Chương 6:
Từ trường tĩnh trong chân không

cuu duong than cong . com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Nội dung

1/Tương tác từ

2/Từ trường

3/Định luật Gauss với từ trường

4/Định lý Ampère

5/Định luật Ampère

6/Tác dụng của từ trường lên mạch điện kín

7/Công của lực từ

8/Từ trường của một1 hạt chuyển động

cuu duong than cong . com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

I/Tương tác từ

Hans Oersted (1777-1851)

- Năm 1820, nhà vật lý người Đan Mạch Hans Oersted làm thí nghiệm về dòng điện và phát hiện sự lệch của kim nam châm ở gần dây dẫn có dòng điện chạy qua.
- Ngược lại, khi đưa nam châm lại gần cuộn dây có dòng điện thì nam châm sẽ hút hoặc đẩy cuộn dây tùy theo chiều dòng điện trong cuộn dây.

cuu duong than cong . com

- Mặt khác, André Ampère cũng tiến hành các thí nghiệm & nhận thấy giữa hai dòng điện có sự tương tác.

André Ampère (1775-1836)

<u>Kết luận</u>: Sự tương tác giữa các nam châm, giữa nam châm và dòng điện, giữa dòng điện và dòng điện thì giống nhau và được gọi là tương tác từ.

cuu duong than cong . com

II/Từ trường

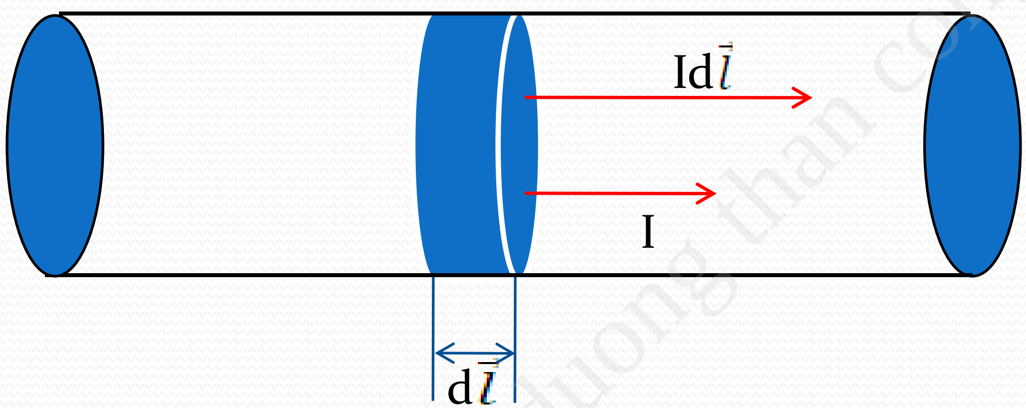
1/Khái niệm từ trường và vecto cảm ứng từ $\vec{B}$

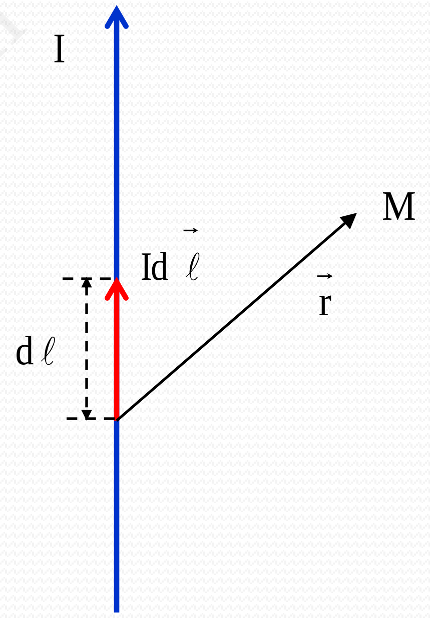
- Để giải thích sự lan truyền tương tác giữa các dòng điện ta phải thừa nhận tồn tại một môi trường trung gian môi giới cho sự tương tác này. Môi trường đó gọi là từ trường.
- Từ trường được đặc trưng bởi một đại lượng vecto kí hiệu là $\vec{B}$ (vecto cảm ứng từ).

cuu duong than cong . com

2/Định luật Biot-Savart

i)Vectơ phần tử dòng điện $Id\vec{\ell}$



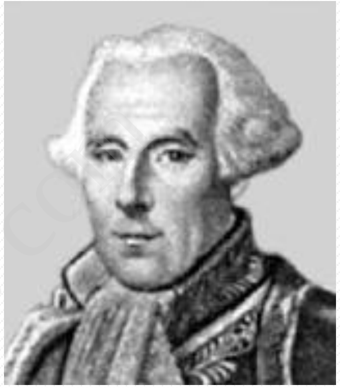


Vectơ phần tử dòng điện $Id\vec{\ell}$ là véc tơ có phương chiều là phương chiều của dòng điện, giá trị là $Id\ell$

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

ii)Định luật Biot-Savart

Jean Biot(1774-1862)



Felix Savart(1791-1841)

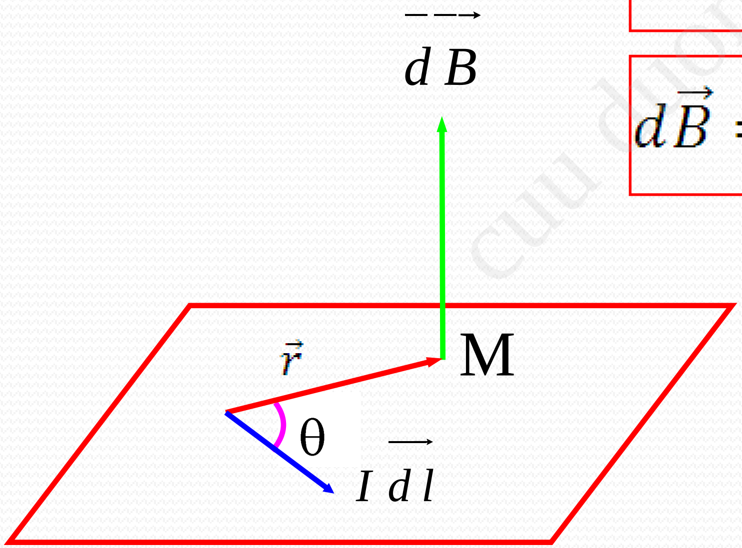
Vectơ cảm ứng từ d $\vec{B}$ của vectơ phần tử dòng điện Id $\vec{l}$ gây ra tại điểm M cách Id $\vec{l}$ một đoạn r:

$$\boxed{d\vec{B} = k\frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}} \qquad k = \frac{\mu_0}{4\pi} \quad \text{H/m}$$

$$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}} \quad => \quad \boxed{dB = \frac{\mu_0 Idl\sin\theta}{4\pi r^2}}$$

$$\boxed{\vec{B} = \int_{\text{dòng điện}} d\vec{B} = \int_{\text{dòng điện}} \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}}$$

$$\boxed{\vec{B} = \sum_{i=1}^{n} \vec{B_i}}$$



cuu duong than cong . com

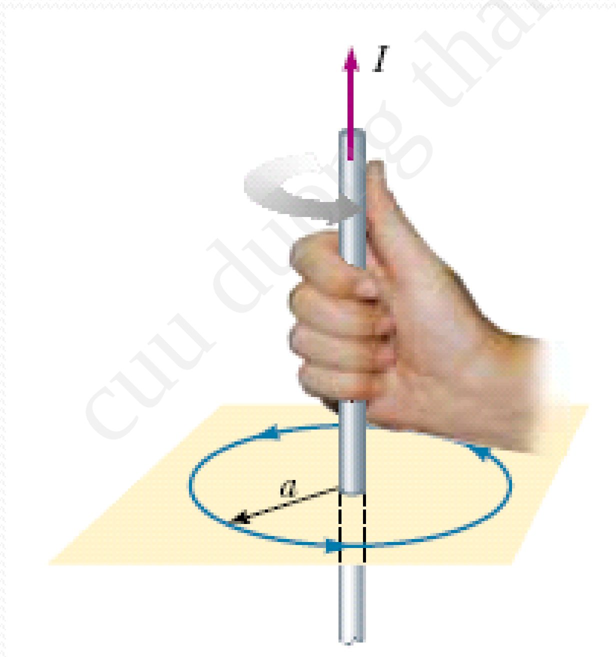
a) Cảm ứng từ $\vec{B}$ của dòng điện thẳng

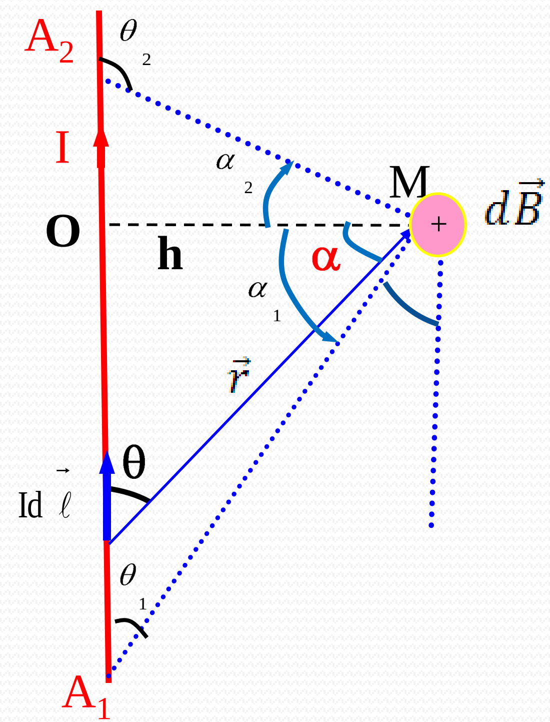
Có $dB = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{Idl\sin\theta}{r^2}$ mà $r = \dfrac{h}{\sin\theta}; dl = \dfrac{h\,d\theta}{\sin^2\theta}$ nên $dB = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi h}\sin\theta\, d\theta$

