

# BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

## TỪ TRƯỜNG TĨNH

# I – TƯƠNG QUAN ĐIỆN – TỪ:

ĐIỆN	TỪ
Xung quanh <b>điện tích</b> có <b>điện trường</b>	Xung quanh <b>dòng điện</b> có <b>từ trường</b> .
Đặc trưng cho điện trường tại mỗi điểm là <b>vector cường độ điện trường</b> $\vec{E}$	Đặc trưng cho từ trường tại mỗi điểm là <b>vector cảm ứng từ</b> $\vec{B}$
Vector cđđt gây bởi một <b>điện tích điểm</b> : $\vec{E} = k \frac{Q}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$	Vector cảm ứng từ gây bởi một <b>yếu tố dòng điện</b> : $d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi r^3} [Id \vec{\ell}, \vec{r}]$

# I – TƯƠNG QUAN ĐIỆN – TỪ:

ĐIỆN	TỪ
Hằng số điện: $\epsilon_0 = 8,85.10^{-12} \text{ F/m}$	Hằng số từ: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} \text{ H/m}$
Hệ số điện môi: $\epsilon$	Hệ số từ môi: $\mu$
Vector cảm ứng điện: $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}$	Vector cường độ TT: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}$
Đường sức điện	Đường sức từ
Điện thông $\Phi_e$	Từ thông $\Phi_m$

# I – TƯƠNG QUAN ĐIỆN – TỪ:

ĐIỆN	TỪ
<p><b>Lực điện trường:</b></p> $\vec{F} = q \vec{E}$	<p><b>Lực từ:</b></p> $\vec{F} = [Id \vec{\ell}, \vec{B}]$ $\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}]$
<p><b>Định lý O – G:</b></p> $\oint_{(S)} \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{trong } (S)}}{\epsilon \epsilon_0}$	<p><b>Định lý O – G:</b></p> $\oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0$
<p><b>Lưu số của vectơ cđtt</b></p> $\int_{AB} \vec{E} d\vec{\ell} = U_{AB}$	<p><b>Lưu số của vectơ cđtt</b></p> $\oint_{(C)} \vec{H} d\vec{\ell} = 0 = \sum_k I_k$

## II – TƯƠNG TÁC TỪ – TỪ TRƯỜNG:

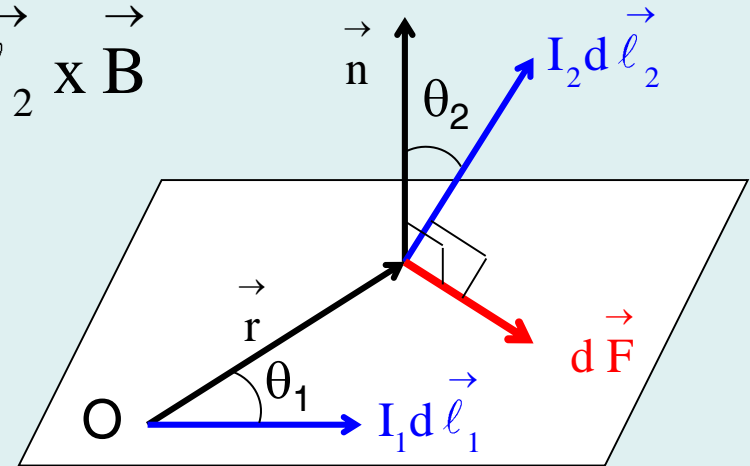
**Tương tác từ là tương tác giữa dòng điện với dòng điện.**

Các nam châm hút, đẩy nhau vì trong nam châm có vô số dòng điện khép kín mà Ampère gọi là *dòng điện phân tử*.

**Ampère là người xác lập được biểu thức lực tương tác giữa hai phần tử dòng điện:**

$$d\vec{F} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi r^3} I_2 d\vec{\ell}_2 \times (I_1 d\vec{\ell}_1 \times \vec{r}) = I_2 d\vec{\ell}_2 \times \vec{B}$$

**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.

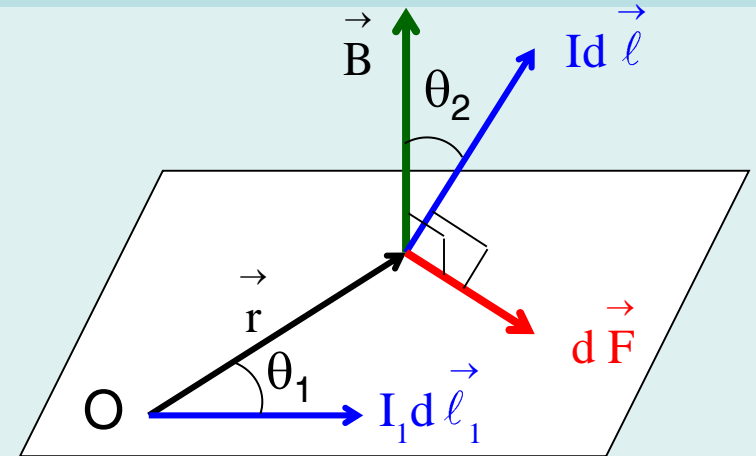


# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪM:

## 1 – Vector cảm ứng từ, vector cường độ từ trường:

Mỗi điểm trong từ trường được đặc trưng bởi vector cảm ứng từ  $\vec{B}$  :

$$d\vec{F} = I d\vec{\ell} \times \vec{B}$$



Ngoài ra còn có vector cường độ từ trường  $\vec{H}$  :

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

Đơn vị đo cảm ứng từ  $B$  trong hệ SI là **T** (tesla).

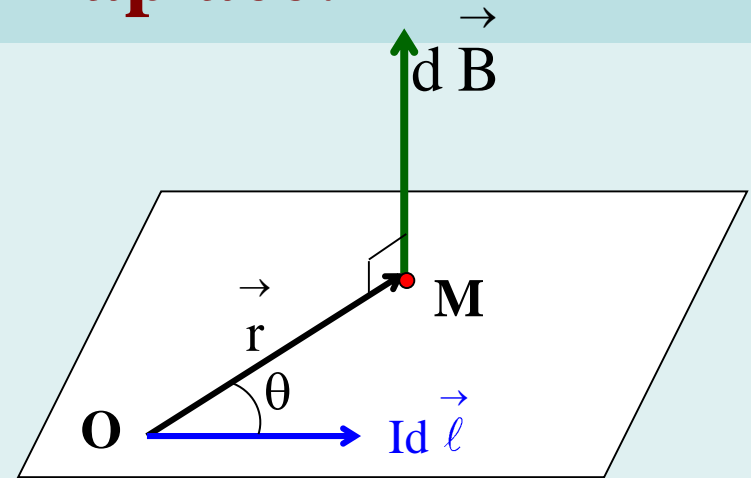
Đơn vị đo cường độ từ trường  $H$  là **A/m** (ampe trên mét).

# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪM:

## 2 – Định luật Biot – Savart - Laplace:

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

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



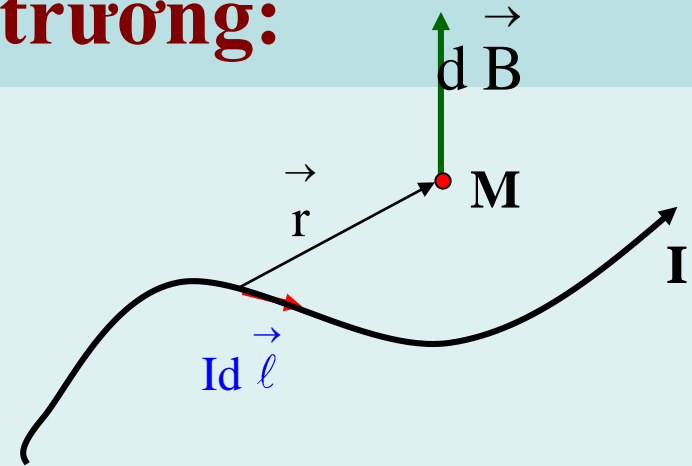
- $\vec{dB}$
- **Có phương:** vuông góc với mp chứa phần tử dd và điểm khảo sát.
  - **Có chiều:** theo qui tắc **định ốc** hoặc **nắm tay phải**.
  - **Độ lớn:** 
$$dB = \frac{\mu\mu_0 Id\ell}{4\pi r^2} \cdot \sin \theta$$
  - **Điểm đặt:** tại điểm khảo sát.

# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪM:

## 3 – Nguyên lý chồng chất từ trường:

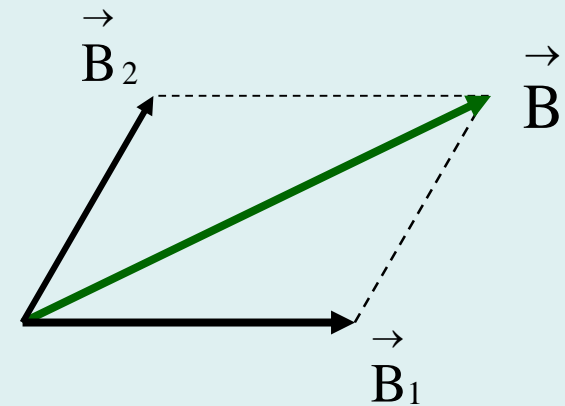
Vector cảm ứng từ gây bởi một dòng điện bất kì:

$$\vec{B} = \int_{dd} d\vec{B}$$



Vector cảm ứng từ gây bởi nhiều dòng điện:

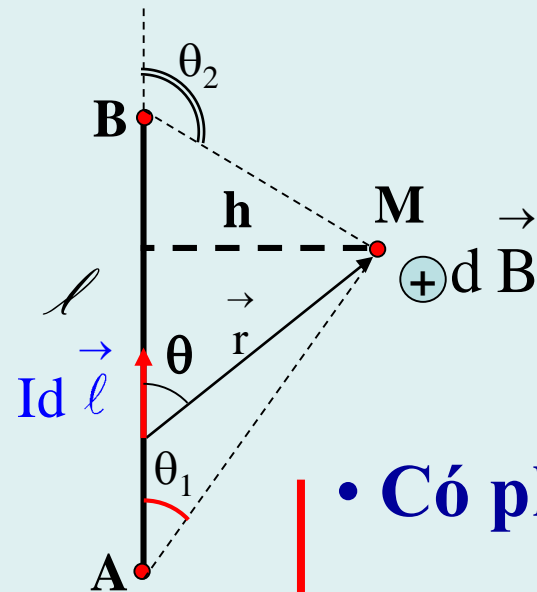
$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i$$





# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪN:

## 4 – Vector cảm ứng từ của dòng điện thẳng:



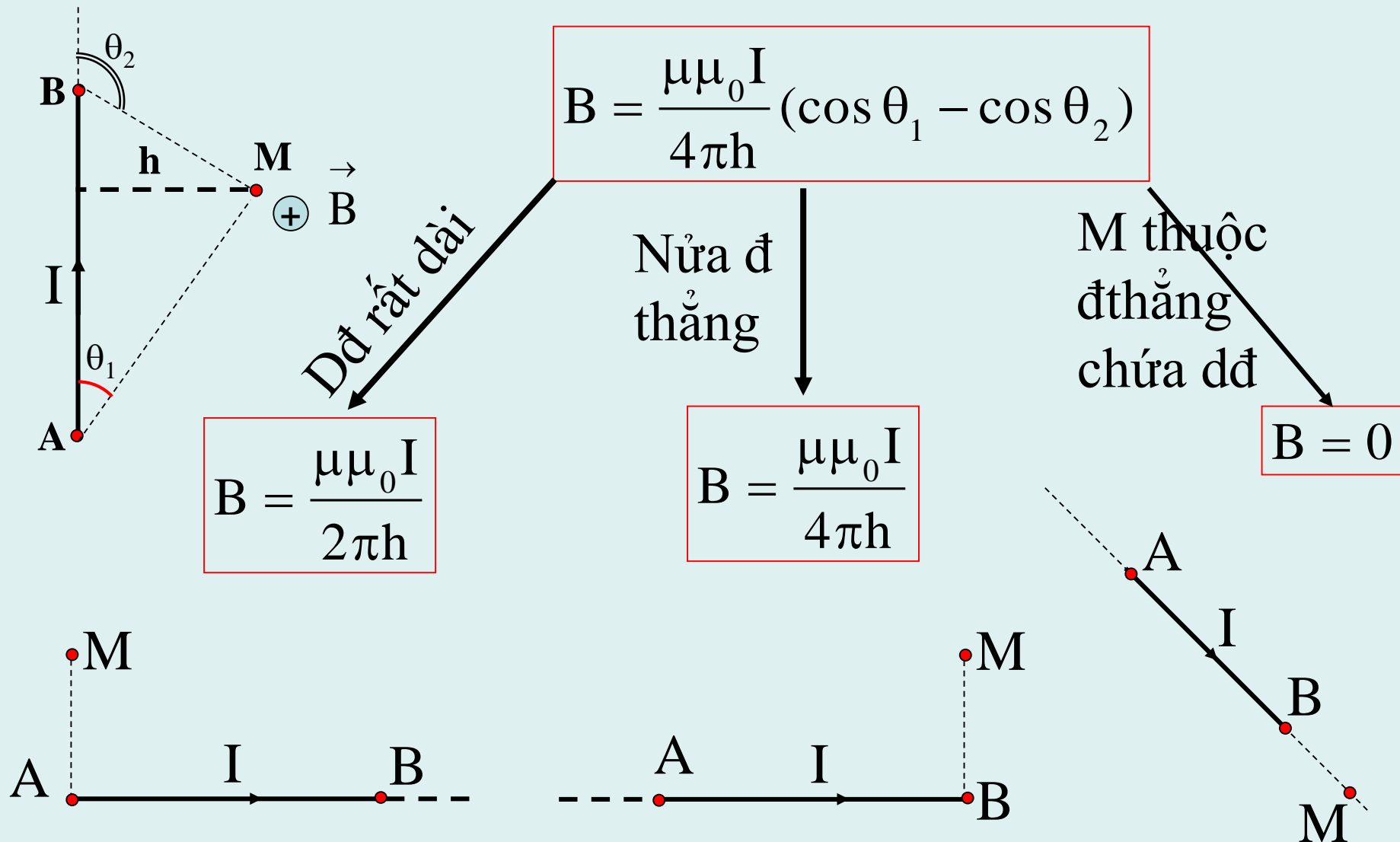
$$\vec{B} = \int_{dd} d\vec{B} \rightarrow B = \int_{dd} dB = \int_{dd} \frac{\mu\mu_0 Id\ell \cdot \sin\theta}{4\pi r^2}$$

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

- **Có phương:** Vuông góc với mp chứa dd và điểm khảo sát
- **Có chiều:** Qui tắc **đỉnh ốc** hoặc **nắm tay phải**
- **Độ lớn:** 
$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi h} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$
- **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

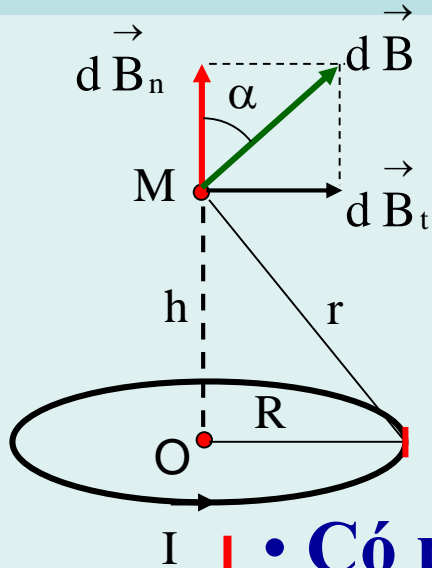
# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪN:

## 4 – Vector cảm ứng từ của dòng điện thẳng:



# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪN:

## 5 – Vector cảm ứng từ của dòng điện tròn:



$$\vec{B} = \int_{dd} d\vec{B} = \int_{dd} d\vec{B}_t + \int_{dd} d\vec{B}_n = \int_{dd} d\vec{B}_n$$

$$B = \int_{dd} dB_n = \int_{dd} dB \cdot \cos \alpha = \int_{dd} \frac{\mu\mu_0 I d\ell}{4\pi r^2} \cdot \cos \alpha$$

• **Có phương:** Là trục của vòng dây

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

• **Độ lớn:**

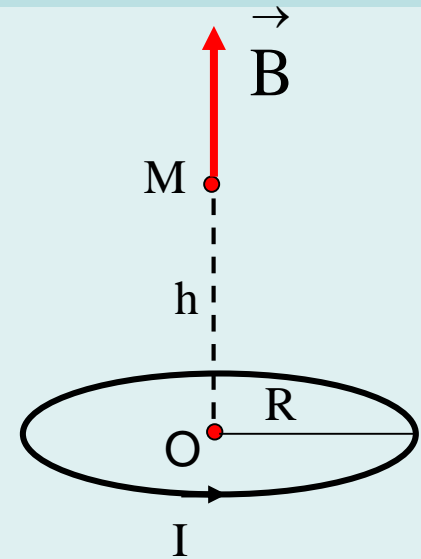
$$B = \frac{\mu\mu_0 IR^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

• **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

$\vec{B}$

# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪN:

## 5 – Vector cảm ứng từ của dòng điện tròn:



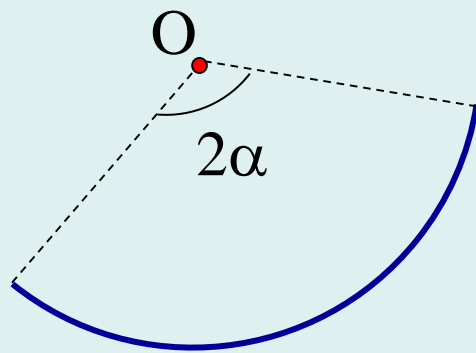
$$B = \frac{\mu\mu_0 IR^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

Tại tâm O

$$B_O = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$

Cung tròn chắn góc ở tâm  $2\alpha$ :

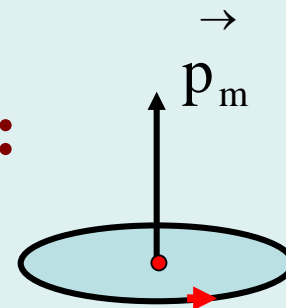
$$B_O = \frac{\alpha}{\pi} \cdot \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$



**Mômen từ của dòng điện tròn:**

$$\vec{p}_m = I \vec{S}$$

**Hay:**  $p_m = IS$

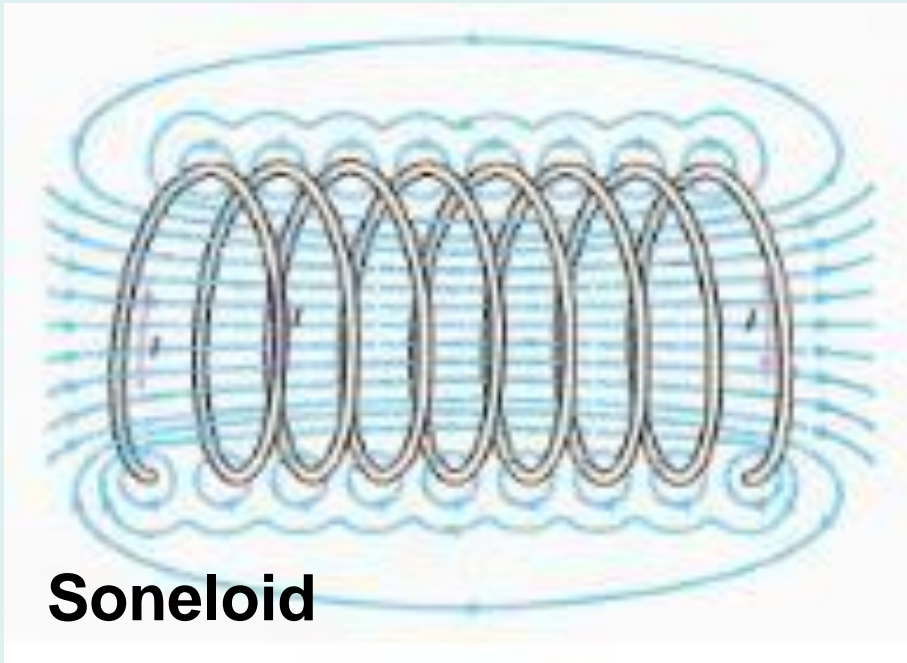


$\vec{p}_m$

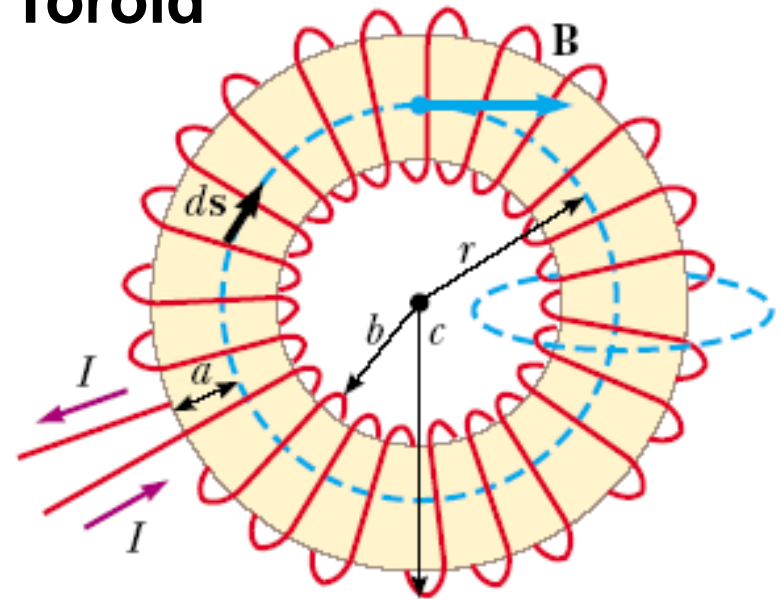
**Có phương vuông góc mp dòng điện; có chiều xác định theo qui tắc đinh ốc hoặc nắm tay phải.**

