

- ✦ *Chương 1 : Khái niệm và phương trình cơ bản của TĐT*
- ✦ *Chương 2 : Trường điện tĩnh*
- ✦ *Chương 3 : Trường điện từ dừng*
- ✦ *Chương 4 : Trường điện từ biến thiên*
- ✦ *Chương 5 : Bức xạ điện từ*
- ✦ *Chương 6 : Ống dẫn sóng và hộp cộng hưởng*

Chương 1 :

KHÁI NIỆM VÀ PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

cuu duong than cong . com

□ Hệ tọa độ:

	h_1	h_2	h_3
D	1	1	1
T	1	r	1
C	1	r	$r \sin \theta$

h_1, h_2, h_3 : hệ số Larmor

$$\vec{dl} = h_1 du_1 \vec{a}_1 + h_2 du_2 \vec{a}_2 + h_3 du_3 \vec{a}_3$$

$$\vec{dS}_1 = \pm h_2 h_3 du_2 du_3 \vec{a}_1$$

$$\vec{dS}_2 = \pm h_3 h_1 du_3 du_1 \vec{a}_2$$

$$\vec{dS}_3 = \pm h_1 h_2 du_1 du_2 \vec{a}_3$$

$$dV = h_1 h_2 h_3 du_1 du_2 du_3$$

□ Toán tử gradient (grad):

$$\text{grad} \varphi = \frac{1}{h_1} \frac{\partial \varphi}{\partial u_1} \vec{a}_1 + \frac{1}{h_2} \frac{\partial \varphi}{\partial u_2} \vec{a}_2 + \frac{1}{h_3} \frac{\partial \varphi}{\partial u_3} \vec{a}_3$$

**Đạo hàm
có hướng**

$$\frac{\delta \varphi}{\delta \ell} = \text{grad} \varphi \vec{a}_\ell$$

□ Toán tử Divergence (div):

$$\text{div} \vec{A} = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \left[\frac{\partial (h_2 h_3 A_1)}{\partial u_1} + \frac{\partial (h_3 h_1 A_2)}{\partial u_2} + \frac{\partial (h_1 h_2 A_3)}{\partial u_3} \right]$$

$$\vec{A} = A_1 \vec{a}_1 + A_2 \vec{a}_2 + A_3 \vec{a}_3$$

□ Toán tử Rotation (rot):

$$\text{rot} \vec{A} = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \begin{vmatrix} h_1 \vec{a}_1 & h_2 \vec{a}_2 & h_3 \vec{a}_3 \\ \frac{\partial}{\partial u_1} & \frac{\partial}{\partial u_2} & \frac{\partial}{\partial u_3} \\ h_1 A_1 & h_2 A_2 & h_3 A_3 \end{vmatrix}$$

$$\vec{A} = A_1 \vec{a}_1 + A_2 \vec{a}_2 + A_3 \vec{a}_3$$

□ Toán tử Laplace (Δ):

① Tác dụng lên vô hướng :

$$\Delta \varphi = \text{div}(\text{grad} \varphi)$$

$$\Leftrightarrow \Delta \varphi = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \left[\frac{\partial}{\partial u_1} \left(\frac{h_2 h_3}{h_1} \frac{\partial \varphi}{\partial u_1} \right) + \frac{\partial}{\partial u_2} \left(\frac{h_3 h_1}{h_2} \frac{\partial \varphi}{\partial u_2} \right) + \frac{\partial}{\partial u_3} \left(\frac{h_1 h_2}{h_3} \frac{\partial \varphi}{\partial u_3} \right) \right]$$

② Tác dụng lên vector :

$$\Delta \vec{A} = \text{grad}(\text{div} \vec{A}) - \text{rot}(\text{rot} \vec{A})$$

❑ Mật độ điện tích:

❶ Mật độ điện tích khối : $\rho_v = \frac{dq}{dV} \left(\frac{C}{m^3} \right)$

❷ Mật độ điện tích mặt : $\rho_s = \frac{dq}{dS} \left(\frac{C}{m^2} \right)$

❸ Mật độ điện tích dài : $\rho_l = \frac{dq}{dl} \left(\frac{C}{m} \right)$

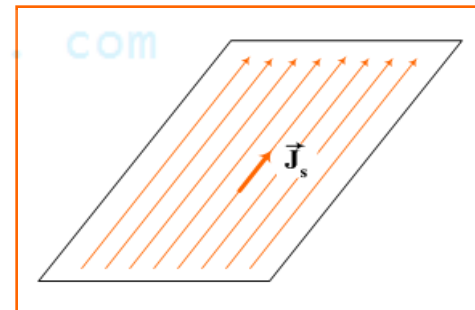
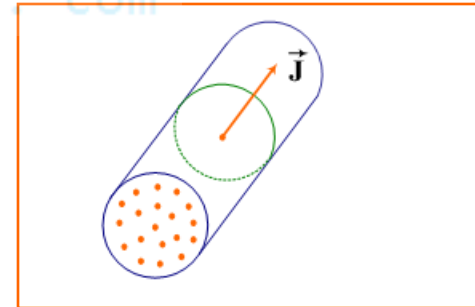
❑ Vector mật độ dòng điện:

