



Campo magnético

Lei de Biot-Savart.

Campo magnético criado por uma corrente.

Campo magnético criado por uma espira percorrida por uma corrente.

Força magnética entre dois elementos de corrente.

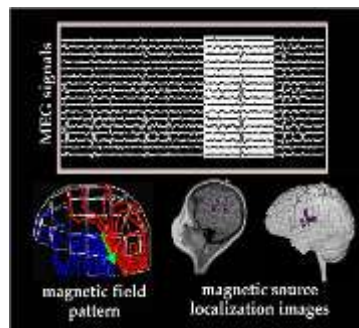
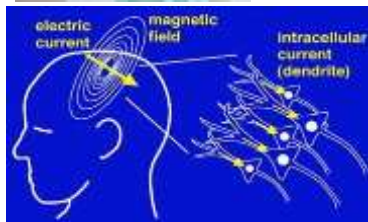
Lei de Ampère.



Encefalografia Magnética (Magnetoencephalography – MEG) técnica de diagnóstico médico, não invasiva, que faz o mapeamento da actividade cerebral, medindo o campo magnético produzido pelo cérebro.



Ao medir os campos magnéticos criados pela corrente eléctrica dentro dos neurónios, a MEG identifica a actividade do cérebro associada às várias funções humanas, em tempo real





Hans Oersted (1777-1851)

Observa que uma agulha magnética se desvia quando está na vizinhança de um circuito eléctrico.

<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/compass/index.html>



“Como calcular o campo magnético que uma dada distribuição de correntes eléctricas produz no espaço?”



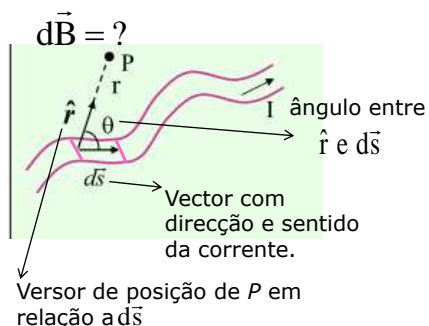
Biot (1774-1862)

Jean-Baptiste Biot e Felix Savart verificam que se um fio condutor transporta uma **corrente eléctrica constante**, o **campo magnético $d\vec{B}$ criado num ponto P**, associado a um elemento do condutor $d\vec{s}$,

tem as seguintes características:



Savart (1791-1841)



- $d\vec{B} \perp d\vec{s}$

- $d\vec{B} \perp \hat{r}$

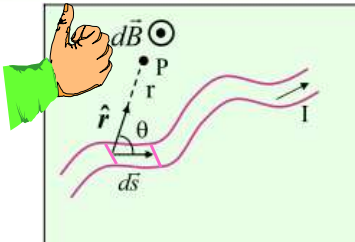
• A magnitude dB depende:

- $dB \propto \frac{1}{r^2}$

- $dB \propto I$

- $dB \propto ds$

- $dB \propto \sin\theta$



Lei de Biot-Savart

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

μ_0 - Permeabilidade magnética do vácuo
 $\approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$

O campo magnético total no ponto P , originado por um condutor de dimensões finitas será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

Lei de Biot-Savart *versus* lei de Coulomb

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\vec{E}_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}_p$$

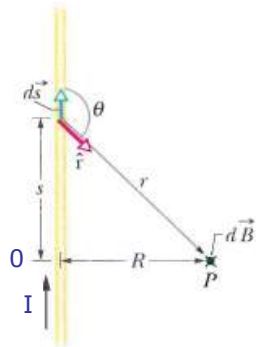
O elemento de corrente, $I d\vec{s}$, produz um campo magnético. Uma carga pontual, q , produz um campo eléctrico.

O campo magnético criado por um elemento de corrente é inversamente proporcional a r^2 . O campo eléctrico criado por uma carga pontual é, também, inversamente proporcional a r^2 .

O campo eléctrico tem a direcção de r . O campo magnético é perpendicular a r .



