

CHƯƠNG IV: TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

IV.1 KHÁI NIỆM CƠ BẢN:

1. Dòng điện: Là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích. Theo quy ước chiều dòng điện là dòng chuyển dời của điện tích (+).

a/ Dòng điện trong kim loại: dòng các e^- tự do.

b/ Dòng điện trong dung dịch điện phân: dòng các ion (+), (-).

ion (+) $\rightarrow$ Cathode

ion (-) $\rightarrow$ Anode

c/ dòng điện trong chất khí: dòng các ion (+), (-) và các e^- tự do.

2. Cường độ dòng điện I:

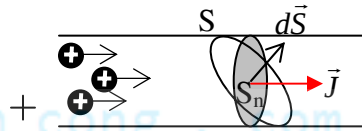
Là số điện lượng đi qua diện tích S trong 1s.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad \left(\frac{C}{s} \right) (A)$$

3. Vectơ mật độ dòng điện $\vec{J}$ có phương, chiều của dòng điện;

* Độ lớn: $|\vec{J}| = \frac{dI}{dS_n} \quad \left(\frac{A}{m^2} \right)$

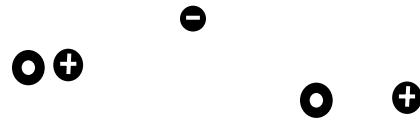
$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{S} = |\vec{J}| \cdot |d\vec{S}| \cdot \cos \alpha = |\vec{J}| \cdot dS_n$$



4. Suất điện động của nguồn:

o $\xi = \oint_{(C)} \vec{E}^* \cdot d\vec{l} \neq 0 \Rightarrow \vec{E}^*$: trường xoáy

o $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \Rightarrow \vec{E}$: trường thế.



Suất điện động là công của 1 lực điện trường E^* dịch chuyển điện tích +1C đi 1 vòng quanh mạch kín của nguồn đó.

$\vec{E}^*$: trường xoáy (điện trường biến đổi theo thời gian)

5. Phần tử dòng điện: $I \cdot d\vec{l}$

Phần tử dòng điện là 1 đoạn rất ngắn của dòng điện có phương, chiều của dòng điện và có độ lớn $I \cdot d\vec{l}$

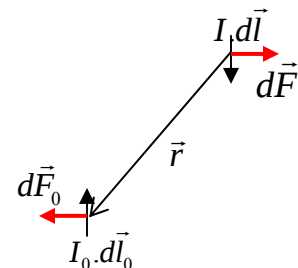
IV.2. ĐỊNH LUẬT AMPE (Định luật tương tác giữa 2 phần tử dòng điện):

Xét 2 phần tử dòng điện : $I_0 \cdot d\vec{l}_0$ và $I \cdot d\vec{l}$ cách nhau 1 đoạn r thì sẽ chịu bởi cặp lực

tương tác $d\vec{F}_0$ và $d\vec{F}$ (được gọi là lực Ampe hay lực từ)

$$d\vec{F}_0 = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_0 \cdot d\vec{l}_0 \times (I \cdot d\vec{l} \times \vec{r})}{r^3}$$

$$d\vec{F} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times (I_0 \cdot d\vec{l}_0 \times \vec{r}_0)}{r^3}$$



IV.3. TỪ TRƯỜNG:

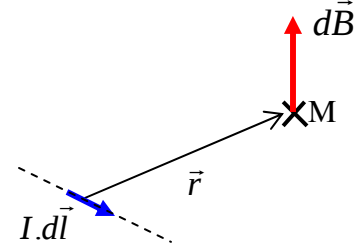
1. Từ trường gây ra bởi phần tử dòng điện $I.d\vec{l}$:

Phần tử dòng điện $I.d\vec{l}$ sẽ tạo ra xung quanh nó 1 từ trường và người ta tính từ trường tại 1 điểm M thông qua đại lượng vectơ cảm ứng từ $d\vec{B}$.

$$I.d\vec{l} \rightarrow M \rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I.d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

Với: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{H}{m} \right)$: hằng số từ

μ : độ từ thẩm tương đối của môi trường



$$d\vec{B} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Điểm đặt: tại M} \\ \bullet \text{ Phương: đường thẳng vuông góc mặt phẳng } (I.d\vec{l}, M) \\ \bullet \text{ Chiều: quy tắc vặn nút chai } I.d\vec{l}, \vec{r}, d\vec{B} \\ \bullet \text{ Độ lớn: } |d\vec{B}| = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I.dl}{r^2} \sin(I.d\vec{l}, \vec{r}) \end{array} \right.$$

