

FCI0105 - FÍSICA III

Lista 5

1. Um feixe de elétrons com energia cinética \mathcal{E}_c é ejetado da “janela” de saída na extremidade de um tubo acelerador (veja Fig. 1(a)). Existe uma placa metálica a uma distância d dessa janela e perpendicular à direção do feixe emergente. Mostre que pode-se evitar que o feixe de elétrons colida com a placa se aplicarmos um campo magnético \vec{B} tal que $|\vec{B}| \geq \sqrt{2m\mathcal{E}_c}/(ed)$, onde m e e são, respectivamente, a massa e a carga do elétron. Qual deve ser a orientação do campo \vec{B} ?

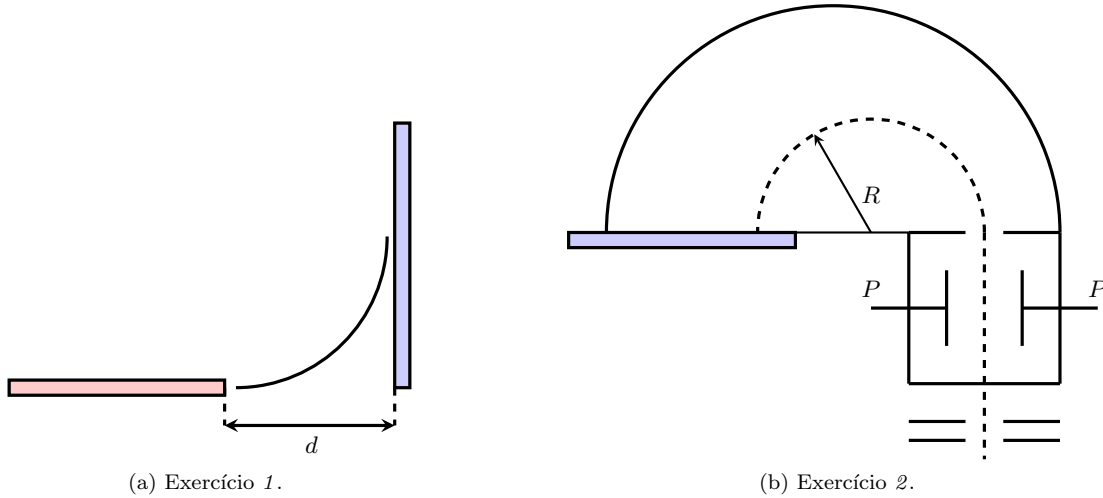


FIG. 1.

2. No espectrômetro de massa de Bainbridge (vide Fig. 1(b)) há um campo elétrico uniforme \vec{E} paralelo ao plano da figura e um campo magnético uniforme B_0 perpendicular ao plano da figura na região entre as placas PP . Estes campos, perpendiculares entre si, são ajustados de modo a formar um *filtro* ou *seletor de velocidades*, ou seja, permite apenas a passagem de íons de velocidade v bem definida para a região semicircular inferior. Note que os íons não sofrem deflexão ou desvio de trajetória devido aos campos cruzados \vec{E} e \vec{B}_0 . Na região semicircular existe um campo magnético \vec{B}_1 , também perpendicular ao plano da figura, que curva a trajetória dos íons em órbitas circulares. Mostre que, para íons de carga e , o raio R da órbita semicircular é proporcional à massa do íon.

3. Uma bússola tende a oscilar antes de alinhar-se com o campo magnético terrestre. Considere uma agulha imantada de momento de dipolo magnético \vec{m} e momento de inércia I , suspensa de forma a poder oscilar livremente em torno de um eixo vertical, situada num campo magnético horizontal uniforme \vec{B}_0 . As direções de \vec{m} e \vec{B}_0 formam inicialmente um pequeno ângulo θ_0 . Calcule a frequência angular de oscilação (desprezando o amortecimento) e mostre que sua determinação permite medir $|\vec{m}||\vec{B}_0|$.

4. No modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio, o raio a_0 da primeira órbita circular do elétron é dado pela condição de quantização $L = \hbar$, onde $\hbar = 1.055 \times 10^{-34}$ Js é a constante de Planck e L é a magnitude do momento angular do elétron em relação ao núcleo (próton). (i) Usando essa condição, mostre que $a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/(me^2)$, onde m e e são as magnitudes da massa e carga do elétron, respectivamente. Calcule o valor de a_0 . (ii) Calcule a intensidade de corrente I associada ao movimento do elétron na sua órbita. (iii) Calcule a magnitude do campo magnético produzido por essa corrente na posição do núcleo. (iv) Calcule a magnitude μ_B do momento magnético associado à corrente (magneton de Bohr), e mostre que $\mu_B/L = e/(2m)$ (razão giromagnética clássica). Estime numericamente o valor de μ_B .