Campo magnético criado por um condutor rectilíneo longo



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\sin\theta}{r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin\theta}{r^2} ds \Rightarrow B = 2 \cdot \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{\sin\theta}{r^2} ds$$

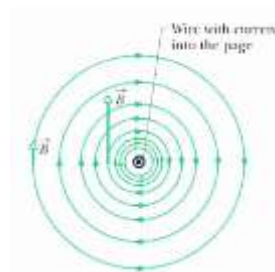
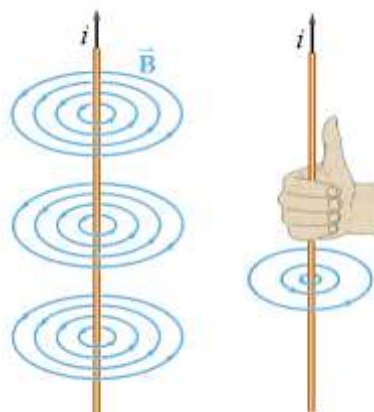
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

Qual o sentido e a direcção de \vec{B} ?



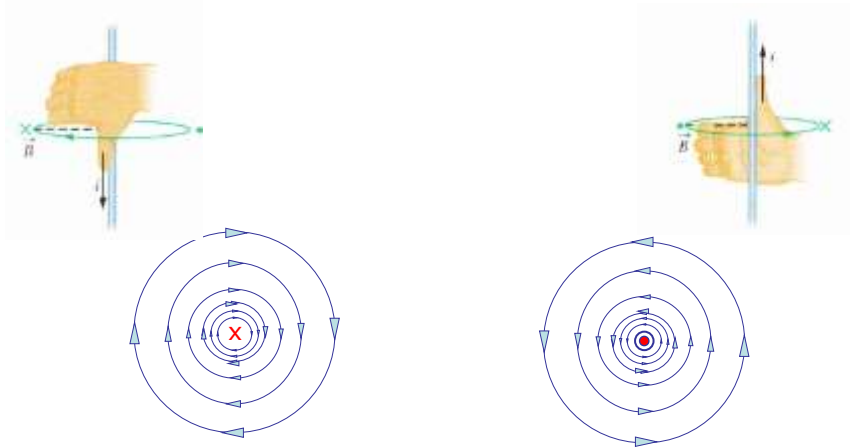
"Regra da mão direita"

Segurando o fio condutor com a **mão direita**, com o polegar estendido apontando na direcção e sentido da corrente, os dedos curvam-se em torno da direcção e sentido das linhas do campo magnético devido à corrente.





