

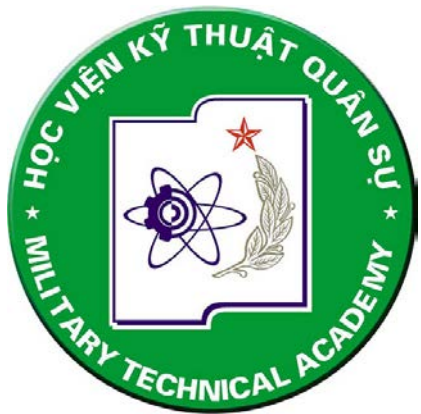
CHƯƠNG 9

CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Nguyễn Xuân Thấu -BMVL

1

HÀ NỘI
2017



NHẮC LẠI CÁC KIẾN THỨC CẦN NHỚ Ở CHƯƠNG TRƯỚC

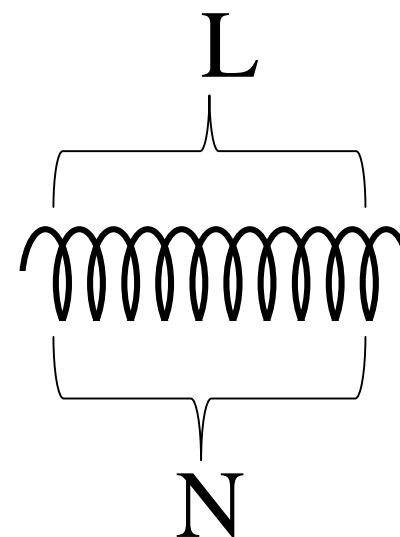
- Mối quan hệ giữa véc-tơ cảm ứng từ \vec{B} , véc-tơ cường độ từ trường \vec{H} :

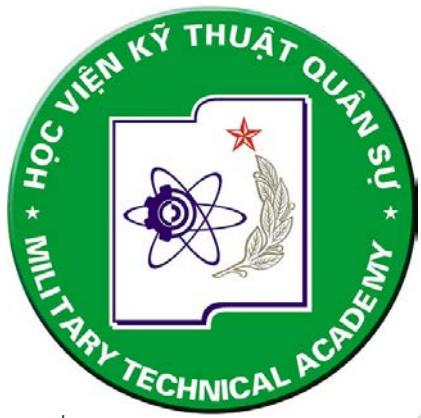
$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu}$$

- Từ trường gây ra bởi một ống dây:

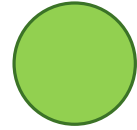
$$B = \mu \mu_0 n I = \mu \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

trong đó n là mật độ vòng dây (tức là số vòng dây trên một mét chiều dài)





NHẮC LẠI CÁC KIẾN THỨC CẦN NHỚ Ở CHƯƠNG TRƯỚC



Từ thông

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

α là góc tạo bởi véc-tơ cảm ứng từ và véc-tơ pháp tuyến của phần tử diện tích.

Từ trường đều gửi qua một mặt phẳng:

$$\Phi_m = BS \cdot \cos \alpha,$$



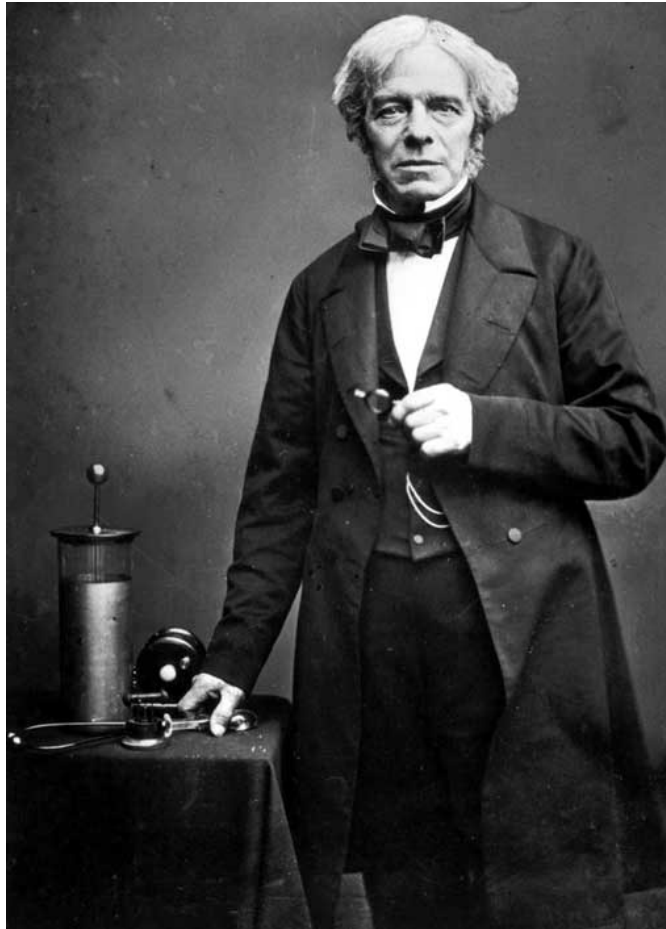
NHẮC LẠI CÁC KIẾN THỨC CẦN NHỚ Ở CHƯƠNG TRƯỚC

● Dòng điện chuyển động trong từ trường \vec{B} , lực từ sinh công:

$$A = I(\Phi_{m2} - \Phi_{m1}) = I\Delta\Phi_m$$



CHƯƠNG 9. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ



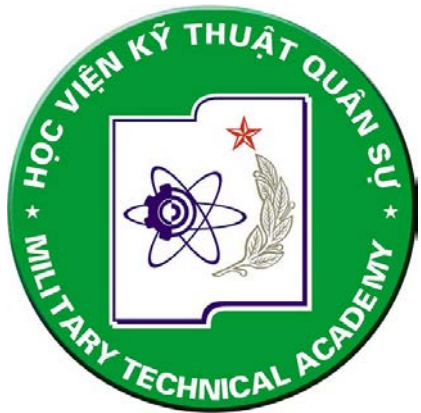
Michael Faraday (1791-1867)



CHƯƠNG 9. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1831 – Michael Faraday thực hiện thí nghiệm

Từ thông gửi qua mạch dẫn kín thay đổi, trong mạch xuất hiện dòng điện cảm ứng → Hiện tượng cảm ứng điện từ...



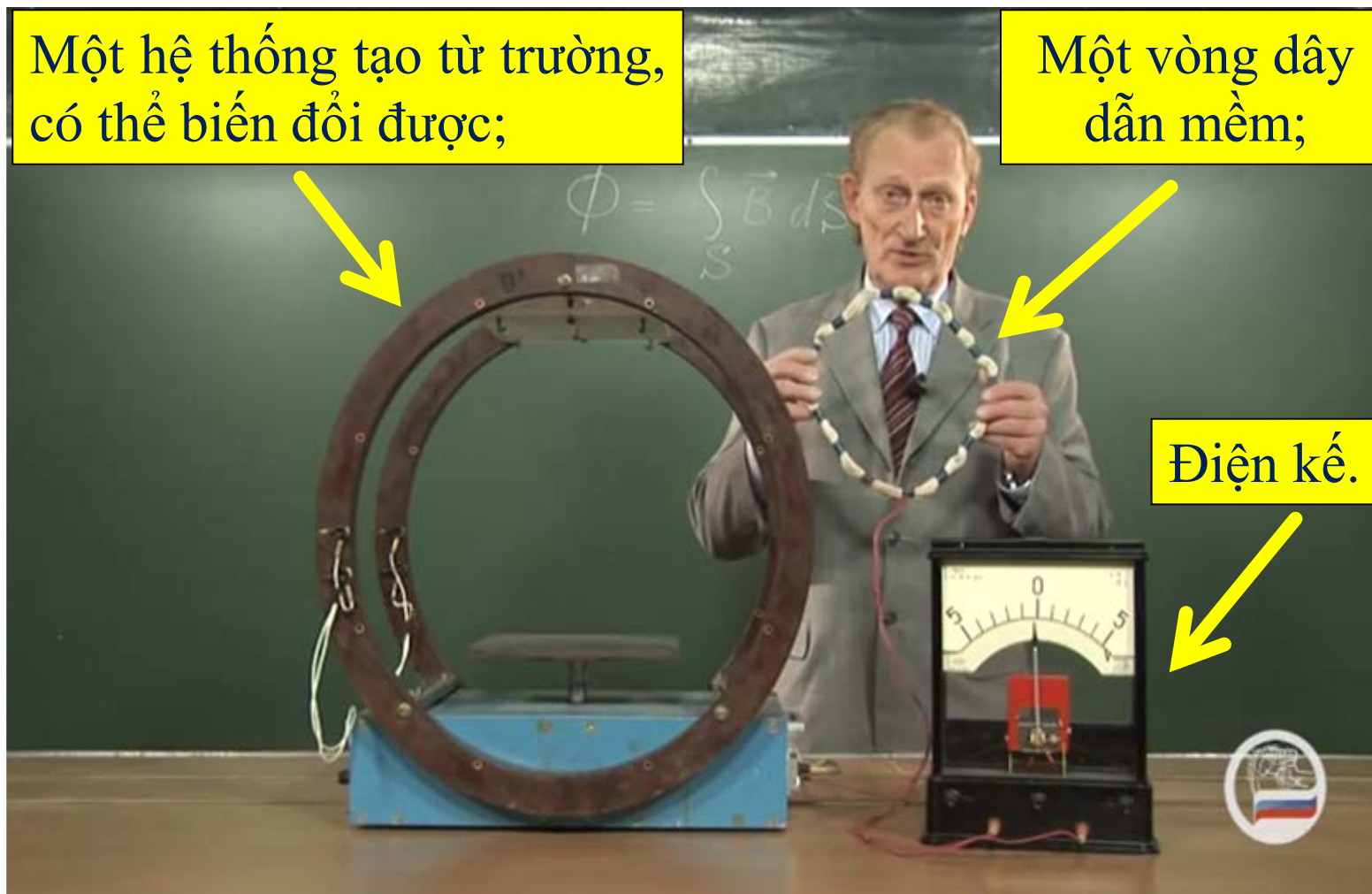
BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Thí nghiệm Faraday

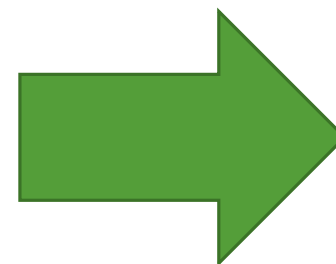
Một hệ thống tạo từ trường,
có thể biến đổi được;

Một vòng dây
dẫn mềm;

Mời các bạn
theo dõi clip
sau đây...

