Lista 7

Campo magnético, força de Lorentz, aplicações

Q28.1) Considere a equação da força magnética aplicada sobre uma partícula carregada se movendo numa região com campo magnético: $\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$.

R: Sim, é possível que uma partícula carregada se mova numa região com campo magnético sem sofrer ação de força.

Q28.3) Considere as conclusões do exercício anterior sobre a força magnética sobre uma partícula carregada.

R: Nada se pode dizer sobre a existência ou não de um campo magnético no tubo.

Q28.9) Considere que uma corrente produz campo magnético atribuindo à espira um pólo norte e um pólo sul.

Q28.18) Consulte as páginas 224 e 225 do livro texto. O livro propõe uma discussão sobre a interação que o spin do elétron tem com um campo magnético externo. Macroscopicamente, diz-se que o material fica imantado, de forma que a possibilidade de imantação ou a durabilidade da mesma depende do material. Clipes, tachinhas ou agulhas são metais e tem bastantes elétrons disponíveis na superfície para interagir com o campo magnético externo e serem atraídos.

28.1) Use a equação dos exercícios Q28.1 e Q28.3

a) $\mathbf{\vec{F} = 0,67\ mN\ (-\hat{k})}$

b) $\mathbf{\vec{F} = (\,0,73\ \hat{j} + \ 0,67\ \hat{\imath}\,)\ mN}$

28.6)

a) Considere que na equação da força magnética utilizada nos exercícios Q28.1 e Q28.3 vale a relação $\|\vec{F}\| \leq q\ v\ B$, situação na qual velocidade e campo magnético são ortogonais. Lembre como é o movimento da partícula nessa situação, apesar de isso não ser explicitamente necessário para resolver o problema. Além disso, considere que força resultante sobre a partícula vale $\vec{F} = m\,\vec{a}$ e aceite a hipótese de que a força magnética é a resultante sobre a partícula (Não é qualquer força que satisfaz essa igualdade, é a força resultante. O melhor jeito de lembrar essa equação é escrevê-la na forma $\sum_i \vec{F}_i = m\,\vec{a}$).

R: A aceleração máxima da partícula é $\mathbf{3{,}25\,x\,10^6\,m/s^2}$. A Aceleração mínima é zero.

b) Como a força magnética é a resultante sobre a partícula, vale a igualdade em módulo $q\ v\ B\ sen\ \theta = m\ a$.

R: O ângulo entre a velocidade da partícula e o campo magnético é 14,47º

28.12) Como no exercício anterior, considere o ângulo entre o vetor velocidade da partícula e o campo magnético para que a trajetória seja circular. Novamente, por hipótese, a força magnética é a resultante sobre a partícula e a aceleração centrípeta é escrita como $a = \frac{v^2}{R}$. Além disso, define-se momento linear como $\vec{p} = m\,\vec{v}$ e momento angular como $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ onde $\vec{r}$ é o vetor posição da partícula (que nesse caso tem módulo constante).

R: O módulo do momento linear é $\mathbf{49{,}4 * 10^{-22}}$ Kg m / s.

O módulo do momento angular é 231,19 $*\ \mathbf{10^{-25}}$ Kg m² / s.

28.30)

a) Considere que o vetor normal à espira é ortogonal ao campo magnético. Considere que a força magnética sobre a corrente em um fio é $\vec{F} = i\,\vec{L} \times \vec{B}$. Conclua que somente a corrente em dois lados da espira sentem a força magnética. Considere a definição de torque $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ e calcule o torque da força magnética sobe cada um desses lados, tomando o vetor posição de cada um dos lados em relação ao centro da espira. (A princípio, seria necessário calcular o torque sobre cada "pedaço" do fio, tão pequeno quanto puder ser feito, para que possa ser aproximado por um ponto e somar o torque em todos os pedaços. Mas como cada "pedaço" de fio é atravessado pela mesma corrente e só importa a componente do vetor posição ortogonal ao fio (o braço da alavanca), essa soma levará a uma soma do comprimento de cada "pedaço" do fio, que é o próprio comprimento do fio). Por fim, some os torques calculados. **R: O módulo do torque sobre a espira é $\boldsymbol{\tau = i\,a\,b\,B = \mu\,B}$ onde i é a corrente que percorre a espira e *a* e *b* são os comprimentos dos seus lados. Procure dar a resposta na forma vetorial, embora isso dependa da forma como irá adotar o referencial.**

b) **Por definição de momento magnético, o módulo do momento magnético da espira é $\boldsymbol{\mu = 248\ A\ m^2}$.**

c) **Considerando a mesma corrente e campo magnético e mantendo a geometria retangular, o torque máximo é 49,77 Nm.**

28.32) Embora o exercício anterior não seja genérico quanto a geometria de uma espira, é um resultado conhecido que o torque sobre uma espira percorrida por corrente numa região com campo magnético é $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$. Além disso, sabe-se que a energia potencial acumulada no sistema, a ser transformada em energia cinética conforme a espira gira e aumenta a velocidade, é $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$. Considera-se que momento de dipolo magnético é sempre ortogonal à espira e seu sentido é dado pelo sentido que o polegar direito aponta quando os outros dedos circulam a espira no mesmo sentido da corrente.

