

Campo magnético e força magnética

Prof. Dr. Maycon Motta

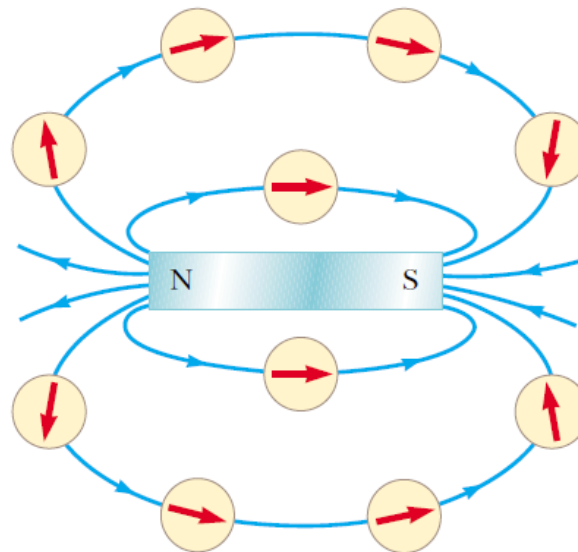
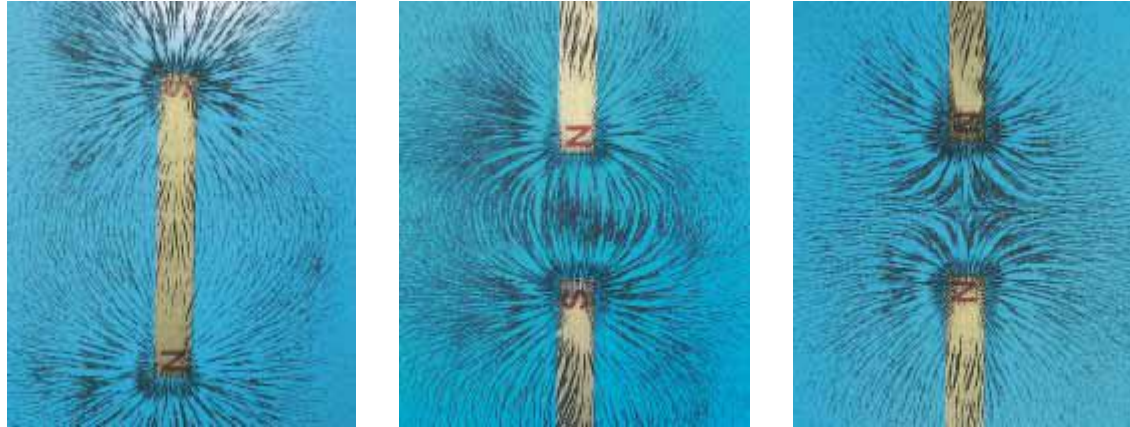


Na aula anterior

Imãs, campo magnético terrestre e força magnética

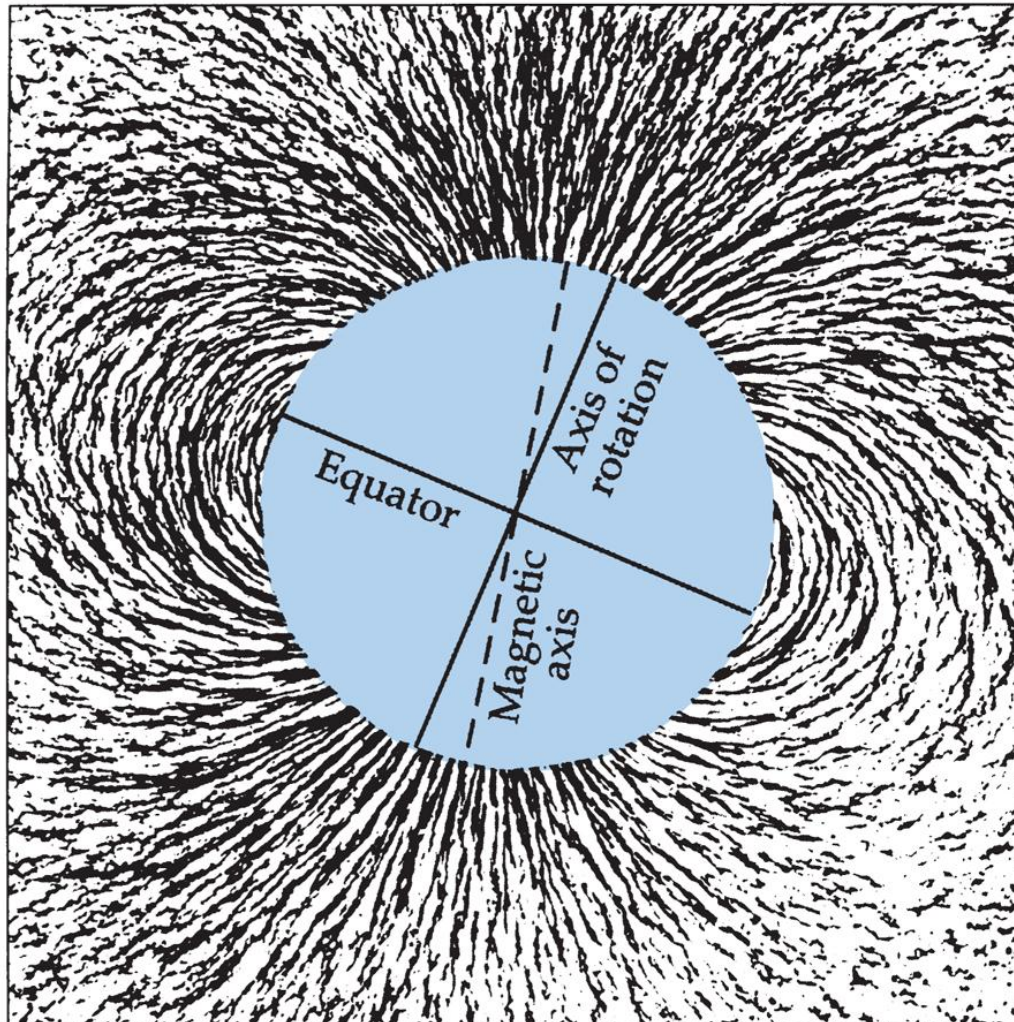
Interações entre polos de um imã, campo terrestre e formulação da força magnética

