

Electromagnetismo

Física III para a Engenharia (4323203)

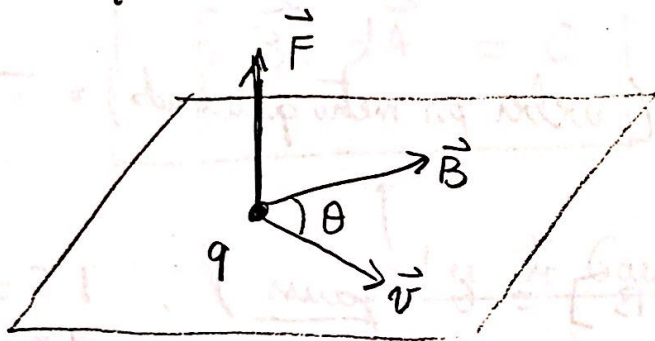
Notas de Aula - 2015

Carlos E. I. Carneiro

Campos Magnéticos

Ler o item 27.1 do livro texto para conhecer um pouco da história do magnetismo.

Uma carga colocada em um campo magnético sofre uma força



$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$|\vec{F}| = |q| v B \sin \theta$$

Note que a força é máxima quando $\theta = 90^\circ$ e nula para $\vec{v} \parallel \vec{B}$ ($\theta = 0$ ou 180°).

Ao contrário da força elétrica, a força magnética só atua se $v \neq 0$.

A força magnética não efetua trabalho sobre uma carga.

$$\begin{aligned} dW &= \vec{F} \cdot d\vec{l} = \vec{F} \cdot \vec{v} dt = 0 \\ &\quad \uparrow \\ &\quad \vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt} \end{aligned}$$

⇒ Quando a carga se move em um campo magnético a velocidade pode mudar de direção, mas seu módulo não se altera (caso contrário, a energia cinética mudaria)

UNIDADES

$$[B] = \frac{Wb}{m^2} \text{ (weber por metro quadrado)} = T \text{ (tesla)} \text{ (SI)}$$

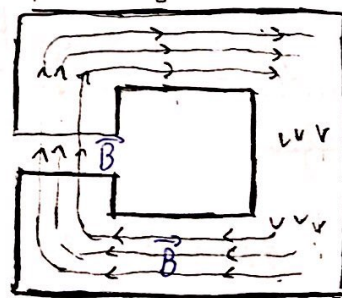
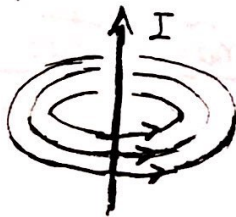
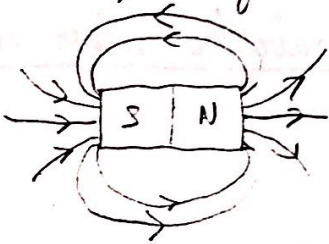
$$\text{No CGS } [B] = G \text{ (gauss)}, \quad 1T = 10^4 G$$

$$1T = 10KG$$

O campo magnético da Terra é $\approx 0,5 G = 0,5 \times 10^{-4} T$

Linhas de campo magnético e fluxo magnético

Analogamente ao campo elétrico, podemos representar o campo magnético por linhas de campo magnético



As linhas do campo \vec{B} são linhas fechadas. Isto significa que, ao contrário do campo \vec{E} , o campo \vec{B} (segue)

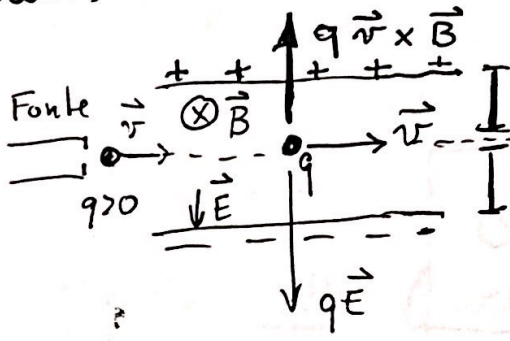
não tem fontes (até agora não foram encontrados monopólos magnéticos). Isto implica que o fluxo de \vec{B} através de qualquer superfície fechada é zero

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Lei de Gauss do magnetismo

Seletor de velocidades

Combinando um campo magnético e um campo elétrico podemos criar um seletor de velocidades.



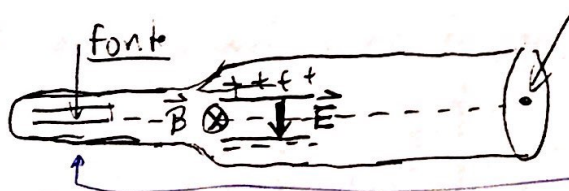
Observe que \vec{F}_{mag} tem sentido oposto de \vec{F}_{elet} .

Dados \vec{E} e \vec{B} , existe uma velocidade \vec{v} tal que

$$qE = qvB \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}} \quad (\text{independe da massa})$$

Apenas partículas com esta velocidade não terão a trajetória desviada e conseguirão sair do seletor.

