

Chương 4: TỪ TRƯỜNG

- 4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện.
- 4.2. Tương tác từ của dòng điện. Định luật Ampere
- 4.3. Từ trường
- 4.4. Từ thông
- 4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng
- 4.6. Lực từ trường
- 4.7. Lực Lorentz. Chuyển động của hạt tích điện trong từ trường đều.
- 4.8. Công của lực từ

4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

1. Véc tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

- **Dòng điện:** dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện
- **Quy ước chiều dòng điện:** chiều chuyển dời của các hạt mang điện dương.
- **Cường độ dòng điện** qua diện tích S là một đại lượng vật lý có trị số bằng điện lượng chuyển qua diện tích đó trong một đơn vị thời gian.

$$i = \frac{dq}{dt} \longrightarrow A$$

- Nếu $I = \text{const} \Rightarrow$ dòng điện không đổi

4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

1. Véc tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

❖ Véc tơ mật độ dòng điện \vec{j} tại M:

+ Gốc: tại M

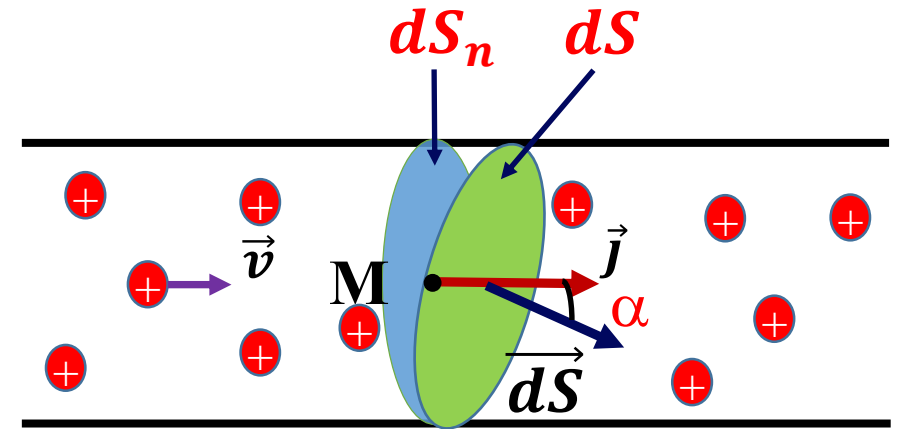
+ Hướng: hướng chuyển động của hạt mang điện (+) qua điểm đó

+ Độ lớn: bằng cường độ dòng điện qua một đơn vị diện tích vuông góc với hướng đó

$$j = \frac{dI}{dS_n} \longrightarrow \text{A/m}^2$$

$$\Rightarrow dI = j dS_n \Rightarrow dI = j \cdot dS \cdot \cos\alpha = \vec{j} d\vec{S}$$

$$\rightarrow I = \int_S \vec{j} d\vec{S} = \int_S j \cdot dS \cdot \cos\alpha$$



4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

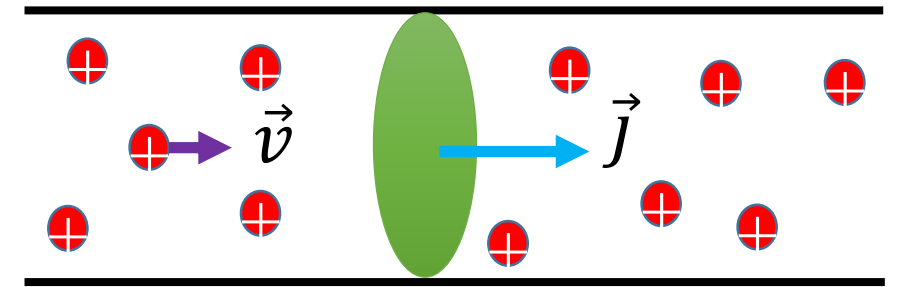
1. Véc tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

* Nếu mặt S phẳng, $\vec{j} = \overrightarrow{const}$, $d\vec{S} \uparrow\uparrow \vec{j}$: $I = j.S$

❖ Liên hệ giữa véc tơ mật độ dòng điện \vec{j} và vận tốc chuyển động có hướng trung bình của hạt mang điện (\vec{V})

$$\vec{j} = n_0 q \vec{V}$$

(n_0 là mật độ hạt mang điện tự do)



4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

1. Véc tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

❖ Định luật Ohm dạng vi phân

Xét hai diện tích nhỏ dS_n vuông góc với các đường dòng, cách nhau dl , điện thế V và $V + dV$

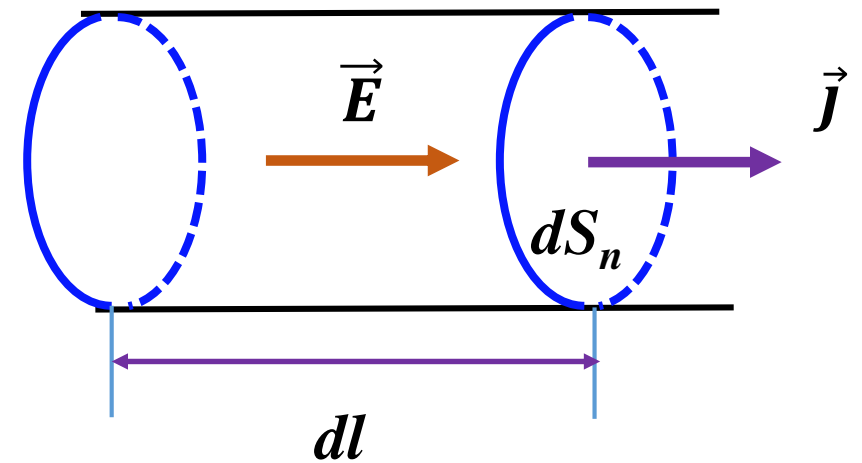
Cường độ dòng điện qua dS_n :

$$dI = [V - (V + dV)]/R$$

$$\rightarrow dI = - \frac{dV}{R}$$

$$+ \text{ Mà } R = \rho \frac{dl}{dS_n} \quad (\rho: \text{điện trở suất})$$

$$\Rightarrow dI = - \frac{dV}{\rho \frac{dl}{dS_n}} = \frac{1}{\rho} \left(- \frac{dV}{dl} \right) dS_n$$



4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

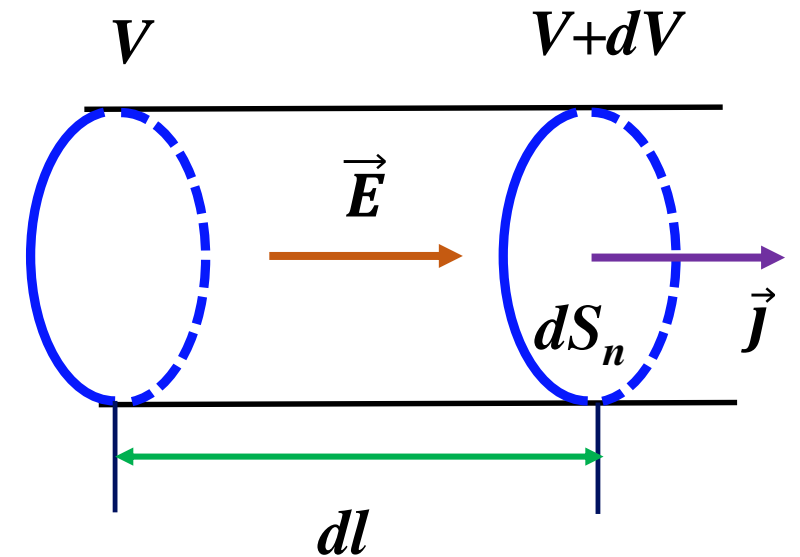
1. Véc-tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

$$\begin{aligned} \rightarrow \frac{dI}{dS_n} &= \frac{1}{\rho} \left(-\frac{dV}{dl} \right) \\ + \text{ Lại có } \mathbf{E} &= -\frac{dV}{dl} ; \mathbf{j} = \frac{dI}{dS_n} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \rightarrow \frac{dI}{dS_n} &= \frac{1}{\rho} \left(-\frac{dV}{dl} \right) \\ + \text{ Lại có } \mathbf{E} &= -\frac{dV}{dl} ; \mathbf{j} = \frac{dI}{dS_n} \end{aligned}} \right\}$$

$$\Rightarrow \mathbf{j} = \frac{1}{\rho} \mathbf{E}$$

+ Đặt $\sigma = \frac{1}{\rho}$: điện dẫn suất của môi trường

$$\Rightarrow \mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$$



4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

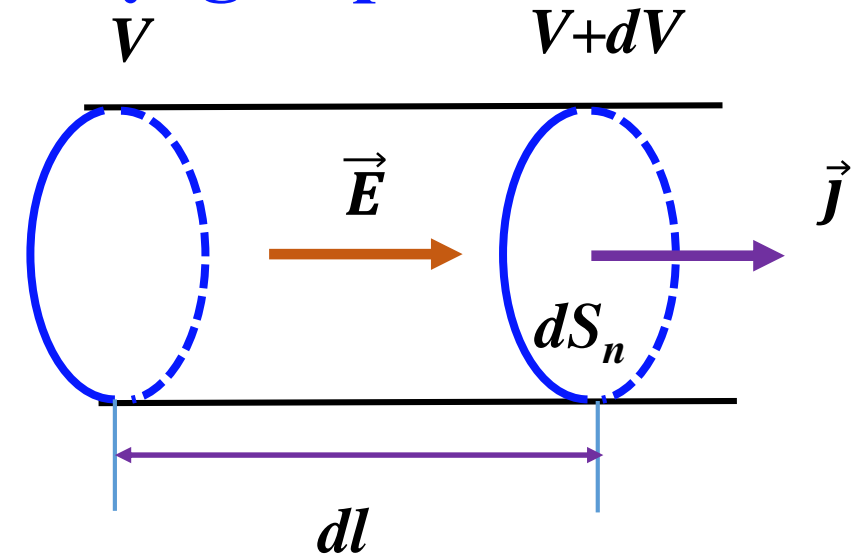
1. Véc-tơ mật độ dòng điện và định luật Ohm dạng vi phân

mà $\vec{j} \uparrow \uparrow \vec{E}$

→ $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ (Định luật Ohm dạng vi phân)

Kết luận:

Tại một điểm bất kỳ trong môi trường có dòng điện chạy qua, véc tơ mật độ dòng điện tỷ lệ thuận với véc tơ cường độ điện trường tại đó.

