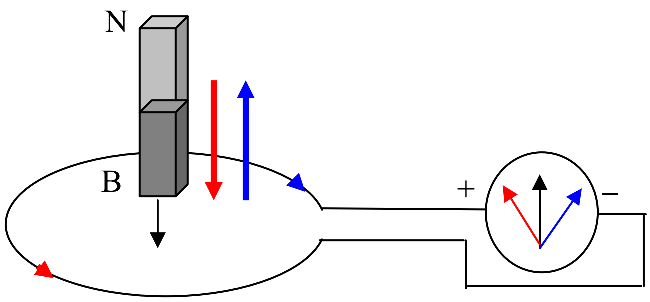
CHƯƠNG V: CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

V.1. THÍ NGHIỆM FARADAY:



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 cãm 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 $I_{cứ}$ lớn
- Thanh nam châm đứng yên kim điện kế chỉ 0, chứng tỏ $I_{cứ} = 0$

2. Qua thí nghiệm trên ta kết luận:

cuu duong than cong . com

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

V.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.

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

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

V.3. ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ (Xác định suất điện động cảm ứng: $\xi_{cứ}$)

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.

cuu duong than cong . com

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

V.4. BÀI TẬP CƠ BẢN CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ:

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

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

- Tính $\phi = \int_{(S)} d\phi = f(t)$
- Đạo hàm: $\dfrac{d(\phi)}{dt} \Rightarrow \xi_{cu} = \left| -\dfrac{d(\phi)}{dt} \right|$

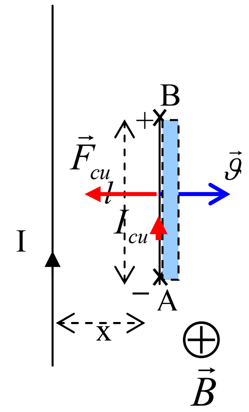
1. **Trong từ trường $\vec{B}$ của dây dẫn vô hạn**

a/ Tính $\xi_{cứ}$ của thanh AB đặt song song dây, di chuyển vận tốc $\vec{\vartheta} \perp$ dây

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

$$\frac{d\phi}{dt} = B.l.\frac{dx}{dt} = B.l.\vartheta \qquad \Rightarrow \xi_{cu} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu.\mu_o.I}{2\pi.x}.l.\vartheta$$

$$(I_{cu}, \vec{B}) \rightarrow \vec{F}_{cu} \uparrow\downarrow \vec{\vartheta}$$



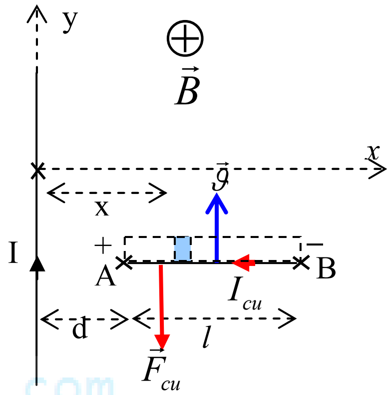
b/ $\xi_{cứ}$ của thanh AB đặt vuông góc dây, di chuyển vận tốc $\vec{\vartheta}$ // dây, cách đầu gần nhất thanh một đoạn d

$$d\phi = B.dS = \frac{\mu.\mu_o.I}{2\pi x}(dx.dy) = \frac{\mu.\mu_o.I.dy}{2\pi}\int_d^{d+l} dx$$

$$d\phi = \frac{\mu.\mu_o.I.dy}{2\pi}.\ln\frac{d+l}{d}$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu.\mu_o.I}{2\pi}.\frac{dy}{dt}.\ln\frac{d+l}{d}$$

$$\xi_{cu} = \frac{\mu.\mu_o.I.\vartheta}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}$$



cuu duong than cong . com

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

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

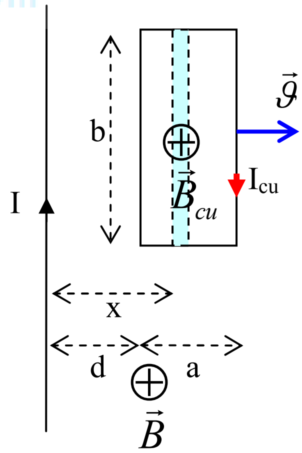
$$\phi = \int d\phi = \frac{\mu.\mu_o.I.b}{2\pi}.\int_d^{d+a}\frac{dx}{x} = \frac{\mu.\mu_o.I.l}{2\pi x}\ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

$$\phi(t) = \frac{\mu.\mu_o.I.b}{2\pi}.\left[\ln\left(\vartheta t + a\right) - \ln(\vartheta t)\right] \qquad \text{(vì d = } \vartheta\text{t)}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{cu} = \left|-\frac{d\phi}{dt}\right| = \left|\frac{\mu.\mu_o I.b}{2\pi}\left[\frac{\vartheta}{\vartheta + a} - \frac{\vartheta}{\vartheta t}\right]\right|$$