# III – TỪ TRƯỜNG CỦA CÁC DẪM:

## 6 – Cảm ứng từ trong lòng ống dây điện:



Toroid



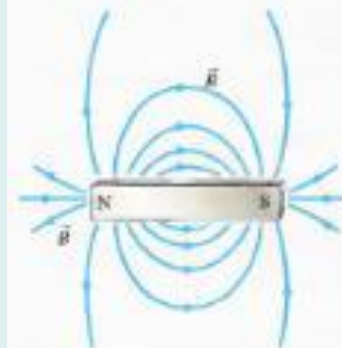
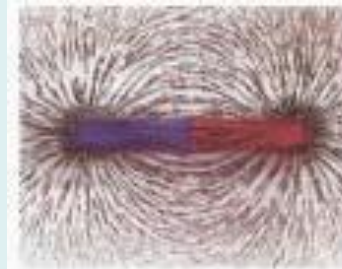
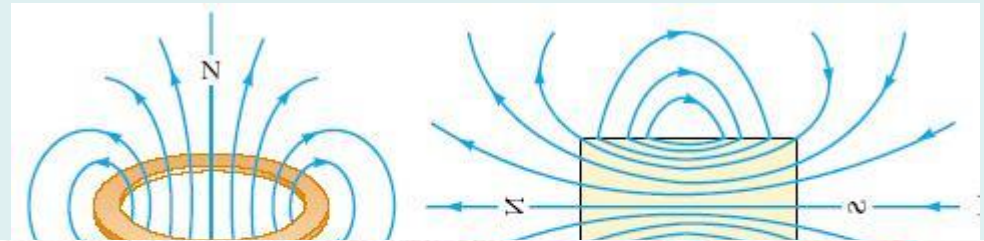
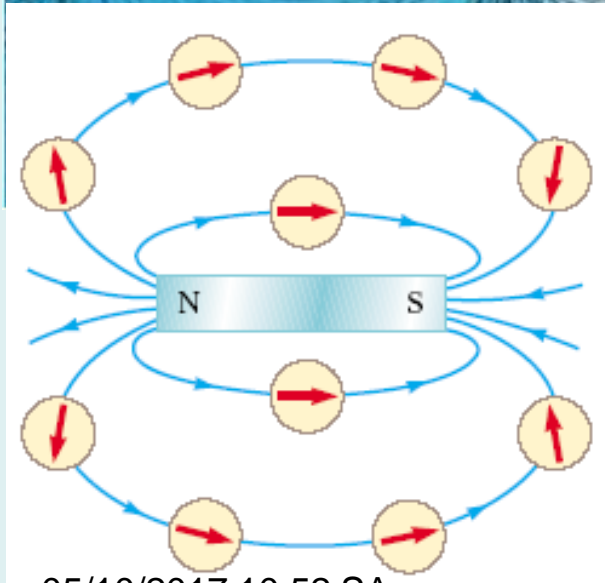
$$B = \mu\mu_0 nI = \mu\mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

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

# IV – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

## 1 – Đường cảm ứng từ (đường sức từ):

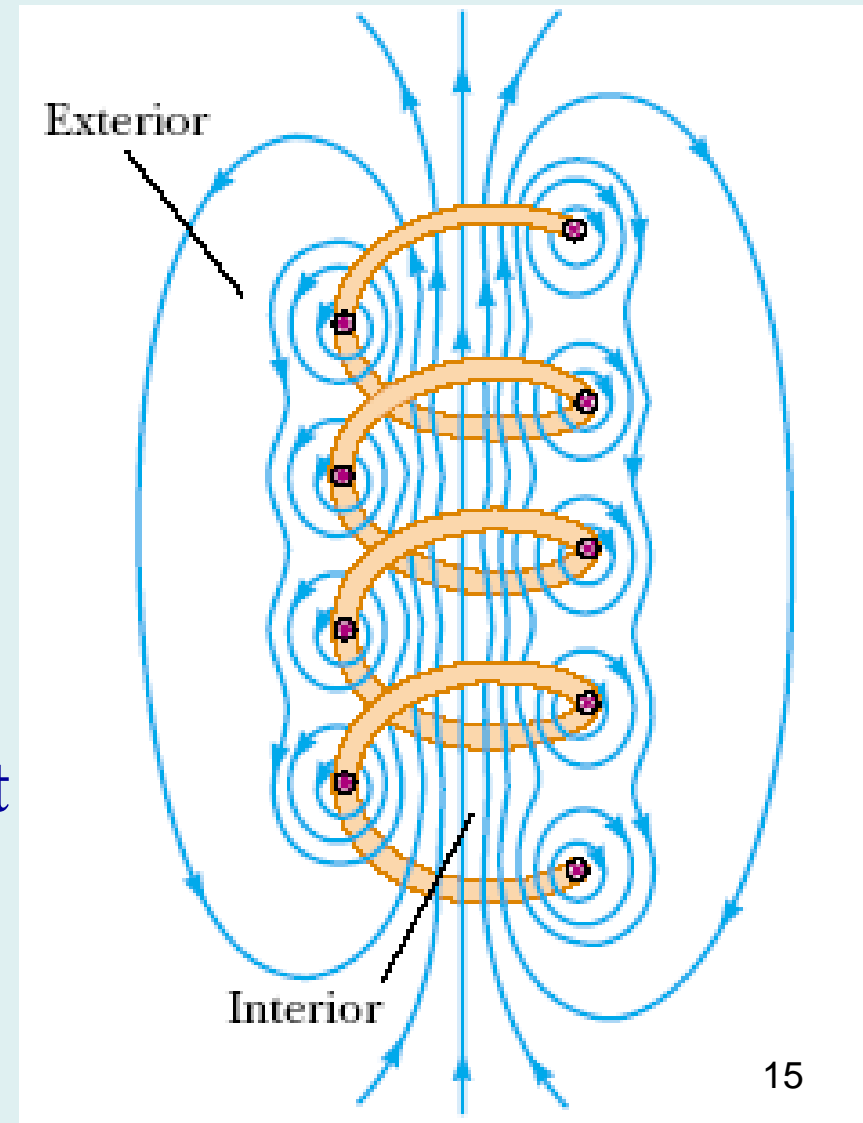
Là đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm trùng với phương của vectơ cảm ứng từ tại điểm đó. Chiều của đường cảm ứng từ là chiều của  $\vec{B}$



