

Th.S Đỗ Quốc Huy

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

Chuyên đề:

TỪ TRƯỜNG TĨNH

(Để download tài liệu này, hãy đăng nhập vào diễn đàn của trang web champhay.com)

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, SV phải :

Xác định được vectơ cảm ứng từ của dòng điện thẳng, tròn, ống dây solenoid, toroid.

Xác định được lực từ, lực Lorentz.

Nêu được các định lí O – G, Ampère

NỘI DUNG

I – K/N từ trường và các đại lượng đặc trưng

II – Cảm ứng từ của các dòng điện

III - Đường cảm ứng từ - Từ thông.

IV – Các định lý quan trọng về từ trường.

V - Lực từ tác dụng lên dòng điện.

VI - Điện tích chuyển động trong từ trường.

VII – Công của lực từ.

I – TỪ TRƯỜNG & CÁC ĐL ĐẶC TRƯNG:

1 – Tương tác từ - Từ trường:

➤ **Tương tác từ:** là tương tác giữa dòng điện với điện.

➤ **Từ trường** là môi trường vật chất xung quanh các dòng điện và **tác dụng lực từ lên các dòng điện khác đặt trong nó.**

2 – Vectơ cảm ứng từ, vectơ cường độ từ trường:

Mỗi điểm trong từ trường được đặc trưng bởi

vectơ cảm ứng từ B và **vectơ cường độ từ trường** H

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0}$$

Đơn vị đo cảm ứng từ B là **T** (tesla).

Đơn vị đo cường độ từ trường

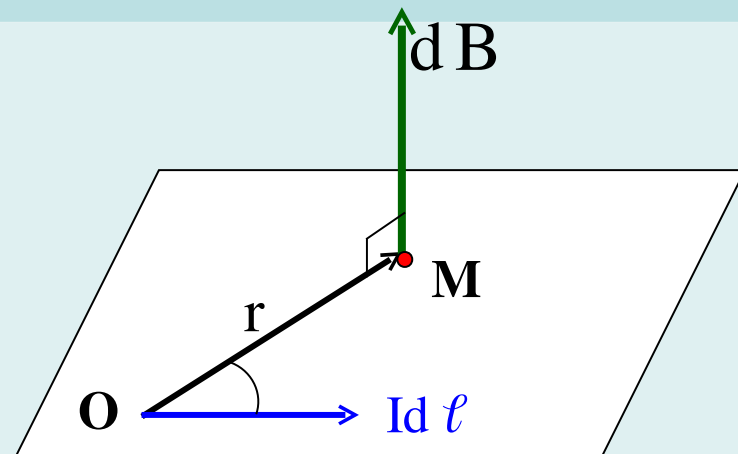
H là **A/m** (ampe trên mét).

II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

1 – Định luật Biot – Savart - Laplace:

Vectơ cảm ứng từ gây bởi một phần tử dòng điện:

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi r^3} (Id \ell \times r)$$



- **Có phương:** vuông góc với mp chứa phần tử dđ và điểm khảo sát.
- **Có chiều:** theo qui tắc **đinh ốc** hoặc **nắm tay phải**

dB

- **Độ lớn:** $dB = \frac{\mu\mu_0 Id \ell}{4\pi r^2} \cdot \sin \theta$

- **Điểm đặt** tại điểm khảo sát.

II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

2 – Nguyên lý chồng chất từ trường:

Vectơ cảm ứng từ gây bởi một dòng điện bất kì:

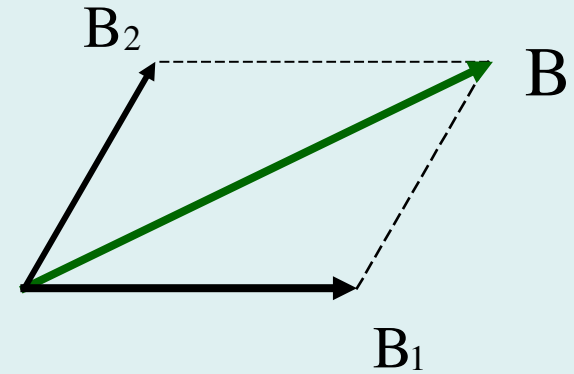
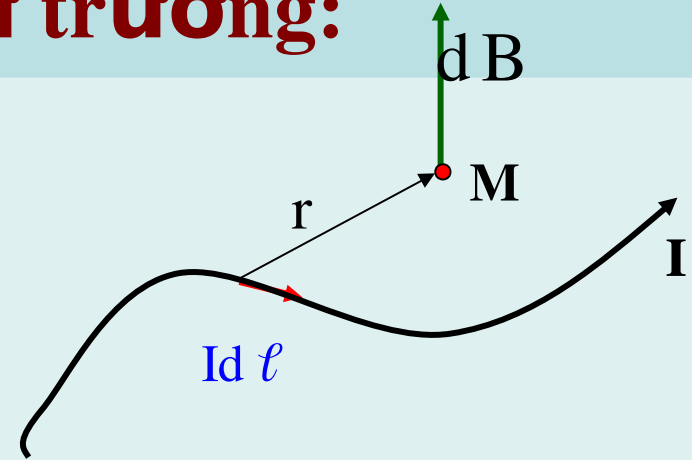
$$B = \int_{\text{dd}} dB$$

dd

Vectơ cảm ứng từ gây bởi nhiều dòng điện:

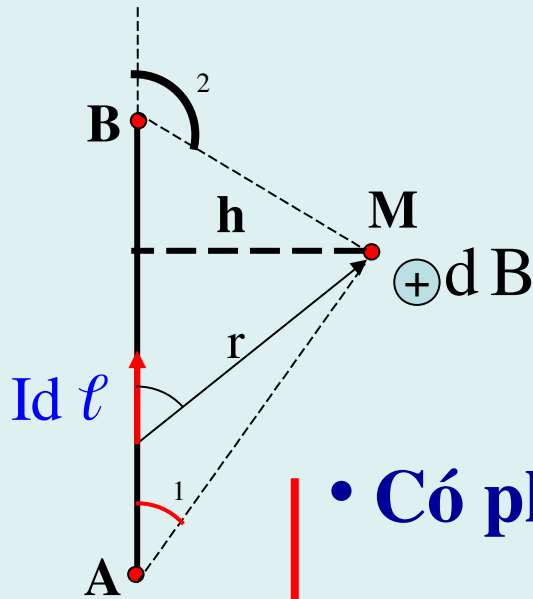
$$B = \sum_i B_i$$

i



II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

3 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện thẳng:



$$B = \int dB \rightarrow B = \int \frac{\mu_0 I d\ell \sin \theta}{4\pi r^2}$$

$$\ell = h \cdot \cot \theta \quad d\ell = \frac{h \cdot d\theta}{\sin^2 \theta}; \quad r = \frac{h}{\sin \theta}$$

• **Có phương:** Vuông góc với mp chứa đđ và điểm khảo sát

• **Có chiều:** Qui tắc **đinh ốc** hoặc **nắm tay**

B

• **Độ lớn:** **phải**

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi h} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

• **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

3 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện thẳng:

$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi h}$

$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi h} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$

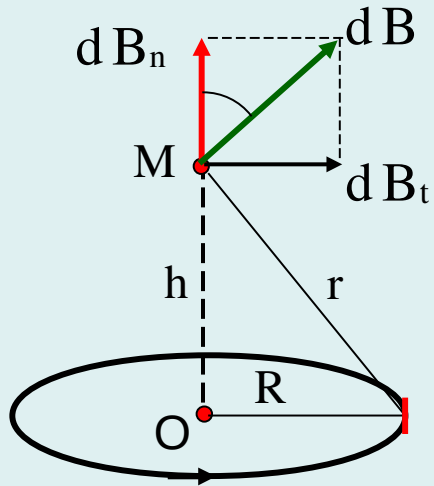
Nửa đ thẳng

$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi h}$

M thuộc đ thẳng chứa đđ $B = 0$

II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

4 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn:



$$B = \int dB = \int dB_t + \int dB_n = \int dB_n$$

$$B = \int dB_n = \int dB_n \cdot \cos \alpha = \int \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \cdot \cos \alpha$$

• **Có phương:** Là trục của vòng dây

• **Có chiều:** Qui tắc **đinh ốc** hoặc **nắm tay phải**

• **Độ lớn:**

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

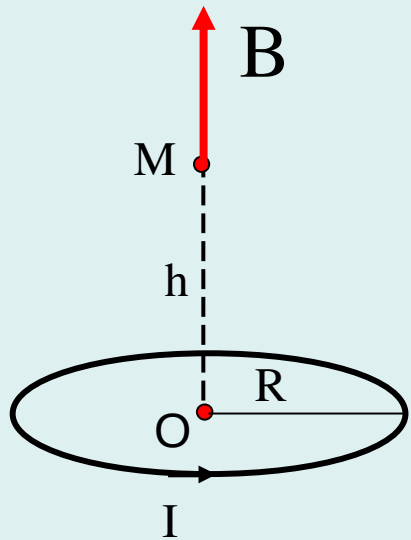
• **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

