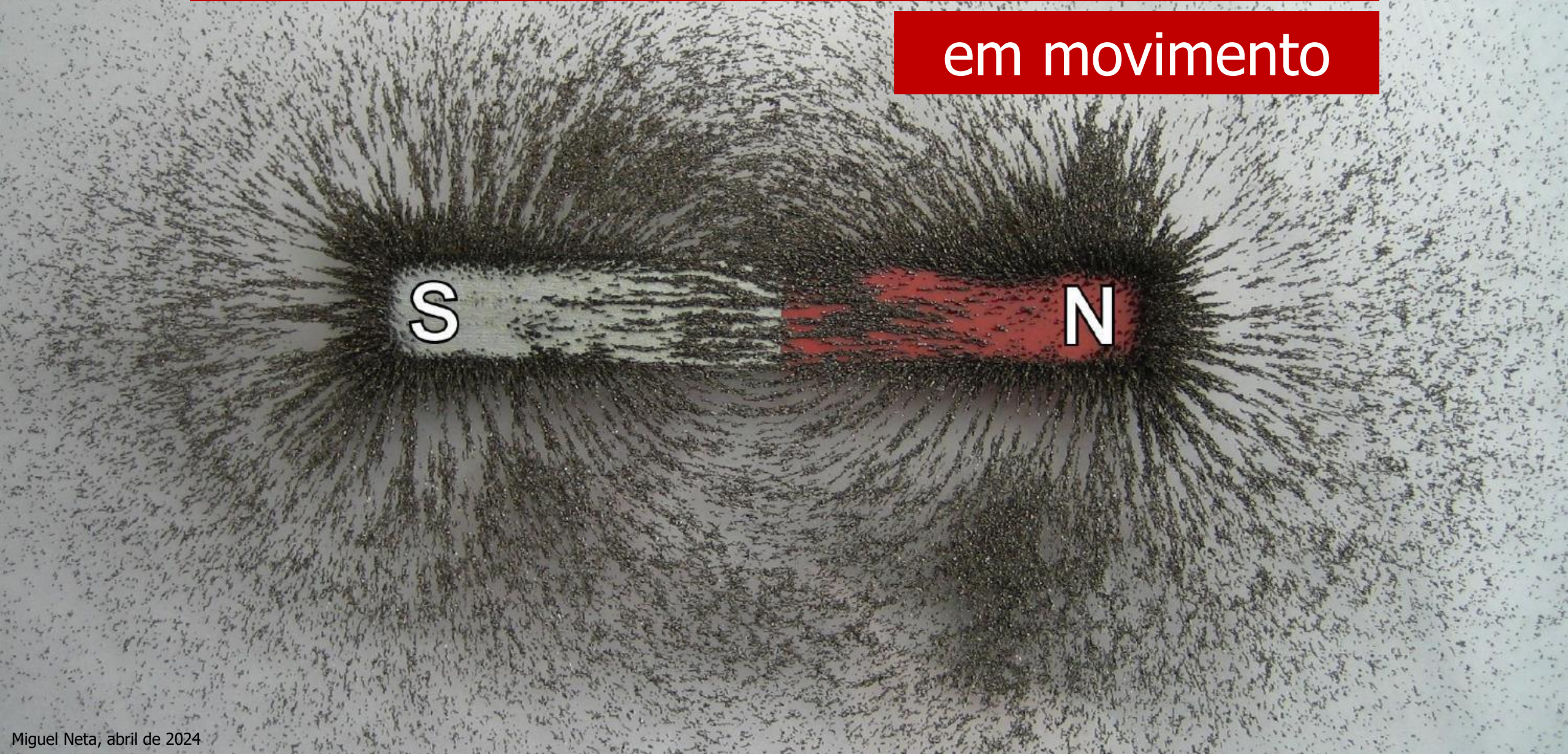


Ação de campos magnéticos sobre cargas em movimento

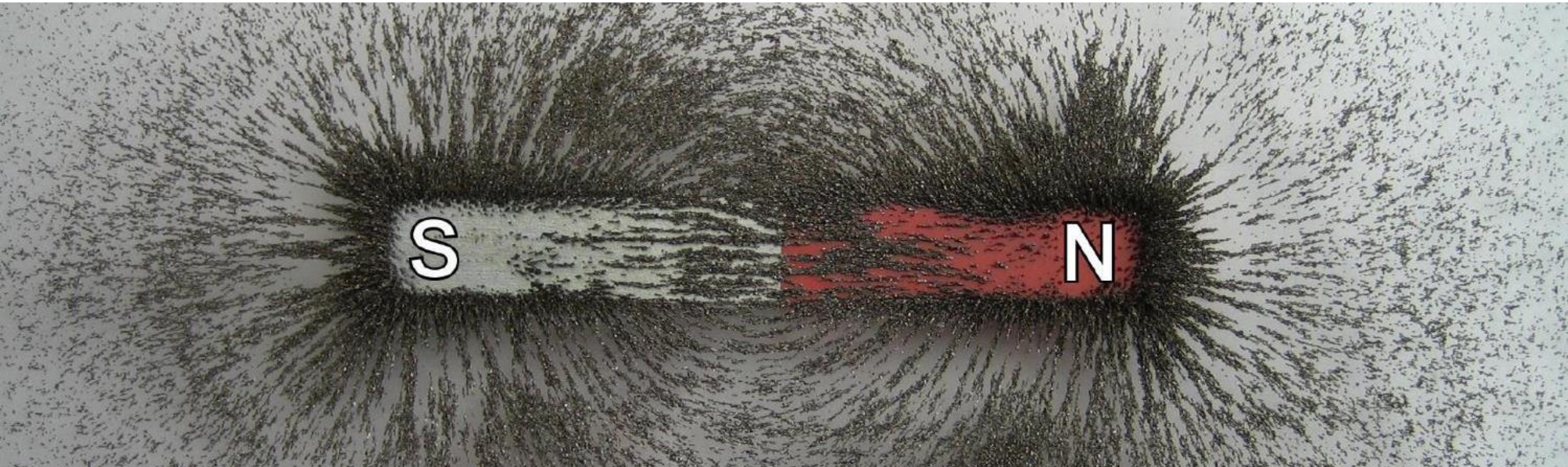


Essencial

- Caracterizar as forças exercidas por um campo magnético uniforme sobre cargas elétricas em movimento, concluindo sobre os movimentos dessas cargas.

Palavras-chave

- Campo magnético.
- Campo uniforme.
- Força num campo magnético.
- Regra da mão direita.



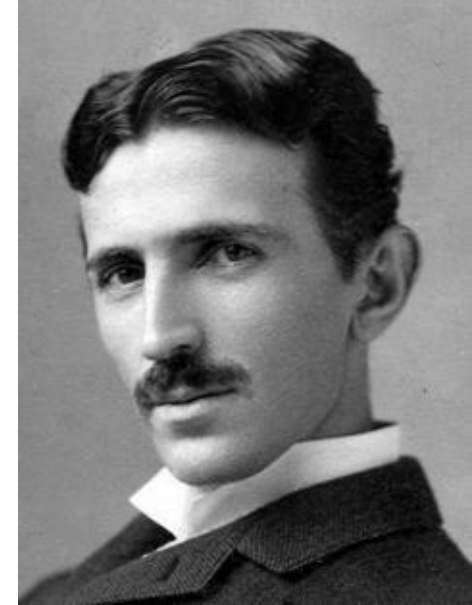
Campo magnético, \vec{B}

Um material que seja capaz de apresentar propriedades magnéticas cria em seu redor um **campo magnético**.

O campo magnético pode ser definido pela medida da força que o campo exerce sobre o movimento de partículas com carga.

O campo magnético, \vec{B} , é uma **grandeza vetorial**.

A unidade SI é o **tesla**, **T**.