# IV – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

## Đặc điểm của các đường cảm ứng từ:

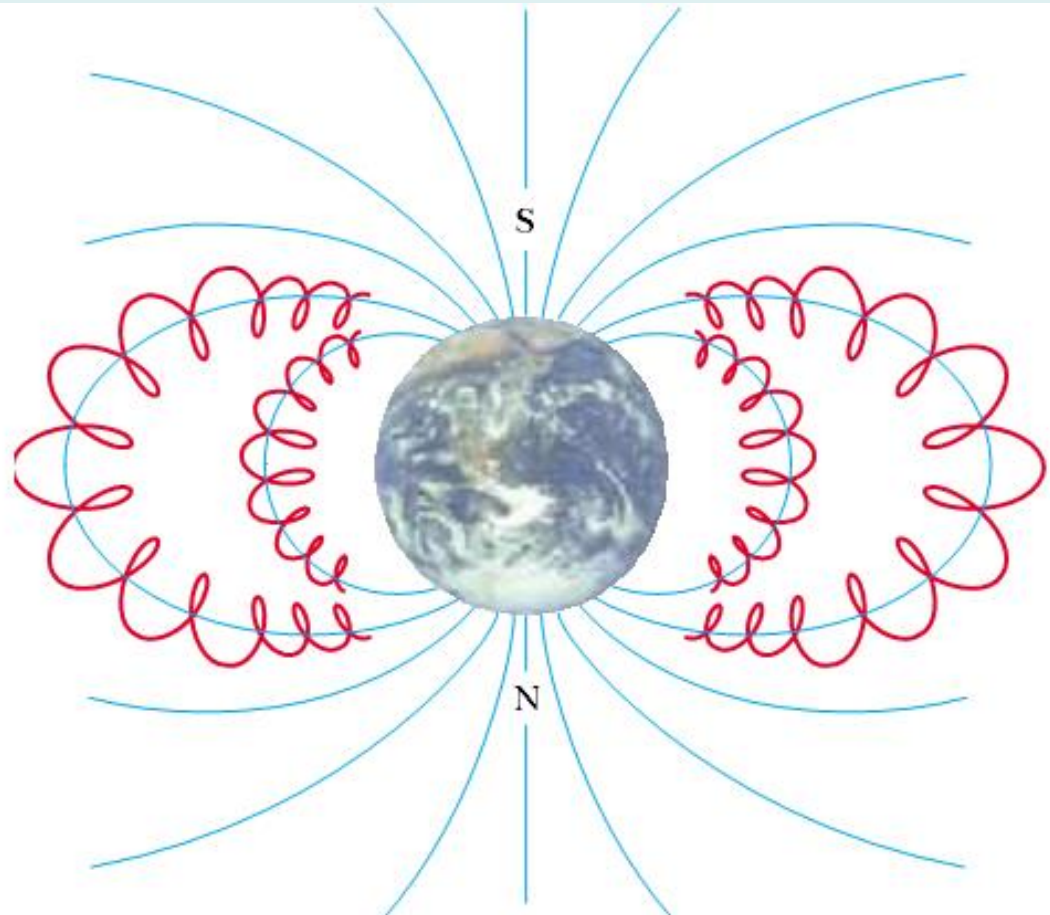
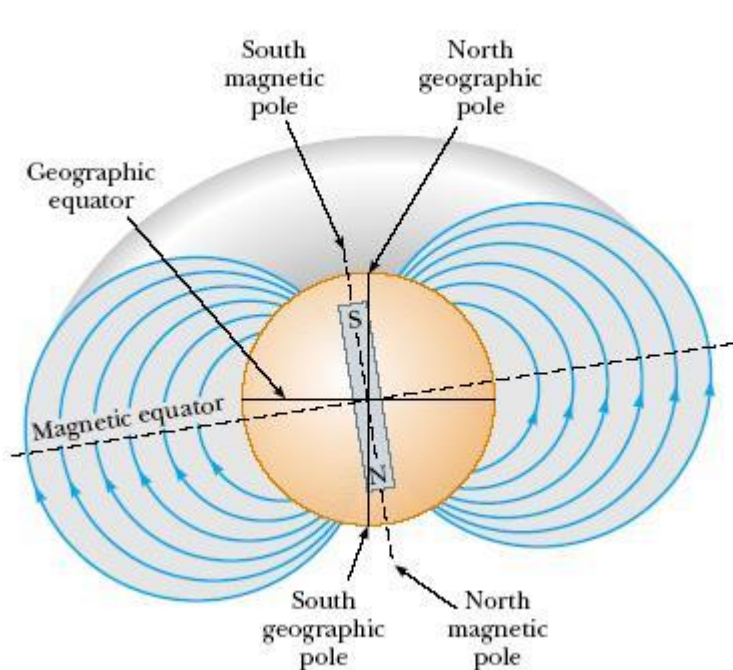
- Các đường cảm ứng từ không cắt nhau.
- Mật độ các đường cảm ứng từ tỉ lệ với độ lớn của  $\vec{B}$
- Đường cảm ứng từ là đường khép kín, đi ra ở cực N, đi vào cực S của nam châm.
- Tập hợp các đường sức từ gọi là **từ phổ**. Từ phổ cho biết sự phân bố từ trường một cách trực quan.





# IV – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

## Từ trường của Trái Đất:



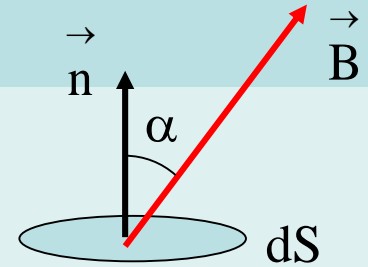


# IV – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

## 2 – Từ thông:

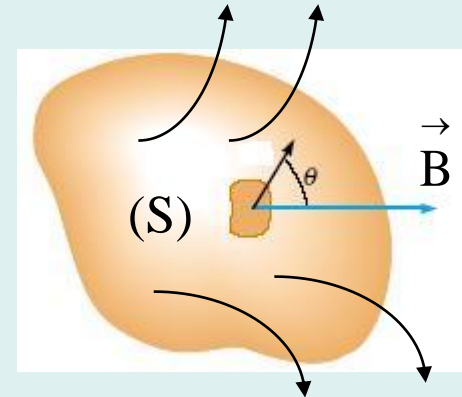
Từ thông gởi qua yếu tố diện tích  $dS$  là

$$d\Phi_m = B dS \cos \alpha = \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad d\vec{S} = \vec{n} \cdot dS$$



Từ thông gởi qua một mặt (S) bất kì:

$$\Phi_m = \int_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S}$$



Mặt kín thì  $\vec{n}$  hướng ra ngoài.

Đơn vị đo từ thông là vêbe (Wb)

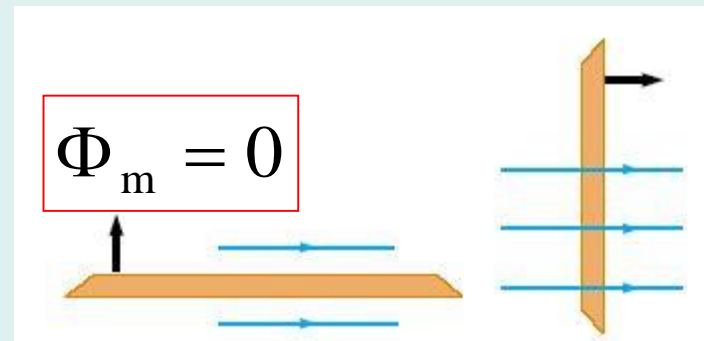
# IV – ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG:

## 2 – Từ thông:

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

$$\Phi_m = \int_{(S)} \vec{B} \, d\vec{S}$$

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



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

# V – CÁC ĐL QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG:

## 1 – Định lý O – G (đl Gauss):

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

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

Hay

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

**Ý nghĩa:**

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

# V – CÁC ĐL QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG:

## 2 – Định lý Ampere (đlý dòng toàn phần):

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

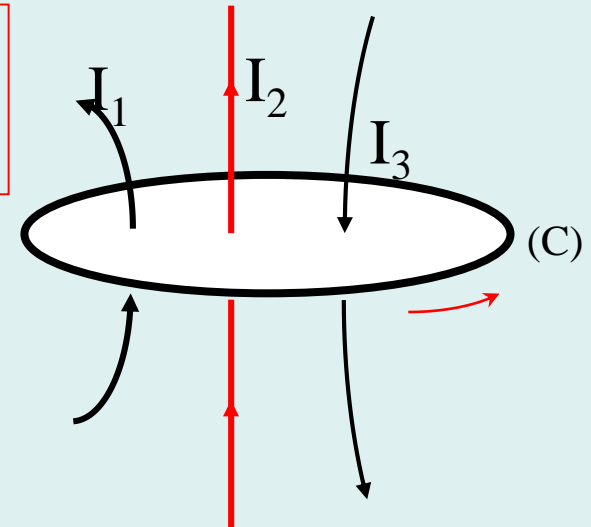
$$\oint_{(C)} \vec{H} d\vec{\ell} = \sum_k I_k$$

Hay

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}$$

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

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

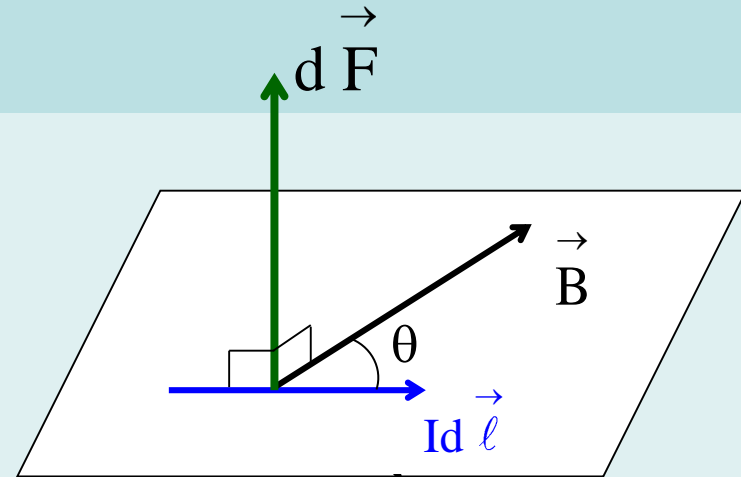


# VI – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

## 1 – Công thức Ampere:

Lực từ tác dụng lên một phần tử dòng điện:

$$\vec{dF} = [Id \vec{\ell}, \vec{B}]$$



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

Lực từ tác dụng lên một dòng điện bất kì:

$$\vec{F} = \int_{dd} \vec{dF}$$

# VI – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

## 2 – Từ trường đều tác dụng lên dd thẳng:

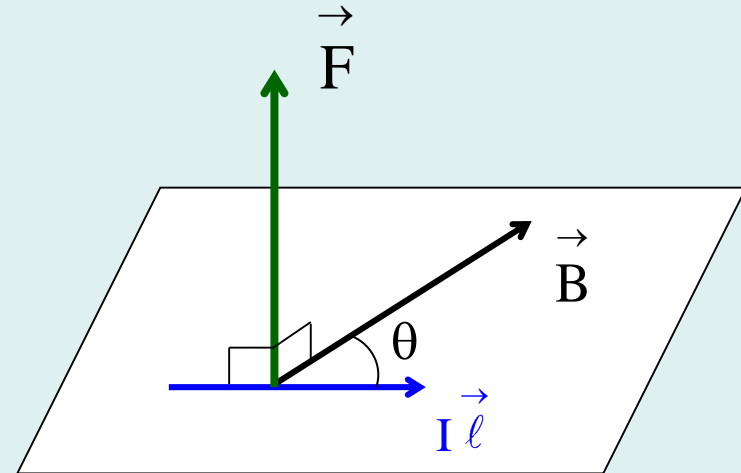
$$\vec{F} = \int_{dd} d\vec{F} = I(\vec{\ell} \times \vec{B})$$