❶ Vector mật độ dòng điện khối (dẫn):

$$\vec{J} \left(\frac{A}{m^2} \right) \Rightarrow I = \int_S \vec{J} d\vec{S} = \pm \frac{dq}{dt} (A)$$

❷ Vector mật độ dòng điện mặt (dẫn):

$$\vec{J}_s \left(\frac{A}{m} \right) \Rightarrow I = \int_L |\vec{J}_s| dl (A)$$



□ Điện môi trong trường điện:

① Vector cường độ trường điện : $\vec{E}$ ($\frac{V}{m}$)

② Vector cảm ứng điện: $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ ($\frac{C}{m^2}$)

③ Độ thấm điện của môi trường : $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ ($\frac{F}{m}$)

④ Vector phân cực điện : $\vec{P} = (\epsilon - \epsilon_0) \vec{E}$ ($\frac{C}{m^2}$)

□ Từ môi trong trường từ:

① Vector cường độ trường từ : $\vec{H}$ ($\frac{A}{m}$)

② Vector cảm ứng từ: $\vec{B} = \mu \vec{H}$ (T)

③ Độ thấm từ của môi trường : $\mu = \mu_r \mu_0$ ($\frac{H}{m}$)

□ Môi trường dẫn trong trường điện:

① Vector cường độ trường điện : $\vec{E}$ $\left(\frac{V}{m}\right)$

② Định luật Ohm: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ $\left(\frac{A}{m^2}\right)$

③ Độ dẫn điện của môi trường : σ $\left(\frac{S}{m}\right)$

④ Mật độ CSTT : $p_j = \vec{J} \cdot \vec{E} = \sigma E^2$ $\left(\frac{W}{m^3}\right)$

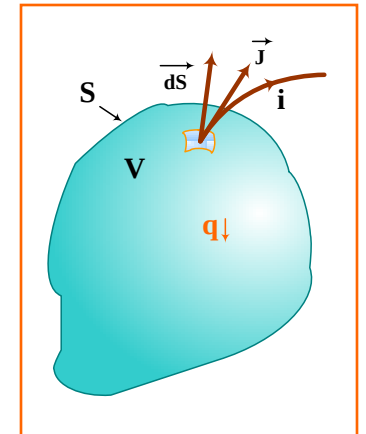
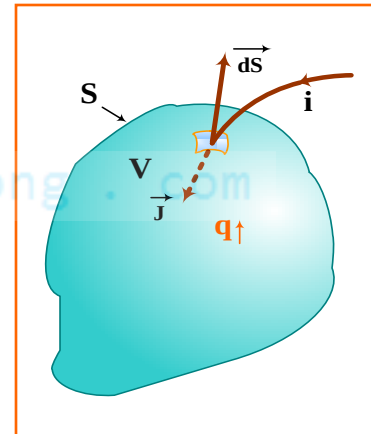
□ Định luật bảo toàn điện tích – phương trình liên tục:

① Dạng tích phân :

$$i = \oint_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = -\frac{dq}{dt}$$

② Dạng vi phân – phương trình liên tục:

$$\text{div} \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$



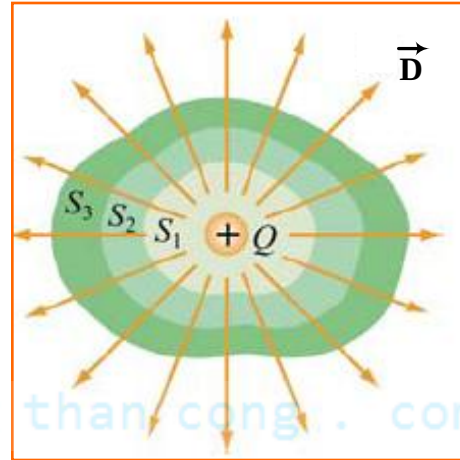
□ Định luật Gauss về điện:

① *Dạng tích phân :*

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q$$

② *Dạng vi phân :*

$$\text{div} \vec{D} = \rho_v$$



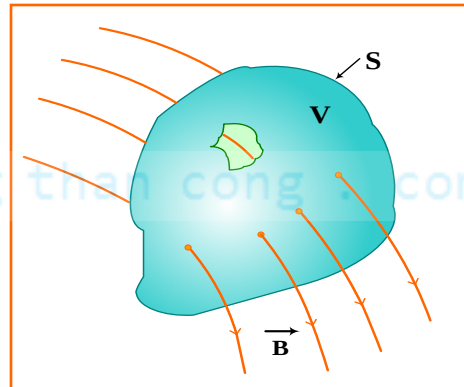
□ Định luật Gauss về từ:

① *Dạng tích phân :*

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

② *Dạng vi phân :*

$$\text{div} \vec{B} = 0$$



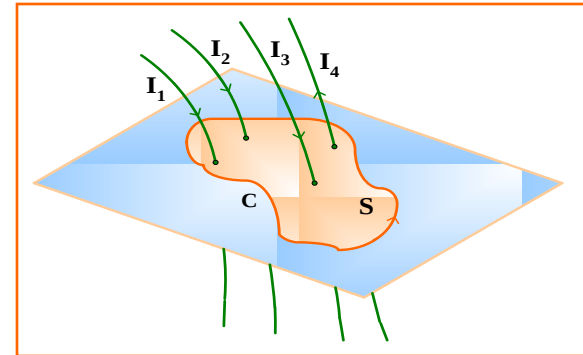
□ Định luật Ampère:

