

# **CHƯƠNG 9**

## **HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ**

### **1. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ**

**1.1. Hiện tượng cảm ứng điện từ**

**1.2. Định luật Lenz**

**1.3. Định luật Faraday**

### **2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM**

**2.1. Hiện tượng tự cảm**

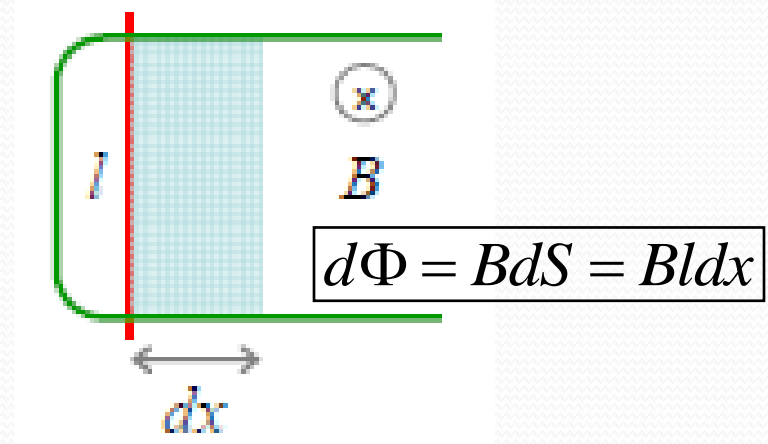
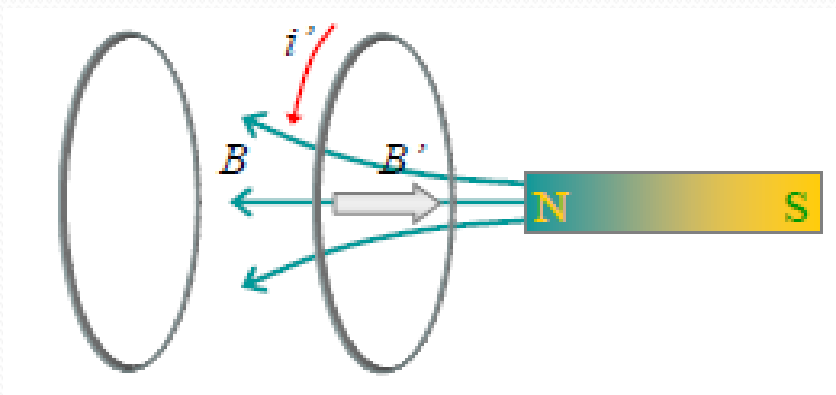
**2.2. Suất điện động tự cảm**

### **3. HIỆN TƯỢNG HỖ CẢM**

### **4. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG**

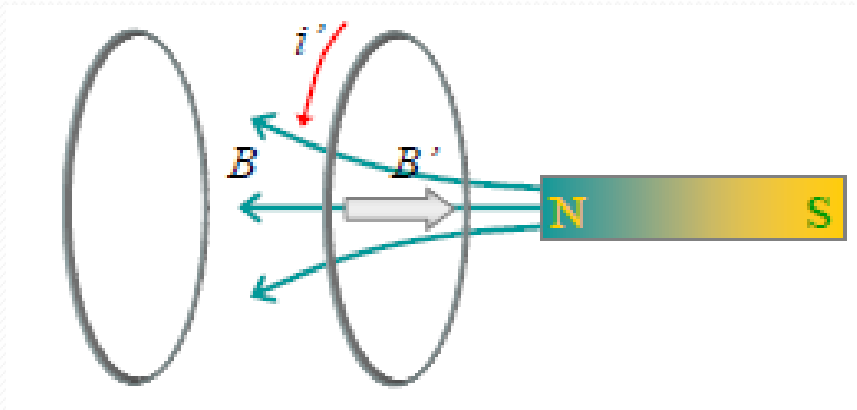
## 1.1. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

- Khi từ thông qua một mạch kín thay đổi thì trong mạch xuất hiện dòng điện cảm ứng.
- Từ thông gửi qua mạch kín có diện tích  $S$ : 
$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}$$
- Từ thông gửi qua mạch kín ( $S$ ) có thể thay đổi do:
  - ✓ Từ trường xuyên qua mạch thay đổi theo thời gian:  $B$  thay đổi.
  - ✓ Mạch kín chuyển động trong từ trường:  $S$  thay đổi.



