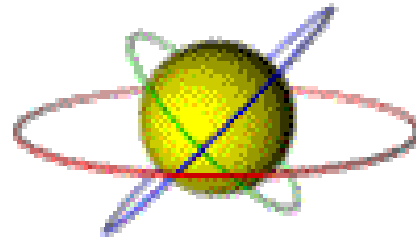




HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

BỘ MÔN VẬT LÝ



VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 1



Chương 8: TỪ TRƯỜNG

- 1. Khái niệm từ trường**
- 2. Cảm ứng từ của các dòng điện**
- 3. Đường cảm ứng từ - Từ thông.**
- 4. Các định lý quan trọng về từ trường.**
- 5. Lực từ tác dụng lên dòng điện.**
- 6. Điện tích chuyển động trong từ trường.**
- 7. Công của lực từ.**



1. KHÁI NIỆM TỪ TRƯỜNG

a. Tương tác từ - Từ trường:

- **Tương tác từ:** là tương tác giữa dòng điện với dòng điện, giữa dòng điện với nam châm hoặc giữa các nam châm.
- **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.





1. KHÁI NIỆM TỪ TRƯỜNG

b. Vector cảm ứng từ, vector cường độ từ trường:

Mỗi điểm trong từ trường được đặc trưng bởi **vector cảm ứng từ** \vec{B} và **vector cường độ từ trường** \vec{H}

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

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

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

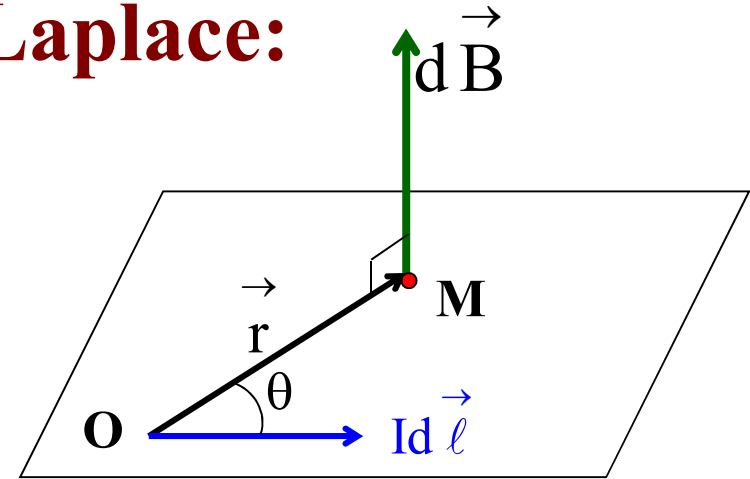


2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN

a. Định luật Biot – Savart - Laplace:

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

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



- **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:**
$$dB = \frac{\mu\mu_0 Idl}{4\pi r^2} \cdot \sin \theta$$
- **Điểm đặt:** tại điểm khảo sát.

$d\vec{B}$

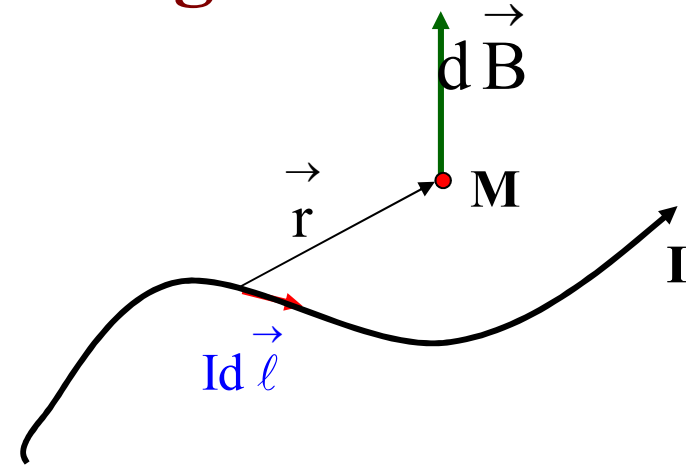


2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN

b. Nguyên lý chồng chất từ trường:

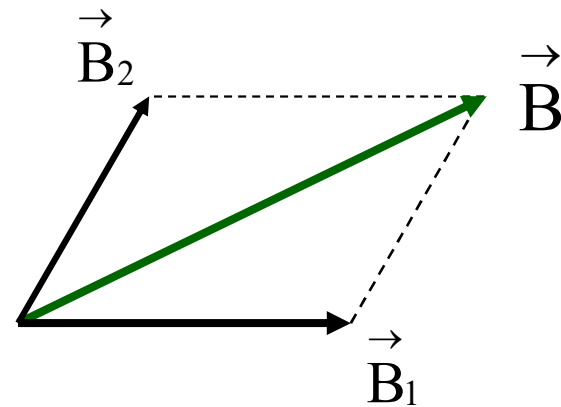
Vector cảm ứng từ gây bởi một dòng điện bất kì:

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



Vector cảm ứng từ gây bởi nhiều dòng điện:

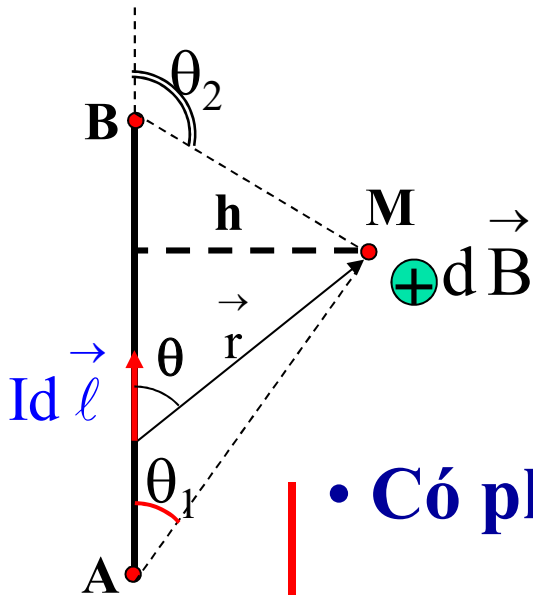
$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i$$





2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN

c. Vector cảm ứng từ của dòng điện thẳng:



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

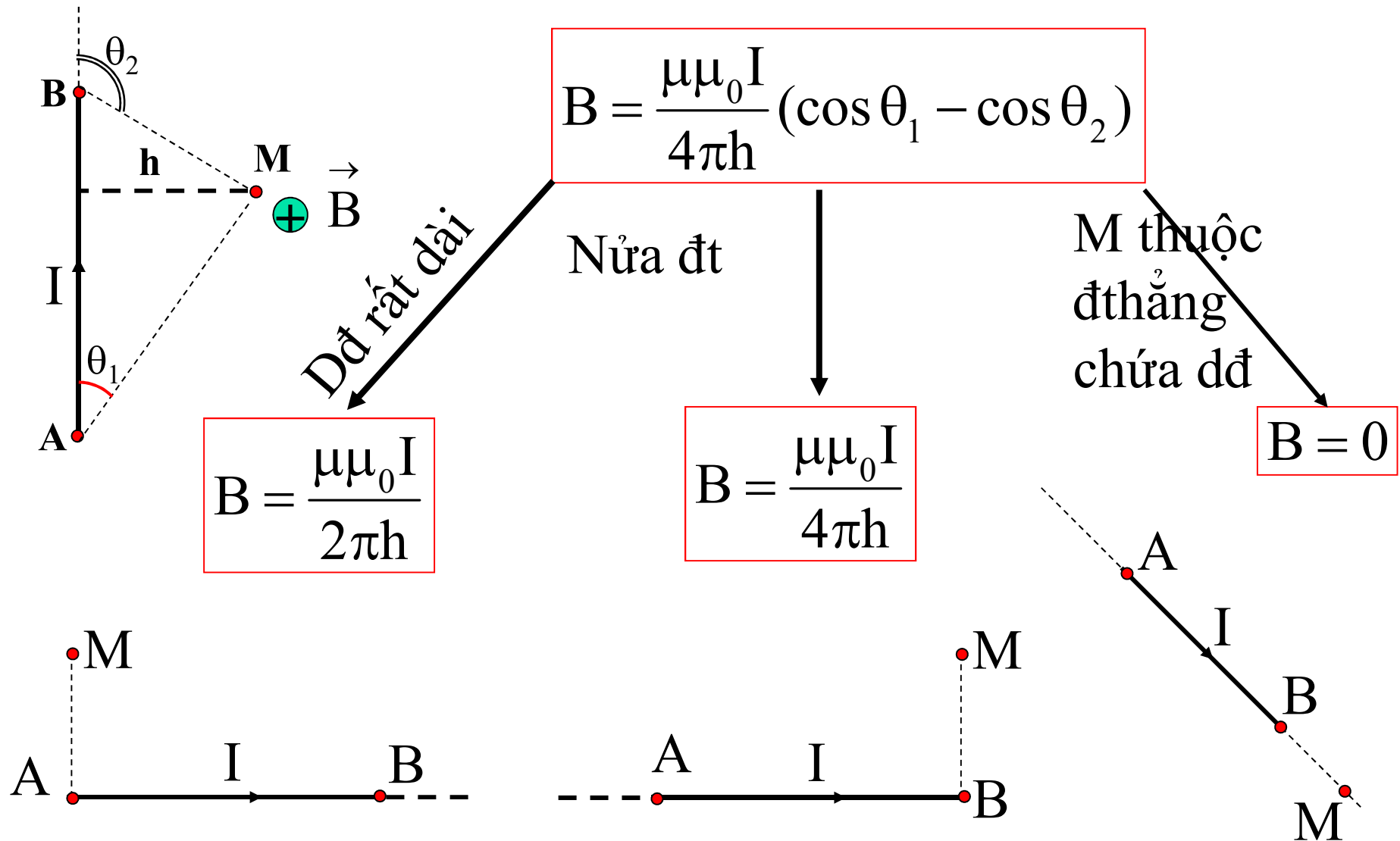
$$\ell = h \cdot \cot\theta \Rightarrow d\ell = \frac{h \cdot d\theta}{\sin^2\theta}; \quad r = \frac{h}{\sin\theta}$$

- **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.

\rightarrow
B



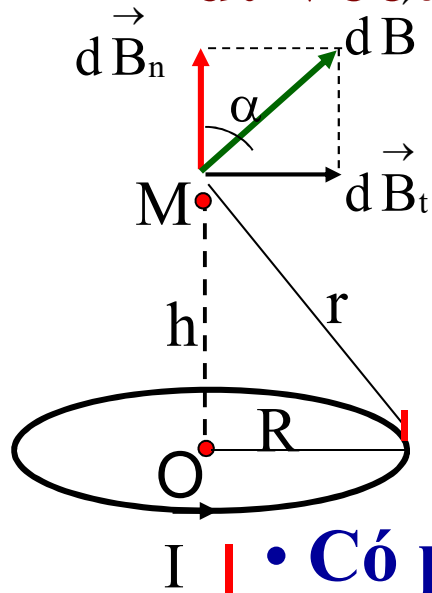
2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN





2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN

d. 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 **đinh ốc** hoặc **nắm tay phải**

• **Độ lớn:**

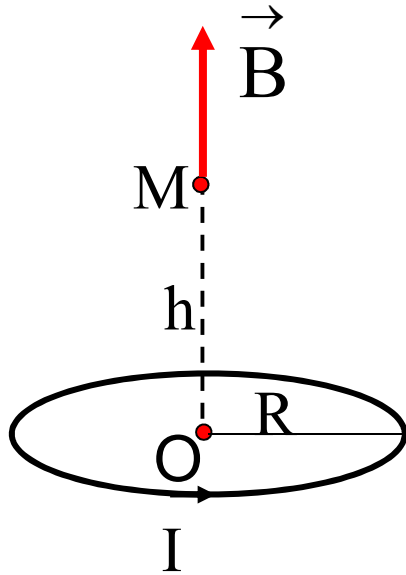
$$B = \frac{\mu\mu_0 I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

• **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

\vec{B}



2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN



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

Tại tâm O

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

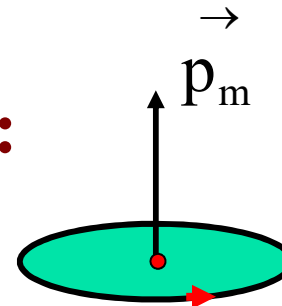
Cung tròn chắn
góc ở tâm 2α :

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

Mômen từ của dòng điện tròn:

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

Hay: $p_m = IS$



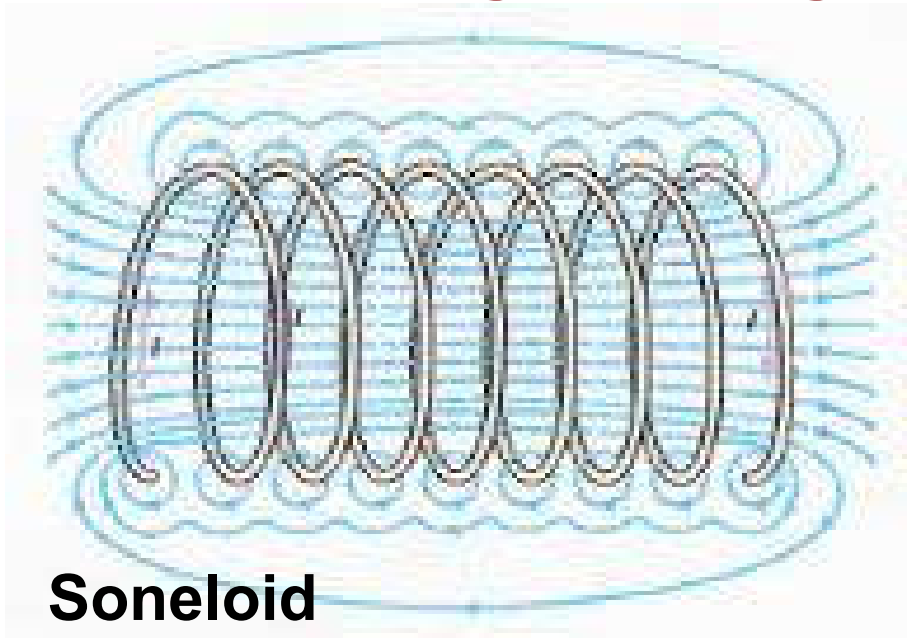
\vec{p}_m

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



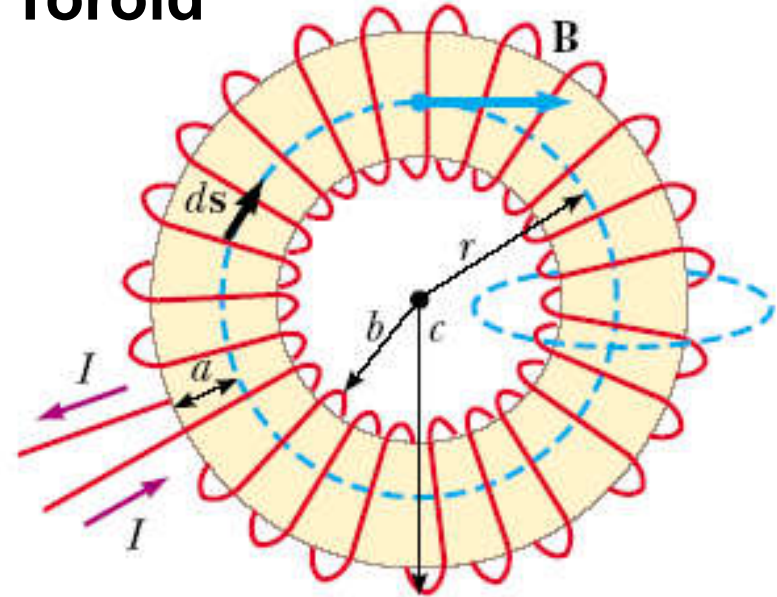
2. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN

e. Cảm ứng từ trong lòng ống dây điện:



Soneloid

Toroid



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

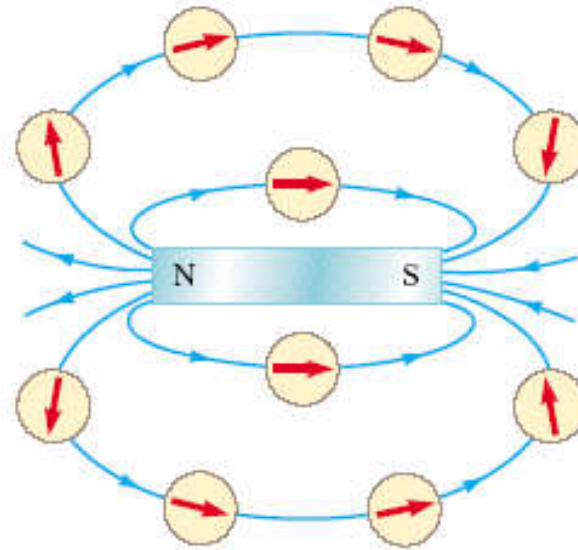
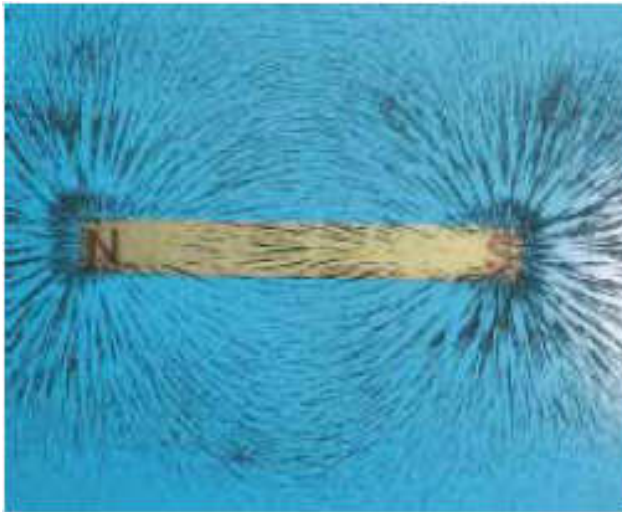
n: mật độ vòng dây (số vòng quấn trên mỗi mét chiều dài).



3. ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG

a. Đường cảm ứng từ (đường sức từ):

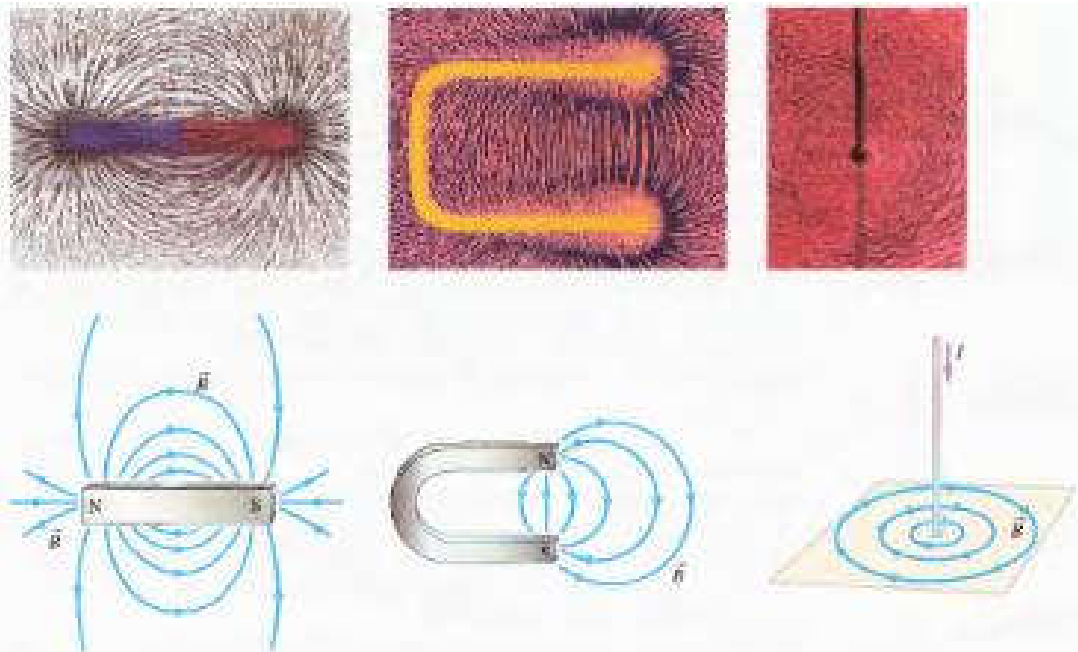
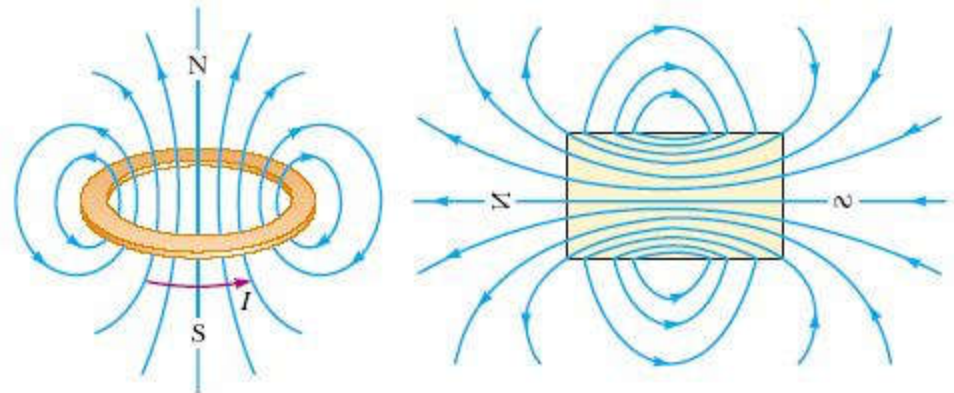
Là đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm trùng với phương của vectơ cảm ứng từ tại điểm đó. Chiều của đường cảm ứng từ là chiều của \vec{B}





3. ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG

a. Đường cảm ứng từ (đường sức từ):