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

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



cuu duong than cong . com

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

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

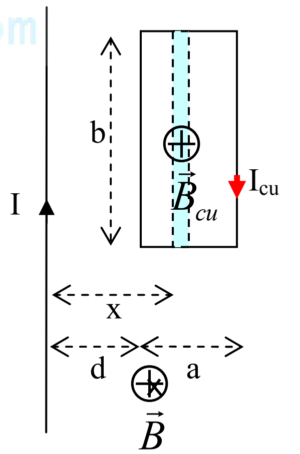
$$\phi(t) = \frac{\mu.\mu_o.b}{2\pi}\ln\left(\frac{d+a}{d}\right).I_o.e^{-\alpha.t}$$

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

$$t\uparrow \rightarrow I\downarrow \Rightarrow \phi\downarrow$$

$$\Rightarrow \vec{B}_{cu} \uparrow\uparrow \vec{B}$$

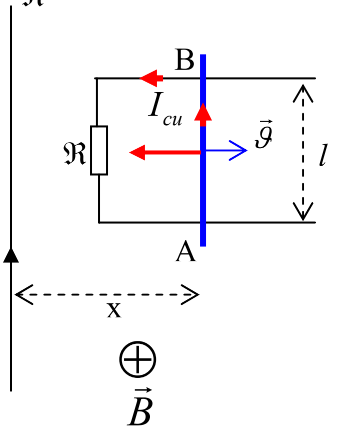
$$\xi_{cu} = \frac{\mu.\mu_o I.b.\alpha}{2\pi}\ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

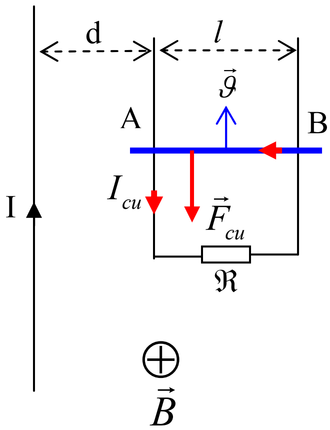


Chú ý: Bài toán cho mạch kín thì $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\Re}$ ($\Re$: là điện trở toàn mạch)

a/. $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\Re} = \frac{B.l.\vartheta}{\Re} = \frac{\mu.\mu_o.I.l.\vartheta}{2\pi.x.\Re}$

b/. $I_{cu} = \frac{\xi_{cu}}{\Re} = \frac{\mu.\mu_o.I.\vartheta}{2\pi.\Re}\ln\left(\frac{d+l}{d}\right)$





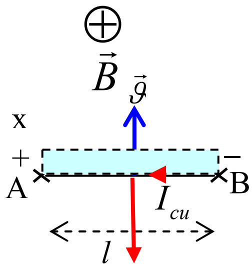
2.Trong từ trường $\vec{B}$ đều:

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

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

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

$\boxed{\xi_{cu} = B.l.\vartheta}$

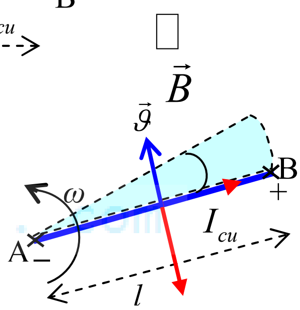


b/ Thanh AB quay quanh đầu A với vận tốc ω

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

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

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



V.5. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM:

1. Thí nghiệm hiện tượng tự cảm:

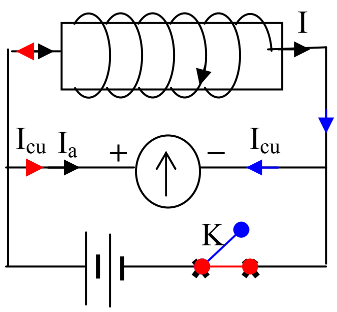
Mở K: cuộn dây: I → 0 , G: kim vượt quá 0 rồi trở về 0

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

Giải thích:

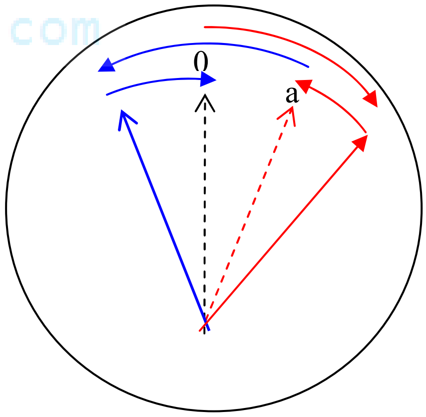
*Mở K: $\phi \downarrow \rightarrow \vec{B}_{cu} \uparrow\uparrow \vec{B}$ → $I_{cứ}$ cùng chiều I đi vào – của G: kim lệch quá 0

