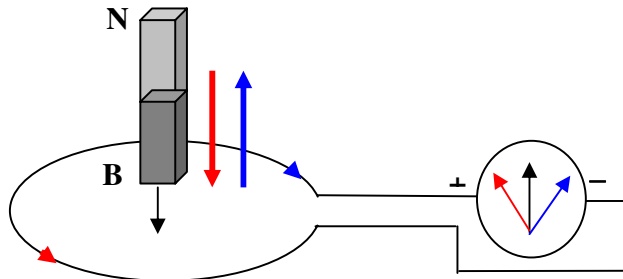


CHƯƠNG 9: CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

9.1 Thí nghiệm faraday:



9.1.1 Thí nghiệm Faraday chứng tỏ:

- Đưa thanh nam châm vào trong ống dây thì kim điện kế bị lệch, chứng tỏ có dòng điện cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây.
- Nếu rút thanh nam châm ra thì kim điện kế bị lệch theo chiều ngược lại, chứng tỏ dòng điện cảm ứng có chiều ngược lại.
- Di chuyển thanh nam châm càng nhanh thì kim điện kế lệch nhiều, chứng tỏ $I_{c\ddot{u}}$ lớn
- Thanh nam châm đứng yên kim điện kế chỉ 0, chứng tỏ $I_{c\ddot{u}} = 0$

9.1.2 Qua thí nghiệm trên ta kết luận:

- Sự biến đổi từ thông qua mạch kín là nguyên nhân phát sinh ra dòng điện cảm ứng chạy trong mạch.
- Dòng điện cảm ứng chỉ tồn tại trong thời gian từ thông gửi qua mạch biến đổi.
- Cường độ dòng điện cảm ứng tỷ lệ với tốc độ biến đổi của từ thông.
- Chiều của dòng điện cảm ứng chỉ phụ thuộc vào từ thông gửi qua mạch tăng hay giảm.

9.2 Định luật lenz (Xác định chiều của dòng điện cảm ứng)

Dòng điện cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường của nó sinh ra có tác dụng chống lại nguyên nhân phát sinh ra nó.

$$\phi \uparrow \rightarrow \vec{B}_{cu} \uparrow \downarrow \vec{B}$$

$$\phi \downarrow \rightarrow \vec{B}_{cu} \uparrow \uparrow \vec{B}$$

9.3 Định luật cơ bản cảm ứng điện từ (Xác định suất điện động cảm ứng)

Suất điện động cảm ứng luôn luôn bằng về trị số nhưng trái dấu với tốc độ biến đổi của từ thông gửi qua mặt.

$$\xi_{cu} = - \left| \frac{d\phi}{dt} \right| \text{ với } d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos(\vec{B}, d\vec{S})$$

9.4 Bài tập cơ bản cảm ứng điện từ:

- Dạng 1:
 - Tính $d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos(\vec{B}, d\vec{S})$
 - Lập tỷ số: $\frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \xi_{cu} = \left| -\frac{d\phi}{dt} \right|$
- Dạng 2:
 - Tính $d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos(\vec{B}, d\vec{S})$
 - Tính $\phi = \int_{(S)} d\phi = f(t)$
 - Đạo hàm: $\frac{d(\phi)}{dt} \Rightarrow \xi_{cu} = \left| -\frac{d(\phi)}{dt} \right|$

1. Trong từ trường \vec{B} của dây dẫn vô hạn

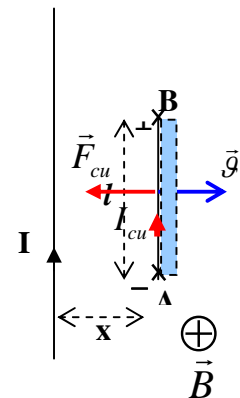
a/ Tính ξ_{cu} của thanh AB đặt song song dây, di chuyển vận tốc $\vec{g} \perp$ dây

$$d\phi = B \cdot dS = B \cdot l \cdot dx$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{B \cdot dS}{dt} = B \cdot l \cdot \frac{dx}{dt} = B \cdot l \cdot g$$

$$I_{cu} \rightarrow \vec{F}_{cu} \updownarrow \vec{g}$$

$$\Rightarrow \xi_{cu} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot x} \cdot l \cdot g$$