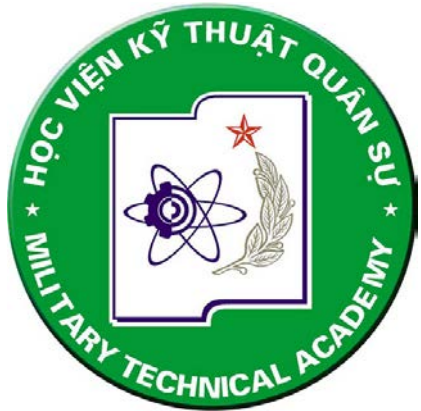


Điện kế.





Thấu Nguyễn 2017



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Thí nghiệm Faraday

Các kết luận:

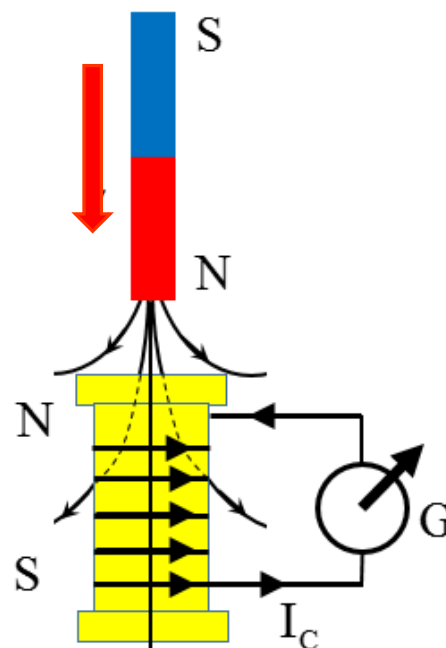
- a) Từ thông gửi qua mạch kín biến đổi theo thời gian là nguyên nhân sinh ra dòng điện cảm ứng trong mạch đó;
- b) Dòng điện cảm ứng chỉ tồn tại trong thời gian từ thông gửi qua mạch kín biến đổi;
- c) Cường độ dòng điện cảm ứng tỷ lệ thuận với tốc độ biến đổi của từ thông;
- d) Chiều của dòng điện cảm ứng phụ thuộc vào sự tăng hay giảm của từ thông gửi qua mạch, nó tuân theo định luật Lenx.



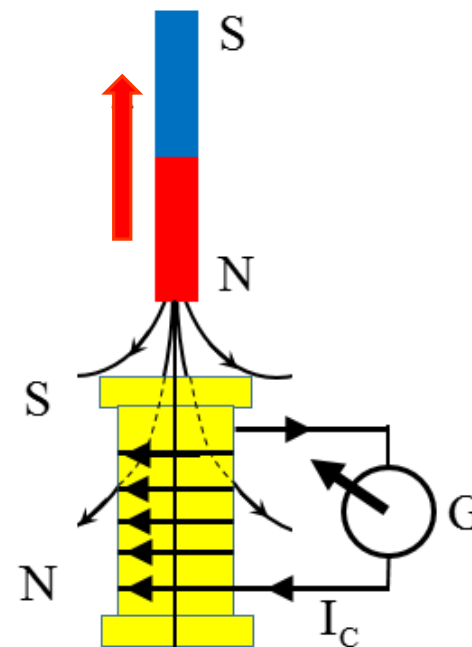
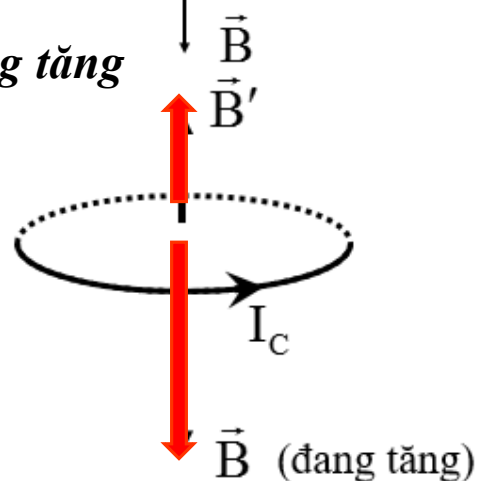
BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

2. Định luật Lenx

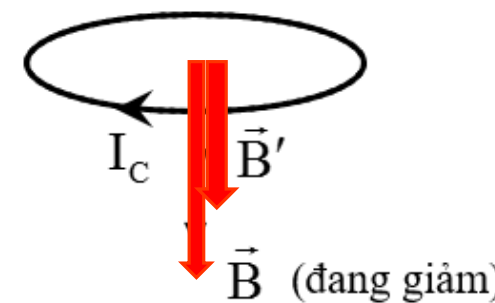
Dòng điện cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường do nó sinh ra có tác dụng chống lại nguyên nhân sinh ra nó.



Hình 1. Từ thông tăng



Hình 2. Từ thông giảm



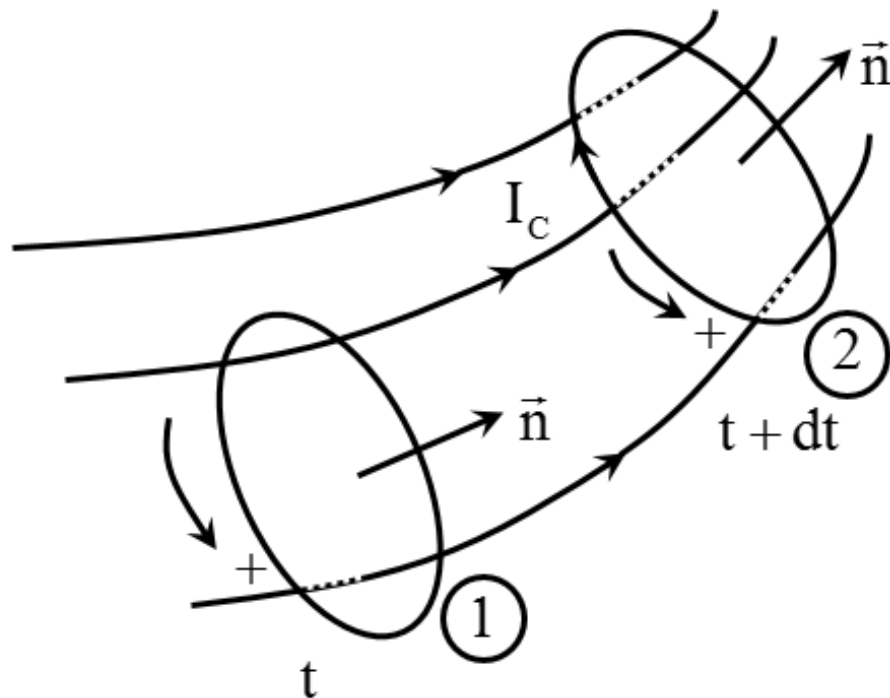
*Trong cả 2 trường hợp, đều **tốn công**, phần công này là điện năng của dòng điện cảm ứng!*



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ

Sự xuất hiện của dòng điện cảm ứng chứng tỏ trong mạch điện có một suất điện động. Suất điện động ấy được gọi là *suất điện động cảm ứng*.



Công của lực từ tác dụng lên dòng điện cảm ứng là công cản:

$$dA = I_c d\Phi_m$$

Công để dịch chuyển vòng dây:

$$dA' = -dA = -I_c d\Phi_m$$

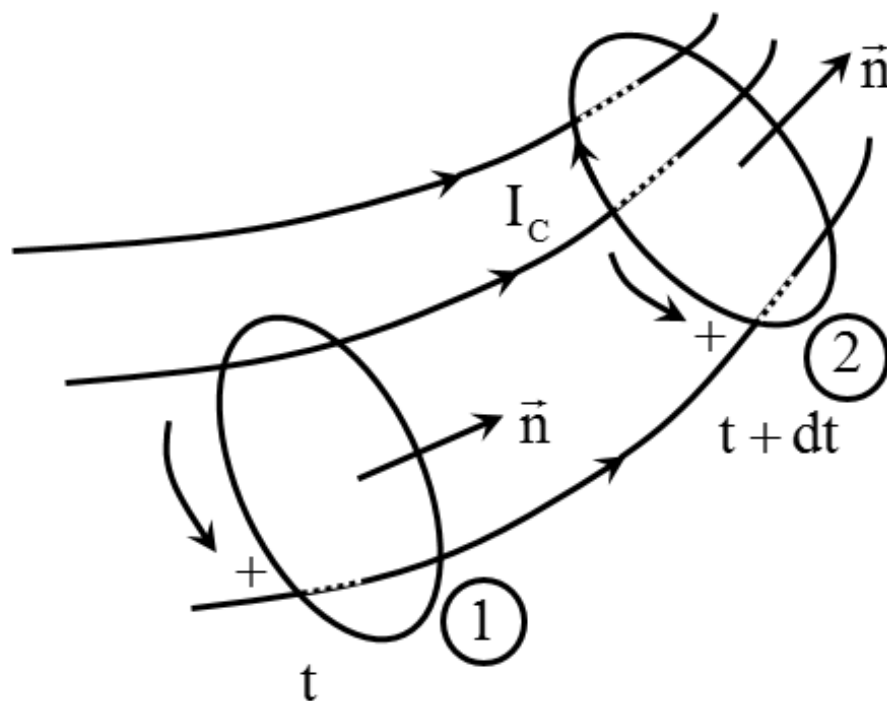


BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ

Năng lượng của dòng điện cảm ứng: $\varepsilon_C I_C dt$

ε_C - Suất điện động điện cảm ứng



Công dịch chuyển vòng dây chuyển thành năng lượng của dòng điện cảm ứng:

$$-I_C d\Phi_m = \varepsilon_C I_C dt$$

Suy ra: $\varepsilon_C = -\frac{d\Phi_m}{dt}$



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ

Phát biểu:

Suất điện động cảm ứng luôn bằng về trị số, nhưng trái dấu với tốc độ biến thiên của từ thông gửi qua diện tích của mạch điện.

13

$$\varepsilon_c = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

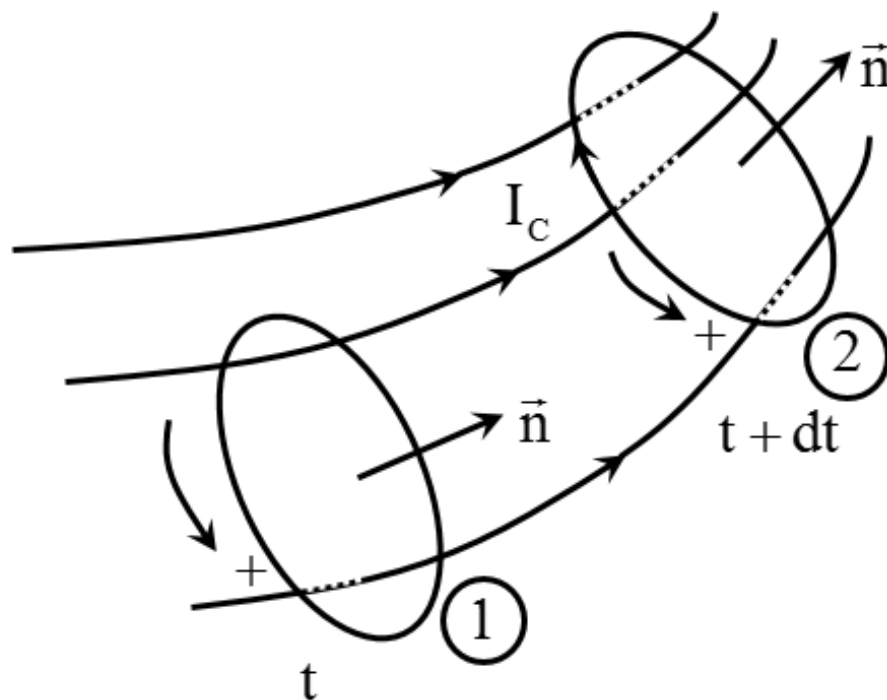
Các kết luận của Faraday

Dấu “-” → Định luật Lenx



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ



Chú ý:

- Phải chọn chiều dương trong mạch;
- Phải chọn véc-tơ pháp tuyến đối với diện tích giới hạn bởi mạch phù hợp với chiều dương.



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

4. Định nghĩa đơn vị từ thông

Nếu trong khoảng thời gian Δt từ thông giảm qua diện tích mạch điện giảm từ giá trị Φ_m về 0, ta có:

$$\varepsilon_C = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{0 - \Phi_m}{\Delta t} = \frac{\Phi_m}{\Delta t} \rightarrow \Phi_m = \varepsilon_C \Delta t$$

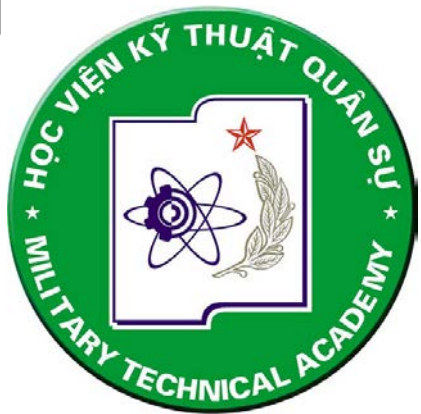
Nếu $\Delta t = 1 \text{ s}$, $\varepsilon_C = 1 \text{ V}$ thì:

$$\Phi_m = 1(\text{V}).1(\text{s}) = 1 \text{ Wb}$$

Đơn vị của từ thông là Wb (vêbe).

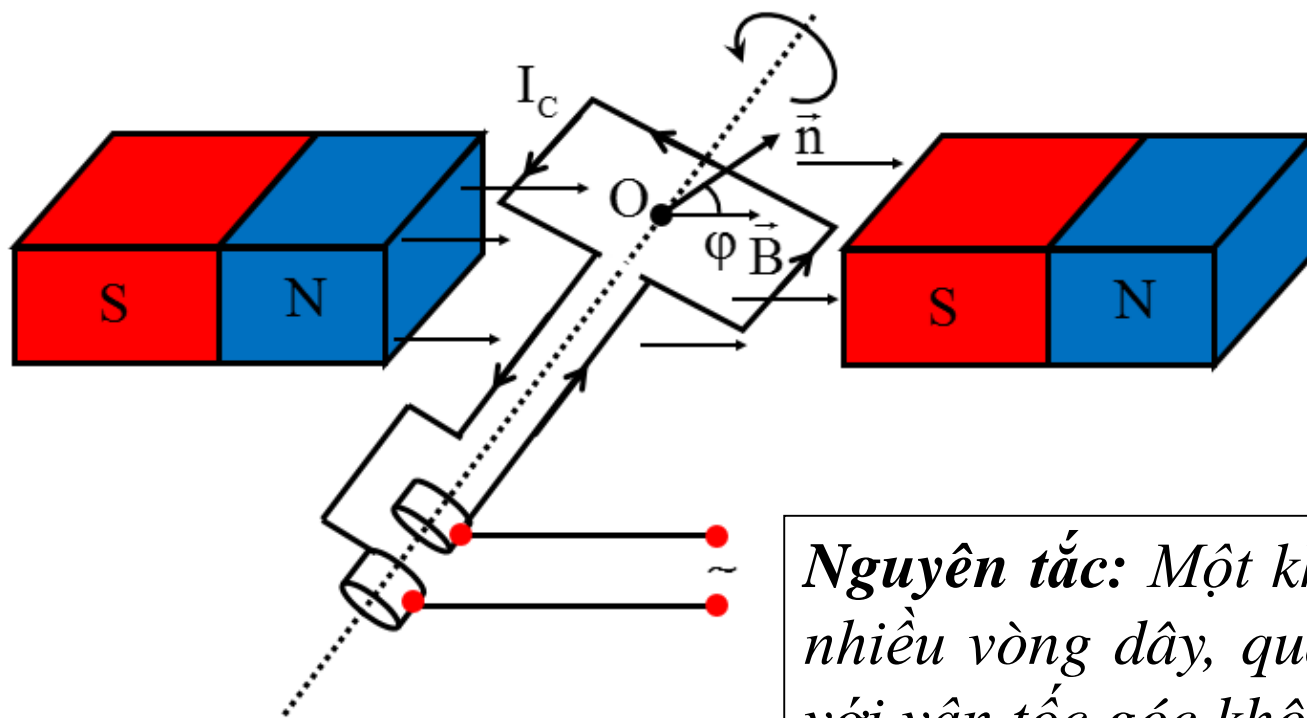


Vêbe là từ thông gây ra trong một vòng dây dẫn bao quanh nó một suất điện động cảm ứng 1 vôn khi từ thông giảm đều xuống giá trị không trong thời gian 1 giây.

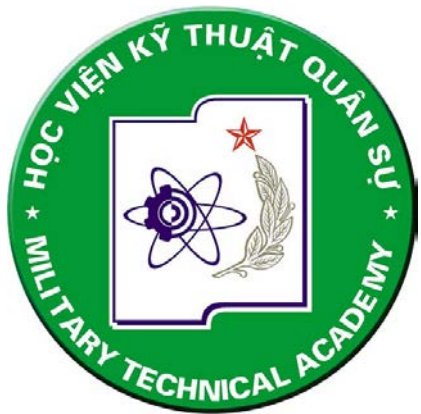


BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

5. Cách tạo nên dòng điện xoay chiều

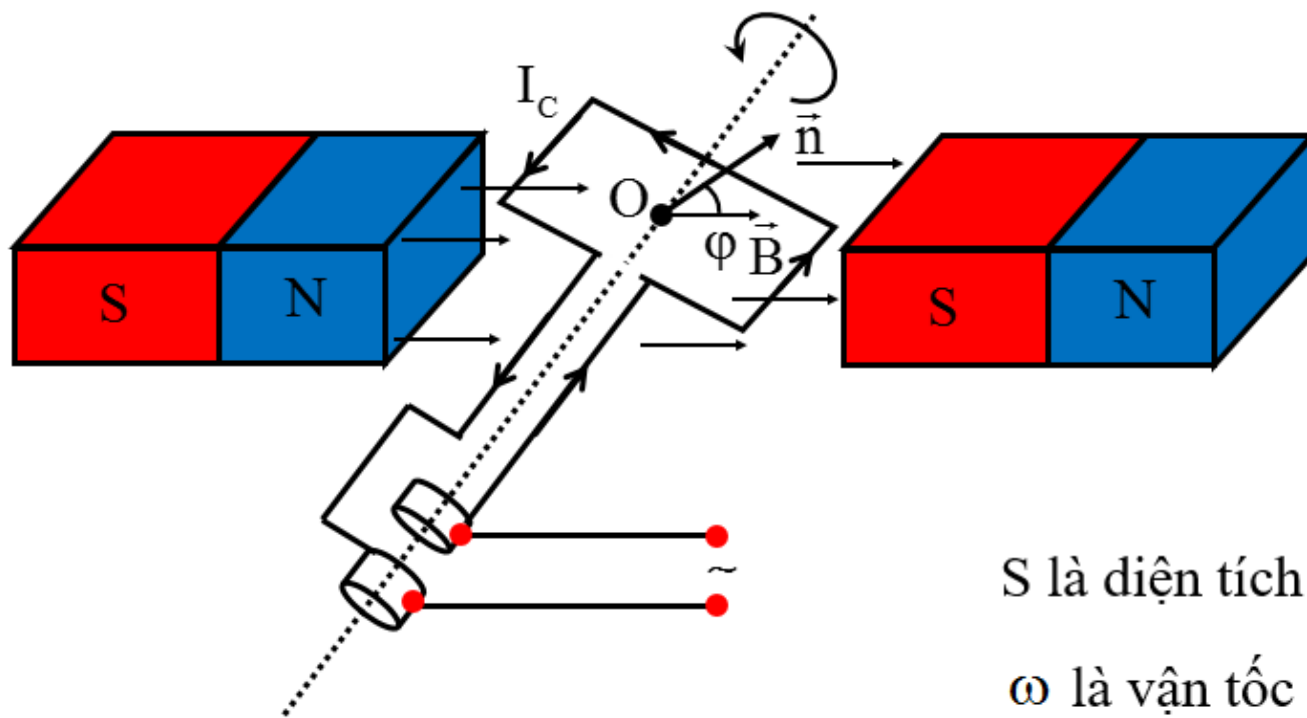


Nguyên tắc: Một khung dây dẫn gồm một hoặc nhiều vòng dây, quay trong một từ trường đều, với vận tốc góc không đổi, từ thông gửi qua mặt khung sẽ biến đổi tuần hoàn và trong khung dây xuất hiện dòng điện cảm ứng xoay chiều.



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

5. Cách tạo nên dòng điện xoay chiều



S là diện tích khung dây

ω là vận tốc góc của khung ($\omega = \text{const}$)

\vec{B} là véc-tơ cảm ứng từ ($\vec{B} = \text{const}$)

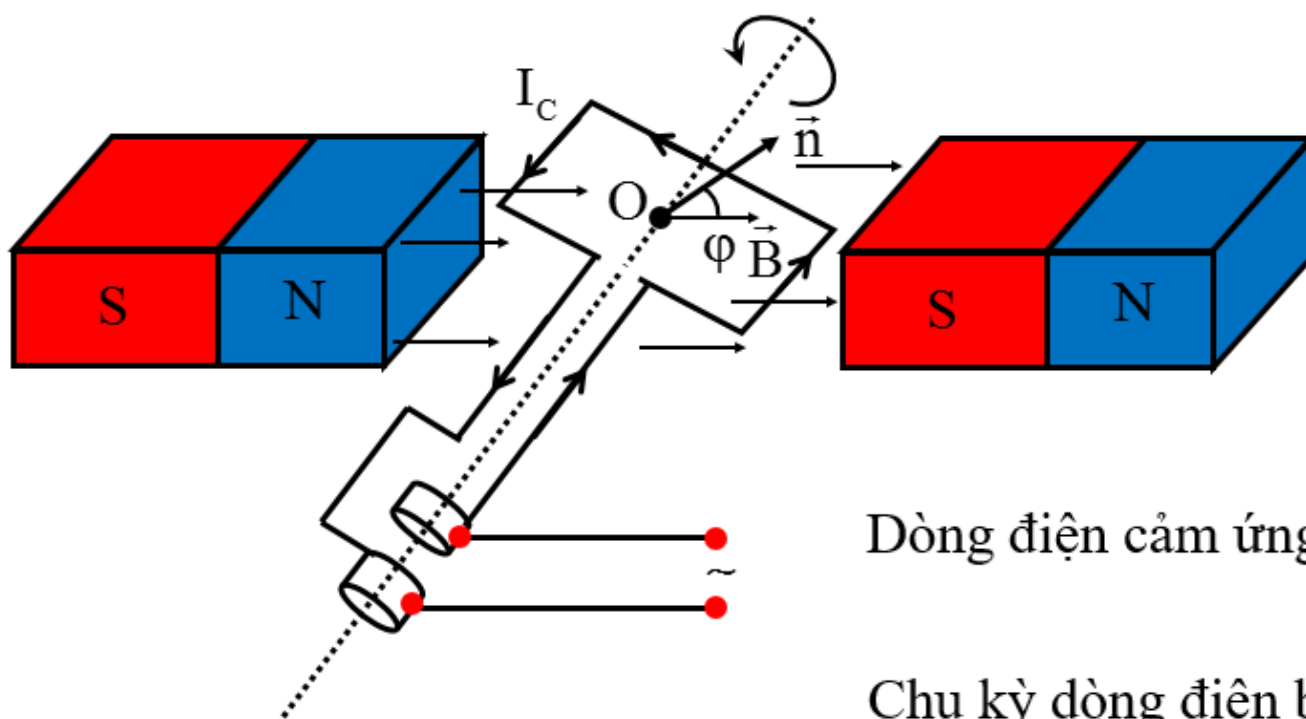


BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

5. Cách tạo nên dòng điện xoay chiều

Giả sử tại thời điểm $t = 0 \rightarrow \varphi = (\vec{B}, \vec{n}) = 0$

Suy ra tại thời điểm t bất kỳ sau đó $\rightarrow \varphi = (\vec{B}, \vec{n}) = \omega t$



Từ thông gửi qua khung dây:

$\Phi_m = NBS \cos \omega t$, N là số vòng dây.

Suất điện động

$$\varepsilon_c = -\frac{d\Phi_m}{dt} = NBS\omega \sin \omega t$$

Dòng điện cảm ứng $I_c = \frac{\varepsilon_c}{R} = \frac{NBS\omega}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t$

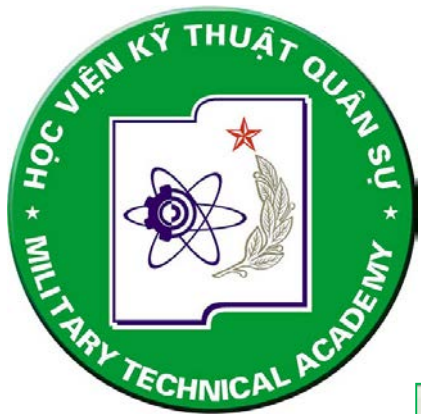
Chu kỳ dòng điện bằng chu kỳ quay: $T = \frac{2\pi}{\omega}$



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

6. Dòng điện Foucault (Léon Foucault 1819-1868)

- Thí nghiệm Foucault:
- Quay một đĩa kim loại quanh một trục không ma sát. Đĩa quay một lúc lâu.
- Lặp lại thí nghiệm trên, nhưng đặt đĩa kim loại trong một từ trường mạnh. Đĩa nhanh chóng dừng lại khi được đưa vào từ trường, và đồng thời bị nóng lên.



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

6. Dòng điện Foucault (Léon Foucault 1819-1868)

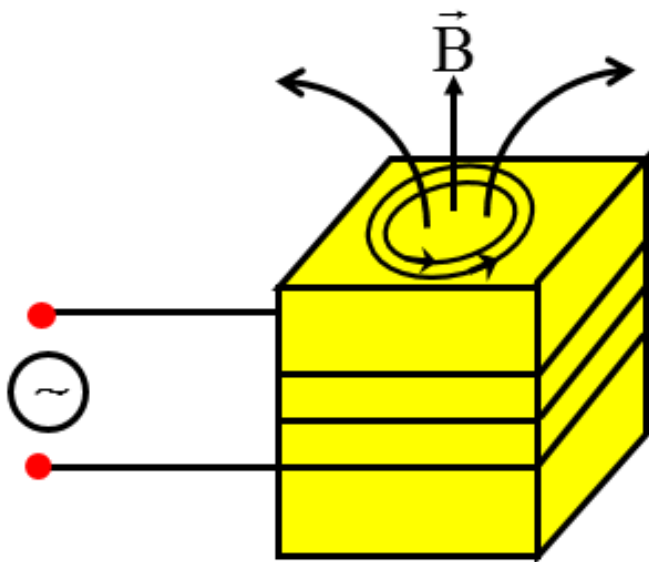




BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

6. Dòng điện Foucault (Léon Foucault 1819-1868)

Khi ta đặt vật dẫn có kích thước lớn vào trong một từ trường biến đổi theo thời gian, trong thể tích của vật dẫn đó cũng xuất hiện những dòng điện cảm ứng khép kín, gọi là dòng điện xoáy, hay dòng điện Foucault.



Vì vật dẫn có kích thước lớn, nên điện trở của nó nhỏ, do đó cường độ dòng điện Foucault $I_F = \frac{\varepsilon_C}{R}$ rất lớn.

$$\text{vì } \varepsilon_C = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

khi vật dẫn đặt trong từ trường biến đổi nhanh do các dòng cao tần sinh ra thì cường độ dòng Foucault càng mạnh.



BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

6. Dòng điện Foucault (Léon Foucault 1819-1868)

a) Tác hại của dòng Foucault

Máy biến thế, động cơ điện, v.v... có lõi sắt

Năng lượng của các dòng Foucault bị mất đi dưới dạng nhiệt làm máy mau nóng, và năng lượng bị hao phí, hiệu suất của máy giảm.

→ Người ta dùng nhiều lá sắt mỏng sơn cách điện ghép lại với nhau sao cho các nhát cắt song song với chiều của từ trường. Cường độ dòng điện Foucault trong các lá đó giảm → năng lượng hao phí giảm đi.

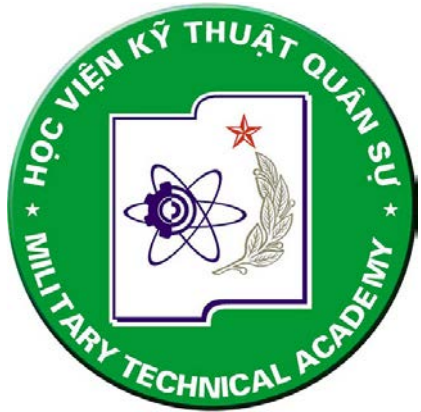


BÀI 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

6. Dòng điện Foucault (Léon Foucault 1819-1868)

b) Lợi ích của dòng Foucault

- Lò điện cảm ứng, nhiệt lượng tỏa ra do dòng Foucault được sử dụng để nấu chảy kim loại
- Dòng điện Foucault còn được dùng để hãm dao động.
- Bếp từ (hay bếp điện cảm ứng)
- Đệm từ trường
- phanh, hệ thống giảm tốc



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Hiện tượng

Trong một mạch điện kín (C) có dòng điện I chạy qua, nếu dòng điện I trong mạch biến thiên thì từ thông gửi qua mạch kín đó biến thiên. Khi đó, trong mạch (C) sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng I_C . Nhưng dòng điện I_C này xuất hiện do chính dòng điện trong mạch (C) biến thiên gây ra, cho nên dòng I_C gọi là **dòng tự cảm I_{tc}** và hiện tượng này được gọi là **hiện tượng tự cảm**.

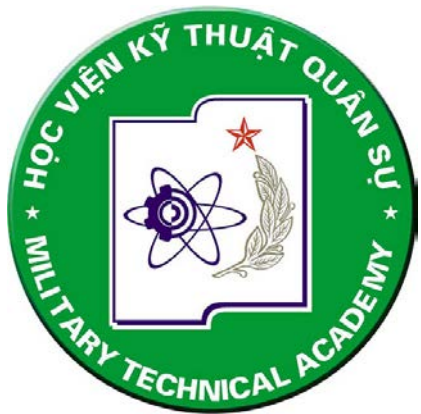


BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Hiện tượng

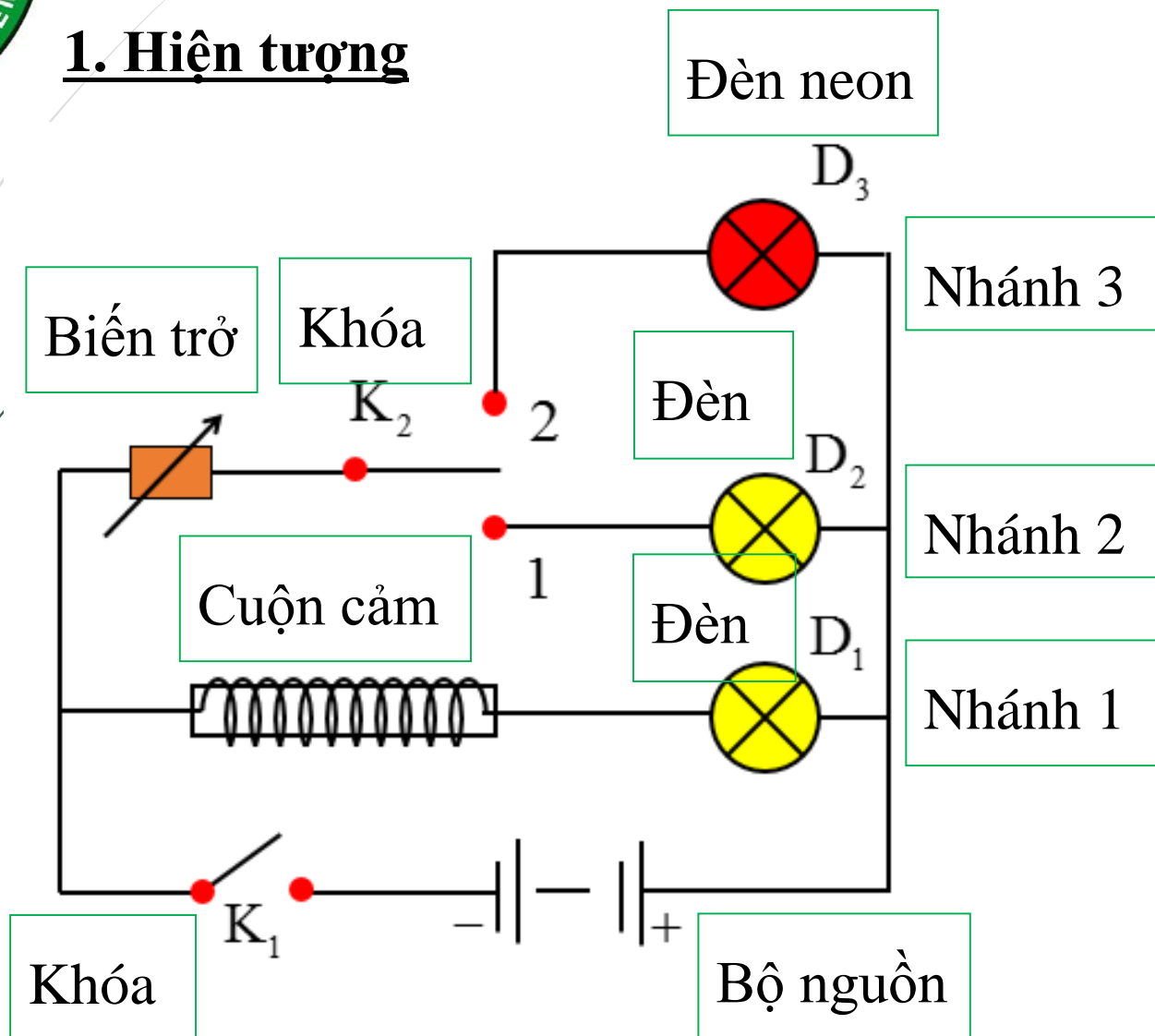
Trong các mạch điện một chiều (không đổi), hiện tượng tự cảm thường xảy ra khi đóng mạch hoặc ngắt mạch (tại những thời điểm này dòng điện trong mạch có sự biến thiên đột ngột).

Trong các mạch điện xoay chiều (biến thiên), hiện tượng tự cảm luôn luôn xảy ra, vì cường độ dòng điện xoay chiều biến thiên liên tục theo thời gian.



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Hiện tượng

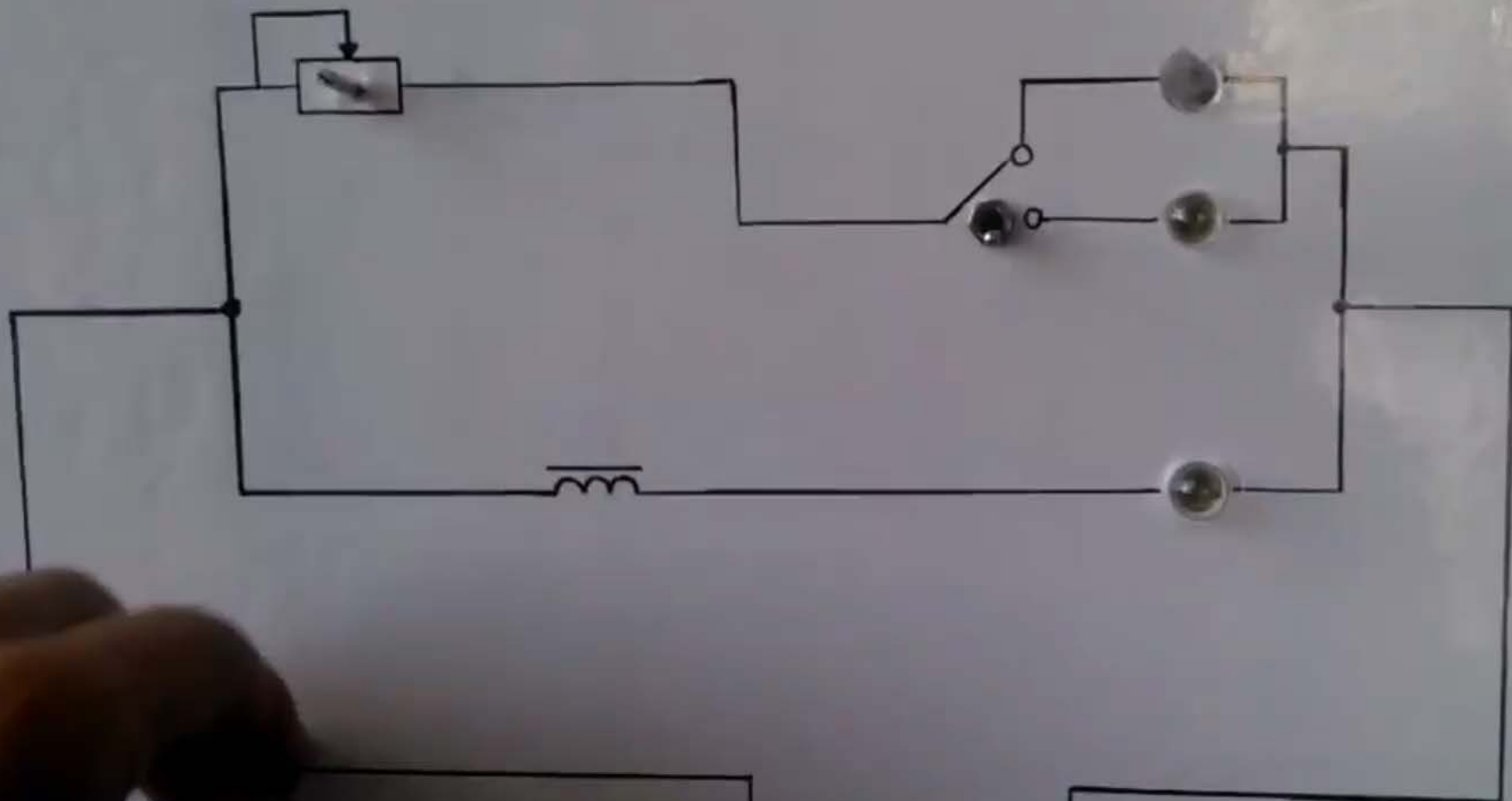


Thí nghiệm 1:

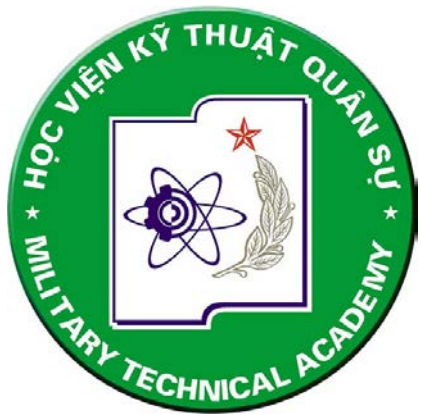
- Hiện tượng tự cảm khi đóng mạch. Khóa K_2 ở vị trí số 1.

Thí nghiệm 2:

- Hiện tượng tự cảm khi ngắt mạch. Khóa K_2 ở vị trí số 2.



Đóng khóa K1

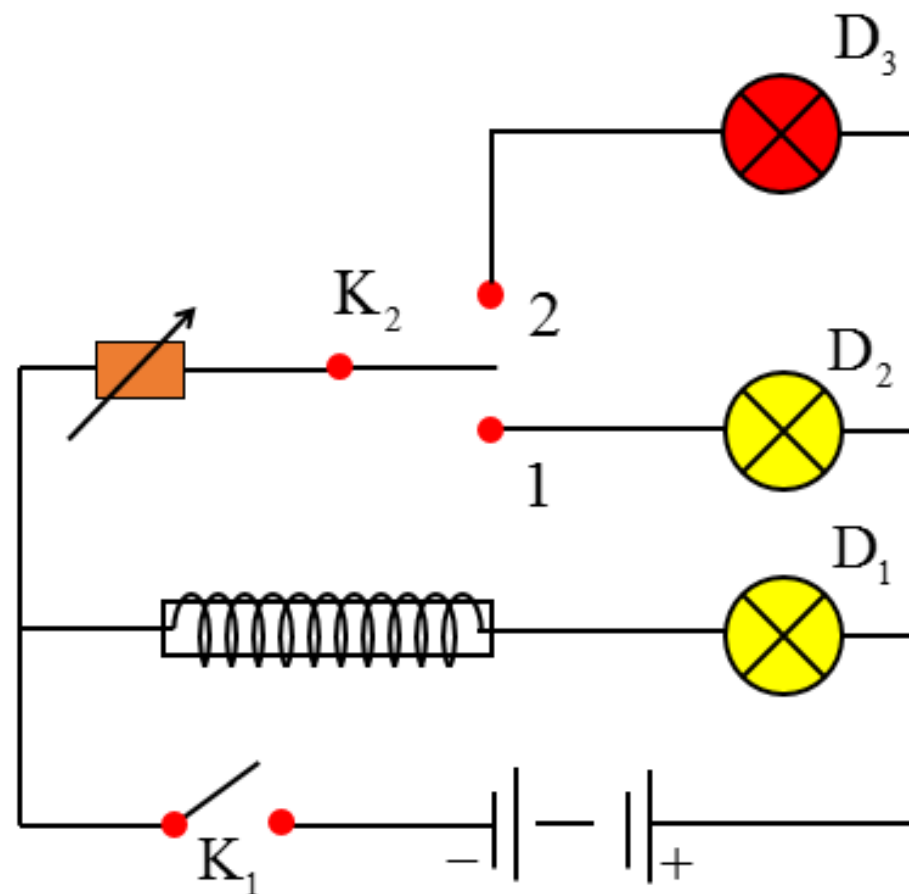


BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Hiện tượng

Giải thích thí nghiệm 1:

Khi đóng khóa K_1 , trong mạch 1, từ thông gửi qua cuộn cảm tăng dần từ 0 đến 1 giá trị nào đó, trong mạch 1 xuất hiện một dòng tự cảm ngược chiều với dòng điện của nguồn (dòng này biến mất khi từ thông tăng lên giá trị cực đại), do đó đèn 1 sáng từ từ rồi ổn định, còn đèn 2 thì sáng luôn vì trong nhánh của đèn 2 không có cuộn cảm.



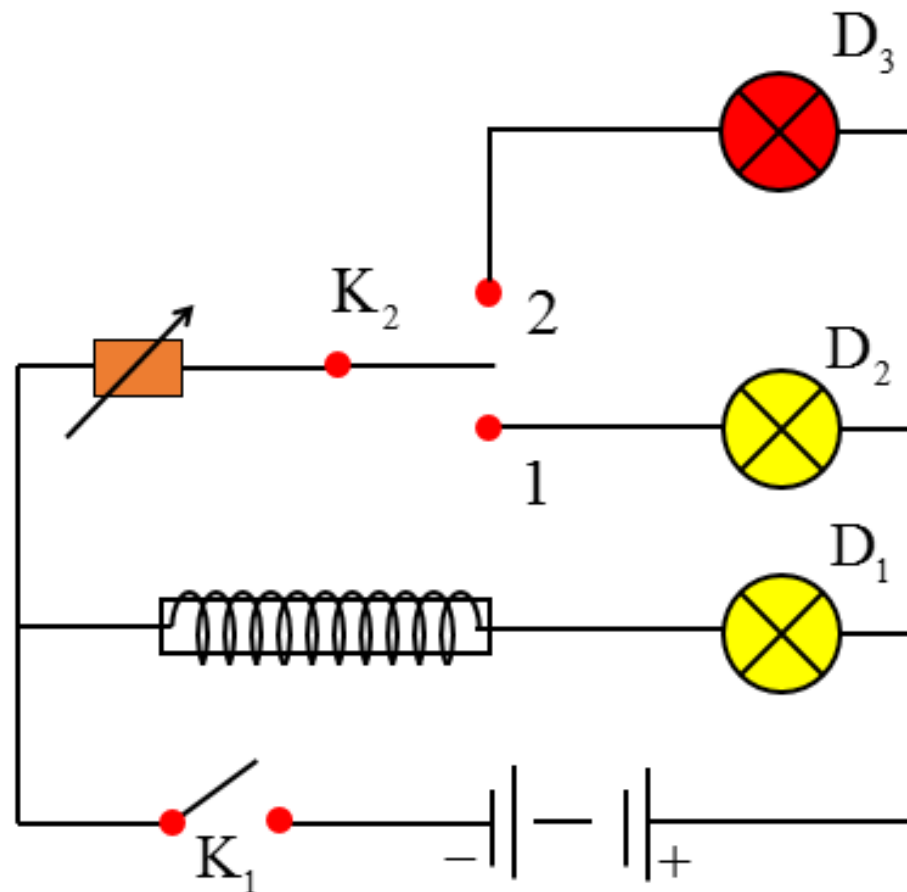


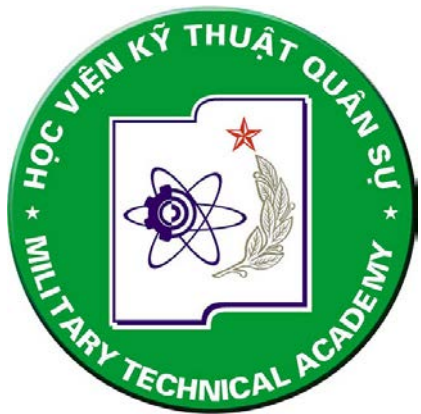
BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

1. Hiện tượng

Giải thích thí nghiệm 2:

Khi ngắt khóa K_1 , từ thông trong cuộn cảm giảm đột ngột về giá trị 0, dòng tự cảm sinh ra cùng chiều với dòng điện của nguồn, tức là suất điện động tự cảm cùng chiều với suất điện động của nguồn, làm cho hiệu điện thế giữa 2 cực bóng đèn neon 3 lớn hơn hiệu điện thế của nguồn rất nhiều, giúp đèn 3 lóe sáng.





BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

2. Suất điện động tự cảm. Hệ số tự cảm

$$\varepsilon_{tc} = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

Từ thông tỷ lệ thuận với cảm ứng từ do dòng điện trong mạch sinh ra, cảm ứng từ B của một ống dây thì lại tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện I của mạch. Suy ra từ thông tỷ lệ thuận với I:

$$\Phi_m = LI \quad L - \text{hệ số tự cảm, độ tự cảm}$$

$$\varepsilon_{tc} = - \frac{d\Phi_m}{dt} = - \frac{d(LI)}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Như vậy, suất điện động tự cảm tỷ lệ thuận với tốc độ biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch.



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

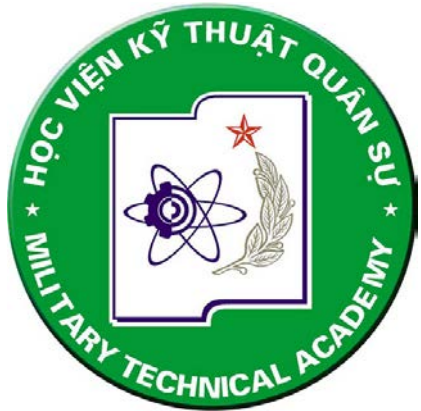
2. Suất điện động tự cảm. Hệ số tự cảm

Ý nghĩa và đơn vị của hệ số tự cảm.

$$L = \frac{\Phi_m}{I}$$

$$1H = \frac{1Wb}{1A}$$

Henry là hệ số tự cảm của một mạch kín khi dòng điện cường độ 1 Ampe chạy qua thì sinh ra trong chân không từ thông bằng 1 vêbe qua mạch đó.



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

2. Suất điện động tự cảm. Hệ số tự cảm

Hệ số tự cảm của một ống dây điện thẳng dài

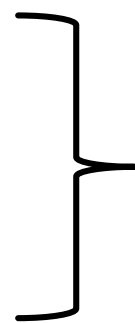
Gọi độ dài của ống dây là l ,

Tiết diện của ống dây là S ,

Số vòng dây quấn trên ống là N

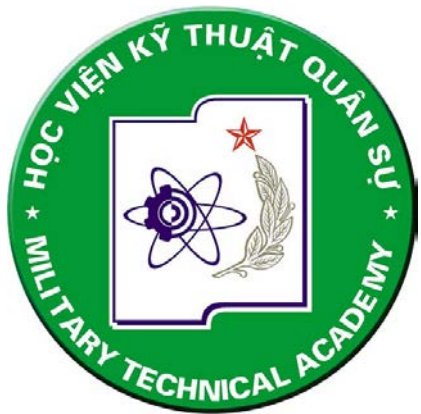
$$L = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{NBS}{I}$$

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



$$L = \frac{\mu_0 \mu N^2 S}{l} = \mu_0 \mu n^2 S l = \mu_0 \mu n^2 V$$

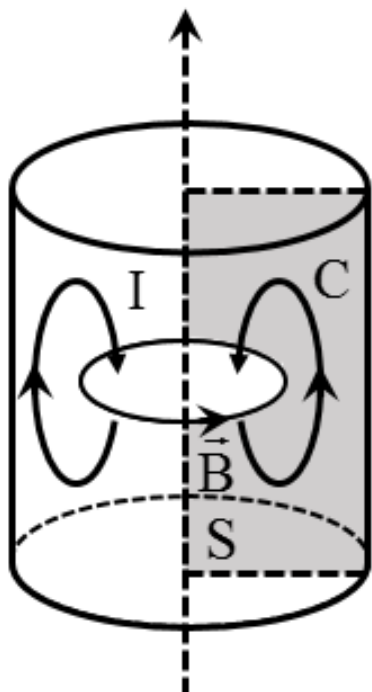
$V = S.l$ – thể tích của ống dây



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

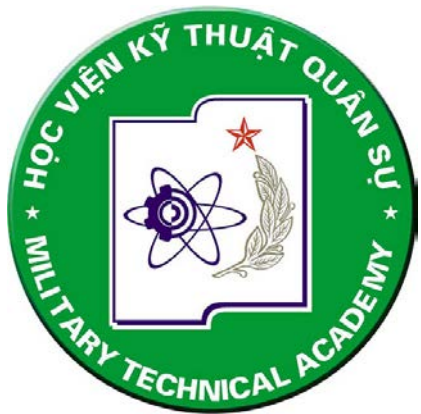
3. Hiệu ứng bề mặt (skin – effect)

Khi cho dòng cao tần (dòng biến đổi với tần số cao) chạy qua một dây dẫn thì do hiện tượng tự cảm, dòng điện đó hầu như không chạy trong lòng dây mà chỉ chạy ở lớp bề mặt của nó. Hiện tượng này gọi là *hiệu ứng bề mặt* hay *skin-effect*



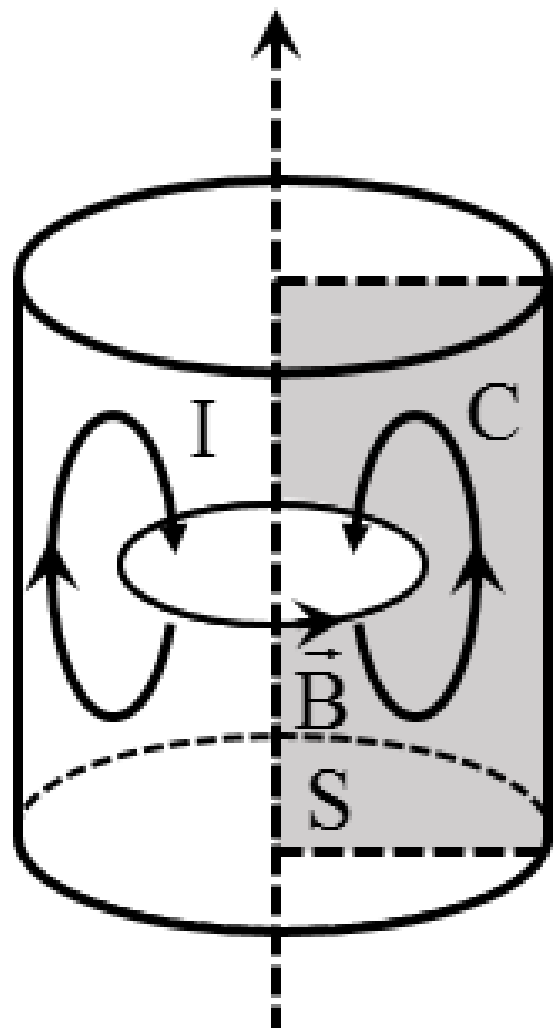
Giả sử dòng điện cao tần đi từ dưới lên trên \rightarrow gây ra từ trường biến thiên \rightarrow dòng tự cảm khép kín.

Giả sử dòng tăng, dòng điện tự cảm phải sinh ra một từ trường ngược chiều với véc-tơ cảm ứng từ do dòng cao tần sinh ra, tức là có chiều như hình vẽ (phía trong ngược chiều dòng điện ngoài).



BÀI 2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

3. Hiệu ứng bề mặt (skin – effect)



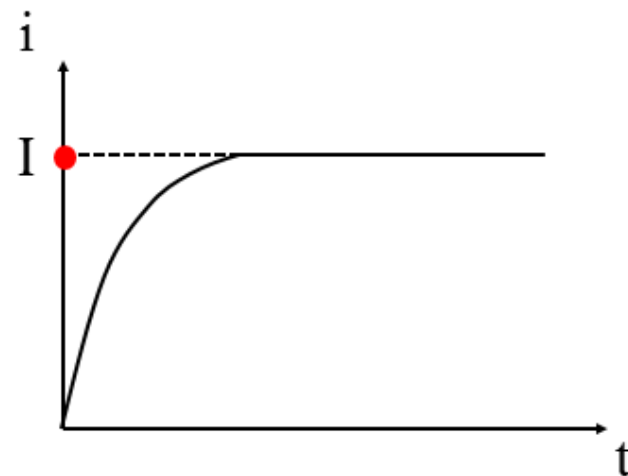
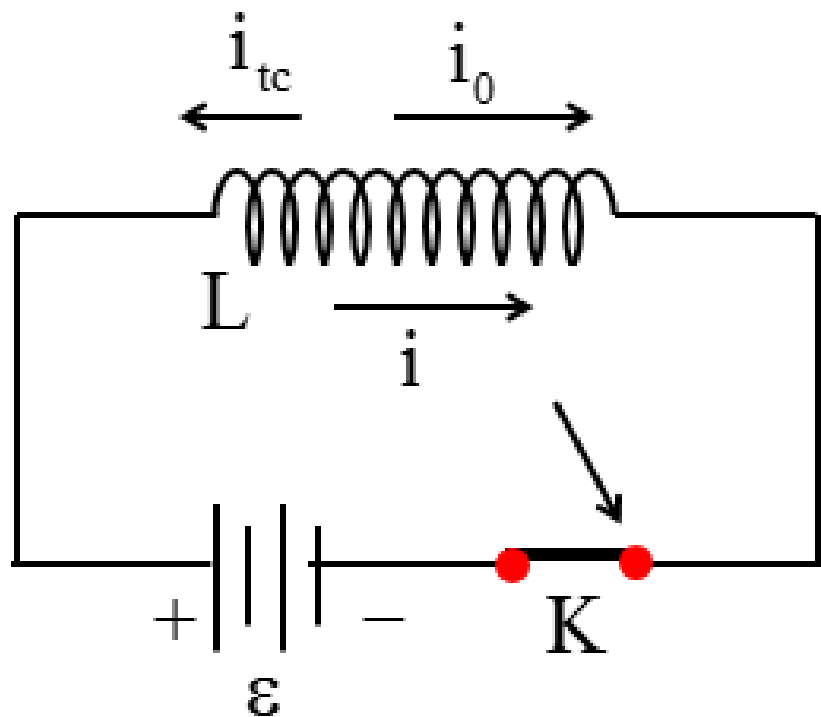
Như vậy, khi dòng cao tần tăng, các dòng điện tự cảm xuất hiện trong dây dẫn chống lại sự tăng của dòng cao tần chạy trong lòng ống dây, làm thuận lợi cho sự tăng của phần dòng điện cao tần chạy ở bề mặt.

Khi dùng dòng điện cao tần, người ta làm các dây dẫn rỗng để tiết kiệm kim loại.

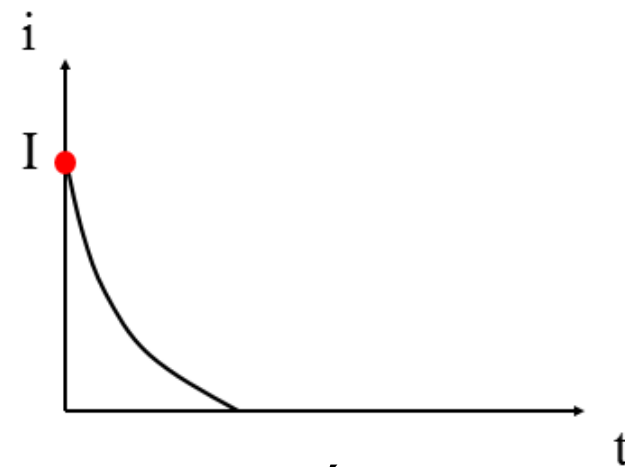


BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

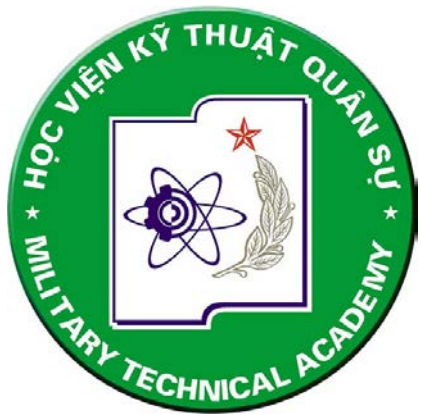
1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện



Dòng đóng mạch



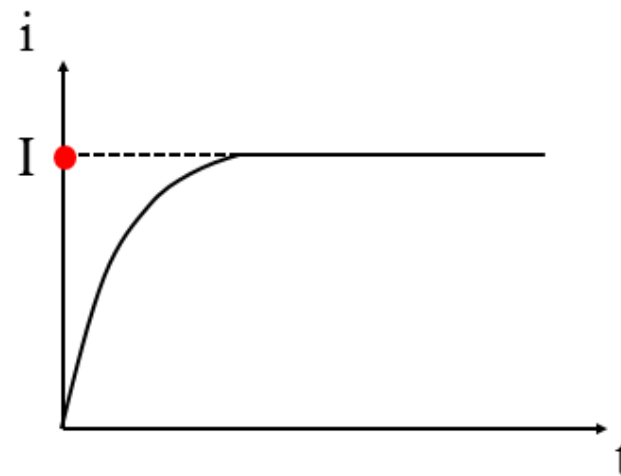
Dòng ngắt mạch



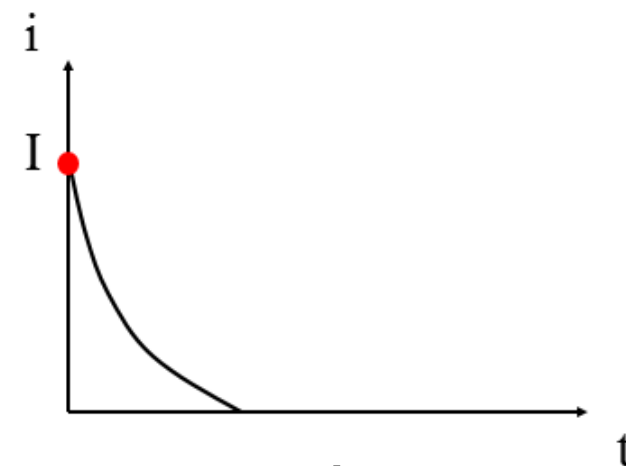
BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện

Khi đóng mạch, dòng điện I tăng dần từ giá trị 0 đến giá trị ổn định, cực đại I . Trong mạch xuất hiện dòng điện tự cảm i_{tc} ngược chiều với dòng điện chính i_0 do nguồn phát ra \rightarrow dòng điện toàn phần ở trong mạch $i = i_0 - i_{tc} < i_0 \rightarrow$ Chỉ có một phần điện năng do nguồn sinh ra là biến thành nhiệt.



Dòng đóng mạch



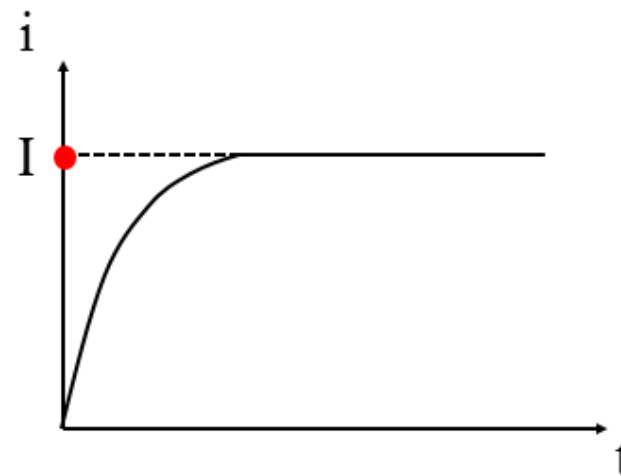
Dòng ngắt mạch



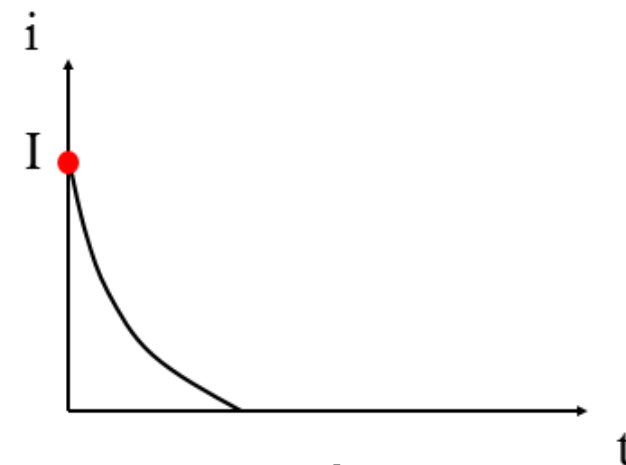
BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện

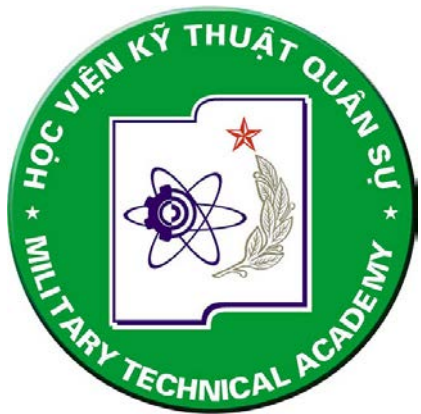
Khi ngắt mạch, dòng điện chính giảm đột ngột từ giá trị I về 0. Trong mạch xuất hiện dòng điện tự cảm cùng chiều với dòng điện chính, làm cho dòng điện toàn phần trong mạch lớn lên và giảm chậm lại, nhiệt lượng tỏa ra trong mạch lúc này lớn hơn năng lượng do nguồn điện sinh ra.



Dòng đóng mạch



Dòng ngắt mạch

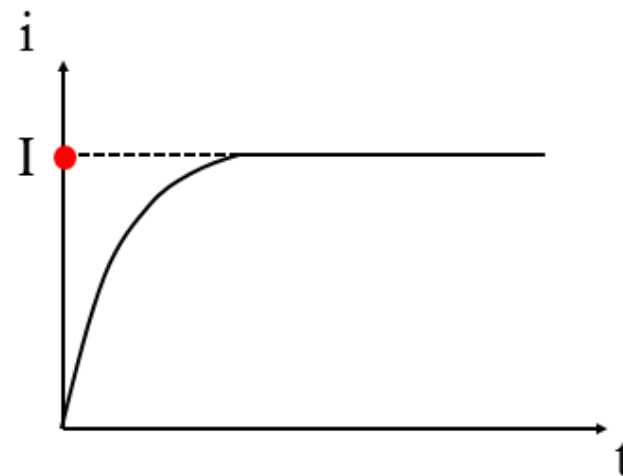


BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

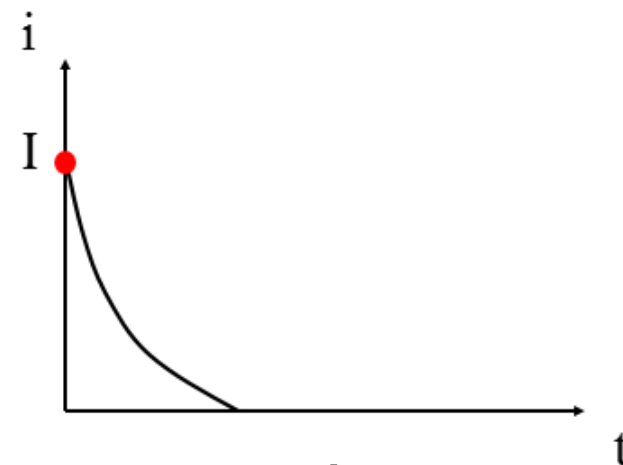
1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện

Như vậy, khi đóng mạch, một phần điện năng do nguồn sinh ra được tích trữ dưới một dạng năng lượng nào đó, để khi ngắt mạch, phần năng lượng này tỏa ra dưới dạng nhiệt trong mạch.

→ **NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG**



Dòng đóng mạch



Dòng ngắt mạch



BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện

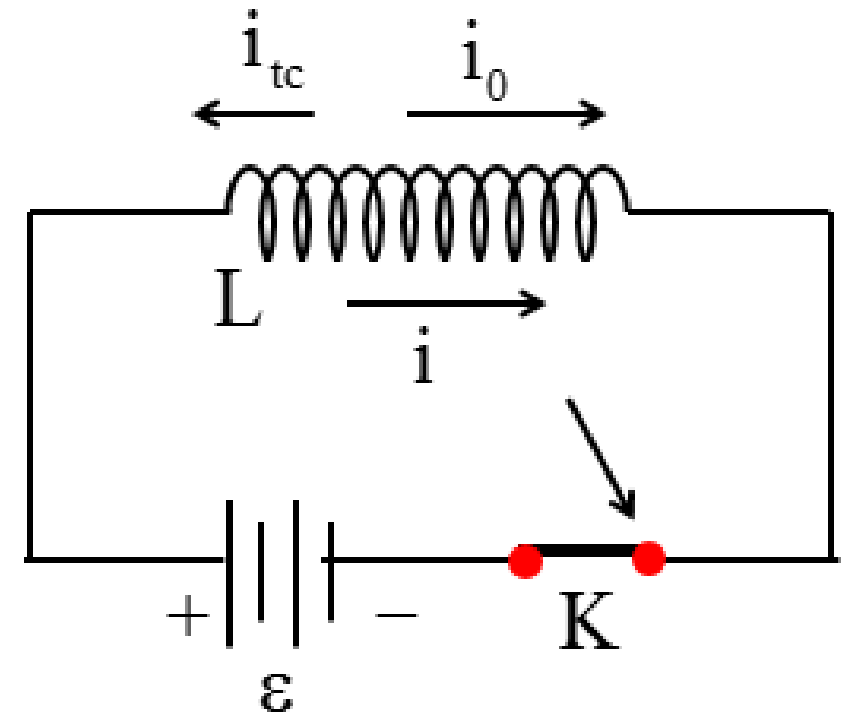
Định luật Ohm $\varepsilon + \varepsilon_{tc} = Ri$

$$\varepsilon_{tc} = -L \frac{di}{dt}$$

$$\varepsilon - L \frac{di}{dt} = Ri \rightarrow \varepsilon = Ri + L \frac{di}{dt}$$

Nhân cả 2 vế với idt ta được:

$$\varepsilon idt = Ri^2 dt + Lidi$$





BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

1. Năng lượng từ trường của một ống dây điện

$$\varepsilon dt = Ri^2 dt + Lidi$$

εdt là năng lượng do nguồn điện sinh ra trong khoảng thời gian dt ,
năng lượng này 1 phần tỏa thành nhiệt trong mạch $Ri^2 dt$,
còn một phần được tích trữ dưới năng lượng từ trường:

$$dW_m = Lidi$$

$$W_m = \int_0^{W_m} dW_m = \int_0^I Lidi = \frac{1}{2} LI^2$$



BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

2. Mật độ năng lượng từ trường

$$w_m = \frac{W_m}{V} = \frac{\frac{1}{2} LI^2}{V} = \frac{\frac{1}{2} \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l} I^2}{Sl} = \frac{1}{2} \mu_0 \mu \frac{N^2}{l^2} I^2$$

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

$$\text{Suy ra: } w_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu}$$



BÀI 3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

2. Mật độ năng lượng từ trường

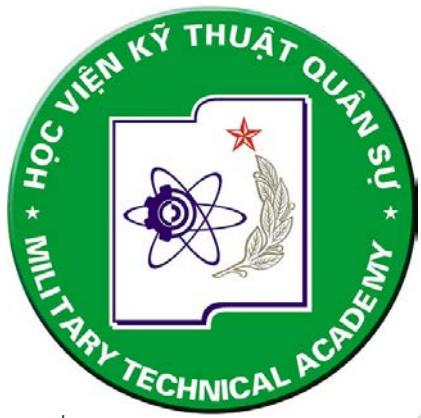
Mặt khác: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu}$

Nên: $w_m = \frac{1}{2} \vec{B} \vec{H}$

Người ta chứng minh được rằng công thức trên đúng với từ trường bất kỳ.

Như vậy, năng lượng của 1 từ trường bất kỳ được tính:

$$W_m = \int_V dW_m = \int_V \frac{1}{2} \vec{B} \vec{H} dV$$



CHƯƠNG 9

CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

5.1, 5.2, 5.5, 5.6, 5.7, 5.10, 5.16, 5.17, 5.23.



**Thank you for
your attention!**