## 1.2. ĐỊNH LUẬT LENZ

- Chiều của dòng điện cảm ứng được xác định bởi định luật Lenz:  
*Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ trường do nó tạo ra (từ trường cảm ứng) có xu hướng chống lại sự biến đổi từ thông.*
- Khi nam châm tiến lại gần khung dây, từ trường  $B$  qua khung dây tăng  $\rightarrow$  từ thông tăng  $\rightarrow$  xuất hiện dòng điện cảm ứng  $i'$  cùng chiều kim đồng hồ sao cho từ trường  $B'$  do  $I'$  sinh ra ngược chiều với  $B$  như hình vẽ.
- Khi nam châm ra xa khung dây dòng điện cảm ứng  $i'$  sẽ có chiều ngược chiều kim đồng hồ.



### 1.3. ĐỊNH LUẬT FARADAY

- Khi từ thông qua một mạch kín thay đổi thì trong mạch xuất hiện một sức điện động cảm ứng:

$$\varepsilon_C = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

- Sức điện động cảm ứng  $\varepsilon$  gây ra một dòng điện cảm ứng chạy trong mạch kín điện trở  $R$  là:

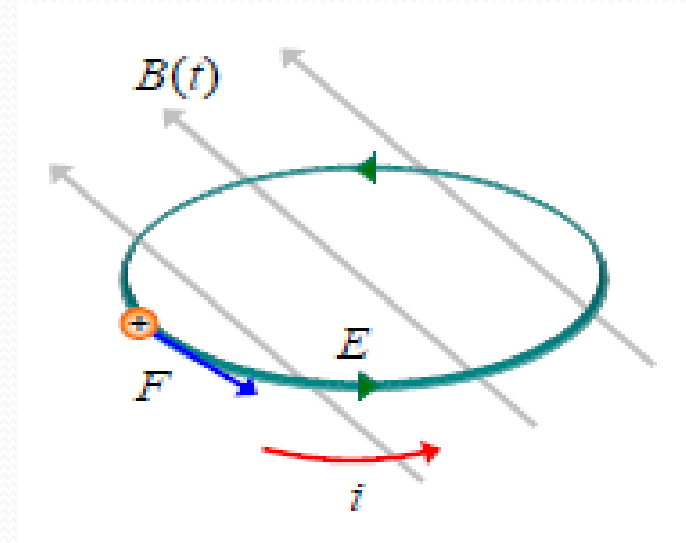
$$i_C = \frac{\varepsilon_C}{R} = -\frac{d\Phi}{Rdt}$$

- Dấu (-) có nghĩa là suất điện động cảm ứng tạo ra dòng điện cảm ứng chống lại sự biến thiên từ thông qua mạch.
- Nếu mạch hở không có dòng điện cảm ứng nhưng hai đầu mạch vẫn có hiệu điện thế  $U = \varepsilon_C$ .

# BẢN CHẤT HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Nếu mạch đứng yên trong từ trường biến thiên theo thời gian ( $B$  thay đổi):

- Từ trường biến thiên sẽ sinh ra điện trường xoáy.
- Điện trường xoáy làm các điện tích trong khung dây chuyển động thành dòng kín, tạo nên dòng cảm ứng.



2. Nếu mạch chuyển động trong từ trường không đổi ( $S$  thay đổi):

- Các điện tích tự do trong mạch chịu tác dụng của lực Lorentz.
- Các điện tích trái dấu chuyển động về 2 hướng ngược nhau tạo thành hiệu điện thế.
- Nếu mạch kín thì xuất hiện dòng điện cảm ứng.

## BÀI TẬP VÍ DỤ 1

Tìm hiệu điện thế giữa hai đầu của một thanh dẫn điện MN chiều dài  $l$  chuyển động đều theo phương vuông góc với chính nó trong từ trường đều. Biết vecto cảm ứng từ hợp với vận tốc của thanh một góc  $\alpha$ .