Imãs



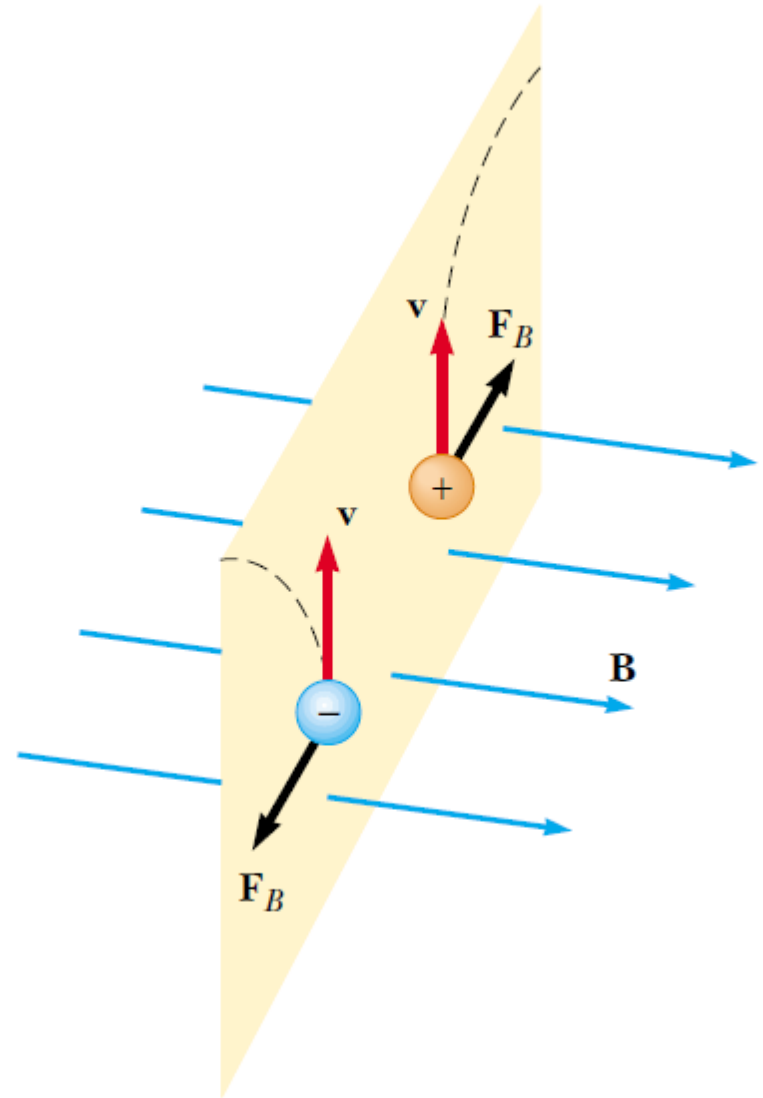
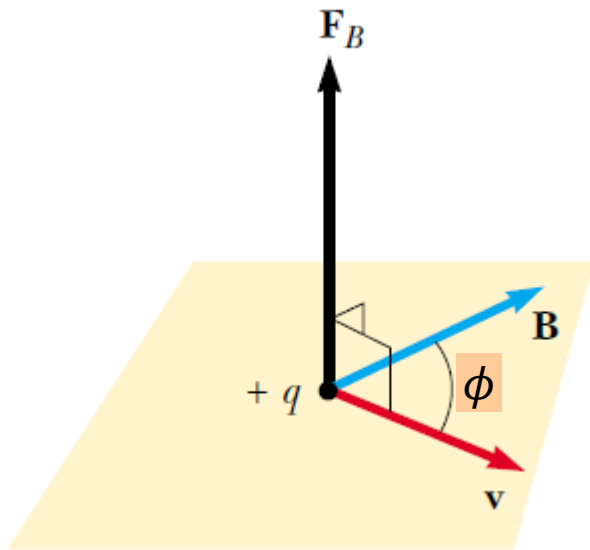
FISICAT

Campo da Terra



Força Magnética

$$\mathbf{F}_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$



Força Magnética

Módulo:

$$F_B = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}(\phi)$$

$$F_B = 0 \quad \text{se}$$

$$v = 0$$

$$q = 0$$

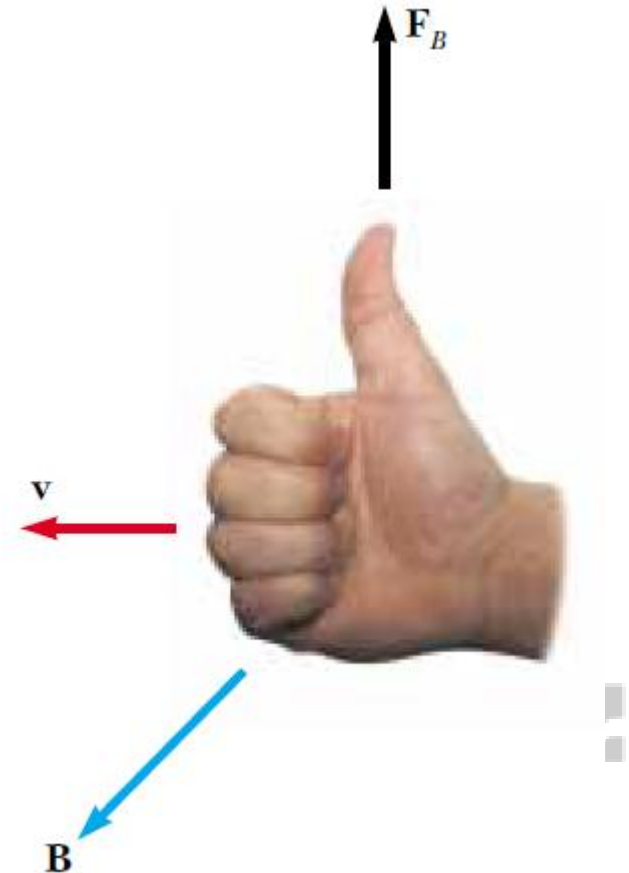
$$B = 0$$

$$\phi = 0^\circ \text{ e}$$

$$\phi = 180^\circ$$

F_B é máximo se $\phi = 90^\circ$

Direção e sentido:



Força magnética

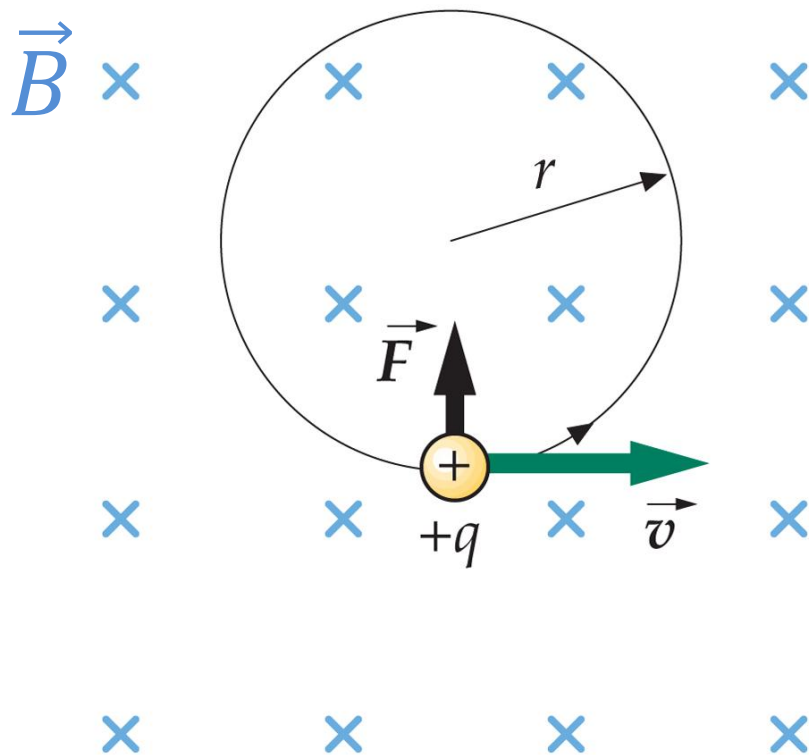
A força magnética realiza trabalho?

$$W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

→ caminho

Como $\vec{F}_B \perp \vec{v}$, a força magnética varia a direção da velocidade e não o módulo da velocidade. Assim, forças magnéticas não realizam trabalho nas partículas e não variam a energia cinética delas.

Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético



⊙ ou · → vetor saindo
⊗ ou x → vetor entrando

Força centrípeta

$$F_B = F_C$$

O raio de curvatura será:

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

\vec{B} é uniforme;
 $\vec{v} \perp \vec{B}$

Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

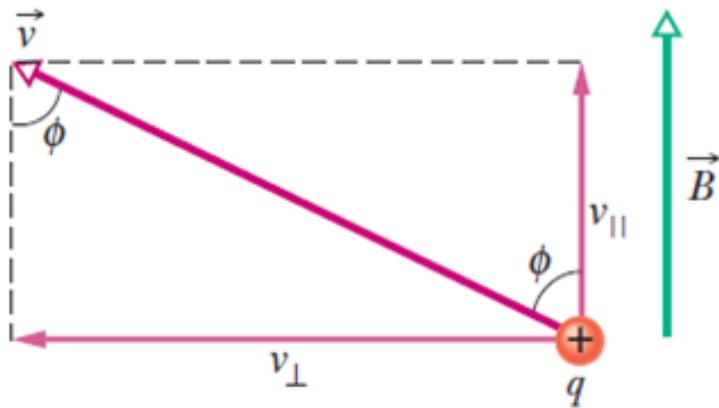
Período: $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ Tempo para uma revolução

Frequência: $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

Frequência angular: $\omega = 2\pi f = \frac{qB}{m}$

Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

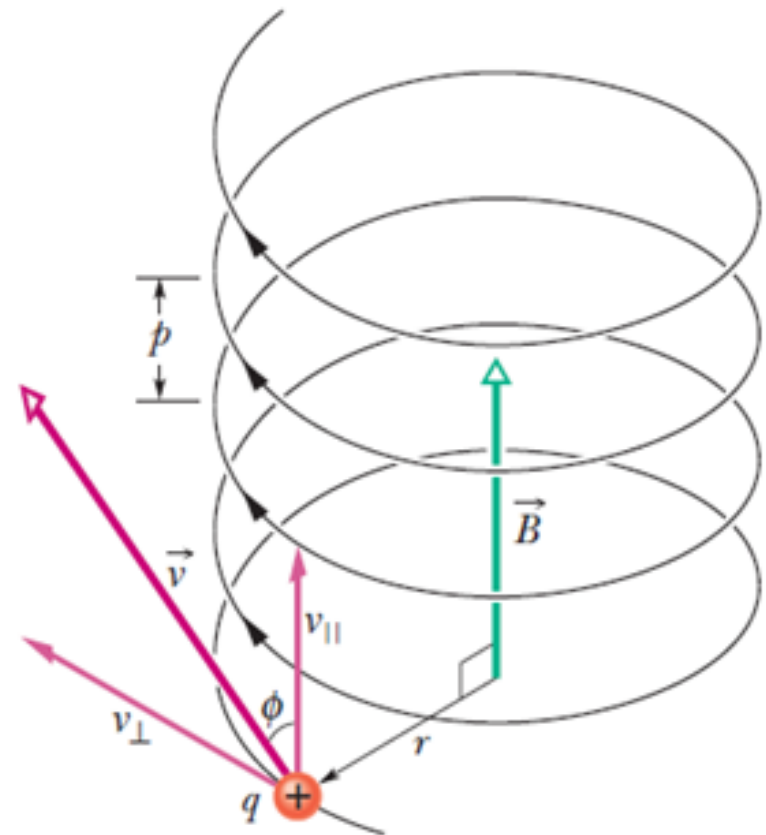
E se \vec{v} não for perpendicular a \vec{B} , isto é, se \vec{v} tem uma componente paralela a \vec{B} ?



(a)

$$v_{\parallel} = v \cdot \cos(\phi)$$
$$v_{\perp} = v \cdot \sin(\phi)$$

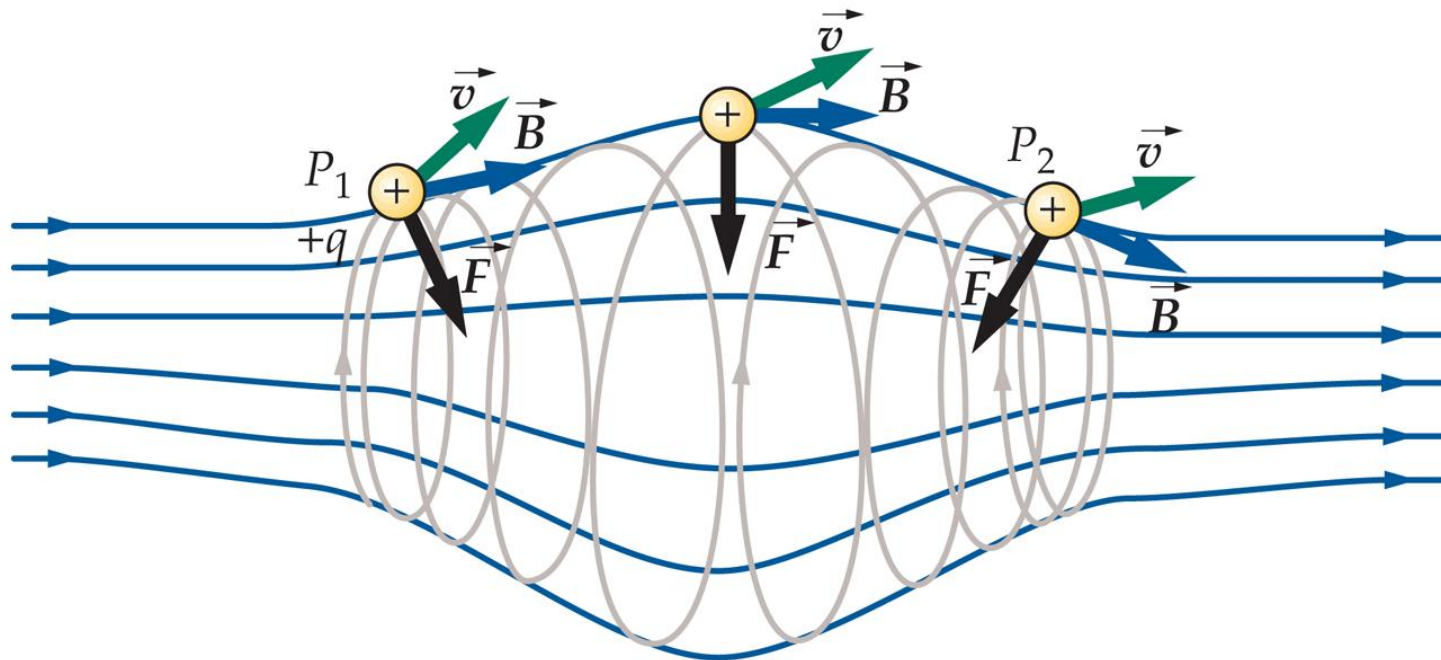
Trajetória helicoidal



(b)

Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

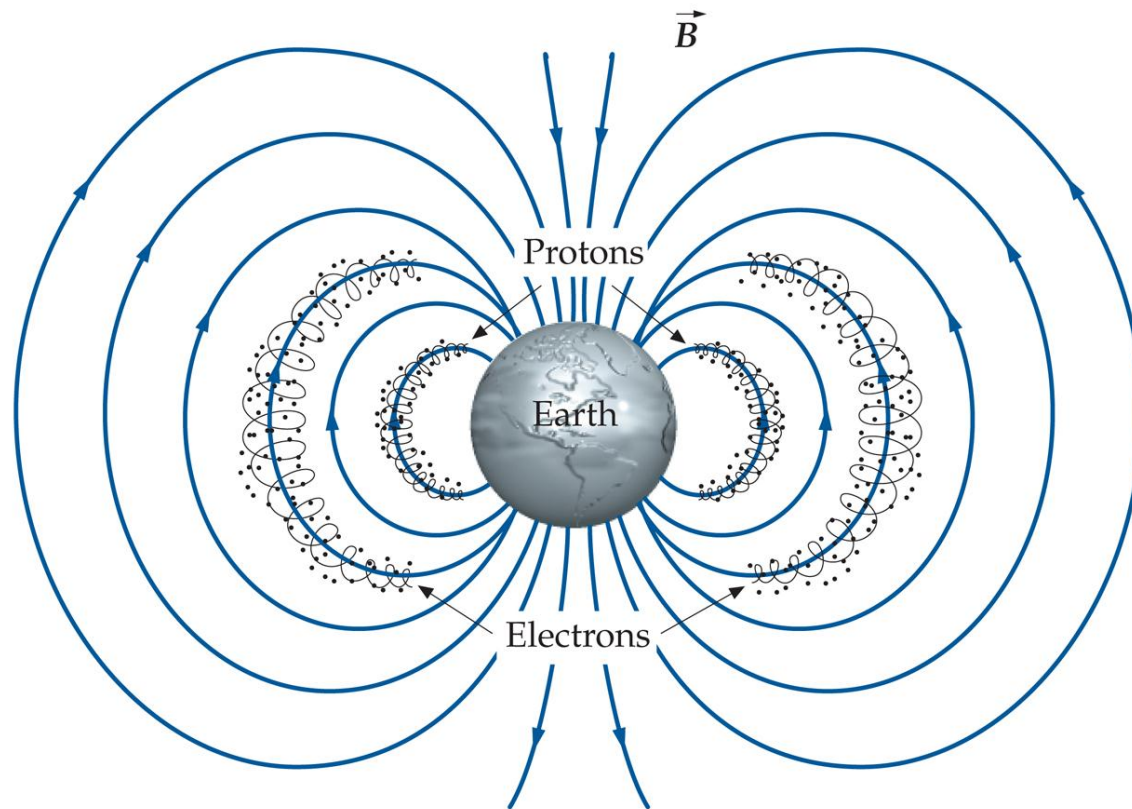
E se \vec{B} não for uniforme?



Garrafa magnética: confinamento de uma partícula carregada entre P_1 e P_2 .

Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

\vec{B} não for uniforme / Cinturão de Van Allen:



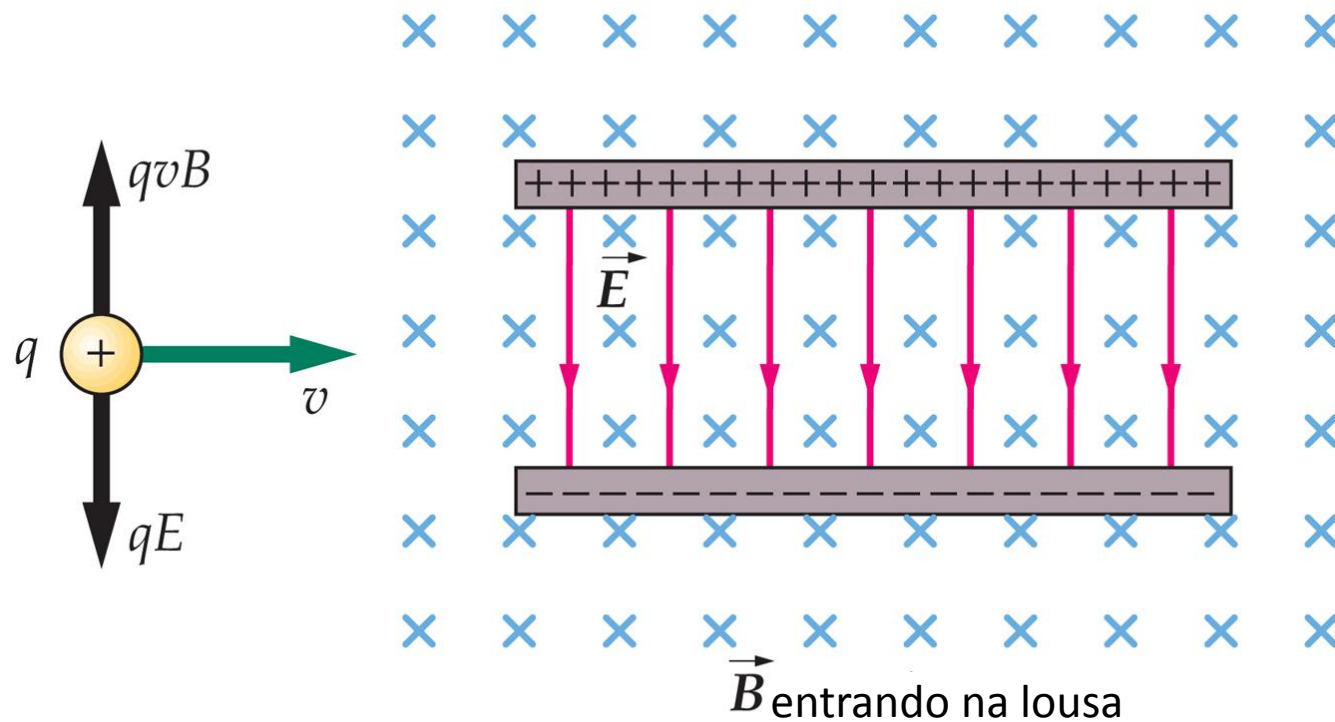
Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético



Aplicações: campos cruzados



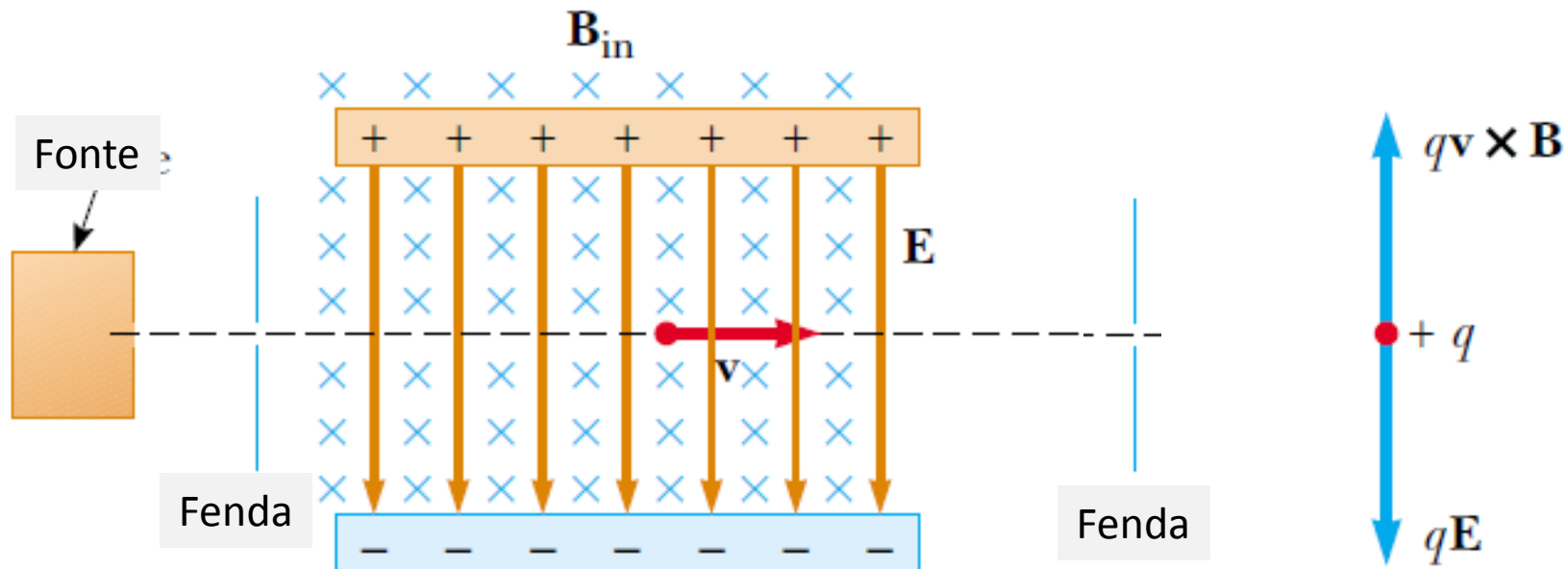
Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético



$$\vec{F}_L = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



Filtro ou seletor de velocidade

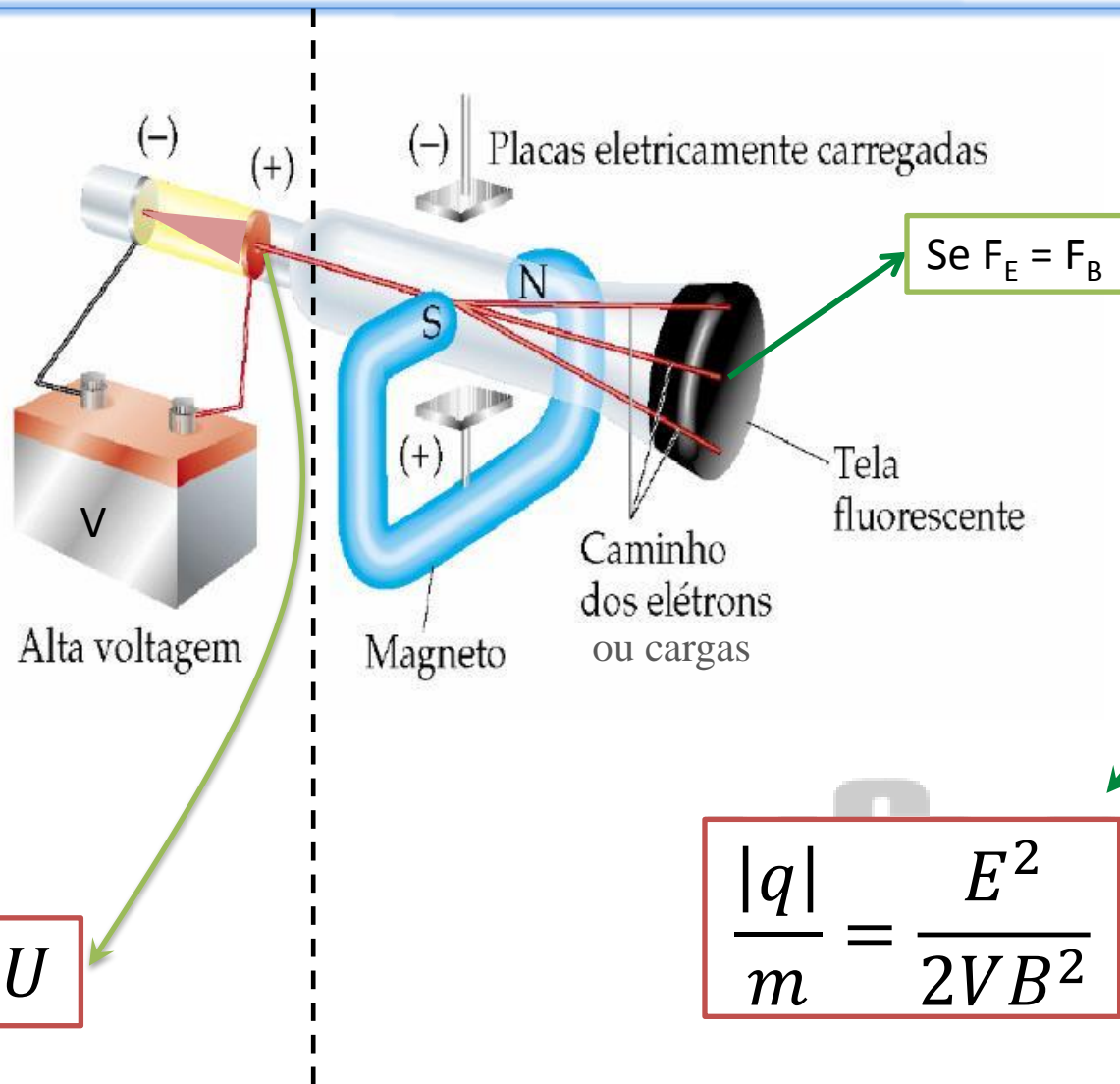


$$v = \frac{E}{B}$$

Apenas partículas com velocidade v podem passar pela segunda fenda.