a) $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \boldsymbol{N\,i\,A\,B}\,(-\hat{\imath}) \quad ; \quad \boldsymbol{U = 0}$

b) $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \boldsymbol{0} \quad ; \quad \boldsymbol{U = -N\,i\,A\,B}$

c) $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \boldsymbol{N\,i\,A\,B}\,(\hat{\imath}) \quad ; \quad \boldsymbol{U = 0}$

a) $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \boldsymbol{0} \quad ; \quad \boldsymbol{U = N\,i\,A\,B}$

28.29) Considere que a força magnética sobre a corrente em um fio posto numa região com campo magnético é $\vec{F} = i\,\vec{L} \times \vec{B}$

a) $\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{0,067\ N}\ (\,\hat{\boldsymbol{K}}\,)$

b) $\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{0,020\ N}\ (\,\hat{\boldsymbol{j}}\,)$

c) $\vec{\mathbf{F}} = \vec{\mathbf{0}}$

d) $\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{0,0098\ N}\ (-\hat{\boldsymbol{j}}\,)$

e) $\vec{\mathbf{F}} = \left(\mathbf{0,259}\,(-\hat{\boldsymbol{K}}\,) + \mathbf{0,126}\,(-\hat{\boldsymbol{j}}\,)\right)\ \mathbf{N}$

<u>28.53)</u> Faça um diagrama de corpo livre para o fio sobre o plano inclinado. Lembre que a força resultante sobre um corpo é $\sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_{Resultante} = m\,\vec{a}$, isto é, a soma sobre todas as forças que atuam no corpo. Lembre também que essa equação informa que para que o corpo parado permaneça parado (isto é, sua velocidade num instante é zero e continuará sendo zero pois sua aceleração também é zero) a força resultante deve ser nula.

Conclua no seu diagrama de corpo livre que é necessário que a corrente esteja percorrendo o fio de tal maneira que sofra a ação de uma força (devido ao campo magnético) que tenha ao menos uma componente no sentido paralelo ao plano e subindo o plano. Adote um sistema de coordenadas que pareça mais conveniente. Por sugestão, utilize o eixo x paralelo ao plano e descendo, o eixo y ortogonal ao plano e para fora, e o eixo z saindo da folha.

Ao concluir quais são a direção e sentido dessa força, escreva a segunda Lei de Newton considerando todas as forças que agem no fio, decompondo-as no sistema de referência adotado, e resolva a(s) equação (equações) escalares que obtiver para a corrente.

R: O módulo da corrente que circula para fazer o fio ficar em repouso é $\mathbf{i = \frac{mg}{LB}\,tg\,\theta}$. Na figura, seu sentido é da direita para esquerda.

<u>28.57)</u> Conclua que nesse caso, como a espira tem a possibilidade de girar, não basta que a soma das forças (isto é, a força resultante) seja zero. É necessário também que a soma dos torques seja zero. Adote como origem para medir os torques um eixo no qual a espira permanece sempre presa, pois nesse caso o torque devido à força que mantém a espira presa é nulo (pois o "braço de alavanca" dessa força será nulo). Nesse exercício em particular, tentar lidar com a segunda Lei de Newton tal como nos exercícios 28.6, 28.12 e 28.53 é desaconselhável, pois ao lidar diretamente com forças ao invés de torques exige conhecer a força que mantém a espira presa a um eixo (para que possa oscilar).

Identifique as outras forças que atuam na espira (que possui massa, e é circulada por corrente numa região com campo magnético) e soma seus torques em relação ao eixo no qual a espira está presa. Novamente, identifique que somente um dos lados da espira sofre a ação de um torque que favorece o seu levantamento, dada a direção campo magnético. O sentido do campo deve ser tal que a força que transmita á corrente e ao fio permita uma soma de torques igual a zero. Adote o sistema de referência indicado na figura do enunciado.

R: O campo magnético que faz a espira oscilar é $\vec{B} = \frac{\mathrm{mg}}{2\,\mathrm{i}\,\mathrm{a}}\,\mathrm{tg}\,\theta\ \hat{j}$

28.70)

a) Lembrando a definição de momento magnético $\vec{\mu} = i\,\vec{A}$ e que energia potencial é $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ e fazendo as conversões adequadas para o SI, obtém-se que a variação de energia potencial é $\mathbf{\Delta U = -0,78\ mJ}$

b) Considere que a variação da energia cinética (ou equivalentemente da velocidade) é consequência da variação da energia potencial do sistema. Considere também que o sistema começou numa situação na qual a espira estava parada. Esse é um resultando bastante importante na mecânica. Considere também que a energia cinética nesse caso em que uma rotação esta envolvida pode ser escrita como $T = \frac{1}{2} I\,\omega^2$, onde I é o momento de Inércia da espira, e ω sua velocidade angular.

R: A velocidade angular da espira no momento que ela passa pela segunda posição é $\boldsymbol{\omega = 42,81\ rad/s}$