5. Dois fios retilíneos paralelos muito longos (tratados como infinitos), separados por uma distância $2b$, transportam correntes de mesma intensidade I , em sentidos opostos (imagine um dos fios sendo o retorno do outro). Considere

um ponto P qualquer do plano dos dois fios. Sobre a perpendicular aos fios que passa por P , tome a origem O a meio caminho entre os fios, e seja x a abscissa de P em relação a O . (i) Calcule a magnitude do campo magnético $\vec{B} = \vec{B}(x)$ em P no regime $|x| < b$ (por hipótese, a distância de P a cada fio é muito maior que o diâmetro dos próprios fios). (ii) Calcule a magnitude do campo magnético $\vec{B} = \vec{B}(x)$ em P no regime $|x| > b$. (iii) Faça um gráfico qualitativo de $|\vec{B}(x)|$.

6. Uma espira retangular de lados $2a$ e $2b$ transporta uma corrente de intensidade I . (i) Calcule a intensidade do campo magnético no centro da espira. (ii) Analise o resultado do item anterior no regime $a \gg b$ e discuta a relação com aquele encontrado no Exercício 5.

7. Uma espira quadrada de lado L é percorrida por uma corrente I (veja Fig. 2(a)). (i) Determine o módulo, a direção e o sentido do campo magnético \vec{B} num ponto P situado sobre o eixo da espira, i.e., a reta perpendicular ao seu plano passando pelo centro O da espira, à distância z de O . Relacione o resultado com aquele encontrado para o Exercício 6 no limite em que $z = 0$. (ii) Analise o resultado obtido no regime $z \gg L$.

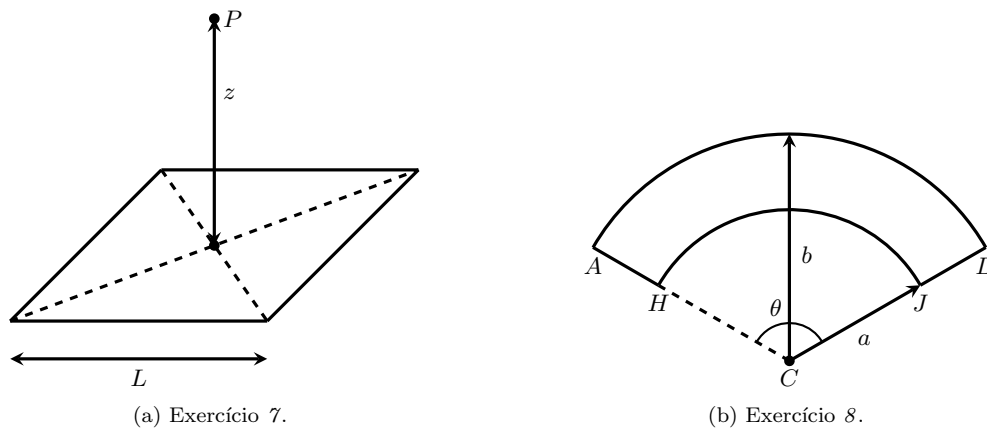


FIG. 2.

8. O circuito na Fig. 2(b), formado por dois lados retilíneos e dois arcos de circunferência, é percorrido por uma corrente de intensidade I orientada no sentido $DAHJD$. Calcule o campo magnético \vec{B} no ponto P situado no centro do setor circular.

9. Nas Figs. 3(a) e 3(b) as porções retilíneas dos fios são supostamente muito longas e seção semicircular tem raio R . A corrente em cada fio tem intensidade I . Calcule, em ambos os casos, o módulo, a direção e o sentido do campo magnético \vec{B} no centro da porção semicircular.

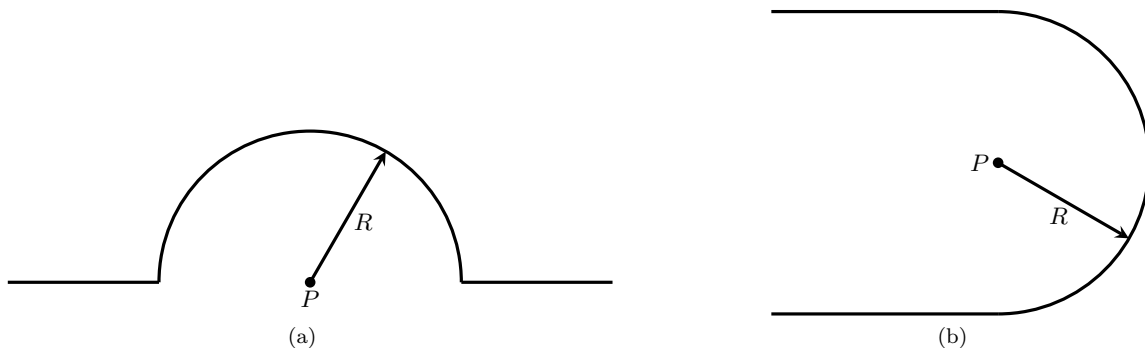


FIG. 3. Exercício 9.