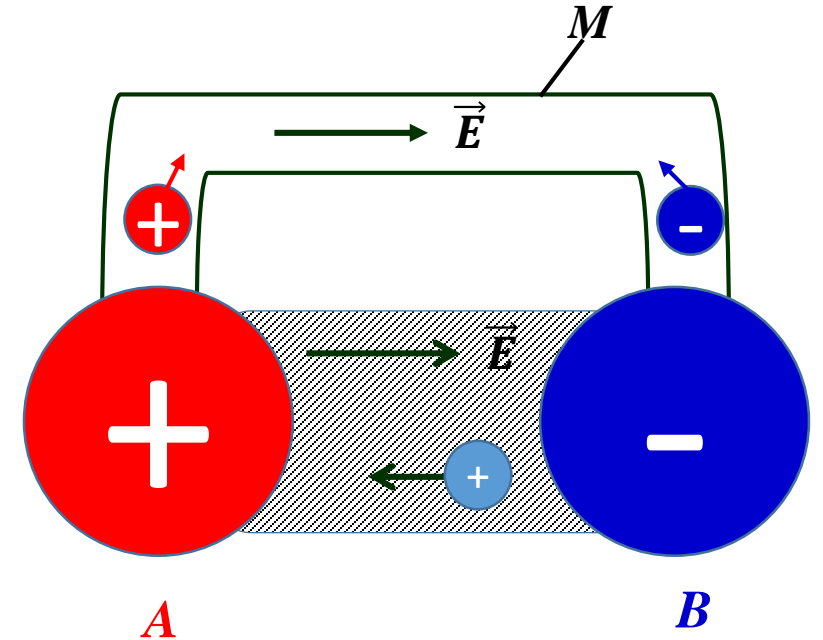


4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

2. Nguồn điện và suất điện động - Trường lạ

a. Nguồn điện

- Nguồn điện: Thiết bị để duy trì dòng điện trong một mạch kín (pin, ắc-quy, máy phát điện ...).
- Nguồn điện tạo ra “trường lực lạ”.



- + “Trường lực lạ” tạo ra “lực lạ” (không phải lực tĩnh điện).
- + “Lực lạ” là lực có khả năng đưa điện tích dương chuyển động ngược chiều điện trường bên trong nguồn điện.

4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

2. Nguồn điện và suất điện động - Trường lạ

b. Suất điện động

- *Định nghĩa:*

Suất điện động của nguồn điện là một đại lượng có giá trị bằng công của lực do nguồn tạo ra làm dịch chuyển điện tích $+1\text{C}$ một vòng quanh mạch kín.

$$E = \frac{A}{q} \quad (1)$$

(A : Công làm dịch chuyển điện tích q một vòng quanh mạch điện kín)

- *Biểu thức:*

4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

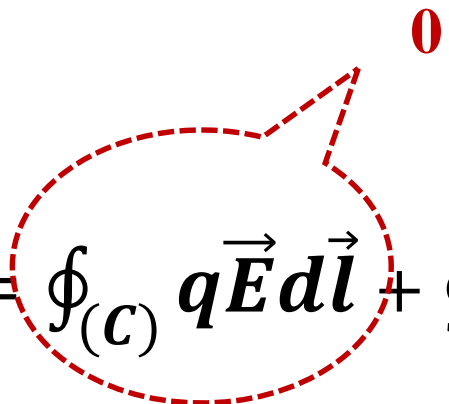
2. Nguồn điện và suất điện động - Trường lạ

Công của lực tổng hợp trong sự dịch chuyển q một vòng quanh mạch kín:

$$A = \oint_{(C)} q (\vec{E} + \vec{E}^*) d\vec{l}$$

\vec{E} : véc-tơ cường độ điện trường tĩnh

\vec{E}^* : véc-tơ cường độ “trường lạ”


$$\rightarrow A = \oint_{(C)} q \vec{E} d\vec{l} + \oint_{(C)} q \vec{E}^* d\vec{l}$$

$$\rightarrow A = \oint_{(C)} q \vec{E}^* d\vec{l} \quad (2)$$

4.1. Những đại lượng đặc trưng của dòng điện

2. Nguồn điện và suất điện động - Trường lạ

Thay (2) vào (1):

$$E = \frac{A}{q} = \oint_{(C)} \overrightarrow{E^*} d\vec{l}$$

Kết luận:

Suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng công của lực lạ trong sự dịch chuyển điện tích $+1C$ một vòng quanh mạch kín của nguồn đó.

4.2. Tương tác từ của dòng điện - Định luật Ampere

1. Tương tác từ

- Kim nam châm quay trong từ trường trái đất
- Tương tác nam châm - nam châm
- Tương tác nam châm - dòng điện
- Tương tác dòng điện - dòng điện

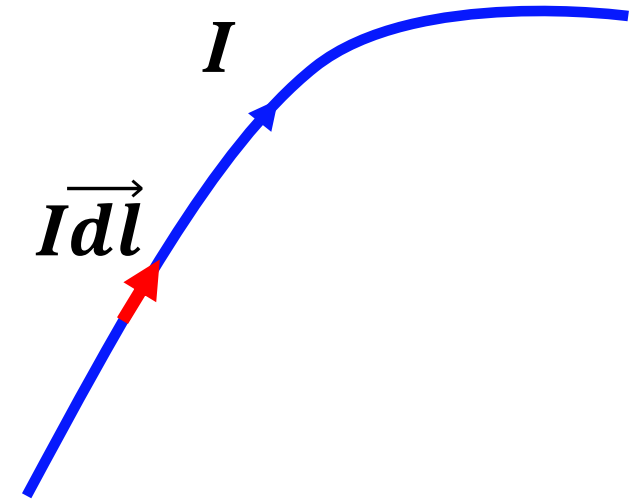
4.2. Tương tác từ của dòng điện - Định luật Ampere

2. Định luật Ampere

- ***Phần tử dòng điện (\vec{Idl})***: một đoạn rất ngắn của dây dẫn có dòng điện, nằm trên dây dẫn

+ **Phương, chiều**: Phương, chiều của dòng điện

+ **Độ lớn Idl**



4.2. Tương tác từ của dòng điện - Định luật Ampere

2. Định luật Ampere

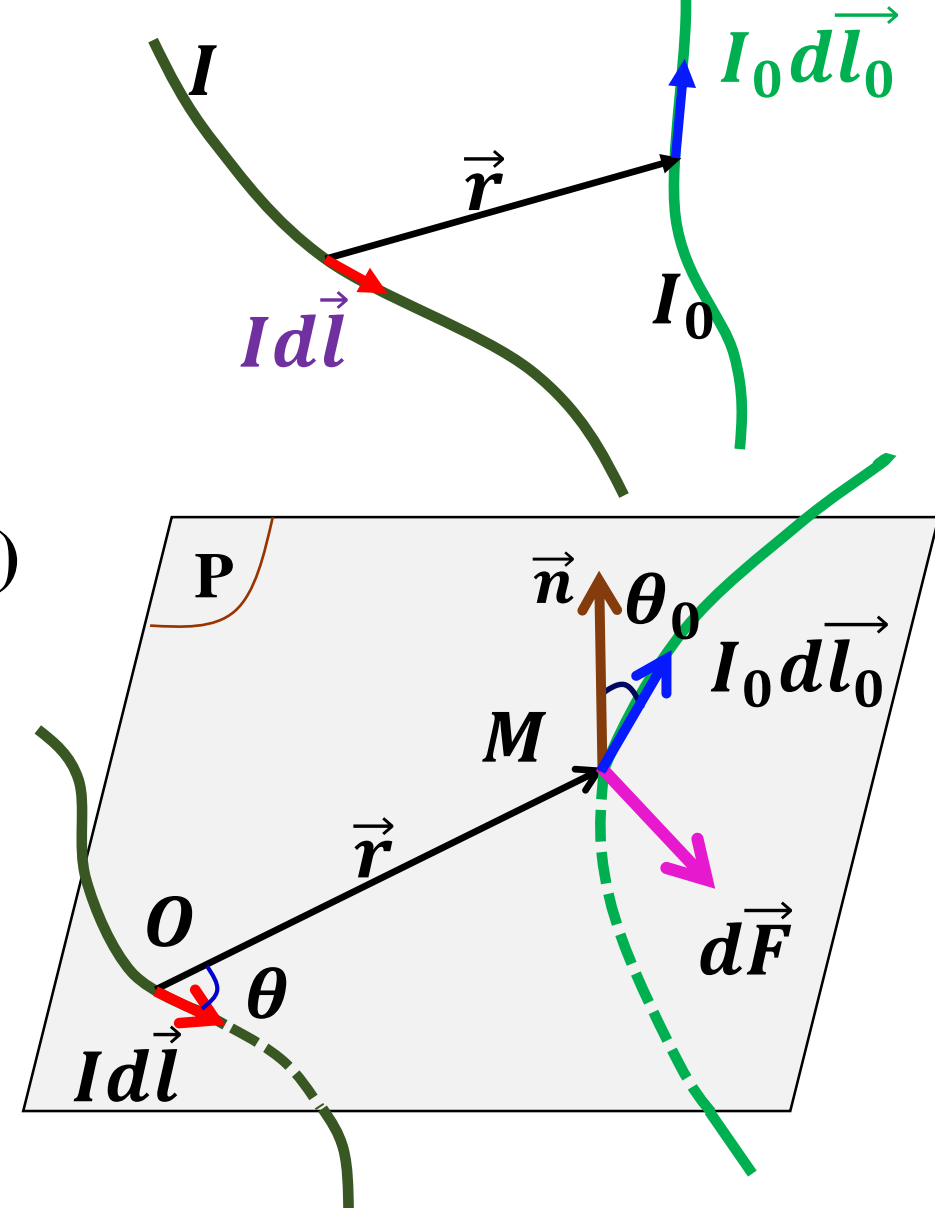
- **Định luật Ampere:**

Lực từ do phần tử $I d\vec{l}$ tác dụng lên $I_0 d\vec{l}_0$

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

μ : độ từ thẩm của môi trường (không khí $\mu = 1$)

μ_0 : hằng số từ ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$)



4.2. Tương tác từ của dòng điện - Định luật Ampere

2. Định luật Ampere

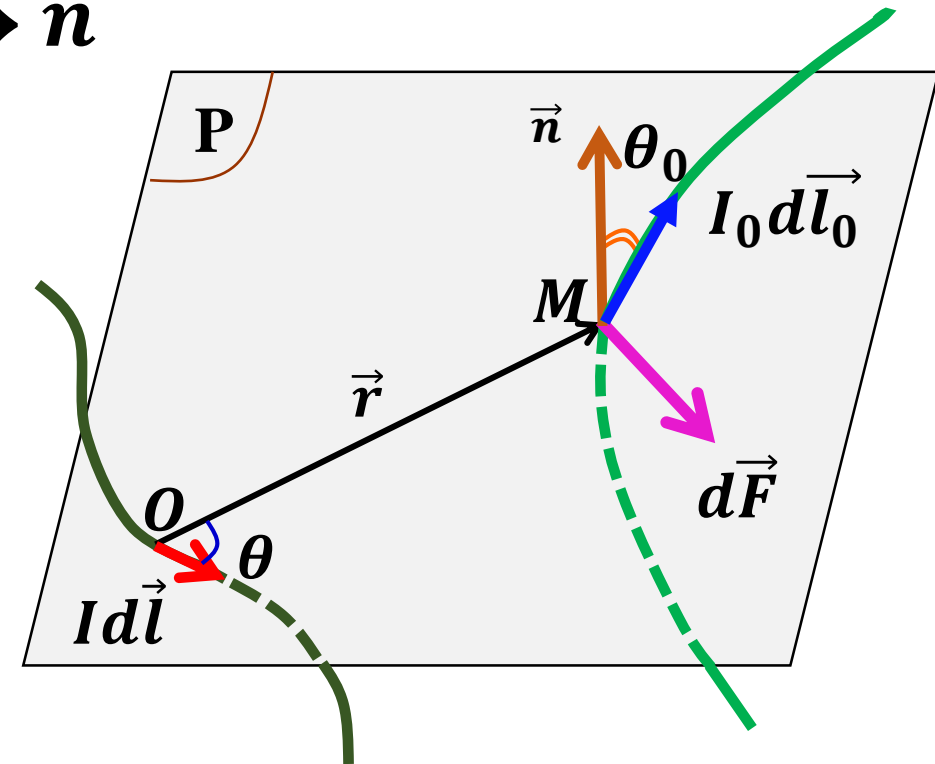
Lực từ do phần tử $I d\vec{l}$ tác dụng lên $I_0 d\vec{l}_0$

+ **Phương:** vuông góc với mặt phẳng chứa $I_0 d\vec{l}_0$ và \vec{n}

+ **Chiều:** chiều thuận khi quay từ $I_0 d\vec{l}_0 \rightarrow \vec{n}$

+ **Độ lớn:**

$$dF = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin\theta \cdot I_0 dl_0 \sin\theta_0}{r^2}$$



4.3. Từ trường

1. Khái niệm từ trường

Từ trường là môi trường vật chất đặc biệt tồn tại xung quanh dòng điện hoặc nam châm, biểu hiện của nó là tác dụng lực từ lên dòng điện hoặc nam châm đặt trong nó.

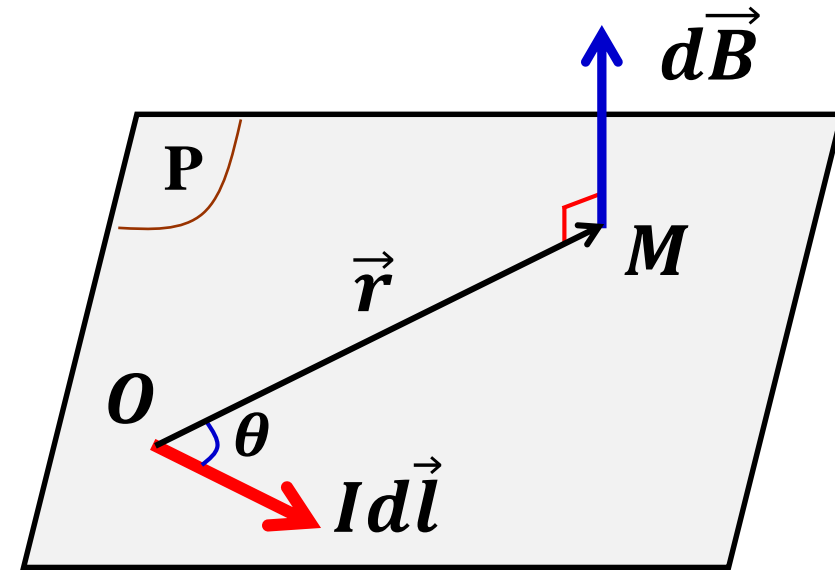
4.3. Từ trường

2. Véc tơ cảm ứng từ (định luật Biot-Savart-Laplace)

Định luật Biot-Savart-Laplace

“**Véc tơ cảm ứng từ $d\vec{B}$** do một phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra tại điểm M, cách phần tử một khoảng r có:

- **Gốc:** tại M
- **Phương:** \perp với mp ($I d\vec{l}$, M)
- **Chiều:** Sao cho ba véc tơ $I d\vec{l}$, \vec{r} , $d\vec{B}$ theo thứ tự tạo thành tam diện thuận (quy tắc đinh ốc)



- **Độ lớn:**
$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl \cdot \sin\theta}{r^2} \longrightarrow \text{Tesla (T)}$$

4.3. Từ trường



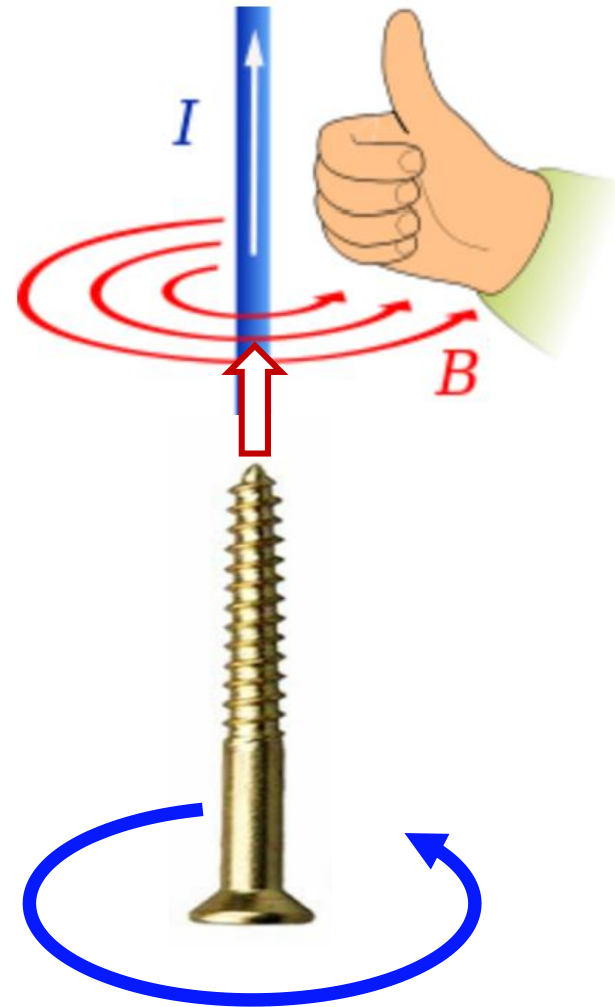
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \wedge \vec{r}}{r^3}$$

Quy tắc đinh ốc:

“ Đặt cái đinh ốc theo phương của dòng điện, nếu quay cho đinh ốc tiến theo chiều của dòng điện thì chiều quay của đinh ốc tại điểm M là chiều của véc tơ cảm ứng từ tại điểm đó”.

* Lực do $Id\vec{l}$ tác dụng lên $I_0 d\vec{l}_0$:

$$d\vec{F} = I_0 d\vec{l}_0 \wedge d\vec{B}$$



4.3. Từ trường

3. Nguyên lý chồng chất từ trường và véc tơ cường độ từ trường

- ❖ Véc tơ cảm ứng từ \vec{B} của dòng điện bất kỳ gây ra tại một điểm bằng tổng các véc tơ cảm ứng từ $d\vec{B}$ do tất cả các phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra tại điểm đó.

$$\vec{B} = \int_{\text{dòng điện}} d\vec{B}$$

- ❖ Véc tơ cảm ứng từ \vec{B} của nhiều dòng điện bằng tổng các véc tơ cảm ứng từ do từng dòng điện sinh ra.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

4.3. Từ trường

3. Nguyên lý chồng chất từ trường và véc tơ cường độ từ trường

❖ Véc tơ cường độ từ trường \vec{H} tại một điểm trong từ trường là một véc tơ bằng tỷ số giữa véc tơ cảm ứng từ \vec{B} tại điểm đó và tích $\mu\mu_0$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0} \quad \text{Đơn vị : A/m}$$

- \vec{H} đặc trưng cho từ trường do dòng điện sinh ra
- \vec{H} không phụ thuộc vào tính chất của môi trường đặt dòng điện

4.3. Từ trường

4. Ứng dụng nguyên lý chồng chất từ trường

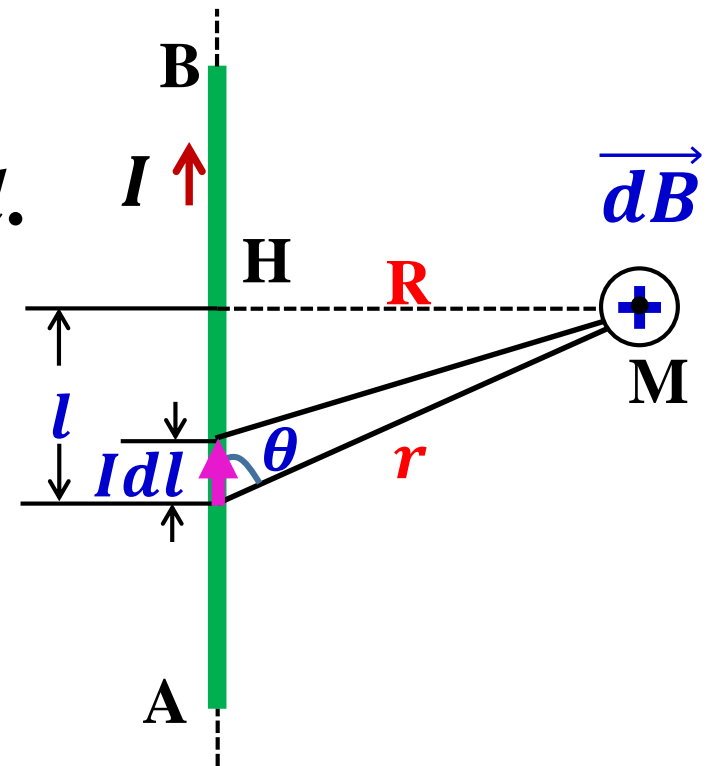
a. Dòng điện thẳng

- Xét đoạn dây AB, mang dòng điện I
- Chia dây AB thành các phần tử dòng điện Idl .
- Véc tơ $d\vec{B}$ do phần tử Idl gây ra tại M:

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

- Theo nguyên lý chồng chất từ trường:

$$\vec{B} = \int_{\text{dòng điện}} d\vec{B}$$



4.3. Từ trường

a. Dòng điện thẳng

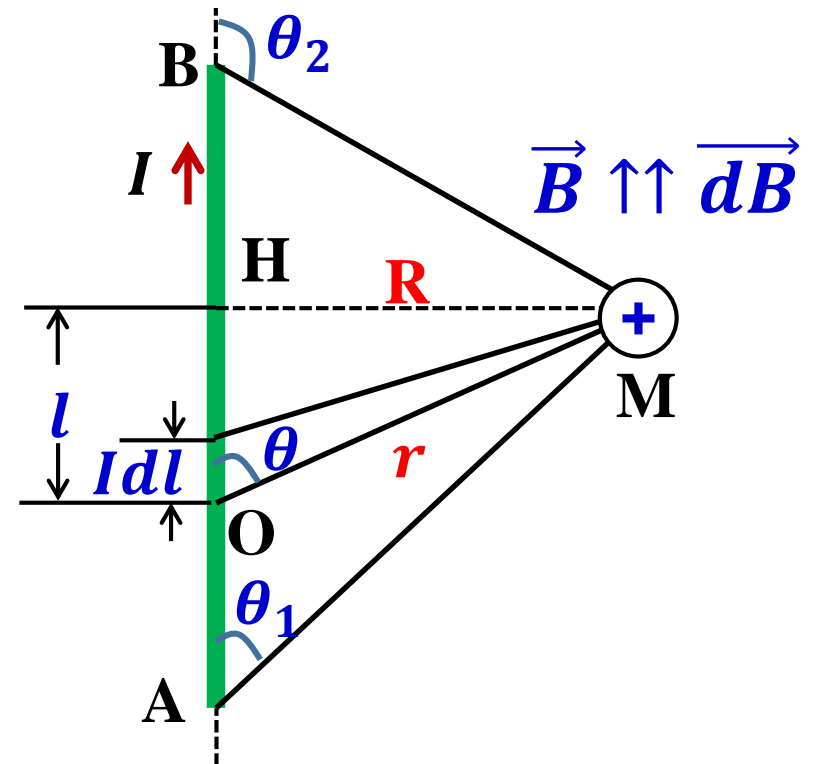
Do các $d\vec{B}$ cùng chiều nên:

$$B = \int_{AB} dB = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} \int_{AB} \frac{\sin\theta \cdot dl}{r^2}$$

$$\Delta OHM \text{ có: } \cot g \theta = \frac{OH}{HM} = \frac{l}{R}; \sin \theta = \frac{HM}{OM} = \frac{R}{r}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} dl &= \frac{R d\theta}{\sin^2 \theta} \\ r &= \frac{R}{\sin \theta} \end{aligned} \Rightarrow B = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi R} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cdot d\theta$$

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

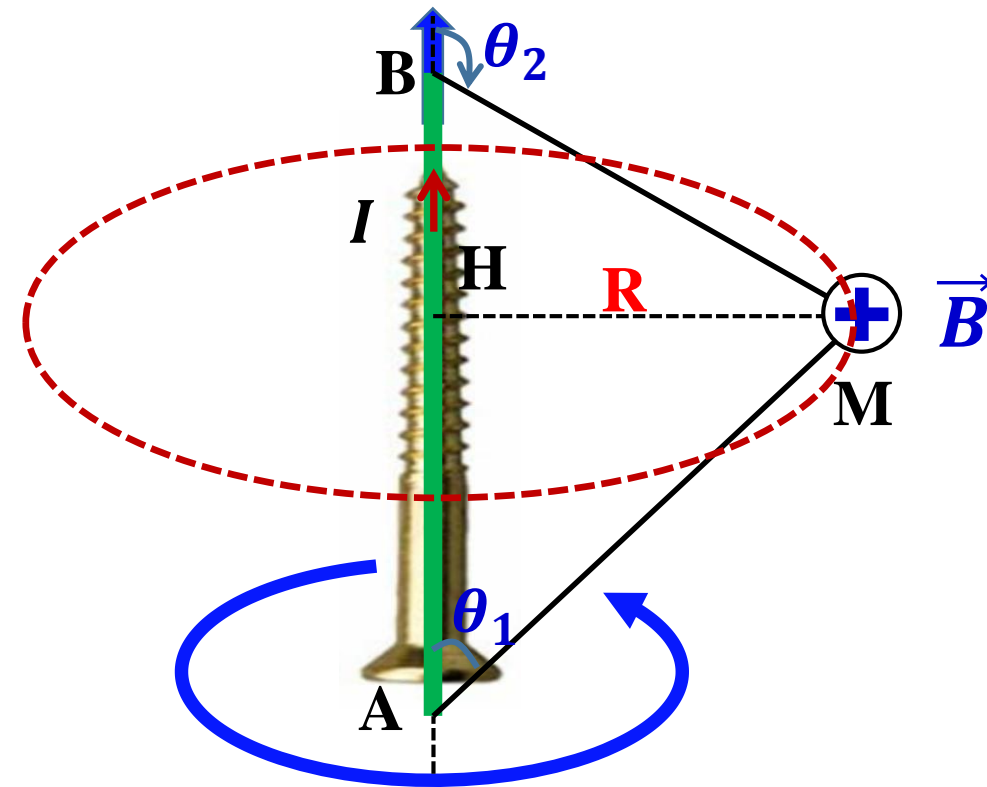


4.3. Từ trường

a. Dòng điện thẳng

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

→
$$H = \frac{I}{4\pi R} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$



❖ Trường hợp dây dẫn AB thẳng dài vô hạn. Khi đó $\theta_1 = 0$; $\theta_2 = \pi$

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

và

$$H = \frac{I}{2\pi R}$$

4.3. Từ trường

4. Ứng dụng nguyên lý chồng chất từ trường

b. Dòng điện tròn

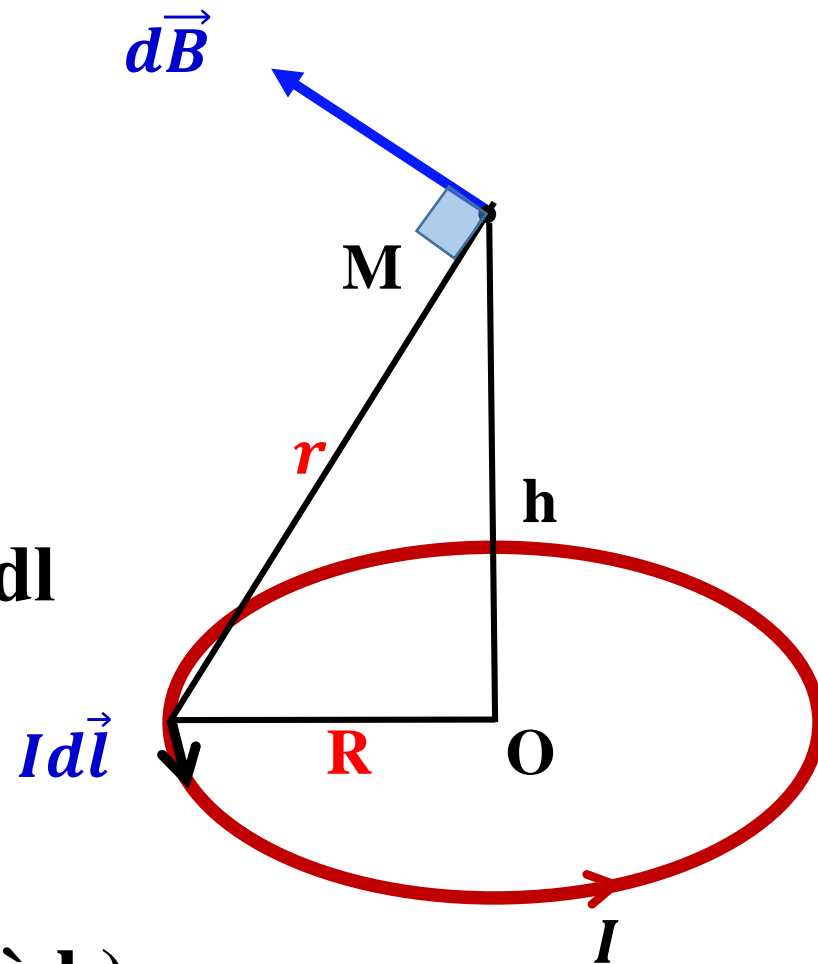
+ Dòng điện I chạy trong dây dẫn uốn thành vòng tròn bán kính R

+ Chia dòng điện tròn thành các phần tử dòng điện có độ dài dl

→ Từ trường do mỗi phần tử dòng điện $I dl$ sinh ra tại M :

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

θ là góc giữa $d\vec{l}$ và \vec{r} , $\theta = \pi/2$ (vì $d\vec{l} \perp \vec{r}$ và h)



4.3. Từ trường

b. Dòng điện tròn

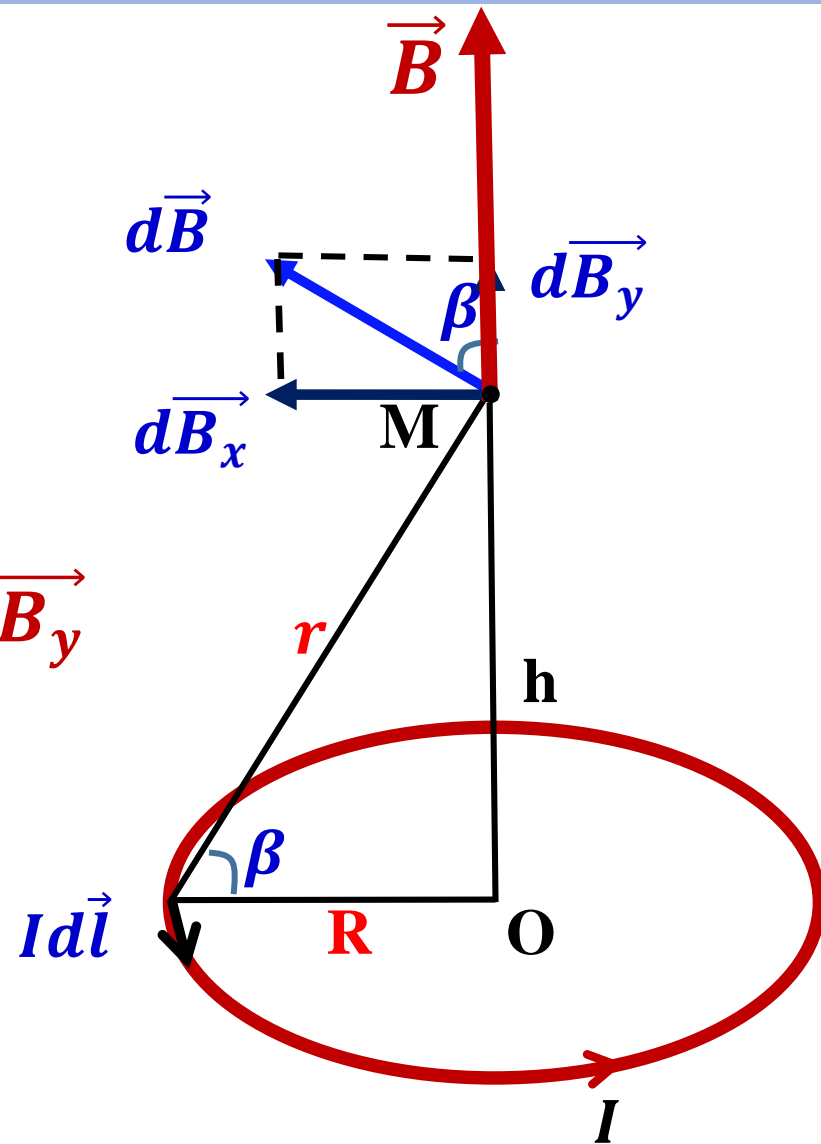
$$\Rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl}{r^2}$$

- Theo nguyên lý chồng chất từ trường:

$$\vec{B} = \int_{\text{dòng điện}} d\vec{B} = \int_{\text{d.điện}} (d\vec{B}_x + d\vec{B}_y) = \int_{\text{d.điện}} d\vec{B}_y$$

$$\Rightarrow B = \int_{\text{d.điện}} dB_y = \frac{\mu_0 \mu I R}{4\pi r^3} \int_{\text{d.điện}} dl$$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 \mu I R}{4\pi r^3} \cdot 2\pi R = \frac{\mu_0 \mu I (\pi R^2)}{2\pi r^3}$$