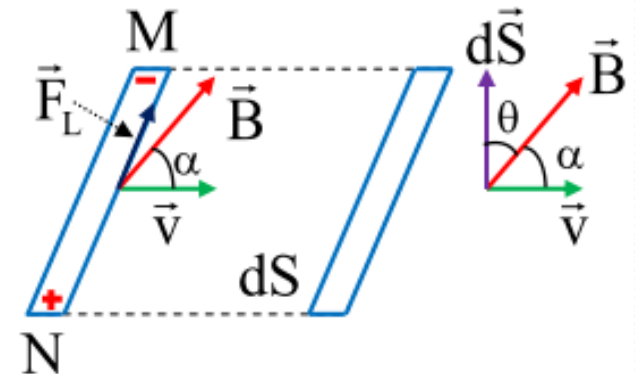
### HƯỚNG DẪN GIẢI

- Lực Lorentz tác dụng lên các electron tự do trong thanh làm chúng chuyển động về đầu M  $\rightarrow$  Đầu M nhiễm điện (-), đầu N nhiễm điện (+)  $\rightarrow$  giữa hai đầu thanh xuất hiện hiệu điện thế bằng suất điện động cảm ứng.
- Trong thời gian  $dt$ , thanh MN quét được một diện tích:  $dS = l.v.dt$ .
- Độ biến thiên từ thông qua diện tích  $dS$  là:

$$d\Phi = \vec{B}d\vec{S} = B dS \cos\theta = Blv \sin\alpha .dt$$

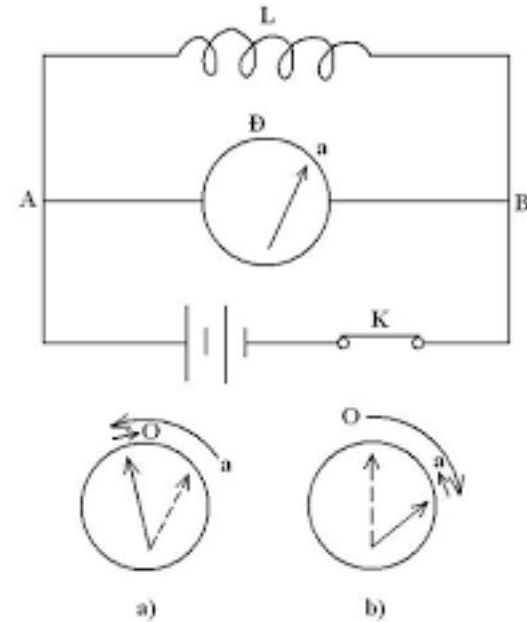
- Hiệu điện thế giữa hai đầu thanh là:

$$U = \varepsilon_c = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = Blv \sin\alpha$$



## 2.1. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

- Nếu cường độ dòng điện trong mạch kín thay đổi, thì trong mạch cũng xuất hiện dòng điện cảm ứng.
- Nguyên nhân:
  - ✓ Dòng điện biến thiên  $i(t)$  chạy trong mạch tạo ra một từ trường biến thiên.
  - ✓ Từ thông do từ trường này gửi qua mạch biến thiên, tạo nên một suất điện động cảm ứng.
  - ✓ Suất điện động này được gọi là sđđ tự cảm, vì nó do chính dòng điện biến thiên trong mạch đó tạo nên.
  - ✓ Dòng điện chạy trong mạch gọi là dòng điện tự cảm.
- Khi  $i(t)$  tăng thì dòng điện tự cảm ngược chiều với  $i(t)$ .
- Khi  $i(t)$  giảm thì dòng điện tự cảm cùng chiều với  $i(t)$ .



## 2.2. SUẤT ĐIỆN ĐỘNG TỰ CẢM

- Từ thông do dòng điện  $i(t)$  trong mạch gửi qua mạch là:

$$\Phi_m = Li$$

- $L$  là hệ số tự cảm, đặc trưng cho khung dây, có đơn vị là Henry.
- Suất điện động tự cảm được xác định bởi:

$$\mathcal{E}_{tc} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

- Nếu hệ số tự cảm  $L$  càng lớn thì sđđ tự cảm càng lớn
  - Mạch điện có tác dụng chống lại sự biến đổi của dòng điện trong mạch càng nhiều
  - Quán tính của mạch càng lớn
  - Hệ số tự cảm là thước đo mức quán tính của mạch đối với sự biến đổi của dòng điện chạy trong mạch.



## BÀI TẬP VÍ DỤ 2

Xác định hệ số tự cảm của ống dây solenoid có dòng điện  $I$  chạy qua. Biết ống dây có chiều dài  $l$ , tiết diện  $S$  và  $N$  vòng.