2. Từ trường gây ra bởi dây dẫn: (nguyên lý chồng chất từ trường):

Từ trường của 1 dây dẫn thì bằng tổng từ trường của các phần tử trong dây dẫn.

$$I.d\vec{l} \rightarrow M \rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I.d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$\text{Cả dây} \rightarrow M \rightarrow \vec{B} = \int_{\text{cả dây}} d\vec{B}$$

3. Từ trường của nhiều dây dẫn:

$$\left. \begin{array}{l} \text{dây1} \rightarrow M \rightarrow \vec{B}_1 \\ \text{dây2} \rightarrow M \rightarrow \vec{B}_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ n \rightarrow M \rightarrow \vec{B}_n \end{array} \right\} \text{ tại M : } \vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

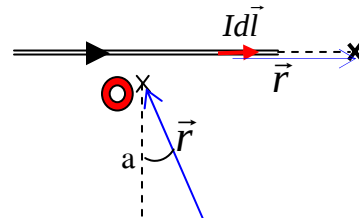
Vd1:

Cho 1 dây dẫn thẳng có dòng điện I. Tính $\vec{B}$ tại M trên đường nối dài của dây.

$$\sin \alpha = 0 \Rightarrow \vec{B} = 0$$

Vd2:

Tính B tại 1 điểm ngoài dây cách đoạn a:



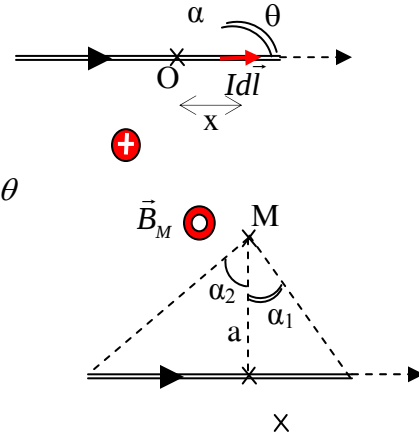
$$\tan \alpha = \frac{x}{a} \Rightarrow x = a \tan \alpha \Rightarrow dx = \frac{a \cdot d\alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{r} \Rightarrow r = \frac{a}{\cos \alpha} ; \sin \theta = \cos \alpha$$

$$Id\vec{l} \rightarrow M \rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \Rightarrow dB = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl}{r^2} \cdot \sin \theta$$

$$day \rightarrow M \rightarrow B = \int dB = \int \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot a \cdot d\alpha}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{\cos \alpha}{a^2}$$

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \alpha \cdot d\alpha = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{a} (\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1)$$



- $\vec{B}_M$ {
- điểm đặt: tại M
 - phương: đường thẳng vuông góc (dây, M)
 - chiều: quy tắc vụn nút chai
 - độ lớn: $B_M = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot a} (\sin \alpha_2 \pm \sin \alpha_1)$
- Dấu +: hình chiếu M trên dây
Dấu -: hình chiếu M ngoài dây

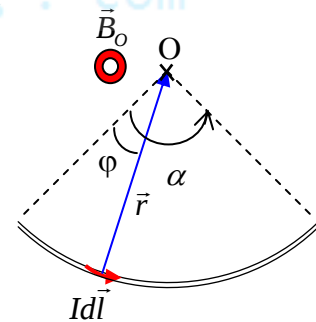
Vd3:

Cho 1 cung tròn (0, R) góc chắn α , $\vec{B}_O = ?$. Dài: $l = R \cdot \alpha$

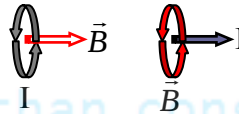
$$Id\vec{l} \rightarrow O \rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl}{r^2} \cdot \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow B = \int dB = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \int_{dây} dl = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \cdot l$$

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R} (\alpha) \quad \alpha : \text{radian}$$



- $\vec{B}_0$ {
- điểm đặt: tại O
 - phương: đường thẳng vuông góc mặt phẳng (dây, O)
 - chiều: quy tắc vụn nút chai
 - độ lớn: $|\vec{B}_0| = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R} \cdot \alpha$

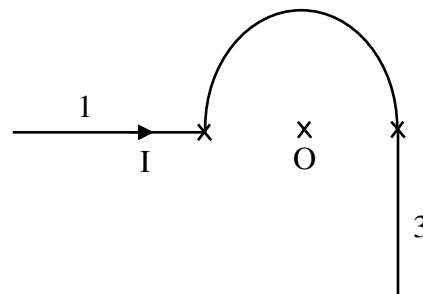


Vd4: Cho dây dẫn dài vô hạn có dòng điện I chạy qua được uốn như hình vẽ. Tính $\vec{B}_O$

$$\vec{B}_O = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 \Rightarrow B_0 = B_2 + B_3$$