Campo magnético criado por um fio condutor retilíneo



Linhas de campo magnético criado por um fio condutor retilíneo



Campo magnético criado por um condutor curvilíneo

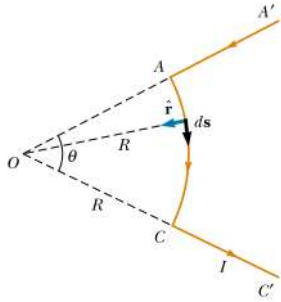
Campo magnético no centro do arco

$$B = \frac{\mu_o I \phi}{4\pi R}$$

ϕ - medida do ângulo em radianos

Campo Magnético

\vec{B}_3

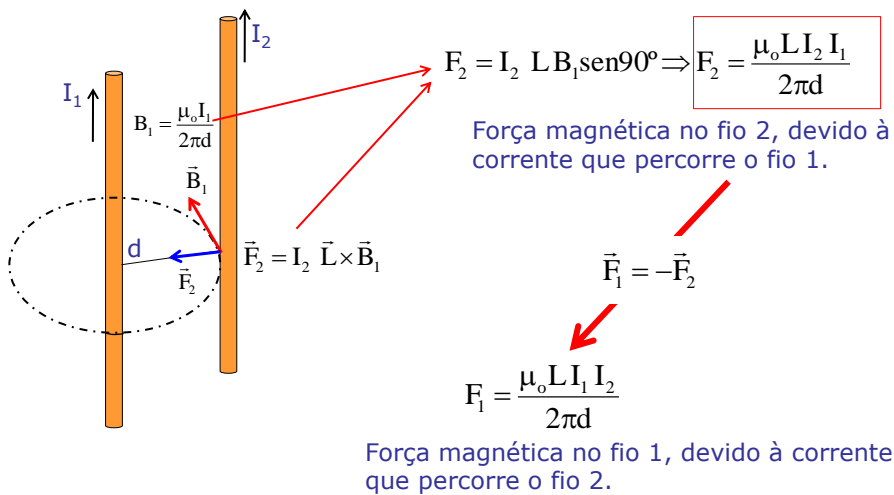


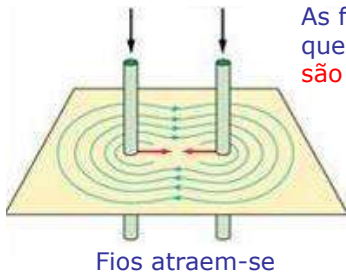
Exemplo 1

Determinar a magnitude, a direcção e o sentido do campo magnético no ponto O, criado pela corrente que circula no fio A'C'.

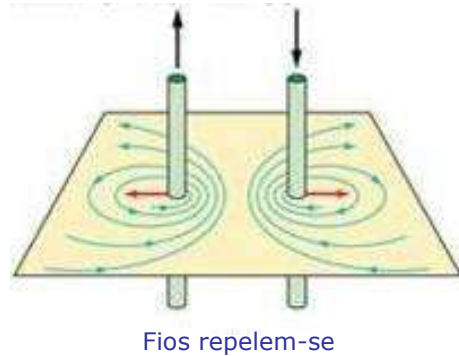


Força magnética entre dois fios paralelos





As forças magnéticas entre dois fios paralelos que transportem **corrente no mesmo sentido** são **atractivas**



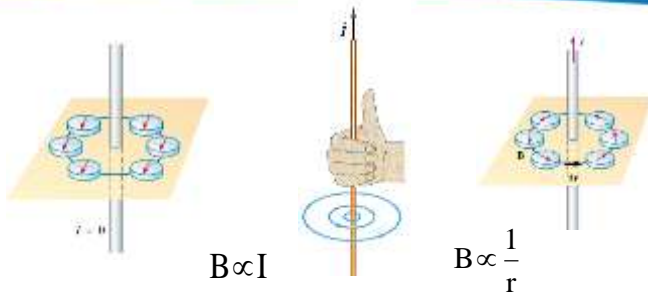
As forças magnéticas entre dois fios paralelos que transportem **corrente em sentidos opostos** são **repulsivas**



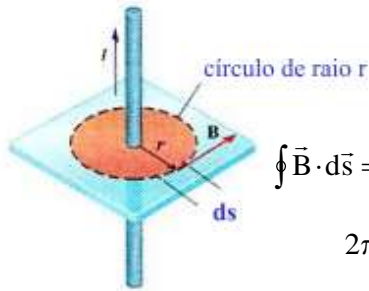
Lei de Ampère



Andre-Marie Ampère
(1775– 1836)



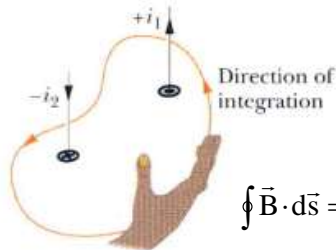
- As linhas de campo magnético são concêntricas ao fio e encontram-se num plano perpendicular ao fio
- A direcção do campo magnético é tangente em cada ponto à circunferência
- A magnitude do campo magnético é constante em qualquer ponto de uma circunferência que esteja centrada no fio



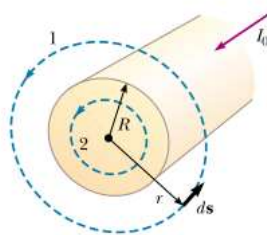
Como calcular o valor de $\vec{B} \cdot d\vec{s}$,
no círculo de raio r ?

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \oint ds \Leftrightarrow \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{in} \quad \text{Lei de Ampère}$$

$2\pi r$ O integral de linha de $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ numa qualquer curva fechada, é igual a $\mu_0 I$, onde I é a corrente constante que passa por qualquer superfície limitada pela curva fechada.