10. A espira retangular de lados a e b na Fig. 4(a) é percorrida por uma corrente de intensidade I_0 . Calcule a força \vec{F} (módulo, direção e sentido) exercida sobre a espira por um fio retilíneo muito longo que transporta uma corrente I . Considere o fio situado à distância d da espira.

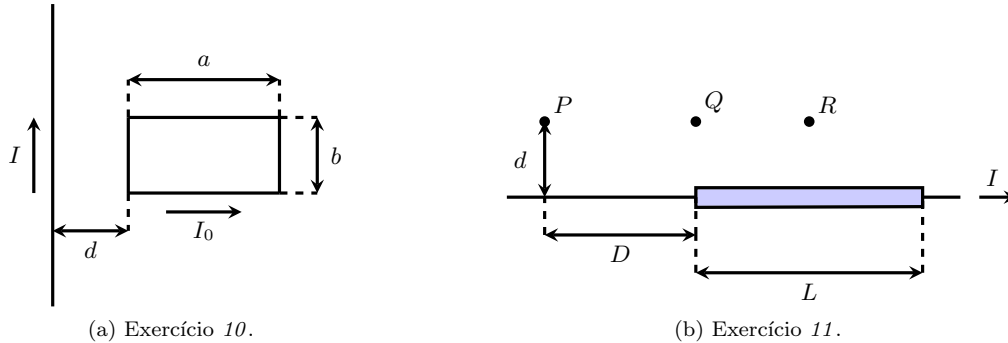


FIG. 4.

11. A Fig. 4(b) mostra um segmento retilíneo de fio, de comprimento L , que transporta uma corrente I . (i) Determine o campo magnético \vec{B} no ponto P . (ii) Determine o campo magnético \vec{B} no ponto Q . (iii) Determine o campo magnético \vec{B} no ponto R . O que acontece nesse caso quando $L \rightarrow \infty$?

12. Um disco circular de material isolante, com raio R e espessura desprezível, está uniformemente carregado com densidade superficial de carga σ e gira em torno de seu eixo com velocidade angular ω (veja Fig. 5(a)). (i) Calcule o campo magnético \vec{B} no centro do disco. (ii) Calcule o momento de dipolo magnético \vec{m} associado à rotação do disco.

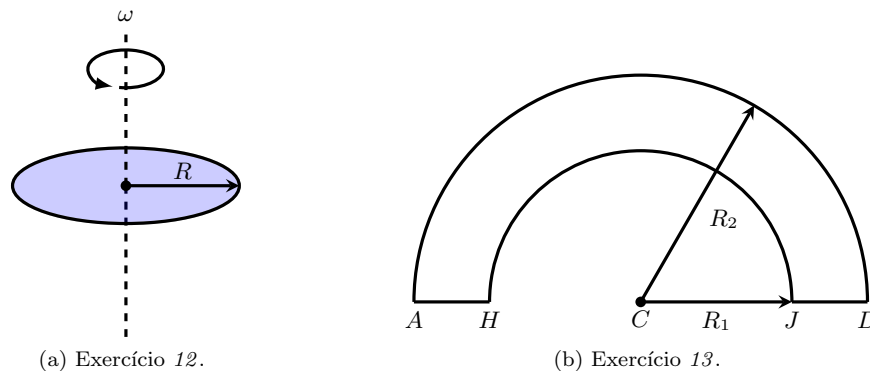


FIG. 5.

13. Calcule o campo magnético \vec{B} no ponto C , o centro comum aos arcos semicirculares AD e HJ na Fig. 5(b). Os arcos de raios R_2 e R_1 , respectivamente, formam parte do circuito $ADJHA$ transportando uma corrente de intensidade I orientada no sentido $DAHJD$.

14. Duas bobinas circulares coaxiais idênticas, de espessura desprezível, com N espiras de raio R em cada bobina, transportam correntes de mesma intensidade I e mesmo sentido. As bobinas estão dipostas uma acima da outra, com seus centros C e C' separados por uma distância d (veja Fig. 6(a)). Considere o campo $\vec{B}(z)$ ao longo do eixo, na vizinhança do ponto médio O do segmento CC' , tomado como origem. (i) Calcule o campo magnético no ponto O . (ii) Dado o campo determinado no item anterior, mostre que $d\vec{B}/dz = d^2\vec{B}/dz^2 = 0$, i.e., o arranjo de bobinas produz um campo aproximadamente uniforme na vizinhança da região central.