Descoberta do elétron

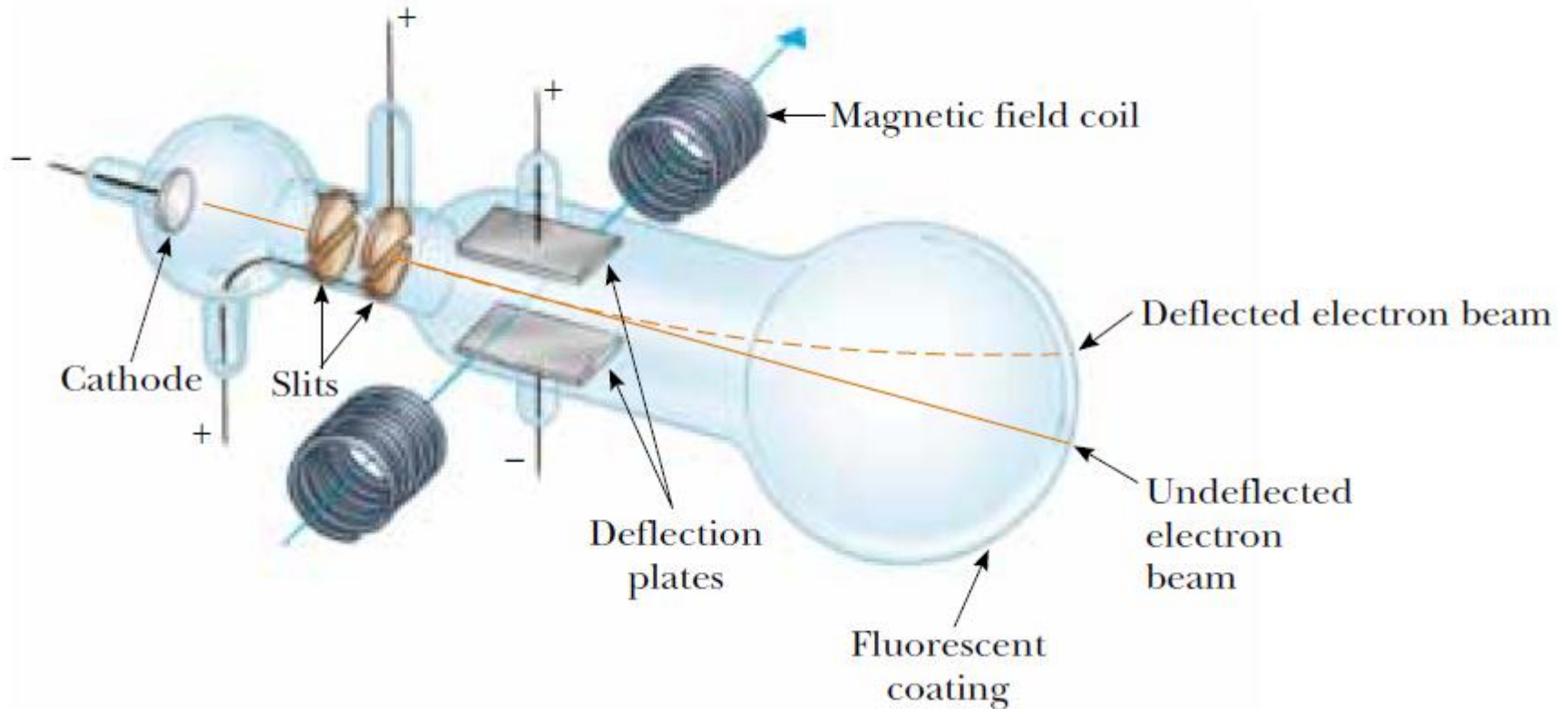


Na fonte de carga

$$K = U$$

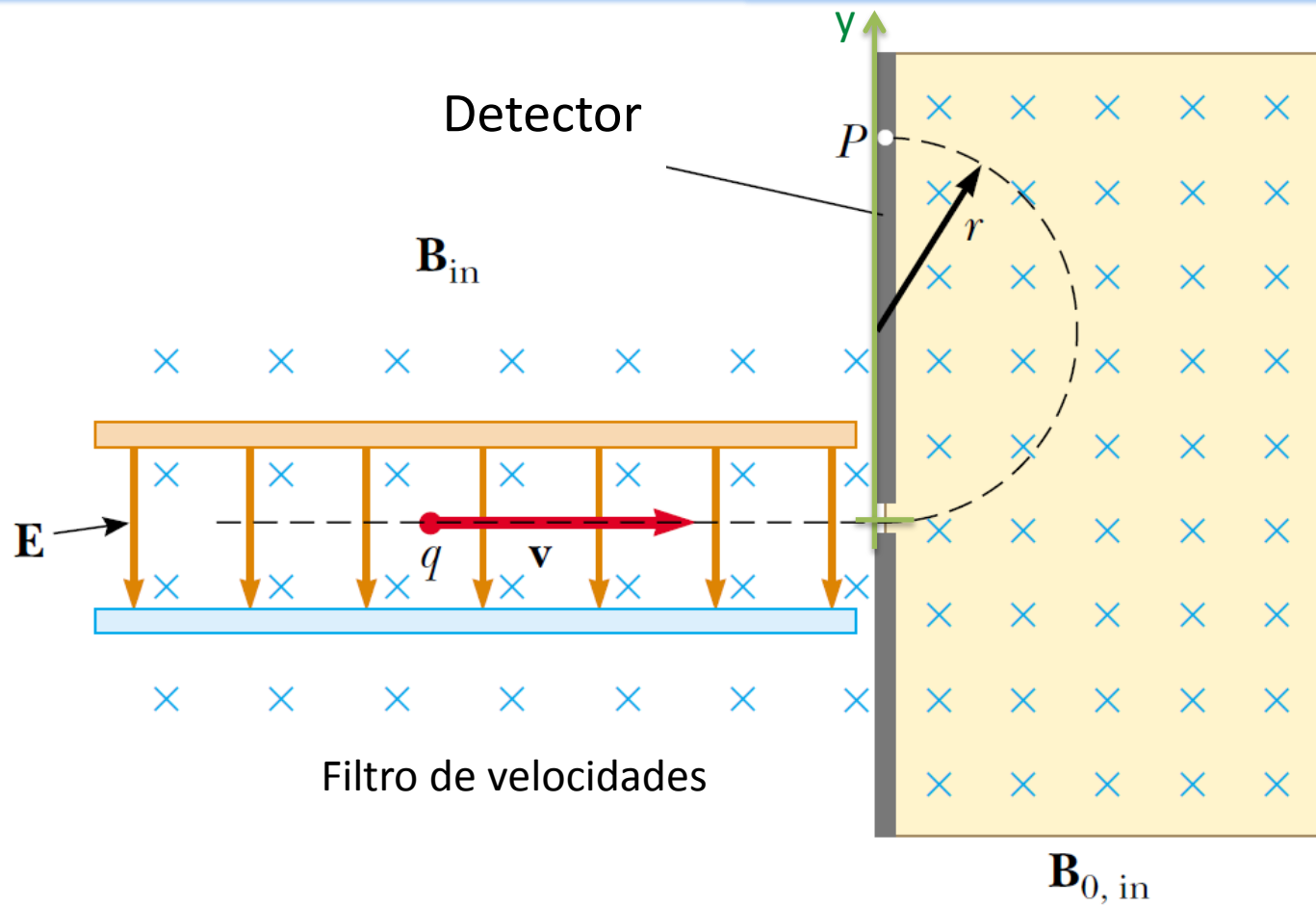
$$\frac{|q|}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

Descoberta do elétron



$$\frac{|q|}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

Espectrômetro de massa

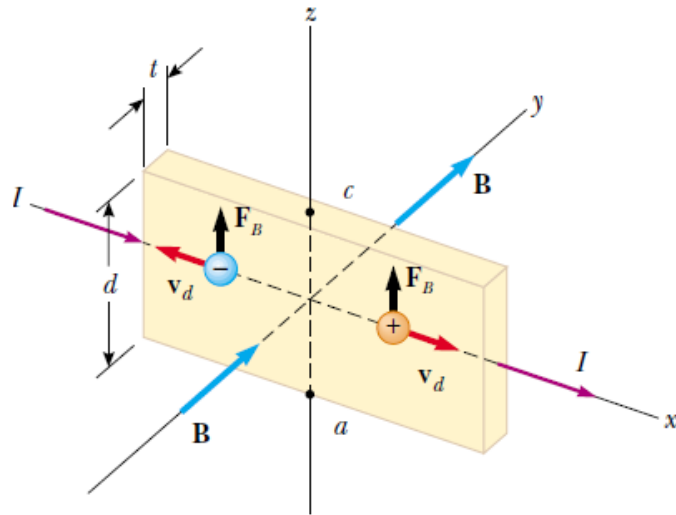


$$y = \frac{2}{B_0} \sqrt{\frac{2mV}{|q|}}$$

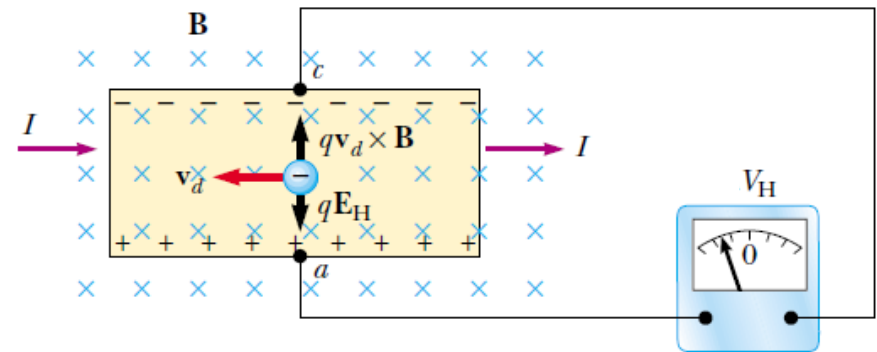
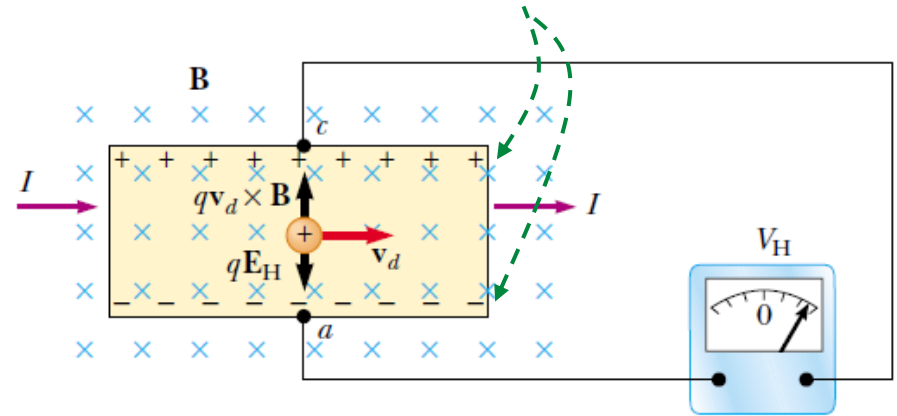
$$\frac{m}{|q|} = \frac{rBB_0}{E}$$

Efeito Hall*

Permite determinar o **sinal** do portador de carga (q) e a **densidade** volumétrica (n) em um material.



Devido a \vec{F}_B , há um acúmulo de cargas que gera um \vec{E}_H .



Campo elétrico "Hall":

$$E_H = v_d B$$

Tensão Hall

$$V_H = R_H \frac{iB}{t}$$

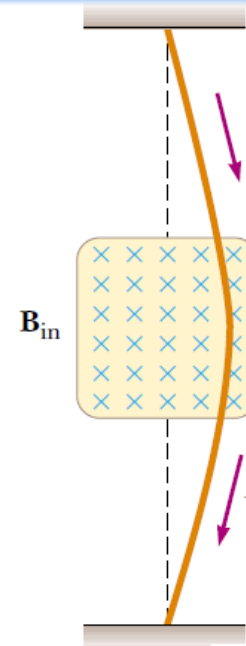
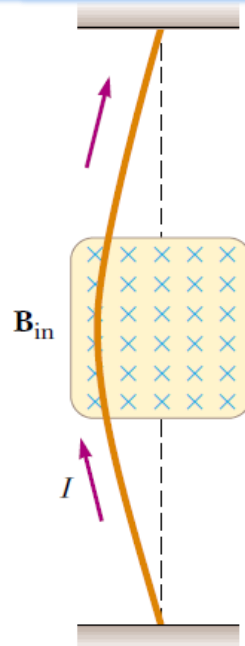
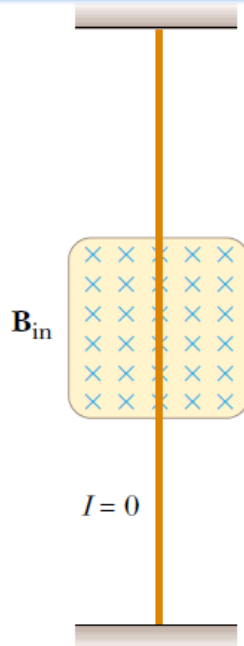
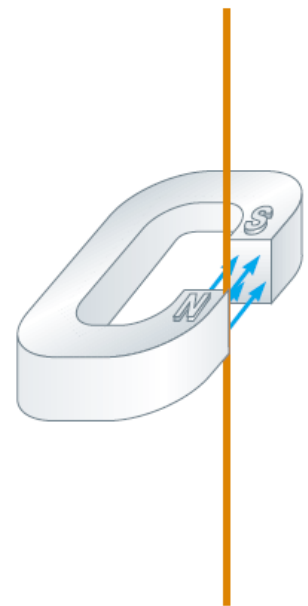
Coeficiente Hall

$$R_H = \frac{1}{nq}$$

Força magnética sobre um fio conduzindo corrente



Força magnética sobre um fio conduzindo corrente

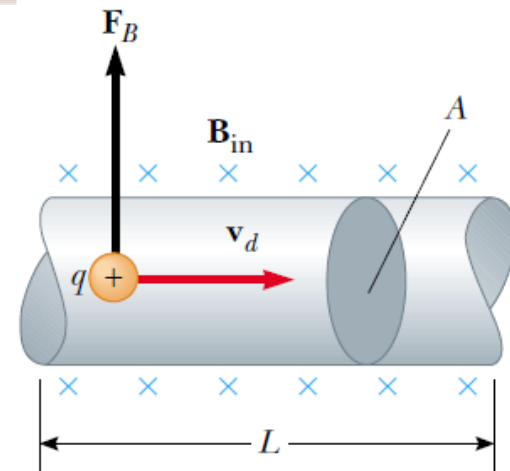


Fio retilíneo:

$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$

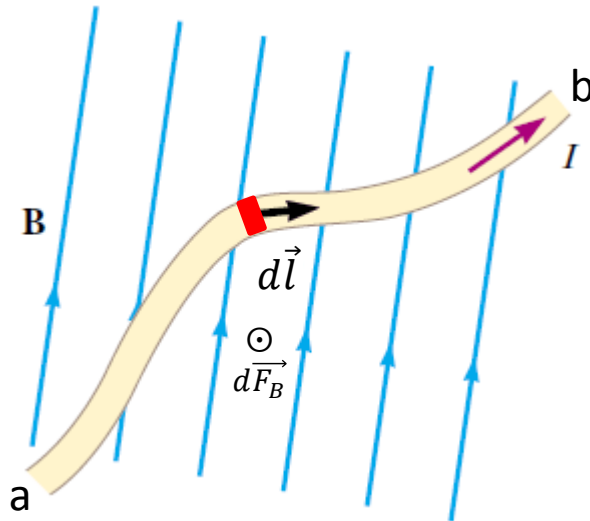


Vetor comprimento com intensidade L e dirigido no sentido da corrente.



Força magnética sobre um fio conduzindo corrente

Caso geral (fio):

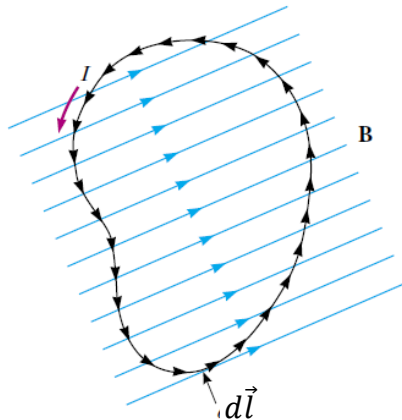


$$d\vec{F}_B = i d\vec{l} \times \vec{B}$$

Elemento de corrente

$$\vec{F}_B = \int_a^b d\vec{F}_B = i \int_a^b d\vec{l} \times \vec{B}$$

Exemplo:
Caminho
Fechado

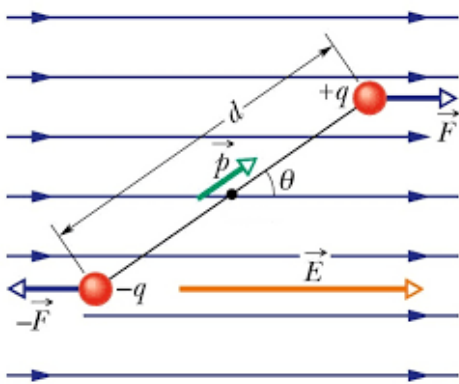


$$\vec{F}_B = i \int_a^a d\vec{l} \times \vec{B} = 0$$

A força magnética resultante é nula.

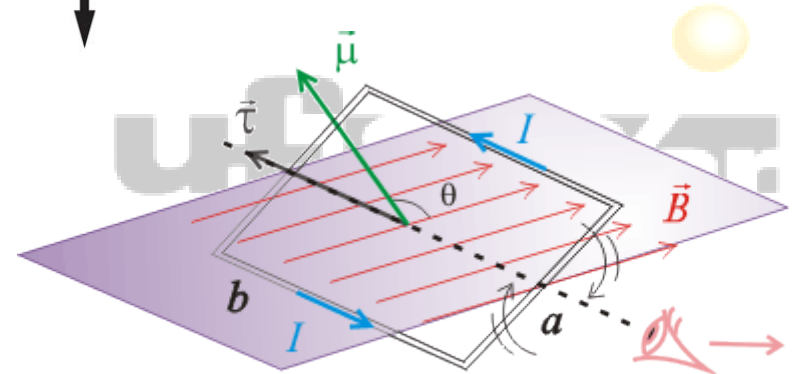
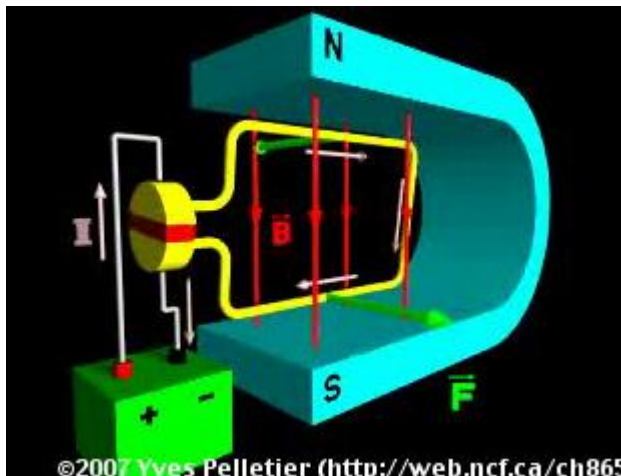
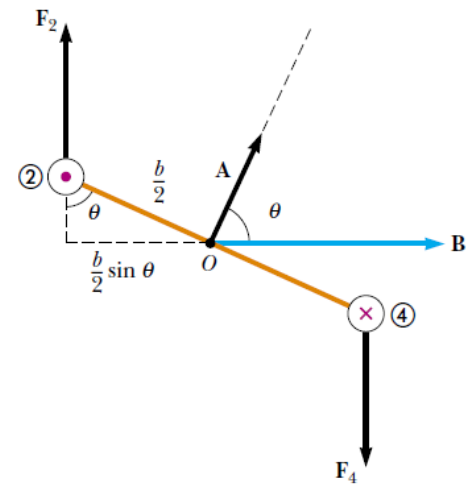
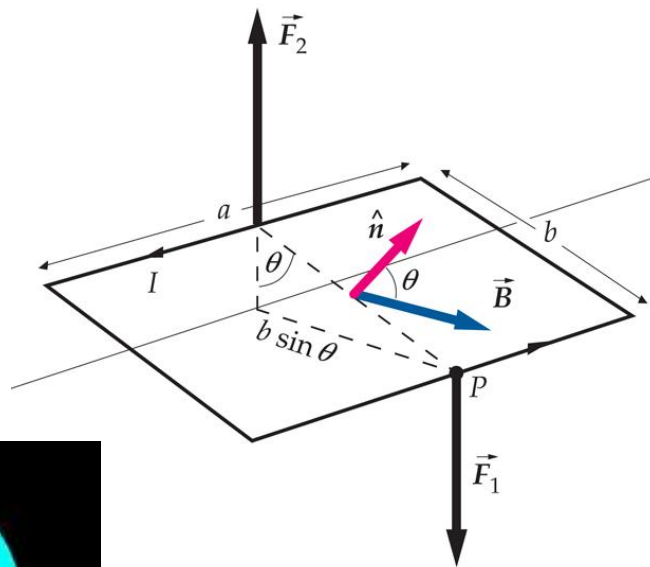
Torque sobre um dipolo magnético

Caso elétrico: $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$



Caso magnético:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



Momento magnético

Torque:

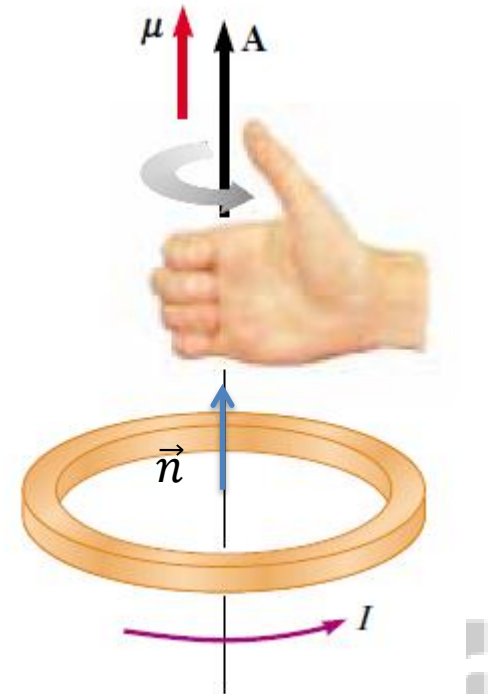
$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

Momento de dipolo magnético de uma espira:

$$\vec{\mu} = iA\vec{n}$$

Para uma bobina com N enrolamentos:

$$\vec{\mu} = Ni\vec{A}$$



Referências

- [1] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker. Fundamentos da Física, 6ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2003. v. 3. 281 p.
- [2] H. D. YOUNG, R. A. FRIEDMAN. Física III: Eletromagnetismo, 12ª ed., São Paulo: Addison Wesley, 2008. v. 3. 425 p.
- [3] P. A. Tipler e G. Mosca. Física para cientistas e engenheiros, 5ª ed., Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006. v. 2. 550 p.
- [4] R. A. Serway, J. W. Jewett Jr. Princípios de Física, Eletromagnetismo, 3ª ed., São Paulo: Thomson, 2005. v.3

