Física 3 - Resumo P2 de 2017.1

Paulo Akira ~ 2017.1

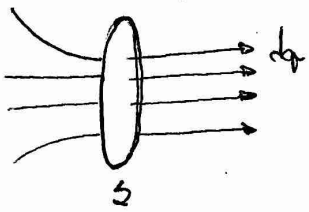
1) Corrente Elétrica (Eletrodinâmica)

def: corrente elétrica é o movimento ordenado dos portadores de cargas. Para que exista corrente é necessário que o meio contenha transportadores de cargas e uma força capaz de colocar estes transportadores em movimento.

↳ se $E=0$ temos apenas o movimento caótico das partículas carregadas (caracterizada pela agitação térmica) ⇒ não há corrente.

↳ se o campo elétrico é diferente de zero então o movimento dos transportadores de carga será composto pelo movimento caótico mais o movimento ordenado

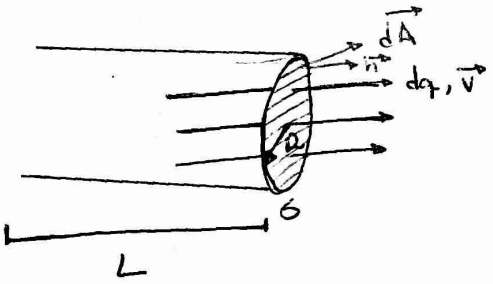
Os condutores só não possuem campo elétrico no seu interior quando estão em equilíbrio eletrostático. Quando estão sujeitos a uma diferença de potencial há campo elétrico em seu interior!



$$\boxed{i = \frac{dq}{dt}}, \quad [I] = A$$

Obs: $dq = i\,dt \Rightarrow q = \int_{t_1}^{t_2} i\,dt$.

→ Densidade de Corrente Elétrica



$$J = \frac{di}{dA}, \quad [J] = A/m^2$$

di → elemento infinitesimal da corrente

dA → elemento infinitesimal de área

$\vec{J}$ tem direção e sentido da velocidade do portador de carga positivo.

$$i = \oint_S \vec{J}\cdot d\vec{A} \Rightarrow i = \int J\cdot dA \Rightarrow i = J\int dA \Rightarrow \boxed{i = JA}$$

($L \gg R$)

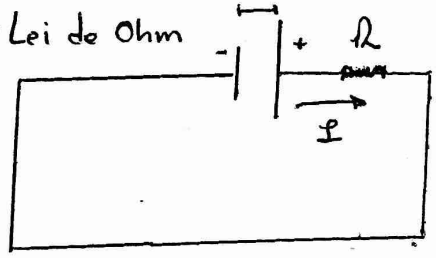
Obs: se os portadores de cargas são íons ou elétrons: $\vec{J} = n_+\vec{v}_+ + n_-\vec{v}_-$

(n_+: densidade volumétrica)

Da equação da continuidade: $\boxed{\oint_S \vec{J}\cdot d\vec{A} = -\frac{dq}{dt}}$ ↳ expressa a lei da conservação de cargas elétricas

↳ dá a informação do número de elétrons que saem do volume limitado pela superfície S por unidade de tempo.

→ Lei de Ohm



Ohm observou experimentalmente ~~em~~ que $\Delta V \propto i$

$$\boxed{\Delta V = R\cdot i}, \quad [R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

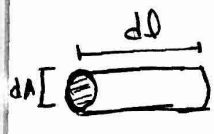
↳ depende da forma, dimensão do condutor, do material, da temperatura e da distribuição de corrente no condutor

Podemos achar a resistência ao longo de uma superfície com: $\boxed{dR = \frac{\rho \cdot dr}{A}}$.

Para um condutor homogêneo em formato cilíndrico temos: $R = \frac{\rho l}{A}$; A [l

resistividade elétrica

<u>Lei de Ohm na forma diferencial</u>: estabelece uma relação entre densidade de corrente e o campo elétrico



dA muito pequeno ∴ J = cte

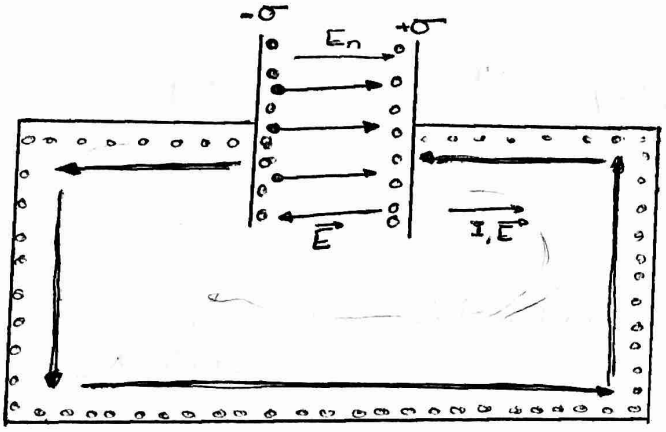
$$dI = J \cdot dA \Rightarrow J\,dA = \frac{dV}{dR} \Rightarrow J\,\cancel{dA} = \frac{dV}{\frac{\rho\, dl}{\cancel{dA}}} \Rightarrow J = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dV}{dl} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow J = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{E \cdot dl}{dl} \Rightarrow J = \frac{1}{\rho} \cdot E \therefore \boxed{\vec{J} = \sigma \vec{E}}$$

condutividade elétrica.

→ Força Eletromotriz:

<u>def</u>: é um "potencial" que faz com que surja um campo elétrico não eletrostático para movimentar portadores de carga no sentido contrário ao natural.

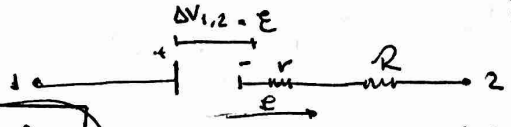


→ à medida que as cargas negativas vão para a placa positiva, esta última tende a ficar neutra. Se isso ocorrer não haverá mais corrente. Para fazer com que a corrente continue a circular, devemos transportar cargas positivas da placa negativa para a placa positiva, através da criação de um campo não eletrostático E_n.

$\mathcal{E} = \frac{W}{q}$, $[\mathcal{E}] = V$; Se o caminho é fechado: $\mathcal{E} = \oint \vec{E_n} d\vec{l}$; Lei de Ohm Generalizada:

$\vec{F_n} = q\vec{E_n}$ Se o ~~centro~~ caminho é aberto: $\mathcal{E} = \int_1^2 \vec{E_n} d\vec{l}$ $\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{E_n})$.

Da Lei de Ohm:



$$\boxed{\mathcal{E}_{1,2} = \Delta V_{12} + I \cdot r}$$

diferença de potencial "natural"

"garante" a diferença de potencial

$$\Delta V_{12} = R_T \cdot I \Rightarrow \mathcal{E}_{12} = R_T \cdot I + I_r \Rightarrow \boxed{I = \frac{\mathcal{E}_{12}}{R + r}}$$

<u>Obs</u>:

$W = q \cdot V \Rightarrow$ trabalho das forças eletrostáticas para fazer o transporte de carga.

$$\boxed{P = \frac{W}{t} = I^2 R = \frac{V^2}{R} = I \cdot V}$$

2i) Eletromagnetismo I:

válida para qualquer valor de veloc. e para ~~cargas~~ campos que variam no tempo

→ Força Magnética:

$$\boxed{\vec{F_M} = q\,\vec{V} \wedge \vec{B}}$$

surgimento do campo depende do referencial

Força de Lorentz (relaciona o campo elétrico com o magnético: $\boxed{\vec{F} = q\,[\vec{E} + \vec{V} \wedge \vec{B}]}$

Obs: podemos definir o campo ~~elétrico~~ magnético como $\vec{B} = \frac{1}{q \cdot v_\perp} (\vec{F_M} \wedge \vec{v_\perp})$

↳ criado por uma única carga em movimento

Força Magnética x Força Elétrica:

(1) a força elétrica F_E é paralela ao campo elétrico E enquanto que a magnética F_M é perpendicular ao campo magnético B;

(2) a força elétrica age sobre uma partícula mesmo quando $v = 0$. Já a magnética só age quando a velocidade é diferente de zero;

(3) a força magnética não realiza trabalho.

→ Força de Ampere:

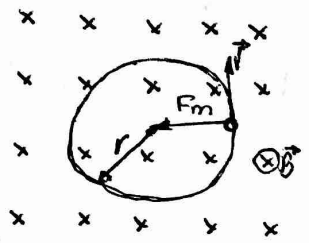
$$d\vec{F} = dq\,(\vec{v} \wedge \vec{B}) \Rightarrow d\vec{F} = dN \cdot e\,(\vec{v} \wedge \vec{B}) \Rightarrow d\vec{F} = ne \cdot dV(\vec{v} \wedge \vec{B}) \Rightarrow \boxed{d\vec{F} = dV(\vec{J} \wedge \vec{B})}$$

Tomando um fio muito fino de área A tal que $\vec{J}$ tenha direção coincidente com o eixo do fio, então:

$$dV = A \cdot dl \therefore \vec{J}dV = JA \cdot d\vec{l} = I\,d\vec{l}.$$

A força de Ampere pode ser escrita como: $d\vec{F} = I(d\vec{l} \wedge \vec{B}) \Rightarrow \boxed{\vec{F} = I \cdot \int d\vec{l} \wedge \vec{B}}$ → passa no corpo em que a força atua

→ Campo Magnético Homogêneo.



Da Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F_B} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow q\cancel{v}B = \frac{mv^{\cancel{2}}}{r} \Rightarrow qB = \frac{mv}{r} \Rightarrow \boxed{r = \frac{mv}{qB}}$$

$\vec{v}$ possui uma componente paralela a $\vec{B}$:

$\vec{v} = \vec{v_\perp} + \vec{v_\parallel}$ → não há força → partícula só translada

$\vec{v_\perp}$ → faz com que a partícula entre em mov. circular

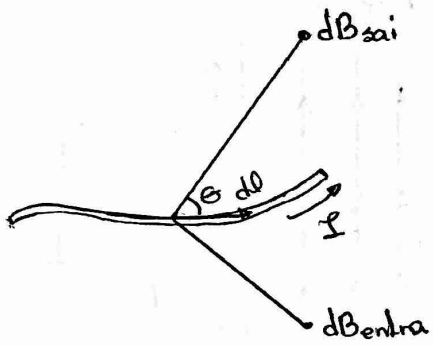
→ Lei de Biot-Savart

$$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \wedge \hat{r}}{r^2}}$$

$d\vec{l}$ → direção da corrente

$\hat{r}$ → aponta para onde surgirá o campo

$d\vec{B}$ → perpendicular ao plano que contém $d\vec{l}$ e $\hat{r}$



Obs: para uma única carga temos: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot q \cdot \frac{\vec{v} \wedge \hat{r}}{r^2}$

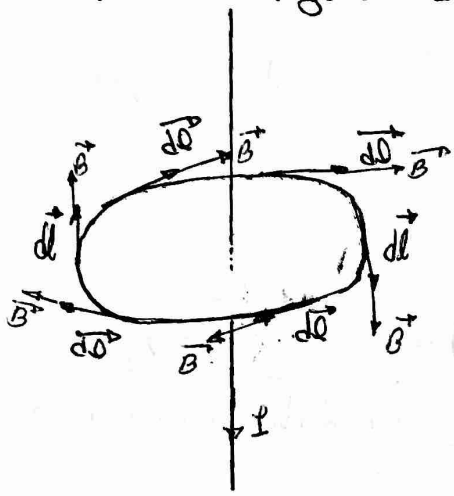
→ Teorema de ~~Gauss~~ Gauss para o campo magnético:

As linhas de campo elétrico são abertas ("nascem" em uma carga e "morrem" na outra) por isso o fluxo em um superfície fechada é $\oint \vec{E}\,d\vec{A} = -\frac{q_{dia}}{\varepsilon_0}$. Já as linhas de campo magnético são

abertas fechadas, pois, as linhas que saem de uma superfície fechada, entram na superfície com a mesma proporção. Portanto, o fluxo ao longo da superfície será $\oint \vec{B}d\vec{A} = 0$ ← não existe carga magnética

↳ o fluxo das linhas de campo magnético não dependem da geometria do corpo.