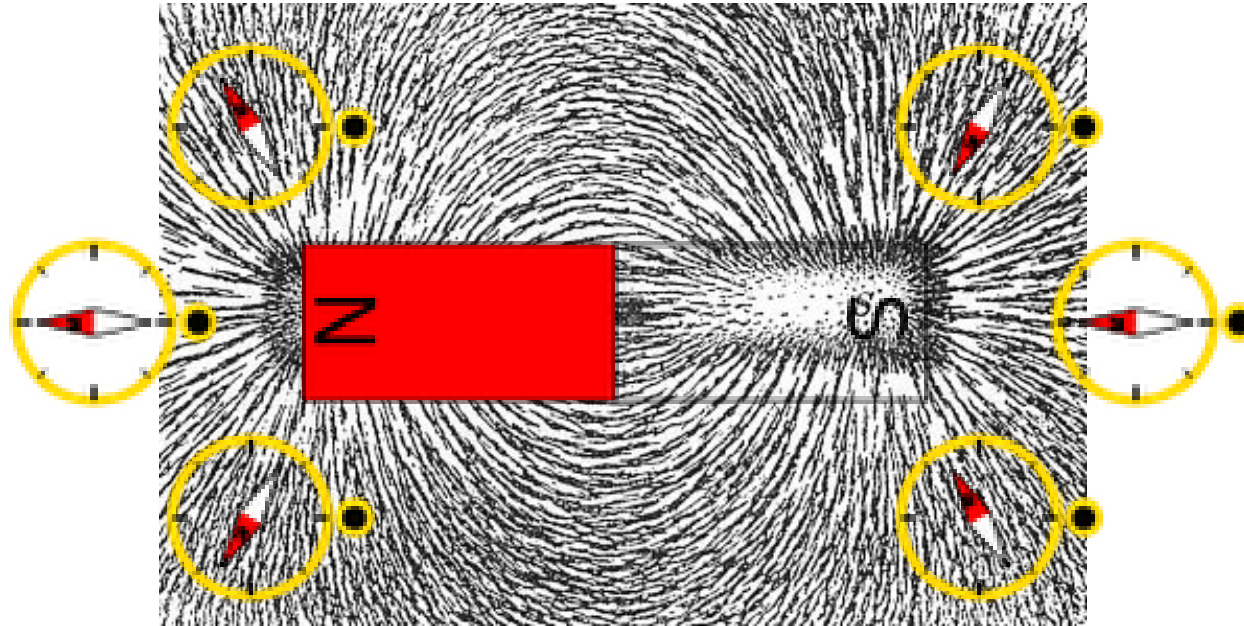


[Nikola Tesla](#) (1856-1943).



Campo magnético, \vec{B}

Um íman orienta-se segundo o sentido do campo magnético.



Linhas de campo magnético

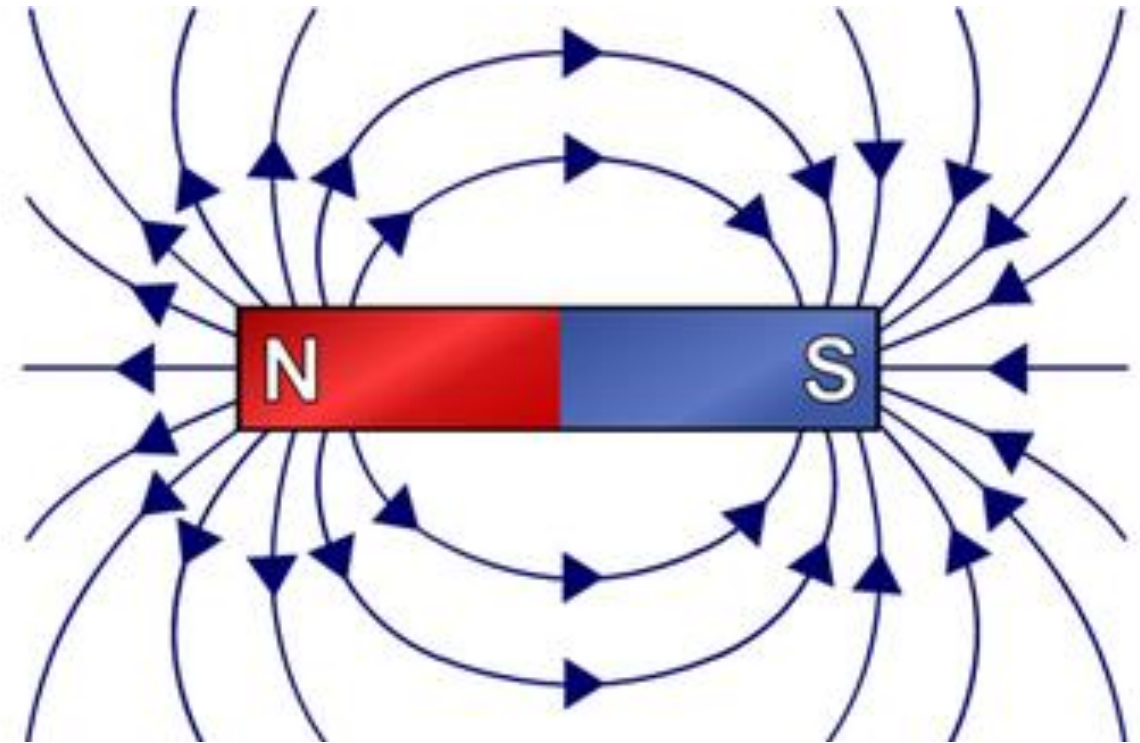
Um campo magnético tem linhas de campo que tem as seguintes **propriedades**:

São **linhas fechadas**;

Nunca se cruzam;

São linhas **tangentes ao campo magnético** e com o **mesmo sentido (sentido N → S)**;

A **densidade** das linhas de campo **aumenta com a intensidade do campo magnético**.



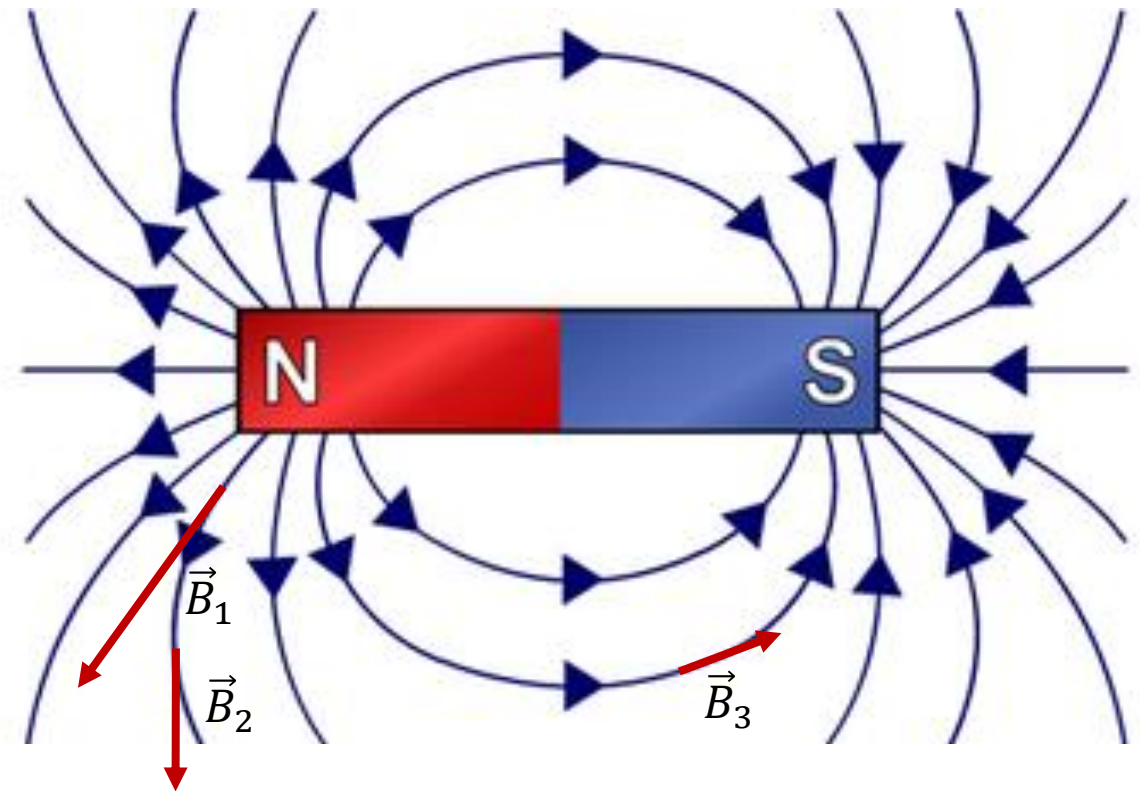
Linhas de campo magnético

O **campo magnético**, num ponto:

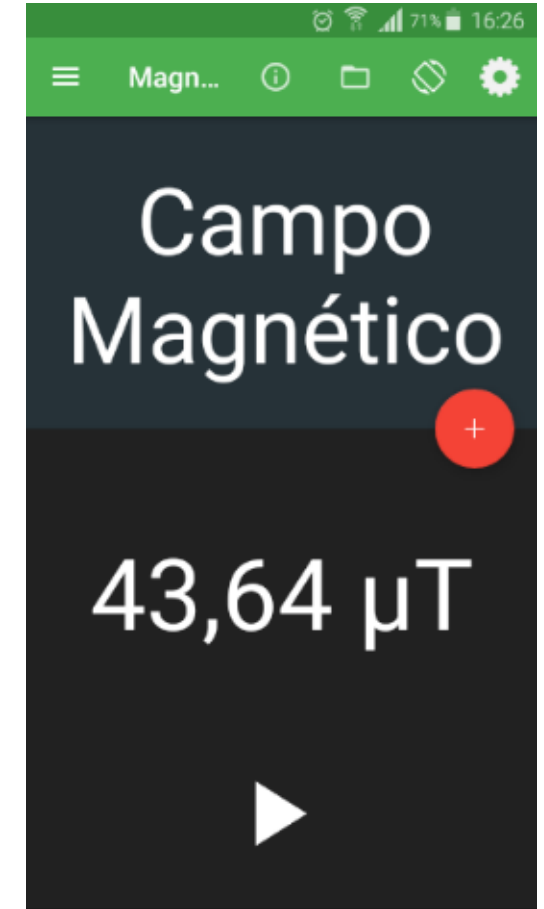
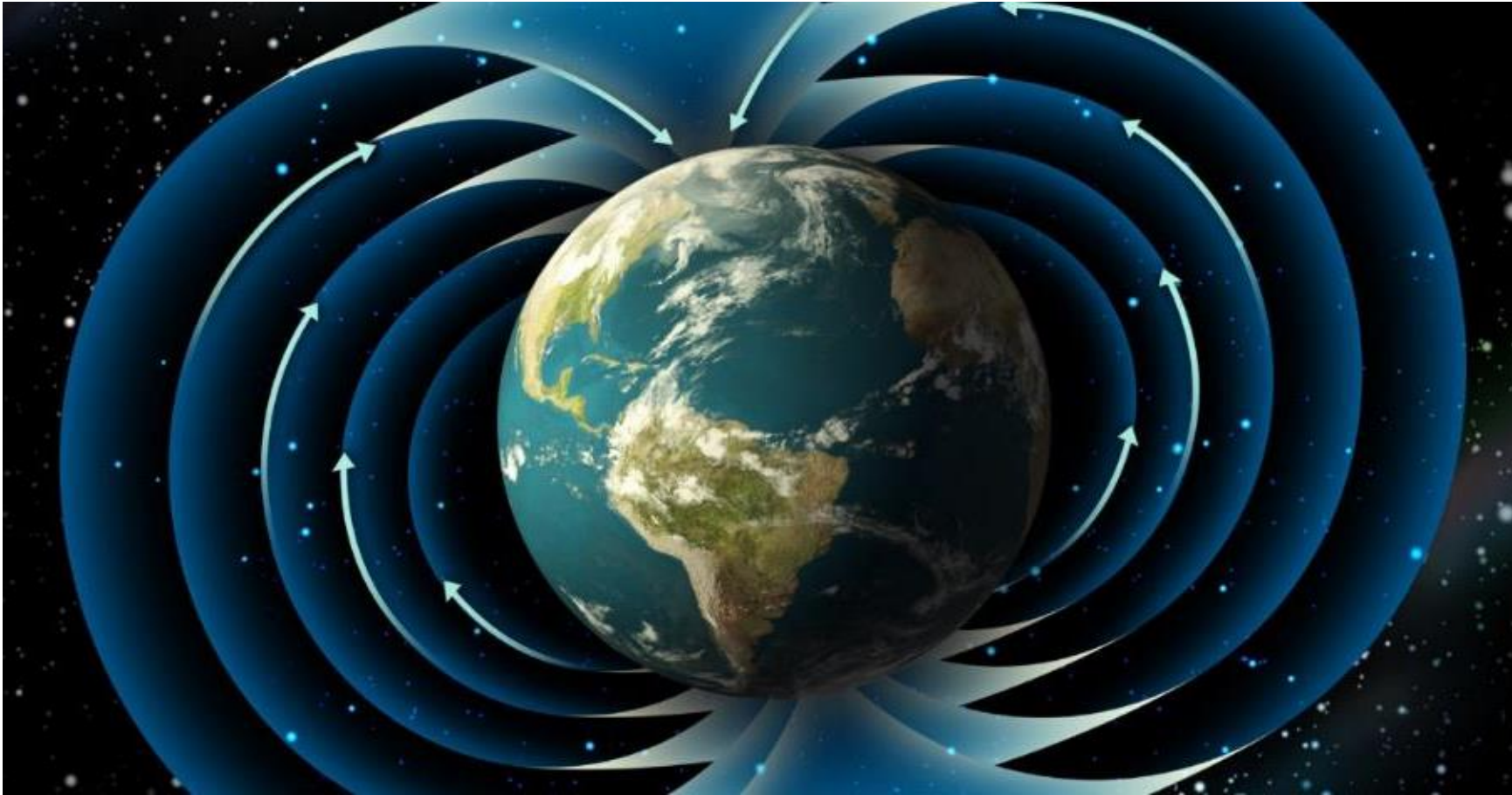
É **tangente à linha de campo** que passa nesse ponto;

Tem o **sentido da linha de campo**;

É **mais intenso onde as linhas de campo são mais densas**.



Campo magnético terrestre



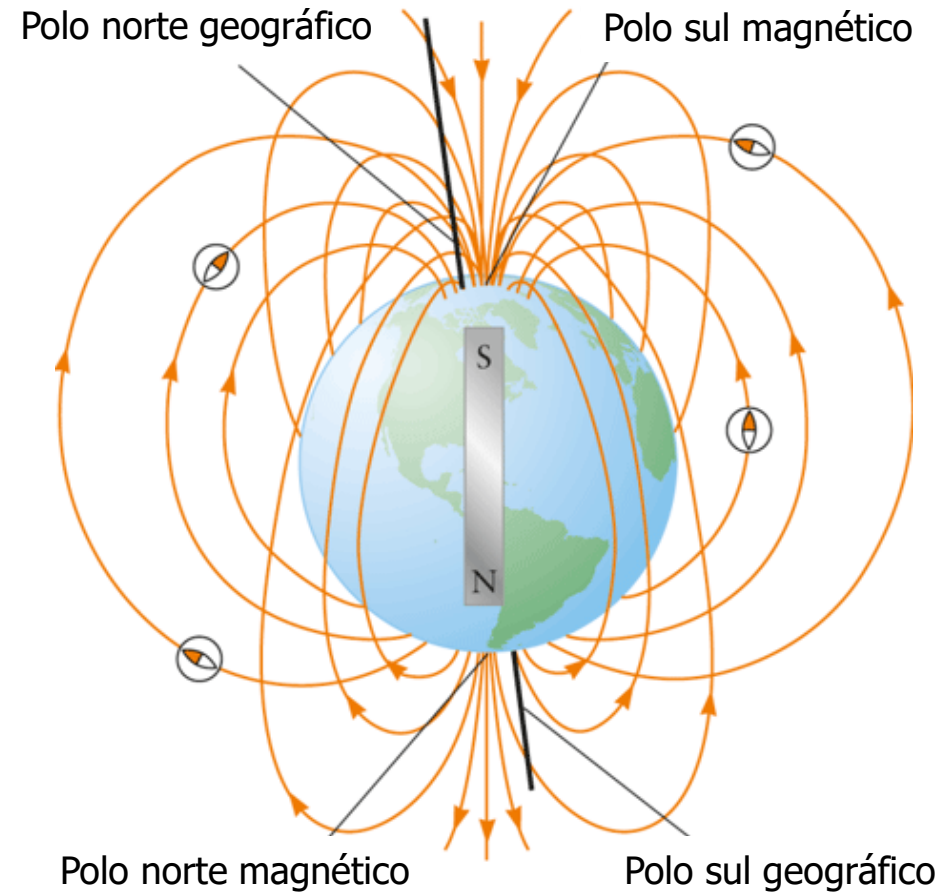
O campo magnético da Terra varia entre 30 e 70 μT .

