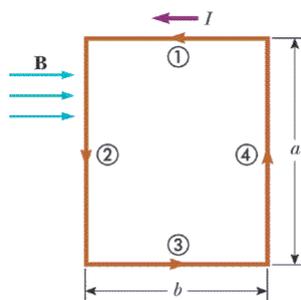


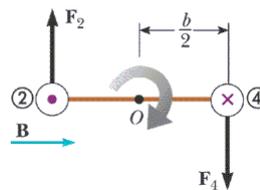
Aula 9

- 1) Torque sobre uma espira de corrente em um campo magnético uniforme.
- 2) A Lei de Biot-Savart
- 3) Força Magnética entre dois condutores paralelos
- 4) Lei de Ampere
- 5) Campo Magnético de um solenóide
- 6) Magnetismo na Matéria

Torque sobre uma espira de corrente em um campo magnético uniforme



- Fenômeno pelo qual certos materiais exercem uma força ou influência atrativa e repulsiva sobre outros materiais



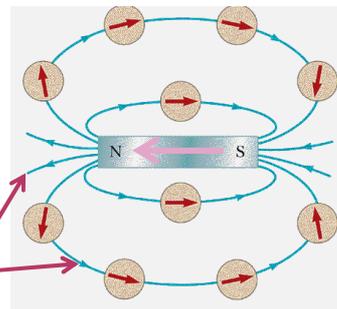
O Campo Magnético

- Cargas estacionárias → campos elétricos
- Cargas em movimento → campos magnéticos, além do campo elétrico
- Também há campo magnético em materiais com magnetismo permanente

Vetor: direção módulo e sentido

Direção do campo magnético no ímã (S → N)

Linhas de campo magnético



O Campo Magnético – cont.

- **B** é a indução magnética; [B] = tesla (T)
- **H** é o campo magnético externo, produzido por uma bobina; [H] = A/m
- **M** (magnetização) é o campo magnético produzido microscopicamente, dentro do material; [M] = A/m

No vácuo $B = \mu_0 H$, onde $\mu_0 = 4 \times \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$, sendo $H = \text{henry} = \text{T.m/A}$

Como detectar a presença de um campo magnético?

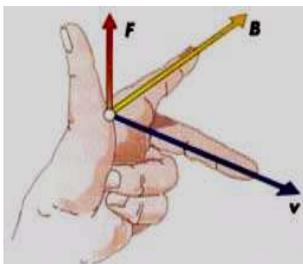
Partícula carregada de teste (próton) em um campo magnético e mede-se a força \vec{F}_B exercida sobre ela.

- A força magnética é proporcional à carga q da partícula, bem como à velocidade da partícula \vec{v} .
- O módulo e a direção da força magnética sobre a partícula dependem da direção relativa entre o vetor velocidade \vec{v} e o vetor indução magnética (\vec{B})
- Se $\vec{v} \parallel \vec{B}$, $\vec{F}_B = 0$
- Se \vec{v} faz um ângulo θ com \vec{B} , a força magnética age em uma direção perpendicular a \vec{v} e \vec{B} e será proporcional a $\text{sen}\theta$.
- \vec{F}_B depende do sinal da carga: cargas positivas e negativas têm \vec{F}_B com direções opostas.

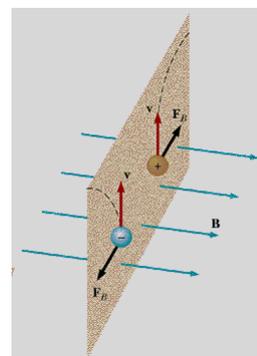
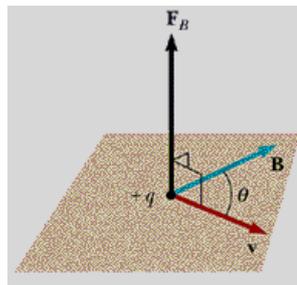
Força Magnética - \vec{F}_B

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \quad 1 \text{ T} = 1 \text{ N}\cdot\text{s} / \text{C}\cdot\text{m}$$

