

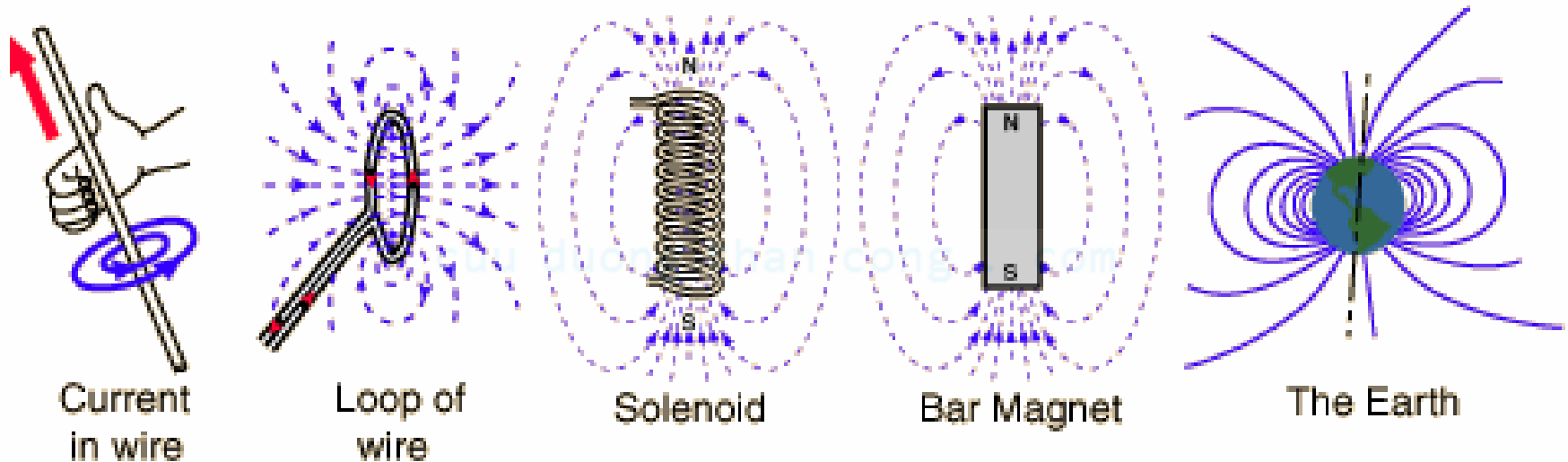


# Chapter 3:

## Magnetostatic Fields

# ❖ Introduction to Magnetostatics :

- Produced by : Magnet and current in a wire.



Magnetic Field Sources

cuu duong than cong . com



## ❖ Model :

$$\text{equations} \left\{ \begin{array}{l} \text{rot} \vec{H} = \vec{J} \\ \text{div} \vec{B} = 0 \end{array} \right.$$

$$\text{B.C} \left\{ \begin{array}{l} H_{1t} - H_{2t} = J_s \\ B_{1n} - B_{2n} = 0 \end{array} \right.$$

And :  $\vec{B} = \mu \vec{H} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$

cuu duong than cong . com

## 3.1: Biot-Savart Law and Superposition :


cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

## a) Biot-Savart Law:

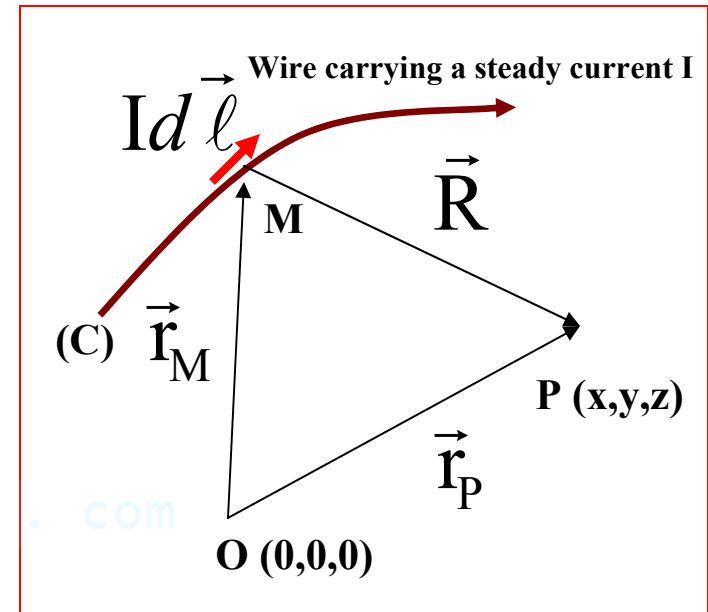
❖ Magnetic Flux Density produced at P from a current element :

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{Id\vec{\ell} \times \vec{a}_R}{R^2}$$


$$\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_C \frac{d\vec{\ell} \times \vec{R}}{R^3}$$

(Biot-Savart Law)

(Note:  $\vec{B}$  is perpendicular to the plane containing  $d\vec{\ell}$  and  $\vec{R}$ )





# Superposition method:

1. Choose the coordinate system.

2. Express the current element:  $I \vec{dl}$

3. Determine the distance vector and its magnitude:

$$\vec{R} = \vec{r}_p - \vec{r}_M \longrightarrow R$$

4. Apply Biot-Savart Law .

## ❖ Ví dụ 1: Phương pháp xếp chồng :

Tìm cảm ứng từ tại điểm  $P(x_0, y_0, 0)$  do đoạn dây mang dòng  $I$ , chiều dài  $a$ , tạo ra ?

Giải

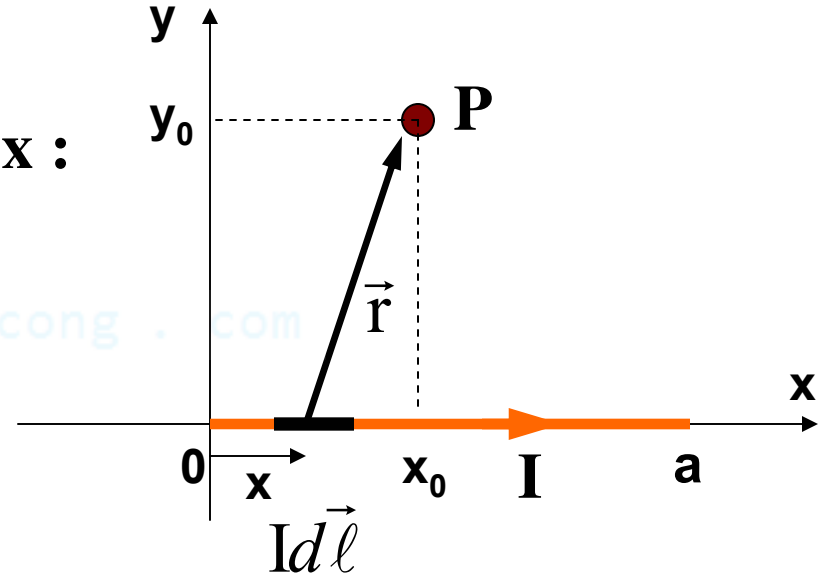
❖ Xét yếu tố dòng ( $I d\vec{l}$ ) tại tọa độ  $x$  :

Có:  $I d\vec{l} = I dx \cdot \vec{a}_x$

❖ Xác định vectơ khoảng cách :

$$\begin{cases} \vec{r} = (x_0 - x) \vec{a}_x + y_0 \vec{a}_y \\ r = \sqrt{(x_0 - x)^2 + y_0^2} \end{cases}$$

❖ Áp dụng Biot-Savart: 
$$\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_C \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_0^a \frac{y_0 dx}{\sqrt{((x - x_0)^2 + y_0^2)^3}} \vec{a}_z$$



# ❖ Indefinite integrals met in EM problems

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln |x| + C$$

$$\int \frac{x^2}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx = -\frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2}) + C$$

$$\int \frac{1}{(x^2 \pm a^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \pm \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 \pm a^2}} + C$$

$$\int \frac{x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \frac{-1}{\sqrt{x^2 + a^2}} + C$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2}) + C$$

$$\int \frac{x}{(x^2 + a^2)} dx = \frac{1}{2} \ln(x^2 + a^2) + C$$

$$\int \frac{x \cdot dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \sqrt{x^2 + a^2} + C$$

$$\int \frac{1}{(x^2 + a^2)} dx = \frac{1}{a} \arctan\left(\frac{x}{a}\right) + C$$



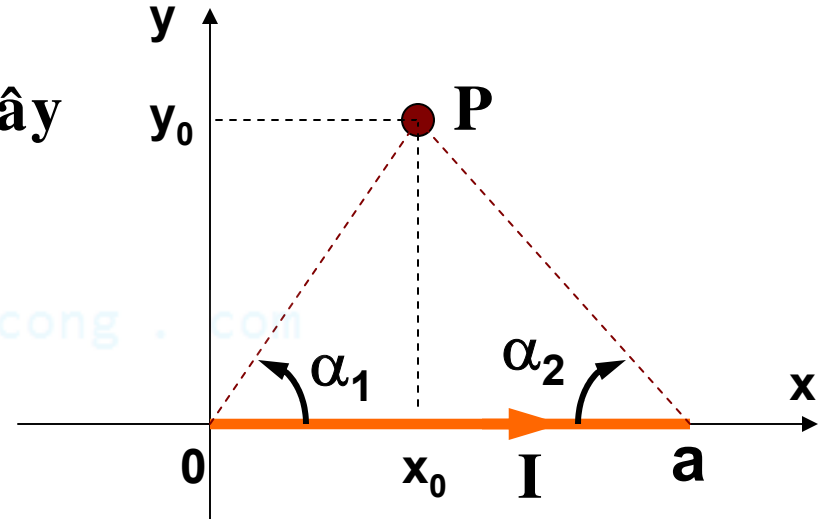
## ❖ Ví dụ 1: Phương pháp xếp chồng (tttheo):

Tìm cảm ứng từ tại điểm  $P(x_0, y_0, 0)$  do đoạn dây mang dòng  $I$ , chiều dài  $a$ , tạo ra ?

Giải

❖ Cảm ứng từ tạo ra từ đoạn dây theo luật Biot-Savart :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi y_0} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) \vec{a}_z = B \vec{a}_z$$



❖ Lưu ý:

a) Nếu  $y_0 = 0$  :  $B = 0$

b) Chiều dòng so với điểm P là CW :  $\vec{B} = -B \vec{a}_z$

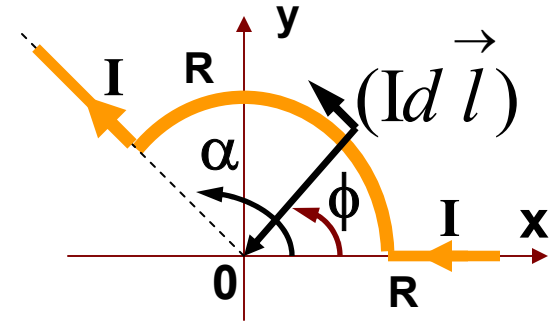
## ❖ Ví dụ 2: Phương pháp xếp chồng

Tìm cảm ứng từ tại điểm  $O(0,0,0)$  do cung dây mang dòng  $I$  tạo ra ?

Giải

❖ Xét yếu tố dòng  $(Id\vec{l})$  tại tọa độ  $\Phi$  :

$$\text{Có: } Id\vec{l} = I.Rd\phi.\vec{a}_\phi$$



❖ Xác định vectơ khoảng cách :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{r} = -R\vec{a}_r \\ r = R \end{array} \right.$$

❖ Áp dụng Biot-Savart: 
$$\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_C \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_0^\alpha \frac{R^2 d\phi}{R^3} \vec{a}_z$$

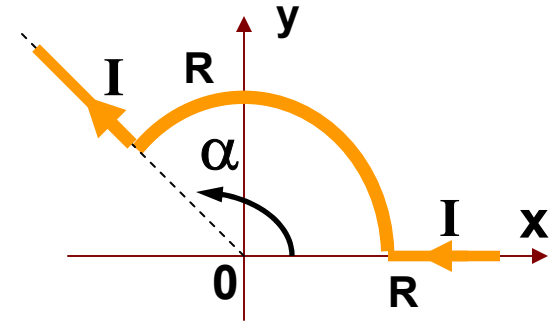
## ❖ Ví dụ 2: Phương pháp xếp chồng (tttheo)

Tìm cảm ứng từ tại điểm  $O(0,0,0)$  do cung dây mang dòng  $I$  tạo ra ?

Giải

❖ Cảm ứng từ tại  $O$  theo luật Biot-Savart :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\alpha) \vec{a}_z$$



❖ Lưu ý: Chiều cảm ứng từ trùng chiều  $+z$  do chiều dòng điện là CCW.