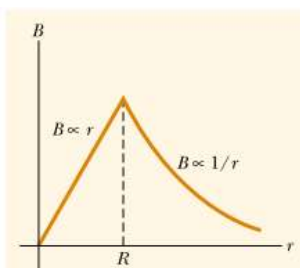
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (I_1 - I_2)$$



Exemplo 2

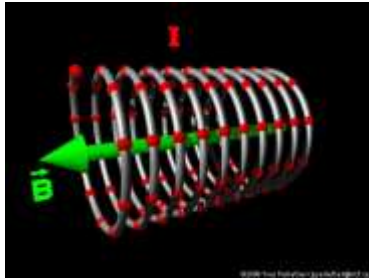
Um fio condutor longo de raio R , transporta uma corrente constante I_0 , que se encontra uniformemente distribuída na secção do condutor. Calcular o campo magnético a uma distância:

- $r \geq R$
- $r < R$

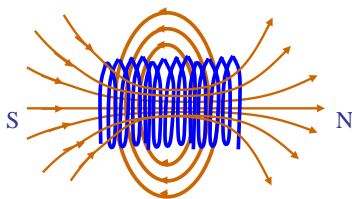
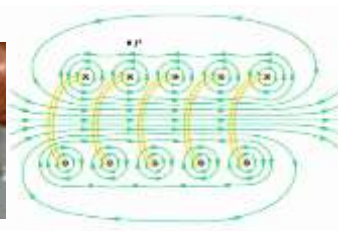
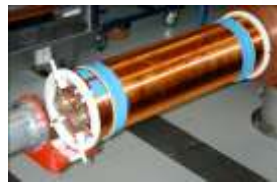




Campo Magnético de um Solenóide



Um solenóide corresponde basicamente a uma série de espiras circulares colocadas lado a lado fortemente comprimidas (em forma de hélice). São dispositivos importantes no âmbito do electromagnetismo e usados para criar campos magnéticos fortes e uniformes (no interior do solenóide).



Solenóide ideal: espiras muito juntas e comprimento grande em comparação com o raio das espiras \Rightarrow o campo no exterior é fraco comparado com o campo no interior; **no interior B é uniforme** numa região grande de volume.

No interior do solenóide ideal o campo é proporcional ao número de espiras e à intensidade da corrente que as percorre:

$$B = \mu_0 I n$$

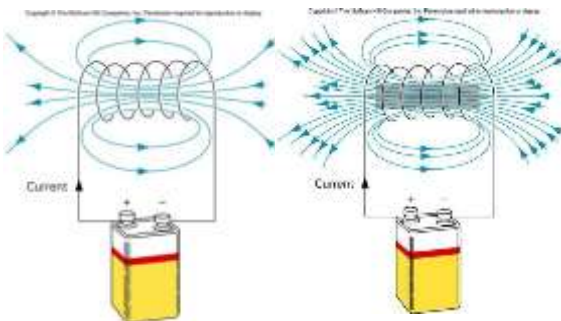
n – nº de enrolamentos (espiras) por unidade de comprimento





Electromagnets

Um electromagnete consiste num "núcleo" de Ferro (permeabilidade magnética elevada) colocado no interior de um enrolamento de fio (por exemplo um solenóide). O campo magnético é superior ao que seria sem núcleo de Ferro e é proporcional ao nº de espiras do enrolamento.



Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 4 (3_3)



Lei de Biot-Savart permite calcular o campo magnético criado por um fio condutor que transporta uma corrente eléctrica constante

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

Campo magnético criado por um condutor rectilíneo longo

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

Campo magnético criado por um condutor curvilíneo

$$B = \frac{\mu_0 I \phi}{4\pi R}$$

Força magnética entre dois fios paralelos

As forças magnéticas entre dois fios paralelos que transportem corrente no mesmo sentido são atractivas; se a corrente tiver sentidos opostos são repulsivas

$$F_m = \frac{\mu_0 L I_2 I_1}{2\pi d}$$

Lei de Ampère - o integral de linha de $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ numa qualquer curva fechada, é igual a $\mu_0 I$, onde I é a corrente constante que passa por qualquer superfície limitada pela curva fechada.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{in}$$

Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 4 (3_3)

20