Experiência de Thomson p/ determinar e/m (1897)



acelerados através de uma ddp de V volts.

$$\frac{1}{2} m v^2 = eV \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}}$$

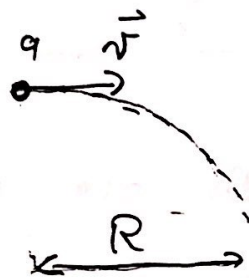
Ajustando \vec{E} e \vec{B} para que não haja deflexão do feixe.

de elétrons podemos escrever

conhecido $\rightarrow \frac{E}{B} = v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \Rightarrow \boxed{\frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}}$

Espectrômetro de massa

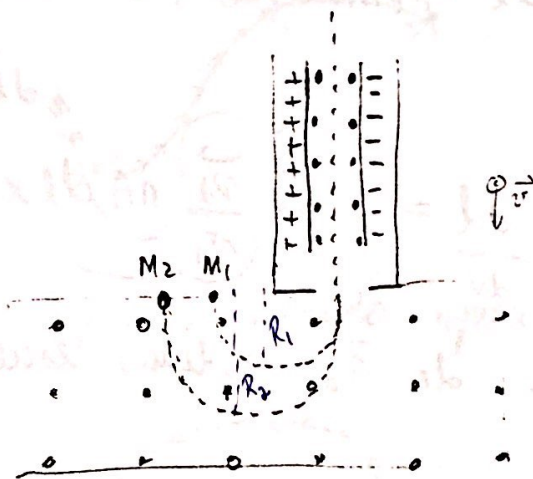
Em um campo magnético, o raio da trajetória (plana) é



$$\odot \vec{B} \quad \frac{mv^2}{R} = qvB$$

$$\Rightarrow \boxed{R = \frac{mv}{qB}}$$

Conhecendo a carga de um íon, podemos usar o resultado acima e um seletor de velocidades para determinar a massa do íon.



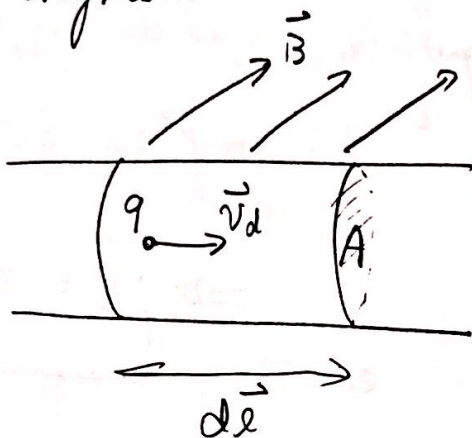
$$R = \frac{mv}{qB} \Rightarrow \boxed{m = \frac{qBR}{v}}$$

Note que quanto maior a massa maior R.

Nos espectrômetros de massa utilizados atualmente a precisão é de uma parte em 10.000. São bastante úteis p/ determinar a diferença de massa de isótopos.

Força Magnética em um condutor

Para deduzir a força sobre um fio consideramos um segmento do condutor



Para uma carga

$$\vec{F}_q = q \vec{v}_d \times \vec{B}$$

Em dl existem $nA dl$ portadores. Portanto a força sobre dl é

$$d\vec{F} = (q \vec{v}_d \times \vec{B}) \underbrace{nA dl}_{dV} = q v_d \left(\frac{\vec{v}_d}{v_d} \right) nA dl \times \vec{B}$$

Como $d\vec{l}$ tem a direção de \vec{v}_d podemos escrever

$$\boxed{d\vec{F} = \underbrace{nq v_d A}_{I} d\vec{\ell} \times \vec{B} = \boxed{I d\vec{\ell} \times \vec{B}}}$$

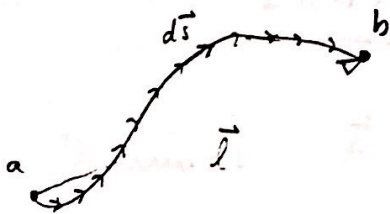
Para se obter a força total sobre o fio integra-se sobre todos os elementos $d\vec{\ell}$.

$$\boxed{\vec{F} = I \int_a^b d\vec{\ell} \times \vec{B}}$$

No caso de campo ser constante

$$\vec{F} = I \left(\int_a^b d\vec{\ell} \right) \times \vec{B}$$

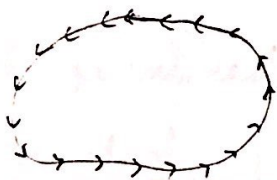
(a) Fio aberto



$$\int_a^b d\vec{\ell} = \vec{l}$$

$$\boxed{\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}}$$

(b) Fio fechado (espira)



$$\oint d\vec{\ell} = \vec{0}$$

$$\boxed{\vec{F} = \vec{0}}$$