B

I

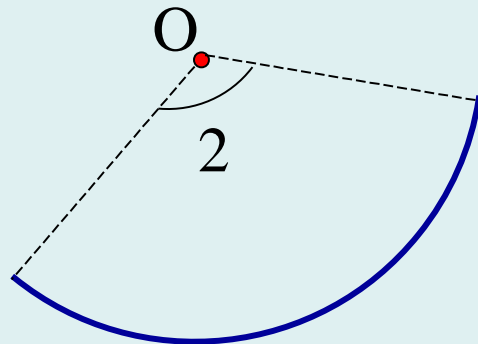
II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪN:

4 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn:



$$B = \frac{\mu\mu_0 IR^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

Tại tâm O $\rightarrow B_0 = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$

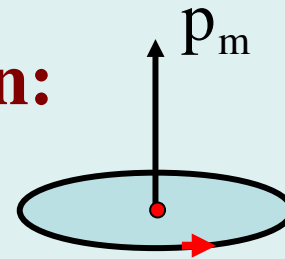


Cung tròn chắn góc ở tâm 2 :

$$B_0 = \frac{\alpha}{\pi} \cdot \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$

Mômen từ của dòng điện tròn:

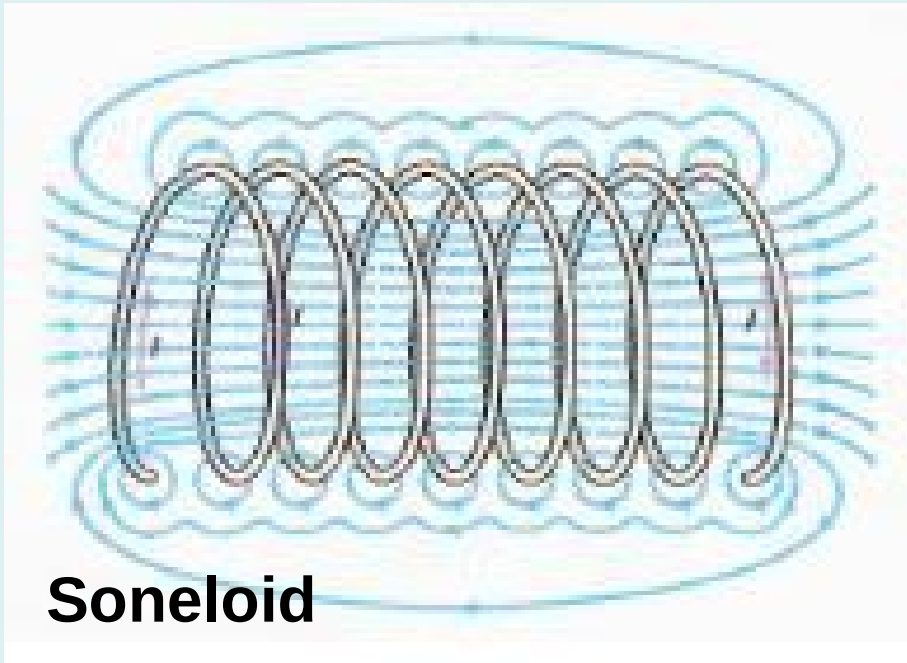
$$p_m = IS \quad \text{Hay:} \quad p_m = IS$$



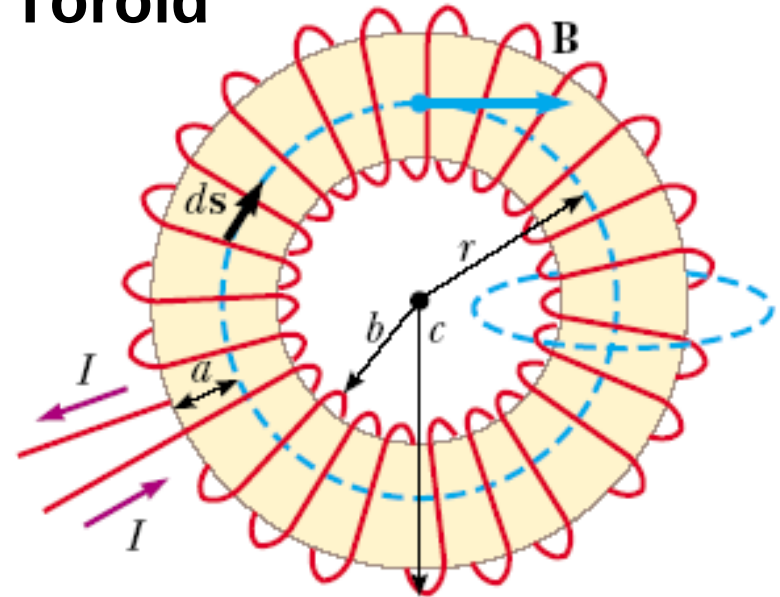
p_m Có phương vuông góc mp dòng điện; có chiều xác định theo qui tắc đinh ốc hoặc nắm tay phải.

II – CẢM ỨNG TỪ CỦA CÁC DẪM:

5 – Cảm ứng từ trong lòng ống dây điện:



Toroid



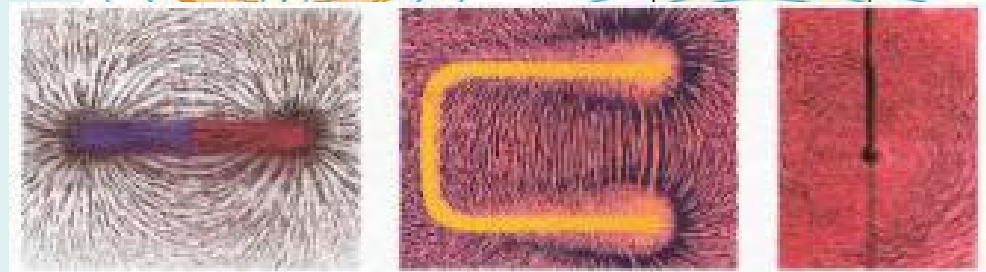
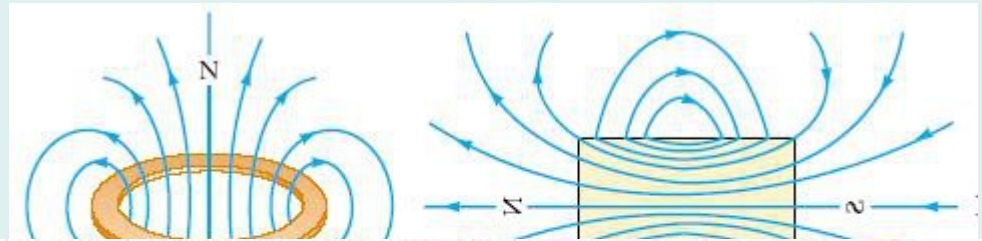
$$B = \mu\mu_0 nI = \mu\mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

n: mật độ vòng dây (số vòng quấn trên mỗi mét chiều dài).

III – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

1 – Đường cảm ứng từ (đường sức từ):

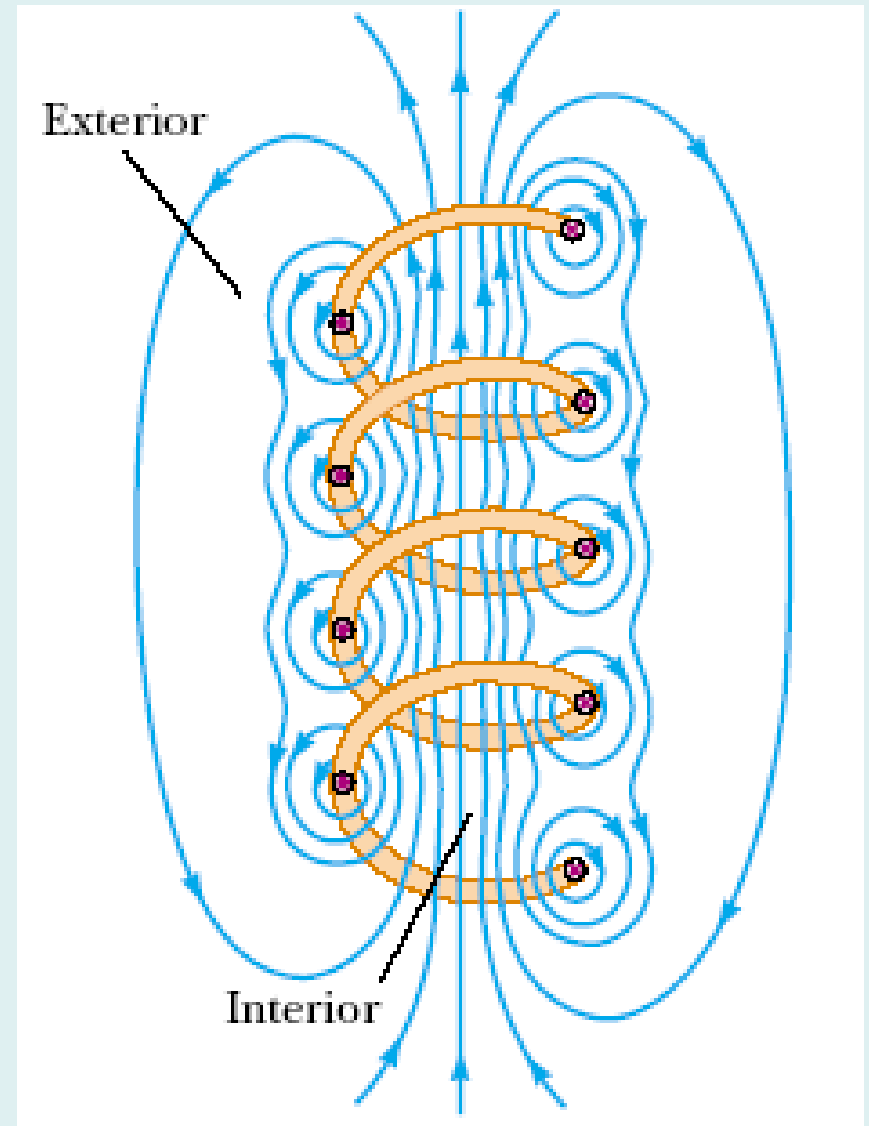
Là đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm trùng với phương của vectơ cảm ứng từ tại điểm đó. Chiều của đường cảm ứng từ là chiều của



III – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

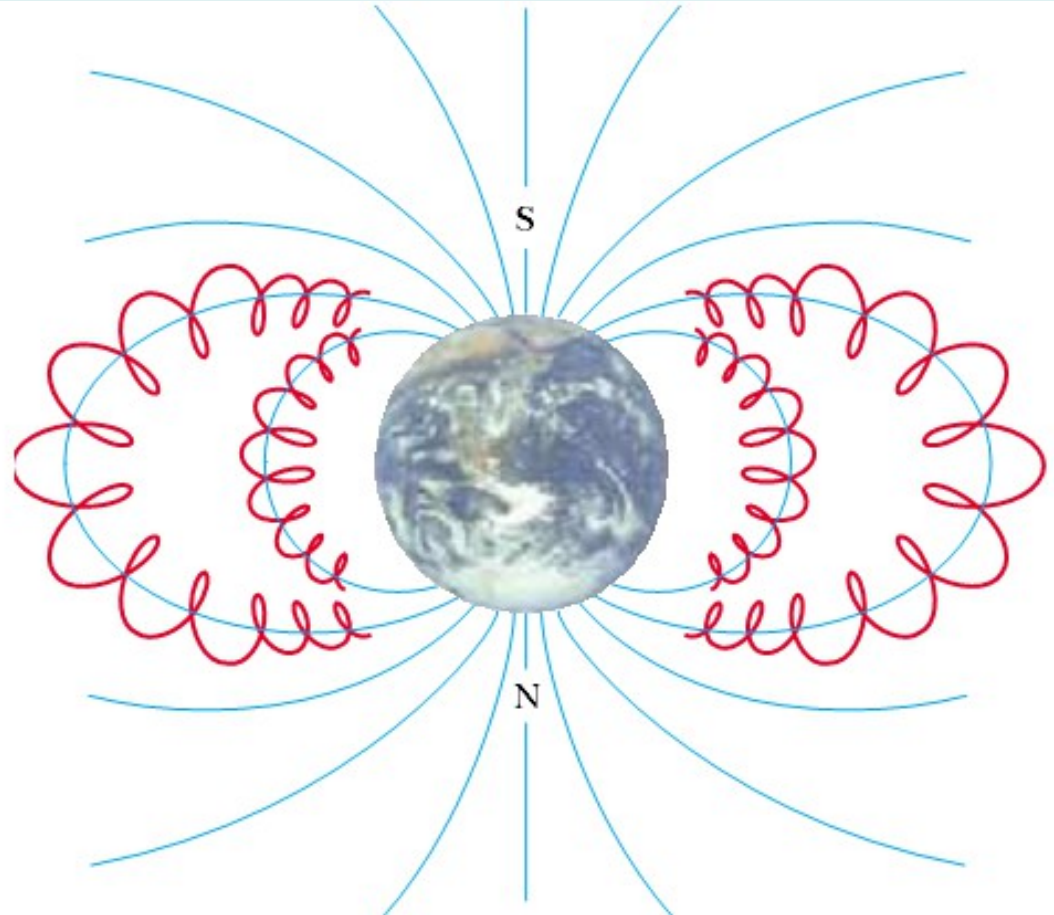
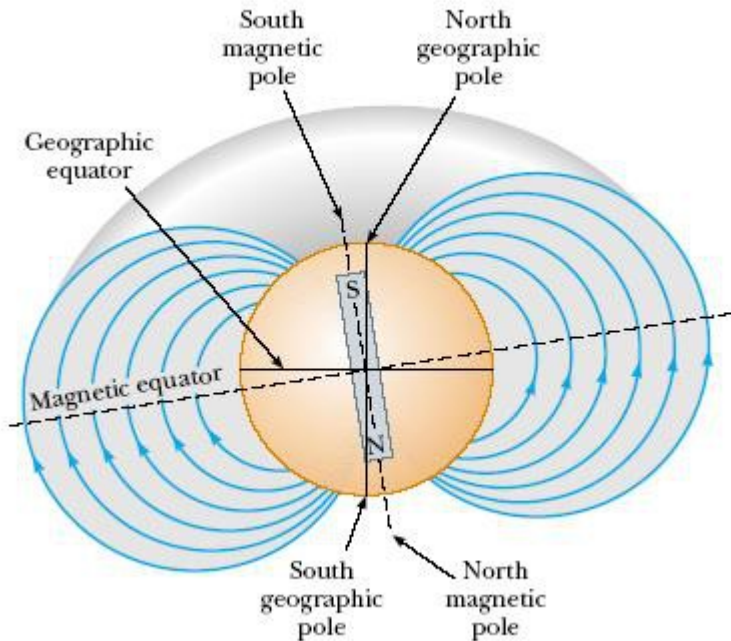
Đặc điểm của các đường cảm ứng từ:

- Các đường cảm ứng từ không cắt nhau.
- Mật độ các đường cảm ứng từ tỉ lệ với độ lớn của
- Đường cảm ứng từ là đường khép kín, đi ra ở cực N, đi vào cực S của nam châm.
- Tập hợp các đường sức từ gọi là từ phổ. Từ phổ cho biết sự phân bố từ trường một cách trực quan.



III – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

Từ trường của Trái Đất:

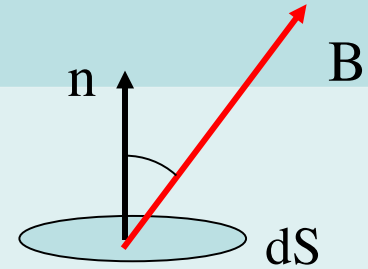


III – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

2 – Từ thông:

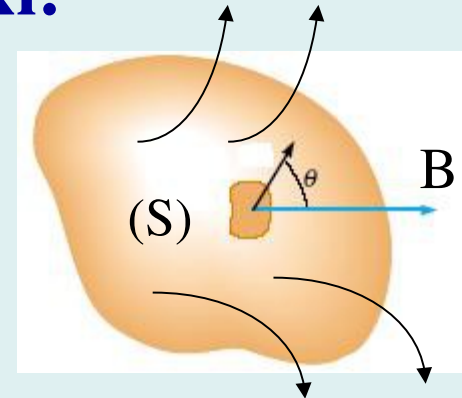
Từ thông gởi qua yếu tố diện tích dS là

$$d\Phi_m = B dS \cos \theta \quad d\Phi_m = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = B \cdot dS \cdot \cos \theta$$



Từ thông gởi qua một mặt (S) bất kì:

$$\Phi_m = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$



Mặt kín thì n hướng ra ngoài.

Đơn vị đo từ thông là vêbe (Wb)

III – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

2 – Từ thông:

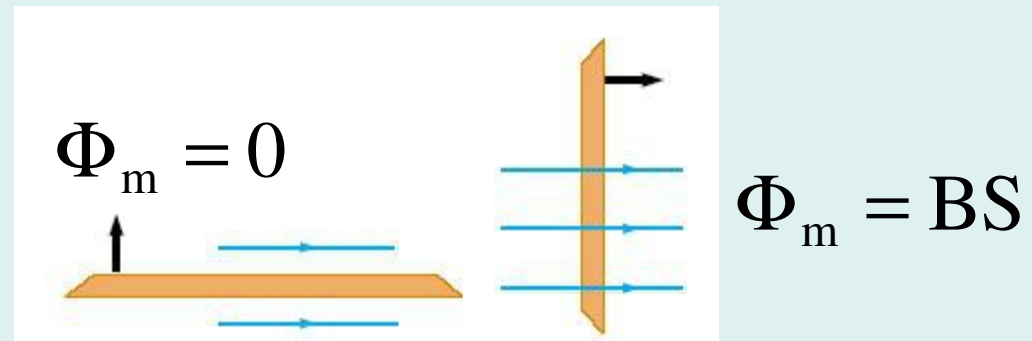
Ý nghĩa: Từ thông cho biết số đường sức từ gởi qua mặt (S).

$$\Phi_m = B d S$$

(S)



$$\Phi_m = BS \cdot \cos \alpha$$



Từ thông của từ trường đều gởi qua một diện tích phẳng.