→ Lei de Ampere (circulação do valor $\vec{B}$ ao longo de uma trajetória fechada).



$$\oint \vec{B}d\vec{l} = \int B dl = B\int dl = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot 2\pi r = \mu_0 I \Rightarrow$$

B = cte → $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ (depende só de r e I)

trajetória de B →

$$\boxed{\oint \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 I}$$

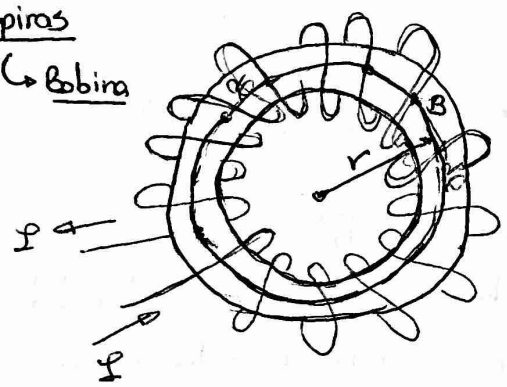
→ corrente líquida

↳ fonte de campo magnéticos são as correntes.

Obs: a Lei de Ampere vale para qualquer trajetória de integração.

Espiras

↳ Bobina



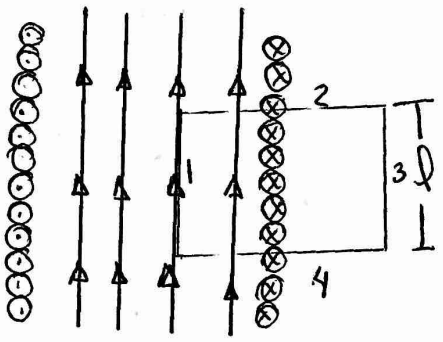
$$\oint \vec{B}d\vec{l} = \oint B dl = B\int dl = \mu_0 N I \Rightarrow B\, 2\pi r = \mu_0 I N \Rightarrow$$

→ corrente líquida

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$$

↳ quanto menor for r, mais intenso será o campo.

↳ Solenóide



$$\oint \vec{B}d\vec{l} = \int_{L_1} \vec{B}d\vec{l} + \int_{L_2} \vec{B}d\vec{l} + \int_{L_3} \vec{B}d\vec{l} + \int_{L_4} \vec{B}d\vec{l}$$

$\int_{L_2} \vec{B}d\vec{l} = 0$ (perpendicular); $\int_{L_3} \vec{B}d\vec{l} = 0$ (não há campo); $\int_{L_4} \vec{B}d\vec{l} = 0$ (perpendicular)

$$\oint \vec{B}d\vec{l} = \int_{L_1} \vec{B}d\vec{l} \Rightarrow \int_{L_1} B dl = B\int dl = Bl \Rightarrow Bl = \mu_0 N I \Rightarrow$$

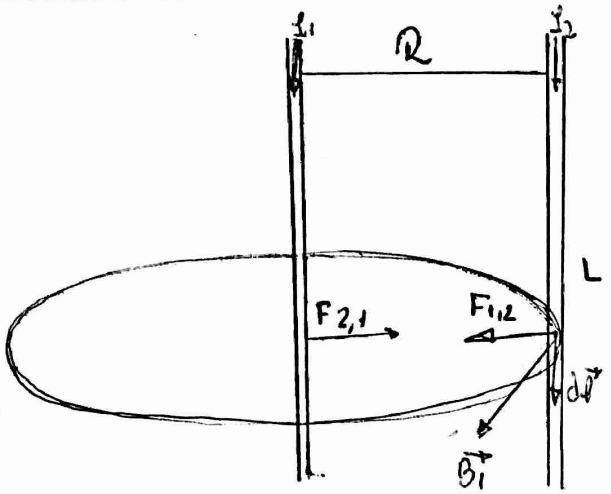
$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

↳ quanto mais próximas forem as espiras, mais uniforme será o campo.

→ Condutores Paralelos com corrente

I_1, I_2 → correntes nos condutores

$F_{1,2}$ → força de interação que o condutor 1 exerce sobre o condutor 2.



$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi R}$$

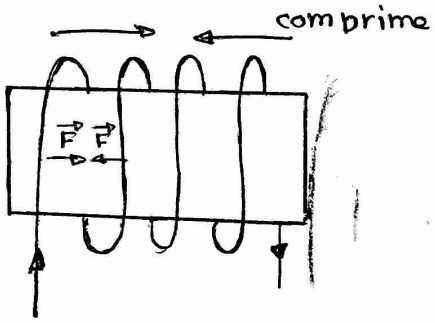
$$d\vec{F_{1,2}} = i_2\, d\vec{l} \wedge \vec{B_1}$$

$$\vec{F_{1,2}} = i_2 \int d\vec{l} \wedge \vec{B_1} \therefore F_{1,2} = i_2 \int dl\, B_1 = B_1 \cdot i_2 \cdot \int dl \rightarrow$$

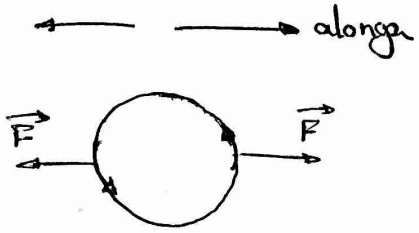
$$\rightarrow \boxed{F_{1,2} = \frac{\mu_0 i_2 \cdot i_1 \cdot L}{2\pi R}}$$, L = comprimento do fio.

↳ Se as correntes fossem alternadas então as forças seriam repulsivas.

Solenóide :



Espira :



Obs : força de Coloumb para o magnetismo : $F_M = \frac{\mu_0 q_1 q_2 v^2}{4\pi r_{1,2}^2} = \mu_0 \tau_e F_e v^2$

↳ para cargas !

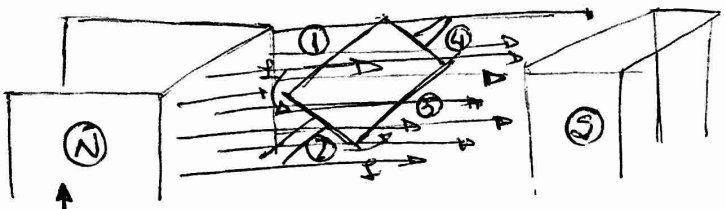
→ Momento de dipolo magnético .

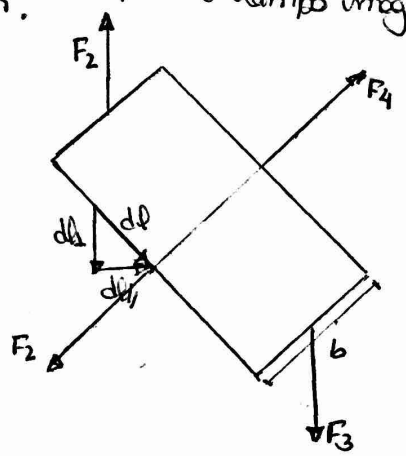
O campo produzido por uma espira com o raio da ordem do tamanho de um átomo por onde circula uma corrente infinitesimal é $B_x = \frac{\mu_0 (iA)\mu}{2\pi (x^2+R^2)^{3/2}}$. Para $x >> R$: $\boxed{B_x = \frac{\mu_0 i A}{2\pi x^3}}$

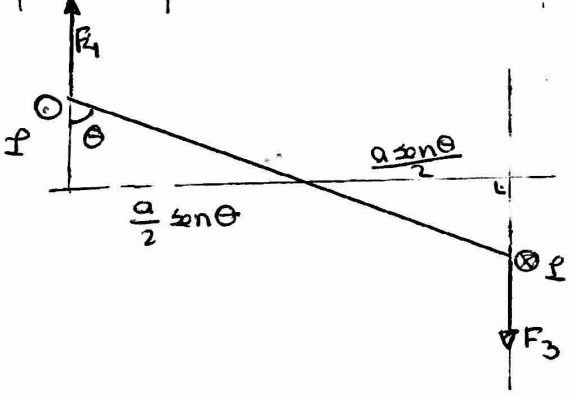
↳ contribuição de cada átomo para o campo magnético.

O momento de dipolo magnético é $\boxed{\vec{\mu} = i \cdot \vec{A}}$, $\vec{A}$ = Área · $\hat{n}$.

→ Circuitos com corrente em um campo $\vec{B}$:







lados 2 e 4 : $d\vec{F} = i\, d\vec{l} \wedge \vec{B}$

$d\vec{l} = d\vec{l_1} + d\vec{l_{11}}$

$d\vec{F} = i\, d\vec{l_1} \wedge \vec{B}$ – força de alongação

lados 1 e 3 : $\tau = (a/2 \operatorname{sen}\theta + a/2 \operatorname{sen}\theta)\, i\, a\, b\, B \operatorname{sen}\theta =$

$= iAB\operatorname{sen}\theta = \mu B \operatorname{sen}\theta \therefore \boxed{\vec{\tau} = \vec{\mu} \wedge \vec{B}}$