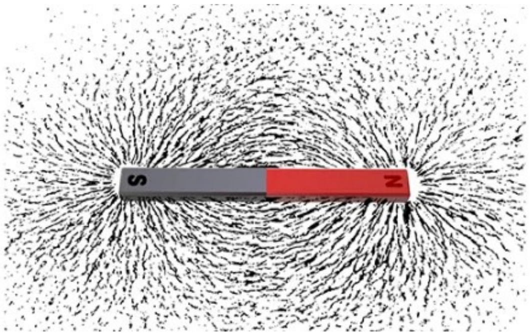
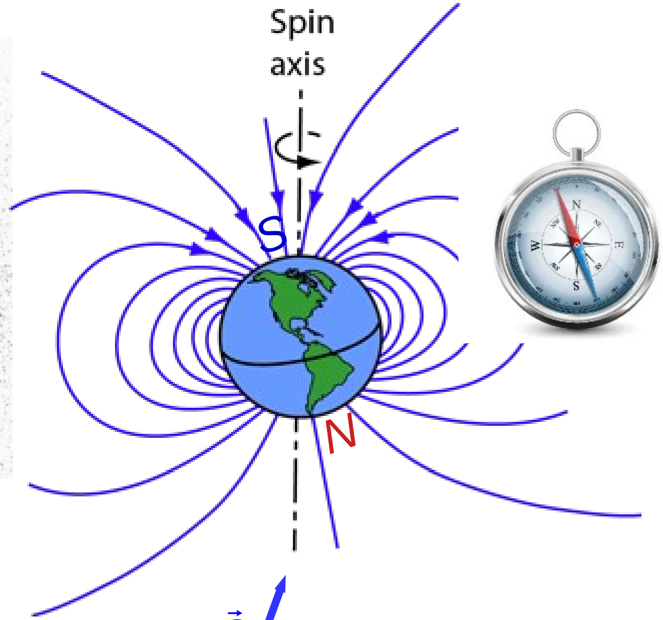
Física III 2023 (IF) – Aula 29

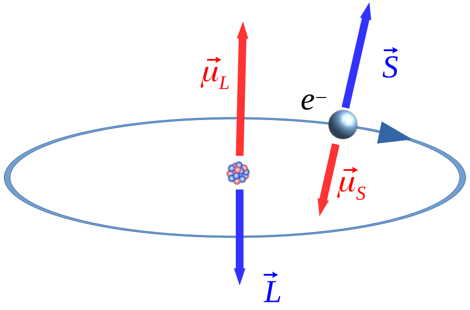
Objetivos de aprendizagem

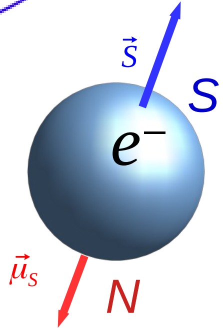
- Reconhecer aspectos fenomenológicos dos ímãs, como a existência de polos magnéticos que não podem ser isolados.
- Expressar a inexistência de monopolos magnéticos através das formas integral e diferencial da Lei de Gauss magnética
- Expressar matematicamente a lei de Biot-Savart
- Calcular o campo magnético de circuitos simples com base na lei de Biot-Savart

Ímãs





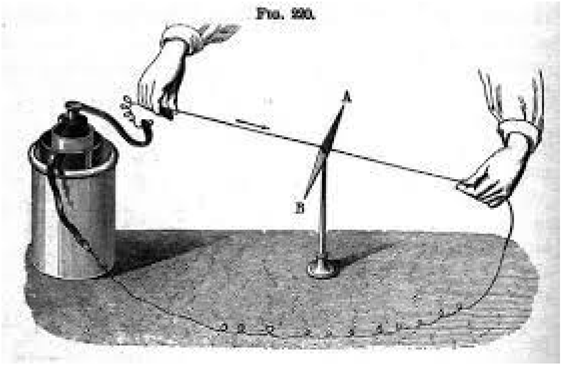


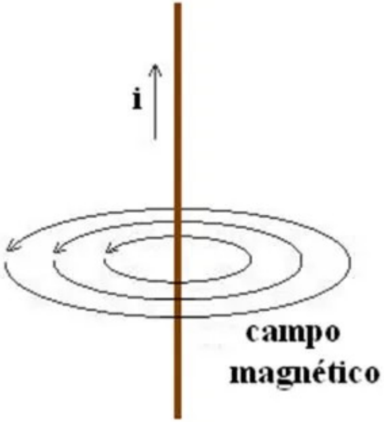


$$\vec{\mu}_S = -g\frac{e}{2m}\vec{S}$$

Experimento de Oersted

- Relação entre corrente elétrica e campo magnético.