IV – CÁC ĐL QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG:

1 – Định lý O – G (đl Gauss):

Từ thông gởi qua một mặt kín bất kì thì luôn bằng không

$$\oint_{(S)} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0 \quad \text{Hay} \quad \text{div } \mathbf{B} = 0$$

Ý nghĩa:

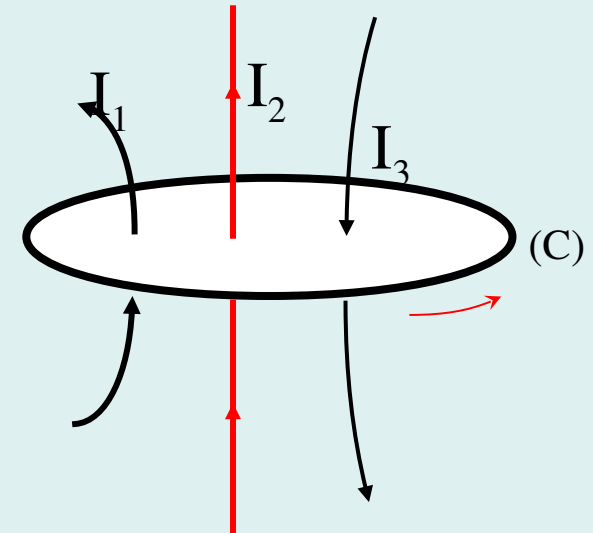
- Không tồn tại các “**từ tích**”.
- Đường cảm ứng từ phải là đường khép kín.
- Từ trường là trường xoáy.

IV – CÁC ĐL QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG:

2 – Định lý Ampère (đlý dòng toàn phần):

Lưu thông của vectơ cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín bất kì thì bằng tổng đại số các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong kín đó.

$$\oint_{(C)} \mathbf{H} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \sum_k I_k \quad \text{Hay} \quad \text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{j}$$



Qui ước: dòng nào tuân theo qui tắc đinh ốc sẽ có dấu +.

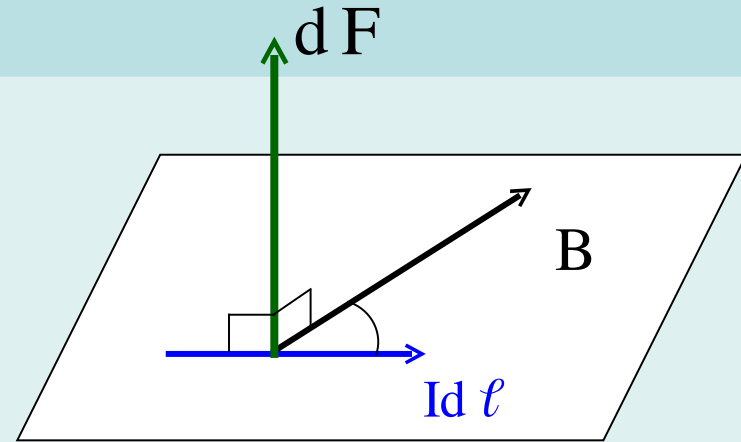
$$\oint_{(C)} \mathbf{H} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \sum_k I_k = I_1 + I_2 - I_3$$

V – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

1 – Công thức Ampère:

Lực từ tác dụng lên một phần tử dòng điện:

$$dF = [Id \ell, B]$$



dF

- **Có phương:** vuông góc với mp chứa phần tử $d\vec{l}$ và vectơ cảm ứng từ.
- **Có chiều:** theo qui tắc **bàn tay trái**.
- **Độ lớn:** $dF = BId\ell \cdot \sin \theta$
- **Điểm đặt:** tại phần tử $d\vec{l}$.

Lực từ tác dụng lên một dòng điện bất kì:

$$F = \int dF$$

V – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

2 – Từ trường đều tác dụng lên dd thẳng:

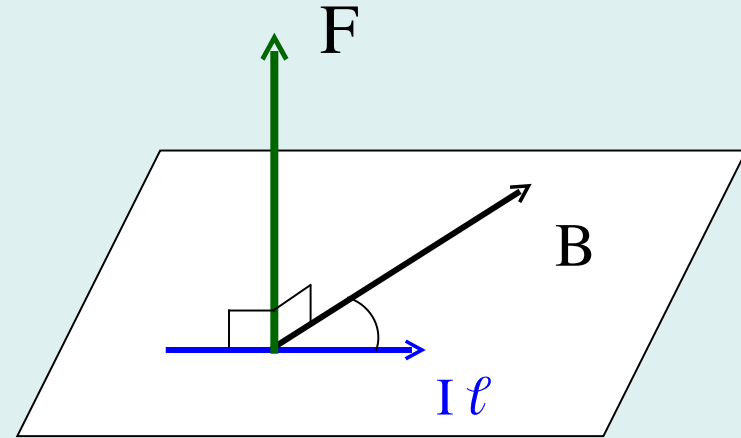
$$F = \int dF = I(\ell \times B)$$

$I \perp B$ \swarrow dd

$$F = BI\ell$$

$I \parallel B$

$$F = 0$$

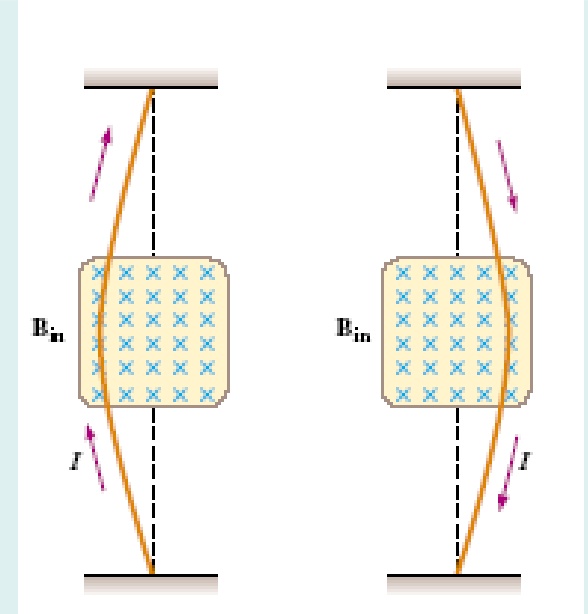
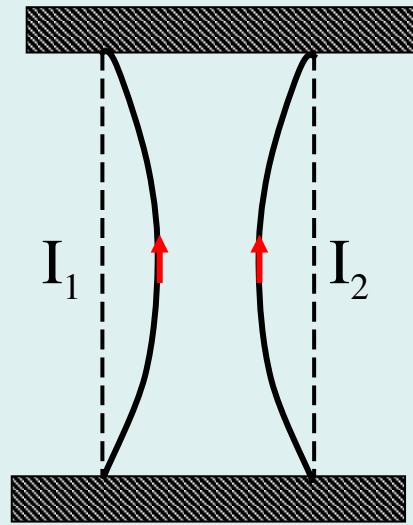
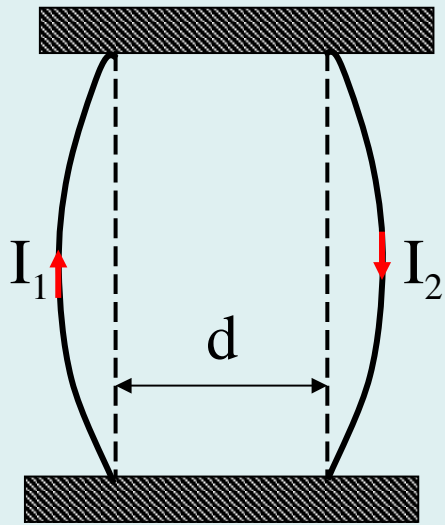


F

- **Có phương:** vuông góc với mp chứa dd và vectơ cảm ứng từ.
- **Có chiều:** theo qui tắc **bàn tay trái**.
- **Độ lớn:** $F = BI\ell \cdot \sin \theta$
- **Điểm đặt:** tại trung điểm của dd.

V – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

3 – Tương tác giữa 2 đđ thẳng song song:



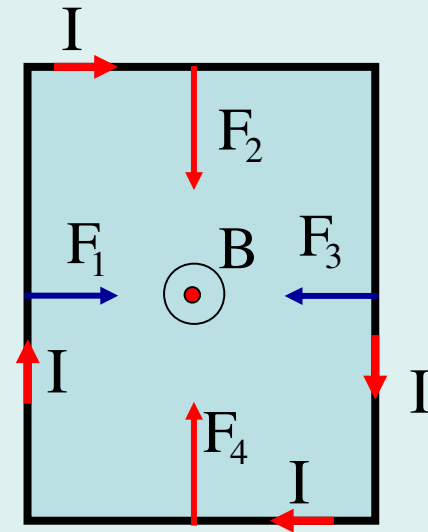
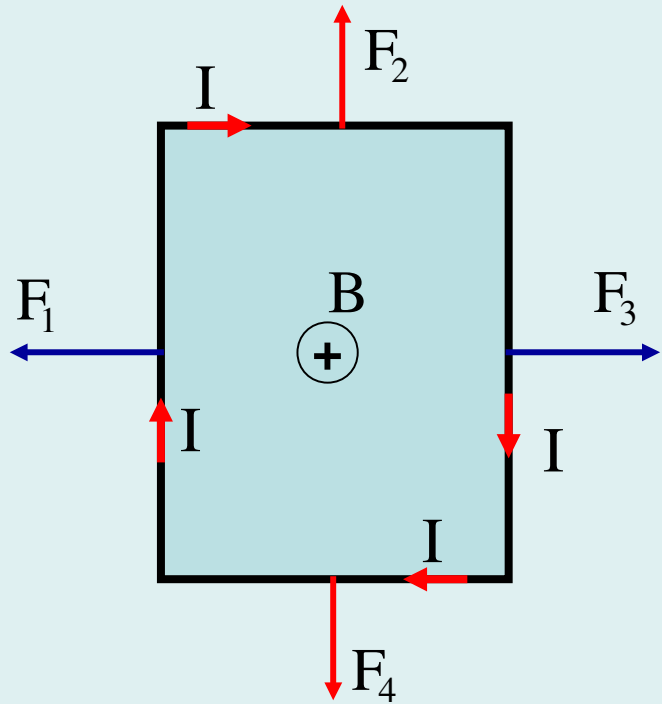
Hai đđ // cùng chiều thì hút, ngược chiều thì đẩy nhau.
Lực tương tác trên mỗi mét chiều dài:

$$f = \frac{F}{\ell} = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

V – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

4 – Từ trường đều tác dụng lên khung dây:

a) Mặt phẳng khung dây vuông góc với đường sức từ:

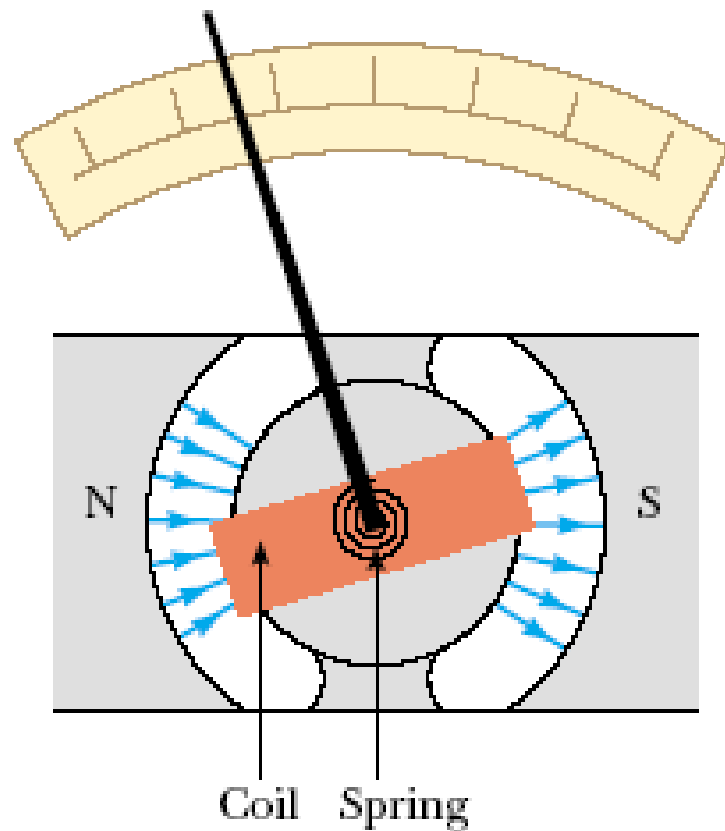
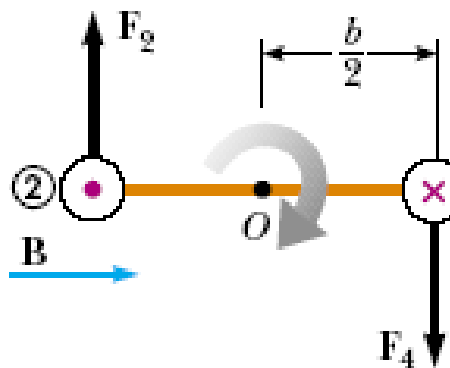
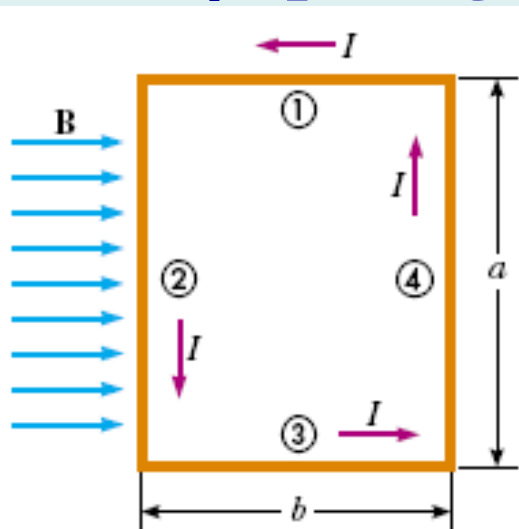


Lực từ có xu hướng làm khung dây bị biến dạng

V – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

4 – Từ trường đều tác dụng lên khung dây:

b) Mặt phẳng k/dây không vuông



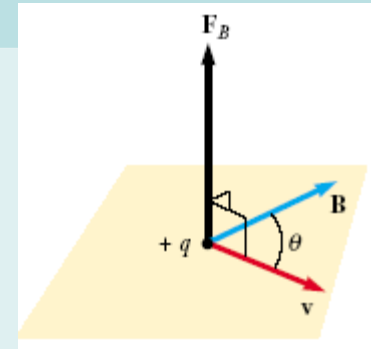
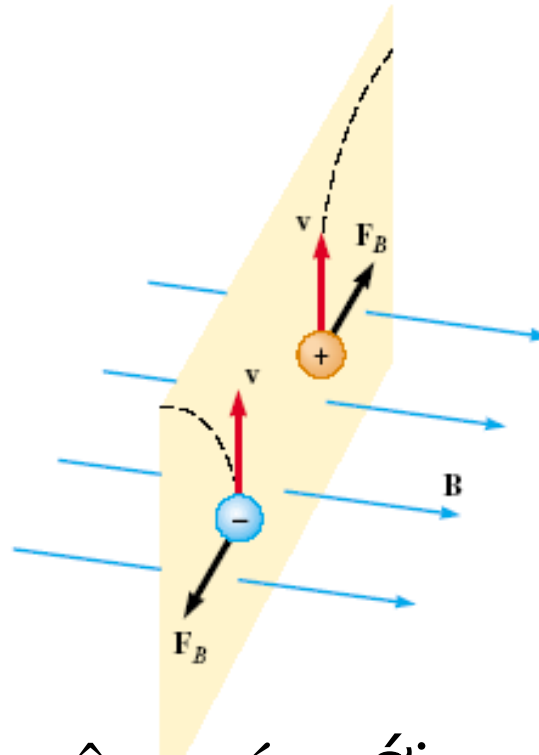
Lực từ làm quay khung dây

Mômen của lực từ:

$$M = p_m \times B \longrightarrow M = p_m \cdot B \cdot \sin \theta = BIS \cdot \sin \theta$$

VI – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

1 – Lực Lorentz:



$$F_L = q[v, B]$$

F_L

- **Có phương:** vuông góc với mp chứa vectơ (v, B)
- **Có chiều:** theo quy tắc **bàn tay trái** đối với dt +, **bàn tay phải** đối với dt -.
- **Độ lớn:** $F_L = |q| B.v.\sin \theta$
- **Điểm đặt:** tại điện tích.

VI – ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG:

2 – Điện tích chuyển động trong từ trường

đều:

a) Nếu vectơ vận tốc đầu $v_0 \parallel B$ $\diamond F_L =$

b) Nếu vectơ vận tốc đầu $v_0 \perp B$:

Điện tích chuyển động tròn đều.

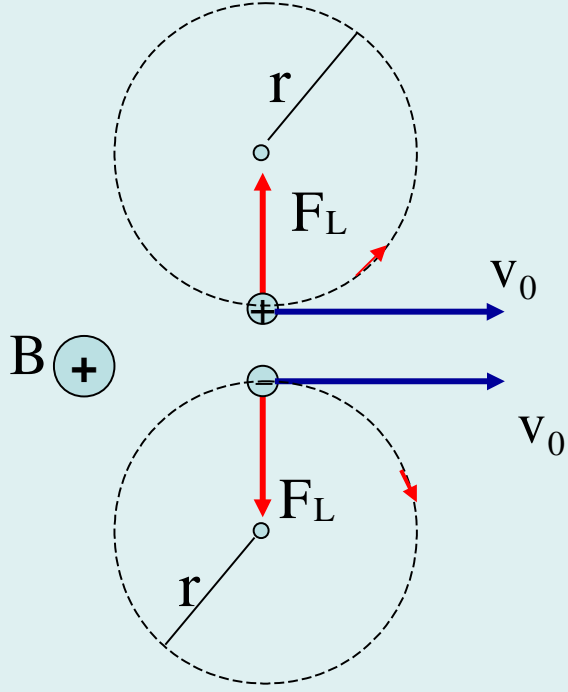
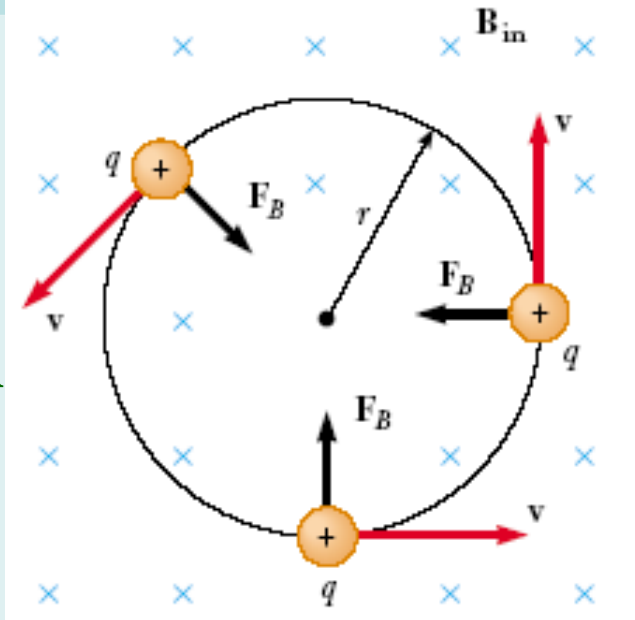
Lực Lorentz:

$$F_L = |q| B \cdot v = ma = m \frac{v^2}{r}$$

Bán kính quỹ đạo:

$$r = \frac{mv}{|q| B}$$

Chu kì quay: $T = \frac{2\pi m}{|q| B}$

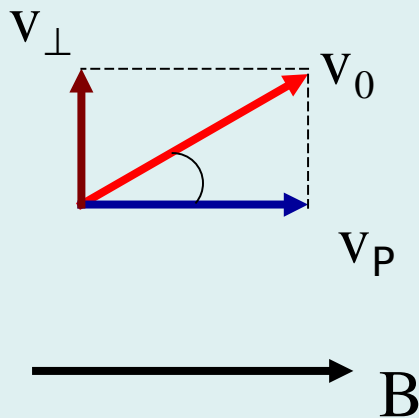


VI – ĐIỆN TÍCH CHỞ TRONG TỪ TRƯỜNG:

2 – Điện tích chuyển động

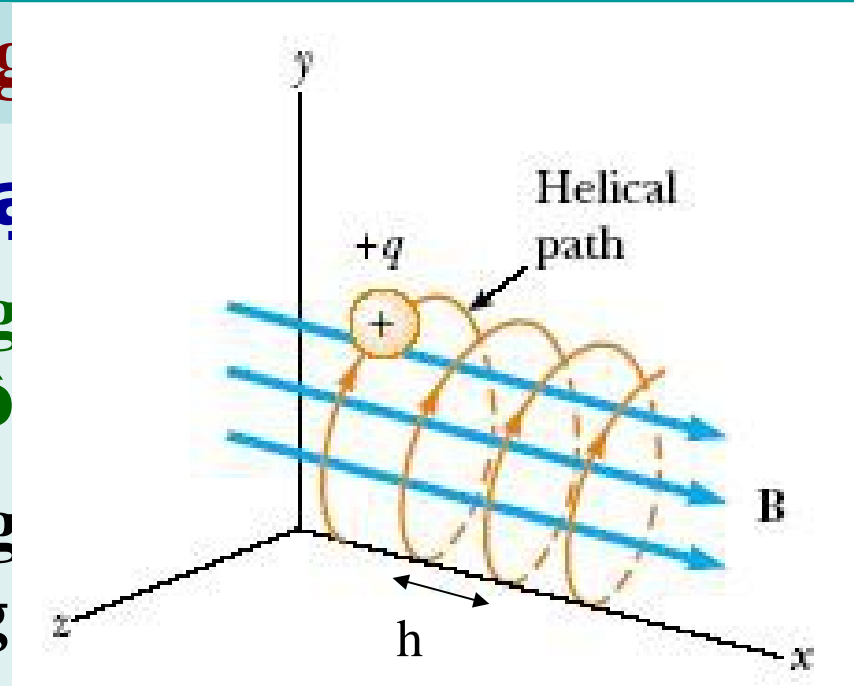
đều:

c) Nếu vectơ vận tốc đầu v_0 tạo



Theo phương
đt chuyển động

Theo phương
chuyển động



Kết quả: quỹ đạo của đt là đường xoắn lò xo.

Bán kính xoắn: $r = \frac{mv_{\perp}}{|q|B} = \frac{mv_0 \cdot \sin \theta}{|q|B}$

Chu kì: $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$

Bước xoắn: $h = v_{\parallel} \cdot T = v_0 \cdot \cos \theta \cdot \frac{2\pi m}{|q|B}$

VI – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

3 – Đ/tích ch/động trong t/tr không đều – bẫy

từ:

Theo đl bảo toàn mômen động

lượng:

$$L_x = mrv_{\perp} = \frac{mv_{\perp}^2}{|q|B(x)} = \text{const}$$

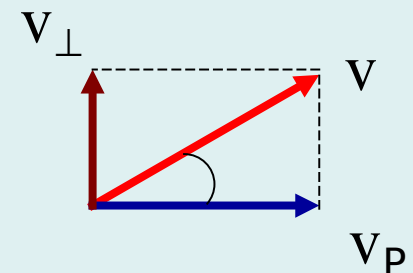
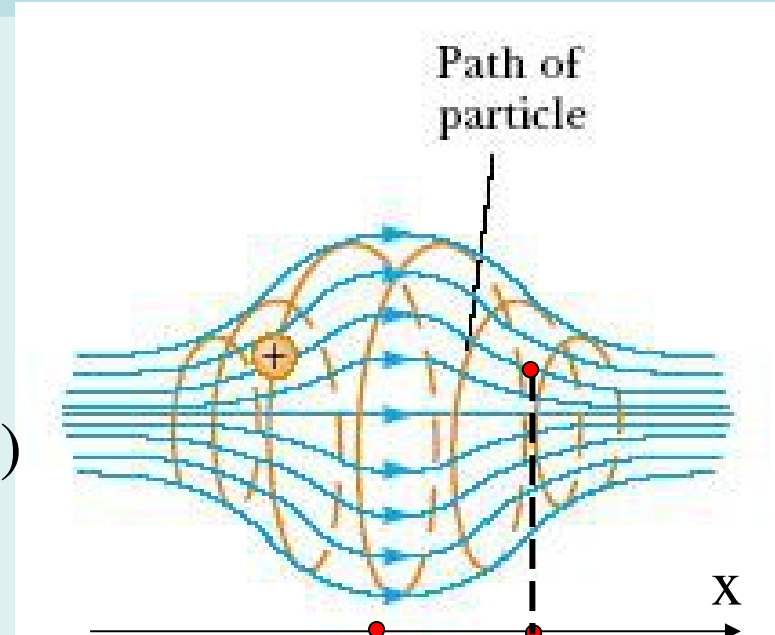
$$\diamond \frac{v_{\perp}^2}{B(x)} = \frac{v_{0\perp}^2}{B_0} \quad \diamond v_{\perp} = v_{0\perp} \sqrt{\frac{B(x)}{B_0}} \quad (1)$$

Lực Lorentz không làm thay

đổi tốc độ, nên: $v^2 = v_p^2 + v_{\perp}^2 = v_0^2$ (2)

Mà $v_p = v \cos \theta$; $v_{\perp} = v \sin \theta$; $v_{0\perp} = v_0 \sin \theta_0$

$$(1), (2) \text{ suy ra: } v_p = v_0 \sqrt{1 - \frac{B(x)}{B_0} \sin^2 \theta_0}$$



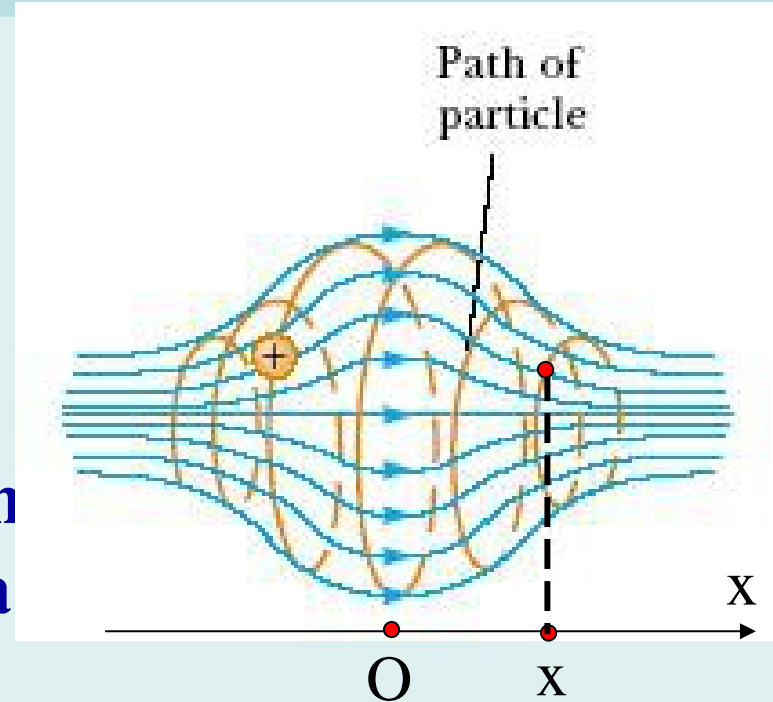
VI – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