0 ⊕ ⊕

$$B_0 = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R} \cdot \pi + \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R} \cdot (\pi + 1)$$

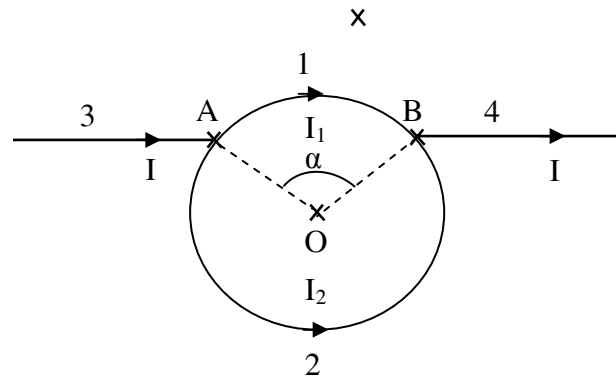


Vd5:

$$\vec{B}_O = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4 \Rightarrow B_0 = B_3 + B_4$$

$$\oplus \quad \oplus \quad \square \quad \oplus \quad \oplus$$

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I_1}{4\pi R} \cdot \alpha \\ B_2 &= \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I_2}{4\pi R} \cdot (2\pi - \alpha) \\ U_{AB} &= I_1 \cdot \mathcal{R}_1 = I_2 \cdot \mathcal{R}_2 \\ &= \rho \frac{l_1}{S} \cdot I_1 = \rho \frac{l_2}{S} \cdot I_2 \\ &= \rho \frac{R \cdot \alpha}{S} \cdot I_1 = \frac{\rho \cdot R (2\pi - \alpha)}{S} \cdot I_2 \\ &\Rightarrow I_1 \cdot \alpha = I_2 \cdot (2\pi - \alpha) \end{aligned} \right\} \Rightarrow B_1 = B_2$$



$$B_3 = B_4 = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot R \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \left(\sin 90^\circ - \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\Rightarrow B_0 = 2 \cdot B_3 = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot R \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \left(\sin 90^\circ - \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

Vd6:

Vòng (0, R): xác định $\vec{B}_M$ tại M cách O khoảng h trên trục.

$$I \cdot d\vec{l} \rightarrow M \rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} ; d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl}{r^2}$$

$$\text{vòng} \rightarrow M \rightarrow \vec{B} = \int d\vec{B}$$

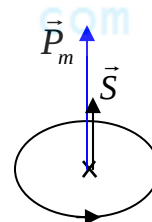
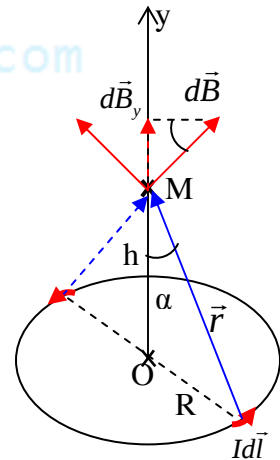
$$\int dB_x = 0$$

$$\int dB_y = \int dB \cdot \sin \alpha ; \sin \alpha = \frac{R}{r}$$

$$\Leftrightarrow B_y = \int \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot dl}{4\pi \cdot r^2} \cdot \frac{R}{r} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot R}{4\pi \cdot r^3} \cdot \int dl$$

$$= \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot r^3} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot S}{2\pi \cdot r^3}$$

$$\vec{B}_M = \frac{\mu \cdot \mu_0}{2\pi \cdot r^3} \cdot \vec{P}_m \quad \text{với} \quad \vec{P}_m = I \cdot \vec{S} : \text{Vecto moment từ}$$



IV.4 TỪ THÔNG:

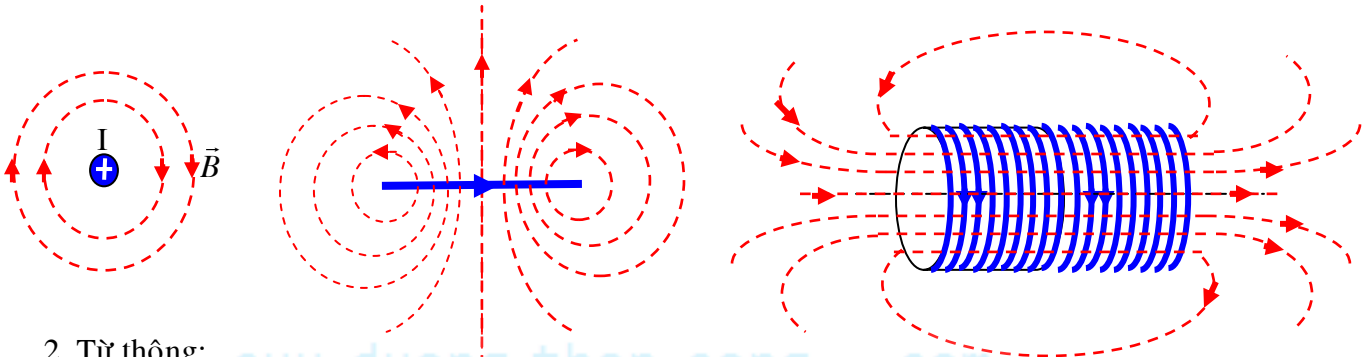
1. Đường sức của từ trường:

a/ Định nghĩa:

Đường sức của $\vec{B}$ là 1 đường cong mà tiếp tuyến tại mọi điểm trên đường cong trùng phương với $\vec{B}$, chiều của đường sức là chiều của $\vec{B}$.

b/ Tính chất:

- o Các đường sức của từ trường không cắt nhau.
- o Đường sức của từ trường là đường cong khép kín.
- o Tập hợp các đường sức từ trường $\rightarrow$ từ phổ.
- o Người ta quy ước vẽ số đường sức lên 1 đơn vị diện tích tiết diện có giá trị $=B$.

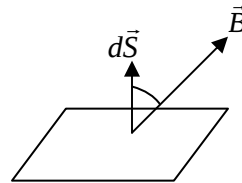


2. Từ thông:

Thông lượng vectơ $\vec{B}$ gửi qua 1 diện tích dS

$$d\phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos \alpha$$

- o $d\phi > 0$: $\vec{B}$ đi ra
- o $d\phi < 0$: $\vec{B}$ đi vào



3. Định lý Gauss đối với từ trường:

a/ Phát biểu:

Thông lượng vectơ cảm ứng $\vec{B}$ gửi qua mặt kín S bất kỳ thì bằng 0.

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (\text{trường xoáy})$$

b/ Công thức dạng tích phân, vi phân:

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$
$$\text{div} \vec{B} = 0$$

IV.5 ĐỊNH LÝ AMPE (định lý dòng điện toàn phần)

1. Vecto cường độ từ trường: $\vec{H}$ không phụ thuộc vào môi trường.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu \cdot \mu_0} \quad \left(\frac{A}{m} \right)$$

2. Lưu số của vecto cường độ từ trường $\vec{H}$ dọc đường cong kín (C) bất kỳ.

a/ Định nghĩa:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint H \cdot dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l}) \neq 0$$

$\Rightarrow \vec{H}$: trường xoáy

3. Định lý Ampe:

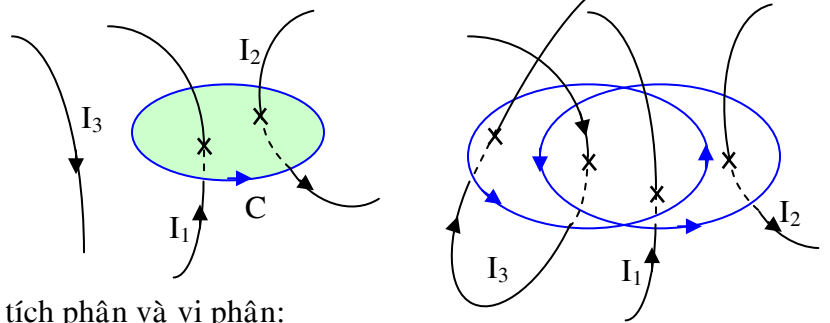
a/ Phát biểu: Lưu số vectơ cường độ từ trường $\vec{H}$ dọc theo đường cong kín (C) bất kỳ (1 vòng) thì bằng tổng đại số các cường độ dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong đó.

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$$

Cường độ dòng điện có giá trị (+) khi dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong (C) có chiều theo chiều tiến của vận nút chai và ngược lại ; còn ở ngoài thì bằng 0.