### HƯỚNG DẪN GIẢI

- Từ trường trong ống dây là:

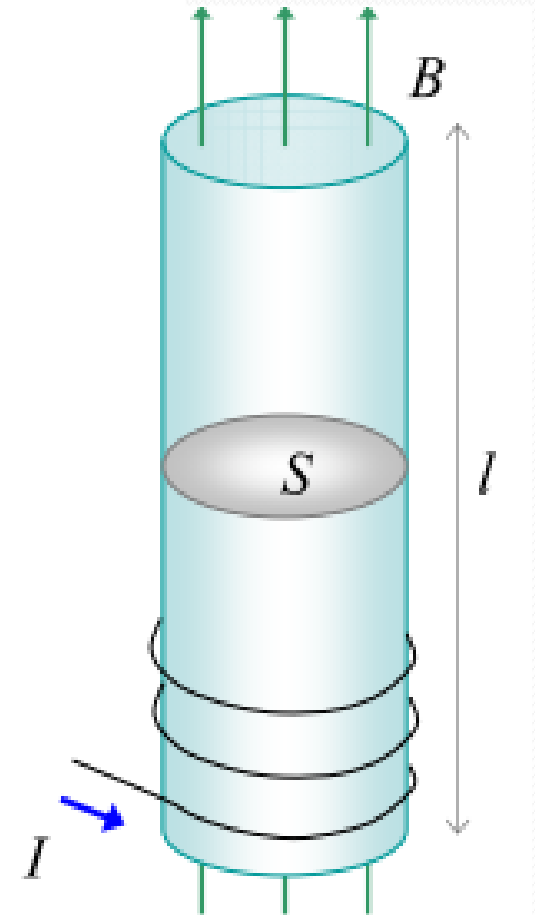
$$B = \mu\mu_0 \frac{N}{l} I$$

- Từ thông gửi qua ống dây là:

$$\Phi = NBS = \mu\mu_0 \frac{N^2 IS}{l}$$

- Độ tự cảm của ống dây là:

$$L = \frac{\Phi}{I} = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

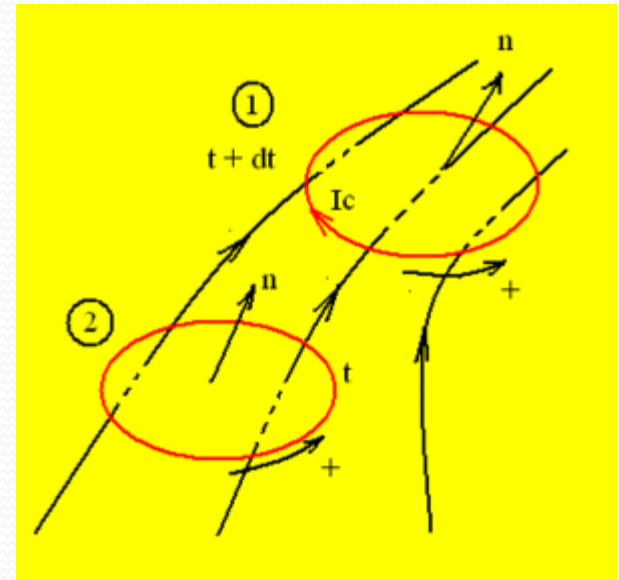


### 3. HIỆN TƯỢNG HỖ CẢM

- Xét hai mạch điện kín đặt gần nhau, trong đó có các dòng điện biến thiên. Từ thông do mạch này gửi qua mạch kia biến thiên, tạo nên trong mỗi mạch một dòng điện cảm ứng.
- Từ thông do dòng điện  $i_1$  gửi qua mạch 2:  $\Phi_{12} = M_{12}i_1$
- Từ thông do dòng điện  $i_2$  gửi qua mạch 1:  $\Phi_{21} = M_{21}i_2$
- Trong đó:  $M_{12} = M_{21} = M$  là hệ số hồ cảm của 2 mạch. Hệ số hồ cảm phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, vị trí tương đối của 2 mạch, và phụ thuộc vào tính chất môi trường chứa 2 mạch. Đơn vị là Henry.
- Suất điện động hồ cảm trong 2 mạch là:

$$\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -M \frac{di_2}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$$



## 4. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

- Mật độ năng lượng từ trường:

$$\omega = \frac{1}{2} \vec{B} \vec{H}$$

- Năng lượng từ trường trong vùng thể tích V:

$$W_m = \int_V \omega_m dV = \int_V \frac{B^2}{2\mu\mu_0} dV$$

- Năng lượng từ trường trong lòng ống dây solenoid có độ tự cảm L và dòng điện i chạy qua là:

$$W_m = \frac{1}{2} Li^2$$