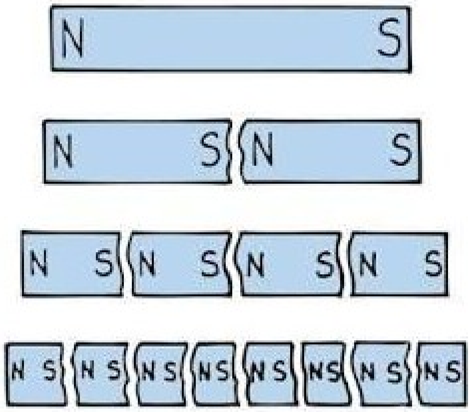


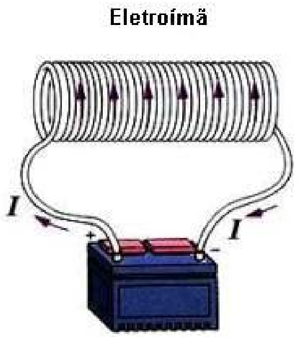


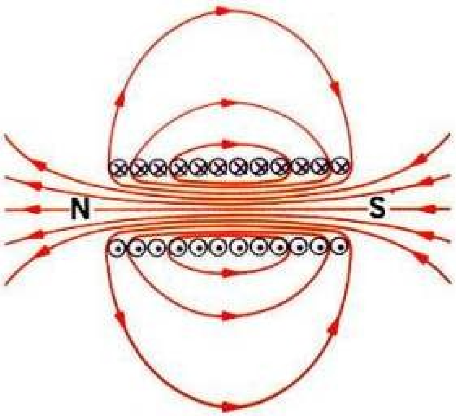
https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=5962

Inexistência de monopolos magnéticos

- Cortando ímãs:







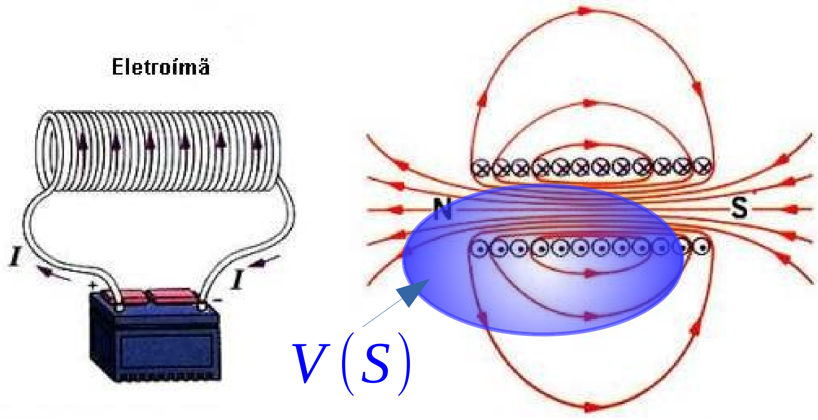
Lei de Gauss magnética

- = inexistência de monopolos magnéticos
- = uma das leis de Maxwell

$$\vec{\nabla}.\vec{B}=0$$ Forma diferencial

Teorema de Gauss:

$$\int_{V(S)} \vec{\nabla}.\vec{B}\,dV = \oint_{S} \vec{B}.\hat{n}\,dS=0$$ Forma integral



$$\rho_{Mag}=0$$

Lei de Gauss magnética

- = inexistência de monopolos magnéticos
- = uma das leis de Maxwell

$$\vec{\nabla}.\vec{B}=0$$ Forma diferencial

Teorema de Gauss:
$$\int_{V(S)} \vec{\nabla}.\vec{B}\,dV = \oint_{S} \vec{B}.\hat{n}\,dS=0$$ Forma integral

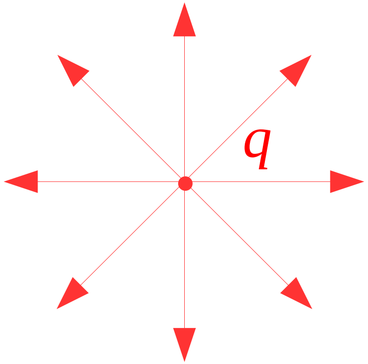
Caso elétrico:

$$\vec{\nabla}.\vec{E}=\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

Carga puntiforme:

$$\rho(0)\rightarrow\infty$$

$$\vec{\nabla}.\vec{E}\rightarrow\infty(\vec{r}\rightarrow 0)$$



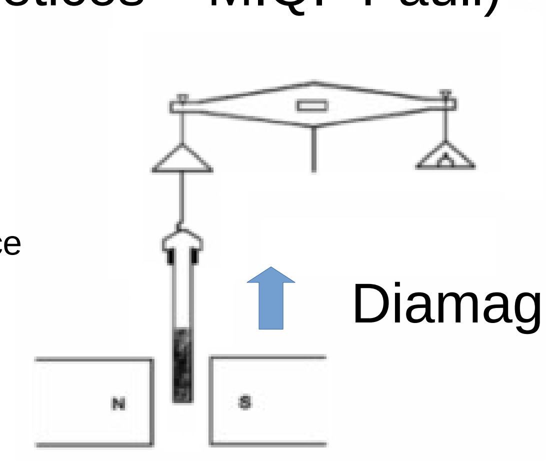
$$\rho_{Mag}=0$$

$$q_{Mag}=0$$

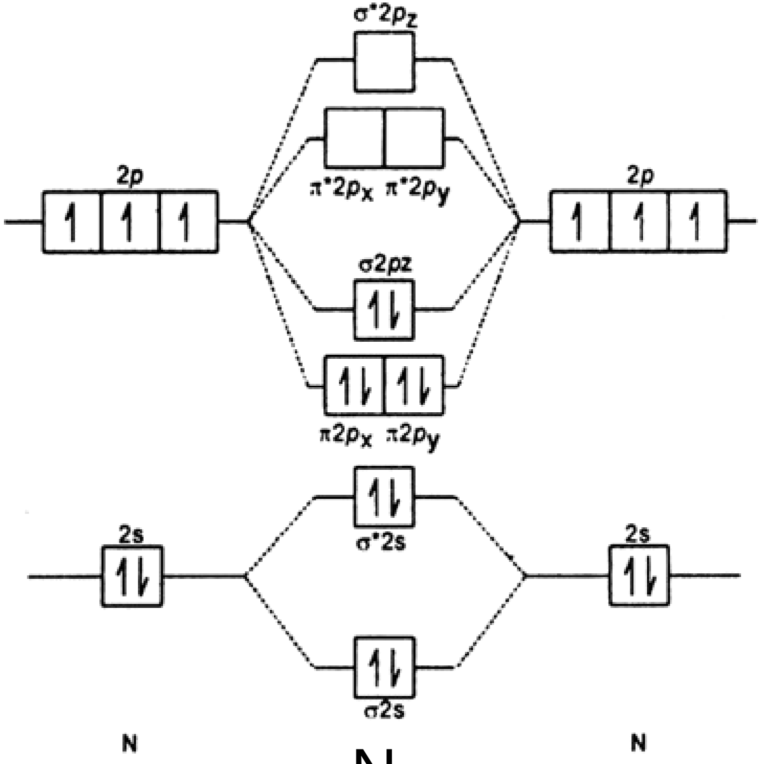
Magnetismo das substâncias

- Diamagnéticas (elétrons emparelhados)
- Paramagnéticas (elétrons desemparelhados – e.d.)
- Ferromagnéticas (e.d. + interações de troca – alinhamento dos momentos magnéticos – M.Q.- Pauli)