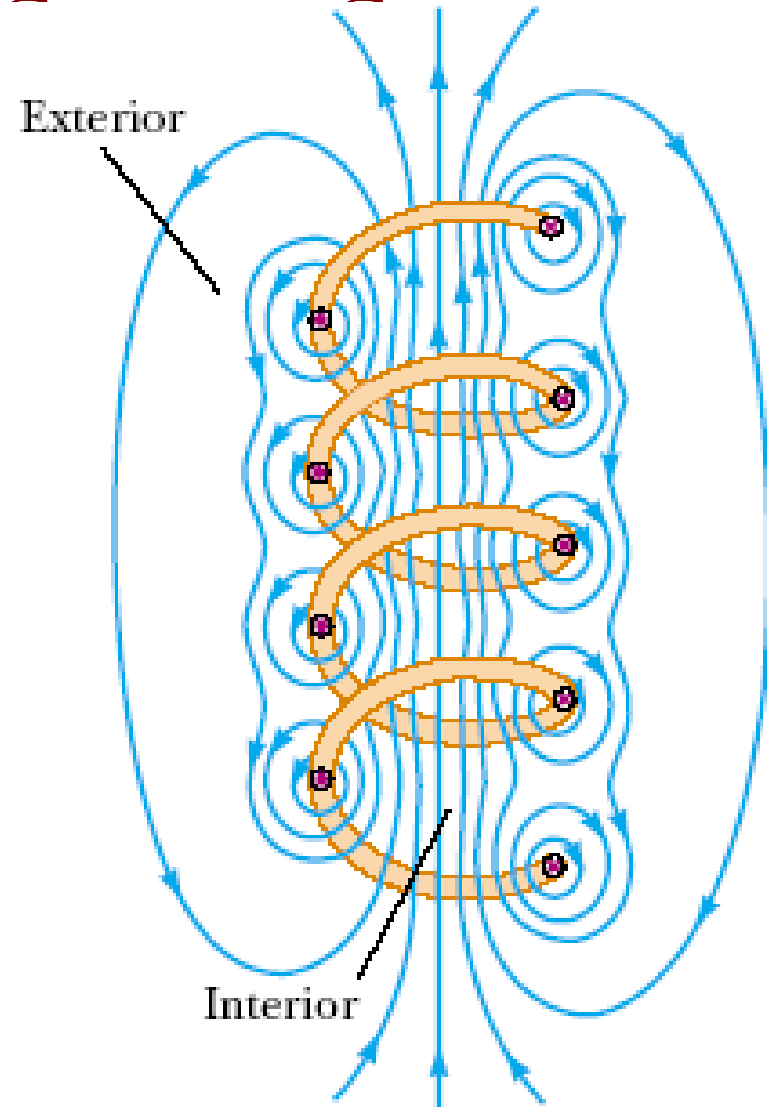




3. ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG

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.



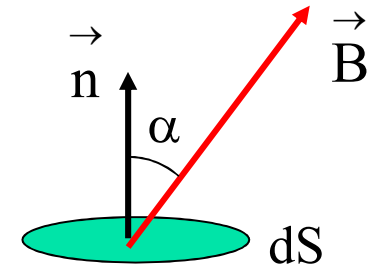


3. ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG

b. Từ thông:

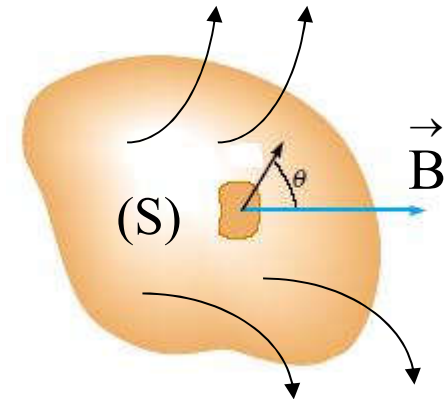
Từ thông gửi qua yếu tố diện tích dS là

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



Từ thông gửi qua một mặt (S) bất kì:

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



Mặt kín thì \vec{n} hướng ra ngoài.

Đơn vị đo từ thông là vécbe (Wb)



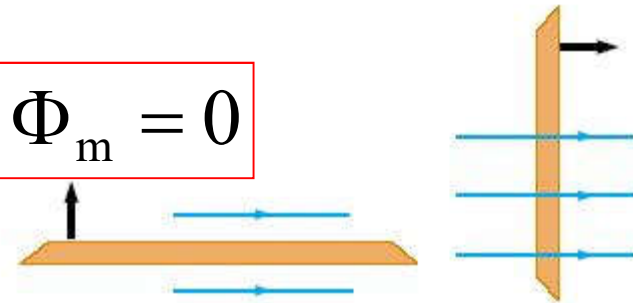
3. ĐƯỜNG CẢM ỨNG TỪ - TỪ THÔNG

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

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

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

$$\Phi_m = 0$$



$$\Phi_m = BS$$

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



4. CÁC ĐỊNH LÝ QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG

a. 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

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

Ý nghĩa:

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



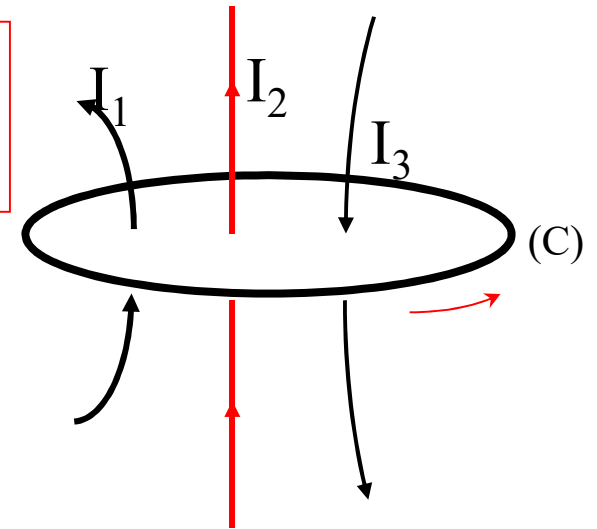
4. CÁC ĐỊNH LÝ QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG

b. Định lý Ampère (đlý dòng toàn phần):

Lưu số 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.

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

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



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

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

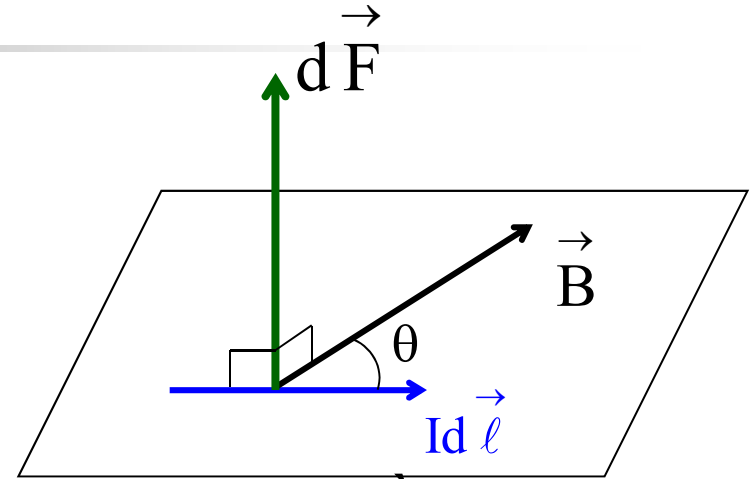


5. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

a. Công thức Ampère:

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:

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



5. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

b. Từ trường đều tác dụng lên dđ thẳng:

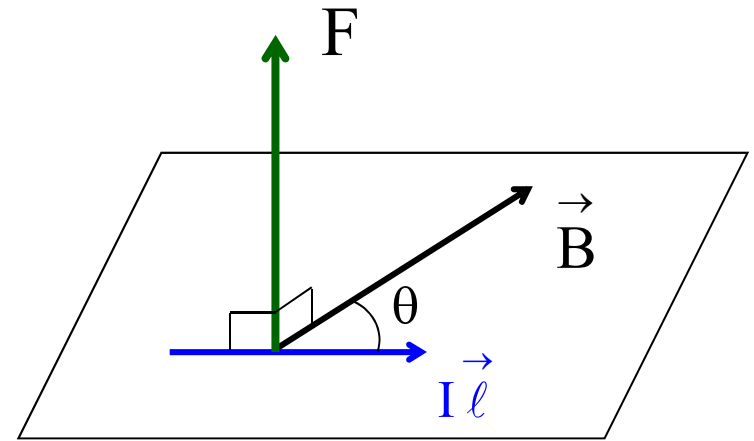
$$\vec{F} = \int_{dd} d\vec{F} = I(\vec{\ell} \times \vec{B})$$

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

$$F = BI\ell$$

$$I \parallel \vec{B}$$

$$F = 0$$



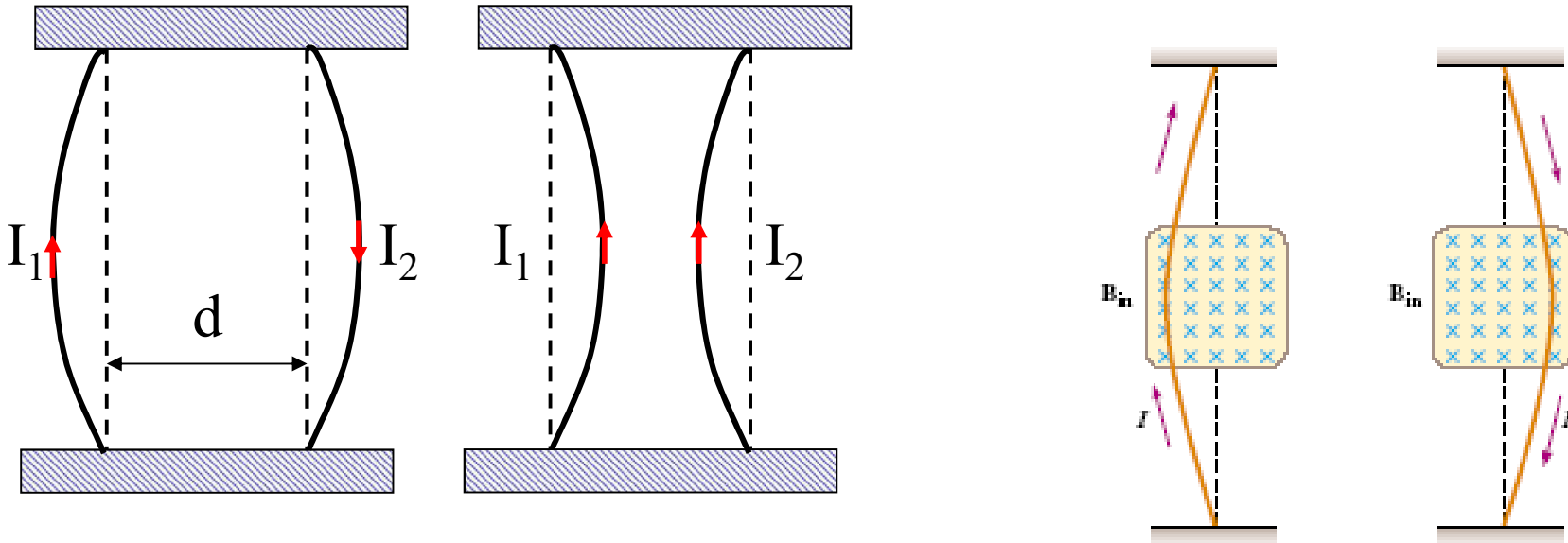
→
F

- **Có phương:** vuông góc với mp chứa dđ và vector 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 dđ.



5. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

c. 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:

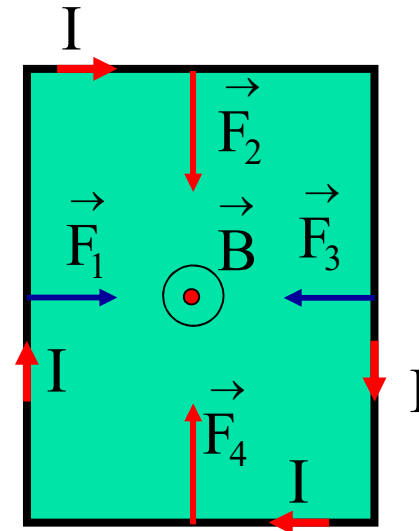
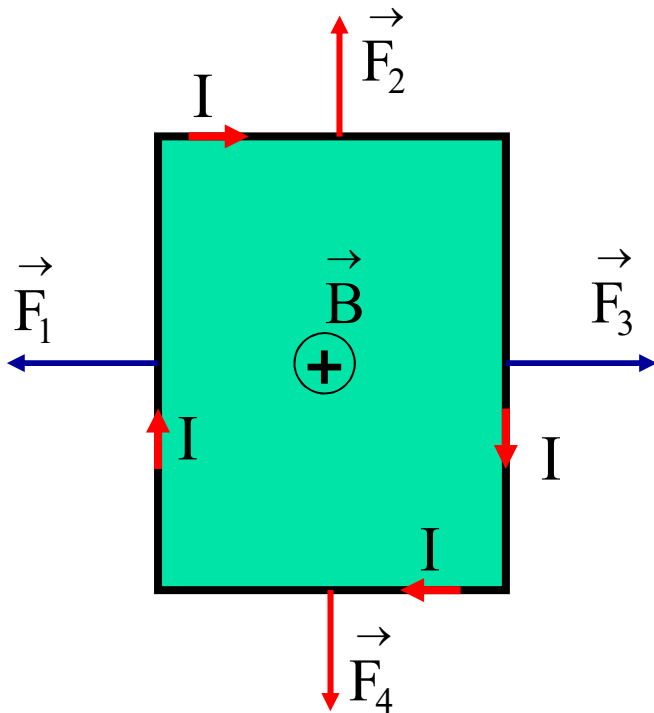
$$f = \frac{F}{\ell} = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$



5. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

d. Từ trường đều tác dụng lên khung dây:

TH1: Mặt phẳng khung dây vuông góc với đường sức từ:

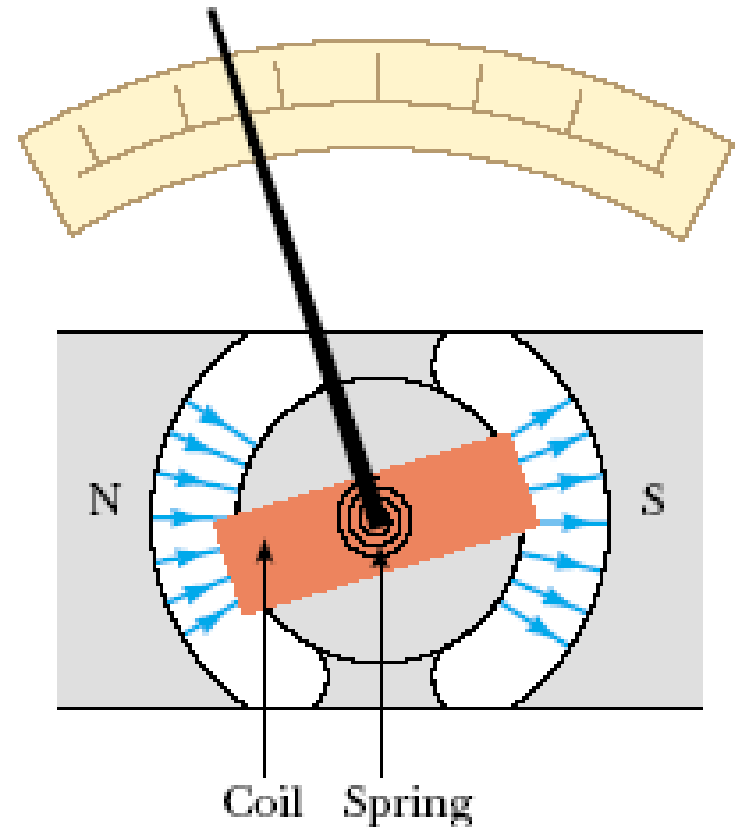
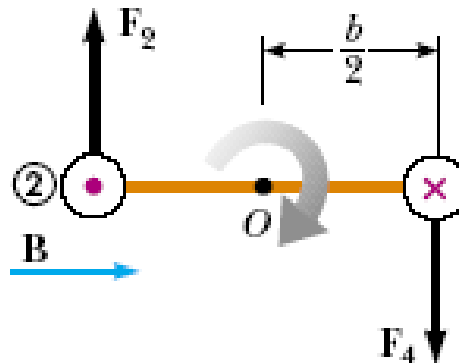
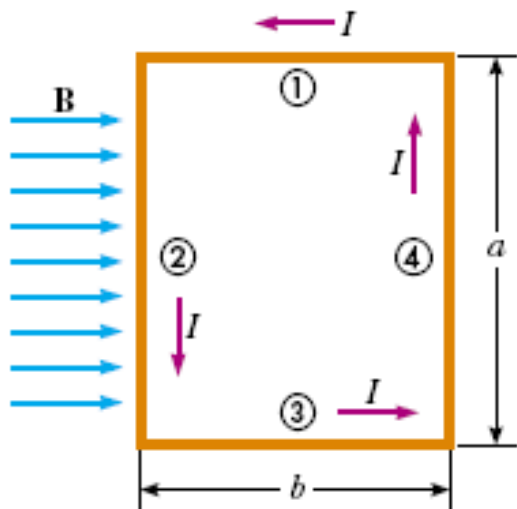