$B_{A_1A_2} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} dB \Rightarrow$ $\boxed{B_{A_1A_2} = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi h}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi h}(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2)}$

Dây dài vô hạn:

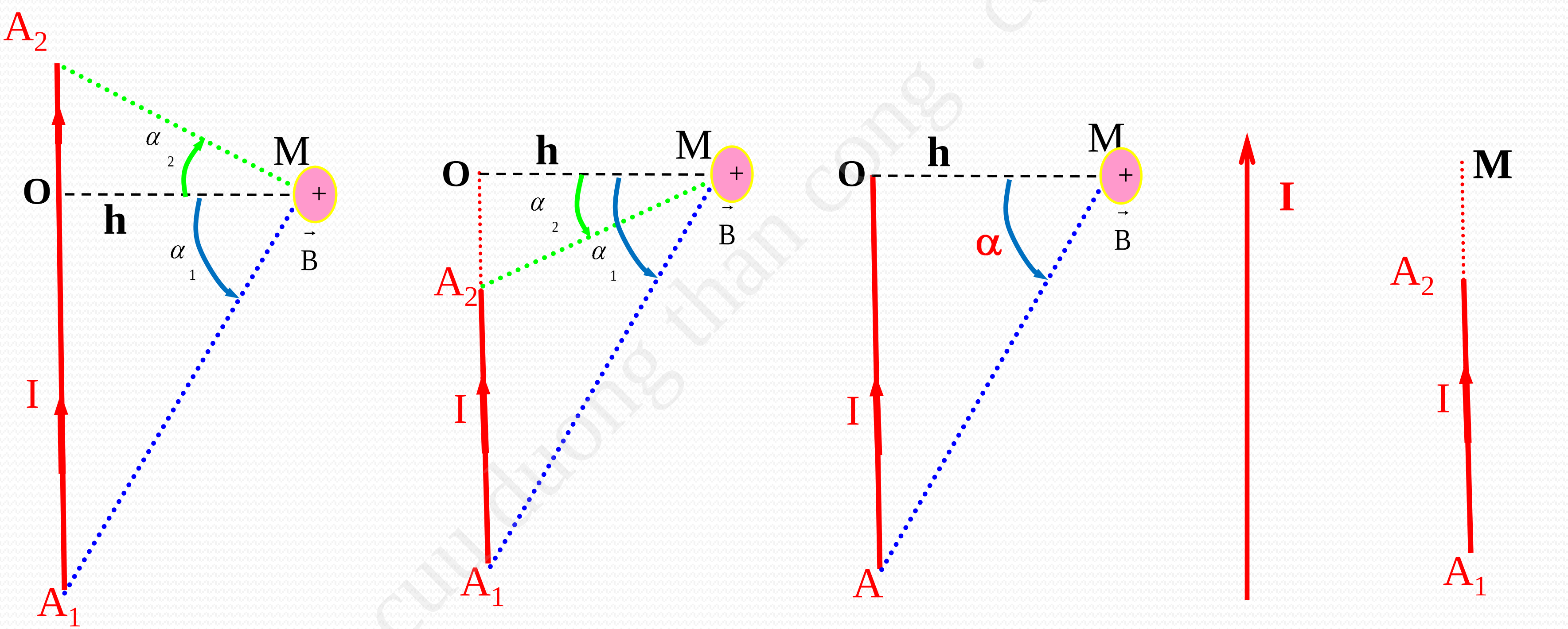
$\boxed{B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi h}}$





cuu duong than cong . com

Cảm ứng từ của dòng điện thẳng (tt)



$$B_{A_1A_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2)$$

$$B_{A_1A_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)$$

$$B_{AO} = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}\sin\alpha$$

$$B_{\infty\infty} = \frac{\mu_0 I}{2\pi h}$$

$$B_{A_1A_2} = 0$$

cuu duong than cong . com

b) Cảm ứng $\vec{B}$ của dòng điện tròn bán kính R

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \quad \text{mà} \quad d\vec{B} = dB_x\overrightarrow{e_x} + dB_y\overrightarrow{e_y} + dB_z\overrightarrow{e_z}$$

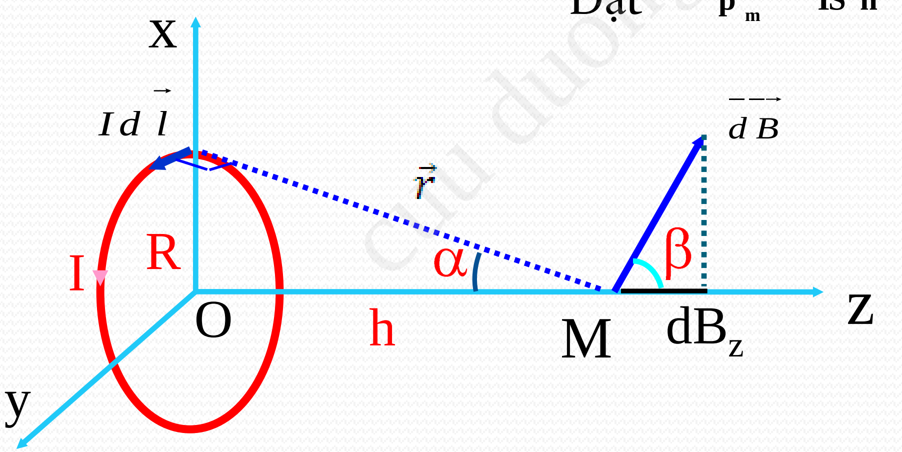
$$\Rightarrow \vec{B} = \int_{(dd)} d\vec{B} = \overrightarrow{e_x}\int_{(dd)} dB_x + \overrightarrow{e_y}\int_{(dd)} dB_y + \overrightarrow{e_z}\int_{(dd)} dB_z = \overrightarrow{e_z}\int_{(dd)} dB_z$$

$$\boxed{\vec{B} = \vec{e}_z \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}}$$

$S = \pi R^2$

$$\boxed{\vec{B} = \overrightarrow{e_z}\frac{\mu_0 I S}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}}}$$

Đặt $\vec{p}_m = IS\,\vec{n} = IS\,\vec{e}_z \rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}}\vec{p}_m$

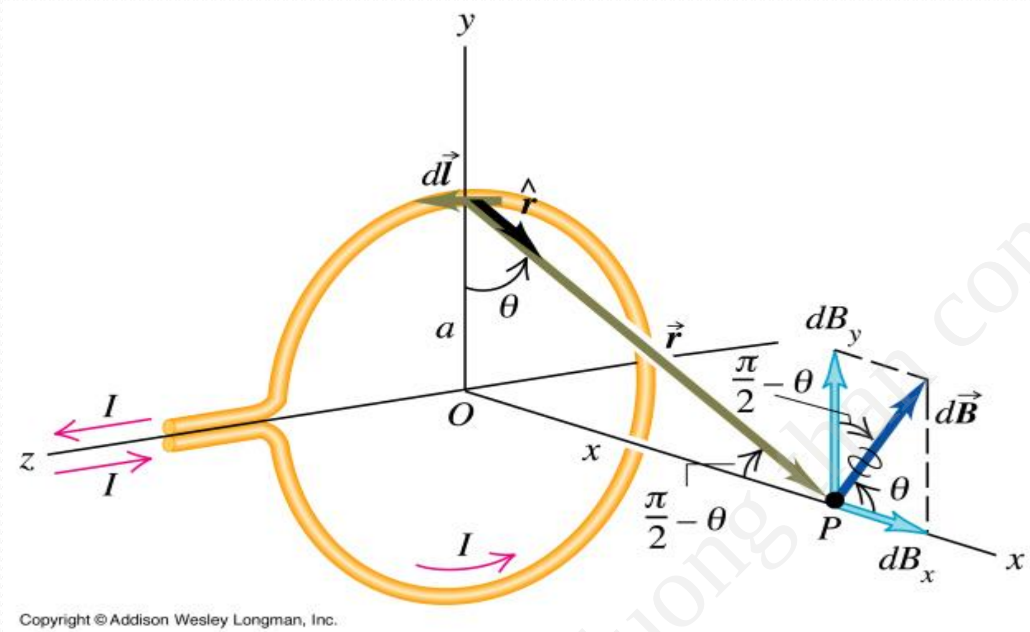


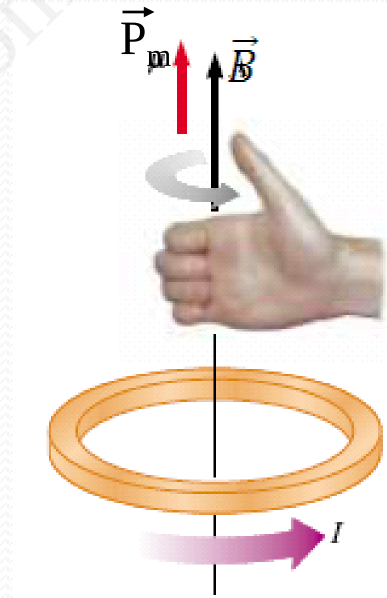
Tại tâm đường tròn tức $h = 0$

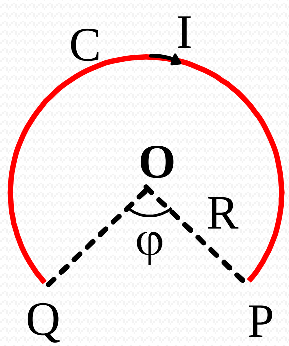
$$\overrightarrow{B_o} = \overrightarrow{e_z}\frac{\mu_0 I}{2R} = \overrightarrow{e_z}\frac{\mu_o I S}{2\pi R^3} = \frac{\mu_0}{2\pi R^3}\overrightarrow{p_m}$$

$$\boxed{B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}}$$

b) Cảm ứng từ của dòng điện tròn bán kính R(tt)