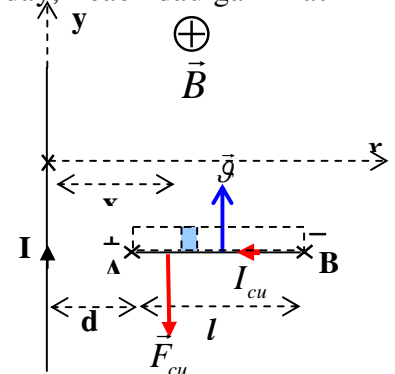
b/ ξ_{cu} của thanh AB đặt vuông góc dây, di chuyển với vận tốc $\vec{g} \parallel$ dây, cách đầu gần nhất thanh một đoạn d

$$d\phi = B \cdot dS = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot x} \cdot (dx \cdot dy)$$

$$\phi = \int_d^{d+l} \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot x} \cdot (dx \cdot dy) = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi} \cdot dy \cdot \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2\pi} \cdot \frac{dy}{dt} \cdot \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot g}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)$$

$$\xi_{cu} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot g}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)$$



c/ Khung dây chữ nhật (ab) cách đoạn d, di chuyển $\vec{g} \perp$ dây

$$d\phi = B.dS = \frac{\mu_0 \mu_o I}{2\pi x} b dx$$

$$\phi = \int d\phi = \frac{\mu_0 \mu_o I}{2\pi} b \int_d^{d+a} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \mu_o I b}{2\pi} \ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

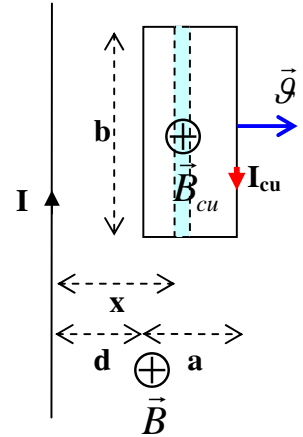
$$\phi(t) = \frac{\mu_0 \mu_o I b}{2\pi} [\ln(gt+a) - \ln(gt)] \quad (\text{vì } d = gt)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{cu} = \left| -\frac{d\phi}{dt} \right| = \left| \frac{\mu_0 \mu_o I b}{2\pi} \left[\frac{g}{gt+a} - \frac{g}{gt} \right] \right|$$

$$= \left| \frac{\mu_0 \mu_o I b g}{2\pi} \left[\frac{1}{d+a} - \frac{1}{d} \right] \right|$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_o I b g}{2\pi} \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right]$$

$$\xi_{cu} = \frac{\mu_0 \mu_o I b g}{2\pi} \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right]$$



d/ Giống ví dụ c, nhưng dòng điện I thay đổi theo:

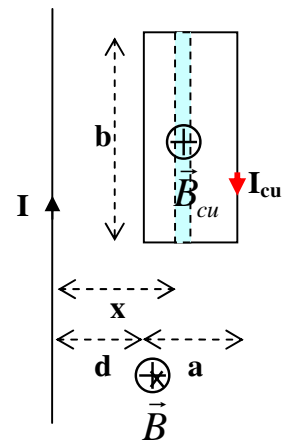
$I = I_0 e^{-\alpha t}$ (I_0, α là hằng số), khung đứng yên

$$\phi(t) = \frac{\mu_0 \mu_o b}{2\pi} \ln\left(\frac{d+a}{d}\right) I_0 e^{-\alpha t}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{cu} = \left| -\frac{d\phi}{dt} \right| = \left| \frac{\mu_0 \mu_o b}{2\pi} \ln\left(\frac{d+a}{d}\right) I_0 (-\alpha) e^{-\alpha t} \right|$$

$$= \left| \frac{\mu_0 \mu_o I b \alpha}{2\pi} \ln\left(\frac{d+a}{d}\right) \right|$$