4.3. Từ trường

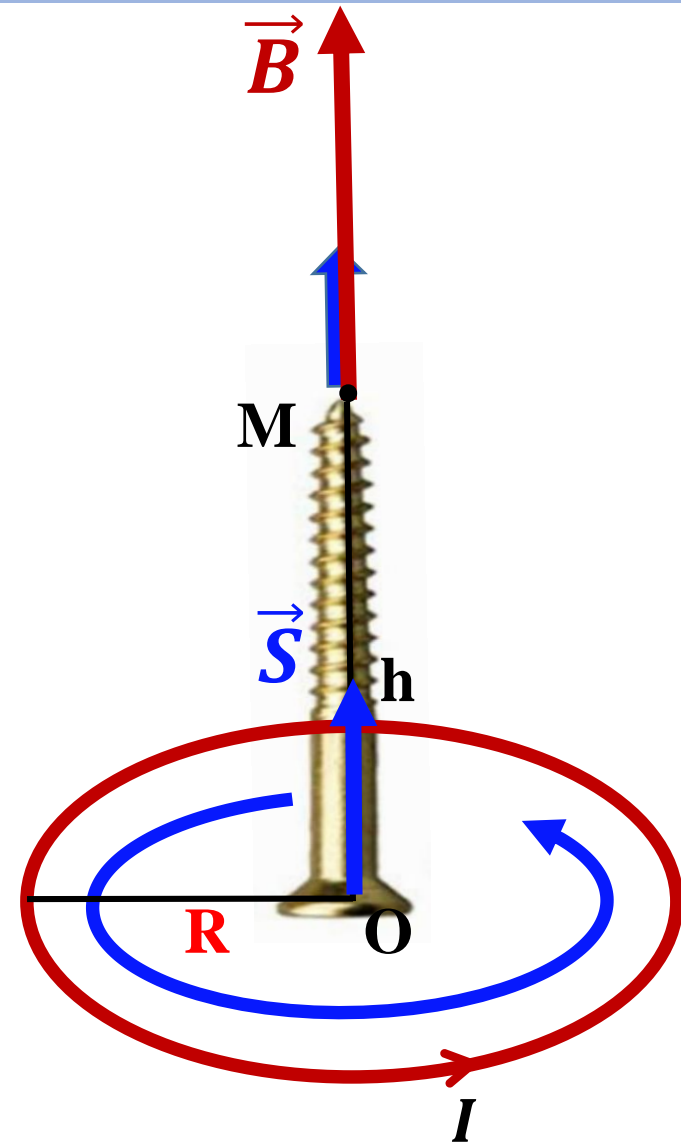
b. Dòng điện tròn

$$\rightarrow B = \frac{\mu_0 \mu I S}{2\pi \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}} \quad \text{với } S = \pi R^2$$

$$\rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 \mu I \vec{S}}{2\pi \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}}$$

\vec{S} có chiều theo chiều tiến của đinh ốc
(\vec{B} cùng chiều \vec{S})

$$\text{Tại tâm O (h=0): } B = \frac{\mu_0 \mu I S}{2\pi R^3}$$



4.3. Từ trường

b. Dòng điện tròn

- Véc tơ mô men từ của dòng điện tròn

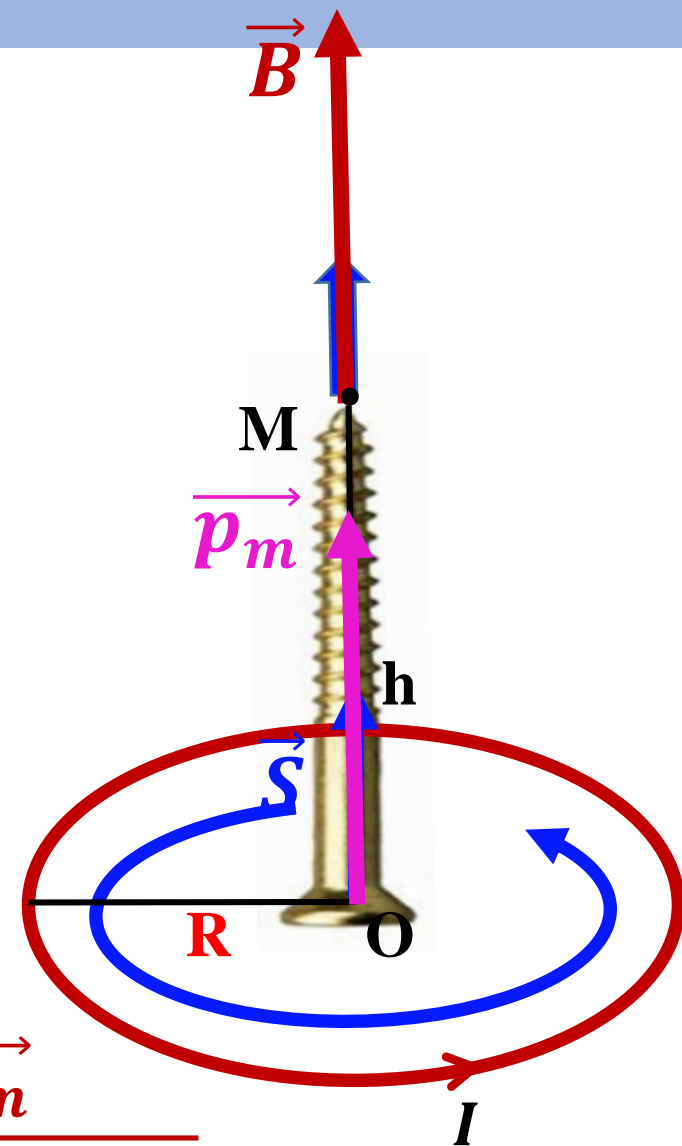
$$\vec{p}_m = I \cdot \vec{S}$$

\vec{S} là véc tơ diện tích của dòng điện

➤ *Véc tơ mô men từ của dòng điện tròn là một véc tơ nằm trên trục của dòng điện, có chiều là chiều tiến của cái đinh ốc khi nó quay theo chiều của dòng điện và có độ lớn $p_m = I \cdot S$*

Ý nghĩa của \vec{p}_m : Đặc trưng cho tính chất từ của dòng điện tròn

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu \vec{p}_m}{2\pi \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}}$$



4.3. Từ trường

4. Ứng dụng nguyên lý chồng chất từ trường

c. Hạt tích điện chuyển động

Véc tơ cảm ứng từ \vec{B}_q do hạt mang điện q chuyển động với vận tốc \vec{v} gây ra tại điểm M cách điện tích một khoảng r

$$\vec{B}_q = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{q \vec{v} \wedge \vec{r}}{r^3}$$

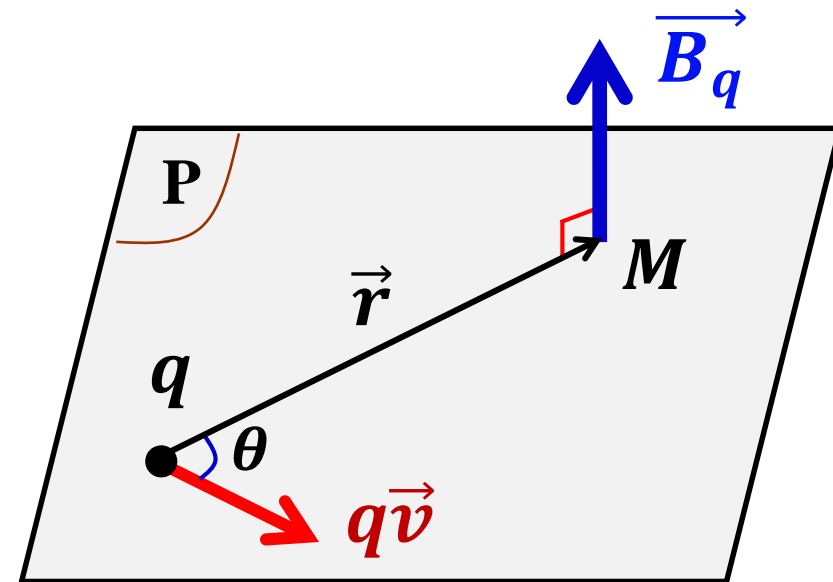
4.3. Từ trường

c. Hạt tích điện chuyển động

Véc tơ \vec{B}_q

- **Gốc:** tại M
- **Phương:** \perp với mp ($q\vec{v}$, M)
- **Chiều:** Sao cho ba véc tơ $q\vec{v}$, \vec{r} , $d\vec{B}$ theo thứ tự tạo thành tam diện thuận (quy tắc đinh ốc)
- **Độ lớn:**

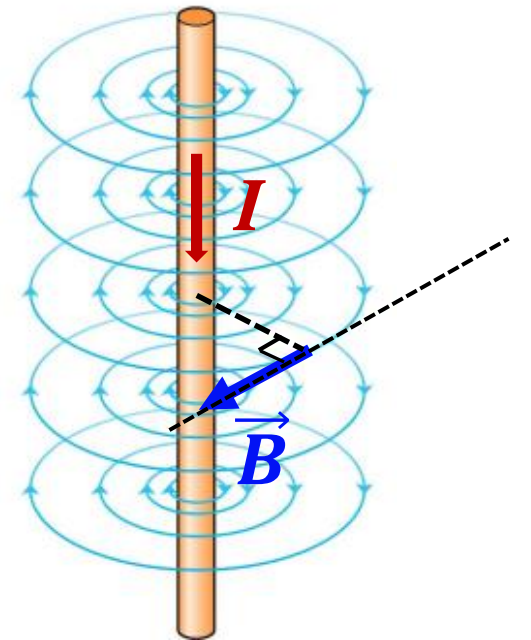
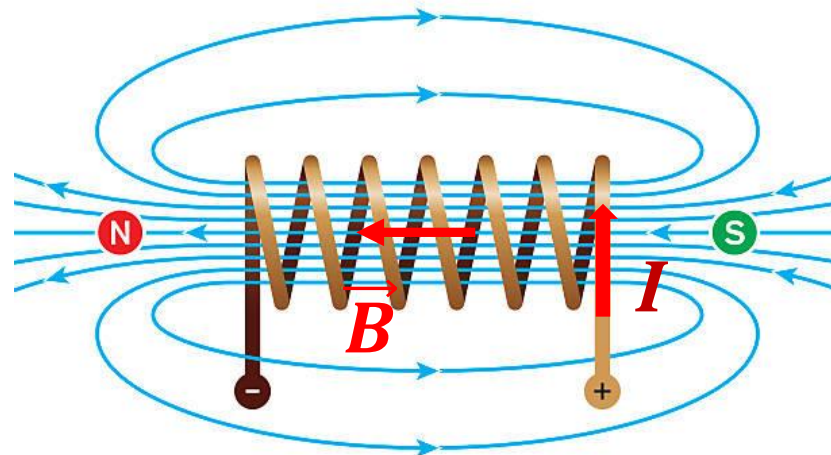
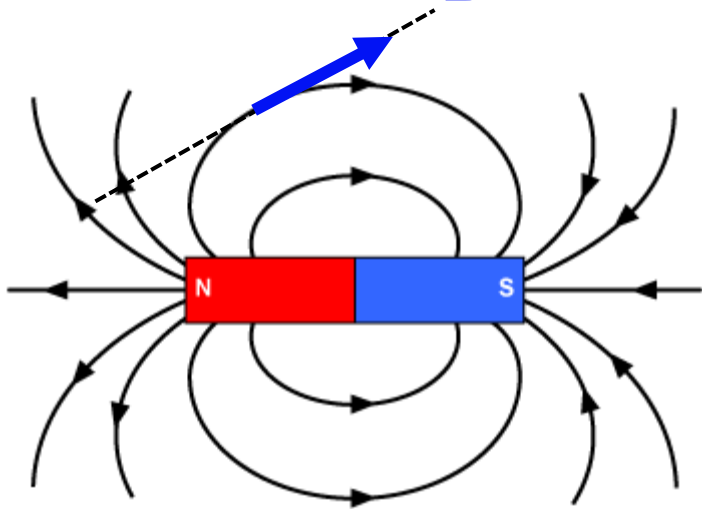
$$B_q = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{|q|v \cdot \sin\theta}{r^2}$$