15. A Fig. 6(b) exibe um circuito imerso em uma região onde existe um campo magnético \vec{B}_0 de módulo constante

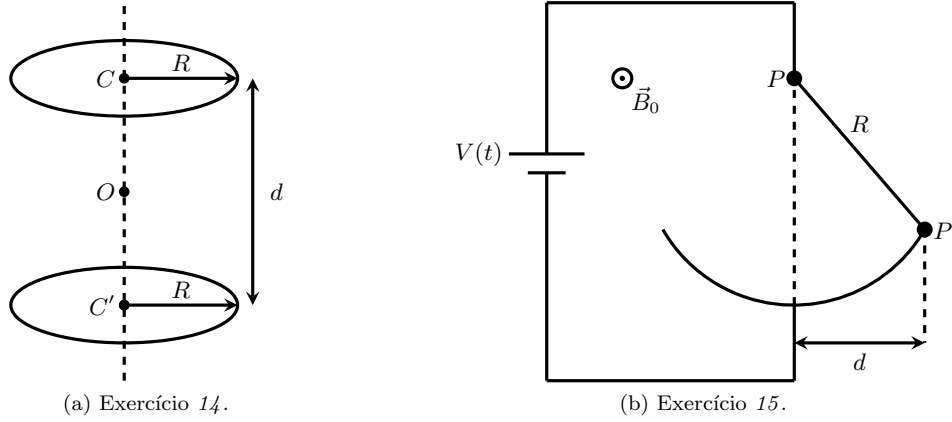


FIG. 6.

orientado para fora do plano do papel. O trecho PP' do circuito é formado por uma haste rígida de massa desprezível e comprimento R que oscila com velocidade $|\vec{v}| = \omega d \cos(\omega t)$, onde d é o deslocamento horizontal máximo e ω é a frequência de oscilação. O ponto P' da haste mantém-se em contato com uma calha metálica durante a oscilação e fecha o circuito. Determine a diferença de potencial $V(t)$ nos terminais do circuito que pode ser lida com a ajuda de um voltímetro. Despreze efeitos de atrito entre a extremidade do pêndulo e a calha metálica.

16. Um cilindro oco, espesso, infinitamente comprido, com o raio interno a e externo b , conduz uma corrente I uniformemente distribuída ao longo de sua seção reta (veja Fig. 7(a)). Determine o campo magnético \vec{B} em um ponto r se (i) $r < a$ (ii) $a < r < b$ e (iii) $r > b$.

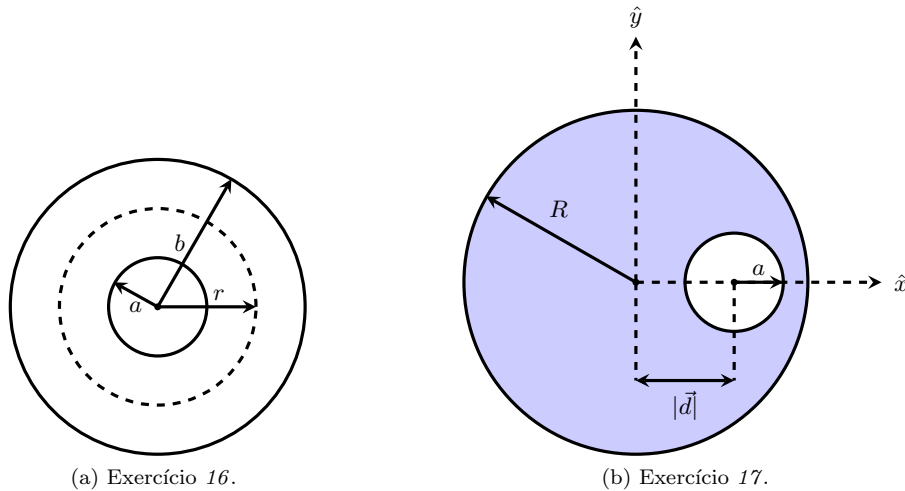


FIG. 7.

17. Um condutor cilíndrico, muito comprido, de raio R , conduz uma corrente I . No interior do condutor há um orifício cilíndrico de raio a , cujo eixo é paralelo ao eixo do condutor e está a uma distância $|\vec{d}|$ deste eixo (veja Fig. 7(b)). Seja z o eixo do condutor e seja $x = |\vec{d}|$, $y = 0$, o eixo do orifício. Determine o campo magnético \vec{B} no ponto (i) sobre o eixo dos x , em $x = 2R$; (ii) sobre o eixo dos y , em $y = 2R$. *Sugestão:* Imagine que exista uma distribuição uniforme da corrente no cilindro de raio R e uma outra corrente, na direção oposta, no orifício.