Regra da mão esquerda: FBV



$$|F_B| = qvB \text{ sen}\theta$$



Diferenças entre Forças Elétricas e Magnéticas

- A força elétrica é sempre paralela ou antiparalela à direção do campo elétrico, enquanto a força magnética é perpendicular ao campo magnético.
- A força elétrica age sobre uma partícula carregada, independentemente da velocidade desta, enquanto que a força magnética só age sobre a partícula carregada em movimento.
- Força elétrica realiza trabalho para deslocar uma partícula carregada, enquanto que a força magnética associada a um campo magnético permanente *não* realiza trabalho quando uma partícula carregada é deslocada.

- A força magnética associada a um campo magnético permanente *não* realiza trabalho quando uma partícula carregada é deslocada.

$$\vec{F}_B \cdot d\vec{s} = (\vec{F}_B \cdot \vec{v}) dt = 0$$

deslocamento

- Em outras palavras, quando uma partícula carregada se desloca com velocidade v , um campo magnético aplicado pode alterar a direção da velocidade, mas não o seu módulo. Portanto, não há variação de energia cinética, nem potencial $\rightarrow \Delta W = 0$

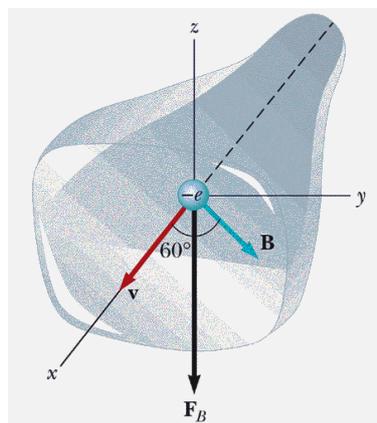
Representação do campo magnético perpendicular à página



Exemplo 22.1 – Um elétron em movimento em um campo magnético

Um elétron em um tubo de imagem de um aparelho de televisão desloca-se para a frente do tubo com uma velocidade de $8,0 \times 10^6$ m/s ao longo de x .

O tubo é envolvido por uma bobina de fios que cria um campo magnético de magnitude 0,025 T, direcionado a um ângulo de 60° em relação ao eixo x , estando no plano x - y . Calcule a força magnética sobre o elétron e sua aceleração.



Movimento de uma partícula carregada em um Campo Magnético

v e B são perpendiculares entre si e são perpendiculares a F_B , que tem direção radial.

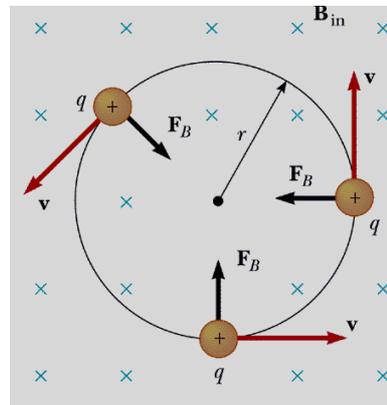
O sentido de rotação inverte devido o sinal da carga da partícula

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_B = m\mathbf{a}$$

$$qvB = ma = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

Diretamente proporcional ao momento linear mv e inversamente proporcional à carga e ao campo aplicado



Movimento de uma partícula carregada em um Campo Magnético - continuação

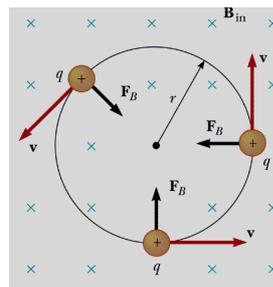
$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$$

freqüência angular

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

o período do movimento circular

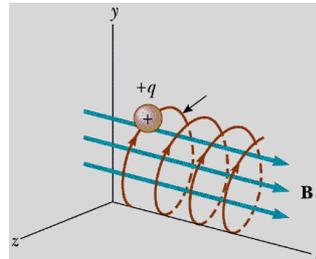


ω e T não dependem da velocidade translacional (v) da partícula ou do raio da órbita (r) para uma determinada partícula em um B uniforme.

ω é denominada de freqüência de ciclotron => acelerador Ciclotron

Movimento helicoidal de uma partícula carregada em um Campo Magnético

Se o ângulo entre B e v não é exatamente 90° a trajetória da partícula é uma hélice.



Como B é paralelo a x , a aceleração $a_x = 0 \Rightarrow v_x = \text{constante}$

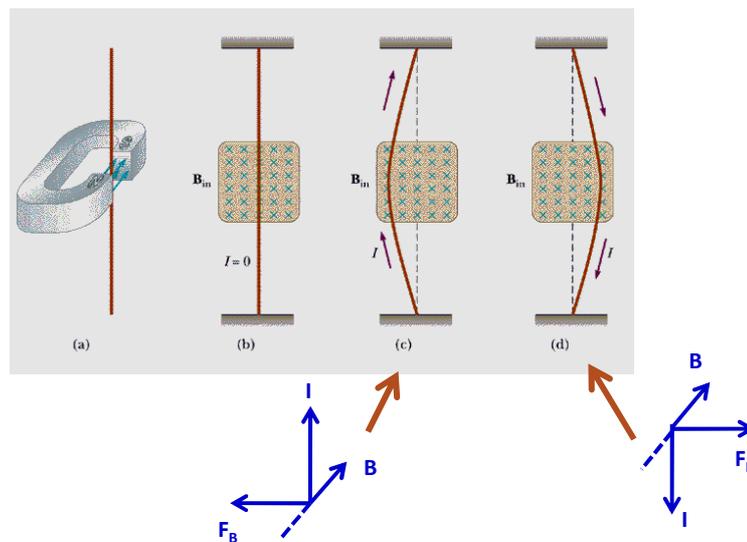
A força magnética faz com que as componentes v_y e v_z mudem com o tempo e o movimento resultante é uma hélice com eixo paralelo ao campo magnético.

Exemplo 22.2: Um próton está se deslocando em uma trajetória circular de raio 14,0 cm em um campo uniforme de 0,350 T dirigido perpendicularmente em relação à velocidade do próton. Encontre a velocidade translacional do próton.

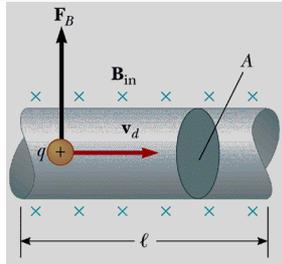
Exemplo 22.3: Em um experimento projetado para medir a densidade de fluxo magnético, ou indução magnética de um campo magnético uniforme, elétrons são acelerados a partir do repouso (usando-se um campo elétrico) através de uma diferença de potencia de 350 V. Após deixar a região de campo, os elétrons entram em um campo magnético e percorrem uma trajetória curva por causa da força magnética exercida sobre eles. O raio da trajetória medido é de 7,50 cm. Supondo que o campo magnético seja perpendicular ao feixe:

- (a) Qual é a magnitude do campo?
 (b) Qual é a frequência angular dos elétrons?

Força Magnética sobre um Condutor com Corrente



Força Magnética sobre um Condutor com Corrente



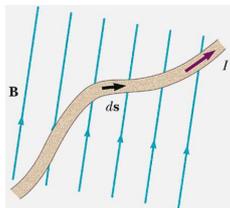
$$\vec{F}_B = (q\vec{v}_d \times \vec{B})nA\ell = \vec{I}\ell \times \vec{B}$$

$nA\ell$ = no. de cargas no volume

Onde: $I = qv_d nA$

$$\vec{F}_B = \vec{I}\ell \times \vec{B}$$

Para um fio de formato arbitrário:



$$d\vec{F}_B = I d\vec{s} \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_B = I \int_a^b d\vec{s} \times \vec{B}$$

Exemplo 22.4: Um fio curvado na forma de um semicírculo de raio R forma um circuito fechado e conduz corrente I . O circuito está no plano x - y e um campo magnético uniforme está presente ao longo do eixo y positivo, como na figura ao lado. Encontre a força magnética sobre a porção reta do fio e sobre a porção curva.