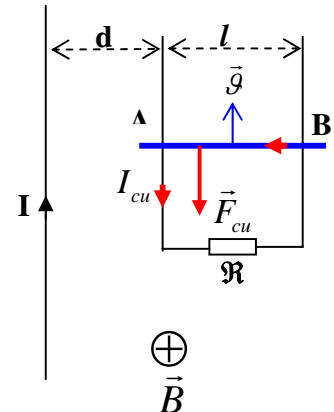
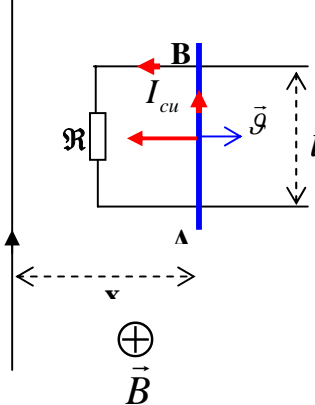
$$\xi_{cu} = \frac{\mu_0 \mu_o I b \alpha}{2\pi} \ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$



Chú ý: Bài toán cho mạch kín thì $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\mathfrak{R}}$ (\mathfrak{R} : điện trở toàn mạch)

a/ $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\mathfrak{R}} = \frac{B.l.g}{\mathfrak{R}} = \frac{\mu_0 \mu_o I l g}{2\pi x \mathfrak{R}}$

b/ $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\mathfrak{R}} = \frac{\mu_0 \mu_o I g}{2\pi \mathfrak{R}} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)$



2. Trong từ trường \vec{B} đều:

a/ Thanh AB di chuyển tịnh tiến với \vec{g} :

$$d\phi = B.dS = B.l.dx$$

$$\xi_{cu} = \frac{d\phi}{dt} = B.l.\frac{dx}{dt} = B.l.g$$

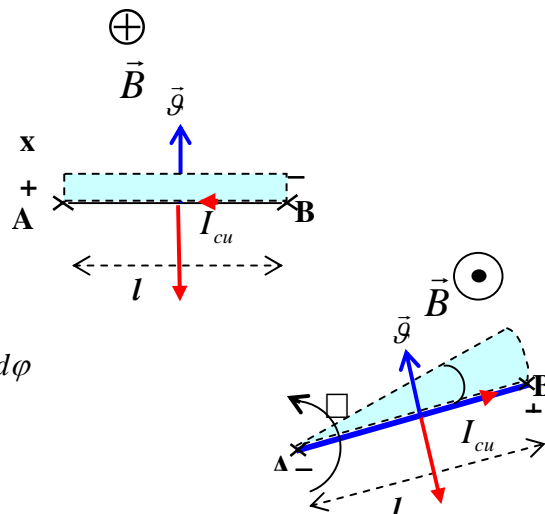
$$\xi_{cu} = B.l.g$$

b/ Thanh AB quay quanh đầu A với vận tốc ω

$$d\phi = B.dS = B.\int_0^l r.dr.d\varphi = B.\frac{l^2}{2}.d\varphi$$

$$\xi_{cu} = \frac{d\phi}{dt} = B.\frac{l^2}{2}.\frac{d\varphi}{dt}$$

$$\xi_{cu} = B.\frac{l^2}{2}\omega$$



9.5 Hiện tượng tự cảm:

9.5.1 Thí nghiệm hiện tượng tự cảm:

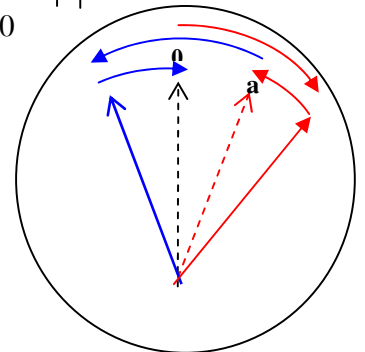
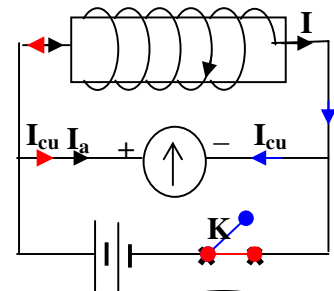
Mở K: cuộn dây: $I \rightarrow 0$, G: kim vượt quá 0 rồi trở về 0