VD1: $\Rightarrow \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_1 - I_2$

VD2: $\Rightarrow \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = 2I_1 - I_2 - 2I_3 + I_3$



b/ Công thức của định lý Ampe dạng tích phân và vi phân:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_{(S)} \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

$$\int_{(S)} \text{rot} \vec{H} \cdot d\vec{S} = \int_{(S)} \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad \text{hay:} \quad \text{rot} \vec{H} = \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} \quad \text{với:} \quad \text{rot} \vec{H} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix}$$

c/ Áp dụng định lý Ampe để tính $\vec{H}$ của cuộn dây hình xoắn tại M. Chọn C (0, r) có chiều như hình vẽ:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{(C)} H \cdot dl = H \oint_{(C)} dl = H \cdot 2\pi \cdot r$$

$$*R_1 < r < R_2 : H \cdot 2\pi \cdot r = \sum I_i = +n \cdot I \Rightarrow H = \frac{n \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

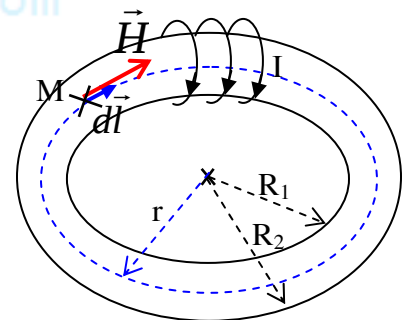
$$*r < R_1 : H \cdot 2\pi \cdot r = 0 \Rightarrow H = 0$$

$$*r > R_2 : H \cdot 2\pi \cdot r = 0 \Rightarrow H = 0$$

Cho $r, R_1, R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow$ cuộn dây thẳng dài vô hạn

$$n_0 = \frac{n}{2\pi \cdot r} \quad (\text{số vòng dây/m})$$

$$\Rightarrow H = n_0 \cdot I \Rightarrow \text{từ trường đều (không phụ thuộc vào } r)$$



IV.6 LỰC TỪ (lực Ampe):

1. Định nghĩa: Một phần tử dòng điện $I_0.d\vec{l}_0$ đặt trong từ trường $\vec{B}$ sẽ chịu 1 lực từ:

$$* I_0.d\vec{l}_0 \rightarrow \vec{B} \rightarrow d\vec{F}_O = I_0.d\vec{l}_0 \times \vec{B}$$

- $d\vec{F}_O$ {
- o Điểm đặt: tại $I_0.d\vec{l}_0$
 - o Phương: đường thẳng vuông góc mặt phẳng ($I_0.d\vec{l}_0, \vec{B}$)
 - o Chiều: quy tắc bàn tay trái
 - o Độ lớn: $dF_O = I_0.dl_0.B.\sin\alpha$

*Nếu cả dây $\rightarrow \vec{B} \rightarrow \vec{F}_O = \int d\vec{F}_O$

2. Áp dụng:

A/ Dây đặt trong $\vec{B}$ của dây dẫn dài vô hạn: $|\vec{B}| = \frac{\mu_0 \mu_0 I}{2\pi x}$

a/ Đoạn dây I_0, l_0 đặt song song cách dây I khoảng x:

$$I_0 d\vec{l}_0 \rightarrow \vec{B} \rightarrow d\vec{F}_O = I_0 d\vec{l}_0 \times \vec{B}$$

$$dF_O = I_0 dl_0.B.\sin 90^\circ = I_0.dl_0.B$$

$$\Rightarrow F_O = \int dF_O = B.I_0 \int dl_0 = B.I_0.l_0 = \frac{\mu_0 \mu_0 I}{2\pi x}.I_0.l_0$$

b/ Đoạn dây I_0, l_0 đặt vuông góc dây I khoảng x::

$$dF_O = \frac{\mu_0 \mu_0 I}{2\pi x}.I_0.dl_0$$

$$\Rightarrow F_O = \int dF_O = \frac{\mu_0 \mu_0 I.I_0}{2\pi} \int_a^{a+l_0} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \mu_0 I.I_0}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l_0}{a}\right)$$

$$x_G = \frac{1}{m} \int dm.x = \frac{1}{mg} \int dm.g.x = \frac{1}{p} \int dp.x = \frac{1}{F_O} \int dF_O.x$$

$$= \frac{1}{F_O} \int_a^{a+l_0} \frac{\mu_0 \mu_0 I}{2\pi x}.I_0.dl_0.x = \frac{1}{\frac{\mu_0 \mu_0 I.I_0}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l_0}{a}\right)} \cdot \frac{\mu_0 \mu_0 I.I_0}{2\pi} \cdot l_0$$

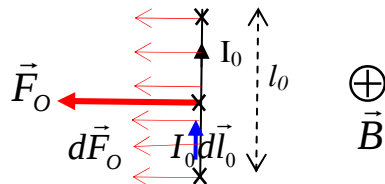
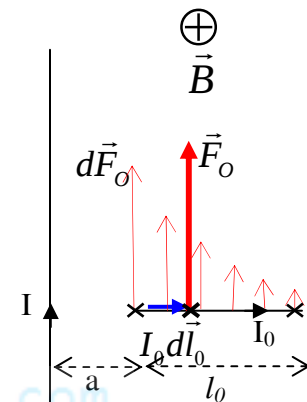
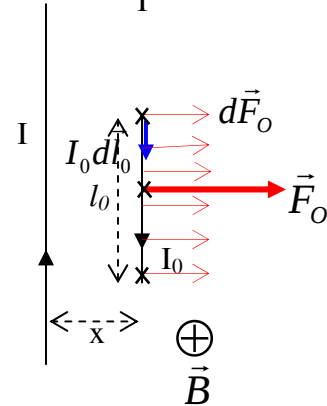
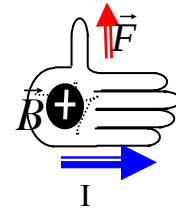
$$= \frac{l_0}{\ln\left(\frac{a+l_0}{a}\right)}$$

B/ $\vec{B}$ đều:

a/ Một đoạn dây thẳng:

$$I_0.d\vec{l}_0 \rightarrow \vec{B} \rightarrow d\vec{F}_O = I_0.d\vec{l}_0 \times \vec{B}$$

$$\Rightarrow F_O = \int I_0 dl_0.B = B.I_0.l_0$$



b/ Một cung:

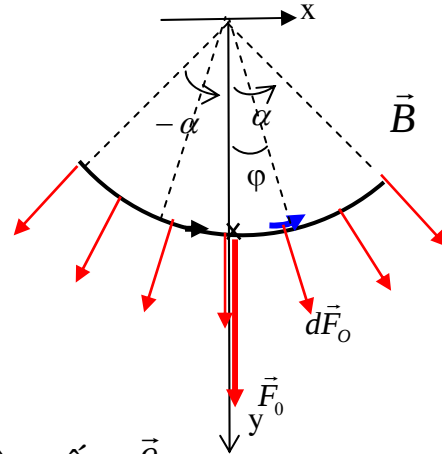
$$\vec{F}_0 = \int d\vec{F}_0$$

$$F_{0x} = \int dF_{0x} = 0$$

$$F_{0y} = \int dF_0 \cdot \cos \varphi = \int I_0 \cdot dl_0 \cdot B \cdot \cos \varphi$$

$$F_{0y} = B \cdot I_0 \cdot R \int_{-\alpha}^{+\alpha} \cos \varphi \cdot d\varphi = 2 \cdot B \cdot I_0 \cdot R \cdot \sin \alpha$$

$$F_0 = 2 \cdot B \cdot I_0 \cdot R \cdot \sin \alpha$$



IV.7 ĐIỆN TÍCH Q CHUYỂN ĐỘNG VỚI VẬN TỐC $\vec{g}$

1. Định nghĩa:

Điện tích q chuyển động với vận tốc $\vec{g}$ được coi tương đương như dòng điện $I d\vec{l}$.

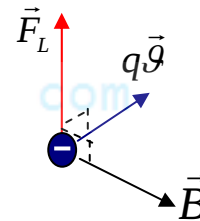
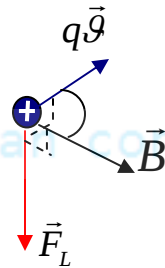
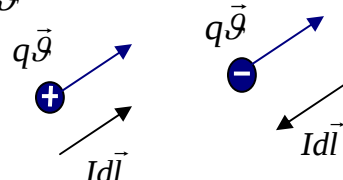
2. Từ trường gây ra bởi $(q\vec{g})$

$$q\vec{g} \rightarrow M \rightarrow \vec{B}_q = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q\vec{g} \times \vec{r}}{r^3}$$

3. Lực Lorentz:

$$q \cdot \vec{g} \rightarrow \vec{B} \rightarrow \vec{F}_L = q\vec{g} \times \vec{B}$$

$$F_L = qg \cdot B \cdot \sin(q\vec{g}, \vec{B})$$



cuu duong than cong . com