4.4. Từ thông

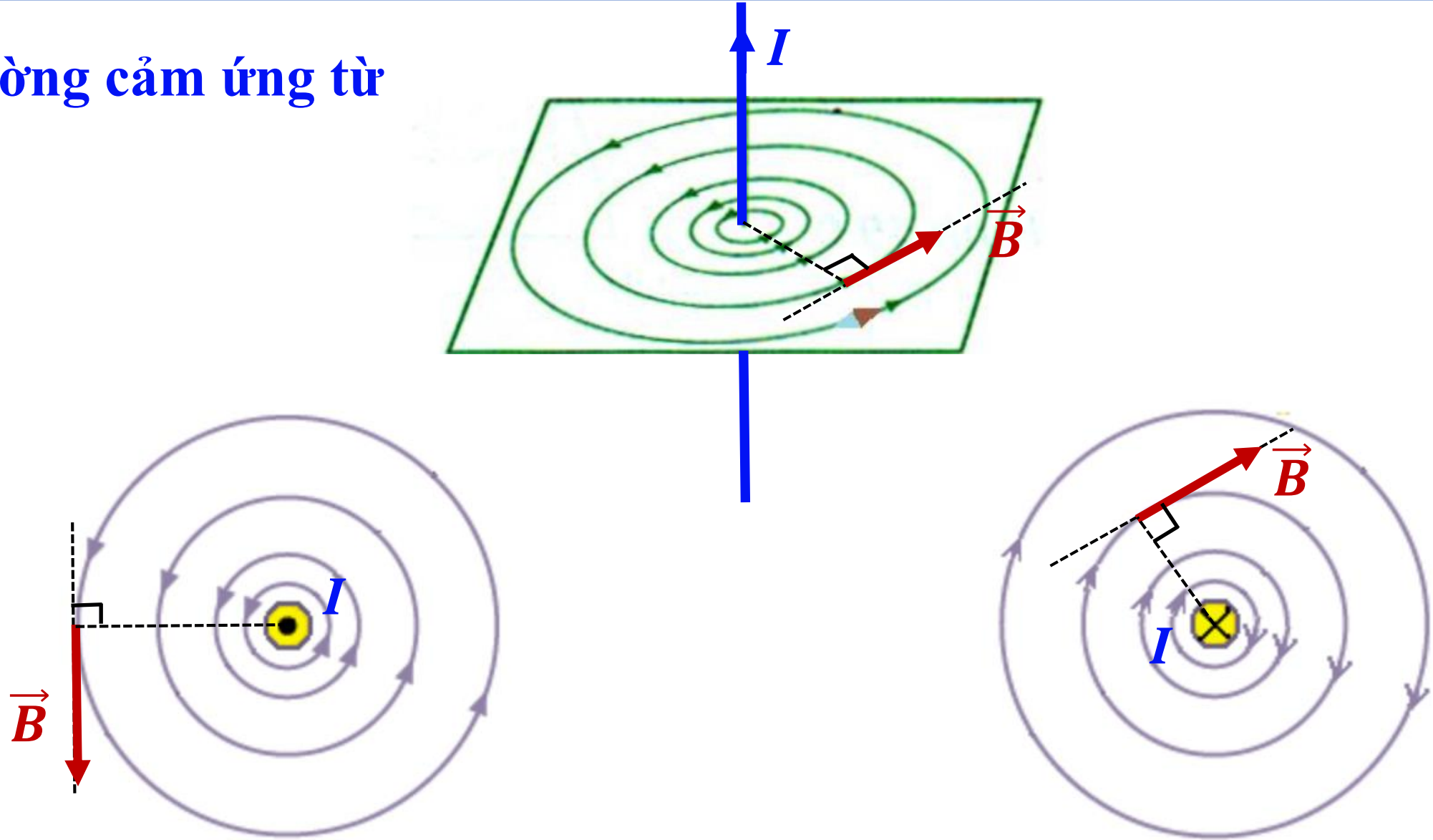
1. Đường cảm ứng từ

- Định nghĩa: **Đường cảm ứng từ** là đường cong (vạch ra trong từ trường) sao cho tiếp tuyến tại mọi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cảm ứng từ tại những điểm đó, chiều của đường cảm ứng từ là chiều của véc tơ cảm ứng từ.
- Tập hợp các đường cảm ứng từ: **Từ Phổ**



4.4. Từ thông

1. Đường cảm ứng từ



4.4. Từ thông

2. Từ thông

a. Từ thông: (Thông lượng cảm ứng từ) gửi qua một tiết diện nào đó có trị số tỉ lệ với số đường cảm ứng điện xuyên qua tiết diện đó.

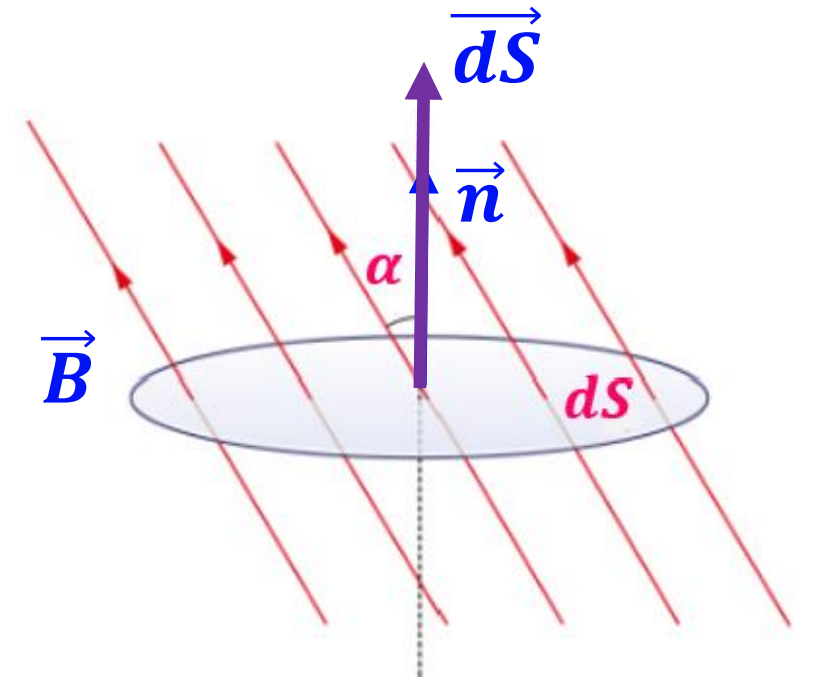
b. Biểu thức:

* Từ thông gửi qua diện tích dS :

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

Chú ý: + Số đường cảm ứng từ qua dS luôn dương nhưng từ thông ($d\Phi_m$) có thể dương hoặc âm tùy thuộc vào α nhọn hay tù

+ Véc tơ pháp tuyến \vec{n} của mặt kín hướng ra ngoài



4.4. Từ thông

b. Biểu thức:

* Từ thông gửi qua diện tích S:

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

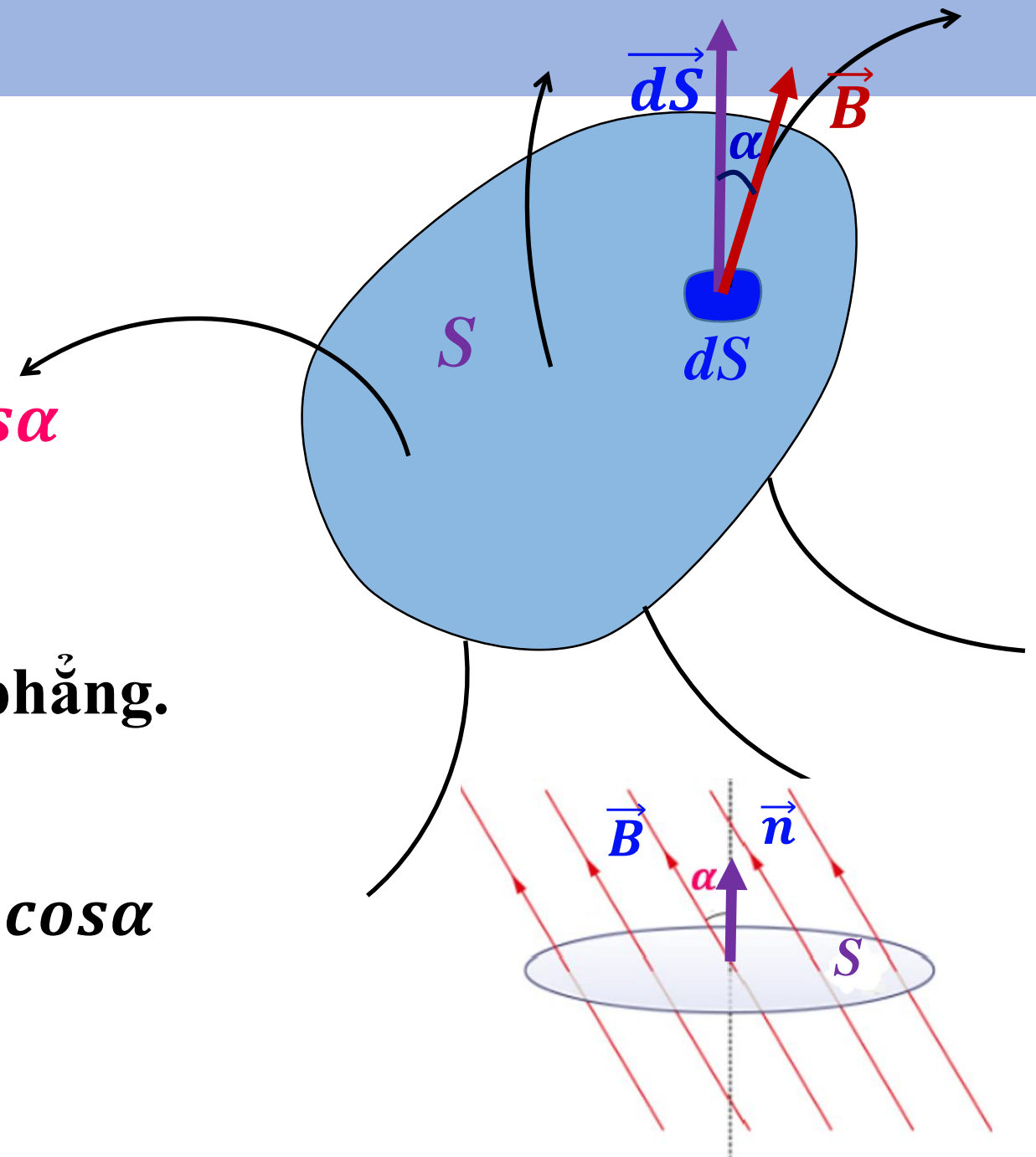
Đơn vị : Wb

* Nếu từ trường đều, tiết diện S phẳng.