$$I \perp \vec{B}$$

$$F = BIl$$

$$I // \vec{B}$$

$$F = 0$$

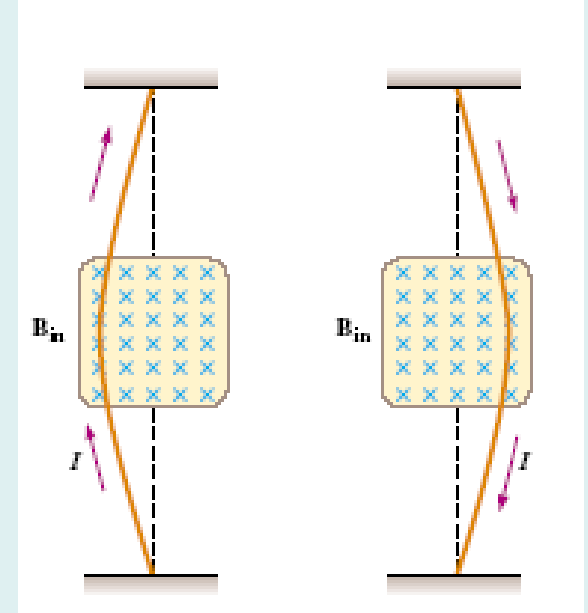
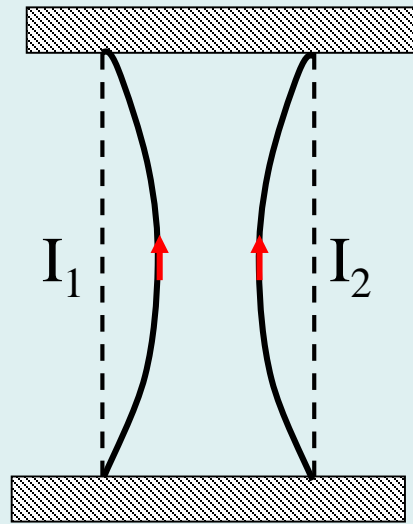
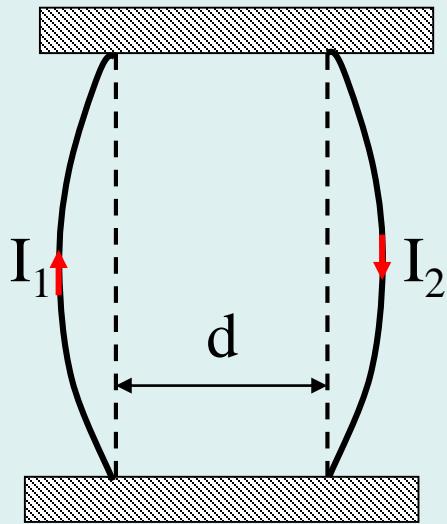


- **Có phương:** vuông góc với mp chứa dd và vector cảm ứng từ.
- **Có chiều:** theo qui tắc **bàn tay trái**.
- **Độ lớn:**  $F = BIl \cdot \sin \theta$
- **Điểm đặt:** tại trung điểm của dd.

$\vec{F}$

# VI – LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN:

## 3 – Tương tác giữa 2 dd thẳng song song:



Hai dd // cùng chiều thì hút, ngược chiều thì đẩy nhau.

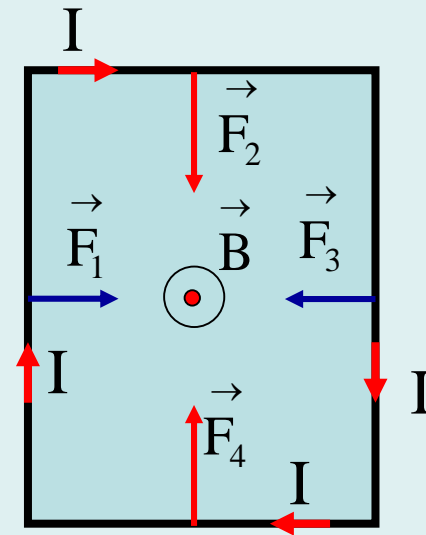
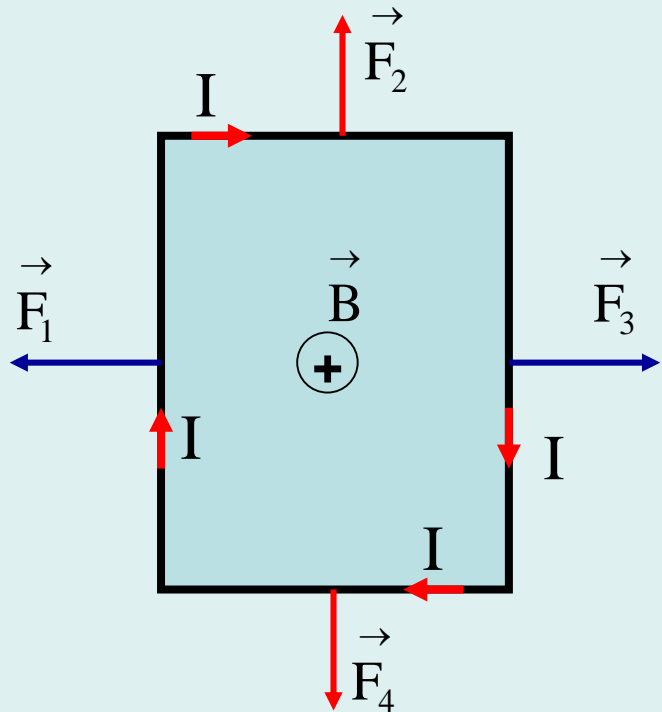
Lực tương tác trên mỗi mét chiều dài:

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

# VI – 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:



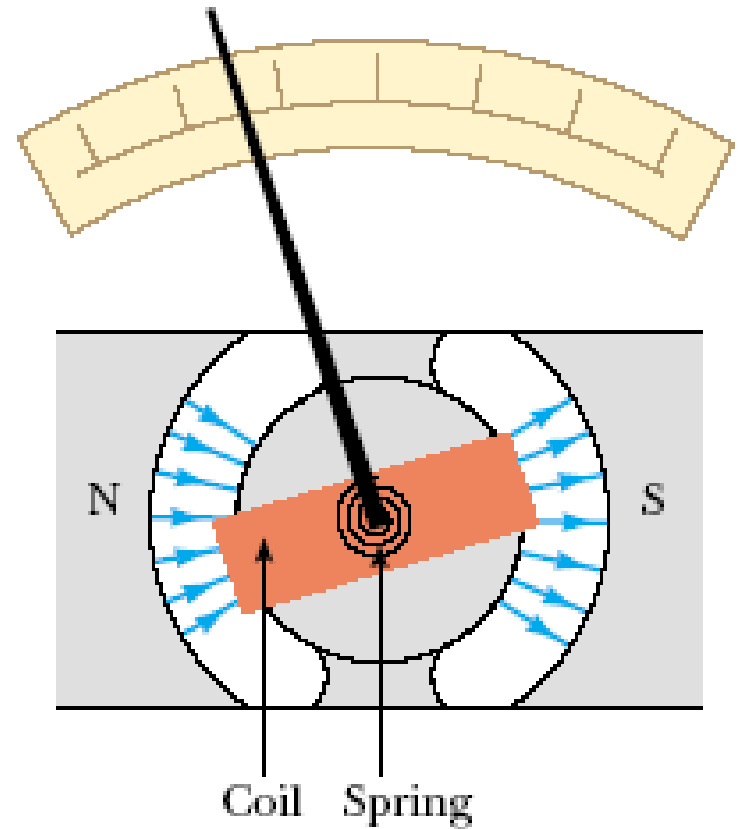
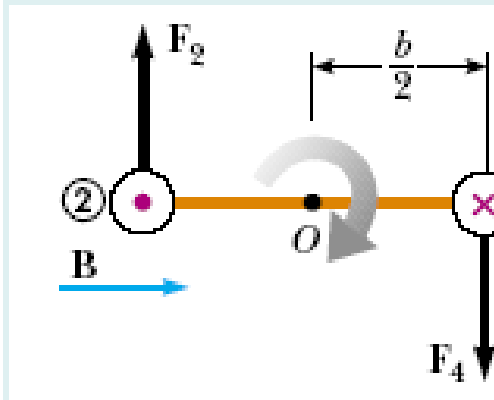
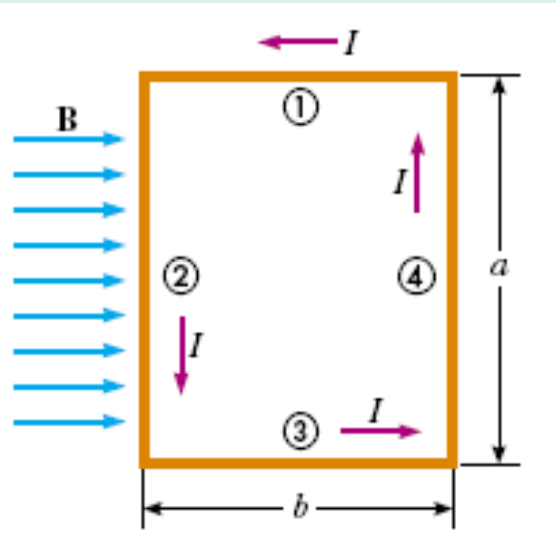
**Lực từ có xu hướng làm khung dây bị biến dạng**



# VI – 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 d

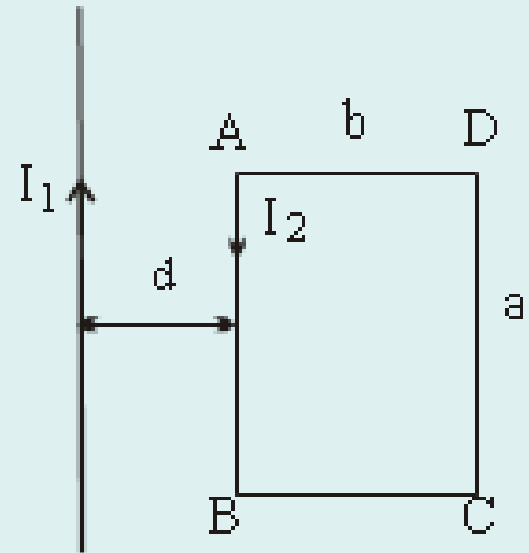
Mômen của lực từ:

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

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

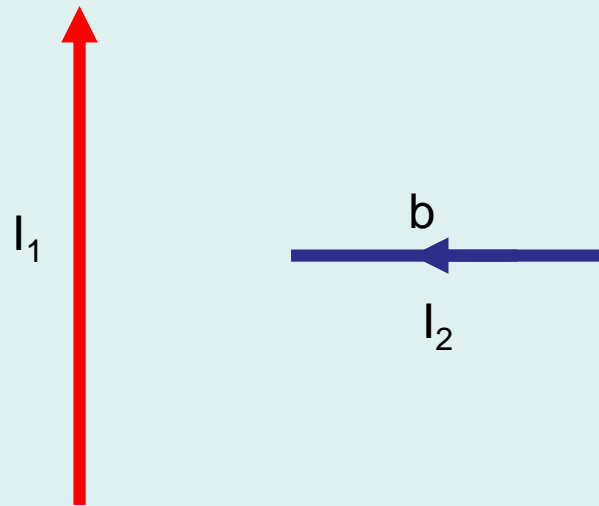
# BÀI TẬP VÍ DỤ

Cho khung dây hình chữ nhật có cạnh  $a$  và  $b$  được đặt gần một dòng điện thẳng dài vô hạn có cường độ  $I_1$ . Khung dây và dòng điện cùng nằm trong cùng mặt phẳng. Cạnh  $AB$  song song với  $I_1$  và cách  $I_1$  một đoạn  $d$ . Xác định phương chiều và độ lớn của từ lực tác dụng lên khung dây nếu trong khung dây có dòng điện  $I_2$ .



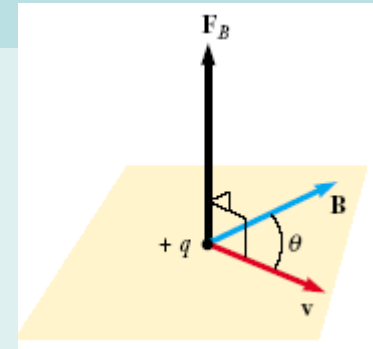
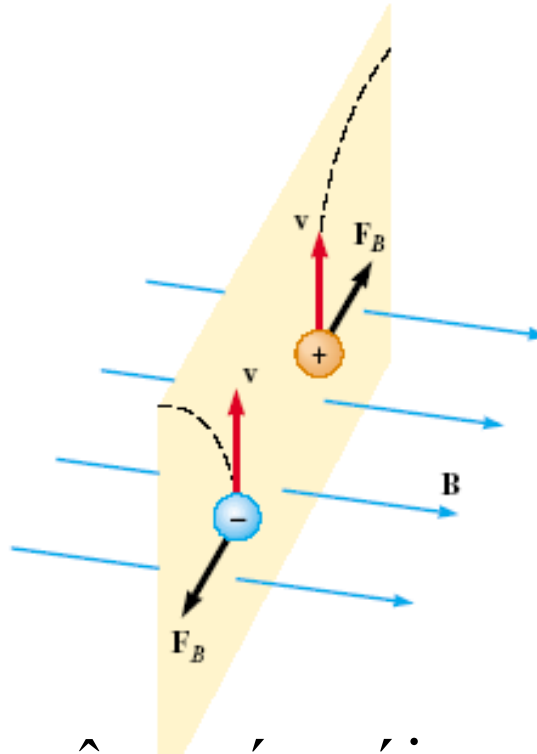
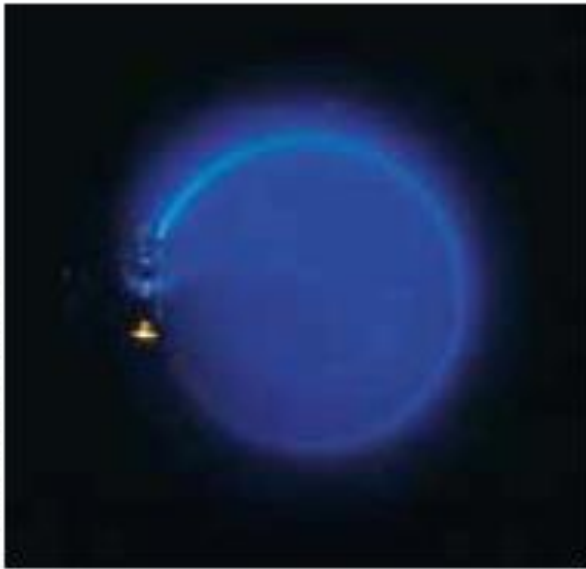
# BÀI TẬP VÍ DỤ

Cho dòng điện  $I_2$  có chiều dài  $b$  được đặt gần một dòng điện thẳng dài vô hạn có cường độ  $I_1$ , như hình vẽ. Xác định phương chiều và độ lớn của từ lực tác dụng lên dòng điện  $I_2$ .



# VII – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 1 – Lực Lorentz:



$$\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}]$$

$\vec{F}_L$

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

# VII – ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 2 – Điện tích chuyển động trong từ trường đều:

a) Nếu vector vận tốc đầu  $\vec{v}_0 \parallel \vec{B} \Rightarrow \vec{F}_L =$

b) Nếu vector vận tốc đầu  $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$  :

**Điện tích chuyển động tròn đều.**

**Lực Lorentz:**

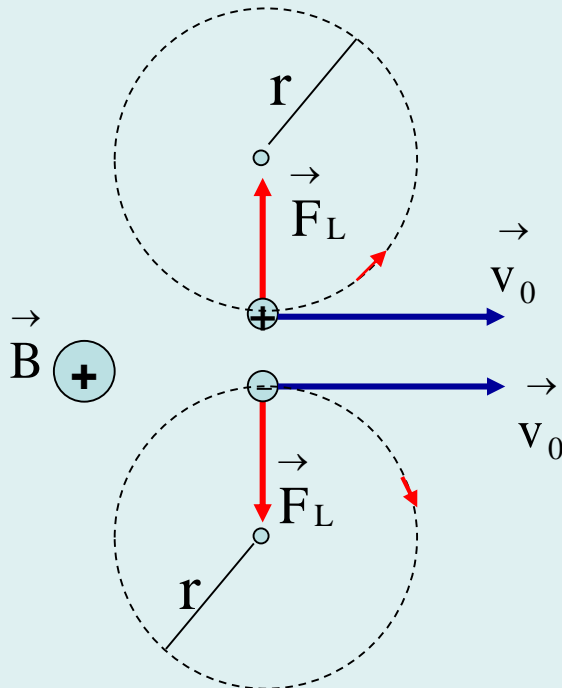
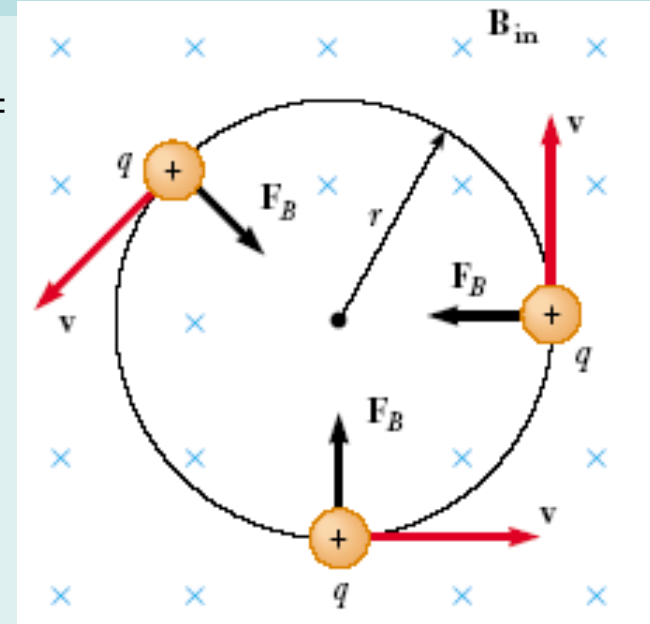
$$F_L = |q| B \cdot v = ma = m \frac{v^2}{r}$$

**Bán kính quỹ đạo:**

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

**Chu kì quay:**

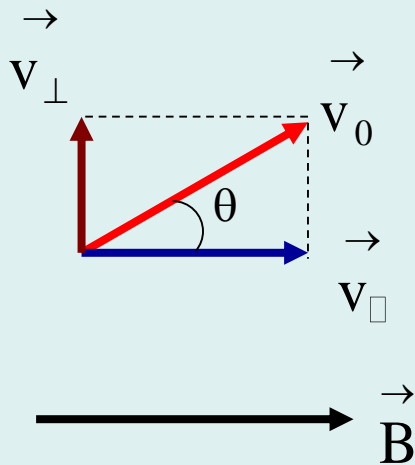
$$T = \frac{2\pi m}{|q| B}$$



# VII – ĐIỆN TÍCH CHuyển ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG:

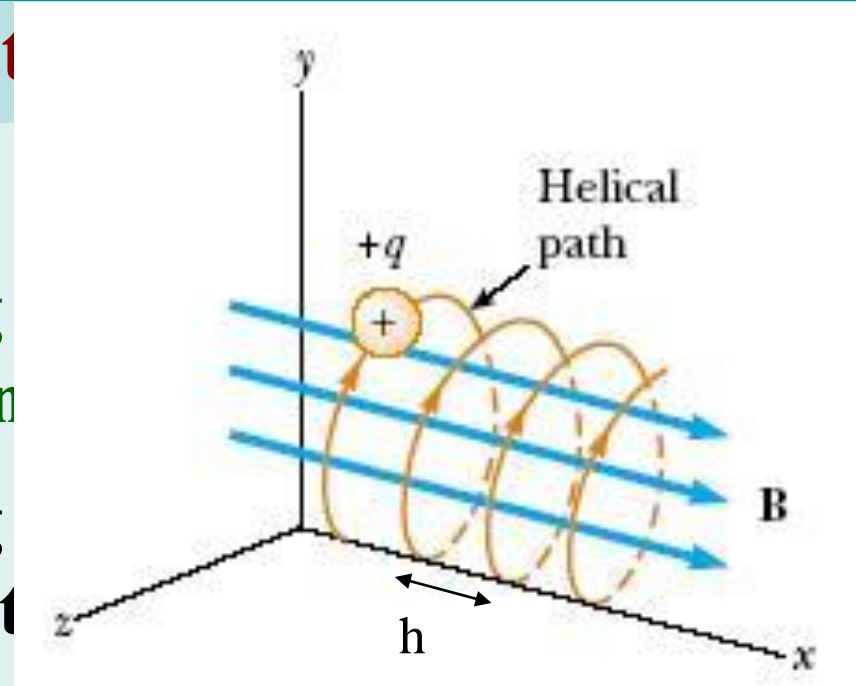
## 2 – Điện tích chuyển động

c) Nếu vector vận tốc đầu  $\vec{v}_0$  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:**

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

# VII – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 3 – Điện tích chuyển động trong từ trường không đều – bất từ:

Theo định luật bảo toàn mômen động lượng:

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

$$\Rightarrow \frac{v_{\perp}^2}{B(x)} = \frac{v_{0\perp}^2}{B_0} \Rightarrow v_{\perp} = v_{0\perp} \left( \frac{B(x)}{B_0} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Lực Lorentz không làm thay

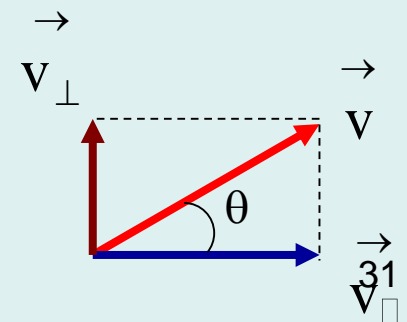
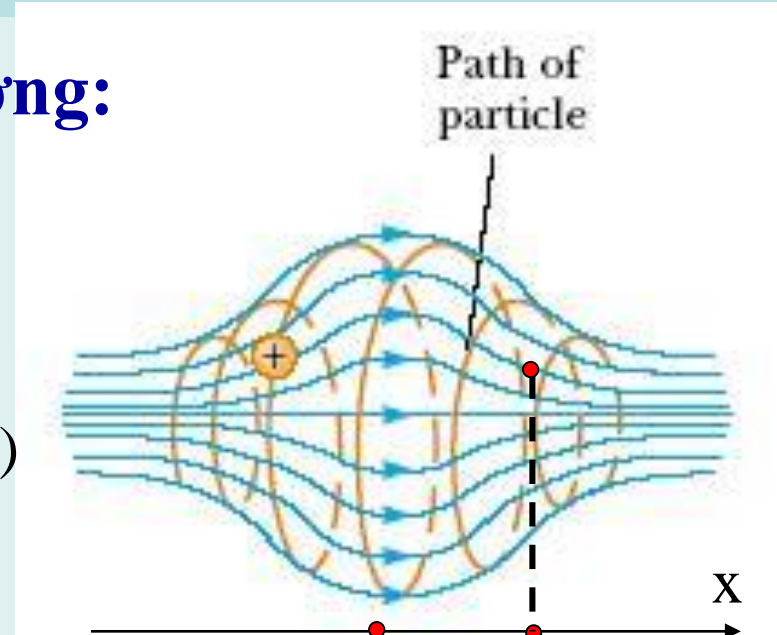
đổi tốc độ, nên:  $v^2 = v_{\parallel}^2 + v_{\perp}^2 = v_0^2 \quad (2)$

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

(1), (2) suy ra:

$$v_{\parallel} = v_0 \left( 1 - \frac{B(x)}{B_0} \sin^2 \theta_0 \right)^{1/2}$$

05/10/2017 10:52 SA



# VII – ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG:

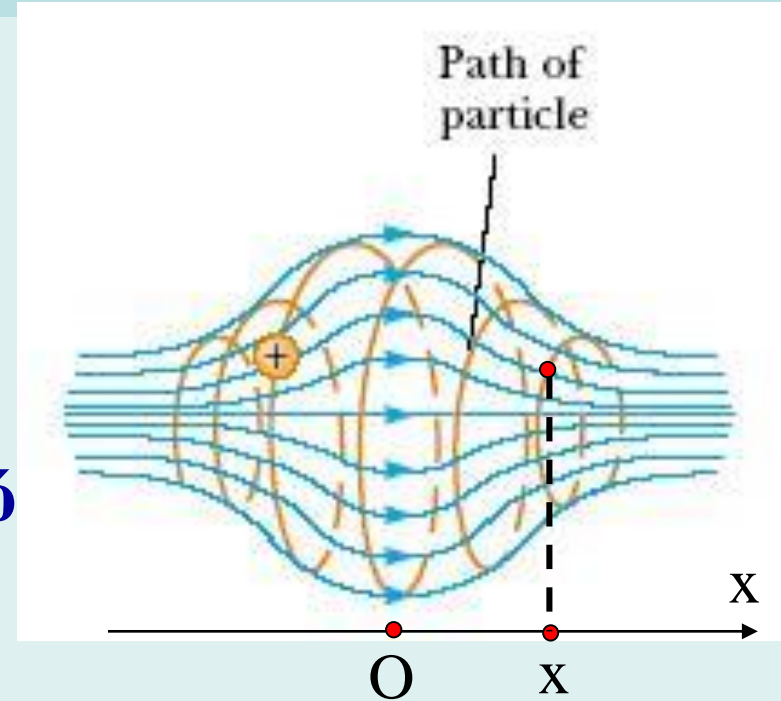
## 3 – Điện tích chuyển động trong từ trường không đều – bẫy từ:

$$v_{\perp} = v_0 \left( 1 - \frac{B(x)}{B_0} \sin^2 \theta_0 \right)^{1/2} \quad (3)$$

(3) suy ra: **đt 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*.**





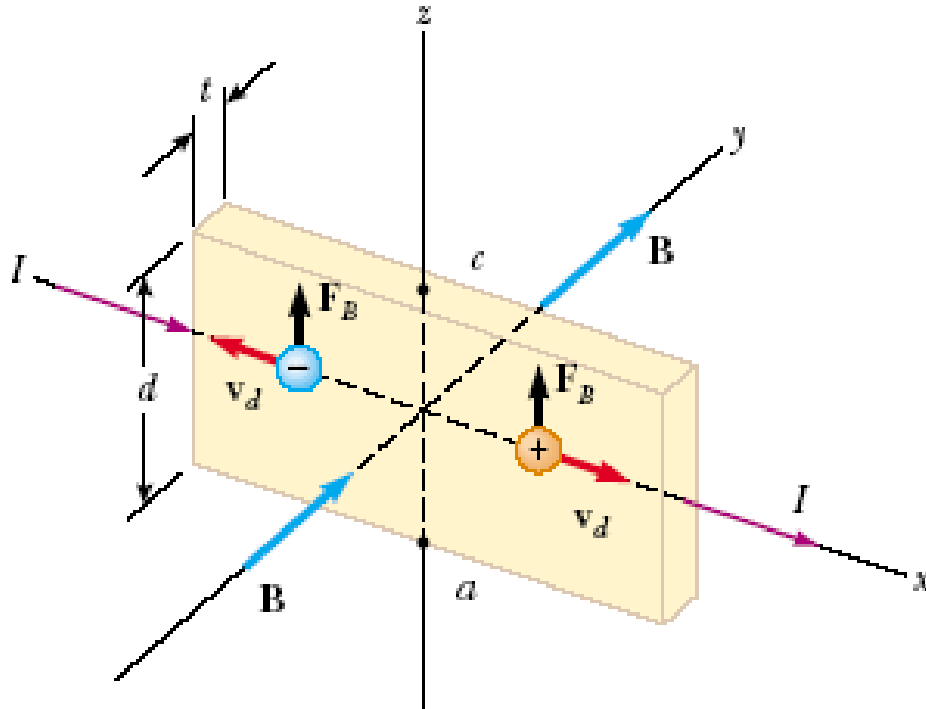
# VII – ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 3 – Đ/tích ch/động trong t/tr không đều – bấy từ:

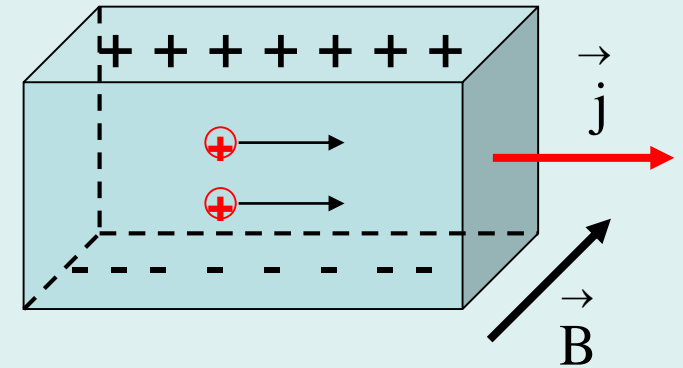


# VII – ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 4 – Hiệu ứng Hall:



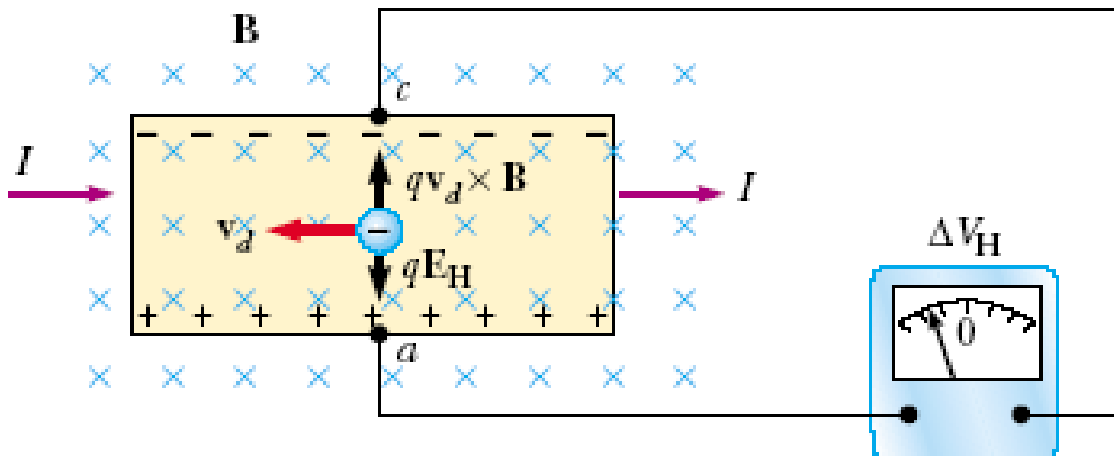
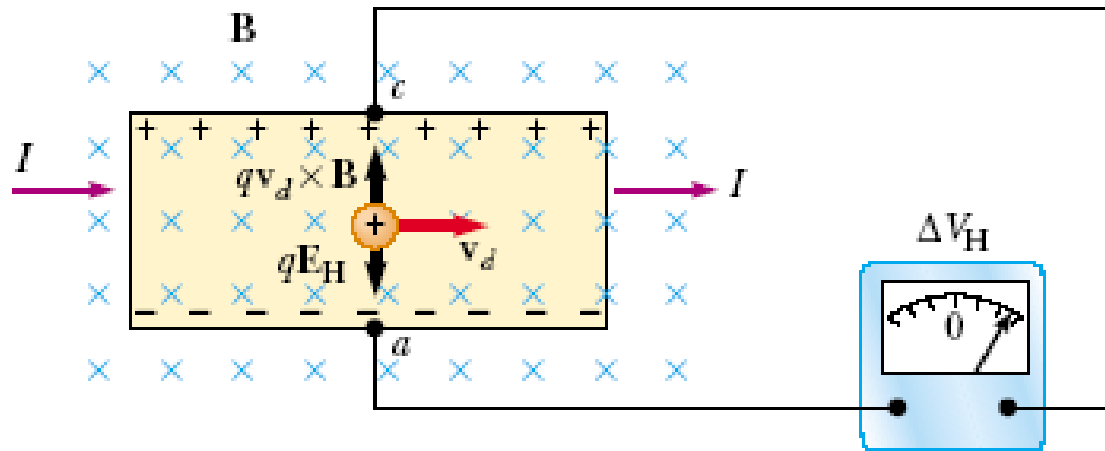
**Nguyên nhân:** do lực Lorentz tác dụng lên các đt chuyển động trong từ trường.