Limite de segurança para os humanos: 8 T.

[Imagem: Wonderful Engineering] [Imagem: Physics Toolbox Suite]

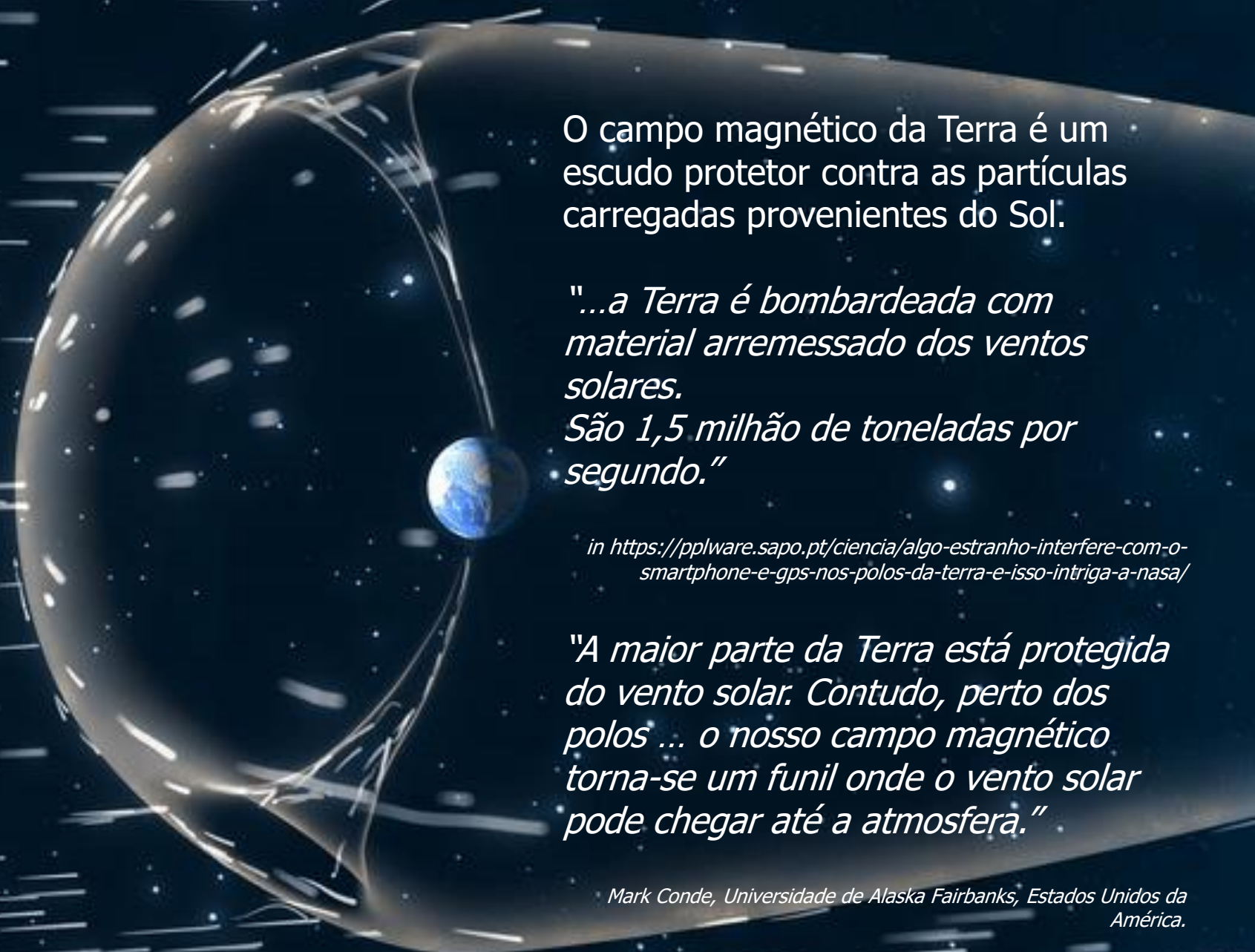
Campo magnético terrestre

Polo norte geográfico vs Polo sul magnético da Terra



[Imagem: Chegg, adaptado]

Campo magnético terrestre



O campo magnético da Terra é um escudo protetor contra as partículas carregadas provenientes do Sol.

"...a Terra é bombardeada com material arremessado dos ventos solares.

São 1,5 milhão de toneladas por segundo."

in <https://pplware.sapo.pt/ciencia/algo-estranho-interfere-com-o-smartphone-e-gps-nos-polos-da-terra-e-isso-intriga-a-nasa/>

"A maior parte da Terra está protegida do vento solar. Contudo, perto dos polos ... o nosso campo magnético torna-se um funil onde o vento solar pode chegar até a atmosfera."

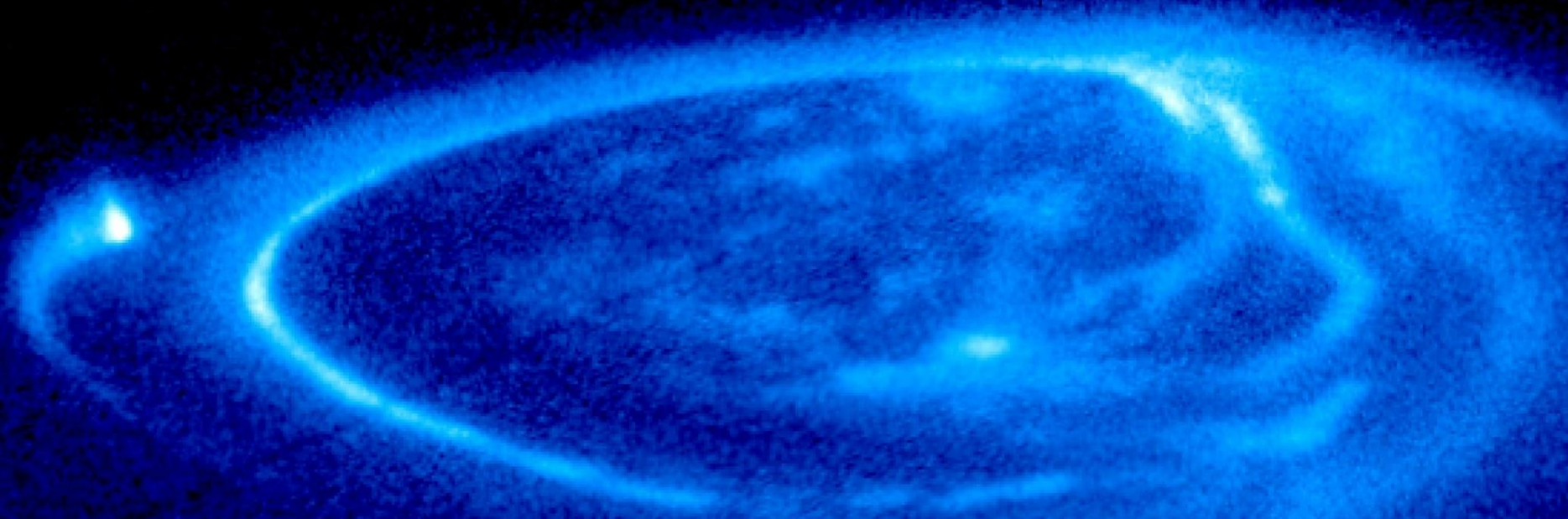
Mark Conde, Universidade de Alaska Fairbanks, Estados Unidos da América.

Auroras



[Imagem: United States Air Force]

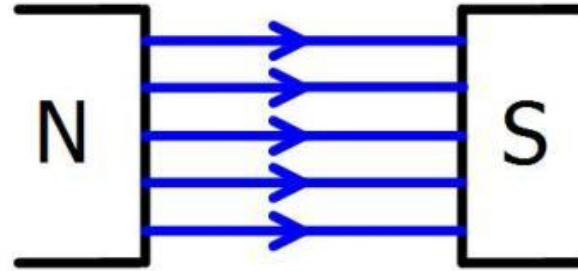
Auroras



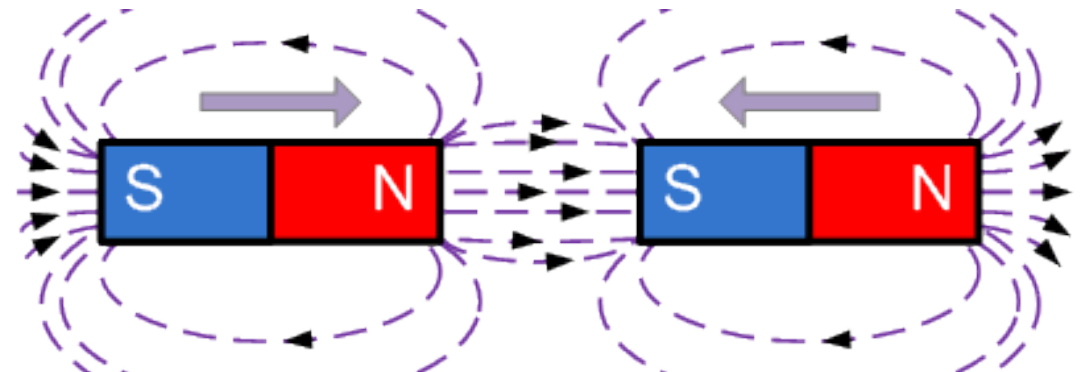
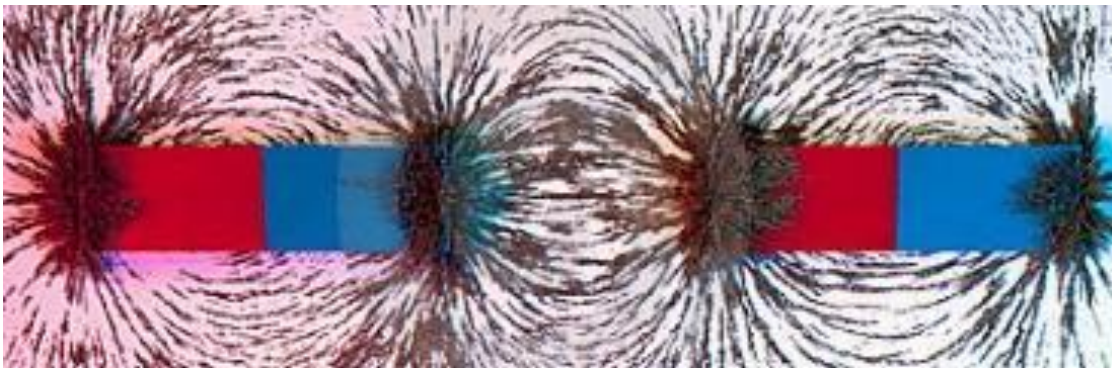
[Imagem: NASA, ESA & John T. Clarke (Univ. of Michigan)]

Campo magnético uniforme

Um **campo magnético pode ser uniforme se as suas linhas de campo forem paralelas** (o campo vai ter intensidade, direção e sentido constantes).



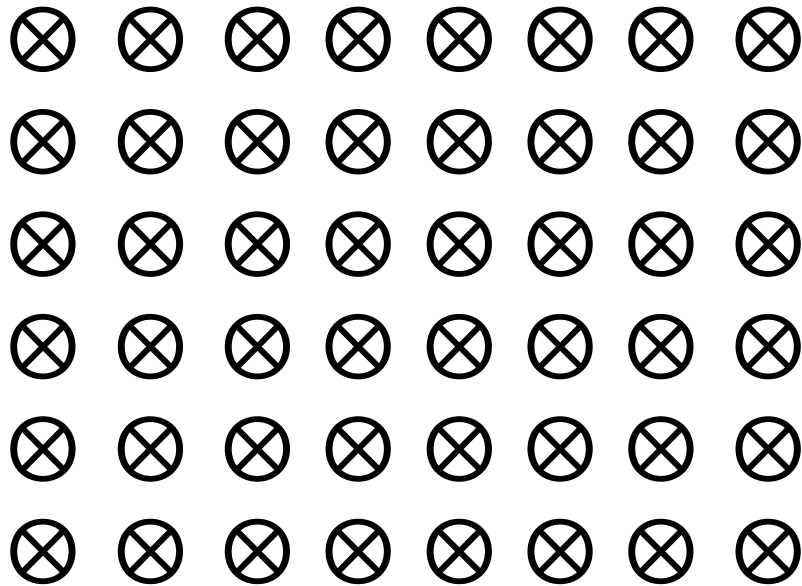
Como?



Campo magnético uniforme

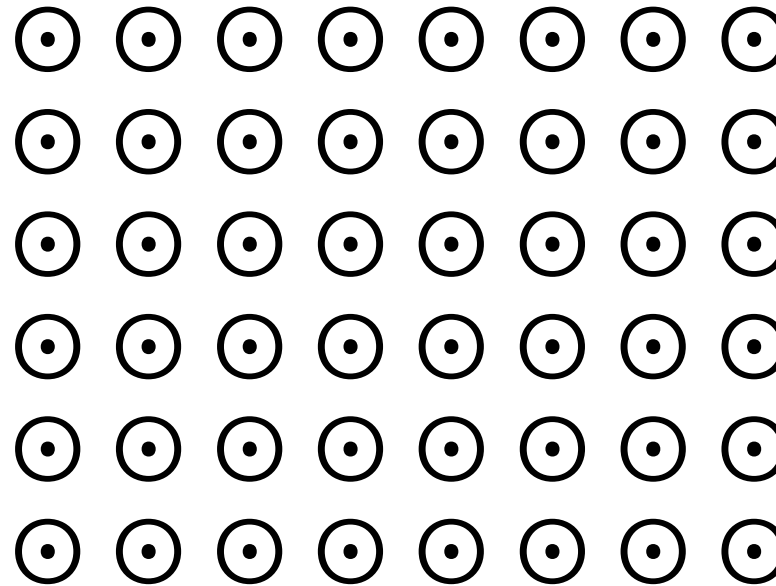
Representação das linhas de campo

Linhas de campo para dentro do plano



[flecha vista de trás]

Linhas de campo para fora do plano



[flecha vista de frente]

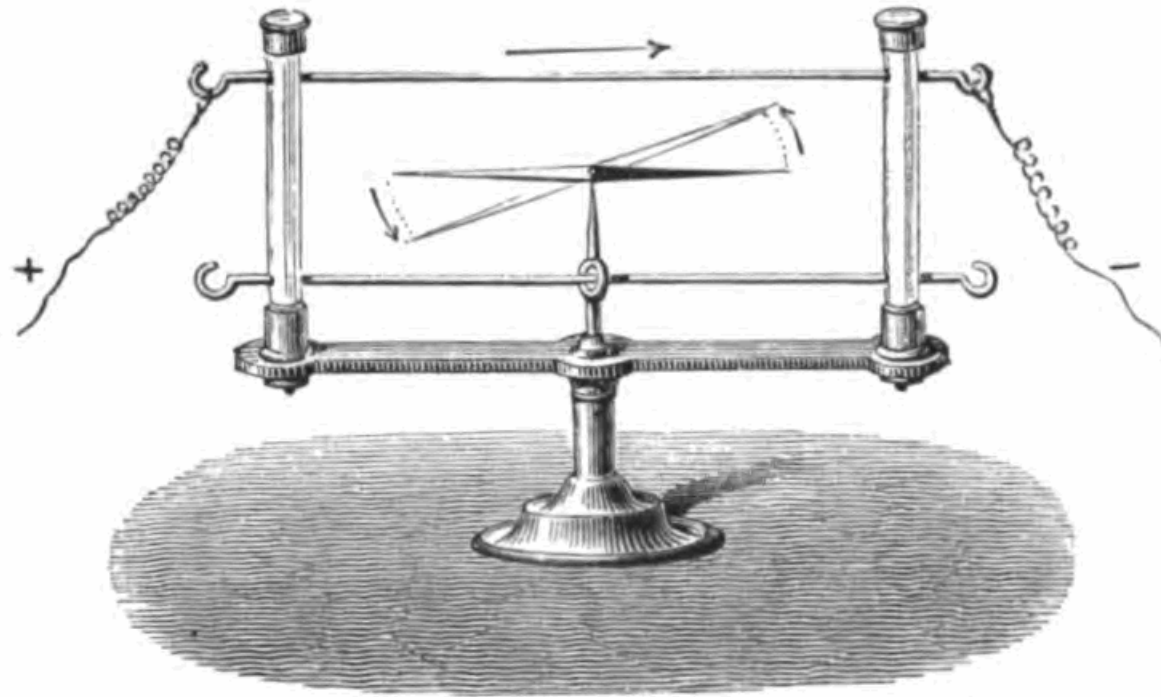


[Imagem: Alibaba]

Campo magnético e corrente elétrica

Oersted verificou (1820) que **uma corrente elétrica origina um campo magnético**.