Từ thông gửi qua diện tích S:

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

$$\Phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha$$



4.4. Từ thông

3. Định lý Ostrogradski-Gauss (O-G) đối với từ trường

a. Tính chất xoáy của từ trường

Đường cảm ứng từ là các đường cong khép kín

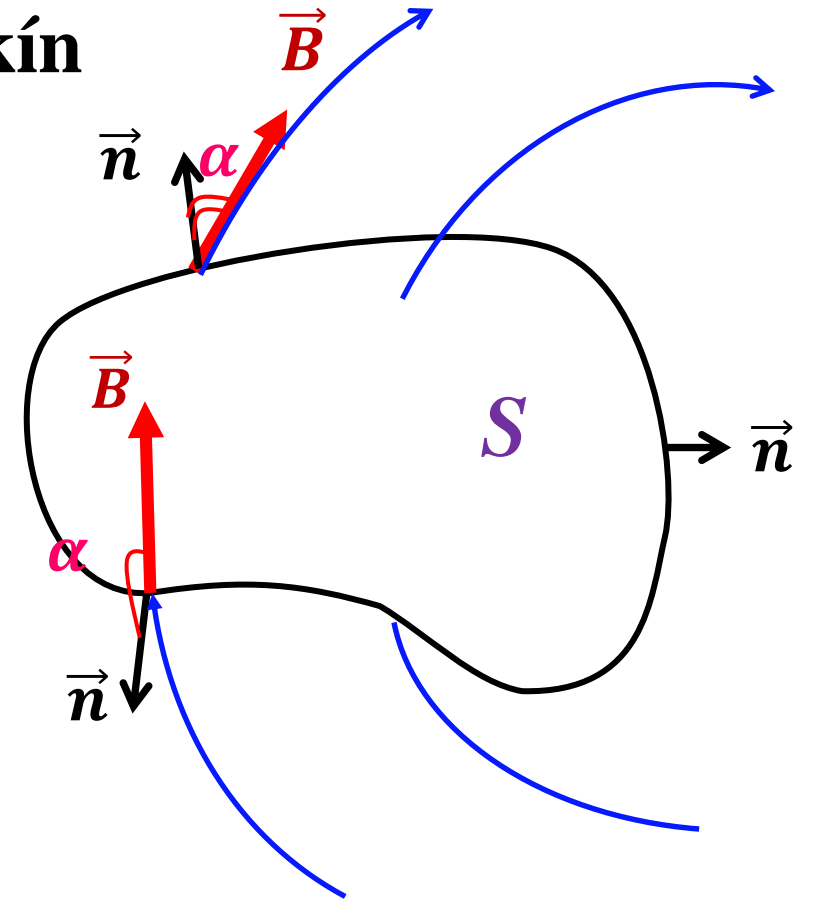
→ *Từ trường là một trường xoáy*

b. Định lý O-G đối với từ trường

Phát biểu: Từ thông toàn phần gửi qua một mặt kín bất kì thì bằng 0.

$$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (\text{Dạng tích phân})$$

$$\text{div} \vec{B} = 0 \quad (\text{Dạng vi phân})$$

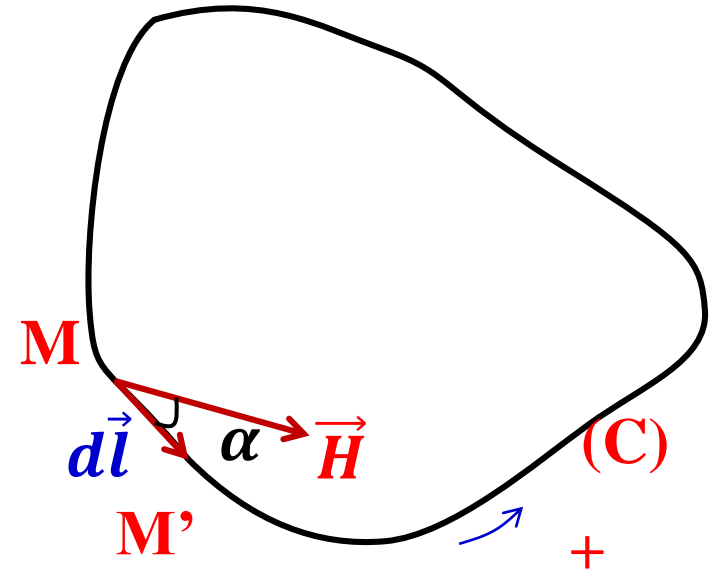


4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

1. Lưu số của véc tơ cường độ từ trường

Định nghĩa: Lưu số của véc tơ cường độ từ trường dọc theo đường cong kín **(C)** là đại lượng về giá trị bằng tích phân của $\vec{H} \cdot d\vec{l}$ dọc theo toàn bộ đường cong đó.

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

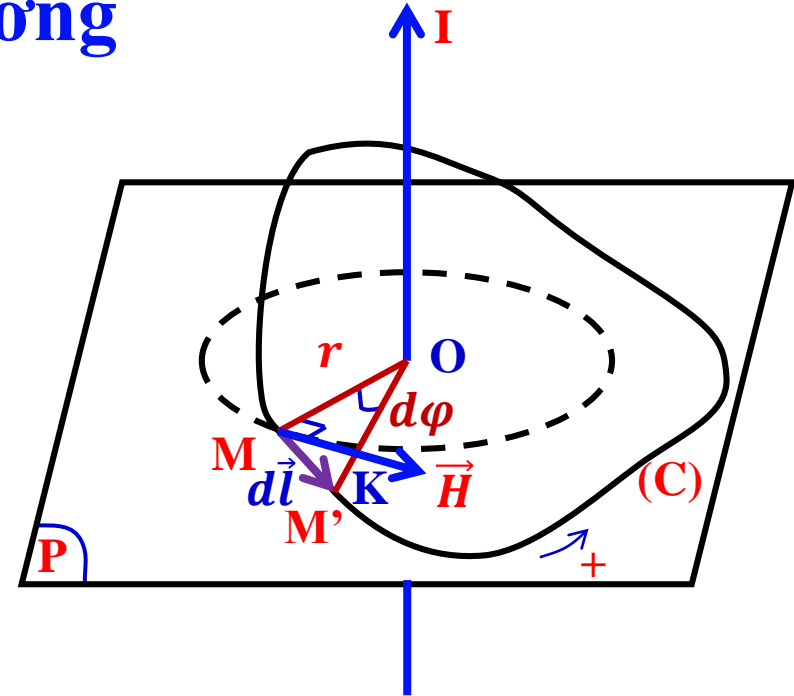


4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

2. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường

* Chứng minh:

- Từ trường gây ra bởi dòng điện thẳng I
- Đường cong kín **(C)** nằm trong mp **(P)** vuông góc với dòng điện
- Từ trường gây ra bởi dòng điện thẳng:



$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad \Rightarrow \quad \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{I}{2\pi} \oint_{(C)} \frac{dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l})}{r}$$

4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

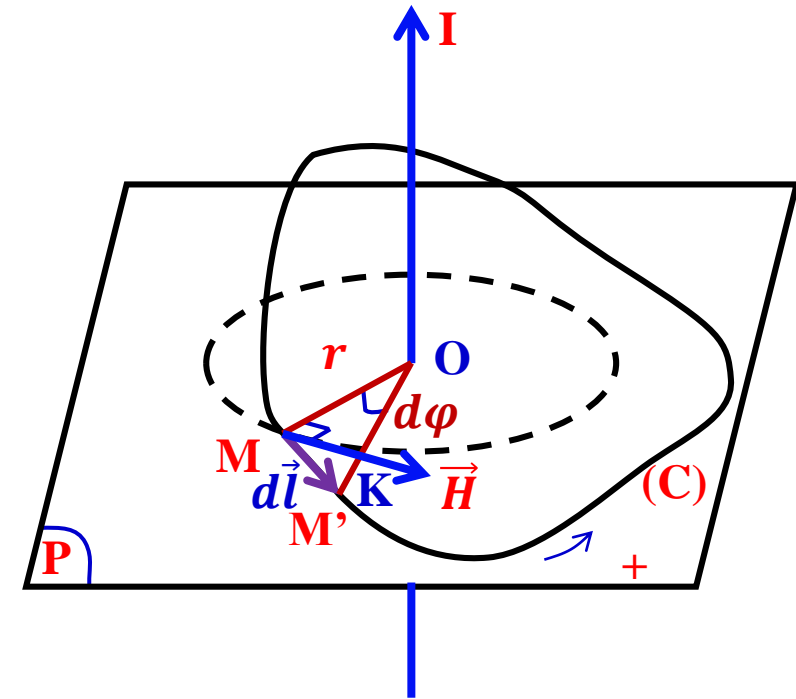
2. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường

Trong $\Delta MKM'$: $dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l}) \approx MK \approx r \cdot d\varphi$

$$\Rightarrow \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{I}{2\pi} \oint_{(C)} d\varphi$$