① *Dạng tích phân :*

$$\oint_C \vec{H} d\vec{l} = I$$

② *Dạng vi phân :*

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



$$I = -I_1 - I_2 - I_3 + I_4$$

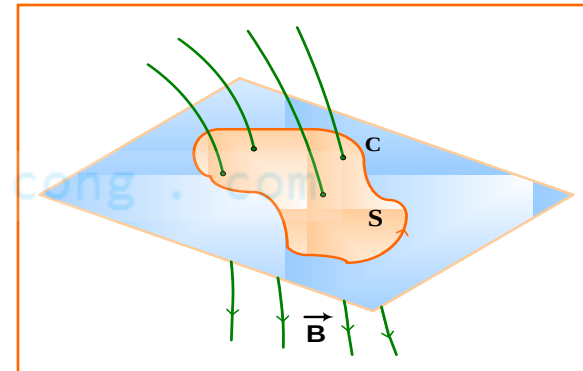
□ Định luật cảm ứng điện từ Faraday:

① *Dạng tích phân :*

$$\oint_C \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{S}$$

② *Dạng vi phân :*

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



□ Dòng điện dịch:

$$\vec{J}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

□ Hệ phương trình Maxwell:

$$\text{rot} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{I})$$

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{II})$$

$$\text{div} \vec{D} = \rho_v \quad (\text{III})$$

$$\text{div} \vec{B} = 0 \quad (\text{IV})$$

$$\vec{n}(\vec{D}_1 - \vec{D}_2) = \rho_s$$

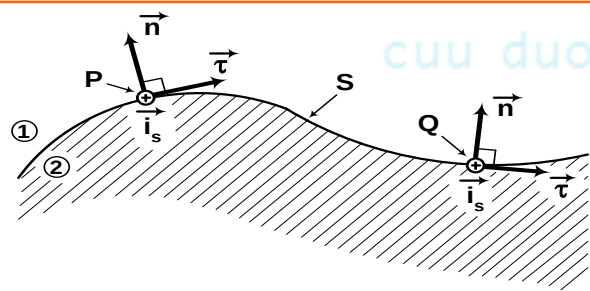
$$\vec{n}(\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0$$

$$\vec{n}(\vec{J}_1 - \vec{J}_2) = -\frac{\partial \rho_s}{\partial t}$$

$$\vec{n} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{J}_s$$

$$\vec{n} \times (\vec{E}_1 - \vec{E}_2) = 0$$

□ Điều kiện biên:



➤ **Quy ước:**

$$\vec{n} : (2) \rightarrow (1)$$

$$\vec{i}_s = \vec{n} \times \vec{\tau}$$

MÔ HÌNH TOÁN CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{I})$$

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{II})$$

$$\text{div } \vec{D} = \rho_v \quad (\text{III})$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \quad (\text{IV})$$

$$\text{div } \vec{J} = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t}$$

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$$

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

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

$$\vec{n}(\vec{D}_1 - \vec{D}_2) = \rho_s$$

$$\vec{n}(\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0$$

$$\vec{n}(\vec{J}_1 - \vec{J}_2) = -\frac{\partial \rho_s}{\partial t}$$

$$\vec{n} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{J}_s$$

$$\vec{n} \times (\vec{E}_1 - \vec{E}_2) = 0$$

cuu duong than cong . com



Chương 2 :

TRƯỜNG ĐIỆN TĨNH

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

□ Mô hình toán:

$$\begin{array}{|l} \text{rot } \vec{E} = 0 \\ \text{div } \vec{D} = \rho \end{array} \quad \boxed{\vec{D} = \epsilon \vec{E}} \quad \begin{array}{|l} E_{1\tau} - E_{2\tau} = 0 \\ D_{1n} - D_{2n} = \rho_s \end{array}$$

□ Định nghĩa thế vô hướng:

$$\boxed{\vec{E} = -\text{grad } \varphi} \Rightarrow \boxed{d\varphi = -\vec{E} d\vec{l}} \Rightarrow \boxed{\varphi = -\int \vec{E} d\vec{l} + C}$$

❶ Chọn gốc thế $\varphi_{\text{đất}}$ đối với hệ kỹ thuật

❷ Chọn gốc thế φ_{∞} đối với hệ hữu hạn

$$\Rightarrow \boxed{\varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E} d\vec{l}} \quad \boxed{\varphi_A = \int_A^{\text{goc}} \vec{E} d\vec{l}}$$

□ Phương trình Poisson Laplace:

$$\Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (\text{Phương trình Poisson})$$

$$\Delta\varphi = 0 \quad (\text{Phương trình Laplace})$$

□ Điều kiện biên:

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$$-\varepsilon_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial n} + \varepsilon_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial n} = \rho_s$$

$$-\frac{\partial \varphi_1}{\partial \tau} + \frac{\partial \varphi_2}{\partial \tau} = 0$$