Foi a primeira vez que se observou a relação entre o campo elétrico e o campo magnético.



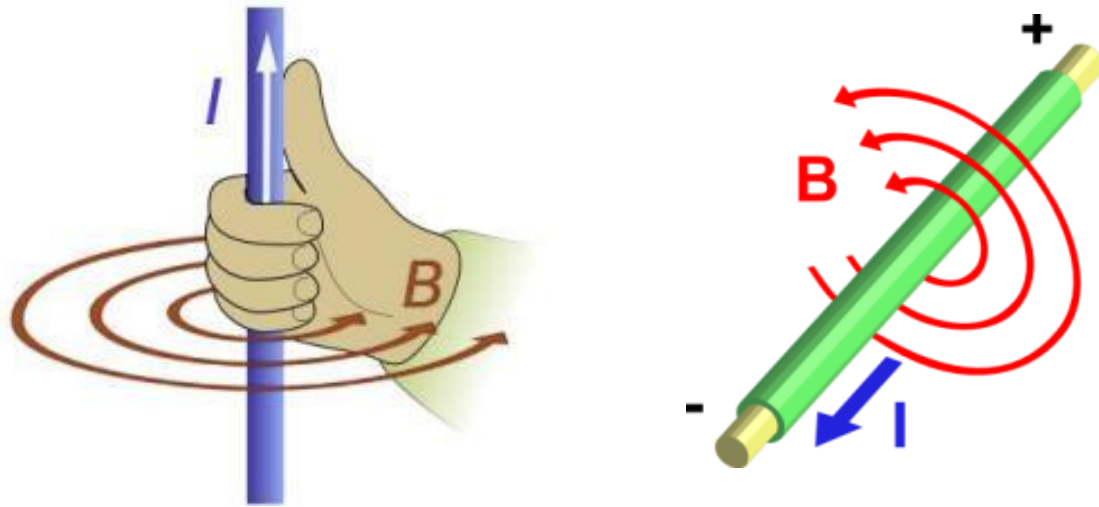
[Hans Christian Oersted](#) (1777-1851).

[Imagem: web.mit.edu]

Campo magnético, \vec{B} , num fio condutor filiforme

As linhas de campo magnético em redor de um fio no qual passa corrente elétrica tem simetria cilíndrica.

O sentido das linhas de campo é indicado pela **regra da mão direita**.



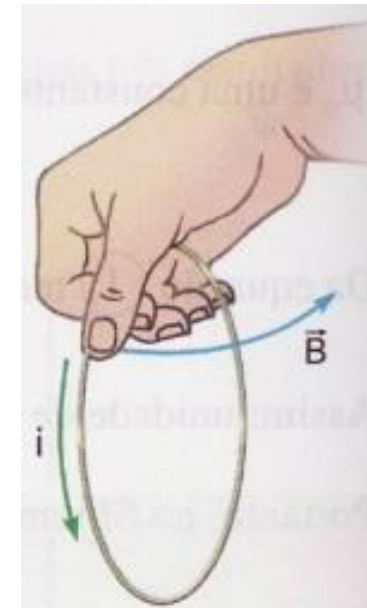
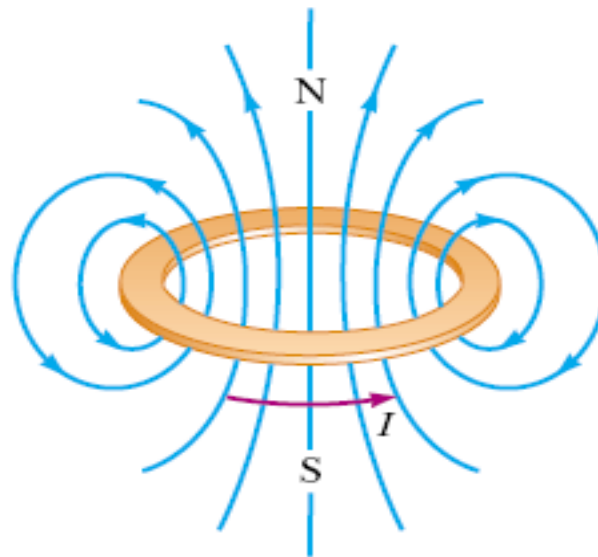
O polegar aponta no sentido (convencional) da I e os restantes dedos dobrarão no sentido das linhas de campo.

A **intensidade do campo diminui** com o aumento da **distância ao fio**.

A **intensidade do campo magnético é igual para a mesma linha de campo**.

Campo magnético, \vec{B} , numa espira circular

As linhas de campo magnético são linhas curvas fechadas em torno da espira, num plano perpendicular ao da mesma e cujo sentido é dado pela regra da mão direita

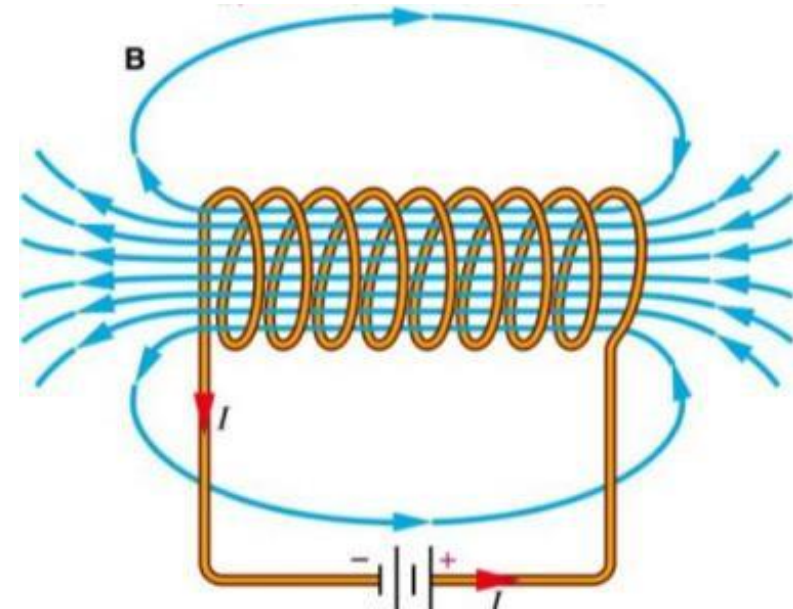
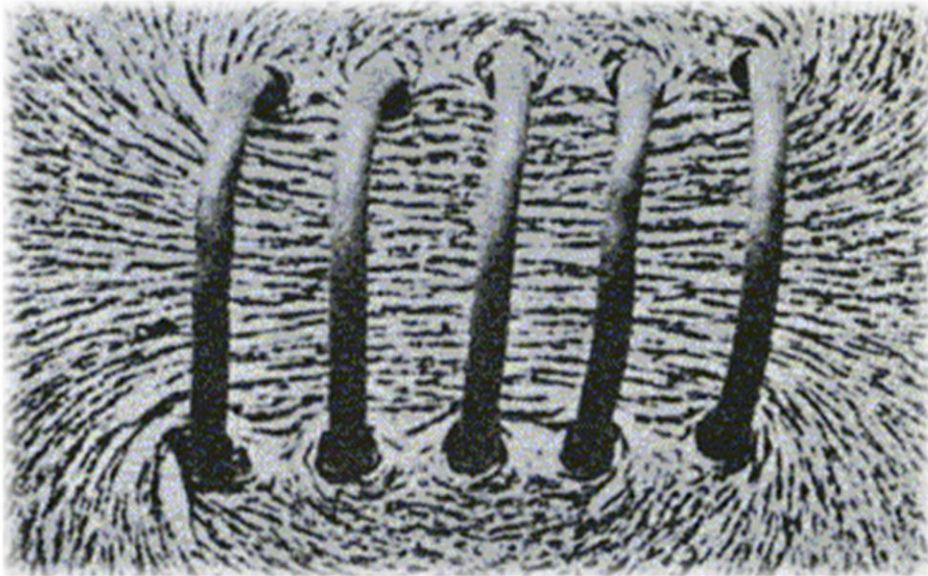


O polegar indica o sentido da corrente elétrica.