Đóng K: cuộn dây: $I: 0 \rightarrow I$, G: kim vượt quá a rồi trở về a

Giải thích:

Mở K: $\phi \downarrow \rightarrow \vec{B}_{cu} \uparrow \uparrow \vec{B} \rightarrow I_{cu}$ cùng chiều I đi vào - của G: kim lệch quá 0

Đóng K: $\phi \uparrow \rightarrow \vec{B}_{cu} \downarrow \downarrow \vec{B} \rightarrow I_{cu}$ ngược chiều I đi ngược trở lại vào đầu + của G: kim lệch quá a



9.5.2 Hệ số tự cảm của cuộn dây:

a/ Định nghĩa: $L = \frac{\phi}{I}$ (H)

Cho dòng điện I qua cuộn dây thì cuộn dây có từ thông là ϕ . Tăng I thì ϕ tăng theo và ngược lại, nhưng tỷ số $\frac{\phi}{I}$ luôn là hằng số và gọi là hệ số tự cảm.

b/ L của cuộn dây dài vô hạn: $L = \frac{\mu.\mu_o.n^2.S}{l}$ (H)

$$L = \frac{\phi}{I} = \frac{B.n.S}{I} = \frac{\frac{\mu.\mu_o.n.I}{l}.n.S}{I} = \frac{\mu.\mu_o.n^2.S}{l}$$

9.5.3 Suất điện động tự cảm:

$$\xi_{tc} = \left| -\frac{d\phi}{dt} \right| = \left| -\frac{d(LI)}{dt} \right| = \left| -L\frac{dI}{dt} \right|$$

9.6 Năng lượng của từ trường:

9.6.1 Năng lượng của từ trường của cuộn dây:

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \phi \cdot I = \frac{1}{2} \frac{\phi^2}{L} \quad (\text{vì } L = \frac{\phi}{I})$$

$$\xi_{ng} + \xi_{ic} = \mathcal{R} \cdot i$$

$$\xi_{ng} - L \cdot \frac{di}{dt} = \mathcal{R} \cdot i$$

$$\xi_{ng} \cdot i \cdot dt = \mathcal{R} \cdot i \cdot dt + L \cdot \frac{di}{dt} \cdot i \cdot dt$$

$$dW_{ng} = dW_Q + dW_m$$

$$\Rightarrow W_m = \int_0^{W_m} dW_m = \int_0^I Li \cdot di = \frac{1}{2} LI^2$$

Năng lượng của nguồn cung cấp trong khoảng dt , 1 phần tỏa nhiệt ($\mathcal{R}i \cdot dt$) và 1 phần tạo nên từ trường ($dW_m = Li \cdot di$).

9.6.2 Mật độ năng lượng từ trường:

$$\omega_m = \frac{dW_m}{dV}$$

Năng lượng từ trường được phân bố trong không gian có từ trường và mật độ năng lượng từ trường tại 1 điểm được xác định:

$$\omega_m = \frac{1}{2} B \cdot H = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu \cdot \mu_o} = \frac{1}{2} \mu \cdot \mu_o \cdot H^2$$

Chứng minh: Cuộn dây thẳng n vòng dài vô hạn

$$\omega_m = \frac{W_m}{V} = \frac{\frac{1}{2} LI^2}{S \cdot l} = \frac{\frac{1}{2} \frac{\mu \cdot \mu_o \cdot n^2 S}{l} I^2}{S \cdot l} = \frac{1}{2} \mu \cdot \mu_o \cdot n_o I \cdot n_o I$$

$$\Leftrightarrow \omega_m = \frac{1}{2} BH$$