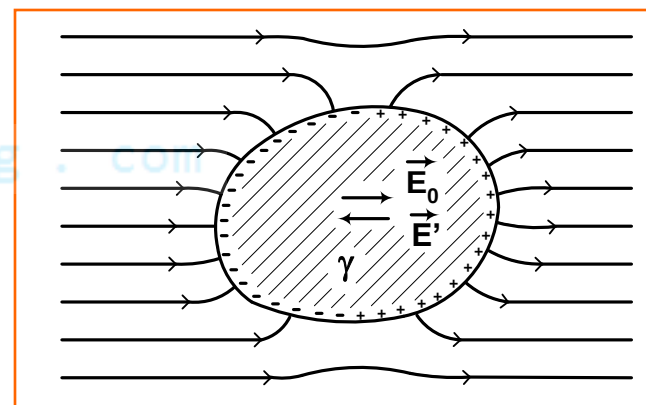
□ Tính chất vật dẫn trong trường điện tĩnh:

$$\vec{E} = 0$$

$$\varphi = \text{const}$$

$$\rho = 0$$

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \vec{n}$$



□ Điện dung:

$$C = \left| \frac{q}{U} \right| \text{ (F)}$$

□ Điện môi trong trường điện tĩnh:

$$\rho_{lk} = -\text{div} \vec{P}$$

$$\sigma_{lk} = -P_{1n} + P_{2n}$$

(Điện tích liên kết)

□ Năng lượng trường điện:

$$W_e = \frac{1}{2} \int_{V_\infty} \vec{E} \vec{D} dV = \frac{1}{2} \int_{V_\infty} \epsilon E^2 dV$$

(Trong toàn không gian có trường)

$$W_e = \frac{1}{2} \int_V \vec{E} \vec{D} dV = \frac{1}{2} \int_V \epsilon E^2 dV$$

(Trong thể tích V)

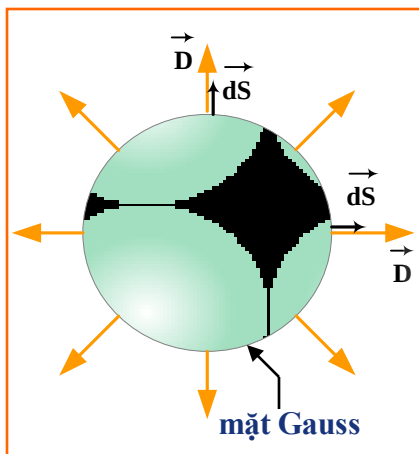
$$W_e = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

(Trong tụ điện)

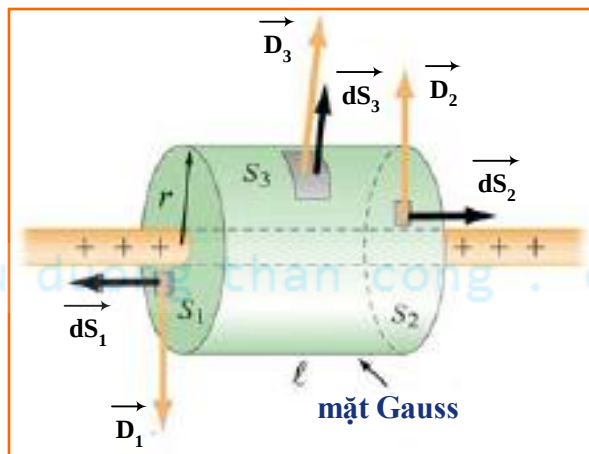
□ Phương pháp dùng mặt Gauss tính trường điện:

◆ **Định luật Gauss về điện:** $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q^*$

◆ **Phạm vi sử dụng : đối xứng cầu, trụ hoặc phẳng**

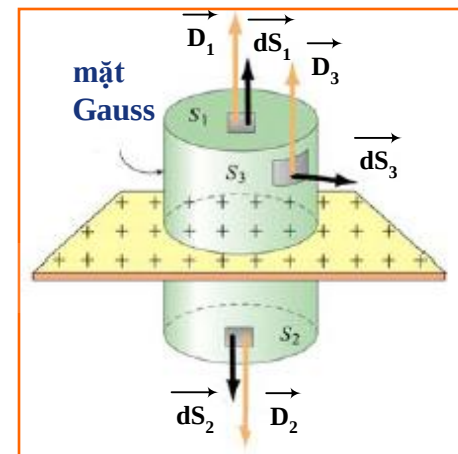


$S: \vec{D} // \vec{dS}, D = \text{const}$



$S_3: \vec{D} // \vec{dS}, D = \text{const}$

$S_{1,2}: \vec{D} \perp \vec{dS}$



$S_3: \vec{D} \perp \vec{dS}$

$S_{1,2}: \vec{D} // \vec{dS}, D = \text{const}$

◆ **Kết quả:**

(C) : $D.S = q^* \quad S = 4\pi r^2$

(T) : $D.S_3 = q^* \quad S_3 = 2\pi r l$

(P) : $D.S_D = q^* \quad S_D = S_1 + S_2 = 2S_1$

□ Phương pháp định luật Gauss dạng vi phân – Bài toán tụ điện: $\boxed{\text{div} \vec{D} = \rho}$

◆ Do tính đối xứng: $\boxed{\vec{D} = D(x) \vec{i}_x}$ (P), $\boxed{\vec{D} = D(r) \vec{i}_r}$ (T, C)

◆ Áp dụng: $\boxed{\text{div} \vec{D} = \rho_v}$ ($\rho = 0$ nếu không cho)

◆ Có được phương trình vi phân: $\boxed{\frac{dD(x)}{dx} = \rho_v}$ (P), $\boxed{\frac{1}{r} \frac{d[rD(r)]}{dr} = \rho_v}$ (T), $\boxed{\frac{1}{r^2} \frac{d[r^2 D(r)]}{dr} = \rho_v}$ (C)

◆ Giải phương trình vi phân $\Rightarrow$ xuất hiện 01 hằng số $\Rightarrow$ tìm hằng số?

◆ Tính hiệu thế điện giữa hai bản cực:

$$\begin{aligned} U &= \int_{\text{bancucU}}^{\text{bancuc0}} E dx \quad (\text{P}) \\ U &= \int_{\text{bancucU}}^{\text{bancuc0}} E dr \quad (\text{T, C}) \end{aligned} \quad \text{Với: } \boxed{E = \frac{D}{\epsilon}}$$

◆ Tính được hằng số theo $U \Rightarrow$ Vector cảm ứng điện $\vec{D}$

□ Phương pháp dùng phương trình Poisson – Laplace ($\varepsilon = \text{const}$):

◆ **Do tính đối xứng:** $\varphi = \varphi(x)$ (P), $\varphi = \varphi(r)$ (T, C)

◆ **Áp dụng:** $\Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon}$ ($\rho = 0$ nếu không cho) $\Rightarrow \Delta\varphi = 0$

◆ **Có được phương trình vi phân:**

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (P)$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left[r \frac{d\varphi}{dr} \right] = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (T)$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left[r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right] = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (C)$$

◆ **Giải phương trình vi phân $\Rightarrow$ xuất hiện các hằng số $\Rightarrow$ tìm các hằng số?**

◆ **Áp dụng các điều kiện biên:** $\varphi_1 = \varphi_2, -\varepsilon_1 \frac{\delta\varphi_1}{\delta n} + \varepsilon_2 \frac{\delta\varphi_2}{\delta n} = \sigma, -\frac{\delta\varphi_1}{\delta \tau} + \frac{\delta\varphi_2}{\delta \tau} = 0$

◆ **Có thể dùng tới tính chất vật lý: φ phải hữu hạn**

◆ **Tính được hằng số $\Rightarrow$ thế điện $\Rightarrow$ trường điện:** $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$



Chương 3 :

TRƯỜNG ĐIỆN TỬ DỪNG

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

□ Mô hình toán của trường điện dừng :

$\text{rot } \vec{E} = 0$	$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$
$\text{div } \vec{D} = \rho_v$	$\vec{J} = \sigma \vec{E}$
$\text{div } \vec{J} = 0$	

□ Định nghĩa thế vô hướng:

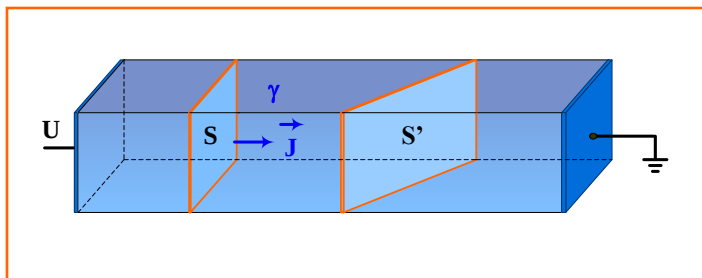
$$\vec{E} = -\text{grad} \varphi \Rightarrow d\varphi = -\vec{E} d\vec{l} \Rightarrow \varphi = -\int \vec{E} d\vec{l} + C$$

❶ Chọn gốc thế $\varphi_{\text{đất}}$ đối với hệ kỹ thuật

❷ Chọn gốc thế φ_{∞} đối với hệ hữu hạn

$$\Rightarrow \varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E} d\vec{l} \quad \varphi_A = \int_A^{\text{goc}} \vec{E} d\vec{l}$$

□ Điện trở cách điện và công suất tiêu tán P_j :



✦ Trong môi trường dẫn có dòng điện (dòng rò):

$$I = \int_S \vec{J} d\vec{S} = \int_{S'} \vec{J} d\vec{S} \text{ (A)}$$

✦ Điện trở (điện trở cách điện) :

$$R = \frac{U}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$$

✦ Điện dẫn (điện dẫn rò) :

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} \text{ (}\frac{1}{\Omega}\text{)}$$

✦ Công suất tiêu tán P_j :

$$P_j = \int_V \vec{J} \vec{E} dV = UI = RI^2$$

□ Phương pháp giải bài toán trường điện dừng - dạng tụ điện :

$$\text{div} \vec{J} = 0$$

◆ **Do tính đối xứng:** $\vec{J} = J(x) \vec{i}_x$ (P), $\vec{J} = J(r) \vec{i}_r$ (T, C)

◆ **Áp dụng:** $\text{div} \vec{J} = 0$

◆ **Có được phương trình vi phân:** $\frac{dJ(x)}{dx} = 0$ (P), $\frac{1}{r} \frac{d[rJ(r)]}{dr} = 0$ (T), $\frac{1}{r^2} \frac{d[r^2 J(r)]}{dr} = 0$ (C)

◆ **Giải phương trình vi phân :** $J(x) = A$ (P), $J(r) = \frac{A}{r}$ (T), $J(r) = \frac{A}{r^2}$ (C)

◆ **Tính hiệu thế điện giữa hai bản cực:**

$$U = \int_{\text{bancucU}}^{\text{bancuc0}} E dx \text{ (P)}$$

$$U = \int_{\text{bancucU}}^{\text{bancuc0}} E dr \text{ (T, C)}$$

Với: $E = \frac{J}{\gamma}$

◆ **Tính được hằng số theo $U \Rightarrow$ Vector mật độ dòng điện $\vec{J}$**

□ Năng lượng trường từ :

$$W_m = \frac{1}{2} \int_{V_\infty} \vec{B} \vec{H} dV \quad (\text{Trong toàn không gian có trường})$$

$$W_m = \frac{1}{2} \int_V \vec{B} \vec{H} dV \quad (\text{Trong thể tích } V)$$

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 \quad (\text{Tính theo điện cảm})$$

□ Điện cảm :

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{2W_m}{I^2} \quad (H)$$

$$L_{tr} = \frac{2W_{mtr}}{I^2} \quad (\text{Điện cảm trong})$$

$$L_{ng} = \frac{2W_{mng}}{I^2} \quad (\text{Điện cảm ngoài})$$

❑ Phương pháp dùng định luật Ampère tính trường từ :

✦ *Đối xứng trụ:*

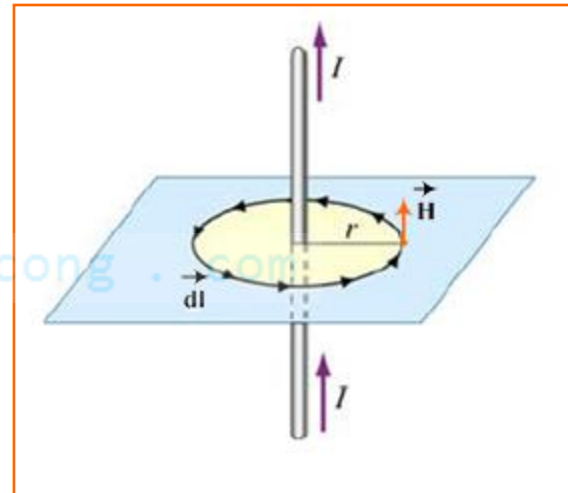
$$\vec{H} = H(r) \vec{i}_\phi$$

$$\begin{cases} \vec{H} \parallel d\vec{l} \\ H = \text{const} \end{cases}$$

✦ *Áp dụng ĐL Ampère:*

$$\oint_C \vec{H} d\vec{l} = I^* \Rightarrow H \cdot 2\pi r = I^*$$

$$\Rightarrow H = \frac{I^*}{2\pi r}$$





Chương 4 :

TRƯỜNG ĐIỆN TỬ BIẾN THIÊN

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

□ **Trường điện từ biến thiên điều hòa:**

$$\vec{X} = X_{mx} \cos(\omega t + \Psi_x) \vec{a}_x + X_{my} \cos(\omega t + \Psi_y) \vec{a}_y + X_{mz} \cos(\omega t + \Psi_z) \vec{a}_z$$

$$\vec{X} = \text{Re}(X_{mx} e^{j(\omega t + \Psi_x)} \vec{a}_x + X_{my} e^{j(\omega t + \Psi_y)} \vec{a}_y + X_{mz} e^{j(\omega t + \Psi_z)} \vec{a}_z) = \text{Re}(\dot{\vec{X}} e^{j\omega t})$$

$$\dot{\vec{X}} = X_{mx} e^{j\Psi_x} \vec{a}_x + X_{my} e^{j\Psi_y} \vec{a}_y + X_{mz} e^{j\Psi_z} \vec{a}_z$$

$$\vec{X} = \text{Re}\{\dot{\vec{X}} e^{j\omega t}\}$$

$$\text{rot } \dot{\vec{H}} = (\sigma + j\omega\epsilon) \dot{\vec{E}}$$

$$\text{rot } \dot{\vec{E}} = -j\omega\mu \dot{\vec{H}}$$

$$\text{div } \dot{\vec{E}} = \frac{\dot{\rho}}{\epsilon}$$

$$\text{div } \dot{\vec{H}} = 0$$

**Hệ PT Maxwell
dạng phức**

□ Vector Poynting phức – vector Poynting trung bình, mật độ trung bình :