Gouy balance



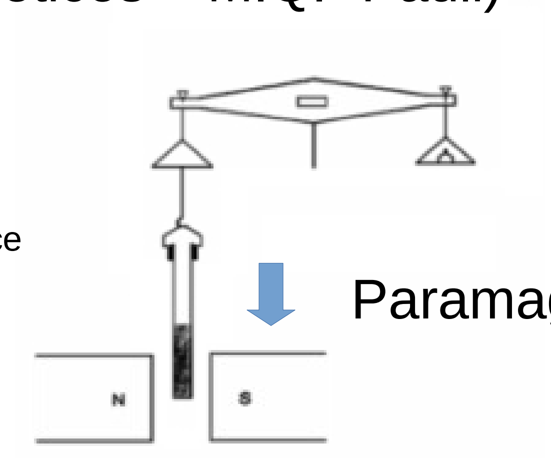
Diamagnéticas



N_2

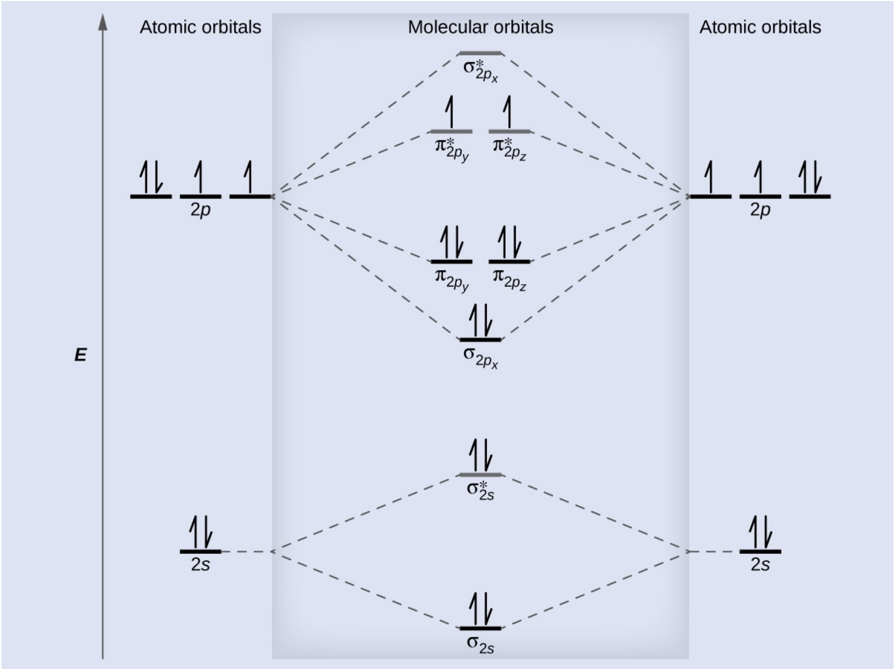
Magnetismo das substâncias

- Diamagnéticas (elétrons emparelhados)
- Paramagnéticas (elétrons desemparelhados – e.d.)
- Ferromagnéticas (e.d. + interações de troca – alinhamento dos momentos magnéticos – M.Q.- Pauli)



Gouy balance

Paramagnéticas



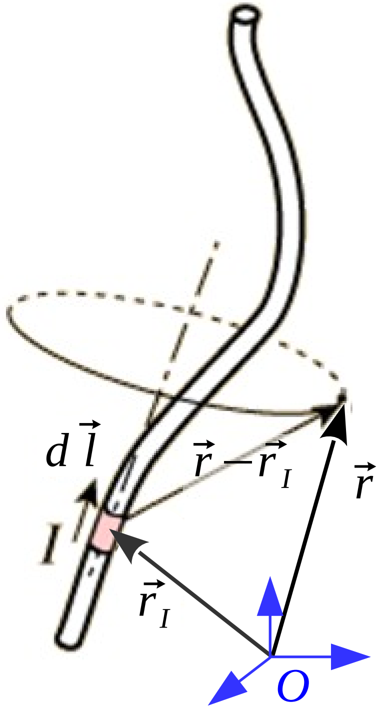
O_2

Lei de Biot-Savart

- Cálculo do campo magnético a partir dos "elementos de corrente":

$$d\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I\, d\vec{l} \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}_I)}{|\vec{r} - \vec{r}_I|^3}$$

Produto vetorial



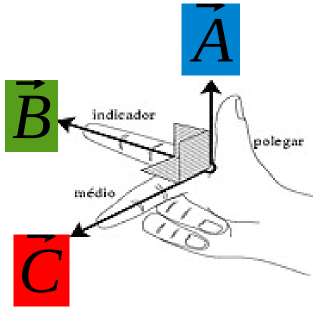
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$ (exatamente… até 2019)

S.I.: Permeabilidade magnética do vácuo
(1 N/A^2 = 1 H/M)

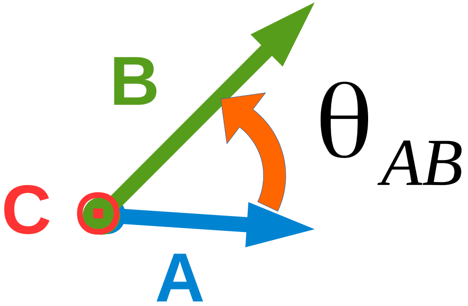
Revisão: produto vetorial $\vec{C}=\vec{A}\times\vec{B}$

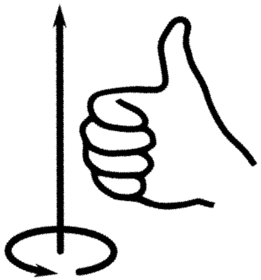
- É um **vetor**
- É perpendicular ao plano dos vetores originais
- O sentido é dado pela regra da mão direita
- A ordem dos fatores **altera** o produto (troca o sinal)
- O modulo é igual ao produto dos módulos pelo seno do ângulo entre os vetores:

$\vec{C}=\vec{A}\times\vec{B}$

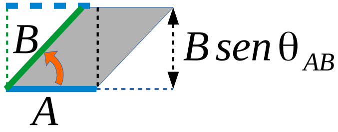


$$|\vec{C}|=|\vec{A}||\vec{B}|\operatorname{sen}\theta_{AB}$$





= área do paralelogramo



Produto Vetorial em coordenadas cartesianas

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$\vec{C} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = \hat{i}\,(A_y B_z - A_z B_y) + \hat{j}\,(A_z B_x - A_x B_z) + \hat{k}\,(A_x B_y - A_y B_x)$$

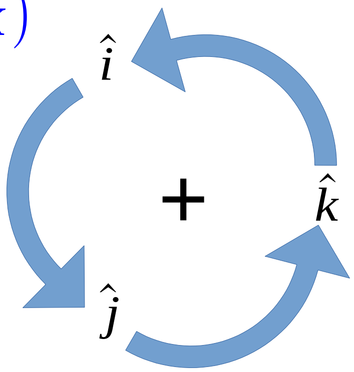
Também pode ser obtido fazendo o produtos vetoriais dos versores do espaço:

$$\vec{C} = (A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}) \times (B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k})$$

$$\hat{i} \times \hat{i} = 0 \qquad \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k} \qquad \hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$$

$$\hat{j} \times \hat{j} = 0 \qquad \hat{k} \times \hat{j} = -\hat{i} \qquad \hat{j} \times \hat{k} = \hat{i}$$

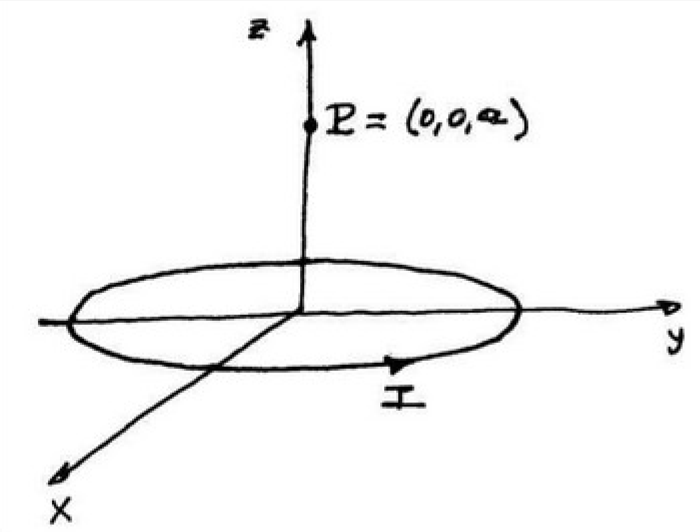
$$\hat{k} \times \hat{k} = 0 \qquad \hat{i} \times \hat{k} = -\hat{j} \qquad \hat{k} \times \hat{i} = \hat{j}$$



Exemplo 1 Cap. 29

Tente responder sem consultar o texto com a solução do exemplo 1 da Apostila de Física 3 IF-2017 Cap. 29.

Calcule o campo magnético criado por uma espira de raio R percorrida por uma corrente I, num ponto P de seu eixo distante a do seu centro.



Exemplo 2 Cap. 29

• **exemplo 2:** O circuito da figura é percorrido por uma corrente constante I. Qual é o vetor campo magnético na origem do sistema de coordenadas?

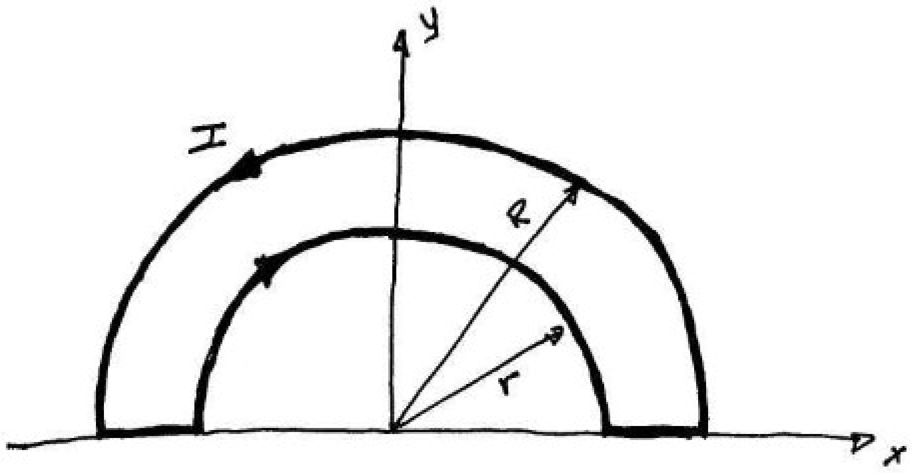


Figura 29.5: