

## TRƯỜNG TĨNH TỪ

1

## 4.1 - DÒNG ĐIỆN

### 4.1.1. Cường độ dòng điện

**Dòng điện:** là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích

**Chiều của dòng điện:** được qui ước là chiều chuyển động của các điện tích dương.

**Cường độ dòng điện:**

$$i = \frac{dq}{dt} \xrightarrow{\text{ĐĐKĐ}} i = \frac{q}{t}$$

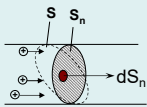
2

## 4.1 - DÒNG ĐIỆN

### 4.1.2. Véc tơ mật độ dòng điện

**Mật độ dòng điện:**

$$j = \frac{di}{dS_n} \xrightarrow{\text{p/b đều}} j = \frac{i}{S_n}$$



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

3

## 4.1 - DÒNG ĐIỆN

**Ví dụ:**

Mỗi giây có  $2.10^{18}$  ion dương hóa trị 2 và  $4.10^{18}$  electron chạy qua đèn ống có đường kính tiết diện  $d = 2,0\text{cm}$ . Tính cường độ dòng điện và trị số trung bình của mật độ dòng điện  $j$  qua đèn.

**Giải**

$$i = \frac{q}{t} = \frac{q_+ + q_-}{t} = \frac{2.10^{18} \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 4.10^{18} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1} = 1,28\text{A}$$

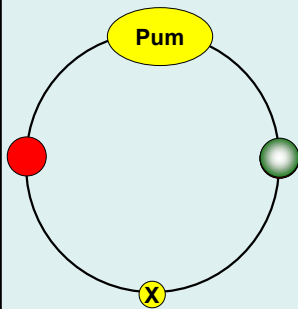
$$j = \frac{i}{S_n} = \frac{i}{\pi d^2 / 4} = \frac{4i}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1,28}{3,14 \cdot (0,02)^2} = 4,08 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2$$

4

## 4.1 - DÒNG ĐIỆN

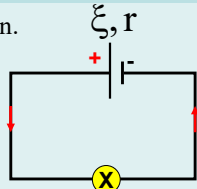
### 4.1.3. Nguồn điện. Suất điện động của nguồn điện

**Nguồn điện:** cơ cấu để duy trì dòng điện.



**Suất điện động của nguồn điện:** đặc trưng cho khả năng sinh công của nguồn điện, đo bằng:

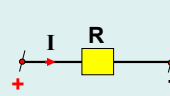
$$\xi = \frac{A^*}{q} = \int_{2\text{cuc}} \vec{E}^* \cdot d\vec{l}$$



5

## 4.1 - DÒNG ĐIỆN

### 4.1.4. Định luật Ohm dạng vi phân



**Dạng vi phân:**  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$I = kU = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

**Ghép nối tiếp**

$$R_t = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$I = I_i$$

$$U = \sum_{i=1}^n U_i$$

**NX:** ghép nt  $R_i$  tăng; ghép //  $R_i$  giảm.  
2 nhánh // thì:

**Ghép song song**

$$\frac{1}{R_t} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$I = \sum_{i=1}^n I_i$$

$$U = U_i$$

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

6

## 4.2 - TƯƠNG TÁC TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

### 4.2.1. Tương tác từ

+ Tương tác giữa 2 dòng điện, dòng điện và nam châm, nam châm với nam châm là tương tác từ.

7

## 4.2 - TƯƠNG TÁC TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

### 4.2.2 – Định luật Ampe

**a. Khái niệm phần tử dòng điện:**

*Phần tử dòng  $l \cdot d\vec{l}$  là một vectơ có độ lớn bằng tích số của cường độ dòng điện với vi phân  $dl$  của mạch có  $I$  chạy qua, có chiều là chiều của dòng điện.*

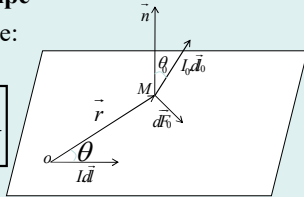
8

## 4.2 - TƯƠNG TÁC TỬ CỦA DÒNG ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

## b. Nội dung định luật Ampe

+ Biểu thức định luật Ampe:

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

 $\mu$ : Độ từ thẩm của môi trường $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ : hằng số từ

9

## 4.3 - VEC TƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

## 4.3.1 – Khái niệm từ trường

Từ trường là một dạng vật chất đặc biệt bao quanh dòng điện. Mà biểu hiện của nó là tác dụng lực từ vào một dòng điện khác đặt trong nó.

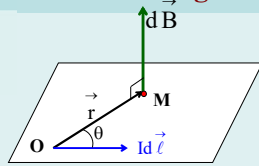
10

## 4.3 - VEC TƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

## 4.3.2. Định luật Biot-Savart. Vec tơ cảm ứng từ.

Vec tơ cảm ứng từ gây bởi một phần tử dòng điện:

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

 $\vec{dB}$ 

- **Có phương:** vuông góc với mp chứa phần tử dl 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.

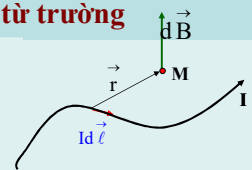
11

## 4.3 - VEC TƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

## 4.3.3. Nguyên lý chồng chất từ trường

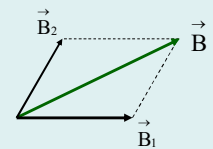
Vec tơ cảm ứng từ gây bởi một dòng điện bất kì:

$$\vec{B} = \int \vec{dB}$$



Vec tơ cảm ứng từ gây bởi nhiều dòng điện:

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$



12

4.3 - VEC TƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

4.3.4 – Vectơ cường độ từ trường

+ Định nghĩa:

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

+ Đặc điểm:

- Phương, chiều:  $\vec{H} \uparrow \vec{B}$

- Độ lớn:  $H = \frac{B}{\mu\mu_0}$

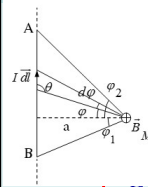
-  $\vec{H}$  không phụ thuộc bản chất môi trường đặt dòng điện, mà đặc trưng cho từ trường do dòng điện gây ra

+ Đơn vị: A/m

13

4.3.5. Ứng dụng

1 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện thẳng:



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

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

$\vec{B}$

- **Có phương:** Vuông góc với mp chứa dd và điểm khảo sát
- **Có chiều:** Qui tắc **đỉnh ốc** hoặc **nắm tay phải**
- **Độ lớn:**  $B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi \cdot a} (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$
- **Điểm đặt:** Tại điểm khảo sát.

14

4.3.5. Ứng dụng

1 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện thẳng:

$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi \cdot a} (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$

Dây vô hạn

Nửa đ thẳng

M thuộc đ thẳng chứa dd  $B = 0$

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

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

15

4.3.5. Ứng dụng

2 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn:

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

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

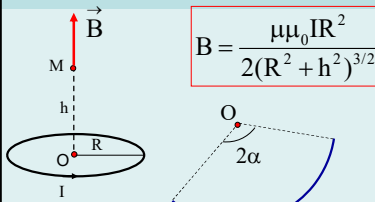
$\vec{B}$

- **Có phương:** Là trục của vòng dây
- **Có chiều:** Qui tắc **đỉnh 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.

16

### 4.3.5. Ứng dụng

#### 2 – Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn:



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

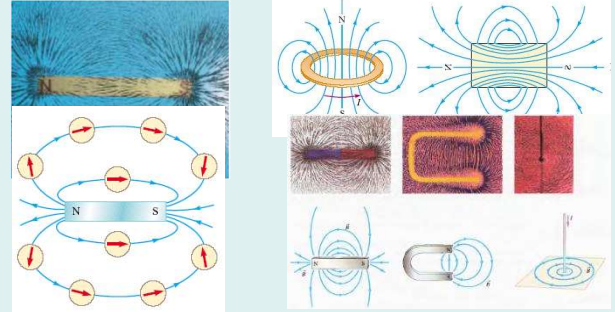
$\vec{p}_m$  Có phương vuông góc mp dòng điện; có chiều xác định theo qui tắc đinh ốc hoặc nắm tay phải.

17

### 4.4 - TỪ THÔNG ĐỊNH LÝ OXTROGRADXXKI-GAUX VE TỪ THÔNG

#### 4.4.1. Đường cảm ứng từ

**Định nghĩa:** 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  $\vec{B}$



18

### 4.4 - TỪ THÔNG ĐỊNH LÝ OXTROGRADXXKI-GAUX VE TỪ THÔNG

#### 4.4.1. Đường cảm ứng từ

##### Quy ước:

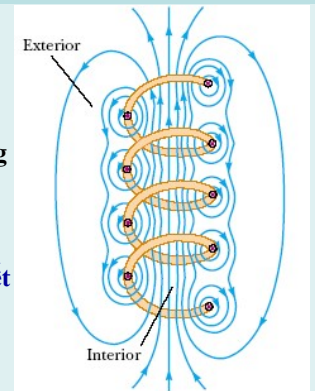
Số đường cảm ứng từ qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức đúng bằng độ lớn của véc tơ  $\vec{B}$  tại đó.

19

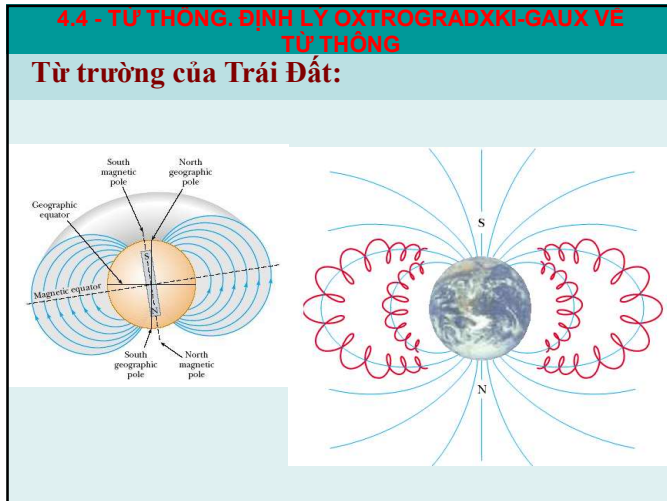
### 4.4 - TỪ THÔNG ĐỊNH LÝ OXTROGRADXXKI-GAUX VE TỪ THÔNG

#### Đặc điểm của các đường cảm ứng từ:

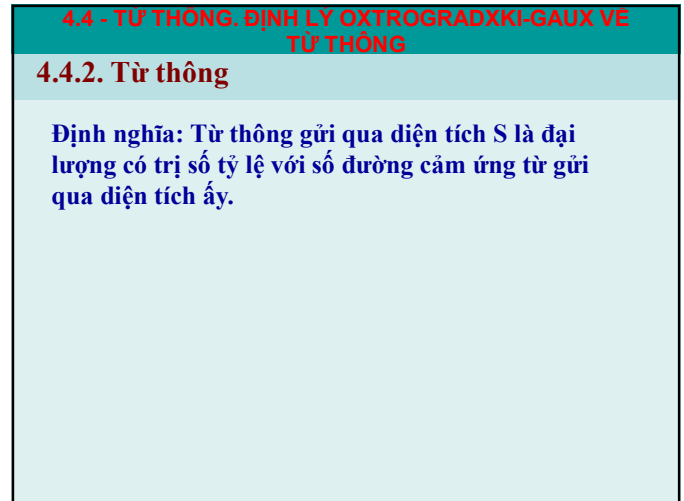
- Các đường cảm ứng từ không cắt nhau.
- Mật độ các đường cảm ứng từ tỉ lệ với độ lớn của  $\vec{B}$
- Đường cảm ứng từ là đường khép kín, đi ra ở cực N, đi vào cực S của nam châm.
- Tập hợp các đường sức từ gọi là từ phổ. Từ phổ cho biết sự phân bố từ trường một cách trực quan.



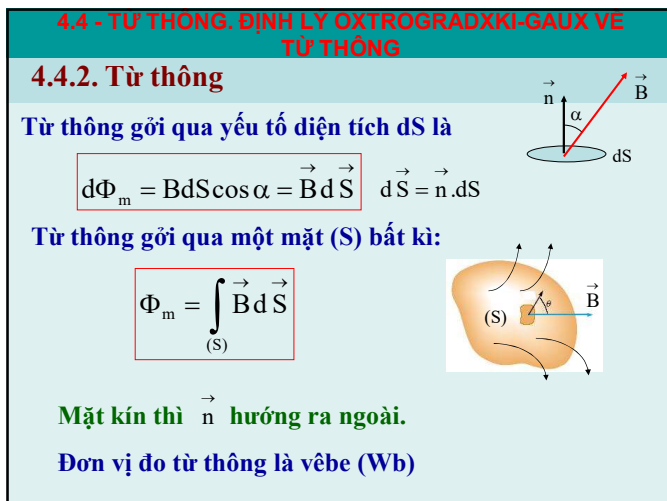
20



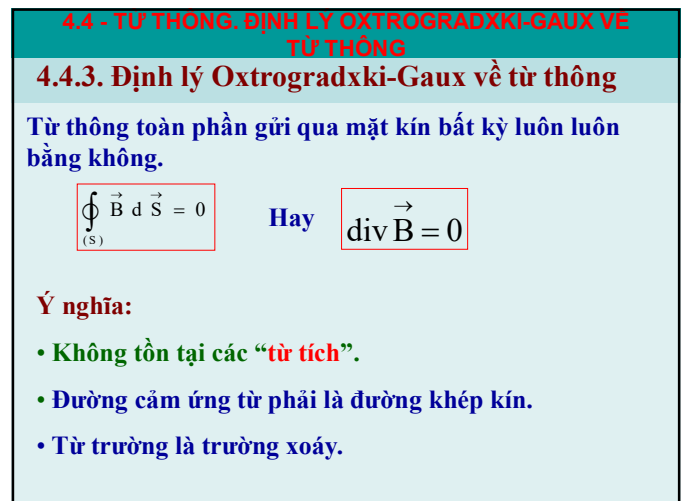
21



22



23



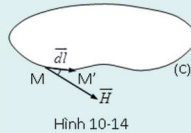
24

## 4.5 - LƯU SỐ CỦA CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

### 4.5.1. Lưu số của vectơ cường độ từ trường

**Định nghĩa:** Lưu số của vectơ cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín (C) là đại lượng bằng tích phân của vectơ  $\vec{H}$  dọc theo toàn bộ đường cong kín đó:

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



25

## 4.5 - LƯU SỐ CỦA CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

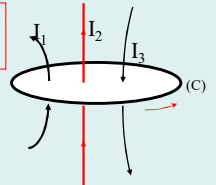
### 4.5.2. Định lý Ampère về dòng điện toàn phần

Lưu số của vectơ cường độ từ trường dọc theo một vòng của đường cong kín (C) bất kỳ bằng tổng đại số cường độ của các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong đó:

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

Hay

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



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

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

26

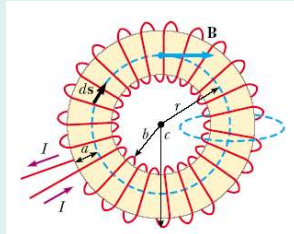
## 4.5 - LƯU SỐ CỦA CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

### 4.5.3. Ứng dụng định lý Ampère

#### a. Cuộn dây hình xuyên

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

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



27

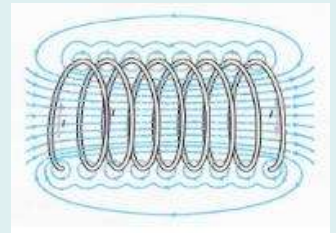
## 4.5 - LƯU SỐ CỦA CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

### 4.5.3. Ứng dụng định lý Ampère

#### b. Ống dây thẳng dài vô hạn

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

$$H = nI$$



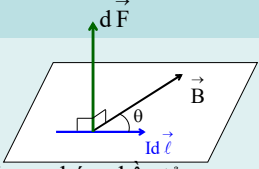
**n:** mật độ vòng dây (số vòng quấn trên mỗi mét chiều dài).

28

**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**Công thức Ampère:**

Lực từ tác dụng lên một phần tử dòng điện:  $\vec{dF} = Id \vec{\ell} \times \vec{B}$



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

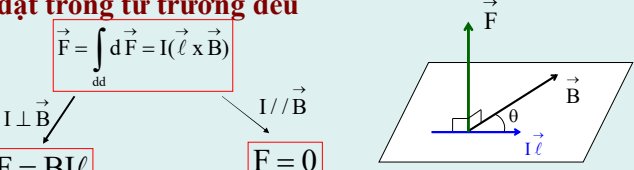
Lực từ tác dụng lên một dòng điện bất kì:  $\vec{F} = \int_{dd} \vec{dF}$

29

**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**4.6.1. Lực từ tác dụng lên một đoạn dòng thẳng đặt trong từ trường đều**

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



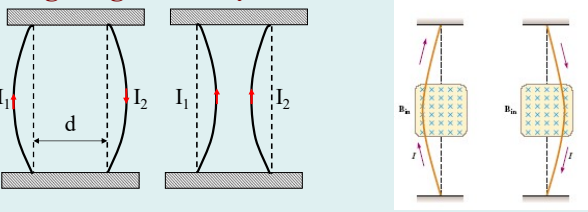
$I \perp B \rightarrow F = BI\ell$        $I // B \rightarrow F = 0$

- **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.

30

**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**4.6.2. Lực từ tác dụng lên hai dòng điện thẳng song song dài vô hạn**



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

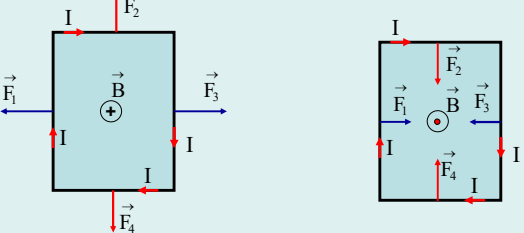
$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$$

31

**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**4.6.3. 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

32



**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**4.6.3. Từ trường đều tác dụng lên khung dây:**

**b) Mặt phẳng k/dây không vuôn**

**Lực từ làm quay khung d**  
**Mômen của lực từ:**

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B} \quad \rightarrow \quad M = p_m \cdot B \cdot \sin \theta = BIS \cdot \sin \theta$$

33

**4.6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ**

**4.6.4. Công của lực từ**

$$A = \int_{(1)}^{(2)} F dx = \int_{(1)}^{(2)} B I l \cdot dx = \int_{(1)}^{(2)} B I dS = \int_{(1)}^{(2)} I d\Phi_m$$

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

34

**4.7 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN HẠT ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG**

**4.7.1. Lực Lorent**

$$\vec{F}_L = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

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

35

**4.7 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN HẠT ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG**

**4.7.2. Chuyển động của hạt điện trong từ trường đều**

a) Nếu vectơ vận tốc đầu  $\vec{v}_0 // \vec{B} \Rightarrow \vec{F}_L = 0$  Đt đt thẳng đều theo hướng cũ

b) Nếu vectơ 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:**  $r = \frac{mv}{|q|B}$

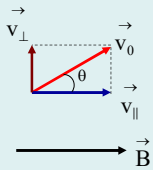
**Chu kì quay:**  $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$

36

#### 4.7 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN HẠT ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG

##### 4.7.2. Chuyển động của hạt điện trong từ trường đều

c) Nếu vector vận tốc đầu  $\vec{v}_0$  tạo với  $\vec{B}$  một góc  $\theta$ .



Theo phương  $\parallel \vec{B}$  lực Lorentz = 0 nên đt chuyển động thẳng đều.

Theo phương  $\perp \vec{B}$  lực Lorentz làm đt chuyển động tròn đều.

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