$$\vec{\tilde{P}} = \frac{1}{2} \vec{\tilde{E}} \times \vec{\tilde{H}}^*$$

$$\langle \vec{P} \rangle = \text{Re} \{ \vec{\tilde{P}} \}$$

$$\langle p_j \rangle = \frac{1}{2} \gamma E_m^2$$

$$\langle w_e \rangle = \frac{1}{4} \epsilon E_m^2$$

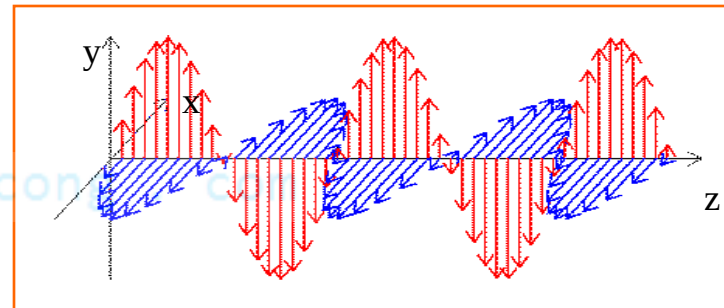
$$\langle w_m \rangle = \frac{1}{4} \mu H_m^2$$

$$E_m^2 = E_{mx}^2 + E_{my}^2 + E_{mz}^2$$

$$H_m^2 = H_{mx}^2 + H_{my}^2 + H_{mz}^2$$

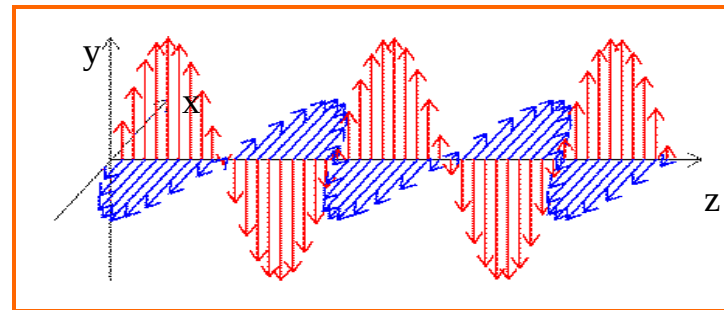
□ Sóng điện từ phẳng đơn sắc :

$$\begin{cases} \vec{E} = M_1 e^{-Kz} + M_2 e^{Kz} = \vec{E}^+ + \vec{E}^- \\ \vec{H} = \frac{M_1}{Z_C} e^{-Kz} - \frac{M_2}{Z_C} e^{Kz} = \vec{H}^+ - \vec{H}^- \end{cases}$$



□ Sóng điện từ phẳng đơn sắc :

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{E}} = M_1 e^{-\gamma z} + M_2 e^{\gamma z} = \dot{\mathbf{E}}^+ + \dot{\mathbf{E}}^- \\ \dot{\mathbf{H}} = \frac{M_1}{\eta} e^{-\gamma z} - \frac{M_2}{\eta} e^{\gamma z} = \dot{\mathbf{H}}^+ - \dot{\mathbf{H}}^- \end{cases}$$



❶ **Hệ số truyền:**

$$\gamma = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\epsilon)} = \alpha + j\beta \left(\frac{1}{m} \right), \alpha \left(\frac{nep}{m} \right), \beta \left(\frac{rad}{m} \right)$$

❷ **Vận tốc pha:**

$$V_p = \frac{\omega}{\beta} \left(\frac{m}{s} \right)$$

❸ **Bước sóng:**

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} \text{ (m)}$$

❹ **Trở sóng:**

$$\eta = \frac{j\omega\mu}{\gamma} = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma + j\omega\epsilon}} \equiv Z_0 \angle \theta \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\alpha = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\mu_r \epsilon_r}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \epsilon_r \epsilon_0} \right)^2} - 1 \right)} \quad \beta = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\mu_r \epsilon_r}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \epsilon_r \epsilon_0} \right)^2} + 1 \right)}$$

❑ Sóng điện từ phẳng đơn sắc trong điện môi lý tưởng :

❶ Hệ số truyền:

$$\gamma = \sqrt{j\omega\mu(j\omega\varepsilon)} = j\omega\sqrt{\varepsilon\mu} \left(\frac{1}{m}\right), \alpha=0, \beta=\omega\sqrt{\varepsilon\mu}$$

❷ Vận tốc pha:

$$V_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = v \left(\frac{m}{s}\right)$$

❸ Bước sóng:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{v}{f} \quad (m)$$

❹ Trở sóng:

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = 120\pi \sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}} \equiv Z_0 \in R \quad (\Omega)$$

❺ Phân bố sóng:

$$\vec{E}(z,t) = E_m \cos(\omega t - \beta z + \phi) \vec{a}_x \left(\frac{V}{m}\right)$$

$$\vec{H}(z,t) = \frac{E_m}{Z_0} \cos(\omega t - \beta z + \phi) \vec{a}_y \left(\frac{A}{m}\right)$$

□ Sóng điện từ phẳng đơn sắc trong môi trường dẫn tốt :

❶ Hệ số truyền:

$$\gamma = \sqrt{j\omega\mu\sigma} \Rightarrow \alpha = \beta = \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}$$

❷ Vận tốc pha:

$$V_p = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{\beta} = \sqrt{\frac{2\omega}{\mu\sigma}}$$

❸ Bước sóng:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 2\pi\sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

❹ Trở sóng:

$$\eta = \sqrt{\frac{\omega\mu}{\sigma}} \angle 45^\circ = Z_0 \angle 45^\circ$$

❺ Phân bố sóng:

$$\vec{E}(z,t) = E_m e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z + \phi) \vec{a}_x \left(\frac{V}{m} \right)$$

$$\vec{H}(z,t) = \frac{E_m}{Z_0} e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z + \phi - 45^\circ) \vec{a}_y \left(\frac{A}{m} \right)$$

❻ Độ xuyên sâu:

$$\Delta = \frac{1}{\alpha} = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

□ Một số công thức khác dùng cho sóng phẳng đơn sắc :

① Phương chiều truyền sóng và hệ số pha:

$$\gamma = \alpha + j\beta \Rightarrow \vec{\dot{E}} = \vec{E}_0 e^{-\gamma \vec{r} \cdot \vec{a}_s}$$

② Tính trường từ khi biết trường điện:

$$\vec{\dot{H}} = \frac{1}{\eta} [\vec{a}_s \times \vec{\dot{E}}]$$

$$\vec{r} = x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z$$

③ Tính trường điện khi biết trường từ:

$$\vec{\dot{E}} = \eta [\vec{\dot{H}} \times \vec{a}_s]$$

④ Vector Poynting trung bình:

$$\langle P_s \rangle = \frac{1}{2} |\vec{\dot{H}}|^2 \text{Re}\{\eta\} = \frac{1}{2} |\vec{\dot{E}}|^2 \text{Re}\{\frac{1}{\eta}\}$$



Chương 5 :

BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

□ Phân bố sóng ở miền xa của nguyên tố anten thẳng:

$$\dot{H}_\phi = \frac{j\ell I_m \angle \psi \cdot \sin\theta}{2\lambda r} e^{-jkr}$$

$$k = \frac{\omega}{v}$$

$$\dot{E}_\theta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \frac{j\ell I_m \angle \psi \cdot \sin\theta}{2\lambda r} e^{-jkr}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

□ Công suất bức xạ - Điện trở bức xạ của nguyên tố anten thẳng :

$$P_{bx} = \frac{\pi}{3} Z_C I_m^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$$

$$R_{bx} = \frac{2\pi}{3} Z_C \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$$

□ Cường độ bức xạ - cường độ bức xạ chuẩn:

$$u(\theta, \phi) = \langle P_r \rangle r^2$$

$$u_n(\theta, \phi) = \frac{u}{u_{\max}}$$

□ Độ định hướng:

$$D = \frac{4\pi u_{\max}}{\int_0^\pi \int_0^{2\pi} u \cdot \sin\theta d\theta d\phi} = \frac{4\pi u_{\max}}{P_{bx}}$$



Chương 6 :

ỔNG DẪN SÓNG VÀ HỘP CỘNG HƯỞNG

cuu duong than cong . com

□ Kiểu sóng tới TE_{mn} trong ODS hình chữ nhật:

$$\begin{aligned}\dot{H}_z &= C \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{H}_x &= \frac{j\beta C}{K_c^2} \frac{m\pi}{a} \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{H}_y &= \frac{j\beta C}{K_c^2} \frac{n\pi}{b} \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{E}_z &= 0; \quad \dot{E}_x = Z_{TE} \dot{H}_y; \quad \dot{E}_y = -Z_{TE} \dot{H}_x\end{aligned}$$

$$Z_{TE} = \frac{\omega\mu}{\beta}$$

$$K_c^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 = -\beta^2 + \omega^2\epsilon\mu$$

$$\beta = \beta_{mn} = \sqrt{\left(\frac{\omega}{v}\right)^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

□ Kiểu sóng tới TM_{mn} trong ODS hình chữ nhật:

$$\begin{aligned}\dot{E}_z &= C \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{E}_x &= -\frac{j\beta C}{K_c^2} \frac{m\pi}{a} \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{E}_y &= -\frac{j\beta C}{K_c^2} \frac{n\pi}{b} \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta z} \\ \dot{H}_z &= 0; \quad \dot{E}_x = Z_{TM} \dot{H}_y; \quad \dot{E}_y = -Z_{TM} \dot{H}_x\end{aligned}$$

$$Z_{TM} = \frac{\beta}{\omega\epsilon}$$

$$K_c^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 = -\beta^2 + \omega^2\epsilon\mu$$

$$\beta = \beta_{mn} = \sqrt{\left(\frac{\omega}{v}\right)^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

□ Điều kiện để sóng không bị tắt dần trong ODS:

$$f > f_{th} = \frac{v}{2a} \sqrt{m^2 + \left(\frac{na}{b}\right)^2} = \frac{\omega_{th}}{2\pi}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} < \lambda_{th} = \frac{v}{f_{th}} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}}$$

□ Hệ số pha:

$$\beta = \beta_{mn} = \sqrt{\left(\frac{\omega}{v}\right)^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}$$

□ Bước sóng:

$$\lambda_{mn} = \frac{2\pi}{\beta_{mn}}$$

□ Trở sóng:

$$Z_{TE} = \frac{\omega\mu}{\beta}$$

$$Z_{TM} = \frac{\beta}{\omega\epsilon}$$



Chúc các bạn đạt kết quả tốt

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com