3 – Đ/tích ch/động trong t/tr không đều – bẫy

từ:

$$v_p = v_0 \frac{B(x)}{B_0} \sin^2 \theta_0 \quad (3)$$

(3) suy ra: dt không thể xuyên qua miền có $B(x)$ lớn. Nó sẽ bị phản xạ ngược trở lại tại điểm có hoành độ x_h có $B(x) = B_h$ thỏa



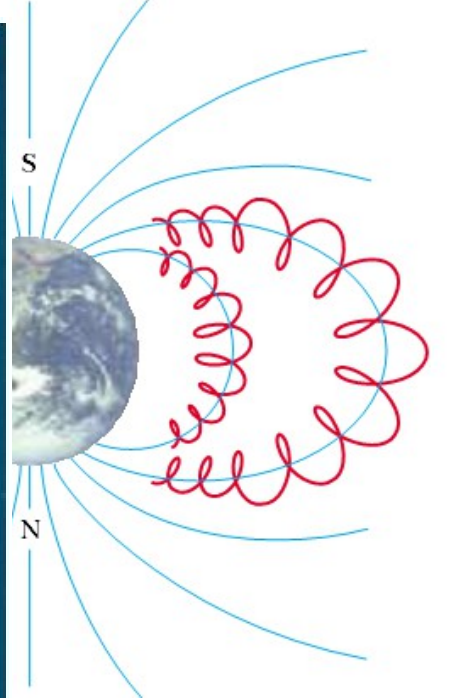
$$B_h = \frac{B_0}{\sin^2 \theta_0}$$

Nếu từ trường có dạng đối xứng qua mp $x = 0$ thì bất kì hạt điện tích nào rơi vào từ trường này đều có thể bị bắt bẫy, nó chuyển động xoắn ốc qua lại giữa hai mặt phẳng $x = x_h$ và $x = -x_h$. Ta nói hạt điện tích bị rơi vào

bẫy từ

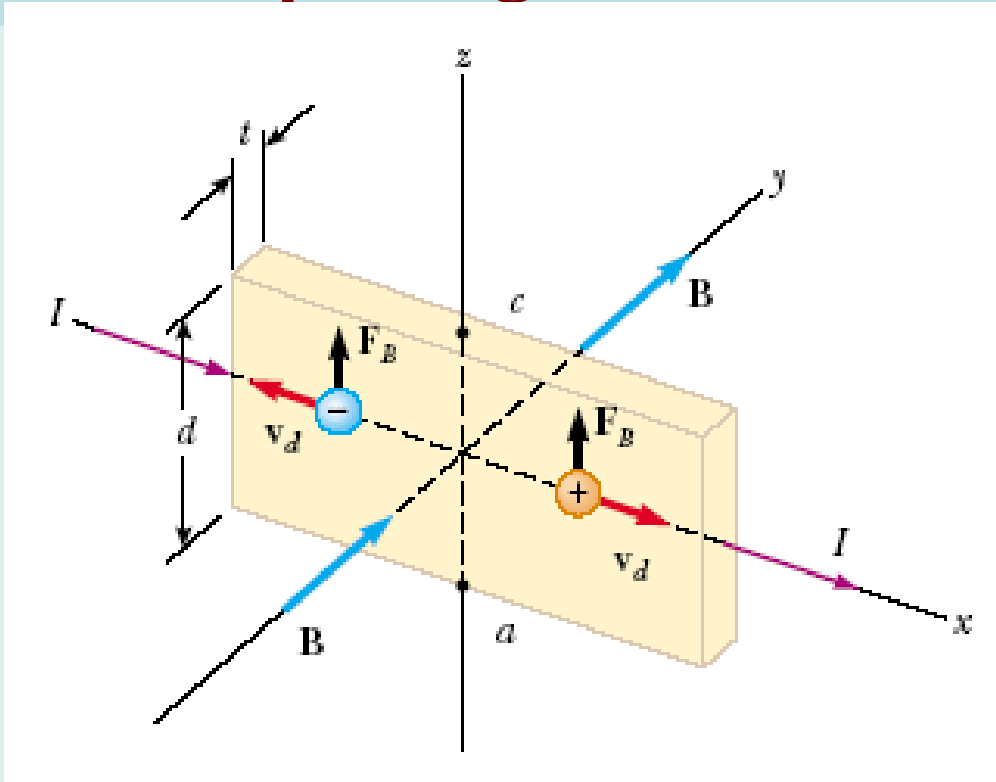
VI – ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG:

3 – Đ/tích ch/động trong t/tr không đều – bẫy

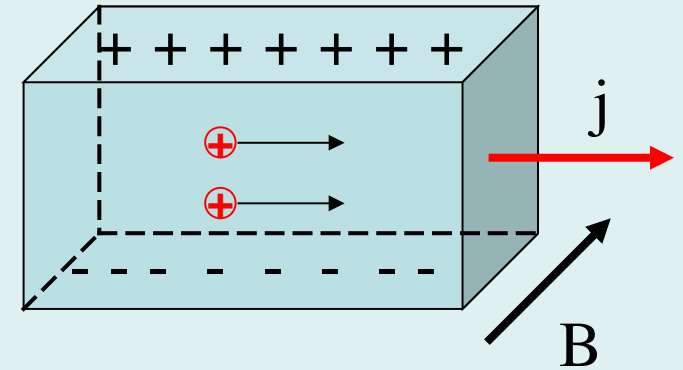


VI – ĐIỆN TÍCH CӨ TRONG TỪ TRƯỜNG:

4 – Hiệu ứng Hall:



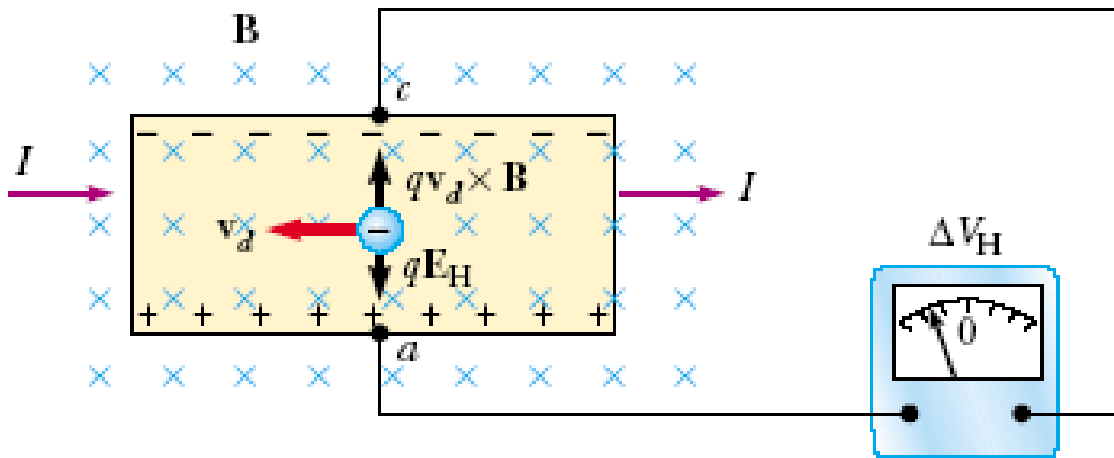
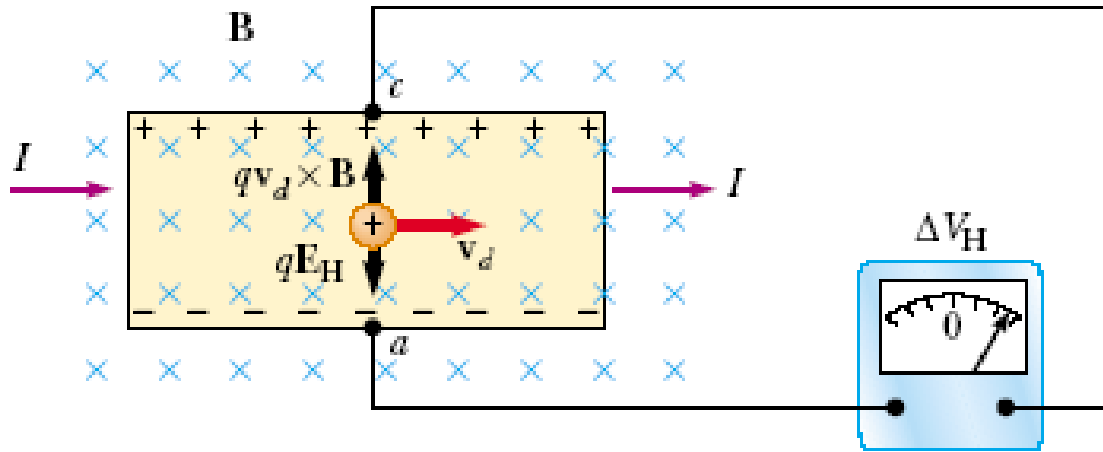
Nguyên nhân: do lực Lorentz tác dụng lên các đt chuyển động trong từ trường.



Hiện tượng xuất hiện các điện tích trái dấu trên bề mặt vật dẫn đang tải điện khi nó đặt trong từ trường gọi là hiệu ứng Hall.