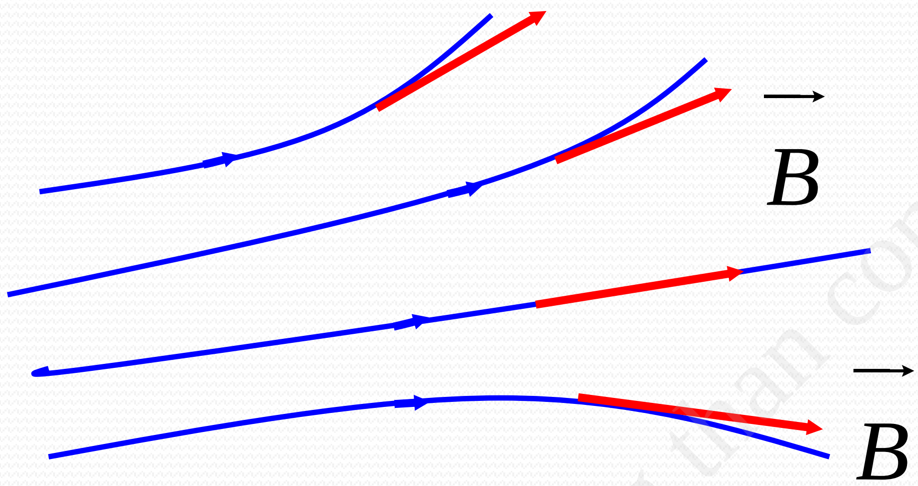


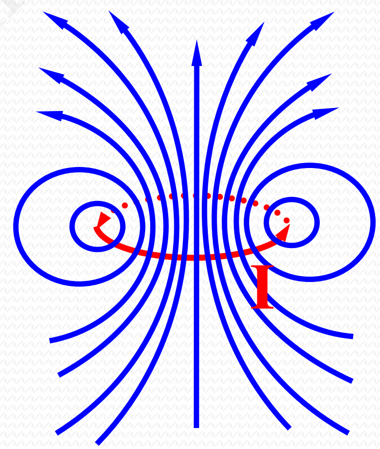
$$B_O = \frac{\mu_0 I}{2R}\frac{(2\pi - \varphi)}{2\pi}$$

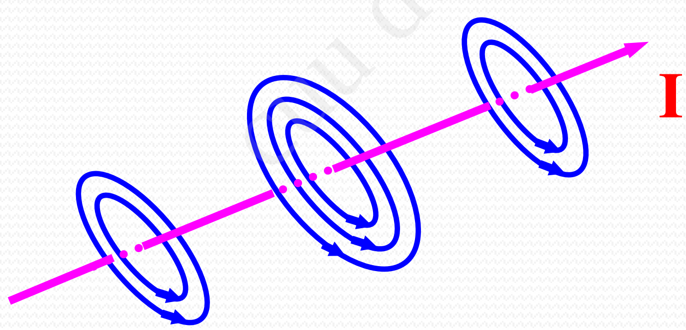
$\vec{B}_O$; ⊗

cuu duong than cong . com

3/ Đường sức cảm ứng từ







$$B = \frac{dN}{dS_n}$$

cuu duong than cong . com

III/ ĐỊNH LÝ GAUSS ĐỐI VỚI TỪ TRƯỜNG

1/ Từ thông:

$$d\Phi_m = \vec{B}.d\vec{S} = BdScos\alpha$$

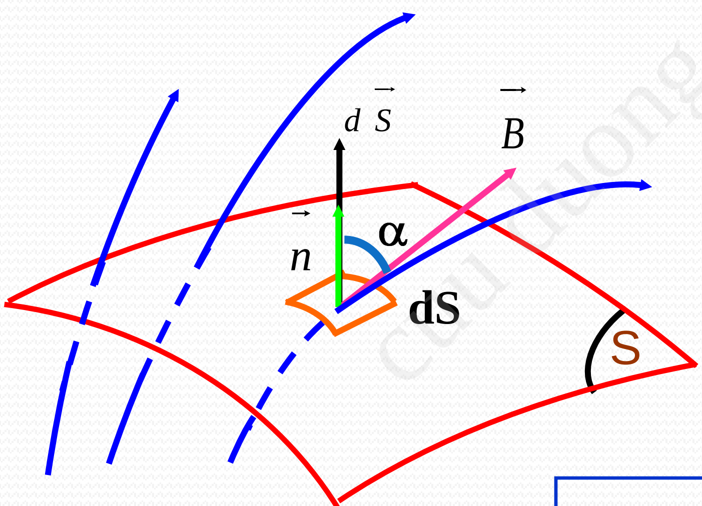
$$d\Phi_m = BdS_n$$

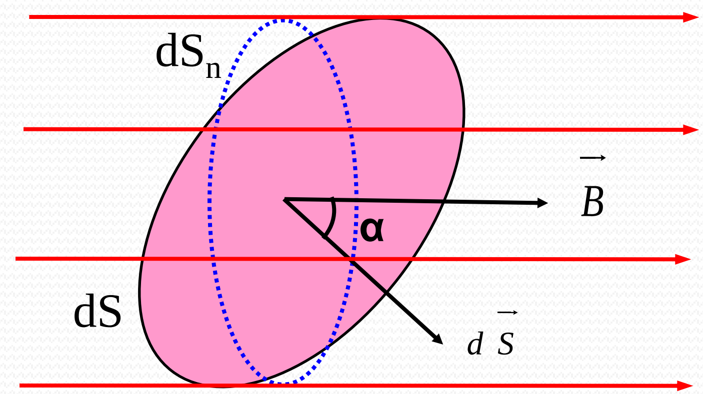
Mặt S

$$\Phi_m = \int_S \vec{B}d\vec{S}$$

Mặt kín S

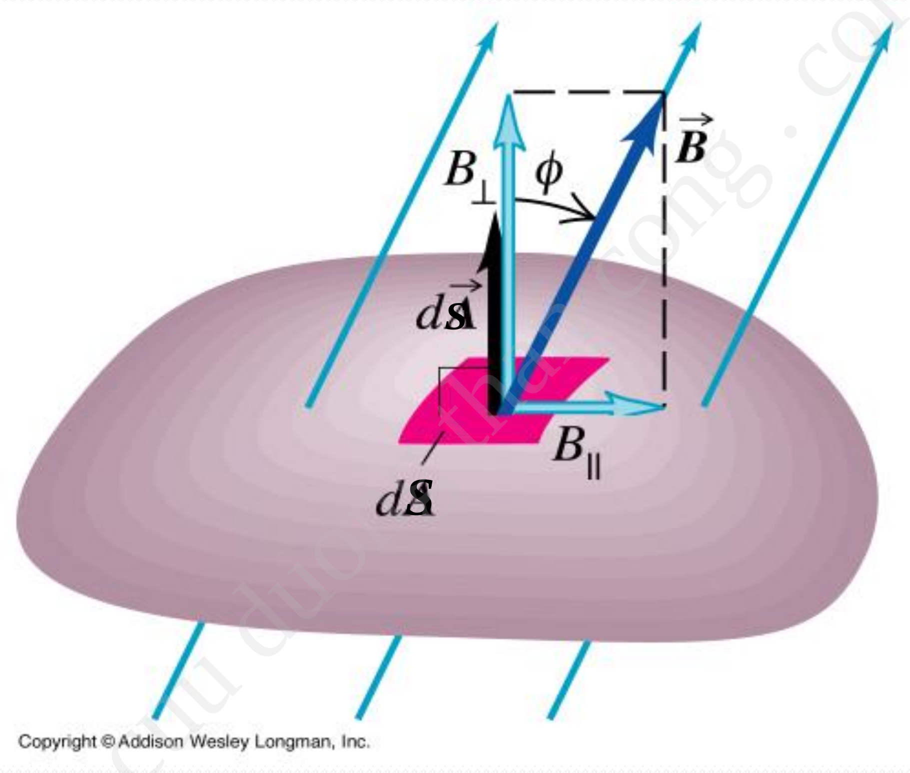
$$\Phi_m = \oint_S \vec{B}d\vec{S}$$





$$\left| d\phi_m \right| = dN$$

cuuduongthancong.com



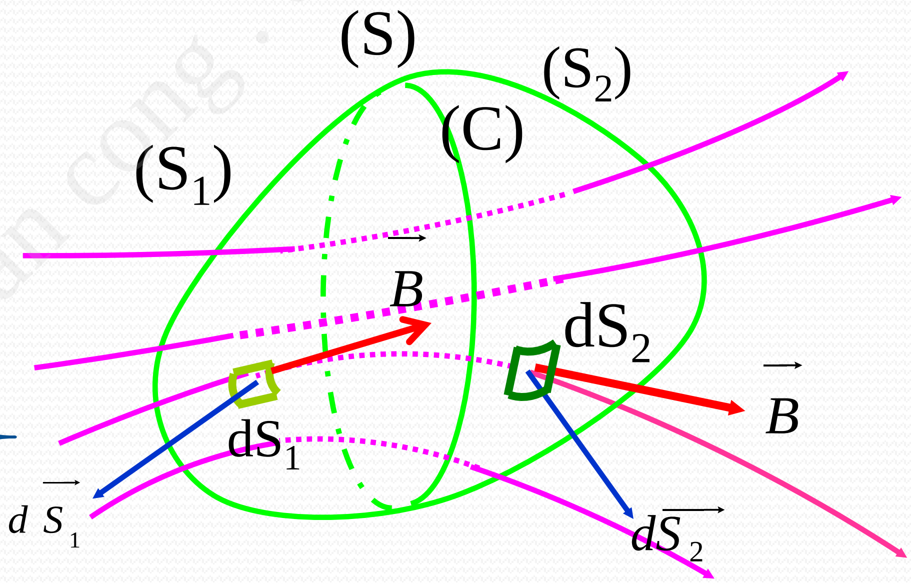
cuu duong than cong . com

2/ Định lý Gauss

$$\oint_S \vec{B}\, d\vec{S} = \int_{S_1} \vec{B}\, d\vec{S_1} + \int_{S_2} \vec{B}\, d\vec{S_2}$$

$$\int_{S_1} \vec{B}\, d\vec{S_1} > 0 \qquad \int_{S_2} \vec{B}\, d\vec{S_2} < 0$$

$$\left| \int_{S_2} \vec{B}\, d\vec{S_2} \right| = \left| \int_{S_1} \vec{B}\, d\vec{S_1} \right| \Rightarrow \oint_S \vec{B}\, d\vec{S} = 0$$



Công thức Gauss:

$$\oint_S \vec{B}\, d\vec{S} = \int_v \nabla.\vec{B}\, dv \quad \Rightarrow \int_v \nabla.\vec{B}\, dv = 0$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\nabla.\vec{B} = 0}$$

IV/ Định lý Ampère (Định lý dòng toàn phần)

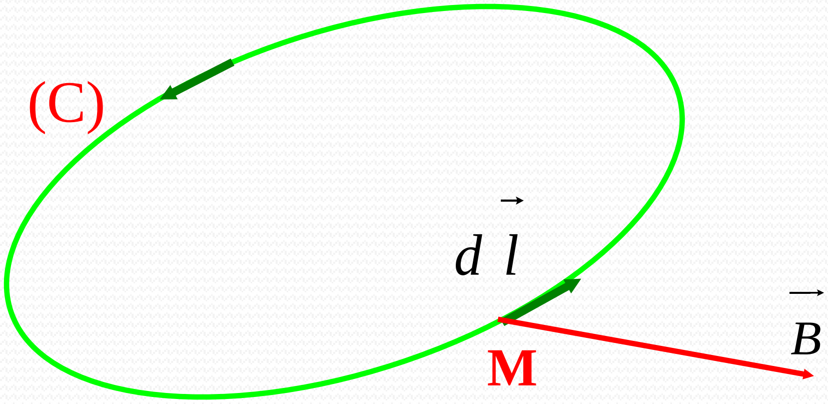
1/ Lưu số của vectơ cảm ứng từ (kí hiệu: L)

Như đã biết lưu số của véc tơ tĩnh điện trường dọc theo đường cong kín (C) bằng không:

$$\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = 0$$

Ngược lại lưu số của véc tơ cảm ứng từ dọc theo đường cong kín (C) khác không:

$$L = \oint_C \vec{B}.d\vec{l} \neq 0$$



CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

2/ Định lý dòng toàn phần

i) Phát biểu: Lưu số của véctơ cảm ứng từ dọc theo một đường cong kín bất kỳ bằng tổng đại số cường độ dòng điện qua diện tích giới hạn bởi đường cong nhân cho μ_0

$$\boxed{L = \oint_C \vec{B}\,d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i}$$

ii) Chứng minh:

A) Từ trường của dòng điện dài vô tận

a) Đường cong (C) nằm trong mặt phẳng (P)

b) Đường cong (C) không nằm trong mặt phẳng (P)

B) Trường hợp tổng quát

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

A) Từ trường của dòng điện dài vô tận

a) Đường cong kín (C) nằm trong mặt phẳng (P) và bao quanh dòng điện

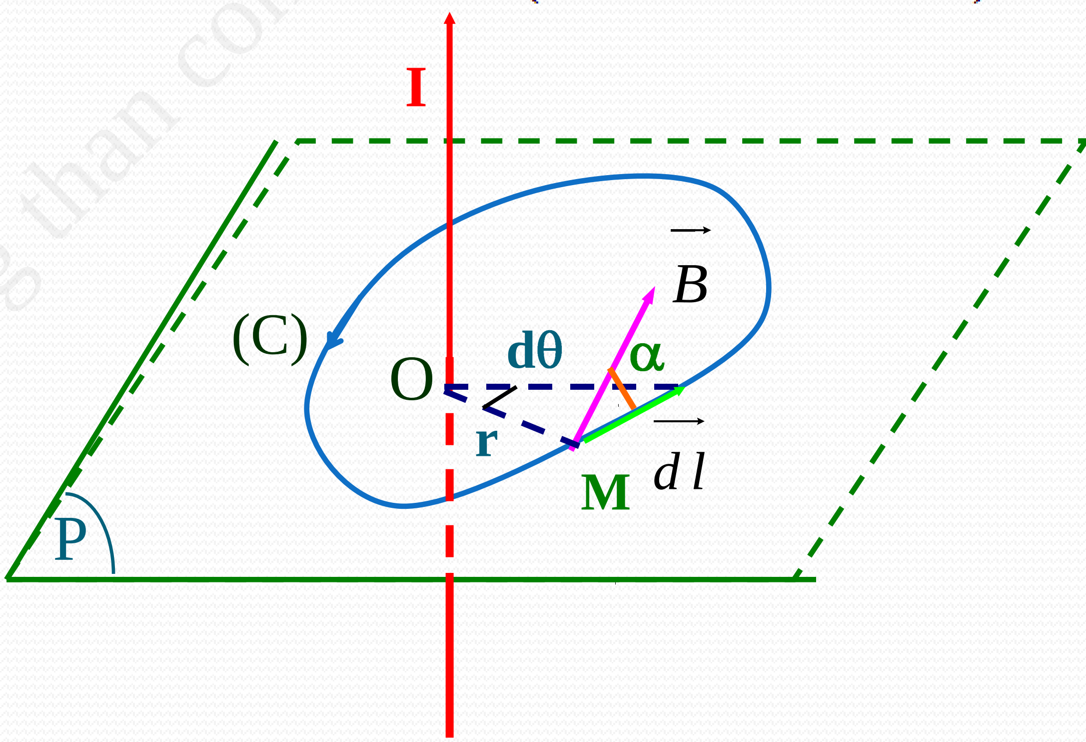
$I > 0$ *nếu* $\vec{B}d\vec{l} > 0$ ($d\vec{l}$ *cùng hướng với* $\vec{B}$)

$$\oint_C \vec{B}d\vec{l} = \oint_C Bdl\cos\alpha$$

$$= \oint_c \frac{\mu_0 I}{2\pi r} r d\theta = \oint_c \frac{\mu_0 I}{2\pi} d\theta = \mu_0 I$$

$(dl\cos\alpha = rd\theta)$

$$L = \oint_C \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 I$$



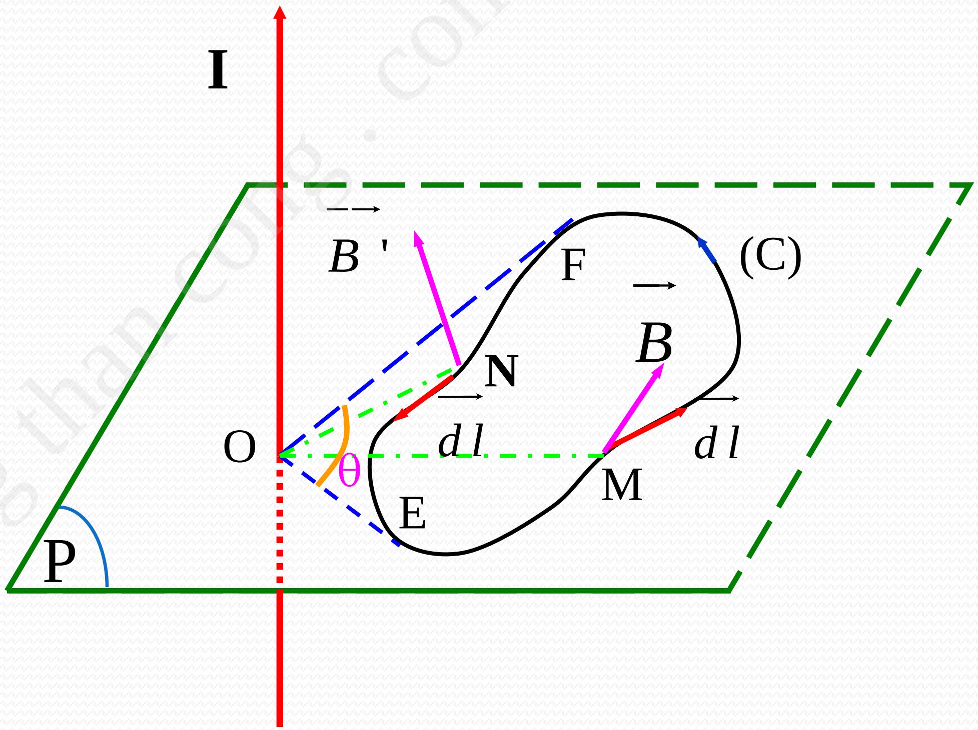
(C) bao quanh dòng điện

cuu duong than cong . com

a) **Trường hợp đường cong kín (C) nằm trong mặt phẳng (P) nhưng không bao quanh dòng điện**

$$L = \int_{EMF} \vec{B}d\vec{l} + \int_{FNE} \overrightarrow{B'}d\vec{l}$$

$$= \int_{0}^{\theta} \vec{B}d\vec{l} + \int_{\theta}^{0} \vec{B}d\vec{l} = 0$$



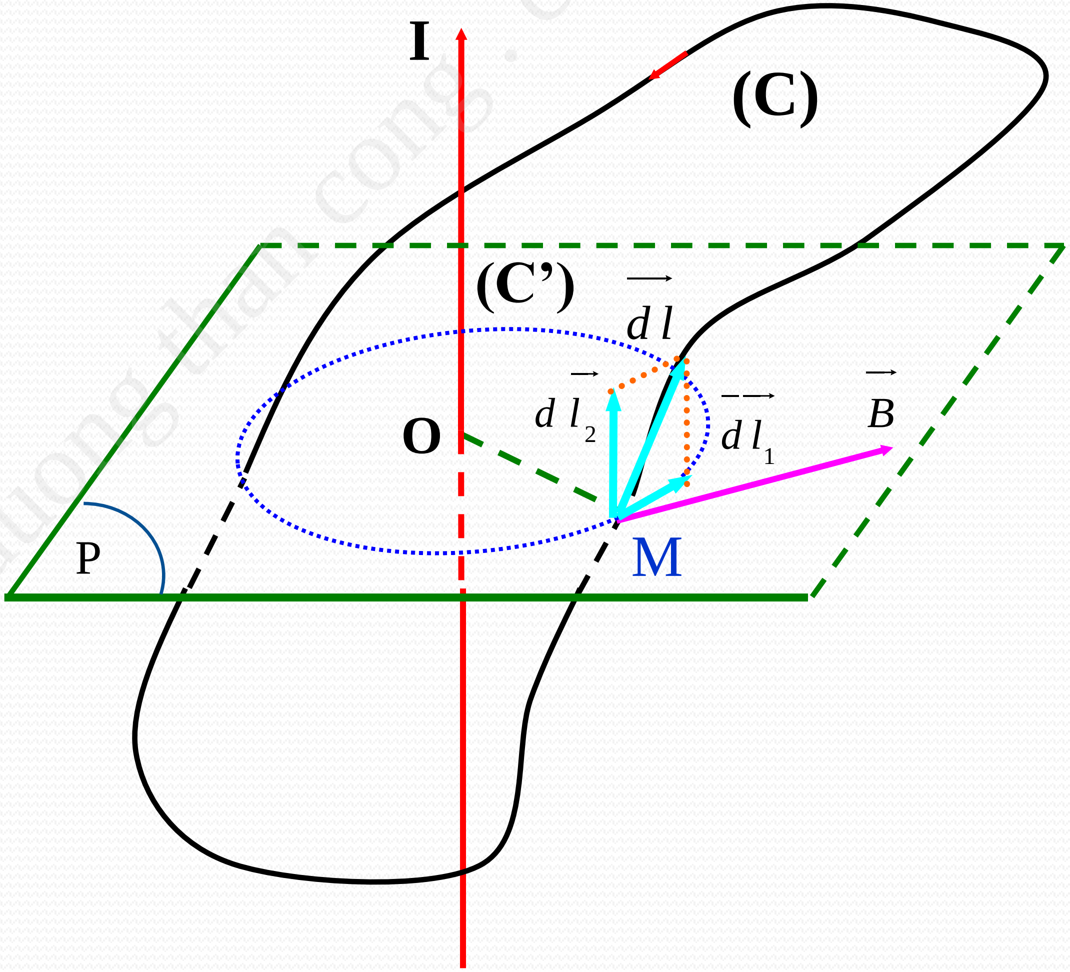
(C) không bao quanh I

cuu duong than cong . com

b) Trường hợp đường cong (C) không nằm trong mặt phẳng (P)

$$\vec{B}d\vec{l} = \vec{B}d\vec{l_1} + \vec{B}d\vec{l_2} = \vec{B}d\vec{l_1}$$

$$L = \oint_C \vec{B}d\vec{l} = \oint_{C'} \vec{B}d\vec{l_1} = \mu_0 I$$



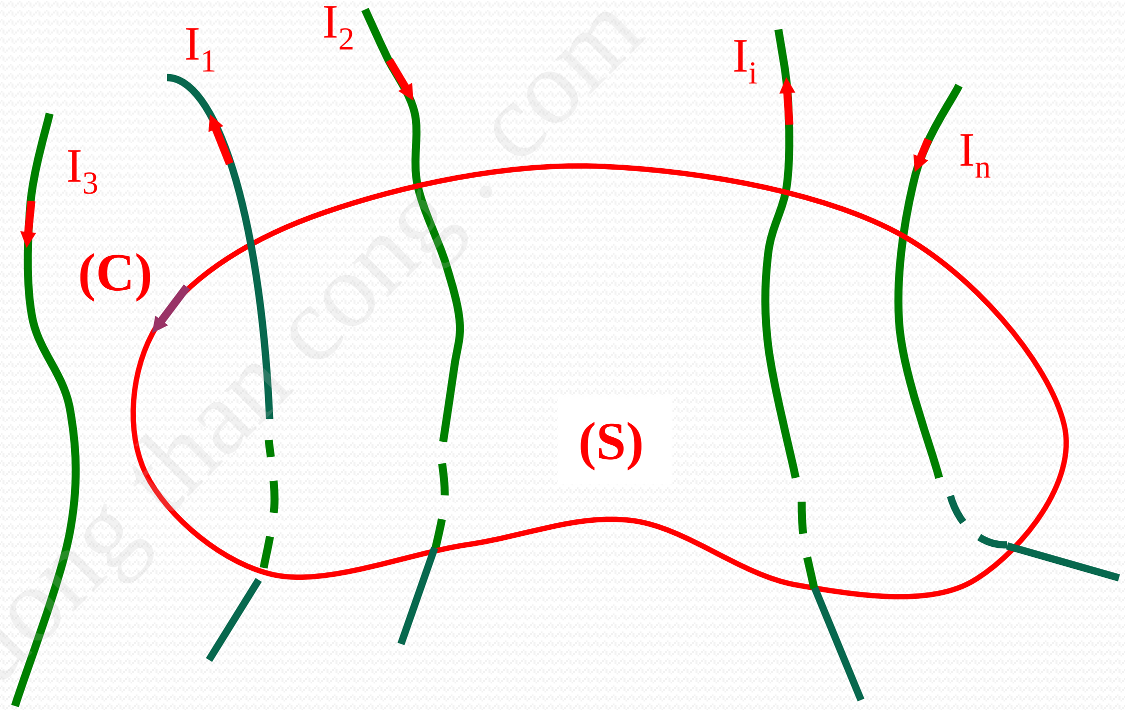
cuu duong than cong . com

B) Trường hợp tổng quát:

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^{n} I_i$$

Với $$\vec{B} = \sum_{i=1}^{n} \vec{B_i}$$

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = \int_S \vec{j}.d\vec{S}$$



Công thức Stokes:

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{B}).d\vec{S}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}}$$

Đặt $\vec{H} = \dfrac{\vec{B}}{\mu_0}$ là vectơ cường độ từ trường: $\vec{H}\left(\dfrac{A}{m}\right)$ $\Rightarrow$ $\boxed{\nabla \times \vec{H} = \vec{j}}$

cuu duong than cong. com

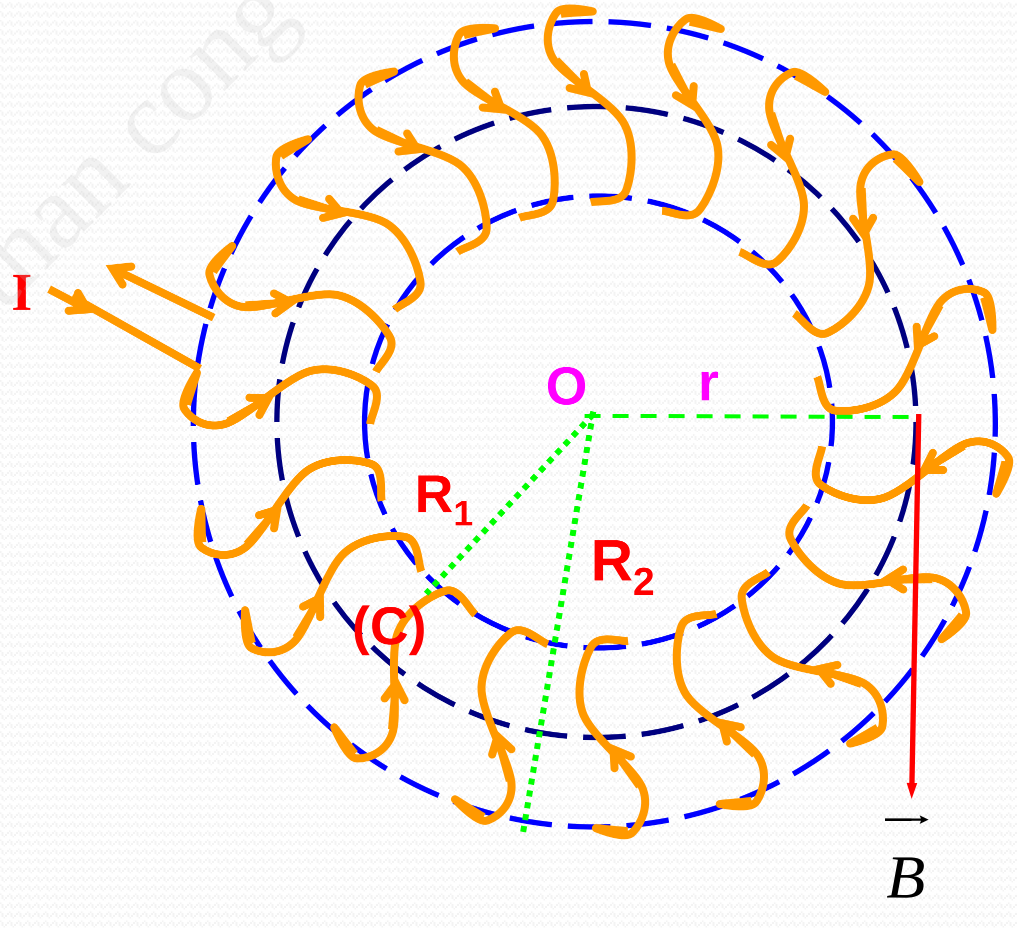
3/ Áp dụng định lý dòng toàn phần để xác định từ trường:

a) Từ trường trong cuộn dây hình xuyến (toroid)

$$\oint_C \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 NI \Rightarrow B2\pi r = \mu_0 NI$$

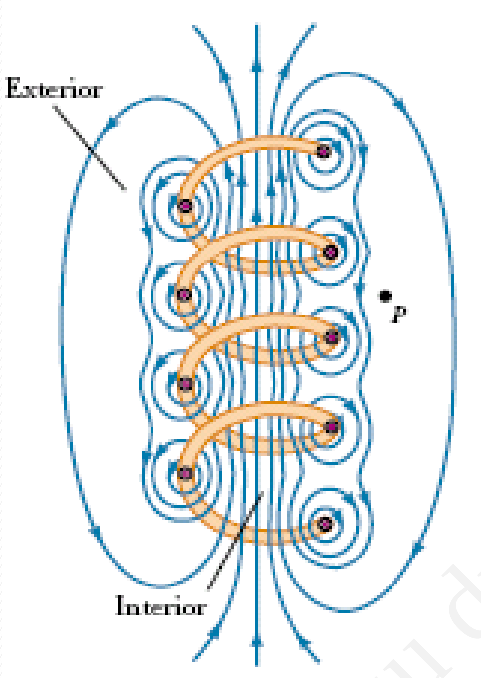
$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} = n\mu_0 I$$

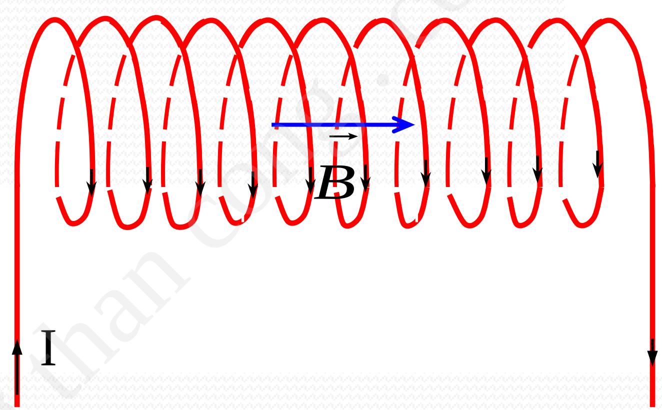
Với $n = \dfrac{N}{2\pi r}$ là số vòng dây trên đơn vị chiều dài



CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

b) Từ trường trong ống dây điện rất dài (solenoid)





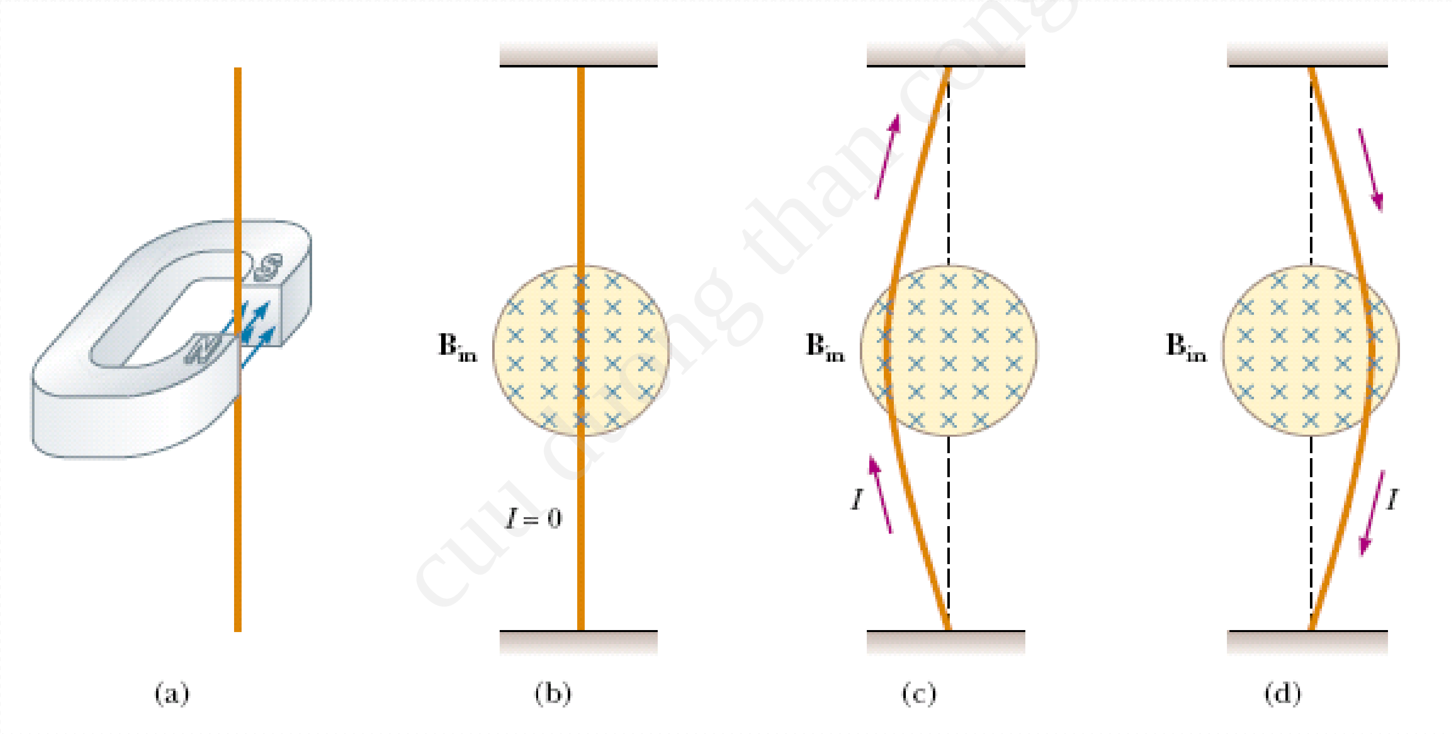
Solenoid

$$R_1 = R_2 = \infty$$

$$\boxed{B = n\mu_0 I}$$

cuu duong than cong . com

V/ ĐỊNH LUẬT AMPÈRE



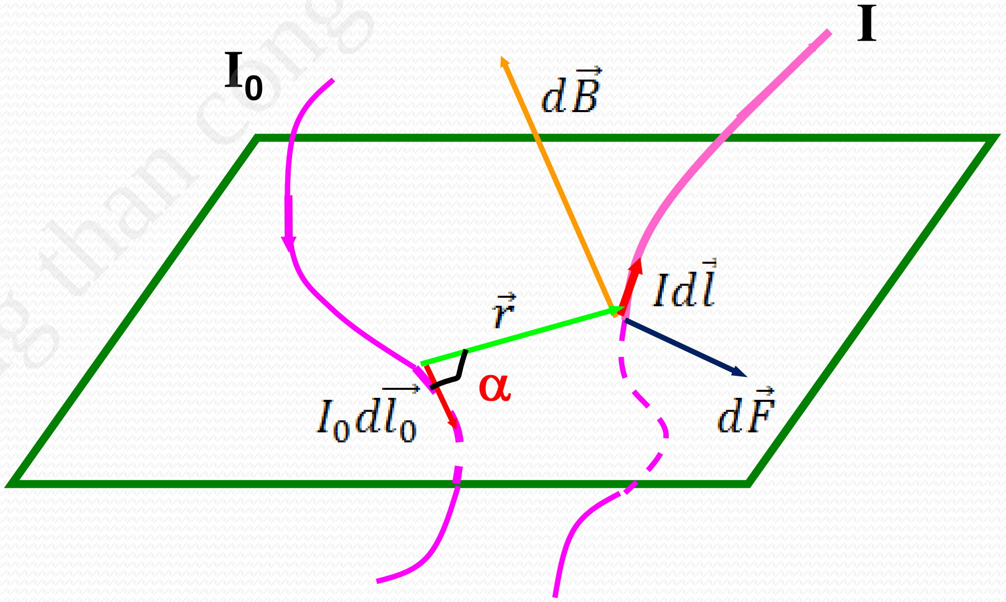
cuu duong than cong . com

ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_0 d\overrightarrow{l_0} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times d\vec{B}$$

$$\boxed{d\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l} \times \left(I_0 d\overrightarrow{l_0} \times \vec{r}\right)}{r^3}}$$