❖ (C) bao quanh dòng điện thì $\oint_{(C)} d\varphi = 2\pi$

$$\rightarrow \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \quad (*)$$



4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

2. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường

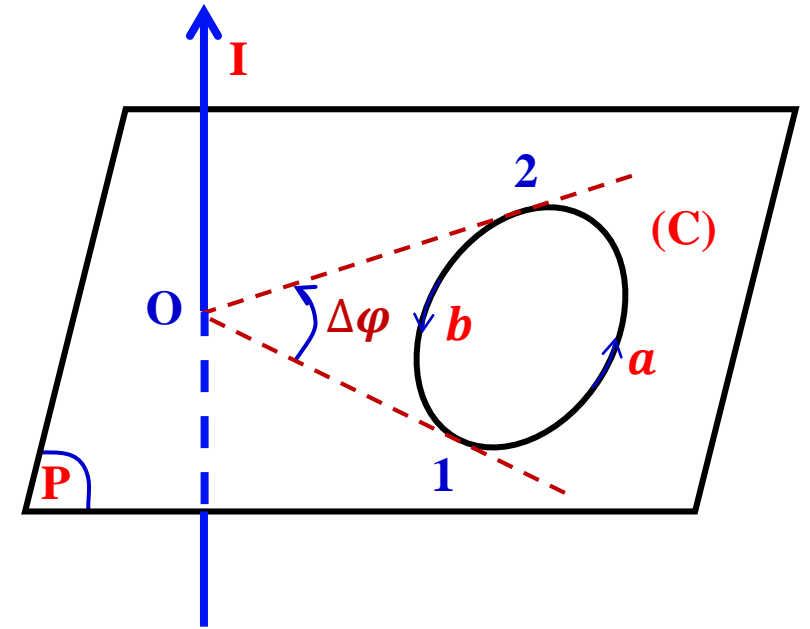
❖ **(C)** không bao quanh dòng điện:

$$\oint_{(C)} d\varphi = \int_{(1a2)} d\varphi + \int_{(2b1)} d\varphi$$
$$= \Delta\varphi + (-\Delta\varphi) = 0$$

$$\rightarrow \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (**)$$

Từ (*) và (**) suy ra

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \begin{cases} I & \text{nếu (C) bao quanh dòng điện} \\ 0 & \text{nếu (C) không bao quanh dòng điện} \end{cases}$$



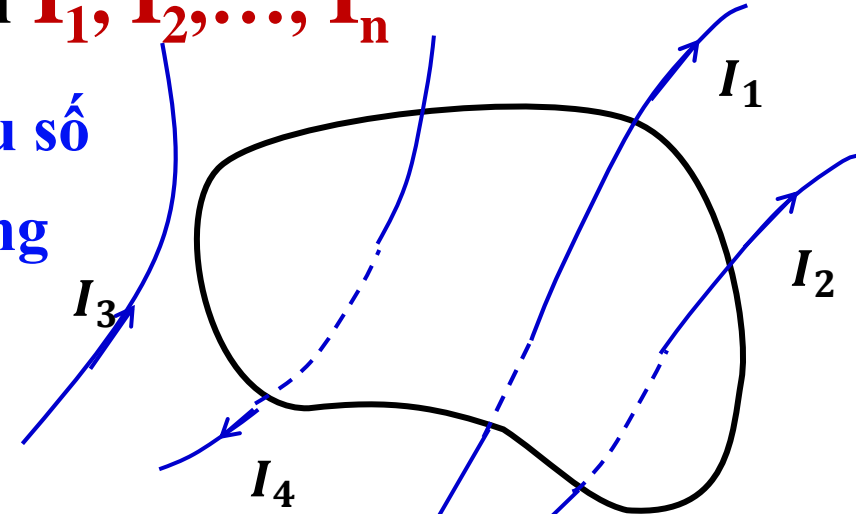
4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

2. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường

Tổng quát: Từ trường gây ra bởi các dòng điện I_1, I_2, \dots, I_n

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$$

Định lý Ampere về lưu số
của cường độ từ trường



➤ *Phát biểu ĐL Ampere: Lưu số của véc tơ cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín (C) bất kỳ (một vòng) bằng tổng đại số các cường độ của các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong đó.*

$I_i > 0$ nếu dòng điện I_i nhận chiều dịch chuyển trên đường cong (C) làm chiều quay thuận xung quanh nó;
 $I_i < 0$ nếu dòng điện I_i nhận chiều dịch chuyển trên đường cong (C) làm chiều quay nghịch xung quanh nó;

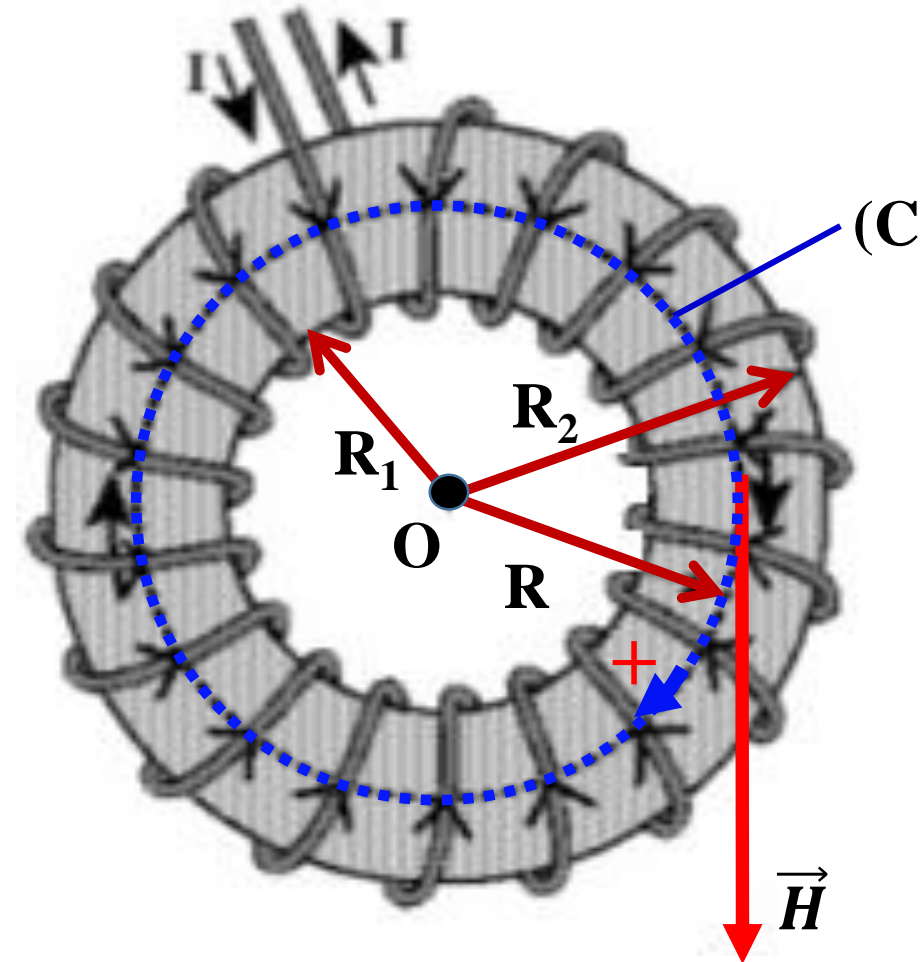
4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

3. Ứng dụng

a. Cường độ từ trường tại một điểm ở bên trong một cuộn dây điện hình xoắn

- Cuộn dây có n vòng dây \Rightarrow có n dòng điện I , cuộn thành vòng tròn tâm O .
- Chọn đường cong kín (C) là đường tròn (O, R) (hình vẽ).
- Vì tính đối xứng của cuộn dây đối với O nên :

\vec{H} tại mọi điểm trên (C) đều có giá trị bằng nhau, phương tiếp tuyến với đường tròn, chiều như hình vẽ.



4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

a. Cường độ từ trường tại một điểm ở bên trong một cuộn dây điện hình xuyên

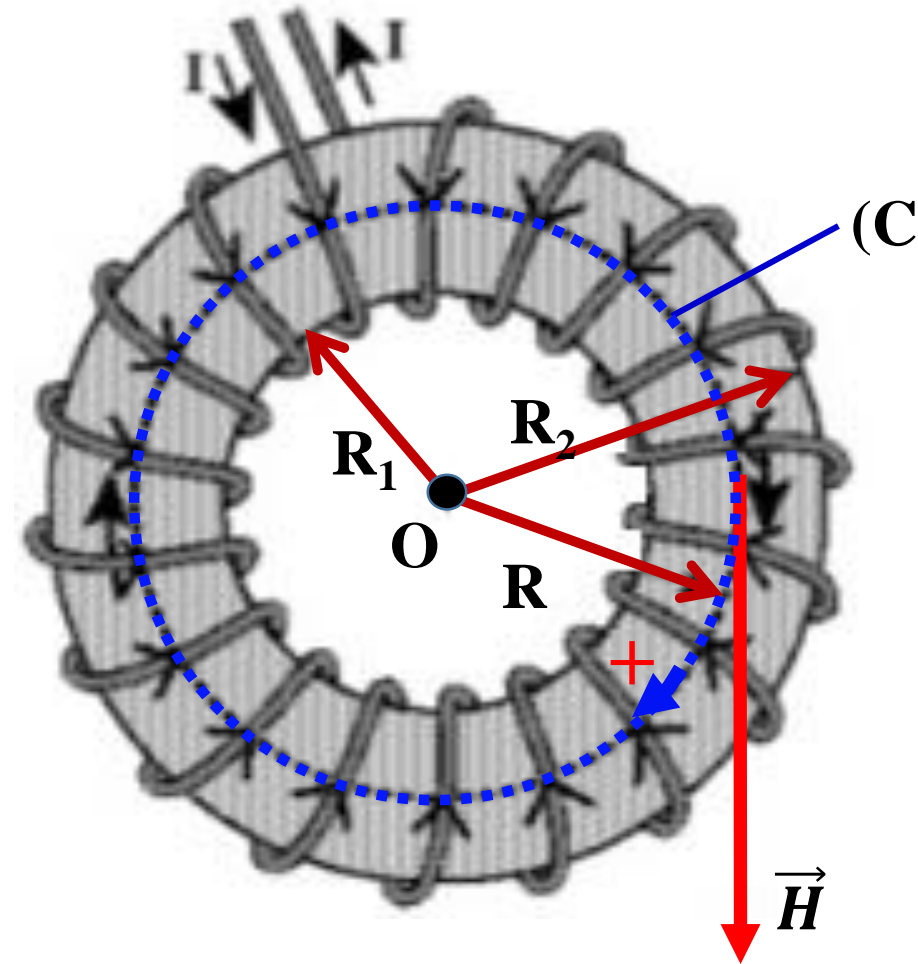
- Đường tròn **(C)** có n dòng điện **I** xuyên qua.

- Ta có $\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{(C)} H \cdot dl$

$$= H \oint_{(C)} dl = H \cdot 2\pi R = nI$$

$$\Rightarrow H = \frac{nI}{2\pi R}$$

$$\Rightarrow B = \mu\mu_0 \cdot H = \mu\mu_0 \cdot \frac{nI}{2\pi R}$$



4.5. Định lý Ampere về lưu số của cường độ từ trường. Ứng dụng

3. Ứng dụng

b. Cường độ từ trường tại một điểm ở bên trong ống dây điện thẳng dài vô hạn.

(Coi ống dây là cuộn dây hình xuyến có bán kính lớn vô cùng $R_1=R_2=\infty$)

- Từ trường bên trong ống dây: Từ trường đều

- $H = \frac{nI}{2\pi R}$

- $\frac{n}{2\pi R} = \frac{\text{tổng số vòng dây}}{\text{chiều dài ống dây}} = n_0$

$\Rightarrow H = n_0 I$

- Cảm ứng từ $B = \mu\mu_0 n_0 I$