Lực từ có xu hướng làm khung dây bị biến dạng



5. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

TH2: Mặt phẳng khung dây không vuông góc với đường sức từ:



Lực từ làm quay khung dây

Mômen của lực từ:

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

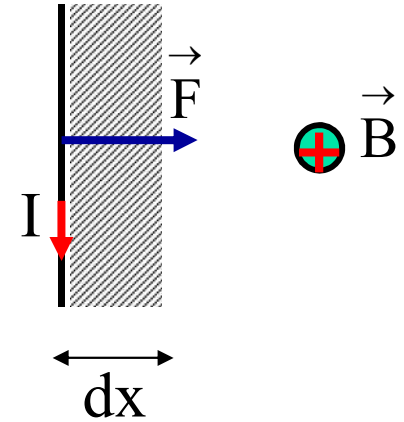
$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \theta = BIS \cdot \sin \theta$$



6. CÔNG CỦA LỰC TỪ

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

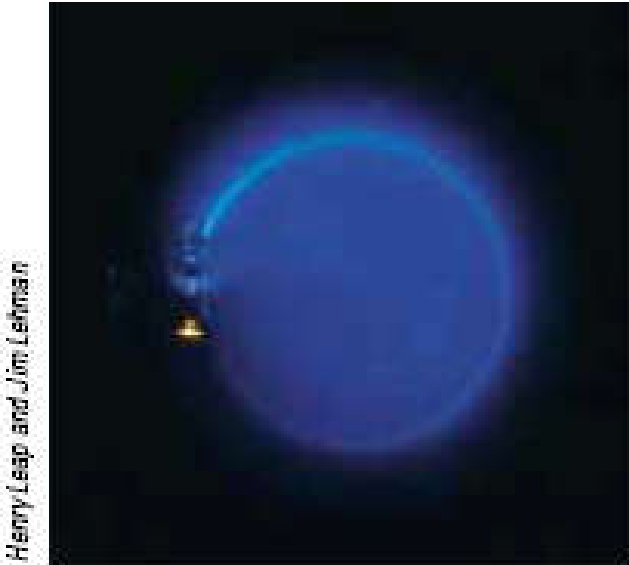
$$A = I . \Delta \Phi_m$$



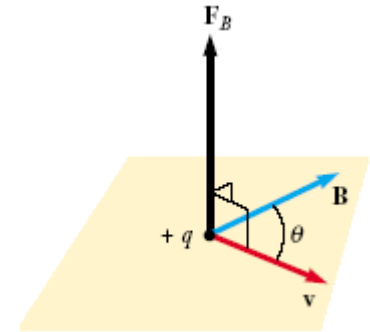
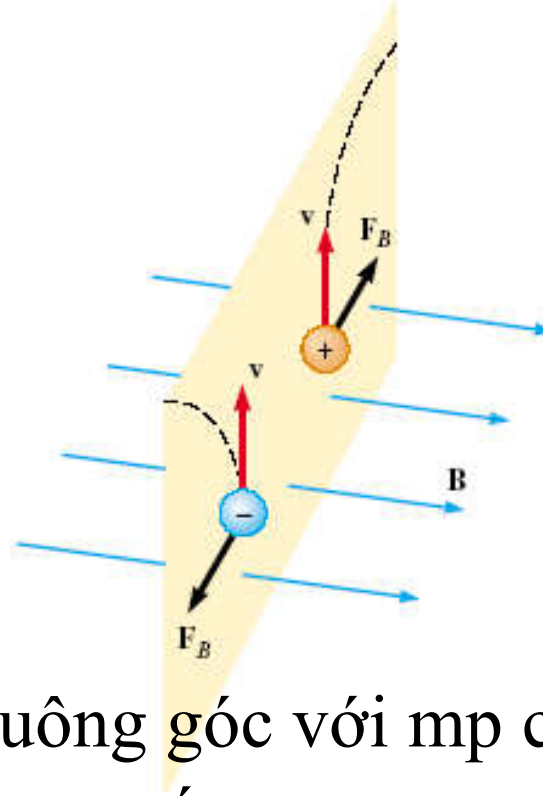


7. ĐIỆN TÍCH CHẠY TRONG TỪ TRƯỜNG

a. Lực Lorentz:



Henry Leap and Jim Lehman



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

\vec{F}_L

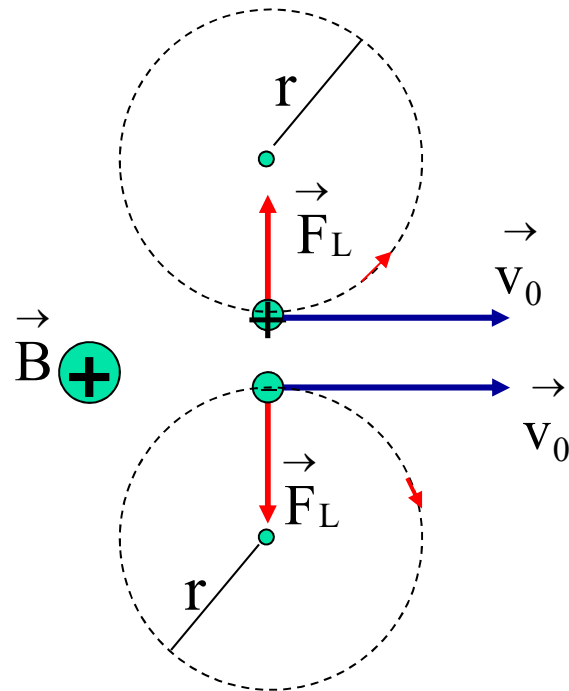
- **Có phương:** vuông góc với mp chứa vectơ (\vec{v}, \vec{B})
- **Có chiều:** theo qui tắc **bàn tay trái** đối với dt +, **bàn tay phải** đối với dt -.
- **Độ lớn:** $F_L = |q| B.v.\sin \theta$
- **Điểm đặt:** tại điện tích.



7. ĐIỆN TÍCH CHĐ TRONG TỪ TRƯỜNG

b. Điện tích chuyển động trong từ trường đều:

- Nếu vector vận tốc đầu $\vec{v}_0 \parallel \vec{B} \Rightarrow \vec{F}_L = 0$ Đt chđ thẳng đều
- Nếu vector vận tốc đầu $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$



Điện tích chuyển động tròn đều.

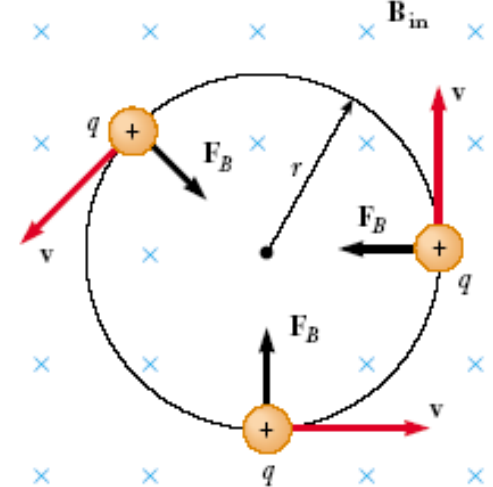
Lực Lorentz:

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

Bán kính quỹ đạo:

Chu kì quay:

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

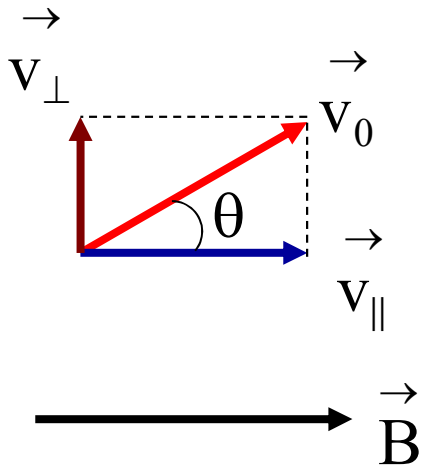


$$r = \frac{mv}{|q| B}$$



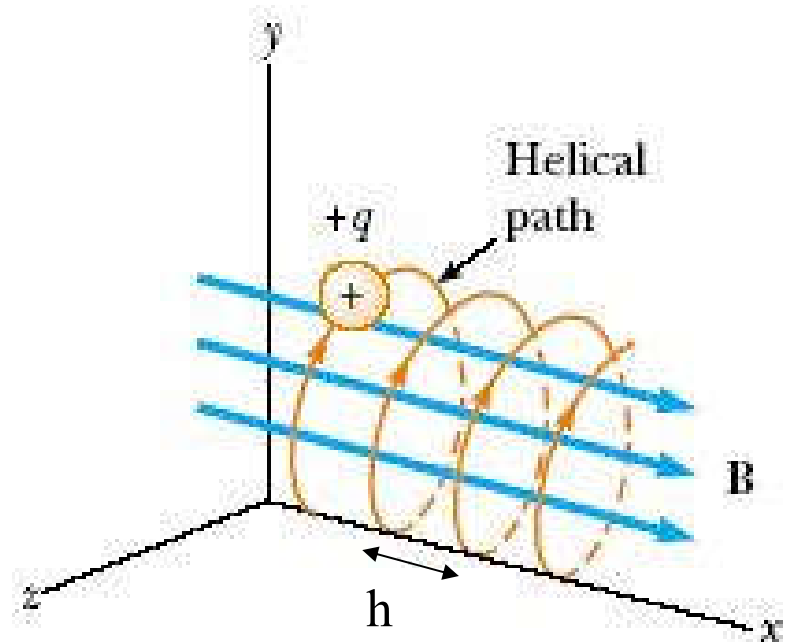
7. ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

- Nếu vector vận tốc đầu \vec{v}_0 tạo v



Theo phương
đt chuyển độn

Theo phương
chuyển độn t



Kết quả: quỹ đạo của điện tích 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:

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



7. ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG

c. Điện tích c/đ trong từ trường không đều – bẫy từ:
Theo ĐL bảo toàn mômen động lượng:

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

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

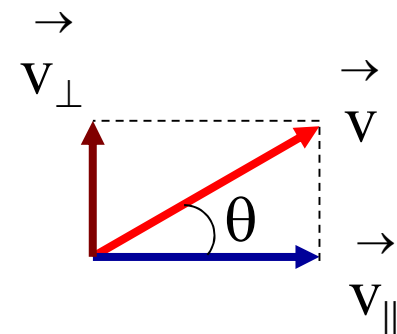
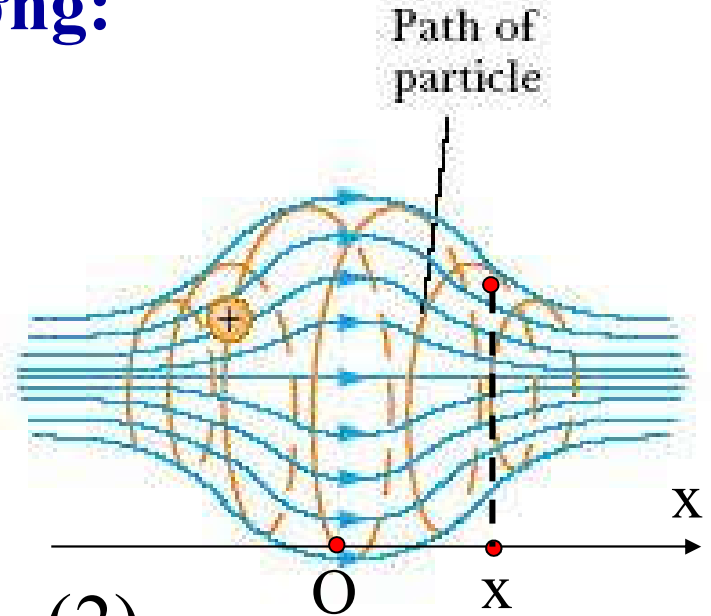
Lực Lorentz không làm thay

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:

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





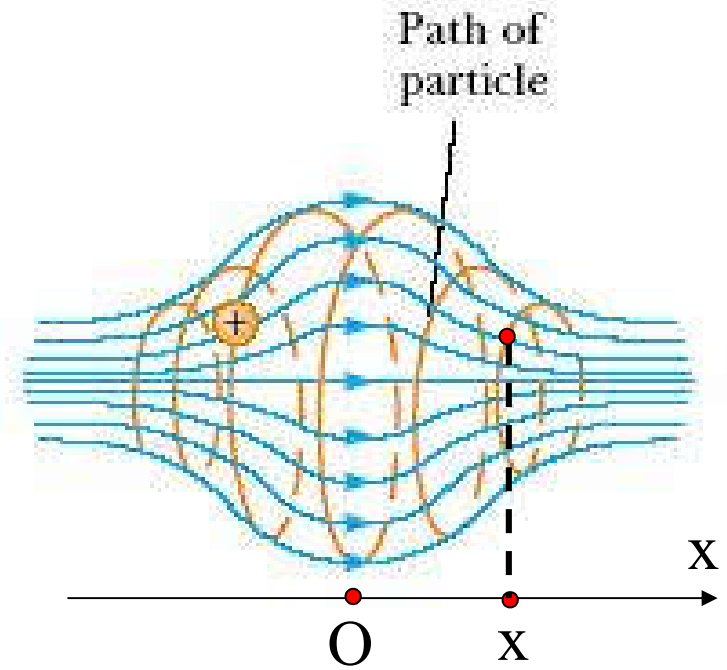
7. ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG

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

(3) suy ra: điện tích 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 mãn:

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

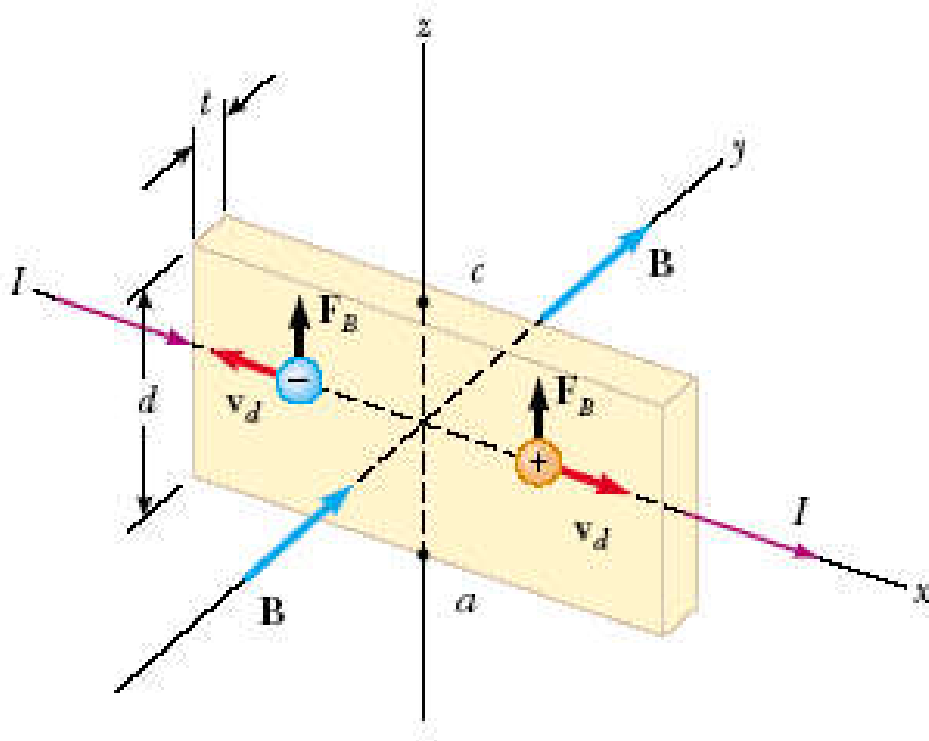
Nếu từ trường có dạng đối xứng qua mp $x = 0$ thì bất kì hạt điện tích nào rơi vào từ trường này đều có thể bị bắt bẫy, nó chuyển động xoắn ốc qua lại giữa hai mặt phẳng $x = x_h$ và $x = -x_h$. Ta nói hạt điện tích bị rơi vào *bẫy từ*.



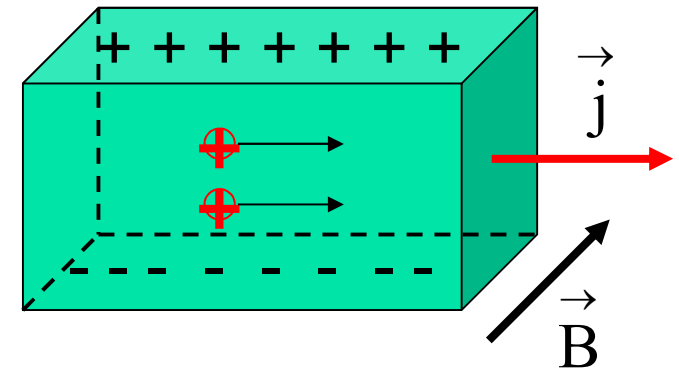


7. ĐIỆN TÍCH CĐ TRONG TỪ TRƯỜNG

d. Hiệu ứng Hall:



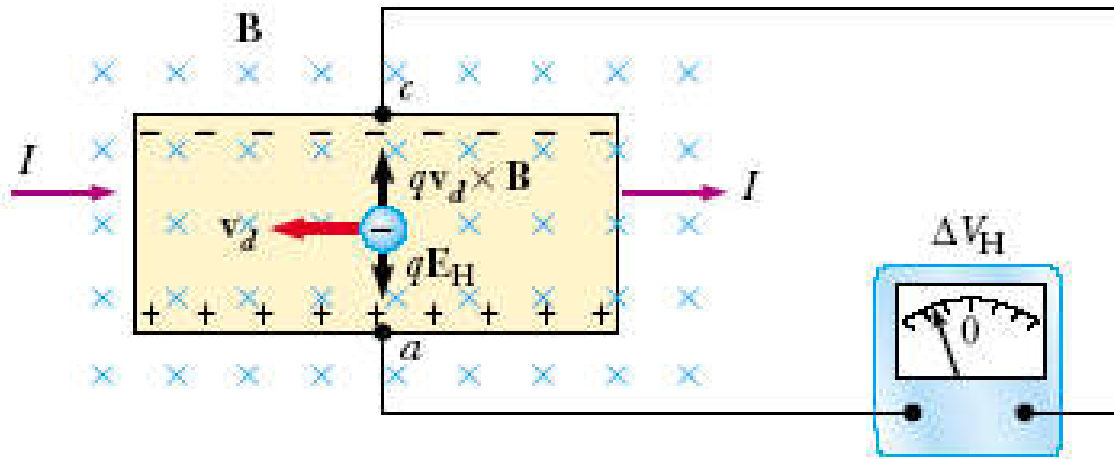
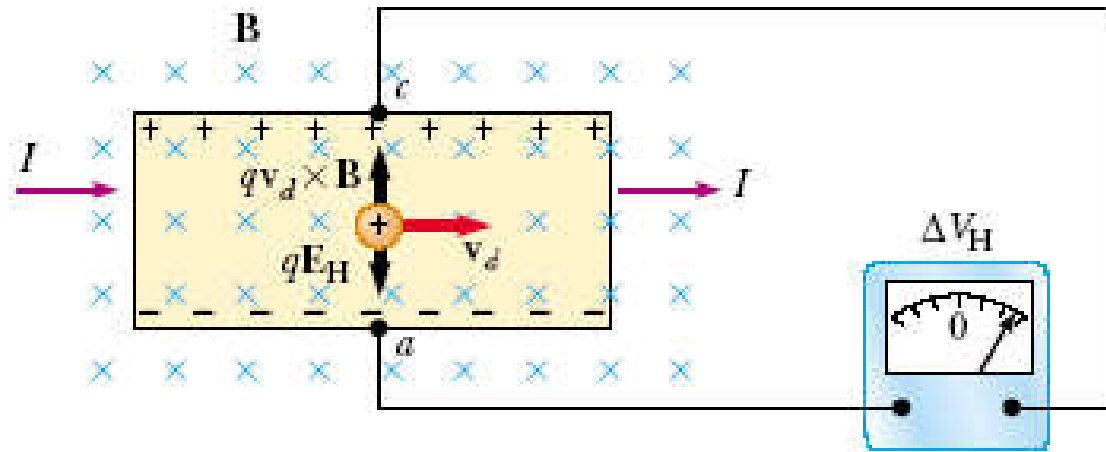
Nguyên nhân: do lực Lorentz tác dụng lên các đt chuyển động trong từ trường.



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**.



7. ĐIỆN TÍCH CHỞ TRONG TỪ TRƯỜNG



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



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 vector cường độ điện trường \vec{E}	Đặc trưng cho từ trường tại mỗi điểm là vector cảm ứng từ \vec{B}
Vector cđđt gây bởi một điện tích điểm : $\vec{E} = k \frac{Q}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$	Vector cảm ứng từ gây bởi một phần tử dòng điện : $d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi r^3} [Id \vec{\ell}, \vec{r}]$



TƯƠNG QUAN ĐIỆN – TỪ

ĐIỆN	TỪ
Hằng số điện: $\epsilon_0 = 8,86.10^{-12} \text{ F/m}$	Hằng số từ: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} \text{ H/m}$
Hệ số điện môi: ϵ	Hệ số từ môi: μ
Vector cảm ứng điện: $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}$	Vector cường độ từ trường: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}$
Đường sức điện	Đường sức từ
Điện thông Φ_E	Từ thông Φ_m



TƯƠNG QUAN ĐIỆN – TỪ

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



Bắc cực quang



Nam cực quang



Ảnh chụp của nam cực quang từ tàu vũ trụ tháng 5/1991



Bắc cực quang chiếu sáng trên hồ Bear



Nam cực quang tại châu Nam Cực



Hình ảnh cực quang trên Trái Đất.



ÔN TẬP

+ Phần lý thuyết gồm các nội dung:

*Định luật Ampe. Từ trường của các loại dòng điện đơn giản.
Định luật Bio - Savart – Laplace. Khái niệm về Từ thông và
Định lý O – G trong từ trường. Định lý về dòng điện toàn phần.
Công của từ lực. Lực Lorenxơ.*

+ **Phần bài tập:** Các bài tập tối thiểu yêu cầu sinh viên ôn tập (Sách BTVLĐC tập 2):

**4.1 – 4.8, 4.10, 4.11, 4.13, 4.17, 4.18, 4.21, 4.26, 4.27,
4.29, 4.30, 4.37, 4.38, 4.40, 4.42, 4.43, 4.48.**