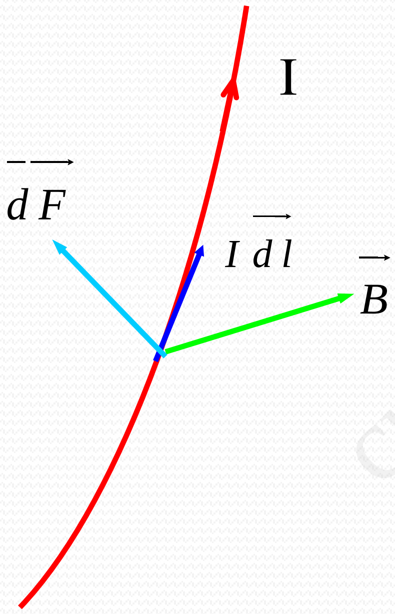
cuu duong than cong . com

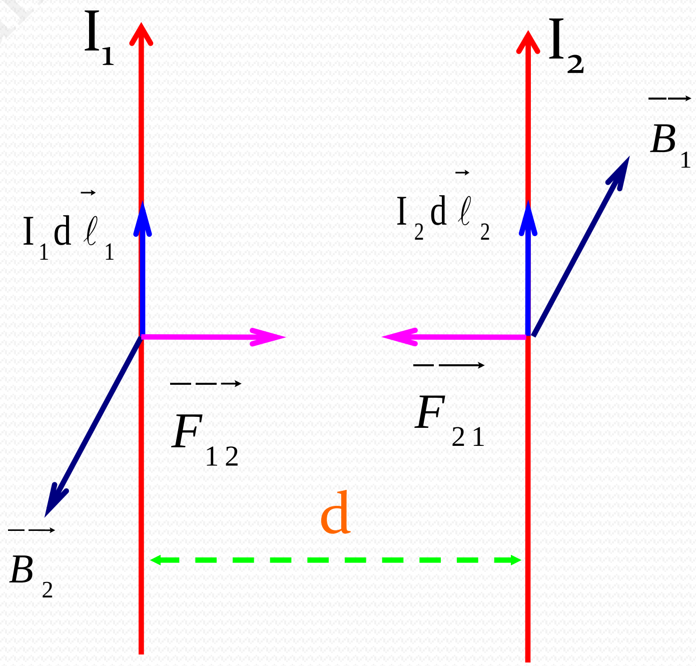
V/ ĐỊNH LUẬT AMPÈRE (tt):

$$=> d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

$$dF = IdlBSin\alpha$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \Rightarrow F_{21} = I_2 B_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$





CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

VI/ TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN MẠCH ĐIỆN KÍN:

1/ Xét lực từ tác dụng lên khung dây dẫn kín:

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \quad => \quad \vec{F} = \oint_{dd} d\vec{F}$$

$$\vec{F} = \oint_{dd} Id\vec{l} \times \vec{B} \quad => \quad \vec{F} = I\left(\oint_{c} d\vec{l}\right) \times \vec{B}$$

Mà $\oint_{c} d\vec{l} = 0$ => $\vec{F} = 0$

=> Mạch điện không chuyển động tịnh tiến trong từ trường.

cuu duong than cong . com

2/ Mômen lực tác dụng lên khung dây dẫn kín:

$$\vec{S} = S\vec{n} = ab\vec{n}$$

$$F = F' = IbBsin\left((\Delta), \vec{B}\right)$$

$(\Delta) \perp \vec{B}$ => $F = F' = IBb$

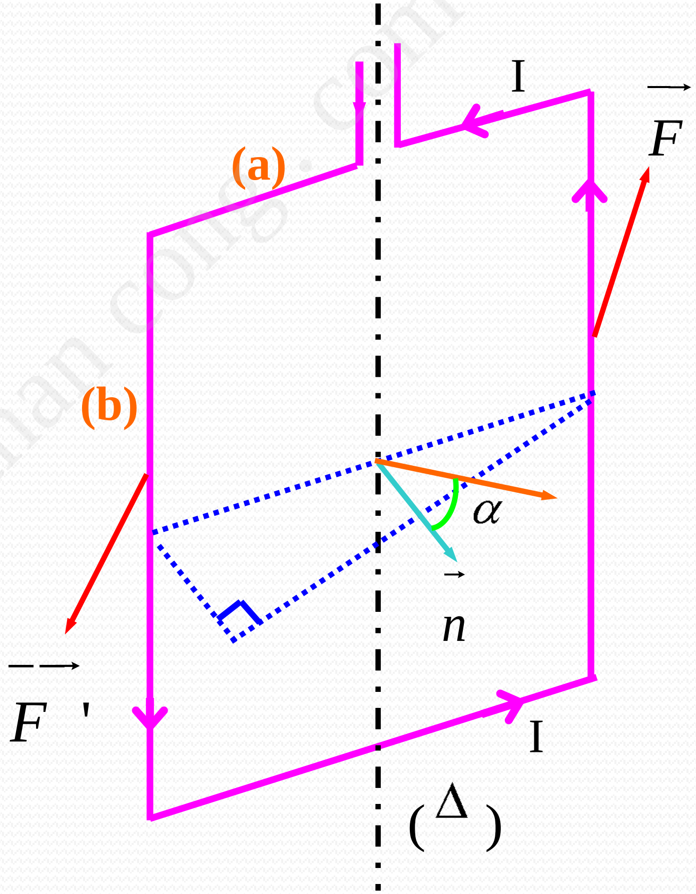
$$F = F' = IBb$$

$$M = IabBsin\alpha = ISBsin\alpha$$

$$\boxed{\vec{M} = I(\vec{S} \times \vec{B})}$$

$$\overrightarrow{p_m} = I\vec{S}$$

$$\boxed{\vec{M} = \overrightarrow{p_m} \times \vec{B}}$$

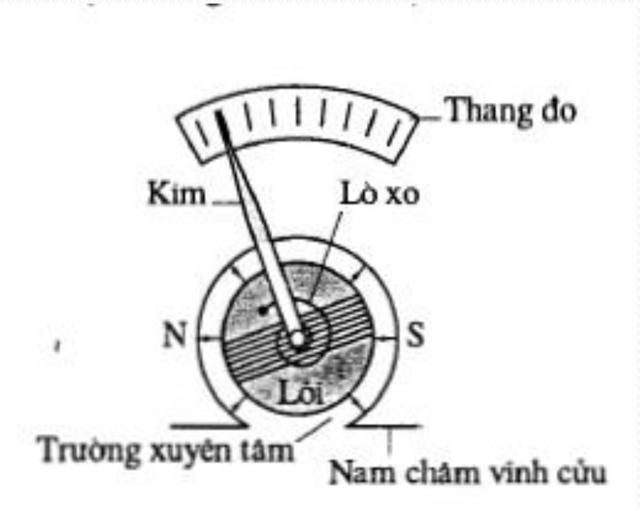


CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

$$dA = -Md\alpha \quad => \quad dA = -p_m B sin\alpha d\alpha$$

$$A = -\int_{\alpha}^{0} p_m B sin\alpha d\alpha = p_m B(1 - cos\alpha)$$

$$W_m(\alpha) - W_m(0) = p_m B(l - cos\alpha)$$
$$= -p_m B cos\alpha - (-p_m B cos0)$$



$$\boxed{W_m(\alpha) = -\overrightarrow{p_m}.\vec{B}}$$

VII/ CÔNG CỦA LỰC TỪ:

Trong vùng không gian có từ trường đều $\vec{B}$, đặt mạch điện không đổi I, trong đó thanh MN = l , chuyển động tịnh tiến trong mặt phẳng khung dây.

Thanh chịu tác dụng của lực từ:

$$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$$

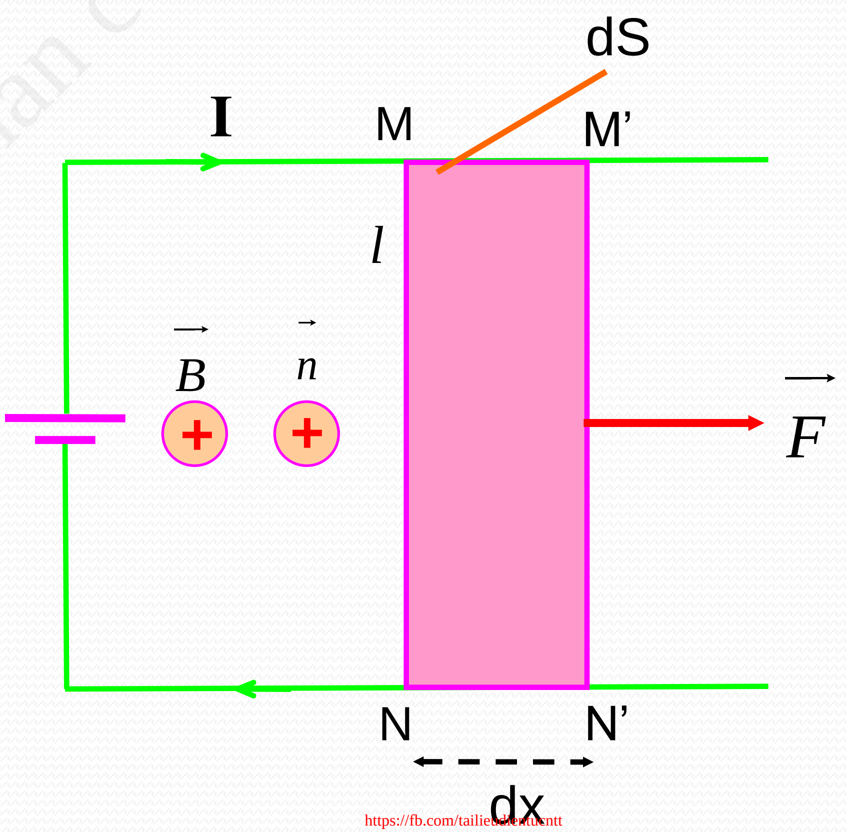
nên $dA = \vec{F}d\vec{x} = I(\vec{l} \times \vec{B})d\vec{x}$

$= I\vec{B}(d\vec{x} \times \vec{l})$

Từ hình vẽ, ta thấy $(d\vec{x} \times \vec{l}) = \vec{n}dS$

Suy ra $dA = I\vec{B}\vec{n}dS = Id\Phi_m$

$d\Phi_m$ là số gia của từ thông gửi qua khung khi thanh chuyển động



CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

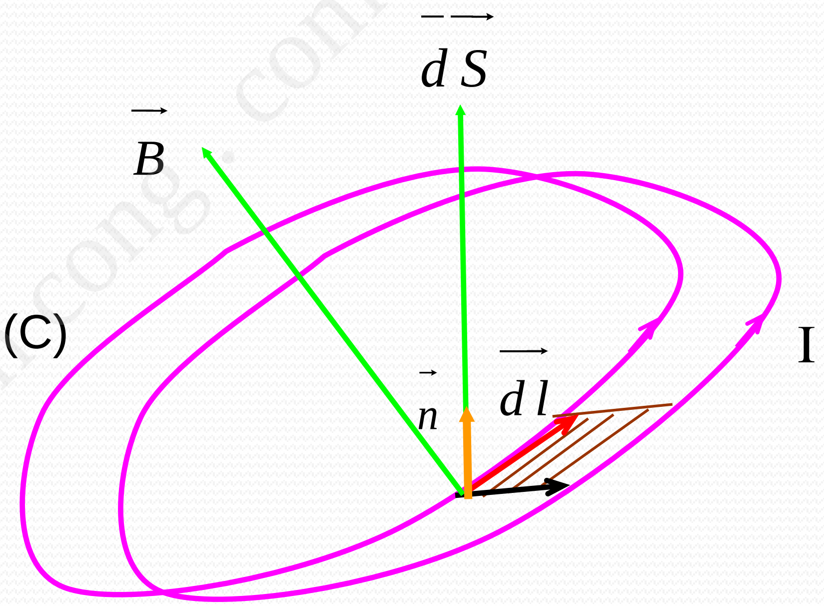
VII/ CÔNG CỦA LỰC TỪ (tt):

$$dA_{pt} = \left(Id\vec{l} \times \vec{B}\right)d\vec{x} = I\vec{B}\left(d\vec{x} \times d\vec{l}\right)$$

mà $\left(d\vec{x} \times d\vec{l}\right) = \vec{n}dS$

=> $dA_{pt} = I\vec{B}\vec{n}dS = I\,d\Phi_{mpt}$

Vậy $dA = \int dA_{pt} = \int Id\Phi_{mpt} = Id\Phi_m$



Suy ra $$\boxed{A_{12} = \int_1^2 Id\Phi_m = I\Delta\Phi_m = I(\Phi_{m2} - \Phi_{m1})}$$

Φ_{m1}, Φ_{m2} *là từ thông gửi qua khung ở vị trí 1 và 2*

VIII/ TỪ TRƯỜNG CỦA MỘT HẠT CHUYỂN ĐỘNG:

1/ Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ của một hạt chuyển động:

Ta có $\vec{j} = n_o q \vec{v}$

nên $I d\vec{l} = \vec{j} S dl = n_0 q \vec{v} S dl$

$$\Rightarrow \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} n_0 q S dl \frac{(\vec{v} \times \vec{r})}{r^3}$$

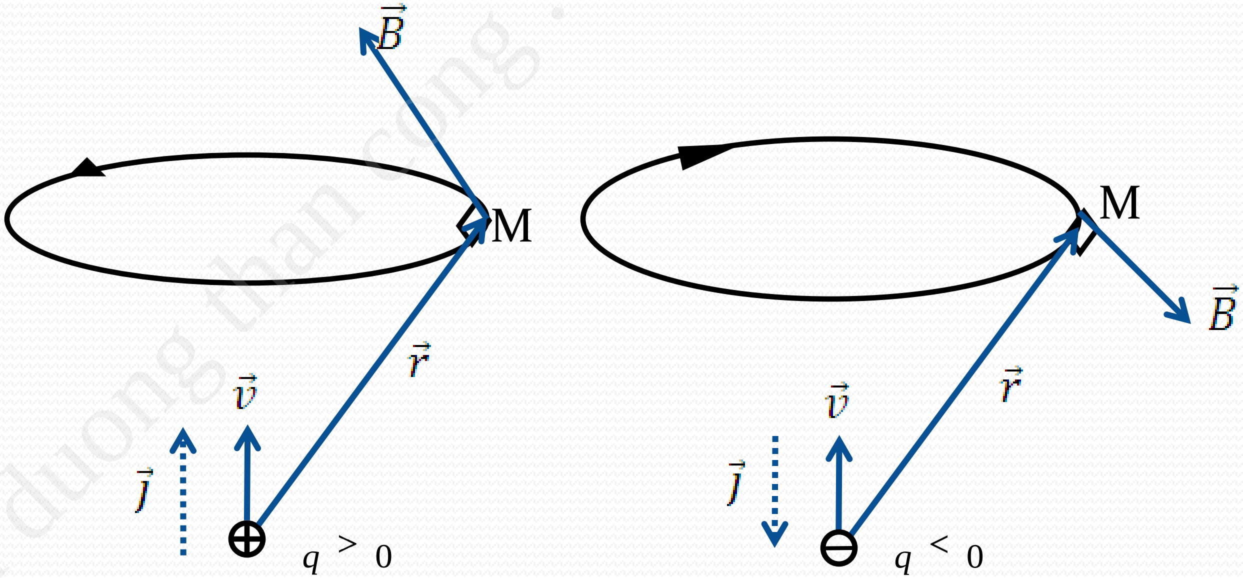
Gọi N là số hạt mang điện, ta có

$$N = n_0 S dl$$

Do đó,

$$\overrightarrow{B_q} = \frac{d\vec{B}}{n_0 S dl}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\overrightarrow{B_q} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}}$$



$\overrightarrow{B_q}$ là cảm ứng từ gây ra tại M do 1 điện tích q, chuyển động với vận tốc $\vec{v}$

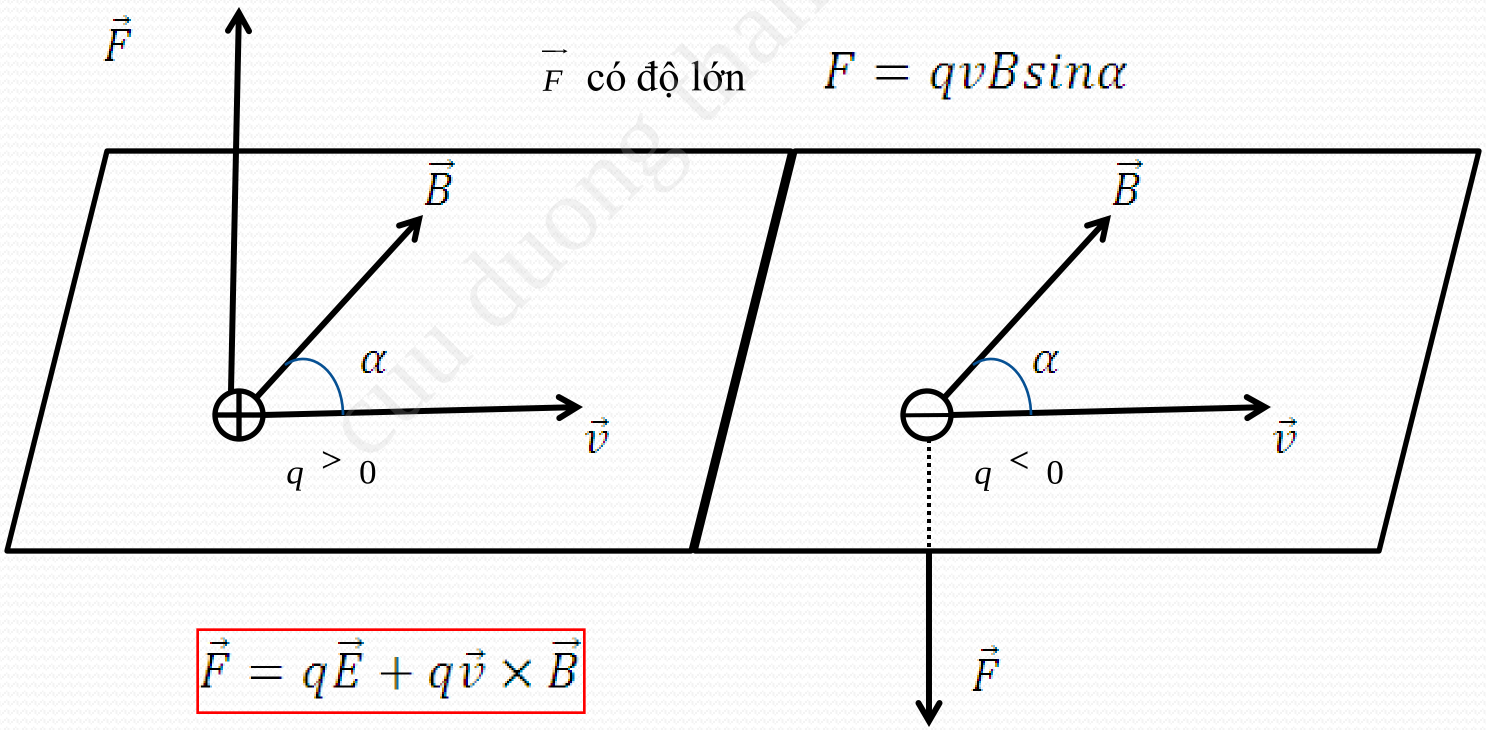
2/Lực Lorentz:

Ta có: $Id\vec{l} = n_0 q\vec{v}S.dl \Rightarrow d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} = n_0 qSdl(\vec{v} \times \vec{B})$

$\vec{F}$ lực từ tác dụng lên 1 điện tích chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ trong từ trường $\vec{B}$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{F}}{n_0 Sdl} \Rightarrow \boxed{\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$\vec{F}$ có độ lớn $F = qvBsin\alpha$



$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}}$$

The End

cuu duong than cong . com