\Omega$ e $L=2,0\text{H}$. Determine os valores de i_1 e i_2 a) imediatamente após fechar a chave S, b) um longo tempo após fechar a chave S, c) imediatamente após reabrir a chave S e d) um longo tempo após reabrir a chave S. R: a) $i_1=i_2=3,33\text{A}$; b) $i_1=4,55\text{A}$ e $i_2=2,73\text{A}$; c) $i_1=0$ e $i_2=1,82\text{A}$ e d) $i_1=i_2=0$.

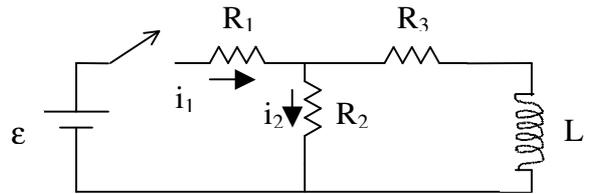


Fig. 17

30) Uma bobina com indutância $L=2,0\text{H}$ e resistência de 10Ω é repentinamente conectada a uma bateria, de resistência interna desprezível, com $\varepsilon=100\text{V}$. Decorridos $0,10\text{s}$ após a ligação ser feita, quais são as taxas em que a) a energia está sendo armazenada no campo magnético, b) a energia térmica aparece no resistor e c) a energia está sendo liberada pela bateria? R: a) 239W ; b) 155W e c) 394W .

31) Um solenóide de $85,0\text{cm}$ de comprimento tem uma área de seção transversal de $17,0\text{cm}^2$. Existem 950 espiras de um fio que transporta uma corrente de $6,60\text{A}$. a) Calcule a densidade de energia do campo magnético no solenóide. b) Determine a energia total armazenada no campo magnético. R: a) $34,2\text{J/m}^3$; b) $49,4\text{J}$.

Equações de Maxwell

32) O campo magnético induzido a $6,0\text{mm}$ do eixo de um capacitor de placas paralelas circulares e entre as placas é de $2,0 \times 10^{-7}\text{T}$. As placas têm raio de $3,0\text{mm}$. A que taxa dE/dt está variando o campo elétrico entre as placas? R: $24,0 \times 10^{12}\text{N/Cs}$.

33) Suponha que um capacitor de placas paralelas tem placas circulares de raio $R=30\text{mm}$ e separação entre as placas de $5,0\text{mm}$. Suponha também que uma ddp V é aplicada às placas, sendo $V=150\text{sen}[2\pi(60)t]$, com V em volts e t em segundos. a) Determine o campo magnético máximo induzido em $r=R$, $B_{\text{max}}(R)$. b) Faça o gráfico de B_{max} versus r para $0 < r < 10\text{cm}$. R: a) $1,88 \times 10^{-8}\text{T}$.

34) Quando um capacitor de placas paralelas circulares, de 20cm de diâmetro, está sendo carregado, a densidade de corrente de deslocamento através da região entre as placas é uniforme e tem magnitude de 20A/m^2 . a) Determine a magnitude do campo magnético, B , a uma distância $r=50\text{cm}$ do eixo de simetria da região. b) Determine dE/dt nesta região.

R: a) $B=0,25\mu\text{T}$; b) $2,3 \times 10^{12}\text{V/ms}$.

35) Um capacitor de placas paralelas tem placas quadradas de $1,0\text{m}$ de lado, como mostra a figura 18. Uma corrente de $2,0\text{A}$ carrega o capacitor, produzindo um campo elétrico entre as placas. a) Qual é a corrente de deslocamento através da região entre as placas? b) Qual é o valor de dE/dt nesta região? c) Qual é a corrente através do quadrado tracejado entre as placas? d) Qual é o valor de $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ ao longo deste quadrado tracejado? R: a) 2A ; b) $2,3 \times 10^{11}\text{V/ms}$; c) $0,5\text{A}$; d) $0,63\mu\text{Tm}$.

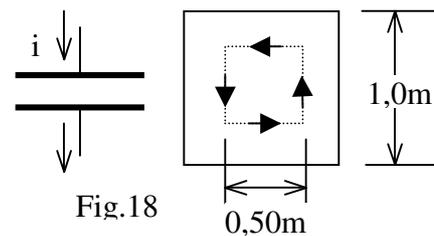


Fig. 18