**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.**

# VII – ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG:

## 4 – Hiệu ứng Hall:



### Hiệu điện thế Hall

$$F_d = F_L$$

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

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

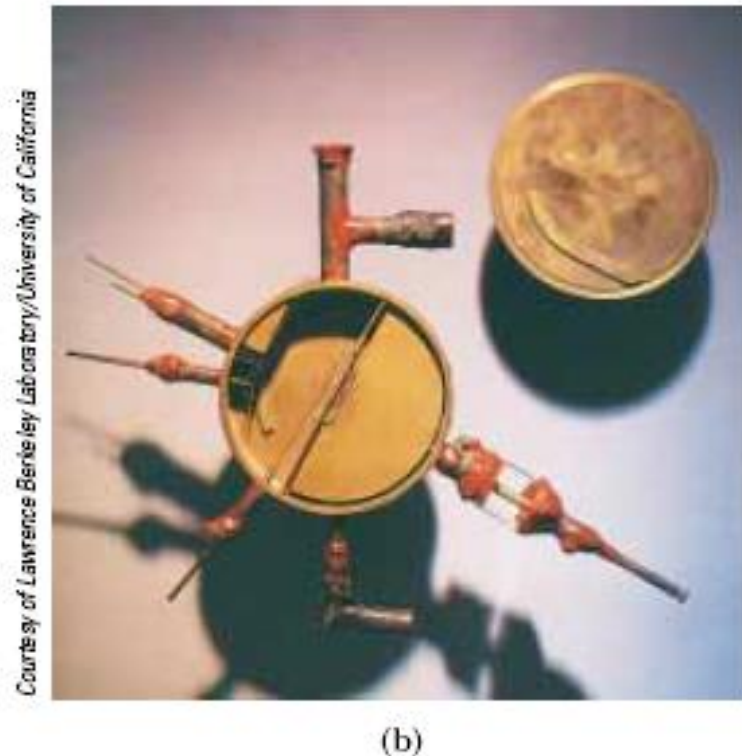
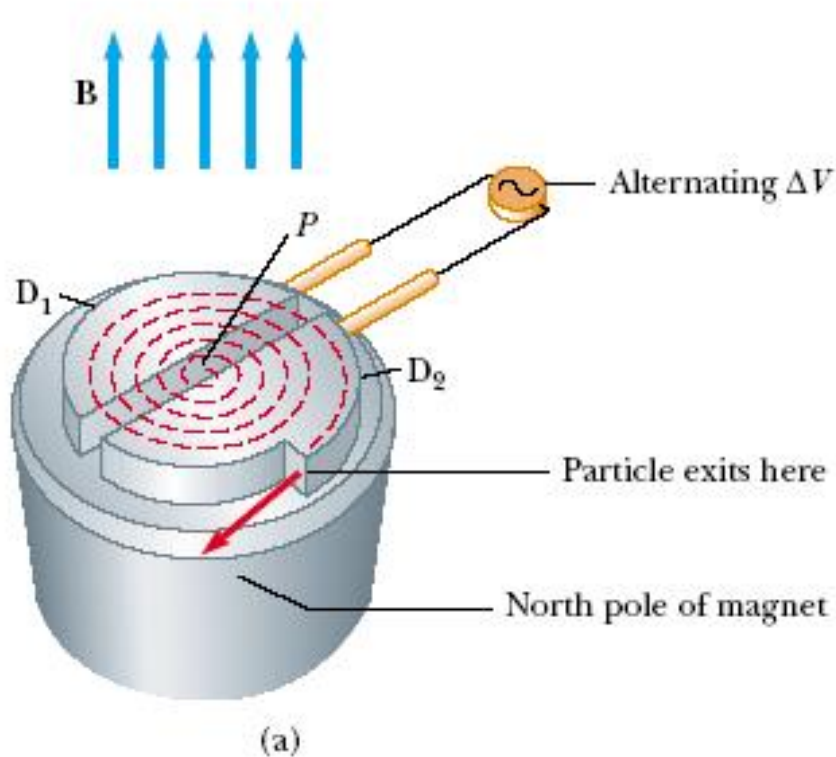
$$U_H = \frac{Bjd}{n_0 q} = R_H Bjd$$

$$R_H = \frac{1}{n_0 q}$$

h/số Hall

# VII – ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG:

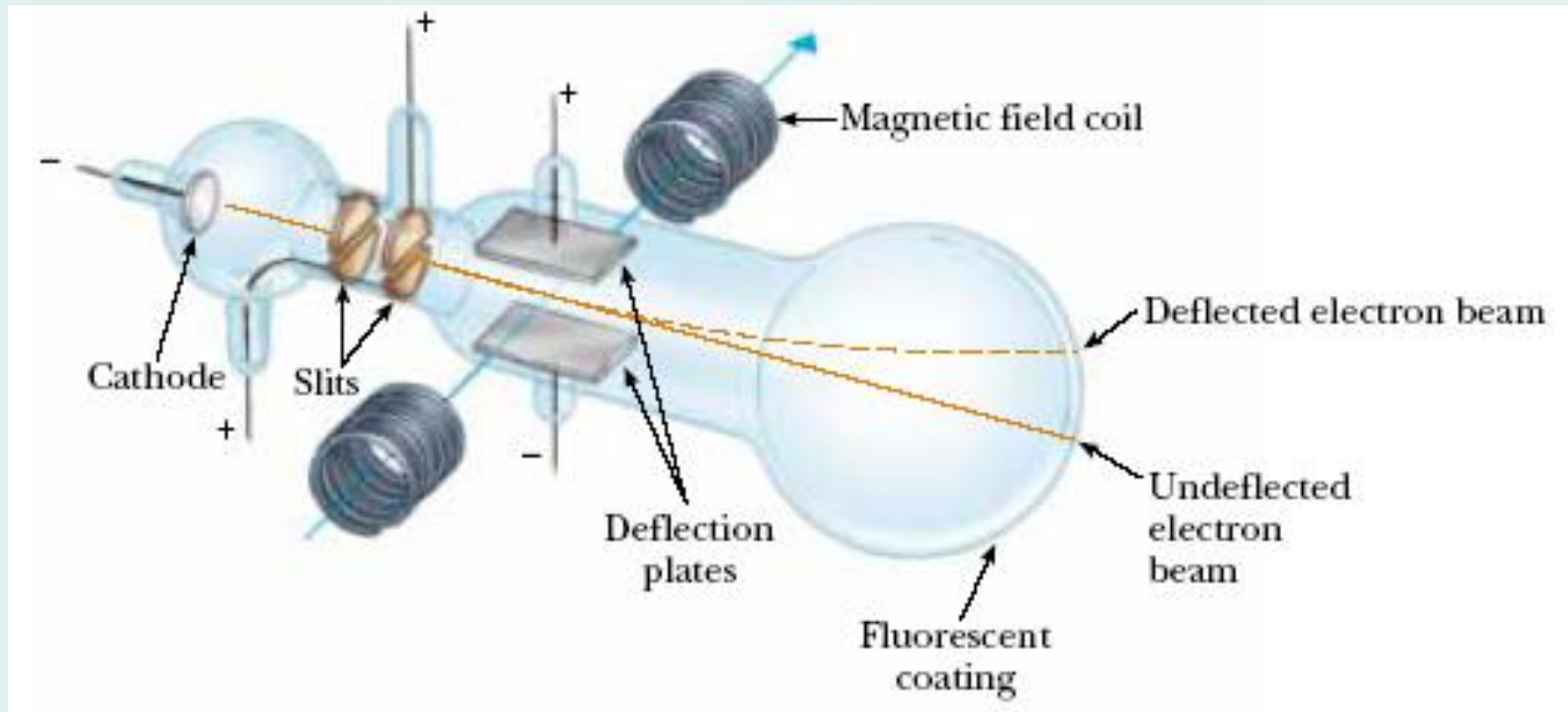
## 5 - Ứng dụng:



**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.

# VII – ĐIỆN TÍCH CӨ TRONG TỪ TRƯỜNG:

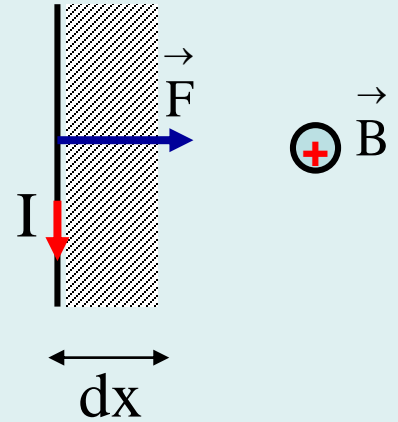
## 5 - Ứng dụng:



# VIII – CÔNG CỦA LỰC TỪ:

$$A = \int F dx = \int B I \ell . dx = \int B I dS = \int I . d\Phi_m$$

$$A = I . \Delta \Phi_m$$



# Tài liệu tham khảo

[sites.google.com/site/hvbinhphys/](https://sites.google.com/site/hvbinhphys/)

1. Một khung dây hình vuông abcd, mỗi cạnh là  $l = 2$  cm, đặt gần dây dẫn thẳng dài vô hạn có dòng điện với cường độ  $I = 30$  A. Khung và dây cùng nằm trong một mặt phẳng, cạnh ad song song với dây và cách dây một đoạn  $r = 1$  cm. Tính từ thông gửi qua khung dây. Khung dây và dòng điện đặt trong không khí.
2. Tính từ trường ống dây gồm  $N$  vòng được quấn cách đều nhau trên lõi hình xoắn, bán kính trong  $r_1$ , bán kính ngoài  $r_2$ , bán kính trục lõi  $r$ , có dòng điện  $I$  chạy qua.