VI - ĐIỆN TÍCH CӨ TRONG TỪ TRƯỜNG:

4 - Hiệu ứng Hall:



Hiệu điện thế Hall

$$F_d = F_L$$

$$|q|E = |q|Bv$$

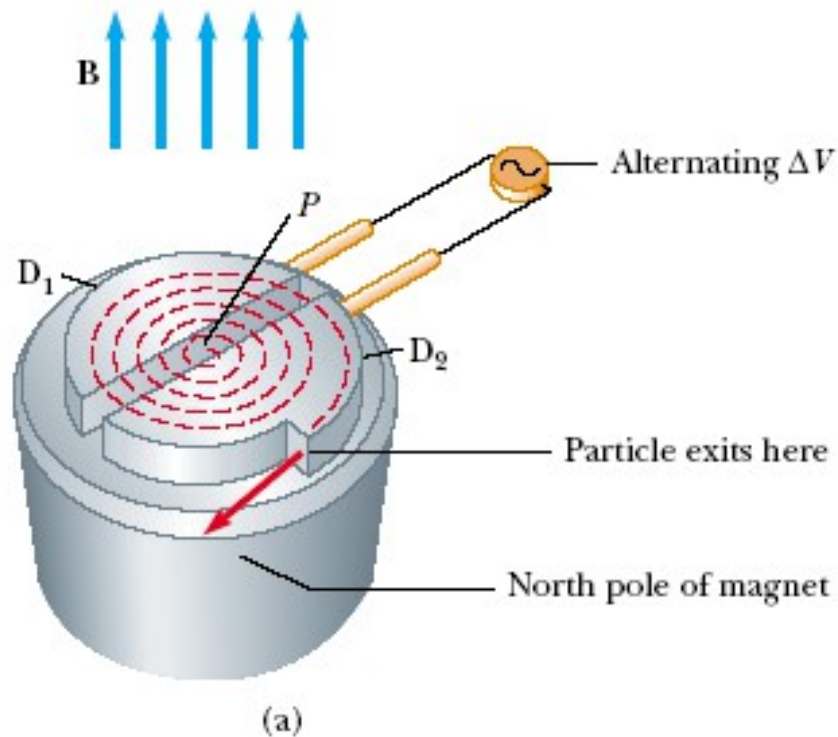
$$\frac{U_H}{d} = B \frac{j}{n_0 q}$$

$$U_H = \frac{Bjd}{n_0 q} = R_H Bjd$$

$$R_H = \frac{1}{n_0 q} \quad \text{h/số Hall}$$

VI – ĐIỆN TÍCH CỖ TRONG TỪ TRƯỜNG:

5 - Ứng dụng:



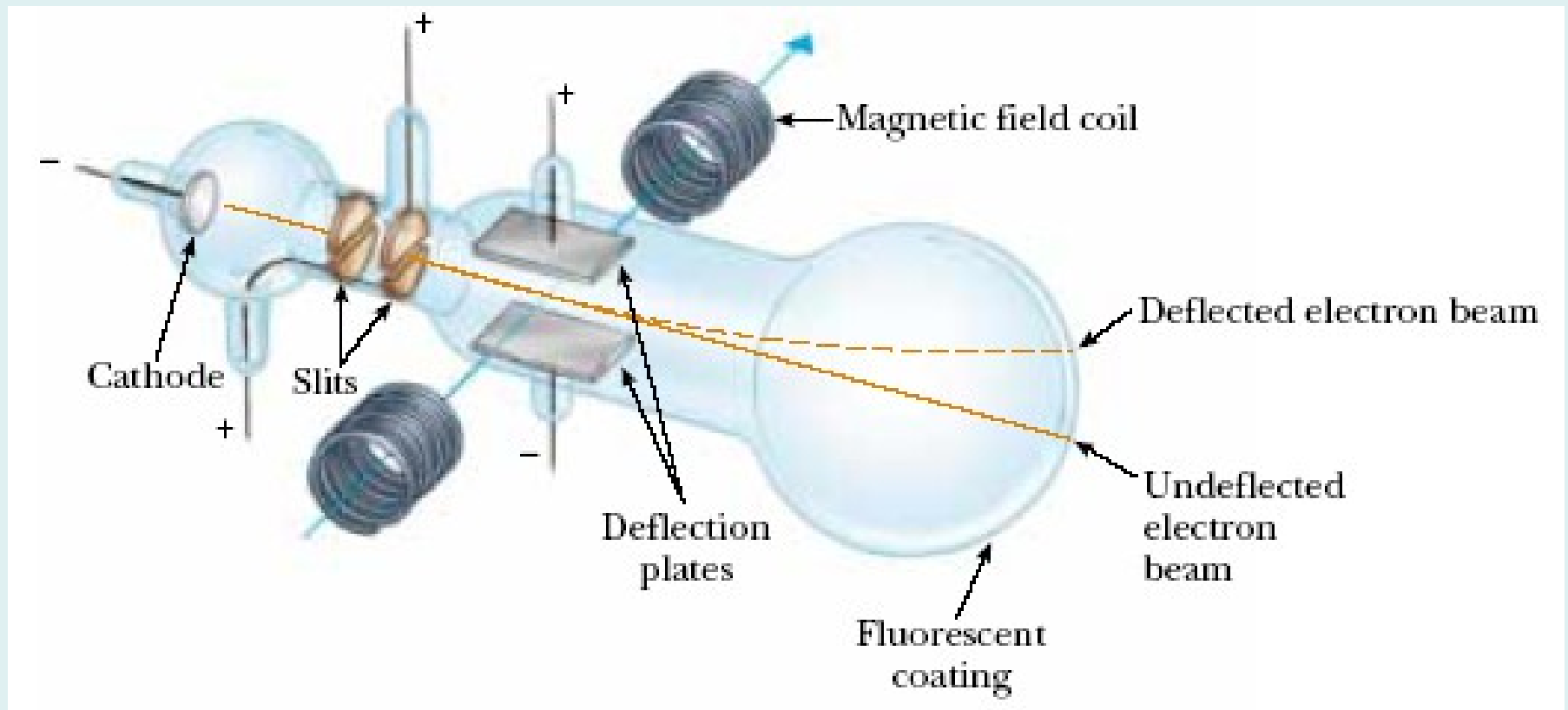
Courtesy of Lawrence Berkeley Laboratory/University of California



Figure 29.27 (a) A cyclotron consists of an ion source at P , two dees D_1 and D_2 across which an alternating potential difference is applied, and a uniform magnetic field. (The south pole of the magnet is not shown.) The red dashed curved lines represent the path of the particles. (b) The first cyclotron, invented by E. O. Lawrence and M. S. Livingston in 1934.

VI – ĐIỆN TÍCH CỐ TRONG TỦ TRƯỜNG:

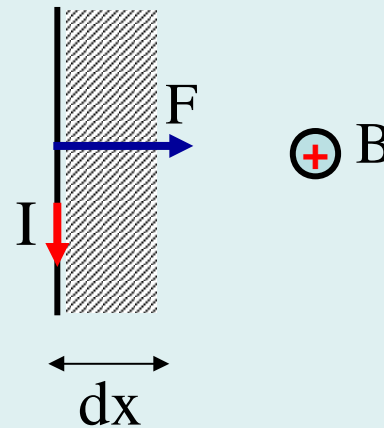
5 - Ứng dụng:



VII – CÔNG CỦA LỰC TỪ:

$$A = \text{?} \cdot x = \text{?} \cdot \ell \cdot dx = \text{?} \cdot dS = \text{?} \cdot \Phi_m$$

$$A = I \cdot \Delta \Phi_m$$



TƯƠNG QUAN ĐIỆN - TỪ:

ĐIỆN	TỪ
Xung quanh điện tích có điện trường	Xung quanh dòng điện có từ trường .
Đặc trưng cho điện trường tại mỗi điểm là vectơ cường độ điện trường E	Đặc trưng cho từ trường tại mỗi điểm là vectơ cảm ứng từ B
Vectơ E gây bởi một điện tích điểm : $E = k \frac{Q}{\epsilon r^2} \cdot \frac{r}{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} e_r$	Vectơ cảm ứng từ gây bởi một yếu tố dòng điện : $dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi r^3} [Id \ell, r]$

TƯƠNG QUAN ĐIỆN - TỪ:

ĐIỆN	TỪ
Hằng số điện: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$	Hằng số từ: $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$
Hệ số điện môi:	Hệ số từ môi:
Vectơ cảm ứng điện: $D = \epsilon \epsilon_0 E$	Vectơ cường độ TT: $H = \frac{B}{\mu \mu_0}$
Đường sức điện	Đường sức từ
Điện thông Φ_E	Từ thông Φ_m

TƯƠNG QUAN ĐIỆN - TỪ:

ĐIỆN

Lực điện trường:

$$F = q E$$

Định lý O – G:

$$\oint_{(S)} E d S = \frac{q_{\text{trong}(S)}}{\epsilon \epsilon_0}$$

Lưu thông của vectơ cđtt

$$E d \ell = U_{AB}$$

AB

TỪ

Lực từ: $d F = [I d \ell, B]$

$$F_L = q[v, B]$$

Định lý O – G:

$$\oint_{(S)} B d S = 0$$

Lưu thông của vectơ cđtt

$$\oint_{(C)} H d \ell = I_k$$

(C)

k