Os dedos indicam a direção e sentido do campo magnético.

Campo magnético, \vec{B} , num solenóide/bobina

Um **solenóide** (enrolamento de fios com corrente elétrica) comporta-se com um íman em barra e por isso é chamado de **eletroímã**.



No interior do solenóide o **campo magnético** pode ser considerado **uniforme**.

Na extremidade do solenóide onde a corrente (vista do exterior) circula no sentido horário, comporta-se como o polo sul de um íman.

Força num campo magnético, \vec{F}_m

Para que uma partícula fique sujeita a uma força devido a um campo magnético, \vec{B} , essa partícula tem que ter carga elétrica, q , e velocidade, \vec{v} .

O valor da força magnética, \vec{F}_m , é calculado pela expressão:

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

$$F_m = q v B \sin \theta$$

em que:

F_m – força magnética (N)

q – carga elétrica (C)

v – velocidade da carga elétrica (m s^{-1})

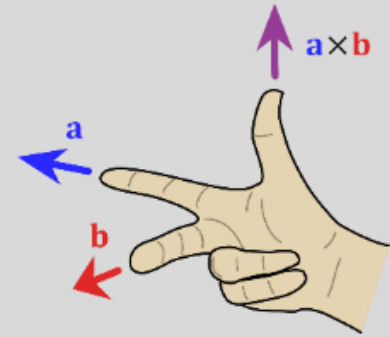
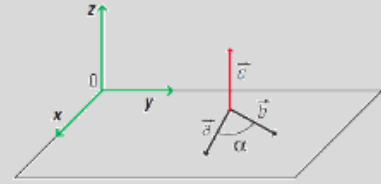
B – campo magnético aplicado na carga (T)

θ – ângulo entre o vetor velocidade e o campo magnético (grau)

A força magnética nunca está no mesmo plano de \vec{v} e \vec{B} !

Produto vetorial

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$$



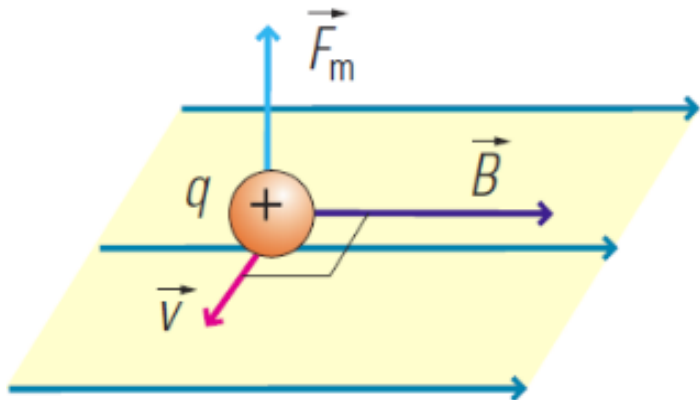
Força num campo magnético, \vec{F}_m

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

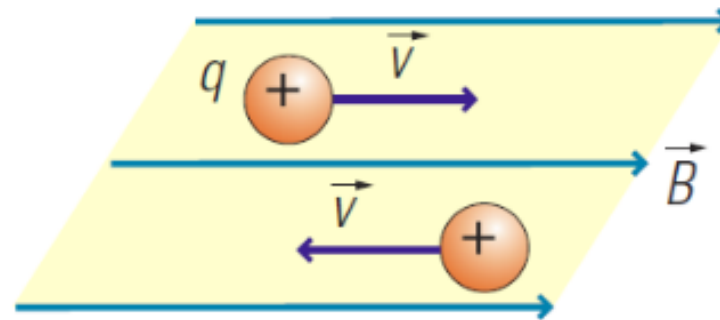
$$F_m = q v B \sin \theta$$

Intensidade de \vec{F}_m

Tem valor **máximo** quando \vec{v} e \vec{B} são **perpendiculares** ($\theta = 90^\circ$);



É valor **nula** quando \vec{v} tem a **direção de \vec{B}** ($\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$).



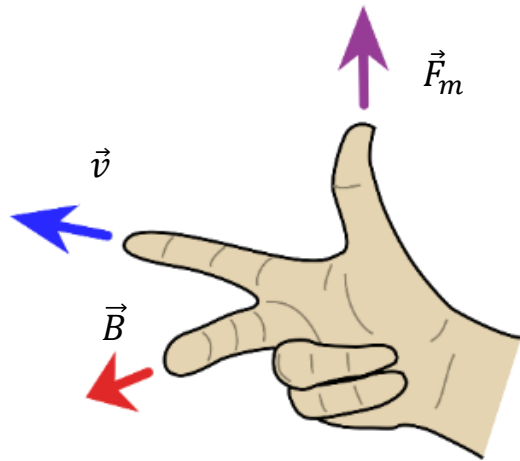
Força num campo magnético, \vec{F}_m

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

$$F_m = q v B \sin \theta$$

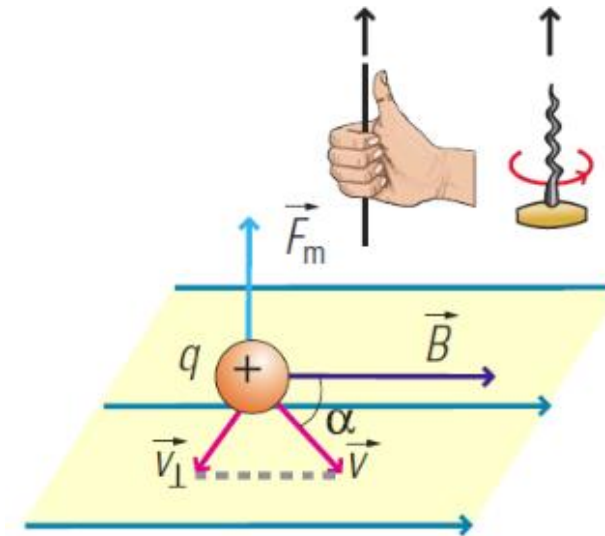
Sentido de \vec{F}_m

Utiliza-se a regra da mão direita
(para uma carga positiva!)



(se a carga for negativa
o sentido da força é contrário!)

ou do parafuso/saca-rolhas.
(enroscar de \vec{v} para \vec{B} , para carga positiva)



(se a carga for negativa
o sentido da força é contrário!)

Força num campo magnético, \vec{F}_m

Trajelórias

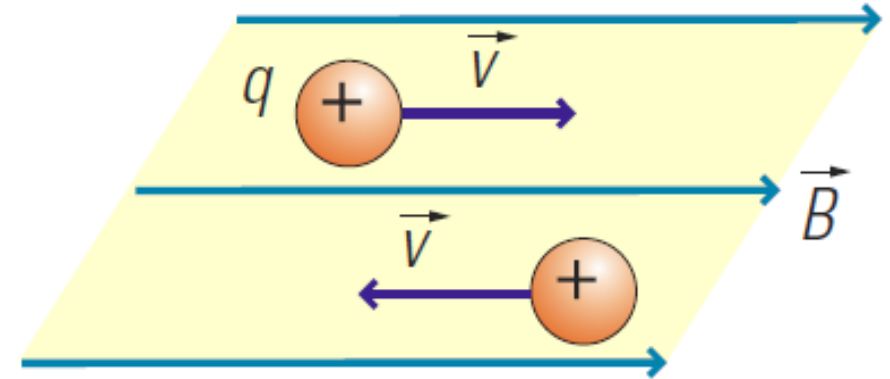
Carga lançada com a mesma direção do campo

($\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$)

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

$$\vec{F}_m = 0 \text{ N}$$

A partícula move-se com **movimento retilíneo uniforme**.



Força num campo magnético, \vec{F}_m

Trajelórias

Carga lançada perpendicularmente ao campo

($\theta = 90^\circ$)

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

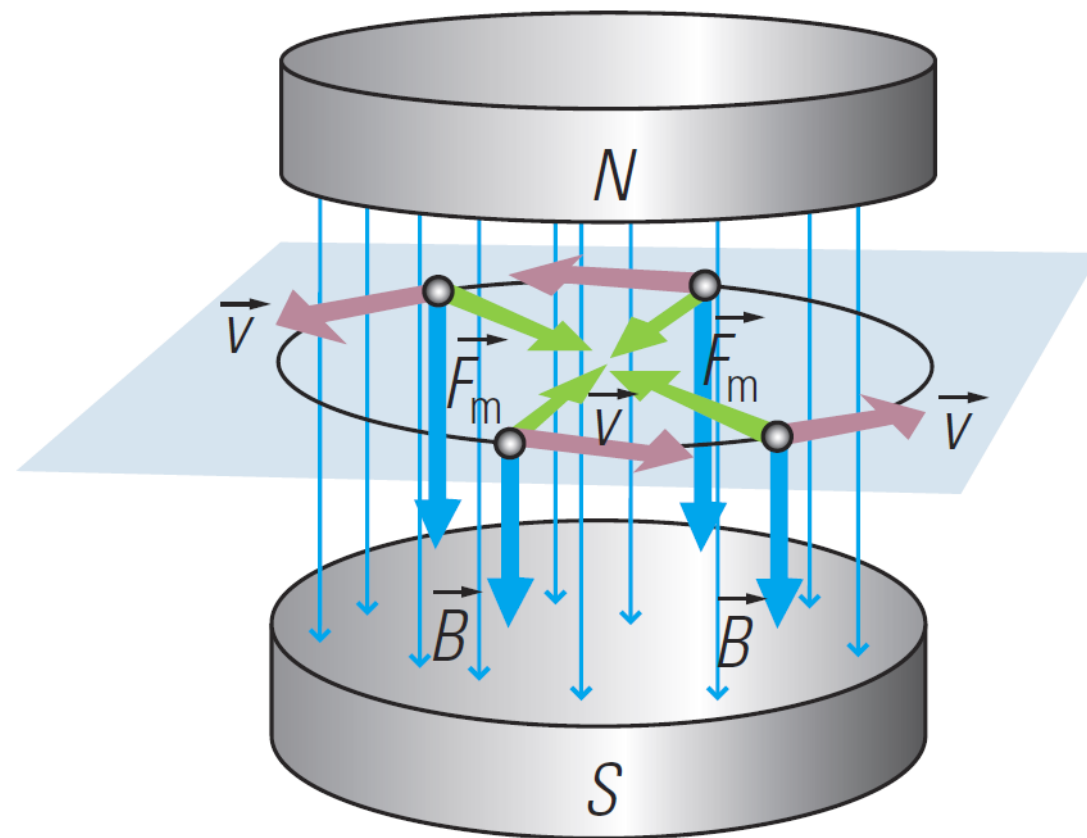
\vec{F}_m tem o valor máximo!

A partícula move-se com **movimento circular uniforme**.

$$F_m = m \frac{v^2}{R}$$

$$F_m = q v B$$

$$R = \frac{m v}{q B}$$



Força magnética exercida sobre uma carga positiva.

Força num campo magnético, \vec{F}_m

Trajelórias

Carga lançada numa direção que não é perpendicularmente nem coincide com a direção do campo

($\theta \neq 0^\circ; \neq 90^\circ; \neq 180^\circ$)

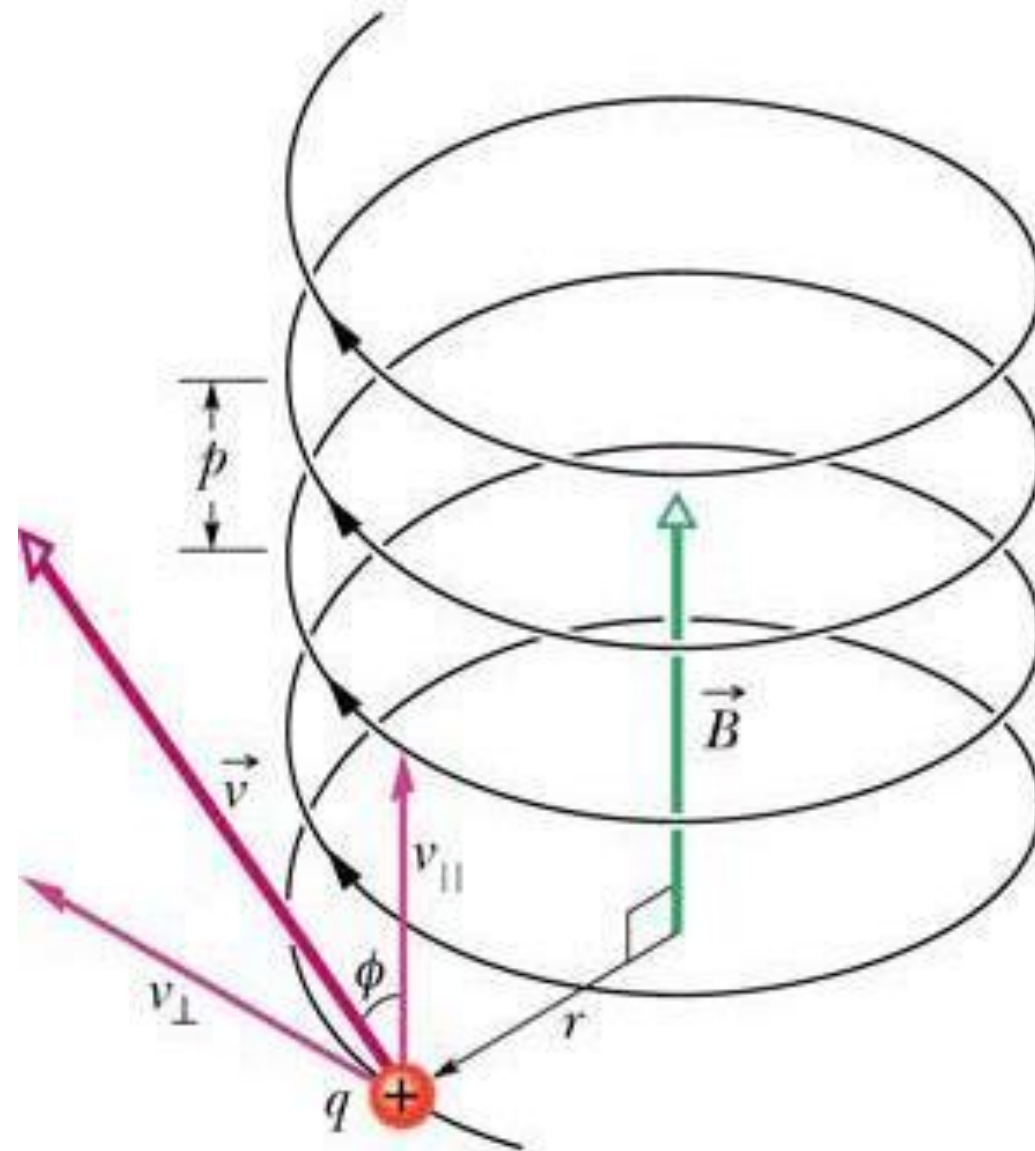
$$F_m = q v B \sin \theta$$

A velocidade é decomposta em duas componentes...

...outra perpendicular a $\vec{B} \Rightarrow$ movimento circular uniforme;

...uma paralela a $\vec{B} \Rightarrow$ movimento retilíneo uniforme;

...o movimento resultante é uma trajetória **helicoidal**.



Essencial

- Caracterizar as forças exercidas por um campo magnético uniforme sobre cargas elétricas em movimento, concluindo sobre os movimentos dessas cargas.
-

Palavras-chave

- Campo magnético.
 - Campo uniforme.
 - Força num campo magnético.
 - Regra da mão direita.
-

Formulário

$$F_m = q v B \sin \theta$$

Bibliografia

- C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, "Física 11 A", Areal Editores, Porto, 2016.
- G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, J. A. Paixão, R. Nogueira e C. Portela, "Novo 12F", Texto Editores, Lisboa, 2017.
- M. Alonso, E. J. Finn, "Física", Escolar Editora, 2012, Lisboa.
- <https://pplware.sapo.pt/ciencia/algo-estranho-interfere-com-o-smartphone-e-gps-nos-polos-da-terra-e-isso-intriga-a-nasa/>, acessido em 19/02/2022.
- N. Maciel, M. C. Marques, C. Azevedo, A. Cação, A. Magalhães, A. Folhas, "Física em ação 12", Porto Editora, Porto, 2023.