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



2. Hệ số tự cảm của cuộn dây:

a/ Định nghĩa: $\boxed{L = \frac{\phi}{I}}$ (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: $\boxed{L = \frac{\mu.\mu_o.n^2.S}{l}}$ (H)

cuu duong than cong . com

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

3. Suất điện động tự cảm:

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

V.6 NĂNG LƯỢNG CỦA TỪ TRƯỜNG:

1. Năng lượng của từ trường của cuộn dây:

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

$$\xi_{ng} + \xi_{tc} = \Re.i$$

$$\xi_{ng} - L.\frac{di}{dt} = \Re.i$$

$$\xi_{ng}.i.dt = \Re.i.idt + L.\frac{di}{dt}.idt$$

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

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

Năng lượng của nguồn cung cấp trong khoảng *dt*, 1 phần tỏa nhiệt *($\Re i^2.dt$)* và 1 phần tạo nên từ trường *($dW_m = Li.di$)*.

cuu duong than cong . com

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:

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

Chứng minh: Cuộn dây thẳng n vòng dài vô hạn

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

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

cuu duong than cong . com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

CHƯƠNG VI: TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

Dòng điện sinh ra từ trường và từ trường biến đổi theo thời gian sinh ra dòng điện. Vậy giữa dòng điện và từ trường có mối liên hệ tương hỗ, và thực nghiệm đã chứng minh không chỉ dòng điện và từ trường mà cả điện trường và từ trường cũng có mối quan hệ này.
Từ những nghiên cứu thực nghiệm, Maxwell đúc kết thành 2 luận điểm gọi là luận điểm thứ I và luận điểm thứ II làm nền tảng cho lý thuyết trường điện từ: thể thống nhất bao gồm cả điện trường và từ trường.

VI.1. LUẬN ĐIỂM THỨ I CỦA MAXWELL:

1/ Phát biểu: Bất kỳ 1 từ trường nào biến thiên theo thời gian cũng phát sinh ra 1 điện trường xoáy

2/ Phương trình Maxwell-Faraday: dạng tích phân và vi phân;
Công do lực điện trường xoáy thực hiện khi di chuyển 1 điện tích điện dương trên một đường cong kín chính là suất điện động cảm ứng .

$$\xi_{cu} = \oint_C \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S \left(\vec{B}.d\vec{S}\right)$$

$$\boxed{\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int_S \left(\vec{B}.d\vec{S}\right)}$$

$$\Rightarrow \int_{(S)} rot\vec{E}.d\vec{S} = -\frac{d}{dt}\int_{(S)} \left(\vec{B}.d\vec{S}\right)$$

$$\boxed{rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}}$$

cuu duong than cong . com

VI.2. LUẬN ĐIỂM THỨ II CỦA MAXWELL:

1/ Phát biểu: Bất kỳ 1 điện trường nào biến thiên theo thời gian cũng sinh ra từ trường.

2/ Khái niệm về dòng điện dịch I_d .

Dòng điện dịch là dòng điện tương đương với điện trường biến đổi theo thời gian về phương diện sinh ra từ trường.
Dòng điện dịch có cùng chiều và độ lớn với dòng điện dẫn.

$$j_d = \frac{I}{S} = \frac{1}{S}\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{q}{S}\right) = \frac{\partial \sigma}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad \text{Độ lớn: } j_d = \frac{\partial D}{\partial t}$$

cuu duong than cong . com

Mà $D=D(x,y,z,t)$, theo Maxwell chỉ có thành phần biến thiên theo thời gian mới sinh ra từ trường.

$$\boxed{\Rightarrow \vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}} \quad \text{mà} \quad \vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}_e$$

$$\vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \varepsilon_0.\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{P}_e}{\partial t}$$

$\varepsilon_0.\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t}$: Mật độ dòng điện dịch trong chân không.

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

$\frac{\partial \vec{P}_e}{\partial t}$: Mật độ dòng điện phân cực.

3/ Dòng điện toàn phần I_{tp} gồm dòng điện dẫn I và dòng điện dịch I_d .

Mật độ dòng điện tòan phần: $\vec{j}_{tp} = \vec{j} + \vec{j}_d$

4/ Phương trình Maxwell-Ampere:

Với khái niệm về dòng điện dịch ta có từ trường không chỉ do dòng điện dẫn sinh ra mà còn do dòng điện dịch sinh ra, nghĩa là ta có mật độ dòng điện tòan phần:

a) Dạng tích phân:

$$\oint_{(C)} \vec{H}.d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \vec{j}_d\right) d\vec{S} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right) d\vec{S}$$

b) Dạng vi phân:

$$\int_{(S)} rot\ \vec{H}.d\vec{S} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right).d\vec{S} \quad \Rightarrow rot\ \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

VI.3 TRƯỜNG ĐIỆN TỪ VÀ HỆ THỐNG PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL:

1/ Trường điện từ:

Điện trường và từ trường tồn tại trong không gian tạo thành 1 trường thống nhất gọi là trường điện từ.

