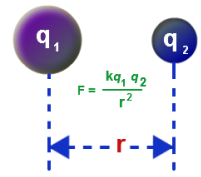


CÔNG THỨC VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG II (PH1120)

CHƯƠNG I. TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

1. Lực tương tác Coulomb giữa 2 điện tích: $F = \frac{|q_1||q_2|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{k|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$, với

$$\epsilon_0 = 8,86.10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}; \mu_0 = 4\pi.10^{-7} H/m; k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$



2. Điện trường: Vector cường độ điện trường:

▪ Cường độ điện trường tại 1 điểm cách điện tích điểm (cầu rỗng) mang điện:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{k|q|}{\epsilon r^2}$$

▪ Cường độ điện trường gây bởi 1 sợi dây thẳng (trụ rỗng) dài vô hạn mang điện đều tại 1 điểm cách dây khoảng r:

$$E_A = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} = \frac{2k\lambda}{\epsilon r} \quad \text{với } \lambda: \text{mật độ điện dài của dây.}$$

▪ Cường độ điện trường gây bởi 1 mặt phẳng mang điện đều tại mọi điểm xung quanh mặt đều bằng:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad \sigma: \text{mật độ điện tích mặt.}$$

▪ Cường độ điện trường tại điểm nằm trên trục mặt phẳng đĩa tròn bán kính R mang điện q cách tâm đĩa

$$\text{khoảng } h: E_A = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}}} \right)$$

▪ Cường độ điện trường tại điểm nằm trên trục vòng dây tròn

$$\text{tích điện } q \text{ bán kính } R, \text{ cách tâm vòng khoảng } h: E_B = \frac{qh}{4\pi\epsilon_0\epsilon (R^2 + h^2)^{3/2}}$$

▪ Cường độ điện trường tại điểm M nằm trong quả cầu đặc bán kính R

$$\text{cách tâm khoảng } r: E_M = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^3} \quad (r < R)$$

▪ Cường độ điện trường tại điểm N nằm ngoài quả cầu đặc bán kính R

$$\text{cách tâm khoảng } r: E_N = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (r > R)$$

▪ Cường độ điện trường tại điểm M nằm trong ống trụ đặc bán kính R

$$\text{cách trục khoảng } r: E_M = \frac{\lambda r}{2\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \quad (r < R)$$

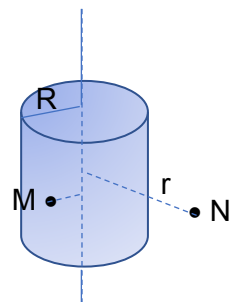
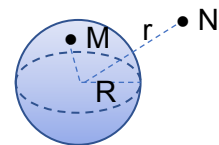
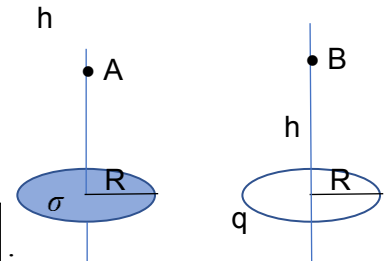
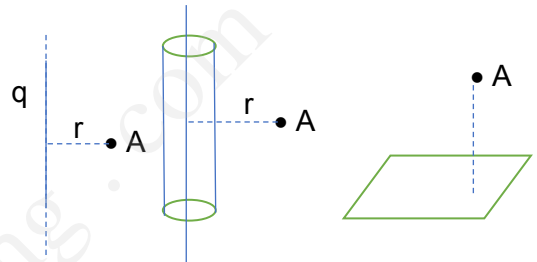
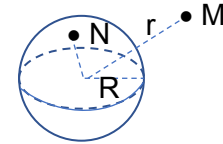
▪ Cường độ điện trường tại điểm N nằm ngoài ống trụ đặc bán kính R

$$\text{cách trục khoảng } r: E_N = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (r > R)$$

→ Tổng quát cho trường hợp quả cầu rỗng hay trụ rỗng tương tự như quả cầu đặc hay trụ đặc. Chỉ khác điện trường bên trong chúng bằng 0.

▪ Trường hợp 2 mặt cầu đồng tâm (2 mặt trụ song song đồng trục) → xem xét vị trí điểm:

✓ Điểm nằm ngoài mặt cầu (trụ) trong, nằm trong mặt cầu (trụ) ngoài → Chỉ mặt cầu trong gây ra E.

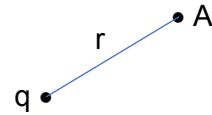


✓ Điểm nằm trong cả 2 mặt $\rightarrow E = 0$.

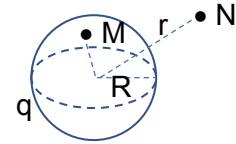
✓ Điểm nằm ngoài cả 2 mặt \rightarrow Cả 2 mặt đều gây ra $E \rightarrow$ Áp dụng nguyên lý chồng chất E .

3. Điện thế. Hiệu điện thế:

$$\text{Quy tắc chung: } \begin{cases} V = Er \\ dV = -E dr \quad (\text{Điện trường đều}). \\ U_{AB} = \int_{r_A}^{r_B} E dr \end{cases}$$



▪ Điện thế do điện tích điểm q gây ra tại A: $V_A = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (= Er)$.



▪ Điện thế do mặt cầu rỗng bán kính R gây ra tại điểm:

✓ Bên trong mặt cầu (M): $V_M = 0$.

✓ Bên ngoài mặt cầu (N), cách tâm mặt cầu đoạn r : $V_N = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (= Er)$. (coi như điện tích điểm).

✓ Sát mặt cầu (do không xác định được trên mặt cầu): $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (= Er)$.

▪ Hiệu điện thế giữa hai mặt cầu đồng tâm, mang điện bằng nhau, trái dấu: $U = V_1 - V_2 = \frac{Q(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}$.

▪ Hiệu điện thế giữa hai mặt trụ đồng trục, mang điện bằng nhau, trái dấu: $U = V_1 - V_2 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1}$.

\rightarrow Chủ yếu dùng để liên hệ giữa U và q, λ, σ, ρ .

4. Công. Năng lượng.

$$\text{Quy tắc chung: } \begin{cases} A = qU \\ dA = q.dU = qE dr \\ A = q \int_{r_1}^{r_2} E dr \end{cases}$$

vòng dây

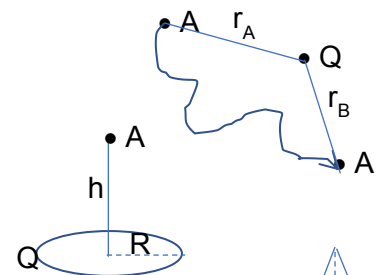
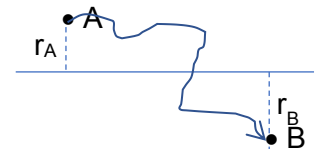
$$V = Q / (4\pi\epsilon_0\epsilon \sqrt{R^2 + h^2})$$

▪ Công mà lực điện trường thực hiện khi điện tích q di chuyển trong nó:

✓ Dây dẫn thẳng: $A = q \int_{r_A}^{r_B} E dr = q \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{r_B}{r_A}$.

✓ Điện tích điểm: $A = q \int_{r_A}^{r_B} E dr = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$.

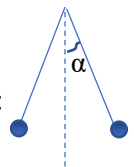
✓ Trên trục vòng dây: $A = q \int_h^\infty E dr = q \int_h^\infty \frac{Qr}{4\pi\epsilon_0\epsilon (R^2 + r^2)^{3/2}} dr$.



5. Dạng bài tập hai quả cầu giống nhau treo trong chất điện môi:

Khối lượng riêng của mỗi quả cầu để góc lệch trong điện môi và không khí là như nhau là:

$\rho = \frac{\epsilon\rho_1}{\epsilon - 1}$. Trong đó: ρ_1 là khối lượng riêng của điện môi, ϵ là hằng số điện môi.



6. Dạng toán hạt mang điện rơi tự do:

Hạt mang điện rơi tự do trong không khí với vận tốc v_1 , khi có điện trường rơi với vận tốc v_2

Khi đó điện tích q của hạt: $q = \frac{mg}{E} \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right)$.



7. Một số công thức dạng bài tập khác:

- Lực gây ra tại tâm nửa vòng xuyên mang điện tích Q bán kính R : $F = \frac{qQ}{2\pi^2\epsilon_0\epsilon R^2}$.
- Điện trường trên trục đĩa tròn bán kính R bị khoét 1 lỗ bán kính r : $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon\sqrt{1+\frac{r^2}{R^2}}}$.
- Điện trường cách thanh kim loại (dây) dài hữu hạn trên trục của thanh (dây), cách thanh (dây) đoạn h , cách đầu mút của thanh (dây) đoạn R : $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon hR}$.

CHƯƠNG II. VẬT DẪN – TỤ ĐIỆN

1. Điện dung:

Công thức chung: $C = \frac{Q}{U}$.

- Tụ phẳng: $C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$ với S : diện tích mỗi bản tụ, d : khoảng cách giữa hai bản tụ.

- Tụ cầu:

✓ Tụ cầu 1 mặt: $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$ với R : bán kính mặt cầu.

✓ Tụ cầu 2 mặt: $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_2 R_1}{R_2 - R_1}$ với R_1, R_2 : bán kính hai mặt cầu.

- Tụ trụ: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$ với h : chiều cao tụ, R_1, R_2 : Bán kính hai mặt trụ.

2. Mắc ghép tụ điện:

- Mắc nối tiếp: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$.
- Mắc song song: $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$.

3. Các công thức liên quan tới tụ điện:

- Lực tương tác giữa hai bản tụ: $F = \frac{W}{d}$. Điện trường trong tụ: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon} = \frac{q}{S} \cdot \frac{1}{\epsilon_0\epsilon}$.

4. Dạng bài tập tính công electron chuyển động trong tụ cầu (trụ):

- Xét tụ điện có R_1, R_2 là các bán kính của hai mặt, hiệu điện thế U . electron chuyển động từ hai điểm trong tụ A tới B có khoảng cách so với tâm (trục) của tụ tương ứng là r_A, r_B ($r_B > r_A$)

➤ Tụ trụ:

Công của electron $A = \frac{eU \ln\left(\frac{r_A}{r_B}\right)}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$, vận tốc của electron: $v = \sqrt{\frac{2eU \ln\left(\frac{r_A}{r_B}\right)}{m \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}}$,

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Chứng minh:

$$dA = q_e E dx = -e E dx = -e \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon x} dx \quad \text{Mà } C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{q}{U} = \frac{\lambda l}{U} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

$$\Rightarrow A = \int_{r_A}^{r_B} dA = - \int_{r_A}^{r_B} e \frac{U}{x \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} dx = \frac{eU \ln\left(\frac{r_A}{r_B}\right)}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}. \text{ Lại có } |A| = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU \ln\left(\frac{r_A}{r_B}\right)}{m \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}}.$$

➤ Tụ cầu:

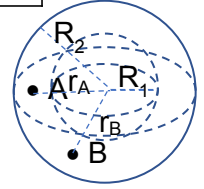
Công của electron $A = \frac{eUR_1R_2(r_A - r_B)}{(R_2 - R_1)r_Ar_B}$, vận tốc của electron: $v = \sqrt{\frac{2eUR_1R_2(r_A - r_B)}{m(R_2 - R_1)r_Ar_B}}$,

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Chứng minh:

$$dA = q_e E dx = -e E dx = -e \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x^2} dx \quad \text{Mà } C = \frac{4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1} = \frac{q}{U} \Rightarrow q = \frac{4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1 R_2 U}{R_2 - R_1}$$

$$\Rightarrow A = \int_{r_A}^{r_B} dA = - \int_{r_A}^{r_B} e \frac{R_1 R_2 U}{(R_2 - R_1) x^2} dx = \frac{eUR_1R_2(r_A - r_B)}{(R_2 - R_1)r_Ar_B}. \text{ Lại có } |A| = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eUR_1R_2(r_A - r_B)}{m(R_2 - R_1)r_Ar_B}}.$$



5. Dạng toán năng lượng:

- Mật độ năng lượng điện trường:

$$w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}.$$

- Năng lượng của tụ điện phẳng:

$$W = w \cdot V = w S \cdot D = \int_V \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} dV = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S d}{2} = \frac{\sigma^2 S d}{2\epsilon_0 \epsilon}.$$

(còn gọi là công cần thiết dịch chuyển 2 bản tụ lại gần nhau).

- Năng lượng của tụ điện (dùng chung mọi tụ):

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}.$$

- Năng lượng vật dẫn:

$$W = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}.$$

- Năng lượng điện trường bên trong quả cầu điện môi ϵ tích điện Q , bán kính R :

$$W = \frac{Q^2}{40\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

Chứng minh:

$$\begin{cases} W = \int_0^R \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 dV; dV = 4\pi r^2 dr \\ E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{Qr}{R^3} \end{cases} \Rightarrow W = \int_0^R \frac{Q^2 r^4}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R^6} dr = \frac{Q^2}{40\pi\epsilon_0 \epsilon R} = k \cdot \frac{Q^2}{10\epsilon R}.$$

- Năng lượng điện trường bên ngoài quả cầu điện môi ϵ tích điện Q , bán kính R :

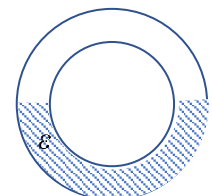
$$W = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

Chứng minh:

$$\begin{cases} W = \int_R^{+\infty} \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 dV; dV = 4\pi r^2 dr \\ E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{Q}{r^2} \end{cases} \Rightarrow W = \int_R^{+\infty} \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R} = k \cdot \frac{Q^2}{2\epsilon R}.$$

6. Dạng toán tụ điện một nửa chứa điện môi, nửa còn lại không:

- Tụ cầu: $C = \frac{2\pi\epsilon_0(\epsilon + 1)R_1R_2}{R_2 - R_1} = \frac{1}{2}C_0(\epsilon + 1).$



Trong đó C_0 là điện dung của tụ điện bình thường với kích thước tương đương và không chứa điện môi.

▪ Tụ trụ:
$$C = \frac{\pi \epsilon_0 (\epsilon + 1) l}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)} = \frac{1}{2} C_0 (\epsilon + 1).$$

Trong đó C_0 là điện dung của tụ điện bình thường với kích thước tương đương và không chứa điện môi, l là chiều cao của tụ.

CHƯƠNG III. ĐIỆN MÔI

1. Liên hệ giữa vector cường độ điện trường và vector điện cảm:

Vector cảm ứng điện (điện cảm): $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} \rightarrow D = \frac{|q|}{4\pi r^2}.$

2. Định lý Ostrogradski – Gauss trong điện môi, vector phân cực điện môi:

- Công thức OG: $\Phi_e = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n q_i.$
- Vector phân cực điện môi: $\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}$; $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ với $\epsilon = 1 + \chi$, χ : hệ số phân cực điện môi.

3. Mật độ điện tích liên kết:

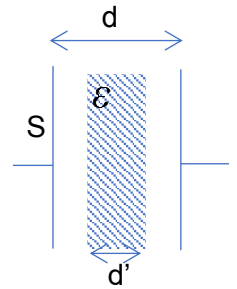
$$\sigma' = P_n = \chi \epsilon_0 E_n = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E = (\epsilon - 1) \epsilon_0 \frac{U}{d}.$$

Trong đó: P_n, E_n là hình chiếu của vector phân cực điện môi và vector cường độ điện trường lên phương pháp tuyến ngoài của mặt có điện tích xuất hiện.

4. Dạng toán đặt tấm điện môi vào giữa tụ điện phẳng điện dung C:

$$C' = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{\epsilon d + (1 - \epsilon) d'} > C$$

Trong đó: d : khoảng cách giữa hai bản tụ điện, d' : bề dày tấm điện môi.

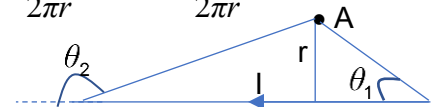


CHƯƠNG IV. TỪ TRƯỜNG

1. Dạng bài tập tìm cảm ứng từ B, cường độ từ trường H:

- Tại điểm A cách dây dẫn thẳng dài đoạn r :

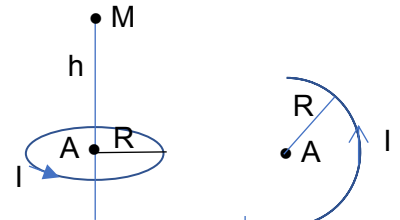
$$\begin{cases} B = \frac{\mu_0 \mu I (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{4\pi r} \\ H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{4\pi r} \end{cases} \rightarrow \text{Dây dài vô hạn: } \begin{cases} \theta_1 = 0 \\ \theta_2 = \pi \end{cases} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r} \rightarrow H = \frac{I}{2\pi r}.$$



- Vòng dây tròn bán kính R:

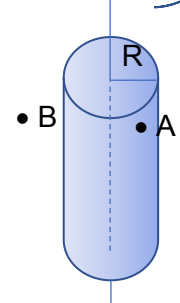
Tại điểm A là tâm của vòng dây:

$$\begin{cases} B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R} \\ H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I}{2R} \end{cases} \rightarrow \text{Nửa vòng dây: } \begin{cases} B' = \frac{1}{2} B = \frac{\mu_0 \mu I}{4R} \\ H' = \frac{1}{2} H = \frac{I}{4R} \end{cases}$$



Tại điểm M nằm trên trục của dây dẫn:

$$\begin{cases} B = \frac{\mu_0 \mu I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}} \\ H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}} \end{cases} \rightarrow \text{Nửa vòng dây: } \begin{cases} B' = \frac{1}{2} B = \frac{\mu_0 \mu I R^2}{4(R^2 + h^2)^{3/2}} \\ H' = \frac{1}{2} H = \frac{I R^2}{4(R^2 + h^2)^{3/2}} \end{cases}$$



- Dây dẫn điện đặc dạng hình trụ bán kính R.

- Tại điểm A nằm bên trong dây dẫn: ($r_A < R$) $B_A = \frac{\mu_0 \mu I r}{2\pi R^2}$.
- Tại điểm B nằm bên ngoài dây dẫn: ($r_B > R$) $B_A = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r}$.

2. Dạng toán hạt mang điện chuyển động trong từ trường B:

- Lực Lorentz: $\vec{F}_L = q\vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow F = qv_n B = qvB \cdot \sin \alpha$,

- Vận tốc: $v_n = v \sin \alpha$

Nếu là electron: $F = ev_n B = evB \cdot \sin \alpha$. Trong đó v : vận tốc chuyển động của hạt, $\alpha = (\vec{v}; \vec{B})$ là góc hợp bởi phương bay của hạt và hướng của từ trường.

- Bán kính quỹ đạo:

- Dạng chuyển động tròn đều: Khi điện tích bay vuông góc với đường sức từ ($\alpha = \frac{\pi}{2}$): $R = \frac{mv}{qB}$

- Dạng xoắn ốc: Khi điện tích bay phương hợp với đường sức từ góc α : $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

Bước xoắn ốc: $h = v_1 T = \frac{2\pi m v_1}{qB} = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{qB}$ Chu kỳ: $T = \frac{h}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ hoặc: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v}$

- Liên hệ giữa B và E khi electron không lệch khỏi quỹ đạo: $B = \frac{E}{v}$.

3. Từ thông, khung dây, vòng dây:

- Từ thông: $\Phi = BS = \int_S B dS$

- Từ thông dây dẫn mang điện I_1 gây ra cho khung dây $a \times b$ đặt cách dây đoạn r :

$$\Phi = \int_r^{r+a} \frac{\mu_0 \mu I_1 b dx}{2\pi x} \Rightarrow \Phi = \frac{\mu_0 \mu I_1 b}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right).$$

- Trường hợp thanh kim loại có chiều dài a quét trong từ trường do dây dẫn mang điện gây ra thì ta coi vùng mà thanh quét được là một khung hình chữ nhật (cùng hình minh họa trên), khi đó:

$$\Phi = \int_r^{r+a} \frac{\mu_0 \mu I_1 b dx}{2\pi x} \Rightarrow \Phi = \frac{\mu_0 \mu I_1 b}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right).$$
 Trong đó: b : là độ dài của thanh sau khi thanh quét

được.

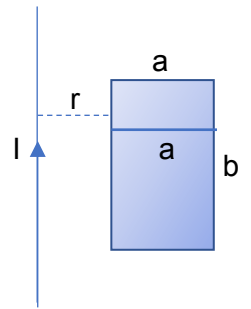
- Công của lực từ khi cho khung dây $a \times b$ quay: Khi đó trong khung dây cần xuất hiện dòng điện (I_2)

$$A = I_2 \Delta \Phi = I_2 (\Phi_2 - \Phi_1) \Rightarrow A = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 b}{\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right).$$

4. Dạng toán vòng xuyên đặt trong từ trường:

Vòng xuyên bán kính R , mang dòng điện có cường độ I .

Lực từ tác dụng: $F = BIl = \frac{BIl}{\pi}$, Trong đó $l = \pi R$ là độ dài vòng xuyên.



CHƯƠNG V. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. Biểu thức của suất điện động cảm ứng và suất điện động tự cảm:

$$E_c = -\frac{d\Phi}{dt}; E_{tc} = -L \frac{dI}{dt}; \text{ Trong đó: } L = \frac{\Phi}{I} \text{ được gọi là độ tự cảm hay hệ số tự cảm.}$$

2. Cuộn dây tự cảm:

- Suất điện động tự cảm: $E_{tc} = -L \frac{dI}{dt}$;
- Từ thông gửi qua cuộn dây: $\Phi = LI$
- Năng lượng từ trường trong lòng cuộn dây: $W = \frac{1}{2} LI^2$.
- Mật độ năng lượng từ trường: $w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu}$.

Chứng minh:

$$\text{Ta có: } \begin{cases} W = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \left(\mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l} \right) I^2 \\ V = lS \end{cases} \Rightarrow w = \frac{W}{V} = \frac{\frac{1}{2} \left(\mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l} \right) I^2}{lS} = \frac{1}{2} \mu_0 \mu \frac{N^2}{l^2} I^2$$

$$\text{Mà: } B = \mu_0 \mu \frac{N}{l} I \Rightarrow w = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu}. \text{ (Trong ống dây: } B = \text{constain).}$$

- Năng lượng từ trường trong không gian: $W = \frac{1}{2} \int_V BH dV$

Chứng minh:

Ta chia nhỏ không gian V cần tính thành các thể tích vô cùng nhỏ dV , trong mỗi dV thì $B = \text{constain}$.

$$\left. \begin{aligned} dW = w dV = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu} dV \Rightarrow W_V = \int_V dW = \frac{1}{2} \int_V \frac{B^2}{\mu_0 \mu} dV \\ H = \frac{B}{\mu_0 \mu} \end{aligned} \right\} \Rightarrow W_V = \frac{1}{2} \int_V BH dV.$$

3. Ống dây quay trong từ trường:

$$\text{Các đại lượng biến thiên: } \begin{cases} \Phi = BS \cos(\omega t) \\ E = -\frac{d\Phi}{dt} = -BS\omega \sin(\omega t) = BS\omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \end{cases}$$

- Từ thông cực đại: $\Phi_0 = BS$.
- Suất điện động cảm ứng cực đại: $E_0 = BS\omega$.

4. Hệ số tự cảm của ống dây:

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} S; \text{ Trong đó: } N \text{ là số vòng dây, } l \text{ là chiều dài ống, } S \text{ là tiết diện ngang của ống.}$$

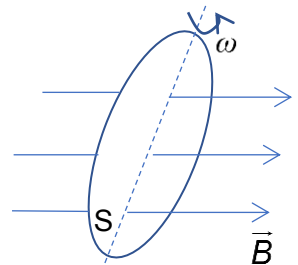
Chứng minh:

$$\begin{cases} L = \frac{\Phi}{I} = \frac{NBS}{I} \\ B = \frac{\mu_0 \mu NI}{l} \end{cases} \Rightarrow L = \frac{\mu_0 \mu N^2 IS}{lI} = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} S.$$

5. Bài toán thanh dẫn chuyển động vuông góc trong từ trường:

Khi đó: suất điện động cảm ứng xuất hiện trong thanh: $E_c = Blv$

Trong đó: l là chiều dài của thanh, v là tốc độ chuyển động của thanh trong từ trường B .



6. Mạch tự cảm:

Ban đầu mạch ổn định, xuất hiện dòng điện I_0 chạy trong mạch. Khi ngắt khóa K của mạch

- Dòng điện I còn lại sau thời gian t :
$$I = I_0 e^{-\left(\frac{R+r}{L}\right)t}$$
- Nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở:
$$Q = \int_0^t RI^2 dt$$
- Toàn bộ nhiệt lượng:
$$Q = \int_0^{+\infty} RI^2 dt$$

CHƯƠNG VI. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ**1. Hệ phương trình Maxwell:**

- Phương trình Maxwell – Faraday:

$$\oint_{(C)} \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{S}$$
 Nội dung: Từ trường biến thiên theo thời gian sinh ra điện trường xoáy.

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$
- Phương trình Maxwell – Ampère:

$$\oint_{(C)} \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$$
 Nội dung: Điện trường biến thiên theo thời gian sinh ra từ trường.

$$\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$
- Phương trình Ostrogradski – Gauss đối với điện trường:

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$
 Nội dung: Điện thông gửi qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng số điện tích trong đó.
 Trong đó: ρ là mật độ điện khối.

$$\text{div} \vec{D} = \rho$$
- Phương trình Ostrogradski – Gauss đối với từ trường:

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$
 Nội dung: Đường sức từ là đường khép kín (tính bảo toàn của từ thông).

$$\text{div} \vec{B} = 0$$
- Nếu môi trường đồng chất và đẳng hướng thì trường điện từ còn nêu lên tính chất điện và từ:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$$
 Nội dung: Các tính chất điện và từ của trường điện từ.
 Trong đó: σ là điện dẫn suất của môi trường (phụ thuộc vào bản chất vật dẫn).

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

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

2. Liên hệ giữa mật độ dòng điện dịch (\vec{j}_d) và mật độ dòng điện dẫn (\vec{j}):

- Dòng điện dịch: $I_d = \vec{j}_d \cdot S$
- Dòng điện dẫn: $\vec{I} = \vec{j} \cdot S$, Trong đó: S là diện tích của bản tụ.

3. Vector mật độ dòng điện tích:

Trong lòng tụ có điện trường $E = E(t)$: \rightarrow Vector mật độ dòng điện dịch: $\vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon_0 \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$.

Vector mật độ dòng điện toàn phần: $\vec{j}_{tp} = \vec{j} + \vec{j}_d = \sigma \vec{E} + \epsilon_0 \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$.

4. Trường điện từ và năng lượng điện từ:

- Mật độ năng lượng trường điện từ bằng tổng mật độ năng lượng của điện trường và từ trường:

$$w = w_e + w_m = \frac{1}{2} (\epsilon_0 \epsilon E^2 + \mu_0 \mu H^2) = \frac{1}{2} (\vec{D} \vec{E} + \vec{B} \vec{H}).$$

- Năng lượng trường điện từ:

$$W = \int_V w dV = \frac{1}{2} \int_V (\epsilon_0 \epsilon E^2 + \mu_0 \mu H^2) dV = \frac{1}{2} \int_V (DE + BH) dV.$$

CHƯƠNG VII. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Mạch dao động:

- Các đại lượng biến thiên:
$$\begin{cases} Q = Q_0 \cos(\omega t) \\ U = \frac{Q}{C} \\ I = -\frac{dQ}{dt} = Q_0 \omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow I_{\max} = I_0 = Q_0 \omega \end{cases}$$

- Tần số góc cộng hưởng: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$.

2. Năng lượng:

- Năng lượng từ trường trong ống dây: $W_B = \frac{1}{2} LI^2$
- Năng lượng điện trường trong tụ điện: $W_E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$.
- Năng lượng điện từ toàn phần: $W = W_B + W_E$.

3. Dao động điện từ tắt dần:

- Phương trình dao động điện từ tắt dần: $I = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$.

Trong đó: $\beta = \frac{R}{2L}$ được gọi là hệ số tắt dần của dao động.

- Tần số góc: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$. Chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$.

- Giảm lượng loga: $\delta = \beta T$.

- Thời gian để biên độ giảm còn lại $\gamma(\%)$: $t = \frac{\ln\left(\frac{\gamma}{100}\right)}{-2\beta}$.

4. Dao động điện từ cưỡng bức:

- Phương trình dao động điện từ cưỡng bức: $I = I_0 \cos(\Omega t - \varphi)$.

Trong đó: $I_0 = \frac{\xi_0}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}}$. φ là pha ban đầu của dao động, với $\cot \varphi = \frac{\Omega L - \frac{1}{\Omega C}}{R}$.

- Tần số góc cộng hưởng: $\Omega_{ch} = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.