Mật độ năng lượng của trường điện từ được xác định:

cuu duong than cong . com

$$\omega = \omega_E + \omega_m = \frac{1}{2}ED + \frac{1}{2}BH$$

→ Năng lượng trường điện từ:

$$W = \int_{(V)} \omega.dV = \frac{1}{2}\int_{(V)} \left(ED + BH\right).dV$$

2/ Hệ phương trình Maxwell:

- Định lý Gauss đối với điện trường:

  $\oint_{(S)} \vec{D}.d\vec{S} = \sum q = \int_V \rho.dV$ $\quad div\vec{D} = \rho$ $\quad$ Điện trường tỉnh là trường có nguồn

- Định lý Gauss cho từ trường:

  $\oint_{(S)} \vec{B}.d\vec{S} = 0$ $\quad div\vec{B} = 0$ $\quad$ Từ trường là trường xoáy

- Pt Maxwell-Faraday:

cuu duong than cong . com

  $\oint_{(S)} \vec{E}.d\vec{S} = -\frac{\partial}{\partial t}\int \vec{B}.d\vec{S}$ $\quad rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ $\quad$ Hiện tượng cảm ứng điện từ

- Pt Maxwell-Ampère:

  $\oint_{(C)} \vec{H}.d\vec{S} = -\int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right).d\vec{S}$ $\quad rot\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ $\quad$ Tồn tại dòng điện dịch

3/ Các phương trình liên hệ các đại lượng đặc trưng cho tính chất môi trường:

- Môi trường điện môi: $\vec{D} = \varepsilon.\varepsilon_o.\vec{E}$
- Môi trường dẫn điện: $\vec{j} = \sigma.\vec{E}$
- Môi trường từ hóa: $\vec{B} = \mu.\mu_o.\vec{H}$

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

- Pt Maxwell đối với trường tĩnh điện: $\vec{E} = \vec{E}(x,y,z); \quad \vec{B} = 0$
  $\vec{D} = \vec{D}(x,y,z); \quad \vec{H} = 0$

$$div\vec{D} = \rho$$
$$rot\vec{E} = 0 \qquad \text{(Trường thế)}$$

- Pt Maxwell đối với từ trường không đổi: $\vec{B} = \vec{B}(x,y,z); \quad \vec{E} = 0$
  $\vec{H} = \vec{H}(x,y,z); \quad \vec{D} = 0$

$$div\vec{B} = 0$$
$$rot\vec{H} = \vec{j} \qquad \text{(Định lý Ampère)}$$

- Pt Maxwell đối với sóng điện từ: $\vec{E} = \vec{E}(x,y,z,t); \quad \vec{B} = \vec{B}(x,y,z,t); \quad \rho = 0$
  $\vec{D} = \vec{D}(x,y,z,t); \quad \vec{H} = \vec{H}(x,y,z,t); \quad \vec{j} = 0$

$$div\vec{D} = 0 \qquad div\vec{B} = 0$$
$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad rot\vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

- Maxwell giải ra:

$$\Delta\vec{E} = \varepsilon.\varepsilon_o.\mu.\mu_o \frac{\partial^2.\vec{E}}{\partial t^2}$$
$$\Delta\vec{B} = \varepsilon.\varepsilon_o.\mu.\mu_o \frac{\partial^2.\vec{B}}{\partial t^2}$$

Tóan tử Laplace: $\Delta = \vec{\nabla}.\vec{\nabla} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

* Trong Vật lý: $\Delta y = \frac{1}{c^2} + \frac{\partial y^2}{\partial t^2}$ (pt sóng)

Phương trình có vô số nghiệm tùy thuộc điều kiện đầu:

Nghiệm đặc biệt: $y = y_o.\cos(\omega t - \vec{k}.\vec{r})$

$\Delta y = k\frac{\partial y}{\partial t}$ (pt khuếch tán, pt truyền nhiệt)

→ Trường điện từ lan truyền được trong không gian dưới dạng sóng với vận tốc:

cuu duong than cong . com

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon.\varepsilon_o.\mu.\mu_o}}$$

→ Trong chân không: $\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o.\mu_o}} = 3.10^8 m/s$

→ Trong môi trường: $\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon.\mu}} = \frac{c}{n}$

Vậy chiết suất môi trường: $n = \sqrt{\varepsilon.\mu}$

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt