

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục

125 – 2007/CXB/5 – 142/GD

Mã số: 7K620M7 – DAI

## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng*

### 1. Định luật Culông

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \left( \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$$

*Dạng vectơ*

Lực do  $q_1$  tác dụng lên  $q_2$ :

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

$$(r = |\vec{r}_{12}|)$$

### 2. Điện trường của điện tích điểm

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

*Chú ý:*

$$q > 0: \vec{E} \uparrow \uparrow \vec{r}$$

$$q < 0: \vec{E} \uparrow \downarrow \vec{r}$$

### 3. Điện thế và hiệu điện thế

$$U_{AB} = V_A - V_B = \int_{AB} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = kq \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

*Điện thế của điện tích điểm*

$$V = \frac{kq}{r} + \text{const}$$

Tính  $\vec{E}$  theo  $V$ :  $\vec{E} = -\text{grad } V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$

## II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

**1-1.** Muốn cho cường độ điện trường tại điểm  $D = 0$  thì:

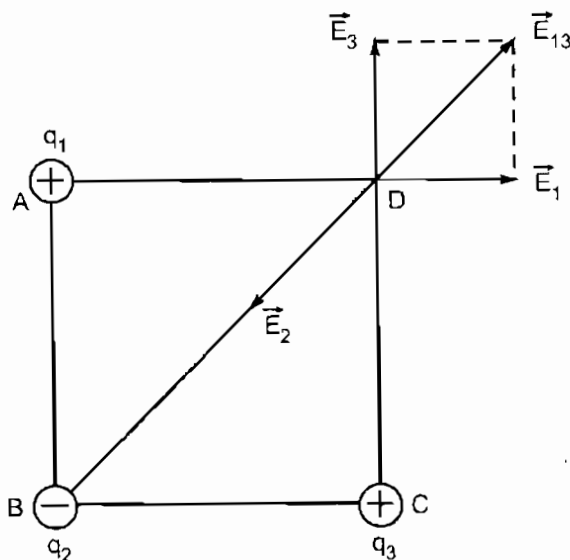
$$\vec{E}_1 + \vec{E}_3 + \vec{E}_2 = 0$$

$$\vec{E}_{13} + \vec{E}_2 = 0$$

Ta nhận thấy:  $\vec{E}_{13} = -\vec{E}_2$

Nghĩa là  $\vec{E}_{13}$  phải cùng phương ngược chiều với  $\vec{E}_2$  (nằm trên BD).

Từ đó, suy ra:  $q_1 = q_3$  và  $q_2 = -q_{13}$ .



Hình 1.36

Về độ lớn:  $E_1 = E_3 \rightarrow E_{13} = E_1\sqrt{2} = E_2$

Kết quả:  $q_1 = q_3$  và  $k \frac{q_1}{a^2} \sqrt{2} = k \frac{q_2}{2a^2}$

$$\rightarrow q_1 = q_3 = -\frac{q_2}{2\sqrt{2}}$$

**1-2.** Điện trường do  $q$  và  $-q$  gây ra tại  $M$  có cùng độ dài:

$$k \frac{q}{r^2}$$

1) Vectơ tổng có độ dài:

$$E = k 2 \frac{q}{r^2} \cdot \frac{a}{r} = 2 k \frac{q a}{r^3}$$

2)  $E$  cực đại khi  $r$  cực tiểu (khi đó  $M$  trùng với trung điểm của  $AB$ ):

$$E_{\max} = 2 k \frac{q}{a^2}$$

**1-3.** Dùng phương pháp tích phân, và nhận xét do đối xứng, ta tìm được  $\vec{E}$  nằm theo trục đường tròn và có độ lớn:

$$E = k \frac{q}{r^2} \frac{z}{r} = k q \frac{z}{r^3}$$

$E$  cực đại khi  $\frac{z}{r^3}$  cực đại.

$$\frac{z}{r^3} = \frac{\sqrt{r^2 - R^2}}{r^3} = \sqrt{\frac{r^2 - R^2}{r^6}} = \sqrt{f(r)}$$

$$f(r) = \frac{r^2 - R^2}{r^6} = \frac{1}{r^4} - \frac{R^2}{r^6}$$

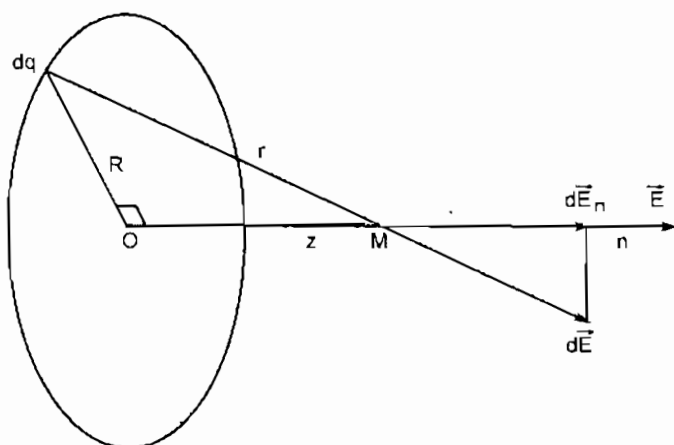
$$f'(r) = -4r^{-5} + R^2 6r^{-7} = -2r^{-5} (2 - 3R^2 r^{-2})$$

$$f(r) \text{ cực đại khi } 2 - 3 R^2 r^{-2} = 0 \rightarrow r = \sqrt{\frac{3}{2}} R$$

$$\text{Khi đó } z = \sqrt{r^2 - R^2} = \sqrt{\frac{3}{2} R^2 - R^2} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

Chú ý: 1) Dễ dàng nghiệm lại rằng  $z = \frac{R}{\sqrt{2}}$  là điểm cực đại.

2) Có 2 vị trí để  $E$  cực đại là 2 điểm trên trục  $Oz$  đối xứng nhau qua tâm  $O$  tại khoảng cách  $z = \frac{R}{\sqrt{2}}$ .



Hình 1.37

#### 1-4.

1) Tính toán các điện thế

$$\begin{cases} V_D = k \frac{q_1}{AD} + k \frac{q_2}{BD} \\ V_C = k \frac{q_1}{AC} + k \frac{q_2}{BC} \end{cases}$$


---

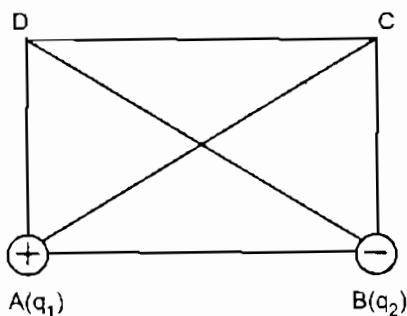

$$U_{DC} = k q_1 \left( \frac{1}{AD} - \frac{1}{AC} \right) + k q_2 \left( \frac{1}{BD} - \frac{1}{BC} \right)$$

$$= + k q_1 \left( \frac{2}{AD} - \frac{2}{AC} \right) = 9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \left( \frac{2}{0,3} - \frac{2}{0,5} \right)$$

$$= 144(\text{MV})$$

2) Hiệu điện thế x điện tích = công của lực điện

$$A_{CD} = q_D U_{CD} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 144 \cdot 10^6 = 720 (\text{J})$$



Hình 1.38

**1–5.** Điện trường giữa hai mặt vô hạn song song tích điện đều  $\pm\sigma$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (\epsilon = 1)$$

Còn có thể tính theo công thức:

$$E = \frac{U}{d}$$

U là hiệu điện thế giữa hai mặt. Suy ra:

$$U = E d = 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50V$$

và 
$$\sigma = \epsilon_0 E = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot 50 = 0,44 \cdot 10^{-9}$$

**1–6.** Điện thế gây bởi một điện tích điểm q tại vị trí cách q một khoảng r (chọn mốc điện thế tại vô cùng bằng 0):

$$V = k \frac{q}{r}$$

Với hai điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$ , điện thế tại M cách  $q_1$  và  $q_2$  những khoảng  $r_1$  và  $r_2$ :

$$V = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2}$$

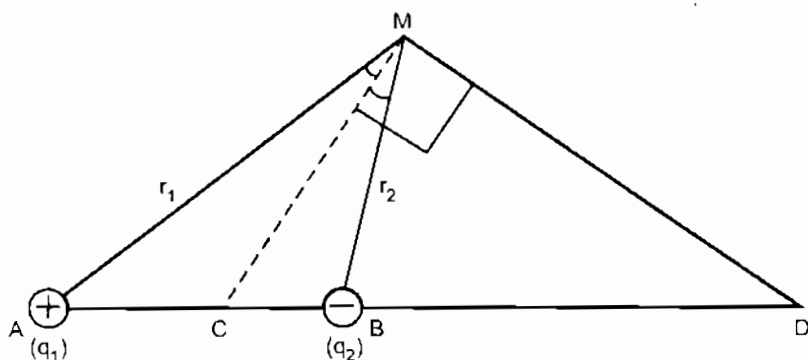
Theo giả thiết:

$$V = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2} = 0$$

Suy ra:

$$\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} = 0 \rightarrow \frac{r_1}{r_2} = -\frac{q_1}{q_2} = \frac{3}{2}$$

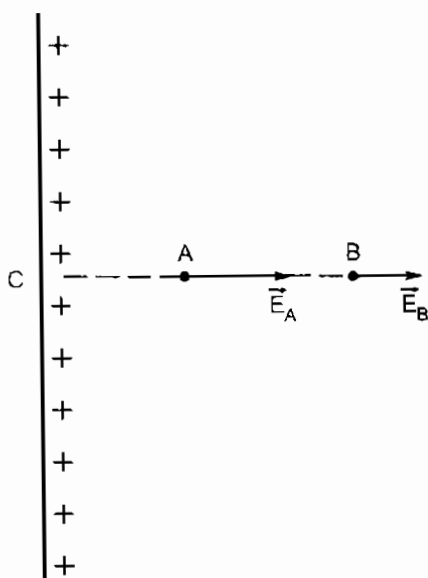
Quỹ tích phải tìm là quỹ tích những điểm M sao cho tỷ số khoảng cách từ M đến hai điểm cố định A, B là một hằng số  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{3}{2}$ . Đó là một mặt cầu có đường kính CD với C, D là hai điểm chia trong và ngoài AB theo tỷ số  $\frac{3}{2}$ .



Hình 1.39

1-7. Hiệu điện thế  $U_{AB}$

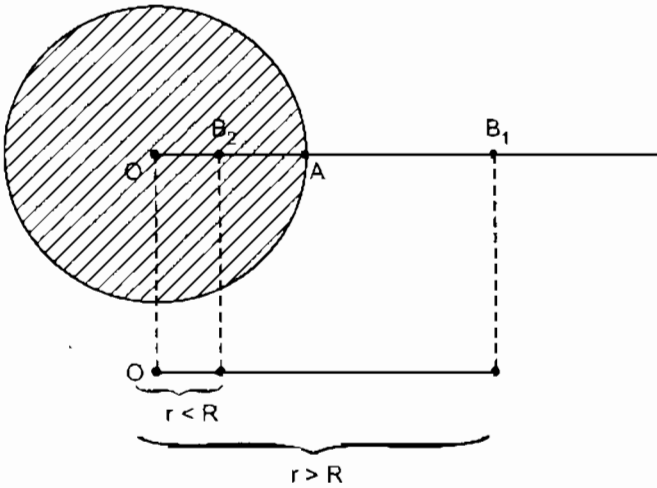
$$\begin{aligned}
 U_{AB} &= \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} \\
 &= \int_{r_A}^{r_B} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r} \\
 &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_B}{r_A} (\epsilon = 1)
 \end{aligned}$$



1-8. Xét hai trường hợp  $\left( q = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \right)$

- 1)  $r \geq R$  thì  $U = kq \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$
- 2)  $r < R$  thì  $U = \frac{kq}{R} - k \frac{q'}{r} \left( \text{với } \frac{q'}{q} = \frac{r^3}{R^3} \right)$
- $$= kq \left( \frac{1}{R} - \frac{r^2}{R^3} \right) = \frac{kq}{R} \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

Chú ý: Điện thế tại A ( $r = R$ ) là cực đại.



Hình 1.40

### III. BÀI TẬP BỔ SUNG

**1–9.** Cho một thanh nằm ngang AB độ dài L, tích điện đều, mật độ dài  $\lambda$ .

1) Xác định điện thế V tại M nằm trên đường thẳng AB ( $BM = x$ ).

2) Từ biểu thức tìm được của V theo biến  $x (= BM)$ , xác định cường độ điện trường tại M.

*Bài giải:*

1) Chia đoạn AB = L thành những đoạn nhỏ  $dl$  tại vị trí cách A (chọn làm gốc) một đoạn  $l$ .

Đoạn  $dl$  tích điện  $dq = \lambda dl$  gây ra tại M điện thế:

$$dV = k \frac{\lambda dl}{L + x - l} \quad (\text{chọn } V_{\infty} = 0)$$

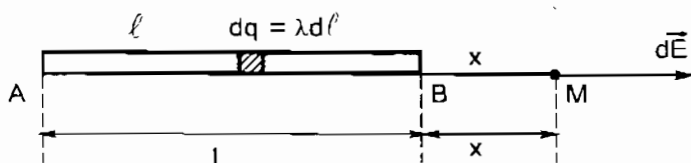


Điện thế tổng cộng do thanh AB gây ra tại M:

$$V = \int_0^L k \frac{\lambda dl}{L+x-l} = k\lambda \ln \left( \frac{x+L}{x} \right)$$

2) Ở đây  $V$  chỉ là hàm của  $x$ . Suy ra, vectơ điện trường  $\vec{E}$  chỉ phụ thuộc  $x$  (tính đối xứng):  $\vec{E}$  nằm theo đường thẳng AB và có độ lớn:

$$E = -\frac{\partial V}{\partial x} = k\lambda \frac{L}{x(L+x)}$$



Hình 1.41

## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng:*

### 1. Vật dẫn cô lập tích điện: $E_{\text{trong}} = 0$

a) Điện tích:

$$q = C V \text{ (giả thiết } V_{\infty} = 0)$$

b) Năng lượng tĩnh điện:

$$W = \frac{1}{2} q V = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

c) Quả cầu kim loại:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

### 2. Tụ điện

a) Điện tích:

$$q = C U$$

( $U$  = điện áp giữa hai tấm)

b) Năng lượng tĩnh điện:

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

c) Tụ điện:

Phẳng	Cầu	Trụ
$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$	$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$	$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(R_2/R_1)}$

### 3. Năng lượng điện trường

Mật độ năng lượng điện trường

$$W = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2$$

## II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

### 2-1.

Cường độ dòng điện trong mặt cầu bằng 0.

$$E_{\text{trong}} = 0 \quad (r < R)$$

Cường độ điện trường tại một điểm trên mặt cầu:

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad (r > R)$$

Điện thế tại một điểm bên trong và bên trên mặt cầu:

$$V = k \frac{q}{r} \quad (r \leq R)$$

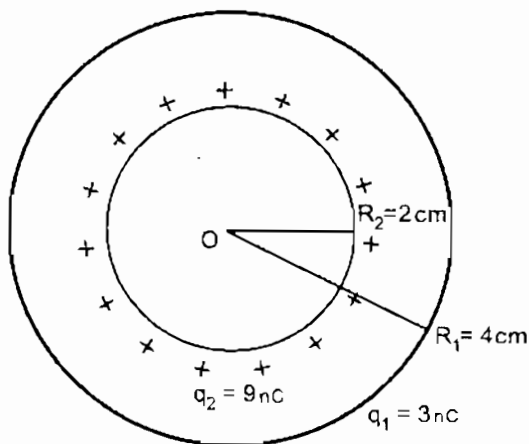
Điện thế tại một điểm bên ngoài mặt cầu:

$$V = k \frac{q}{r} \quad (r > R)$$

r	$10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	m
E	0	$k \frac{9 \cdot 10^{-9}}{(2 \cdot 10^{-2})^2}$ $= k \frac{9}{4} 10^{-5}$	$k \frac{9 \cdot 10^{-9}}{(3 \cdot 10^{-2})^2}$ $= k \cdot 10^{-5}$	$k \frac{9 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2}$ $+ k \frac{3 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2}$ $= k \frac{12}{16} 10^{-5}$	$k \frac{(9+3) \cdot 10^{-9}}{(5 \cdot 10^{-2})^2}$ $= k \frac{12}{25} 10^{-5}$	V/m
V	$k \frac{(9+3) \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-2}}$ $= k \cdot \frac{12}{2} \cdot 10^{-7}$	$k \frac{(9+3) \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-2}}$ $= k \cdot \frac{12}{2} \cdot 10^{-7}$	$k \frac{9 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^{-2}}$ $+ k \frac{3 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-2}}$ $= k \left( \frac{9}{3} + \frac{3}{4} \right) 10^{-7}$	$k \frac{9 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-2}}$ $+ k \frac{3 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}}$	$k \frac{(9+3) \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}}$	V

Đáp số:

E	0	202,5	90	67,5	43,2	kV/m
V	5,400	5,400	3,375	0,540	2,160	kV



Hình 2.14

2-2.

$$\begin{aligned}
 q &= CV = (4\pi\epsilon_0\epsilon R)V \\
 \sigma &= \frac{q}{4\pi R^2} = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon RV}{4\pi R^2} = \frac{\epsilon_0\epsilon V}{R} \\
 &= \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{1 \cdot 300}{10 \cdot 10^{-2}} = 2,65 \cdot 10^{-8}
 \end{aligned}$$

2-3.

Giả sử  $a \gg R$ :  $V_1 = V_M = k \frac{q_1}{R} + k \frac{q_2}{a - R}$

$$V_2 = V_N = k \frac{q_2}{R} + k \frac{q_1}{a - R}$$

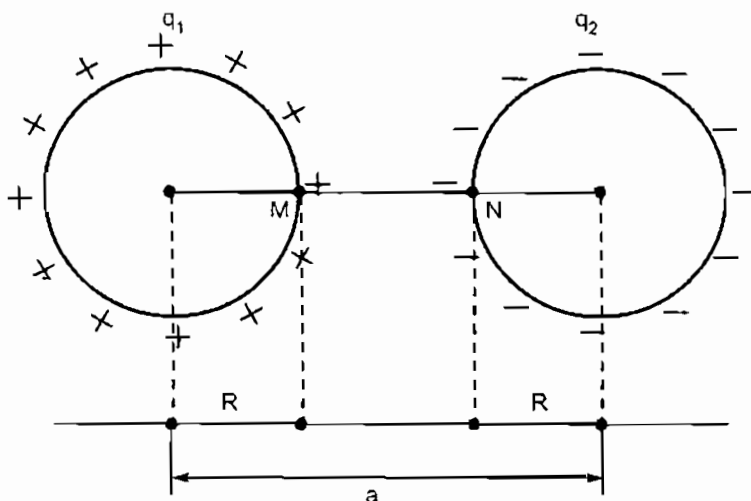
Và theo đầu bài:  $V_1 + V_2 = 0$ , suy ra:

$$V_1 + V_2 = \left( \frac{k}{R} + \frac{k}{a - R} \right) (q_1 + q_2) = 0$$

Kết quả:  $q_1 + q_2 = 0$

Và  $q_1 = \frac{V_1}{k \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{a - R} \right)}$  ;  $q_2 = -q_1$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1200}{9 \cdot 10^9 \left( \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{1 - 2,5 \cdot 10^{-2}} \right)} = 3,42 \cdot 10^{-9} \text{ C}
 \end{aligned}$$



Hình 2.15

**2-4.** Khi hai quả cầu nối với nhau (bằng dây dẫn), ở trạng thái cân bằng, chúng có cùng điện thế  $V_1 = V_2$ .

Điện tích mỗi quả cầu tỷ lệ với điện dung tương ứng của mỗi quả cầu.

$$q_1 = C_1 V_1; \quad q_2 = C_2 V_2$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1 V_1}{C_2 V_2} = \frac{R_1 V_1}{R_2 V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Vậy

$$\frac{q_1}{R_1} = \frac{q_2}{R_2} = \frac{q}{R_1 + R_2}$$

$$q_1 = q \frac{R_1}{R_1 + R_2} ;$$

$$q_2 = q - q_1 \rightarrow \begin{cases} q_1 = 13 \cdot 10^{-8} \text{ C} \cdot \frac{8}{13} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C} \\ q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C} \end{cases}$$

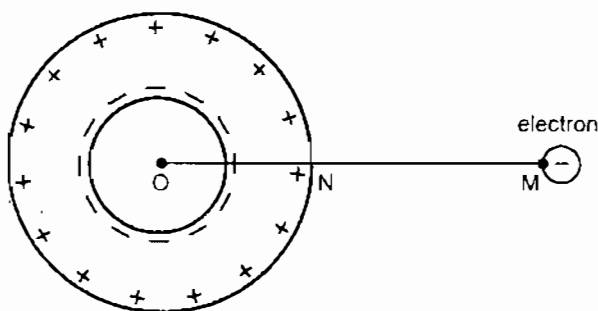
**2-5.**

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R = \frac{\epsilon R}{k} = \frac{1.1}{9 \cdot 10^9} = \frac{1}{9} 10^{-9} \text{ F}$$

$$V = \frac{q}{C} = \frac{10^{-6}}{\frac{1}{9} \cdot 10^{-9}} = 9 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$W = \frac{1}{2} q V = \frac{1}{2} 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^3 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

**2-6.** Theo đầu bài, cho tụ điện cầu  $R_1 = 1\text{cm}$ ;  $R_2 = 2\text{cm}$ ; tụ điện đang tích điện  $V_1 - V_2 = 2500\text{V}$ . Theo tính chất của tụ điện, điện trường chỉ tồn tại trong khoảng không gian giữa hai mặt cầu (hai bản tụ điện). Hạt electron bắt đầu chuyển động từ M ( $r_1 = 3\text{cm} > R_2 = 2\text{cm}$ ) đến  $r_2$  ( $r_2 = 2\text{cm} = R_2$ ). Như vậy hạt electron chuyển động ở bên ngoài điện trường tụ điện, do đó không có lực điện tác dụng lên electron; do đó vận tốc electron không đổi, nghĩa là bằng 0.



Hình 2.16

**2-7.** Nhiệt lượng tỏa ra bằng năng lượng tích lũy trong tụ điện khi tích điện.

$$Q = W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(10^{-3})^2}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \text{ J}$$

**2-8.**

Khi chưa nối hai tấm của hai tụ (không nối đất)

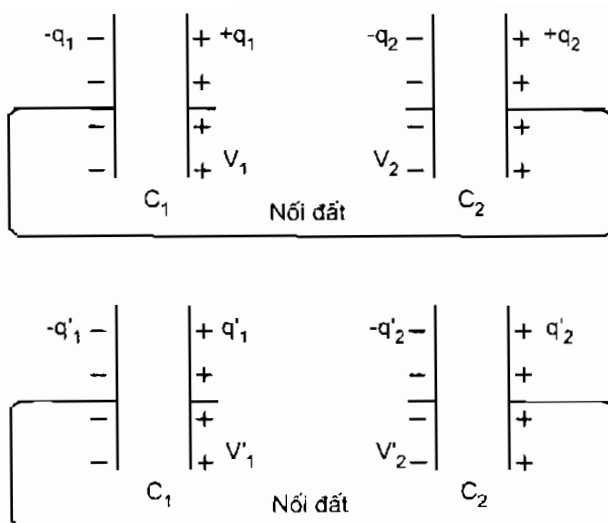
$$q_1 = 2\mu\text{F} \times 100\text{V} = 200\mu\text{C}$$

$$-q_2 = 0,5\mu\text{F} \times (-50\text{V}) = -25\mu\text{C}$$

Khi nối hai tấm của hai tụ điện (không nối đất) các điện tích có giá trị mới:

$$q_1' = C_1 V_1' \Rightarrow \frac{q_1'}{2} = V_1'$$

$$-q_2' = C_2 V_2' \Rightarrow -\frac{q_2'}{0,5} = V_2'$$



Hình 2.17

Vì hai tấm không nối đất lại nối với nhau nên:

$$V_1' = V_2'$$

$$\frac{q_1'}{2} = -\frac{q_2'}{0,5} = \frac{q_1 - q_2}{2 + 0,5} = \frac{q_1 - q_2}{2,5}$$

$$q_1' = 2 \times \frac{175}{2,5} = 140 \mu C$$

$$q_2' = -0,5 \times \frac{175}{2,5} = -35 \mu C$$

Năng lượng các tụ trước khi nối:

$$W = \frac{1}{2} \frac{q_1^2}{C_1} + \frac{1}{2} \frac{q_2^2}{C_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(200 \mu C)^2}{2 \mu F} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(-25 \mu C)^2}{0,5 \mu F} = 10,625 J$$

Sau khi nối:

$$W' = \frac{1}{2} \frac{q_1'^2}{C_1} + \frac{1}{2} \frac{q_2'^2}{C_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(140 \mu C)^2}{2 \mu F} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(-35 \mu C)^2}{0,5 \mu F} = 6,125 J$$

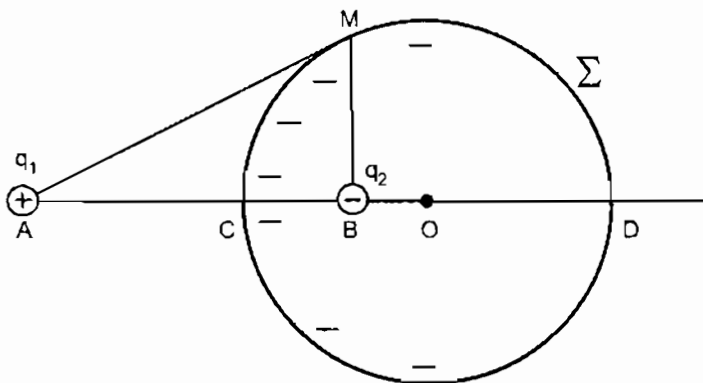
Năng lượng (nhiệt) tỏa ra bằng:

$$W - W' = 10,625 - 6,125 = 4,5 J$$

### III. BÀI TẬP BỔ SUNG

**2–9.** Cho điện tích điểm  $q_1$  đặt tại A trước một khối cầu kim loại tâm O, bán kính R ( $AO = a > R$ ) không tích điện. Gọi ACD là đường kính CD đi qua điểm A. Hãy xác định vectơ điện trường tại C và D.

Giải: Ta áp dụng *phương pháp ảnh điện* (xem trang 72 Giáo trình Vật lý đại cương – Tập hai). Ta xác định vị trí B trên AO (bên trong khối cầu) sao cho khi đặt một điện tích điểm  $q_2$  thích hợp tại B thì điện trường của hệ ( $q_1, q_2$ ) có một mặt đẳng thế là mặt cầu  $\Sigma$  trùng với mặt cầu (O, R).



Hình 2.18

Đó là quỹ tích những điểm M sao cho:

$$V_M = k \left( \frac{q_1}{AM} + \frac{q_2}{BM} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{AM}{BM} = - \frac{q_1}{q_2}$$

Trong bài này giả sử  $q_1 > 0$  khi đó  $q_2 < 0$

Theo hình học, 4 điểm A, B, C, D tạo thành một hàng điều hòa sao cho:

$$\frac{MA}{MB} = \frac{CA}{CB} = \frac{DA}{DB} = - \frac{q_1}{q_2}$$

Các phép tính hình học cho:

$$OA \cdot OB = R^2$$

Vị trí B của  $q_2$ :

$$OB = b = \frac{R^2}{a} \quad (a = OA)$$

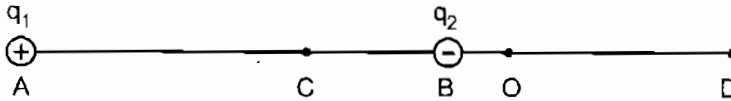


Giá trị  $q_2$  cho bởi:

$$\frac{CB}{CA} = \frac{R-b}{a-R} = -\frac{q_2}{q_1}$$

$$q_2 = q_1 \frac{b-R}{a-R} = q_1 \frac{\frac{R^2}{a} - R}{a-R} = -q_1 \frac{R}{a}$$

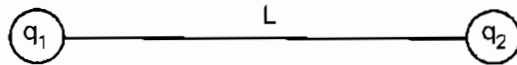
Điện trường do  $\{q_1 + \text{mặt cầu}\}$  gây ra ở ngoài mặt cầu trùng với điện trường do hai điện tích điểm  $\{q_1, q_2\}$  gây ra ở ngoài mặt cầu (nguyên tắc ảnh điện).



Hình 2.19

## 2-10.

Một điện tích  $q$  được chia cho hai quả cầu kim loại bán kính  $R_1, R_2$ . Hai quả cầu ấy được nối vào nhau bằng một dây dẫn dài và mảnh  $L$ . Tính điện tích mỗi quả cầu và lực căng dây nối.



*Bài giải:*

Khi cân bằng điện hai quả cầu có cùng điện thế:

$$V = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon R_2}$$

$$\rightarrow \frac{q_1}{R_1} = \frac{q_2}{R_2} = \frac{q_1 + q_2}{R_1 + R_2} = \frac{q}{R_1 + R_2}$$

Suy ra:  $q_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} q$  ;  $q_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} q$

Lực căng của dây có cường độ bằng lực đẩy Culông:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{L^2}$$

Với giả thiết:  $L \gg R_1, R_2$ .



## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng*

### 1. Phân biệt

- Điện trường ngoài (trong chân không)  $\vec{E}_0$
- Điện trường riêng do phân cực điện môi gây ra  $\vec{E}'$
- Điện trường tổng hợp trong điện môi

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

### 2. Vectơ phân cực điện môi

$$\vec{P} = \epsilon_0 K_e \vec{E}$$

$K_e$ : hệ số phân cực;  $1 + K_e = \epsilon$

### 3. Quan hệ giữa các vectơ điện trường và điện cảm

$$\sigma' = \epsilon_0 K_e E$$

$$E' = \frac{\sigma'}{\epsilon_0} = K_e E$$

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' \rightarrow E = E_0 - E'$$

$$E = E_0 - K_e E$$

$$E = \frac{E_0}{1 + K_e} = \frac{E_0}{\epsilon} \quad (\text{với } \epsilon = 1 + K_e)$$

$$D = \epsilon_0 \epsilon E = \epsilon_0 (1 + K_e) E$$

## II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

3-1.

$$E = \frac{U}{d} \left\{ \begin{array}{l} U = 400 \text{ V} \\ d = 0,02 \text{ cm} \end{array} \right. \rightarrow E = \frac{400 \text{ V}}{0,02 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 2 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

$$\sigma' = \epsilon_0 K_e E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} (7,5 - 1) \cdot 2 \cdot 10^6 \\ = 1,15 \cdot 10^{-4}$$

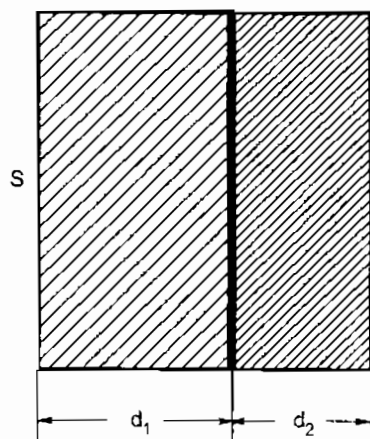
Trong đó:  $\epsilon$  (mica) = 7,5

3-2.

$$E = \frac{U}{d} ; \sigma = \epsilon_0 E = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{1200}{0,4 \cdot 10^{-2}} = 2,65 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma' = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot (6 - 1) \cdot \frac{1200}{0,4 \cdot 10^{-2}} = 1,32 \cdot 10^{-5}$$

3-3. Coi là hai tụ ghép nối tiếp



Hình 3.8

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \left\{ \begin{array}{l} C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d_1} \\ C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d_2} \end{array} \right.$$

$$\frac{1}{C} = \left( \frac{d_1}{\epsilon_0 \epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_0 \epsilon_2} \right) \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{\epsilon_0 S} \left( \frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right)$$

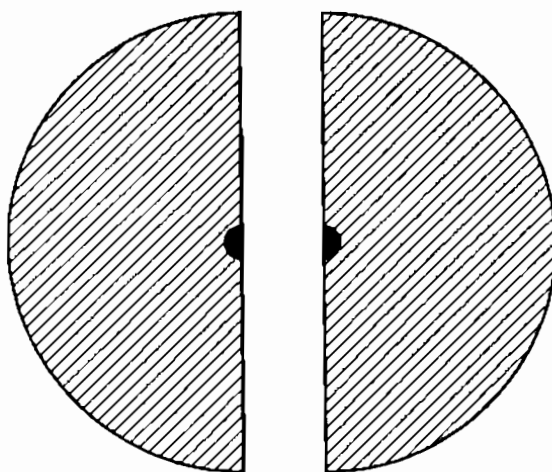
Suy ra:

$$C = \epsilon_0 S \left( \frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right)^{-1}$$

### III. BÀI TẬP BỔ SUNG

**3–4.** Một quả cầu điện môi mang điện tích  $q$  phân bố đều trong quả cầu bán kính  $R$  đó.

- 1) Xác định năng lượng điện trường trong quả cầu.
- 2) Xác định năng lượng điện trường ngoài quả cầu.
- 3) Cắt đôi quả cầu thành hai bán cầu, năng lượng điện trường thay đổi thế nào? Cho hằng số điện môi  $= \epsilon$ .



Hình 3.9

*Bài giải:*

- 1) Điện trường bên trong quả cầu tại một điểm cách tâm một khoảng  $r \leq R$  có cường độ:

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q_1}{r^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} q_1 = \frac{q}{R^3} r^3 \\ \\ \end{array} \right.$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q r}{R^3}$$

Năng lượng điện trường bên trong quả cầu:

$$\begin{aligned} W_1 &= \int_0^R \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E_1^2 \cdot 4\pi r^2 dr \quad (\text{với } r \leq R) \\ &= \int_0^R \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon \left( \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{qr}{R^3} \right)^2 4\pi r^2 dr \\ &= \frac{q^2}{8\pi \epsilon_0 \epsilon R} \end{aligned}$$

2) Năng lượng điện trường bên ngoài quả cầu:

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2} \quad (\text{với } r > R) \\ W_2 &= \int_R^\infty \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E_2^2 4\pi r^2 dr = \frac{q^2}{8\pi \epsilon_0 \epsilon R} \end{aligned}$$

3) Năng lượng giảm vì khi chia đôi quả cầu phải tốn công.

## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

### 1. Định luật Ôm cho đoạn mạch thuần trở

$$U = \pm RI$$

### 2. Định luật Ôm cho đoạn mạch có nguồn và máy thu

$$U_{AB} = \pm \xi \pm rI$$

$$\begin{array}{l} \pm \xi \left\{ \begin{array}{l} \text{Dấu + khi điểm đầu nối với cực dương} \\ \text{Dấu - khi điểm đầu nối với cực âm} \end{array} \right. \\ \pm rI \left\{ \begin{array}{l} + rI \text{ khi AB theo chiều dòng điện} \\ - rI \text{ khi AB ngược chiều dòng điện} \end{array} \right. \end{array}$$

### 3. Các định luật Kirchhoff

ĐL I: Bảo toàn dòng tại nút

ĐL IIA: Tổng các hiệu điện thế theo một đường cong kín bằng 0.

ĐL IIB: Hiệu điện thế giữa hai điểm của một mạch không phụ thuộc đường đi.

### 4. Định lý Thevenin

Mạng hai cực AB tương đương với một nguồn có điện trở trong bằng điện trở tương đương của mạng nếu cho triệt tiêu các suất điện động và có suất điện động bằng hiệu điện thế hai cực của mạng khi hở mạch.

## II. BÀI TẬP BỔ SUNG

**4-1.** Tính  $R_{td}$  của một mạch cầu.

Cho mạch cầu mô tả trên hình 4.18 trong đó:  $R_1 = R_4$ ;  $R_2 = R_3$ .

Tính  $R_{td}$  của mạch đó.

*Bài giải:*

Để dàng thấy rằng nếu cho các dòng điện chạy ngược chiều đã cho thì mạch điện vẫn giống như lúc chạy xuôi. Do đó suy ra:

$$I_4 = I_1 \text{ và } I_3 = I_2$$

Các định luật Kiarohp cho:

$$U_{AC} + U_{CD} = U_{AD} \rightarrow R_1 I_1 + R_5 I_5 = R_2 I_2$$

Tại nút C:  $I_1 = I_3 + I_5 = I_2 + I_5 \rightarrow I_5 = I_1 - I_2$

Vậy:  $R_1 I_1 + R_5 (I_1 - I_2) = R_2 I_2$

$$(R_1 + R_5) I_1 = (R_2 + R_5) I_2$$

Suy ra:  $\frac{I_1}{R_2 + R_5} = \frac{I_2}{R_1 + R_5} = \frac{I_1 + I_2}{R_1 + R_2 + 2R_5} = \frac{I}{R_1 + R_2 + 2R_5}$

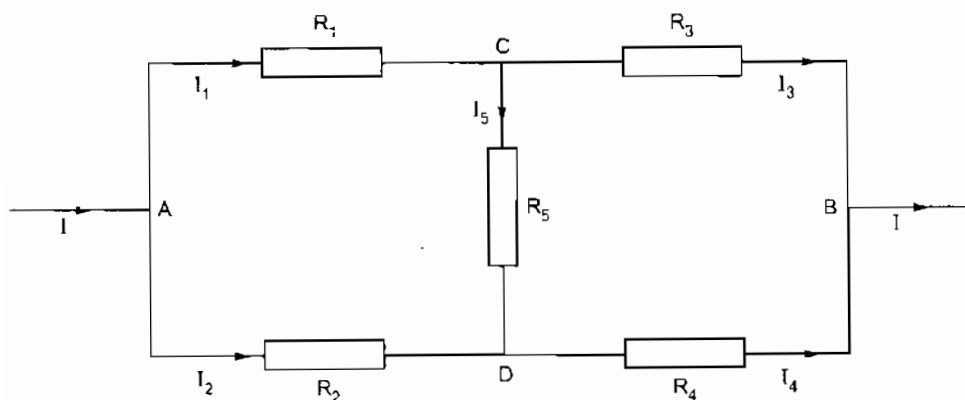
$$I_1 = \frac{R_2 + R_5}{R_1 + R_2 + 2R_5} I \quad ; \quad I_2 = \frac{R_1 + R_5}{R_1 + R_2 + 2R_5} I$$

Tính được:  $U_{AB} = R_1 I_1 + R_3 I_3 = R_1 I_1 + R_2 I_2$

$$= \frac{R_1(R_2 + R_5) + R_2(R_1 + R_5)}{R_1 + R_2 + 2R_5} I$$

Điện trở tương đương của mạch

$$R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{2R_1 R_2 + (R_1 + R_2) R_5}{R_1 + R_2 + 2R_5}$$



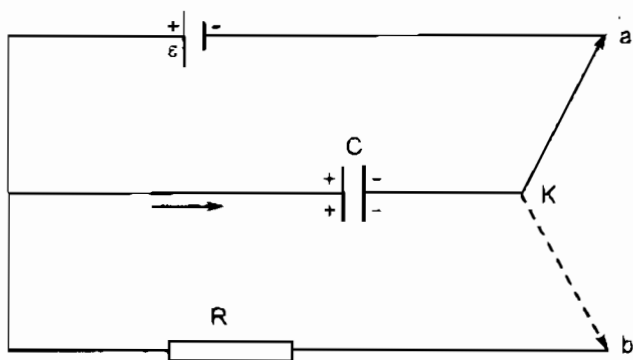
Hình 4.18

#### 4-2. Sự phóng điện của một tụ điện.

1) Trên hình vẽ 4.19 ban đầu khóa K ở vị trí a: sau một khoảng thời gian đủ lớn tụ điện nạp điện tích.

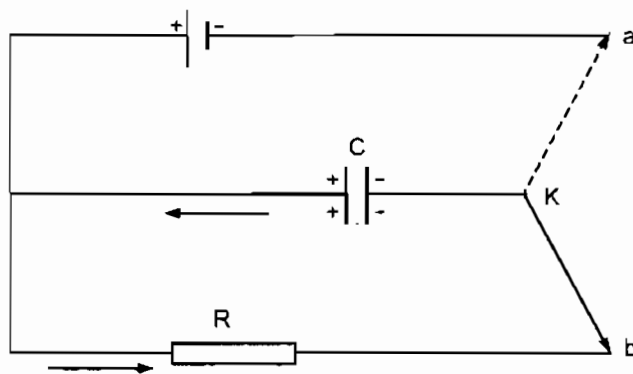
$$q_0 = CU = C\xi$$

Tiếp theo ta chuyển K sang vị trí b. Hãy xác định dòng điện do tụ C phóng ra chạy qua điện trở R.



Hình 4.19a

2) Tính Q đối với sơ đồ thứ hai.



Hình 4.19b

*Bài giải:*

1) Khi K đóng sang vị trí b, hiệu điện thế hai bản của tụ bằng hiệu điện thế hai đầu của R cho bởi:  $\frac{q}{C} = u = Ri$  (lúc  $t \geq 0$ )



Trong đó cường độ dòng:  $i = -\frac{dq}{dt}$  ( $q$  giảm,  $\frac{dq}{dt} < 0$ )

Vậy: 
$$\frac{q}{C} = -R \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC}$$

Tích phân hai vế từ 0 đến  $t$  theo  $t$ , tìm được  $q$  lúc  $t \geq 0$ :

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Cường độ dòng  $i$  tại thời điểm  $t$ :

$$i = -\frac{dq}{dt} = \frac{q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Nhiệt lượng tổng cộng tỏa ra trong  $R$ :

$$Q = \int_0^\infty R i^2 dt = \frac{1}{2} C \xi$$

Nêu ý nghĩa kết quả này.

2) Khi khóa  $K$  đóng sang vị trí  $b$ , điện tích ban đầu  $q_0 = C \xi$  được phân bố cho hai tụ  $C$  và  $C_1$ . Điện tích mỗi tụ (ký hiệu  $q_2$  và  $q_1$ ) được tính như sau:

$$q_2 + q_1 = q_0 = C \xi$$

$$\frac{q_2}{C} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_0}{C + C_1}$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{C}{C + C_1} q_0 \quad ; \quad q_1 = \frac{C_1}{C + C_1} q_0$$

Năng lượng của hệ: 
$$\frac{1}{2} \frac{q_2^2}{C} + \frac{1}{2} \frac{q_1^2}{C_1}$$

$$= \frac{1}{2C} \left( \frac{C}{C + C_1} \right)^2 q_0^2 + \frac{1}{2C_1} \left( \frac{C_1}{C + C_1} \right)^2 q_0^2$$

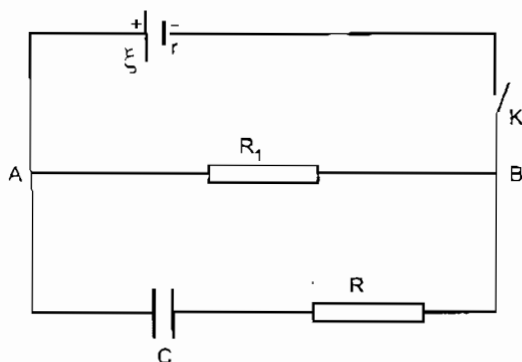
$$= \frac{q_0^2}{(C + C_1)^2} \left[ \frac{1}{2C} \cdot C^2 + \frac{1}{2C_1} \cdot C_1^2 \right]$$

$$= \frac{q_0^2}{(C + C_1)^2} \frac{1}{2} (C + C_1) = \frac{1}{2} \frac{q_0^2}{C + C_1}$$

Nhiệt lượng tỏa ra trên R:

$$= \frac{q_0^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2(C+C_1)} = \frac{q_0^2}{2} \frac{C_1}{C(C+C_1)}$$

**4–3.** Cho mạch điện như hình 4.20. Lúc  $t = 0$  đóng khóa K, xác định nhiệt lượng tổng cộng qua R.

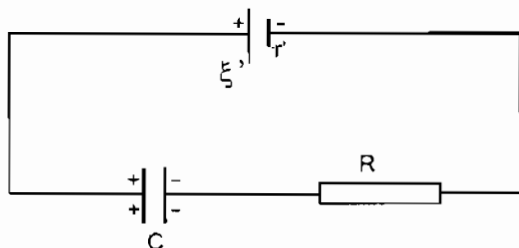


Hình 4.20

*Bài giải:* Áp dụng định lý Thevenin, mạng hai cực AB tương đương với một nguồn có suất điện động và điện trở trong:

$$\xi' = \frac{R_1 \xi}{R_1 + r} \quad ; \quad r' = \frac{R_1 r}{R_1 + r}$$

Mạch điện tương đương với mạch vẽ trên hình 4.21. Điện lượng tổng cộng trong tụ C:  $q = C \xi'$



Hình 4.21

Công do nguồn sinh ra:  $A = \xi' q = C \xi'^2$

Công này chuyển thành hai phần:

– Phần thứ nhất tích cho tụ điện:

$$A_{\text{m}} = W = \frac{1}{2} C \xi'^2$$

– Phần thứ hai tỏa nhiệt trên điện trở  $R + r$

$$Q = \frac{1}{2} C \xi'^2$$

Nhiệt lượng tỏa ra trong  $R$  là  $\frac{R}{R+r} Q$



## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng*

### 1. Từ cảm:

$$d\vec{B} = k' \frac{I d\vec{l} \wedge \vec{r}}{r^3}$$

$$dB = k' \frac{I dl \sin \theta}{r^2} \left( k' = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \right)$$

### 2. Lực từ:

$$d\vec{F} = I_0 d\vec{l}_0 \wedge d\vec{B}$$

### 3. Cảm ứng từ:

Dòng điện thẳng dài:  $B = k' \frac{2I}{r}$

Dòng điện tròn (tại tâm):  $B = k' \frac{2\pi I}{R}$

Ống dây hình trụ dài:  $B = k' 4\pi n I$

### 4. Định lý Ampe:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

### 5. Định lý Gau-xơ:

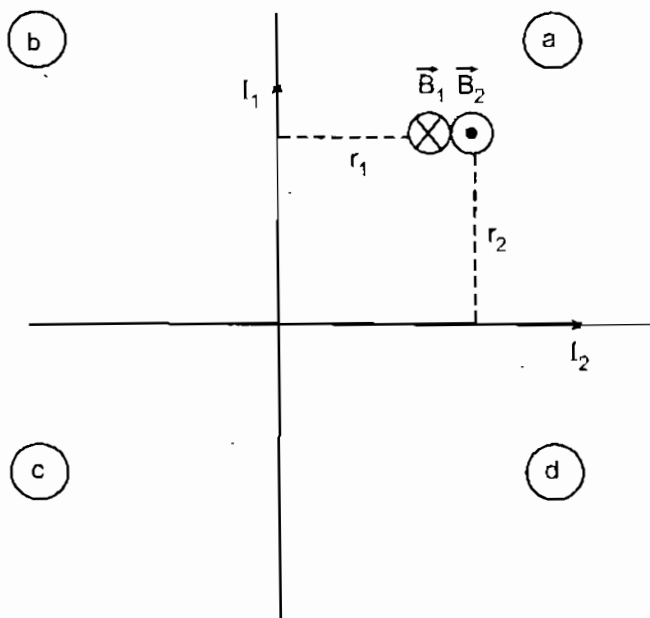
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

### 6. Lực Loren:

$$\vec{F} = q_0 \vec{v} \wedge \vec{B}$$

## II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

**5-1.** Hai dòng điện chia mặt phẳng (P) thành bốn miền (a), (b), (c), (d). Trong hai miền (a), (c),  $B_1$  và  $B_2$  ngược chiều nhau; trong hai miền (b), (d)  $B_1$  và  $B_2$  cùng chiều.



Hình 5.31

1) Từ cảm tổng hợp tại những điểm cách đều hai dây trong hai miền (a), (c):

$$B = |B_1 - B_2| = k' \cdot \frac{2(3 - 2)}{r} = k' \cdot \frac{2}{r}$$

$$= 10^{-7} \cdot \frac{2}{10 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

Từ cảm tổng hợp tại những điểm cách đều hai dây trong hai miền (b), (d):

$$B = B_1 + B_2 = k' \cdot \frac{2(3 + 2)}{r} = k' \cdot \frac{10}{r} \quad \left( k' = \frac{\mu_0}{4\pi} \right)$$

$$= 10^{-7} \cdot \frac{10}{10 \cdot 10^{-2}} = 10^{-5} \text{ T}$$

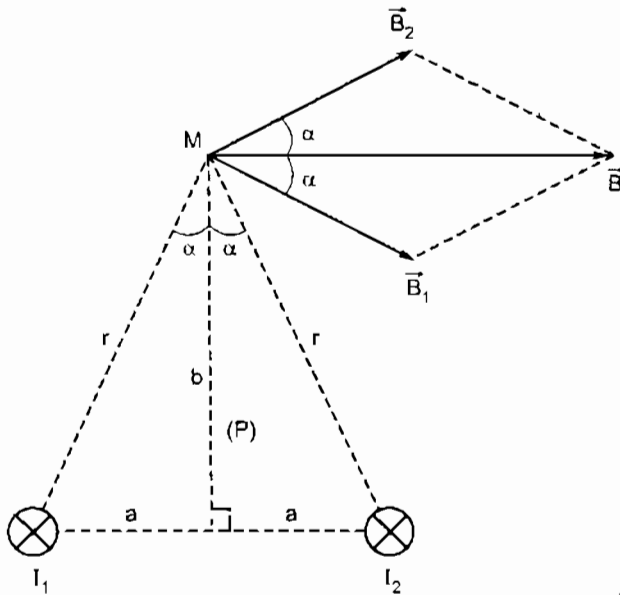
2) Những điểm tại đó  $\vec{B} = \vec{0}$  nằm hai miền (a) và (c) thỏa mãn:

$$B = |B_1 - B_2| = k' \left( \frac{3}{r_1} - \frac{2}{r_2} \right) = 0$$

$$\frac{r_1}{3} = \frac{r_2}{2}$$

**5–2.** Quỹ tích phải tìm là đường thẳng song song với hai dây cách  $I_1$  và cách  $I_2$  các khoảng 10cm và 15cm.

**5–3.** Chọn mặt phẳng hình vẽ vuông góc với hai dòng điện  $I_1$  và  $I_2$ : quỹ tích các điểm M cách đều hai dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  là mặt phẳng trung trực của hai dòng điện (P).



Hình 5.32

Tại vị trí M:  $B_1 = B_2 = k' \frac{2I}{r}$

Vectơ từ cảm tổng hợp  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  là đường chéo của một hình thoi mà hai cạnh là  $\vec{B}_1$  và  $\vec{B}_2$ . Độ lớn của đường chéo:

$$B = 2B_1 \cos \alpha = 4k' \frac{I}{r} \cos \alpha$$

Trong đó:  $\alpha$  là  $\frac{1}{2}$  góc của hình thoi tạo bởi  $\vec{B}_1$  và  $\vec{B}_2$ .

Để dàng thấy  $2\alpha$  là góc ở đỉnh của một tam giác cân đỉnh M, hai cạnh đi từ M vuông góc với hai dòng điện  $I_1$  và  $I_2$ . Gọi b là độ dài của chiều cao

đi từ M của tam giác cân nói trên, ta có  $\cos \alpha = \frac{b}{r}$ :

$$B = 4k' \frac{I}{r} \cos \alpha = 4k' \frac{I}{r} \frac{b}{r}$$

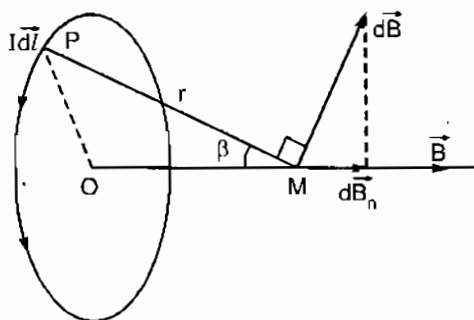
Ta có thể viết:

$$B = 4k' \frac{I}{a} \frac{a}{r} \frac{b}{r} \begin{cases} \frac{a}{r} = \sin \alpha \\ \frac{b}{r} = \cos \alpha \end{cases}$$

$$B = 2k' \frac{I}{a} \sin 2\alpha$$

Dễ dàng thấy B cực đại khi  $\sin 2\alpha = 1 \Leftrightarrow \alpha = 45^\circ$

#### 5-4. Hướng dẫn và mở rộng



Hình 5.33

1) Chia vòng dây thành những phần tử dòng  $I d\vec{l}$ : từ cảm  $d\vec{B}$  do  $I d\vec{l}$  gây ra tại M có hướng vuông góc với mặt phẳng chứa  $I d\vec{l}$  và  $MP = r$ . (P là góc của phần tử dòng điện  $I d\vec{l}$ ).

$$I d\vec{l} \rightarrow d\vec{B}$$

Từ cảm tổng hợp:

$\vec{B} = \int d\vec{B}$  là vectơ  $\vec{B}$  nằm theo trục dòng điện tròn có độ lớn:

$$B = k' \int \frac{I dl}{r^2} \sin \beta$$

$$B = k' \frac{I \cdot 2\pi R}{r^2} \sin \beta$$

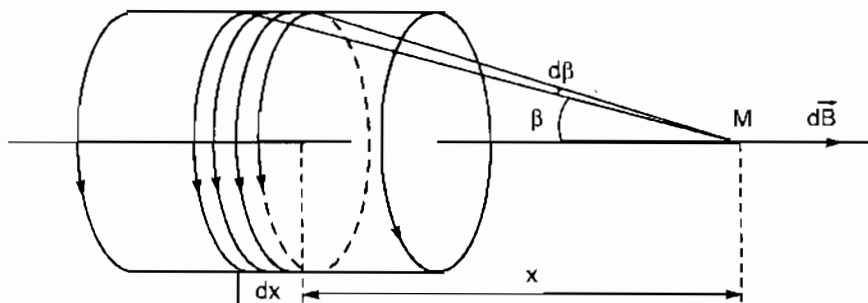
Cuối cùng:

$$B = k' I \frac{2\pi}{R} \sin^3 \beta$$

2) Áp dụng kết quả trên có thể xác định từ cảm gây bởi một ống dây điện hình trụ dài, quán đều, tại một điểm M trên trục hình trụ ấy.

Xét một đoạn ngắn của hình trụ có độ dài  $dx$  cách điểm M đang xét một đoạn  $x$ .

Đoạn ngắn  $dx$  có  $ndx$  vòng dây ( $n$  = số vòng trên đơn vị dài) khít nhau, gây ra tại M vectơ từ cảm:



Hình 5.34

$$\begin{aligned} dB &= k' \frac{2\pi}{R} \sin^3 \beta (n dx) I \\ &= k' \frac{2\pi n I}{R} \sin^3 \beta dx \end{aligned}$$

Trong đó:

$$x = \frac{R}{\tan \beta};$$

$$dx = R d\left(\frac{\cos \beta}{\sin \beta}\right) = R \frac{-d\beta}{\sin^2 \beta}$$

Vậy:

$$dB = k' \frac{2\pi n I}{R} \frac{-R d\beta}{\sin^2 \beta} \sin^3 \beta$$

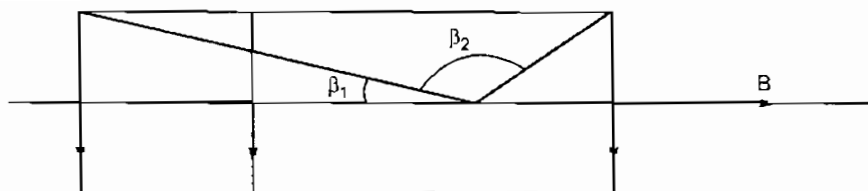
$$dB = k' 2\pi n I (-\sin \beta d\beta)$$

Tích phân ta được:

$$B = \int dB = k' 2\pi n I (\cos \beta_1 - \cos \beta_2)$$

$$B = \mu_0 \frac{n I}{2} (\cos \beta_1 - \cos \beta_2)$$





Hình 5.35

Trên hình 5.35,  $\cos\beta_1 > 0$ ,  $\cos\beta_2 < 0$

Với ống dây rất dài:  $\beta_1 = 0$ ;  $\beta_2 = \pi \rightarrow B = \mu_0 n I$

### 5-5.

1) Các lực tác dụng lên khung dây:

$$F_1 = k' \frac{2I_1}{d} I_2 b$$

$$F_2 = k' \frac{2I_1}{d+a} I_2 b$$

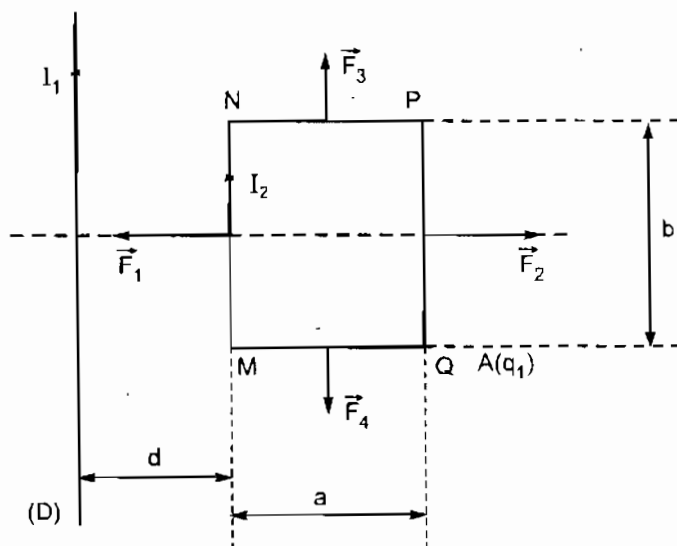
$$\vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{0}$$

Và:

$$F = F_1 - F_2 = k' 2 I_1 I_2 b \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right)$$

$$F = k' 2 I_1 I_2 \frac{ab}{d(d+a)}$$

Lực tổng hợp là lực  $F$  hút vào phía  $I_1$ .



Hình 5.36

2) Từ thông qua hình chữ nhật MNPQ.

Gọi khoảng cách từ ( $I_1$ ) đến một dải chữ nhật hẹp có bề rộng  $dr$ , song song với (D) tại khoảng cách  $r$ ; từ thông qua dải đó cho bởi:

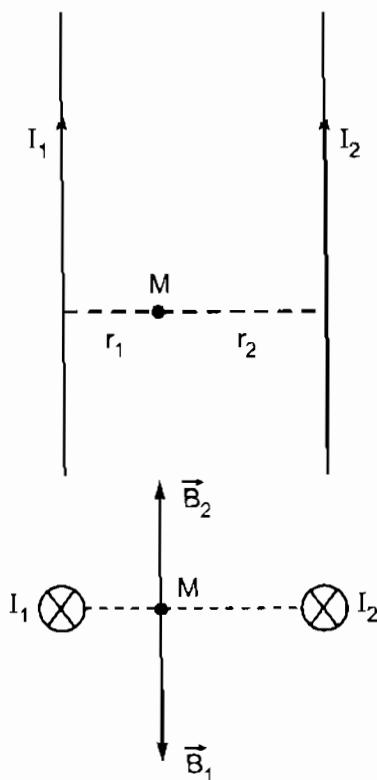
$$d\Phi = BdS = k' \frac{2I_1}{r} b dr$$

$$\Phi = k' 2I_1 b \int_d^{d+a} \frac{dr}{r}$$

$$\Phi = k' 2I_1 b \ln \frac{d+a}{d}$$

### III. BÀI TẬP BỔ SUNG

**5–6.** Hai dòng điện cường độ  $I_1$  và  $I_2$  chạy trong hai dây dẫn thẳng dài cách nhau một đoạn bằng  $r$ . Xác định quỹ tích những điểm tại đó từ cảm tổng hợp  $\vec{B} = \vec{0}$ .



Hình 5.37

*Bài giải:*

Quý tích phải tìm nằm trong mặt phẳng chứa hai dây và trong khoảng hai dây, tại khoảng cách  $r_1, r_2$ . Gọi M là một điểm tại đó:

$$\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{0}$$

Về độ lớn:  $B_1 = k' \frac{2I_1}{r_1}$

$$B_2 = k' \frac{2I_2}{r_2}$$

Điều kiện  $B_1 = B_2$  dẫn tới:

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2} = \frac{I_1 + I_2}{r} \Rightarrow r_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} r$$

$$r_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} r$$

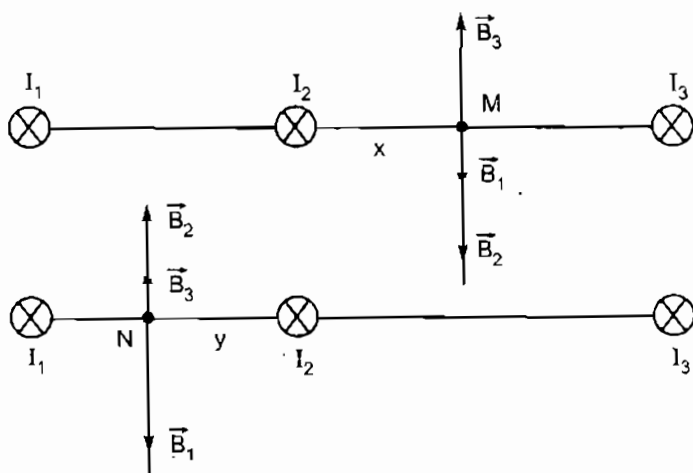
Quý tích phải tìm là những điểm M nằm trên đường thẳng song song với hai dòng điện trên tại các khoảng cách  $r_1$  và  $r_2$ .

**5-7.** Cho ba dòng điện  $I_1 = I_2 = 2A$ ;  $I_3 = 1A$  chạy cùng chiều trong ba dây dẫn thẳng dài đồng phẳng và cách nhau:

$I_1$  và  $I_2$  cách nhau 30cm

$I_2$  và  $I_3$  cách nhau 40cm.

Xác định những điểm tại đó  $\vec{B} = \vec{0}$



Hình 5.38

**Bài giải:**

Các điểm phải tìm chỉ có thể nằm trong dải phẳng giữa  $I_1$  và  $I_2$ , hoặc giữa  $I_2$  và  $I_3$

1) Tại điểm M nằm trong khoảng giữa hai dòng điện  $I_2$  và  $I_3$ , gọi x là khoảng cách từ M đến  $I_2$ .

$$B_1 = k' \frac{2I_1}{x+30} ; B_2 = k' \frac{2I_2}{x} ; B_3 = k' \frac{2I_3}{40-x}$$

Điều kiện  $\vec{B} = \vec{0}$  cho

$$\overline{B_1} + \overline{B_2} = \overline{B_3} \Rightarrow \frac{I_1}{x+30} + \frac{I_2}{x} = \frac{I_3}{40-x}$$

$$\text{Suy ra} \quad \frac{2}{x+30} + \frac{2}{x} = \frac{1}{40-x} \quad (*)$$

$$\text{Đến tới: } x^2 - 14x - 480 = 0$$

$$x = \begin{vmatrix} 30 \text{ cm} \\ -16 \text{ cm} \end{vmatrix}$$

Ta chọn x dương:  $x = 30\text{cm}$

2) Tại điểm N nằm trong khoảng giữa hai dòng điện  $I_1$  và  $I_2$ , gọi y là khoảng cách từ N đến  $I_2$ .

Điều kiện:  $\vec{B}_1 = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$  cho

$$\frac{I_1}{30-y} = \frac{I_2}{y} + \frac{I_3}{40+y}$$

$$\text{Hay:} \quad \frac{2}{30-y} - \frac{2}{y} = \frac{1}{40+y} \quad (**)$$

Ở phương trình này ta chọn nghiệm  $y > 0$ .

Nếu đặt  $y = -x > 0 \rightarrow x < 0$  ta được

$$\frac{2}{30+x} + \frac{2}{x} = \frac{1}{40-x}$$

Ta lại được phương trình (\*) nhưng nghiệm x phải  $< 0$ . Theo kết quả trên:  $x = -16\text{cm}$ , do đó  $y = +16\text{cm}$ .



## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

## 1. Chu kỳ và tần số

Nhắc lại công thức cơ bản về chu kỳ và tần số của dao động điện tự do trong mạch dao động lý tưởng (mạch có điện trở không đáng kể).

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad ; \quad T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{LC}$$

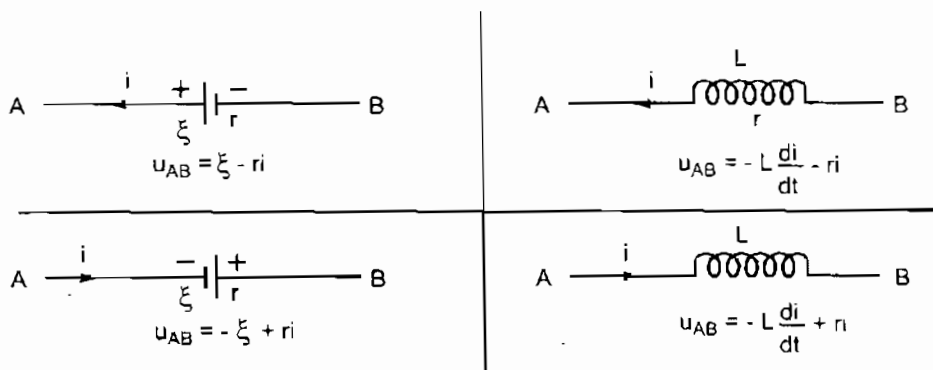
## 2. Điện thế

Nhắc lại công thức về hiệu điện thế giữa hai đầu một đoạn mạch có cuộn cảm.

a) Suất điện động tự cảm:

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

b) Hiệu điện thế giữa hai đầu một đoạn mạch có cuộn cảm:

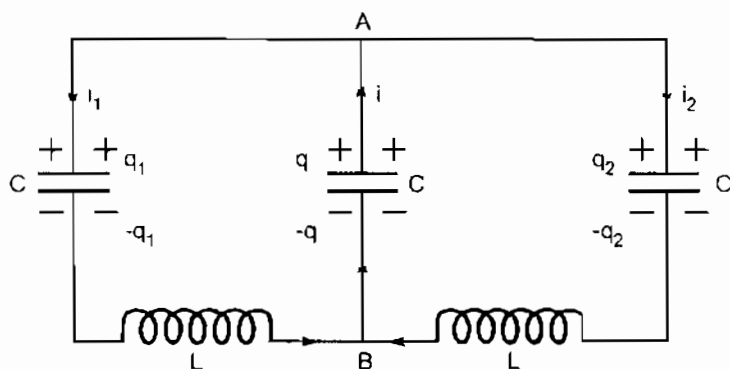


Hình 6.23

## II. BÀI TẬP BỔ SUNG

**6-1.** Cho mạch điện như hình vẽ (mô tả hai mạch dao động lý tưởng ghép nối bằng một tụ điện); Các chiều dòng điện tại một thời điểm  $t$  được cho như hình vẽ.

Xác định tần số dao động điện trong mạch.



Hình 6.24

*Bài giải:* Ta viết  $U_{AB}$  theo ba nhánh của mạch:

$$\begin{aligned} U_{AB} &= \frac{q_1}{C} + L \frac{di_1}{dt} = \frac{q}{C} \\ &= \frac{q_2}{C} + L \frac{di_2}{dt} = \frac{q}{C} \end{aligned}$$

Trong đó:  $i = -\frac{dq}{dt} ; i_1 = \frac{dq_1}{dt} ; i_2 = \frac{dq_2}{dt}$

Và:  $i = i_1 + i_2$

Từ đó suy ra:  $\frac{q_1}{C} + L \frac{di_1}{dt} = \frac{q_2}{C} + L \frac{di_2}{dt}$

$$L \frac{d}{dt}(i_1 - i_2) + \frac{1}{C}(q_1 - q_2) = 0$$

Đặt:  $q_1 - q_2 = q^-$

Và:  $i_1 - i_2 = \frac{d}{dt}(q_1 - q_2) = \frac{d}{dt}(q^-)$

Phương trình trên thành:

$$L \frac{d^2 q^-}{dt^2} + \frac{1}{C} q^- = 0$$

$$\frac{d^2 q^-}{dt^2} + \frac{1}{LC} q^- = 0 \quad (*)$$

Mặt khác: 
$$\frac{dq_1}{C dt} + L \frac{d^2 i_1}{dt^2} = \frac{1}{C} \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{dq_2}{C dt} + L \frac{d^2 i_2}{dt^2} = \frac{1}{C} \frac{dq}{dt}$$

Trong đó: 
$$\frac{dq_1}{dt} = i_1 ; \quad \frac{dq_2}{dt} = i_2 ; \quad \frac{dq}{dt} = -i$$

Cho ta: 
$$\begin{cases} \frac{1}{C} i_1 + L \frac{d^2 i_1}{dt^2} = \frac{-i}{C} \\ \frac{1}{C} i_2 + L \frac{d^2 i_2}{dt^2} = \frac{-i}{C} \end{cases}$$

Cộng lại: 
$$\frac{1}{C} i + L \frac{d^2 i}{dt^2} = -\frac{2i}{C}$$

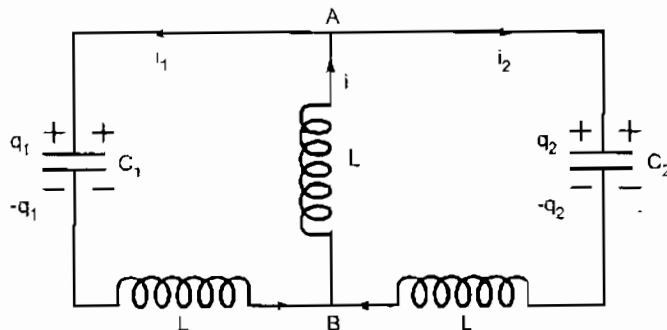
Ta được: 
$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{3i}{LC} = 0 \quad (**)$$

(\*) và (\*\*) là hai phương trình mô tả các dao động điện từ trong mạch, với hai chu kỳ riêng:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{LC}{3}}$  (phương trình \*\*)

$$T^- = 2\pi \sqrt{LC} \text{ (phương trình *)}$$

Như vậy khi ghép nối hai mạch dao động thì các dao động điện từ trong đó có hai chu kỳ (hay tần số) dao động riêng.

**6-2.** Trường hợp ghép nối hai mạch dao động lý tưởng bằng một cuộn cảm



Hình 6.25

**Bài giải:** Ta được các phương trình khi tính  $U_{AB}$  theo các nhánh khác nhau.

$$\begin{cases} L \frac{di_1}{dt} + \frac{q_1}{C} = -L \frac{di}{dt} \\ L \frac{di_2}{dt} + \frac{q_2}{C} = -L \frac{di}{dt} \end{cases} \text{ với } \begin{cases} i_1 = \frac{dq_1}{dt} \\ i_2 = \frac{dq_2}{dt} \end{cases} .$$

Suy ra:  $\frac{d^2 q^-}{dt^2} + \frac{1}{LC} q^- = 0 \quad (q^- = q_1 - q_2)$

Và:  $L \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{C} i = -2L \frac{d^2 i}{dt^2}$

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{3LC} i = 0 \quad (i = i_1 + i_2)$$

Các tần số dao động riêng:

$$f^- = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{3LC}}$$

Từ phương trình của  $q^- = q_1 - q_2$  có thể suy ra phương trình của

$$i^- = \frac{dq^-}{dt} = i_1 - i_2$$

$$\frac{d^2 i^-}{dt^2} + \frac{1}{LC} i^- = 0$$

Biểu thức tổng quát của  $i$  và  $i^-$  cho bởi:

$$i = I \cos \left( \sqrt{\frac{1}{3LC}} t + \varphi \right)$$

$$i^- = I^- \cos \left( \sqrt{\frac{1}{LC}} t + \varphi^- \right)$$

Từ  $i = i_1 + i_2$ ,  $i^- = i_1 - i_2$  suy ra các cường độ dòng  $i_1$  và  $i_2$ :

$$i_1 = \frac{1}{2} (i + i^-)$$



$$- \frac{1}{2} \left[ I \cos \left( \sqrt{\frac{1}{3LC}} t + \varphi \right) + I^- \cos \left( \sqrt{\frac{1}{LC}} t + \varphi^- \right) \right]$$

$$i_2 = \frac{1}{2} (i - i^-)$$

$$= \frac{1}{2} \left[ I \cos \left( \sqrt{\frac{1}{3LC}} t + \varphi \right) - I^- \cos \left( \sqrt{\frac{1}{LC}} t + \varphi^- \right) \right]$$

Mỗi dòng  $i_1$  hay  $i_2$  đều là tổng hợp hai dao động với chu kỳ:

$$T = 2\pi\sqrt{3LC} \text{ và } T^- = 2\pi\sqrt{LC}$$



## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

Trong chương 6 đã trình bày về sóng điện từ – điện từ trường biến thiên lan truyền trong không gian. Tại mỗi điểm có sóng điện từ truyền qua, có thể đồng thời xác định hai vectơ điện trường  $\vec{E}$  và từ cảm  $\vec{B}$  với các tính chất sau:

- 1)  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  vuông góc với vận tốc truyền sóng  $\vec{v}$ .
- 2) Ba vectơ ( $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{v}$ ) tạo thành một tam diện thuận và vuông.
- 3) Về độ lớn:  $E = B.v$

Ta tạm ký hiệu bộ ba ( $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{v}$ ) tại mỗi điểm có sóng điện từ truyền qua.

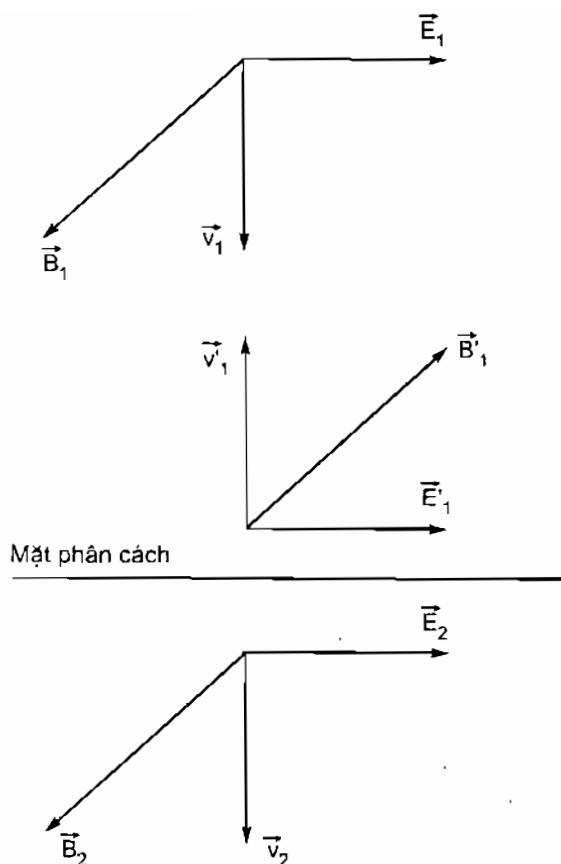
Tuy nhiên trong quá trình khảo sát sóng điện từ, một trong các vấn đề quan trọng là xét sự truyền sóng điện từ qua mặt phân cách hai môi trường khác nhau (hai môi trường cùng là đồng chất nhưng khác nhau về một số đặc tính vật lý) sẽ có vận tốc truyền sóng khác nhau.

## II. BÀI TẬP BỔ SUNG

Một đoàn sóng điện từ truyền song song đi từ môi trường 1 (vận tốc truyền sóng  $v_1$ ) sang môi trường 2 (vận tốc truyền sóng  $v_2$ ) qua mặt phân cách hai môi trường là một mặt phẳng. Khi tới mặt phân cách, đoàn sóng điện từ hướng vuông góc với mặt ấy và tách thành hai chùm.

- 1) Chùm phản xạ quay trở lại môi trường 1;
- 2) Chùm khúc xạ truyền sang môi trường 2 (tất cả vẫn vuông góc với mặt phân cách).

Hãy khảo sát mối quan hệ giữa chùm phản xạ và chùm khúc xạ so với chùm tới.



Hình 8.6

*Bài giải:*

Ta ký hiệu  $(\vec{E}_1, \vec{B}_1, \vec{v}_1)$  là chùm tia tới,  $(\vec{E}_1', \vec{B}_1', \vec{v}_1')$  là chùm phản xạ và  $(\vec{E}_2, \vec{B}_2, \vec{v}_2)$  là chùm khúc xạ; tất cả các vận tốc đều vuông góc với mặt phân cách và các vectơ thuộc các bộ ba truyền tới, phản xạ và khúc xạ đều có những hướng đúng quy luật đã nêu.

$(\vec{E}_1, \vec{B}_1, \vec{v}_1)$ : tới

$(\vec{E}_1', \vec{B}_1', \vec{v}_1')$ : phản xạ

$(\vec{E}_2, \vec{B}_2, \vec{v}_2)$ : khúc xạ (hay truyền qua)

Các vectơ trên hình đều vẽ xa mặt phân cách để dễ quan sát.

Trong thực tế các điểm đó rất gần mặt phân cách. Lý thuyết và thực

thực nghiệm đã chứng minh rằng khi qua mặt phân cách hai môi trường, các vectơ  $\vec{E}$  và  $\vec{B}$  biến thiên liên tục (nếu trên mặt phân cách không có điện tích tập trung). Điều đó có nghĩa là độ lớn của vectơ điện trường, vectơ từ cảm ở ngay hai bên mặt phân cách xấp xỉ bằng nhau:

$$E_1 + E_1' = E_2 \quad (1)$$

$$B_1 - B_1' = B_2 \quad (2)$$

Phương trình (2) có thể biến đổi dựa vào hệ thức:

$$Bv = E \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

$$\frac{E_1}{v_1} - \frac{E_1'}{v_1} = \frac{E_2}{v_2} \quad (2')$$

(1) và (2') cho:

$$E_1 - E_1' = \frac{v_1}{v_2} E_2$$

Và  $E_1 + E_1' = E_2$

Suy ra  $E_2 = \frac{2v_2}{v_1 + v_2} E_1 \quad (3)$

Và  $E_1' = \frac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2} E_1 \quad (4)$

Thay  $v_1 = \frac{c}{n_1}$ ,  $v_2 = \frac{c}{n_2}$  ( $n_1, n_2$  là chiết suất của hai môi trường) ta được:

$$E_2 = \frac{2n_1}{n_1 + n_2} E_1 \quad (5)$$

$$E_1' = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} E_1 \quad (6)$$

Ta thấy rằng nếu là trường hợp các sóng điện từ dao động tuần hoàn thì các đại lượng  $E_1$  (dao động tới),  $E_1'$  (dao động phản xạ),  $E_2$  (dao động khúc xạ) có thể cùng dấu (dao động cùng pha) và ngược dấu (dao động ngược pha). Dựa vào (5), (6) có thể kết luận:

1) Dao động của chùm khúc xạ luôn cùng pha với dao động của chùm tới;

2) Dao động của chùm phản xạ cùng với pha dao động của chùm tia tới khi  $n_1 > n_2$  (môi trường 1 chiết quang hơn môi trường 2) và ngược pha với dao động của chùm tới khi  $n_1 < n_2$  (môi trường 1 chiết quang kém môi trường 2).

Kết quả này sẽ được ứng dụng trong phần quang sóng.

## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng:*

### 1. Tần số góc, tần số, chu kỳ

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T}$$

### 2. Bước sóng

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

### 3. Vận tốc ánh sáng trong môi trường và bước sóng

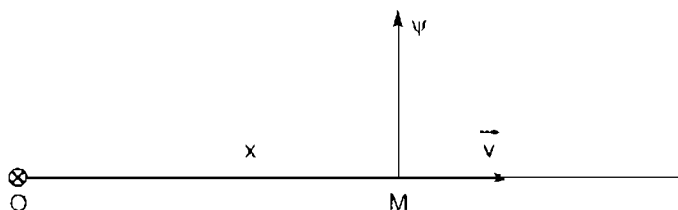
$$v = \frac{c}{n}$$

$$\lambda = vT = \frac{cT}{n} = \frac{\lambda_0}{n}$$

Bước sóng trong môi trường  $\lambda$

Bước sóng trong chân không  $\lambda_0$

### 4. Hàm sóng phẳng đơn sắc



Hình 9.8

$$\psi(x, t) = A \cos \left( \omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0} \right)$$

Hàm sóng phẳng đơn sắc mô tả trạng thái dao động tại M (tại khoảng cách  $x = \overline{OM}$ ), trong đó L là quang lộ:  $L = (\overline{OM}) = nx$ .

Với

$$\frac{L}{\lambda_0} = \frac{nx}{\lambda_0} = \frac{x}{\frac{\lambda_0}{n}} = \frac{x}{\lambda}$$

## II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

**9-1.** Tại gốc O, phương trình sóng có dạng

$$\Psi(O, t) = A_0 \cos \omega t$$

Tại điểm M ( $\overline{OM} = x$ ) chậm 1 khoảng thời gian  $\tau = \frac{x}{v}$

Vậy phương trình sóng có dạng:

$$\Psi(M, t) = A \cos \omega(t - \tau)$$

$$= A \cos \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

$$= A \cos \left( \omega t - \omega \frac{x}{v} \right)$$

Trong đó:  $\omega \frac{x}{v} = \frac{2\pi}{T} \frac{x}{v} = \frac{2\pi x}{\lambda}$

với  $\lambda = vT =$  bước sóng trong môi trường

$$\Psi(M, t) = A \cos \left( \omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

Nếu  $\lambda_0$  là bước sóng trong chân không

$$\lambda_0 = cT \text{ với } c = nv$$

thì

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

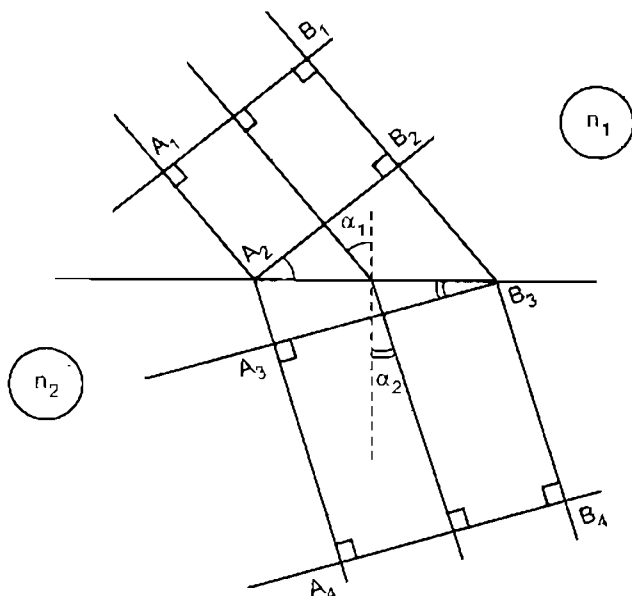
và

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{nx}{n\lambda} = \frac{nx}{\lambda_0} = \frac{L}{\lambda_0}$$

Vậy

$$\Psi(M, t) = A \cos \left( \omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0} \right)$$

**9-2.** Chùm sáng song song truyền qua mặt phân cách giữa hai môi trường khác nhau, chiết suất lần lượt  $n_1$  và  $n_2$ . Gọi  $\alpha_1$  là góc tới trong môi trường 1,  $\alpha_2$  là góc khúc xạ trong môi trường 2.



Hình 9.9

Xét các mặt sóng  $[A_1 B_1]$   $[A_2 B_2]$   $[A_3 B_3]$   $[A_4 B_4]$  ta phải chứng minh các quang lộ:  $(A_1 A_3) = (B_1 B_4)$ .

Theo hình vẽ, hiển nhiên:

$$(A_1 A_2) = (B_1 B_2)$$

và  $(A_3 A_4) = (B_3 B_4)$

Vậy cần phải chứng minh:

$$(A_2 A_3) = (B_2 B_3)$$

Nghĩa là:

$$n_2 A_2 A_3 = n_1 B_2 B_3$$

Trong đó:

$$A_2 A_3 = A_2 B_3 \sin \alpha_2$$

$$B_2 B_3 = A_2 B_3 \sin \alpha_1$$

Vậy ta phải chứng minh:

$$n_2 A_2 A_3 = (n_2 \sin \alpha_2) A_2 B_3$$

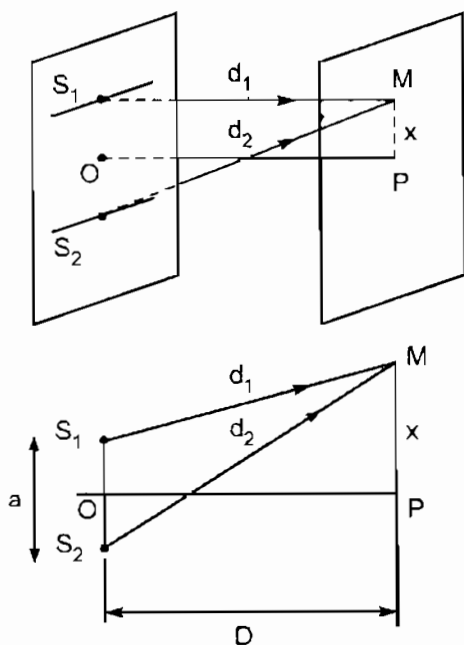
$$= n_1 B_2 B_3 = (n_1 \sin \alpha_1) A_2 B_3$$

Nghĩa là  $n_2 \sin \alpha_2 = n_1 \sin \alpha_1 \rightarrow$  Chính là định luật Snell.



### 9-3. Khe Young

Trên một màn chắn rạch hai khe giống nhau, song song, cách nhau một khoảng  $a$  (hai khe Young) ký hiệu  $S_1$  và  $S_2$ . Trước màn chắn đặt một nguồn sáng  $S$  (đoạn thẳng sáng) tại vị trí cách đều  $S_1, S_2$ . Khi đó theo nguyên lý Huyghen  $S_1$  và  $S_2$  trở thành hai nguồn sáng giống nhau (lý do đối xứng). Nói cách khác chúng trở thành hai nguồn kết hợp. Sau hai khe đặt một màn ảnh song song với hai khe; mỗi điểm trên màn đó nhận được hai chùm sáng xuất phát từ  $S_1$  và  $S_2$ ; chúng giao thoa với nhau trên màn chắn và cho các vân sáng, tối xuất hiện trên màn. Điều kiện để xuất hiện vân sáng, tối tùy theo giá trị của hiệu quang lộ từ hai nguồn  $S_1, S_2$  đến điểm khảo sát  $M$  trên màn (hình 9.10). Ta gọi  $a$  là khoảng cách hai khe;  $D$  là khoảng cách từ màn chứa hai khe đến màn quan sát vân giao thoa. Từ điểm  $O$  (cách đều hai khe trên màn) vẽ đường  $OP$  vuông góc với màn ảnh,  $P$  được chọn làm gốc tọa độ trên màn; ký hiệu  $PM = x$ .



Hình 9.10

Ta có các hệ thức hình học sơ cấp sau:

$$\left. \begin{aligned} d_2^2 &= \left( x + \frac{a}{2} \right)^2 + D^2 \\ d_1^2 &= \left( x - \frac{a}{2} \right)^2 + D^2 \end{aligned} \right\} -$$

$$\overline{d_2^2 - d_1^2 = a x}$$

$$d_2 - d_1 = \frac{a x}{d_2 + d_1}$$

Trong các thí nghiệm thực tế:

$$d_2 + d_1 \approx D$$

Vậy: 
$$d_2 - d_1 = \frac{a x}{D}$$

Hiệu quang lộ:

$$L_2 - L_1 = n(d_2 - d_1) = \frac{n a x}{D}$$

a) M là cực đại giao thoa khi:

$$L_2 - L_1 = n(d_2 - d_1) = \frac{n a x}{D} = N \lambda$$

$$x = N \frac{\lambda D}{n a} = N i \quad \left( i = \frac{\lambda D}{n a} \right)$$

b) M là cực tiểu giao thoa khi:

$$L_2 - L_1 = n(d_2 - d_1) = \frac{n a x}{D} = (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$x = \frac{2N + 1}{2} \frac{\lambda D}{n a} = \frac{2N + 1}{2} i$$

Kết quả trên màn ảnh xuất hiện các vân giao thoa là các vạch sáng, vạch tối xen kẽ nhau,  $i$  – khoảng vân là khoảng cách hai vân sáng liên tiếp hoặc hai vân tối liên tiếp.

Trường hợp môi trường là không khí:

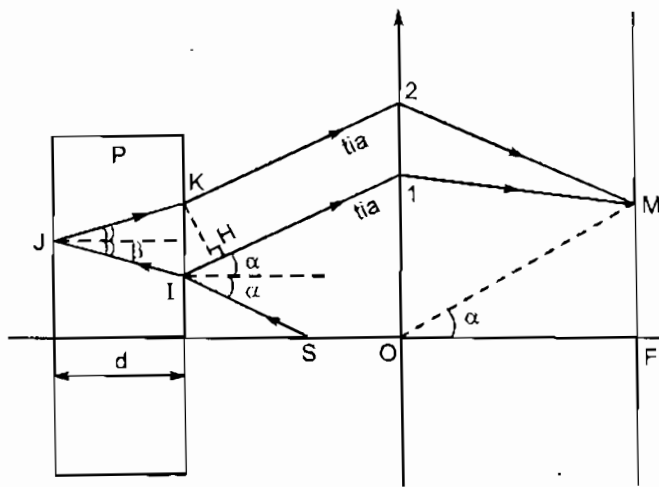
$$n = 1 \rightarrow i = \frac{\lambda D}{a}$$

**9-4.** Giao thoa ánh sáng cho bởi một bản mỏng hai mặt song song, bề dày  $d$ , chiết suất  $n$ , ký hiệu là  $P$ .

Điểm sáng đơn sắc  $S$  đặt trước một thấu kính hội tụ (tiêu cự  $f$ , tâm  $O$ , tiêu điểm  $F$ ) rọi ánh sáng về phía bản mặt song song. Khi một tia sáng từ  $S$  đi tới  $SI$  gặp bản mặt song song tách thành hai tia:

- Tia 1 phản xạ trên mặt của bản  $P$  rồi đi vào thấu kính hội tụ  $O$ .
- Tia 2 đi vào trong bản  $P$  rồi phản xạ trên mặt thứ hai của  $P$  sau đó đi ra ngoài bản  $P$ : tia này khi ra khỏi bản  $P$  sẽ có hướng song song với hướng của tia 1. Hai tia 1 và 2 giao thoa tại  $M$  trên tiêu diện của thấu kính. Như vậy các vân giao thoa được quan sát trên mặt phẳng tiêu diện của thấu kính.

Để khảo sát vân sáng, lối trước hết tính hiệu quang lộ của hai chùm giao thoa: Tia 1 là  $(S I M)$ ; Tia 2 là  $(S I J K M)$ .



Hình 9.11

Vẽ  $KH \perp$  chùm 2 tia song song  $\rightarrow KH$  là một mặt sóng. Ta nhận thấy hai tia 1 và 2:

- Có chung nhau đoạn  $SI$
- Có  $(HM) = (KM)$

Vậy hiệu quang lộ của 2 chùm song song

$$(I J K) - (I H)$$

Ta có các tính toán sau:

$$(IJK) = 2nIJ = 2n \frac{d}{\cos\beta}$$

$$(IH) = IH = IK \sin\alpha$$

$$\begin{aligned} (\text{trong không khí}) &= 2d \operatorname{tg}\beta \sin\alpha \\ &= 2d \frac{\sin\beta}{\cos\beta} n \sin\beta \\ &= 2nd \frac{\sin^2\beta}{\cos\beta} \end{aligned}$$

Vậy hiệu quang lộ:

$$\begin{aligned} L_2 - L_1 &= \frac{2nd}{\cos\beta} (1 - \sin^2\beta) \\ &= 2nd \cos\beta \end{aligned}$$

Trong đó:  $\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}$

$$L_2 - L_1 = 2nd \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}$$

$$L_2 - L_1 = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$$

Ta còn nhận thấy rằng trong số hai tia giao thoa đều có phản xạ khúc xạ, nhưng có *duy nhất một lần phản xạ từ môi trường không khí trên môi trường thủy tinh* (phản xạ tại I): sự phản xạ này gây ra sự đổi dấu của dao động sóng phản xạ tại I nghĩa là làm cho *quang lộ tăng thêm*  $\frac{\lambda}{2}$ . Quả vậy nếu sóng tới có phương trình:

$$A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0}\right)$$

thì sóng phản xạ có phương trình:

$$\begin{aligned} &-A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0}\right) \\ &= A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0} - \pi\right) \end{aligned}$$

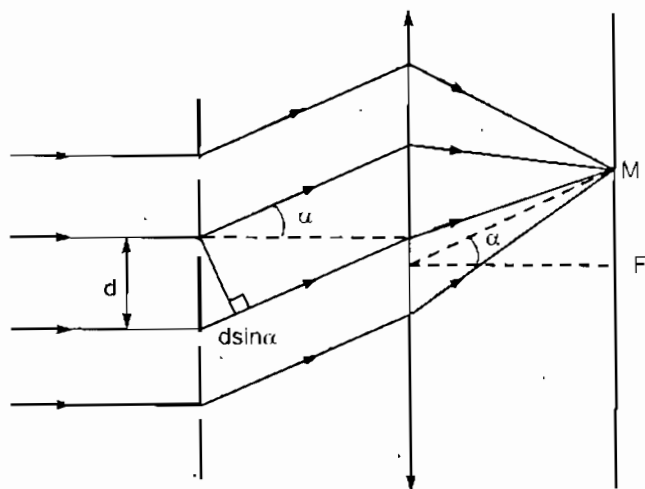
$$= A \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} \left( L + \frac{\lambda_0}{2} \right) \right)$$

Cuối cùng hiệu quang lộ cần tính bằng:

$$L_2 - L_1 = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2}$$

Từ đó có thể suy ra các góc  $\alpha$  tương ứng với vân sáng, vân tối.

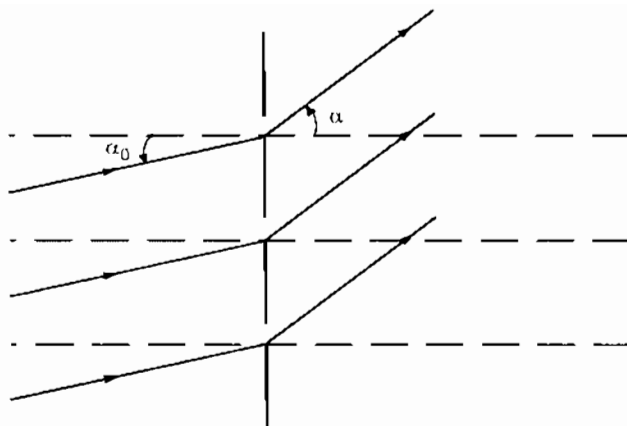
**9-5.** Cho một chùm song song đơn sắc rọi vuông góc vào một cách tử (tạo bởi các vạch giống nhau song song cách đều nhau) chu kỳ là  $d$ .



Hình 9.12

Khi qua cách tử, các tia truyền qua tạo thành một chùm song song theo mọi hướng. Xét một hướng bất kỳ tạo góc  $\alpha$  với đường pháp tuyến. Dễ dàng thấy hai tia nhiễu xạ lệch góc  $\alpha$  so với pháp tuyến, có hiệu quang lộ bằng  $d \sin \alpha$ . Nếu  $d \sin \alpha = N \lambda_0$ , hai vạch cạnh nhau cùng pha  $\rightarrow$  mọi vạch đều cùng pha  $\rightarrow$  tạo nên một cực đại giao thoa tại M trên tiêu diện của một thấu kính hội tụ. Trên tiêu diện đó xuất hiện những vạch sáng (l. các khe) song song cách đều nhau.

**9-6.** Trường hợp chùm tia tới song song rọi vào cách tử lệch góc  $\alpha_0$  so với pháp tuyến của cách tử. Xét một chùm nhiễu xạ lệch hướng góc  $\alpha$  so với pháp tuyến. Khi đó hiệu quang lộ giữa hai chùm đi qua hai khe cạnh nhau là:



Hình 9.13

$$\Delta L = d(\sin \alpha - \sin \alpha_0)$$

và điều kiện dôi với  $\alpha$  để có cực đại:

$$d(\sin \alpha - \sin \alpha_0) = N\lambda_0$$

+ Với  $\alpha_0$  xác định, ta có thể viết:

$$d \sin \alpha = d \sin \alpha_0 + N\lambda_0$$

do điều kiện  $|d \sin \alpha| = |d \sin \alpha_0 + N\lambda_0| \leq d$

→ Số nguyên  $N$  hữu hạn → Số các cực đại nhiễu xạ là hữu hạn.

+ Với  $N$  xác định, ta có thể viết:

$$d(\sin \alpha - \sin \alpha_0) = N\lambda_0 = \text{const}$$

$$\rightarrow \frac{d\alpha}{d\alpha_0} = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$$

Góc lệch của chùm nhiễu xạ so với chùm tới cho bởi:

$$D = \alpha - \alpha_0$$

$$\frac{dD}{d\alpha_0} = \frac{d\alpha}{d\alpha_0} - 1 = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} - 1$$

Để tìm cực trị của  $D$  ta cho:

$$\frac{dD}{d\alpha_0} = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} - 1 = 0 \Rightarrow \cos \alpha = \cos \alpha_0$$

Hai trường hợp:

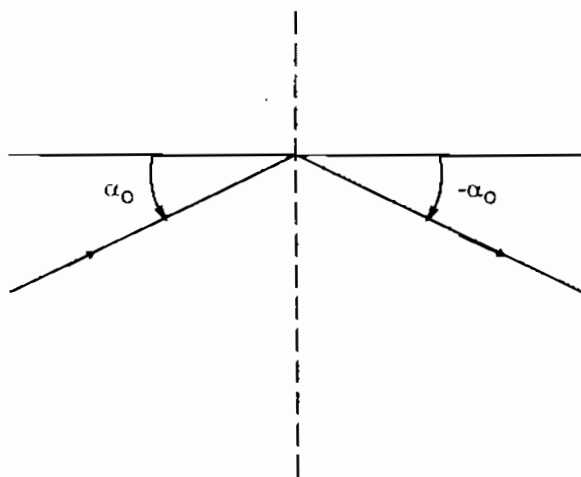
1)  $\alpha = \alpha_0$  không xét vì đây là trường hợp tia tới đi thẳng không bị lệch.

$$2) \alpha = -\alpha_0$$

$$\text{và} \quad D_{\min} = \alpha - \alpha_0 = -\alpha_0 - \alpha_0$$

Vậy, góc lệch cực tiểu của chùm nhiễu xạ so với chùm tới:

$$D_{\min} = -2\alpha_0$$



Hình 9.14

## I. KIẾN THỨC CẦN NHỚ

*Các công thức quan trọng:*

### 1. Biến đổi Loren

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ y = y'; z = z' \\ t = \frac{t' + \frac{Vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ y' = y; z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{Vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{array} \right.$$

### 2. Hạt tương đối tính

– Năng lượng nghỉ:  $W_0 = mc^2$

– Năng lượng toàn phần:  $W = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

– Động năng:  $W_d = W - W_0$

– Động lượng:  $\vec{p} = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

– Bất biến:  $\frac{W^2}{c^2} - p^2 = m^2 c^2$



### 3. Photon

– Năng lượng:  $W = hf = \frac{hc}{\lambda}$

– Động lượng:  $p = \frac{h}{\lambda}$

– Khối lượng (động):  $m = \frac{W}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$

## II. BÀI TẬP VÍ DỤ

### 10-1 và 10-2

Xét hai hệ quy chiếu Oxyz và O'x'y'z', trong đó O'x' // Ox ; O'y' // Oy ; O'z' // Oz và O'x' cùng phương Ox.

1) Theo cơ học Niuton, tọa độ không gian – thời gian của cùng một điểm trong hai hệ quy chiếu đó cho bởi công thức biến đổi Galile:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = x' + Vt' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{array} \right. \quad \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \longleftarrow \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} x' = x - Vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{array} \right.$$

Trong đó V là vận tốc chuyển động tịnh tiến của hệ O'x'y'z' đối với hệ Oxyz (xem Giáo trình Vật lý đại cương – Tập một). Theo các công thức này:

a) Vị trí, vận tốc, gia tốc của chuyển động phụ thuộc hệ quy chiếu (có tính tương đối).

b) Thời gian không phụ thuộc hệ quy chiếu (có tính tuyệt đối).

c) Quy tắc tổng hợp vận tốc trong cơ học Niuton:

$$\vec{v} = \vec{v'} + \vec{V}$$

2) Theo cơ học tương đối của Anhtanh các tọa độ không gian thời gian của cùng một chất điểm trong hai hệ quy chiếu Oxyz và O'x'y'z' được tính theo công thức biến đổi Loren.

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \frac{t' + \frac{V}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{array} \right. \quad \longleftrightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{V}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{array} \right.$$

Khác với biến đổi Galile, trong biến đổi Loren cả không gian và thời gian đều phụ thuộc hệ quy chiếu (có tính tương đối).

### 10-3.

Xét một đồng hồ đặt cố định tại  $O'$  trong hệ quy chiếu  $O'x'y'z'$ . Tọa độ của đồng hồ trong hệ  $O'x'y'z'$  là:

$$x'^0 = 0; y'^0 = 0; z'^0 = 0; t'$$

Và trong hệ Oxyz là:

$$x^0 = \frac{Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}; y^0 = 0; z^0 = 0; t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Nếu trong hệ  $O'x'y'z'$  đồng hồ chỉ khoảng thời gian:

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1$$

Thì trong hệ Oxyz nó chỉ khoảng thời gian

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Nghĩa là: 
$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} < \Delta t$$

**Kết luận:** Khi một đồng hồ gắn liền với hệ quy chiếu  $O'x'y'z'$  chuyển động so với hệ quy chiếu Oxyz thì khoảng thời gian của một biến cố ghi bởi đồng hồ đó trong hệ quy chiếu  $O'x'y'z'$  bao giờ cũng nhỏ hơn khoảng thời gian của cùng biến cố đó ghi trong hệ quy chiếu Oxyz.

*Chú ý:* Khoảng thời gian của đồng hồ ghi trong hệ quy chiếu gắn liền với đồng hồ đó được gọi là thời gian riêng của đồng hồ đó.

#### 10-4.

Xét một thước nằm dọc theo  $O'x'$  cố định trong hệ  $O'x'y'z'$ . Tọa độ của hai đầu thước không đổi trong hệ  $O'x'y'z'$ :

$$x'_1 = \text{const} ; x'_2 = \text{const} ;$$

$$y'_1 = y'_2 = 0 ; z'_1 = z'_2 = 0$$

Độ dài của thước trong hệ  $O'x'y'z'$ :

$$l_0 = x'_2 - x'_1$$

Trong hệ Oxyz độ dài của thước:

$$l = x_2 - x_1$$

Với điều kiện  $x_2$  và  $x_1$  được xác định tại cùng một thời điểm  $t_2 = t_1$ .  
Ta có:

$$x'_1 = \frac{x_1 - Vt_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} ; x'_2 = \frac{x_2 - Vt_2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Suy ra:

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (\text{chú ý: } t_2 - t_1 = 0)$$

Nghĩa là:

$$\underbrace{x_2 - x_1}_l = \underbrace{(x'_2 - x'_1)}_{l_0} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

*Độ dài của thước khi đo trong hệ quy chiếu thước đang chuyển động nhỏ hơn độ dài riêng của thước.*

#### 10-5.

Ta có vận tốc của một chất điểm trong hệ quy chiếu Oxyz:

$$v = \frac{dx}{dt}$$

Trong đó

$$dx = \frac{dx' + Vdt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$dt = \frac{dt' + \frac{V}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Vậy

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + Vdt'}{dt' + \frac{V}{c^2} dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + V}{1 + \frac{V}{c^2} \frac{dx'}{dt'}}$$

Hay

$$v = \frac{v' + V}{1 + \frac{V}{c^2} v'}$$

Đó là công thức tổng hợp vận tốc Anhxtanh, trong đó  $v$  là vận tốc của một hạt trong hệ quy chiếu Oxyz,  $v'$  là vận tốc của hạt đó trong hệ quy chiếu Ox'y'z'. Chú ý rằng trong công thức trên,  $\vec{v}$ ,  $\vec{v}'$  và  $\vec{V}$  đều cùng phương nhưng có thể cùng chiều (giá trị dương), hoặc ngược chiều (giá trị âm).

Đảo lại có thể dễ dàng chứng minh:

$$v' = \frac{v - V}{1 - \frac{V}{c^2} v}$$

*Trường hợp riêng:* Một trong hai vận tốc  $v$  hoặc  $v'$  là vận tốc ánh sáng (trong chân không):

Ví dụ: 
$$v' = c \rightarrow v = \frac{c + V}{1 + \frac{V}{c^2} c} = c$$

Đảo lại nếu: 
$$v = c \rightarrow v' = c.$$

Nói cách khác vận tốc ánh sáng  $c$  là vận tốc lớn nhất và bất biến trong hai hệ trục tọa độ.

Ví dụ:

$v$ : vận tốc của vật đối với nhà ga;

$v'$ : vận tốc của vật đối với tàu hỏa;

$V$ : vận tốc của tàu hỏa đối với nhà ga.

Dễ dàng chứng minh

$$v_{\text{tổng}} = \frac{v_{\text{vật 1}} + v_{\text{vật 2}}}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

Tổng quát:

$v_{1/3}$ : vận tốc vật 1 đối với vật 3

$v_{3/2}$ : vận tốc vật 3 đối với vật 2

Khi đó vận tốc của vật 1 đối với vật 2 cho bởi:

$$v_{1/2} = \frac{v_{1/3} + v_{3/2}}{1 + \frac{v_{1/3} v_{3/2}}{c^2}}$$

## 10-6.

Động năng tương đối tính của một hạt cho bởi:

$$W_d = W - W_0 = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

( $m$  = khối lượng nghỉ của hạt).

Khi  $\frac{v}{c} \ll 1$  (vận tốc hạt nhỏ hơn nhiều so với vận tốc ánh sáng).

Ta có thể viết:

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + \dots$$

Nghĩa là:

$$W_d = mc^2 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + \dots - 1 \right)$$

$$W_d \approx mc^2 \cdot \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2} m v^2$$

### 10-7.

Động lượng tương đối tính của một hạt khối lượng tĩnh  $m$ , vận tốc  $\vec{v}$  :

$$\vec{p} = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Độ biến thiên động lượng  $\vec{p}$  theo thời gian  $t$  bằng ngoại lực tác dụng lên hạt:

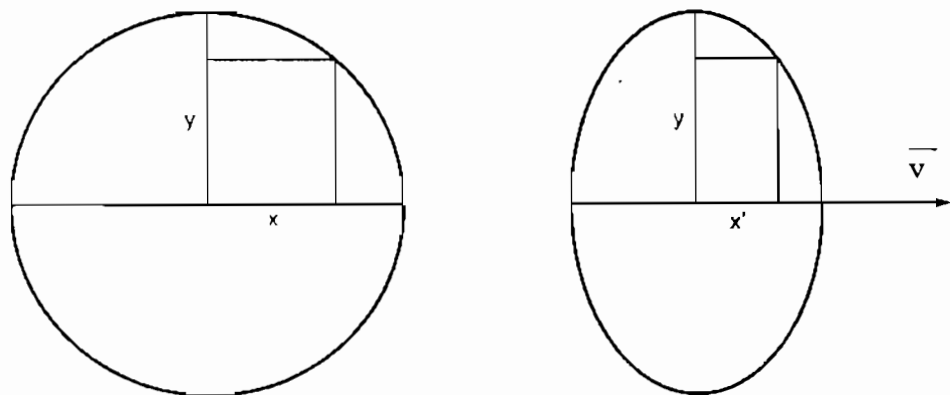
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) = \vec{F}$$

## III. BÀI TẬP BỔ SUNG

### 10-1.

Một đĩa tròn (bán kính  $R$  trong hệ quy chiếu gắn liền với đĩa) tĩnh tiến với vectơ vận tốc không đổi  $\vec{v}$  nằm trong mặt phẳng đĩa.

Xác định hình dạng của đĩa trong hệ quy chiếu đĩa chuyển động.



Hình 10.4

*Bài giải:*

Trong hệ quy chiếu gắn liền với đĩa, với một điểm trên chu vi của đĩa có tọa độ  $y, x$  sao cho  $y^2 + x^2 = R^2$ .

Trong hệ quy chiếu đĩa chuyển động tịnh tiến với vận tốc  $\vec{v}$  (nằm trong mặt phẳng đĩa):

$$x \longrightarrow x' = x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Phương trình chu vi của đĩa thành ra:

$$y^2 + x^2 = y^2 + \frac{x'^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = R^2$$

$$\frac{y^2}{R^2} + \frac{x'^2}{R^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = 1 \rightarrow \text{phương trình elip}$$

## 10-2.

Với một hạt tương đối tính, chứng minh rằng biểu thức:

$$\frac{W^2}{c^2} - p^2$$

trong đó  $W$ : năng lượng toàn phần.

và  $p$ : động lượng của hạt.

Có giá trị không phụ thuộc hệ quy chiếu.

*Bài giải:*

$$\begin{cases} W = m^* c^2 \\ p = m^* v \end{cases} \Rightarrow \frac{W}{c} = m^* c$$

$$\frac{W^2}{c^2} - p^2 = m^{*2} (c^2 - v^2)$$

Trong đó:

$$m^* = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{và} \quad m^{*2} = \frac{m^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

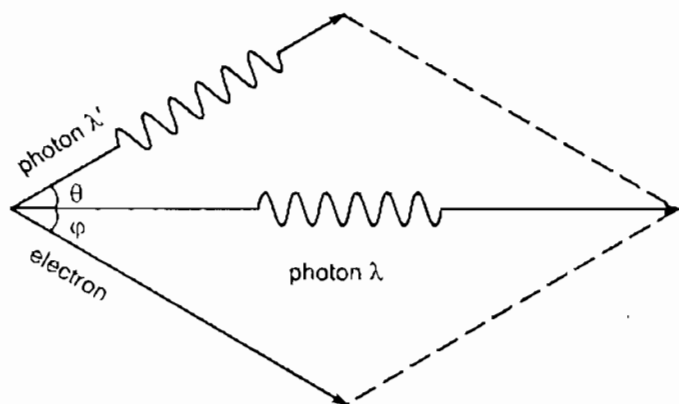
Vậy:

$$\frac{W^2}{c^2} - p^2 = \frac{m^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} (c^2 - v^2) = m^2 c^2$$

với  $m^2 c^2$  là một đại lượng không đổi, không phụ thuộc hệ quy chiếu đối với hạt tương đối tính đang khảo sát.

### 10-3. Hiệu ứng Kompton\*

Hạt photon bước sóng  $\lambda$  bay đến và chạm (tán xạ) vào một electron đang nằm yên. Sau va chạm, hạt photon và electron đều bay đi theo hai hướng: hạt photon sau va chạm có bước sóng giảm đi bằng  $\lambda'$  hay theo hướng hợp với hướng ban đầu một góc  $\theta$ ; hạt electron bay theo một hướng hợp với hướng của photon ban đầu một góc  $\varphi$ . Nghiên cứu hiện tượng tán xạ trên đây (gọi là tán xạ Kompton) áp dụng các định luật bảo toàn năng lượng và động lượng của hệ {photon, electron} tìm hệ thức giữa  $\lambda'$  và  $\theta$ .



Hình 10.5

*Bài giải:*

Trước hết ta liệt kê năng lượng và động lượng của các hạt trước và sau va chạm (tán xạ).

	Trước tán xạ		Sau tán xạ	
	photon	electron	photon	electron
Năng lượng	$\frac{hc}{\lambda}$	$mc^2$	$\frac{hc}{\lambda'}$	$m^*c^2$
Động lượng	$p = \frac{h}{\lambda}$	0	$p' = \frac{h}{\lambda'}$	$p_e$

Bảo toàn động lượng (cộng vectơ):  $\vec{p} + \vec{p}' = \vec{p}_e$

$$\Rightarrow \frac{h^2}{\lambda^2} + \frac{h^2}{\lambda'^2} - 2 \frac{h^2}{\lambda \lambda'} \cos \theta = p_e^2 \quad (1)$$



Bảo toàn năng lượng:

$$m^* c^2 + \frac{hc}{\lambda'} = m c^2 + \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow m^* c = \frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'} + m c \quad (2)$$

Bình phương hai vế của (2):

$$m^{*2} c^2 = \frac{h^2}{\lambda^2} + \frac{h^2}{\lambda'^2} + m^2 c^2 - 2 \frac{h^2}{\lambda \lambda'} + 2 h m c \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) \quad (3)$$

Thay  $\frac{h^2}{\lambda^2} + \frac{h^2}{\lambda'^2} = 2 \frac{h^2}{\lambda \lambda'} \cos \theta + p_e^2$

Rút ra từ (1) vào (3), ta được:

$$m^{*2} c^2 = 2 \frac{h^2}{\lambda \lambda'} \cos \theta + p_e^2 + m^2 c^2 - 2 \frac{h^2}{\lambda \lambda'} + 2 h m c \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right)$$

Trong đó:  $m^{*2} c^2 = \frac{V^2}{c^2} = p_e^2 + m^2 c^2$

(Động lượng và năng lượng của electron)

Cuối cùng ta được:

$$2 h m c \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = \frac{2 h^2}{\lambda \lambda'} (1 - \cos \theta)$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m c} (1 - \cos \theta)$$

Hệ thức này cho phép ta tính được  $\Delta \lambda = \lambda' - \lambda$  theo góc tán xạ  $\theta$ .

## BÀI TẬP ÔN (Ký hiệu R)

### 1R.

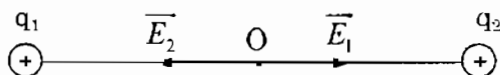
Xét hệ N hạt nhỏ giống nhau, cùng khối lượng, cùng điện tích  $q (>0)$  trong những trường hợp sau:

- 1)  $N = 2$ , khoảng cách hai hạt =  $a$ ;
- 2)  $N = 3$ : 3 hạt ở 3 đỉnh một tam giác đều ABC cạnh  $a$ .
- 3)  $N = 4$ : 4 hạt ở 4 đỉnh ABCD của một tứ diện đều cạnh  $a$ .

Chứng minh rằng cường độ điện trường tại khối tâm của hệ bằng không.

*Bài giải.*

- 1)  $N = 2$



Dễ dàng thấy  $\vec{E}_1$  và  $\vec{E}_2$  trực đối nhau tại O.

$$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = k \frac{q}{a^2/4}$$

$$\left( k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad ; \quad \epsilon = 1 \right)$$

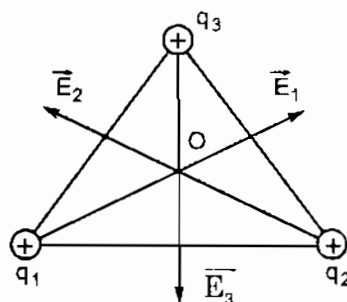
- 2)  $N = 3$

$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

Dễ dàng thấy:

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = -\vec{E}_3$$

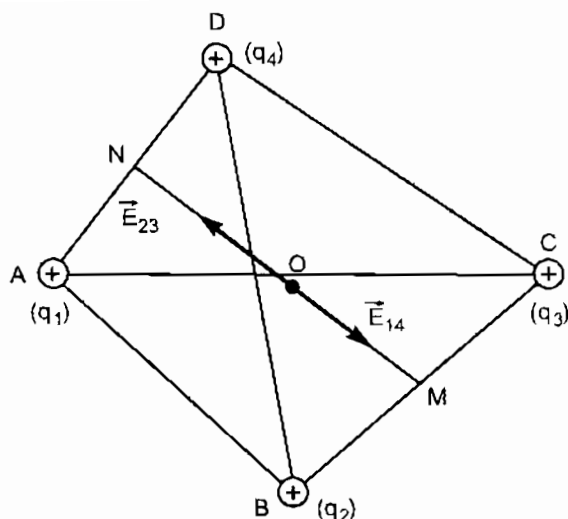
$$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = |\vec{E}_3| = k \frac{q}{a^2/3}$$



- 3)  $N = 4$

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$$

Gọi M là trung điểm của BC, N là trung điểm của DA, khối tâm O là trung điểm của MN. Tại O gọi:



$$\vec{E}_{14} = \vec{E}_1 + \vec{E}_4$$

$$\vec{E}_{23} = \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

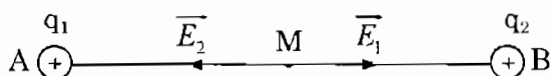
Đễ dàng thấy rằng tại O,  $\vec{E}_{14}$  và  $\vec{E}_{23}$  là hai vectơ trực đối. Vậy:

$$\vec{E} = \vec{E}_{14} + \vec{E}_{23} = \vec{0}$$

## 2R.

Hai hạt nhỏ tích điện  $q_1$  và  $q_2$  ( $q_2 > q_1 > 0$ ) đặt tại A, B cách nhau một khoảng a. Xác định M trên AB tại đó  $\vec{E} = \vec{0}$

*Bài giải.*



Tại M:  $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$  ;

về độ lớn:  $E_1 = E_2 = k \frac{q_1}{AM^2} = k \frac{q_2}{MB^2}$

Suy ra:  $\frac{\sqrt{q_1}}{AM} = \frac{\sqrt{q_2}}{MB} = \frac{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}}{AB} = \frac{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}}{a}$

$$AM = \frac{a\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} ; \quad MB = \frac{a\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}}$$

### 3R.

Tấm diện tích hình vành khăn bán kính  $R_1 < R_2$ , tích điện đều, mật độ điện mặt bằng  $\sigma (> 0)$ .

1) Xác định cường độ điện trường  $\vec{E}$  tại điểm M trên trục của hình vành khăn, tại khoảng cách đến tâm O của hình vành khăn  $OM = z$ .

2) Xác định điện thế V tại M. Từ biểu thức của V suy ra E tại M.

*Bài giải.*

(Xem Giáo trình Vật lý đại cương – Tập 2, trang 18).

1) Chia tấm vành khăn thành những phần tử nhỏ hình vành khăn đồng tâm O nằm giữa hai vòng tròn  $(O, R_1)$   $(O, R_2)$ . Điện tích của mỗi phần tử nhỏ ấy:

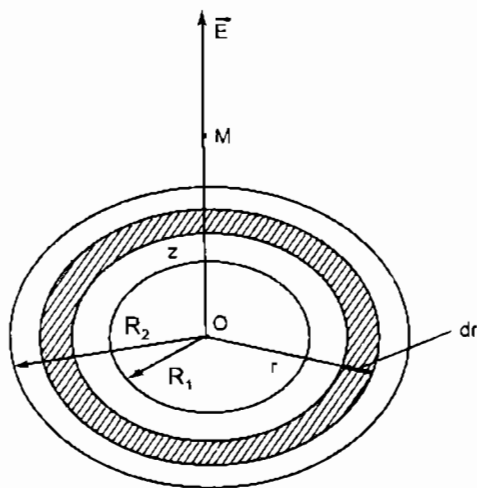
$$dq = \sigma dS = \sigma 2\pi r dr$$

Gây ra điện trường:

$$\begin{aligned} dE &= \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{z}{(z^2 + r^2)^{3/2}} \\ &= \frac{\sigma 2\pi r dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{z}{(z^2 + r^2)^{3/2}} \end{aligned}$$

Vì các vectơ  $d\vec{E}$  cùng hướng nên

$$\begin{aligned} E &= \int dE = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\sigma 2\pi r dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{z}{(z^2 + r^2)^{3/2}} \\ E &= \frac{\sigma z}{2\epsilon_0\epsilon} \left[ \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \right] \end{aligned}$$



2) Tương tự như trên

$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dq}{\sqrt{r^2 + z^2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{\sigma 2\pi r dr}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

$$V = \int dV = \frac{\sigma}{4\epsilon_0\epsilon} \int_{R_1}^{R_2} \frac{2r dr}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$V = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left( \sqrt{R_2^2 + z^2} - \sqrt{R_1^2 + z^2} \right)$$

Từ biểu thức của V có thể suy ra E:

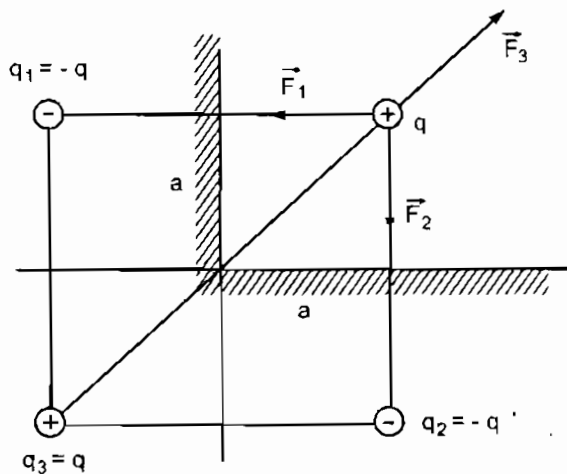
$$E = -\frac{dV}{dz} = \frac{\sigma z}{2\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \right)$$

#### 4R.

Điện tích điểm  $q$  ( $> 0$ ) đặt tại vị trí A cách đều một khoảng cách  $a$  hai bức tường kim loại vuông góc nhau và nối đất (điện thế bằng 0). Xác định lực điện tác dụng lên điện tích  $q$ .

*Bài giải.*

Dùng *phương pháp ảnh điện*: tìm các điện tích thích hợp sao cho hệ điện tích  $q$  và một số điện tích thêm vào tạo thành một điện trường trong đó có hai mặt đẳng thế trùng với hai bức tường kim loại đã cho.



Để dễ dàng thấy cùng với điện tích ban đầu  $q > 0$  đặt thêm ba điện tích là:

$q_1$  đối xứng với  $q$  qua bức tường thứ nhất ( $q_1 = -q$ )

$q_2$  đối xứng với  $q$  qua bức tường thứ hai ( $q_2 = -q$ )

và  $q_3$  đối xứng với  $q_1$  qua bức tường thứ hai

hoặc đối xứng với  $q_2$  qua bức tường thứ nhất ( $q_3 = q$ )

Tính các lực tác dụng:

a) Lực  $\vec{F}_1$  là lực hút: 
$$F_1 = k \frac{q^2}{4a^2}$$

b) Lực  $\vec{F}_2$  là lực hút: 
$$F_2 = k \frac{q^2}{4a^2}$$

$\vec{F}_{12} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  là lực hút nằm theo đường chéo của hình vuông  $qq_1q_2q_3$ :

$$F_{12} = F_1 \sqrt{2} = k \frac{q^2}{4a^2} \sqrt{2}$$

c) Lực  $\vec{F}_3$  là lực đẩy nằm theo đường chéo của hình vuông:

$$F_3 = k \frac{q^2}{(2a)^2 (\sqrt{2})^2} = k \frac{q^2}{4a^2 \times 2} = k \frac{q^2}{8a^2}$$

Lực tổng hợp:  $\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_3$

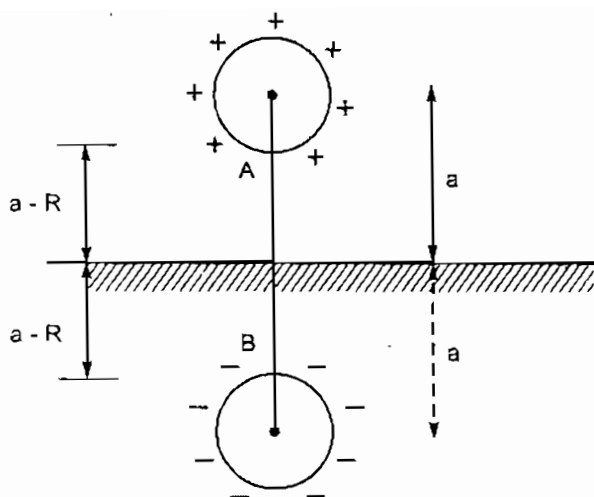
$$F = F_{12} - F_3 = k \frac{q^2}{4a^2 \sqrt{2}} - k \frac{q^2}{8a^2}$$

$$F = k \frac{q^2}{4a^2} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)$$

## 5R.

Cho một dây dẫn hình trụ A, bán kính  $R$ , độ dài  $l$  ( $l \gg R$ ) tích điện đều  $q > 0$  đặt song song với mặt đất nằm ngang nối đất (điện thế = 0). Tính điện thế của dây dẫn A đối với đất; khoảng cách từ trục dây dẫn A đến mặt đất là  $a \gg R$ .

*Bài giải.* Dùng phương pháp ảnh điện: để tạo nên mặt đẳng thế trùng với mặt đất nằm ngang, ta đưa thêm một dây dẫn hình trụ thứ hai B cùng kích thước với hình trụ thứ nhất, tích điện  $-q$ ; hai hình trụ đối xứng nhau qua mặt đất.



Áp dụng công thức tính điện thế của một dây hình trụ dài  $l$ , tích điện  $q$  tại một điểm cách trục hình trụ một đoạn  $r$  có dạng:

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{1}{r} + C$$

Ta có, đối với dây dẫn thứ nhất:

$$\begin{aligned} V_A^I - V_B^I &= \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \left( \ln \frac{1}{R} - \ln \frac{1}{2a-R} \right) \\ &= \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{2a-R}{R} \end{aligned}$$

Đối với cả hai dây dẫn:

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} 2 \cdot \ln \frac{2a-R}{R} \left( \text{với } \lambda = \frac{q}{l} \right) \\ &= \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{2a-R}{R} \end{aligned}$$

Hiệu điện thế giữa dây dẫn ở trên và mặt đất:

$$V = \frac{V_A - V_B}{2} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{2a-R}{R}$$

Nếu  $a \gg R$ :

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{2a}{R}$$

## 6R.

Mạch dây dẫn tạo bởi 12 đoạn dây dẫn giống nhau, cùng điện trở  $R$  là các cạnh của một hình lập phương  $ABCD A'B'C'D'$ .

Tính điện trở tương đương của mạch khi

- 1) Đầu vào A, đầu ra  $C'$ ;
- 2) Đầu vào A, đầu ra C;
- 3) Đầu vào A, đầu ra B.

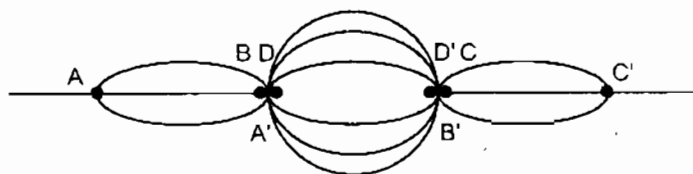
*Bài giải.*

- 1) Đầu vào A, đầu ra  $C'$

Vì lý do đối xứng khi dòng điện cường độ  $I$  đi tới A thì rẽ thành ba nhánh cùng cường độ  $I/3$ , kết quả:

$$U_{AB} = U_{AD} = U_{AA'} = \frac{I}{3}R$$

Do đó ba nút B, D,  $A'$  có điện thế bằng nhau và có thể chập làm một nút. Tương tự ba nút C,  $B'$ ,  $D'$  cũng có thể chập làm một nút. Mạch điện có thể đưa về dạng sau:



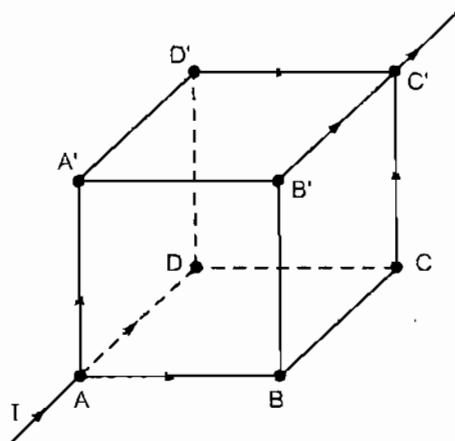
Điện trở tương đương của đoạn AB, đoạn BC và đoạn  $CC'$  lần lượt là  $\frac{R}{3}$ ,  $\frac{R}{6}$  và  $\frac{R}{3}$ .

Điện trở tương đương của đoạn  $AC'$  là

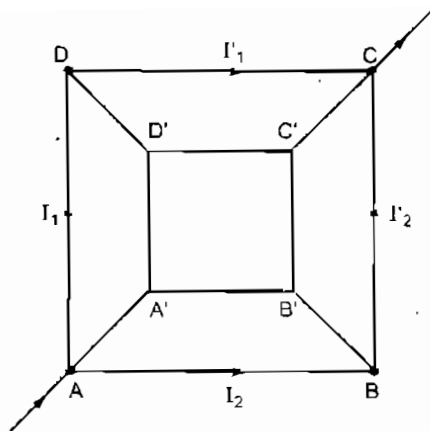
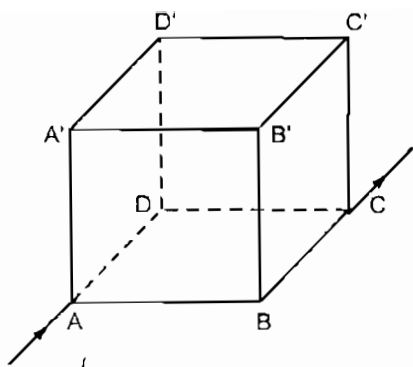
$$\frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5}{6}R$$

- 2) Đầu vào A, đầu ra C

Mạch điện có thể vẽ lại như sau:







Vì lý do đối xứng:  $U_{AD} = U_{DC} = \frac{1}{2} U_{AC} = U_{AB} = U_{BC}$

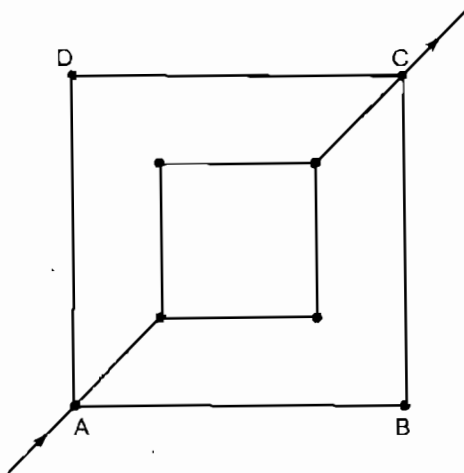
Do đó:  $U_{AD} = U_{AB} \rightarrow V_D = V_B$

Tương tự:  $V_{D'} = V_{B'}$

Mặt khác:  $U_{AD} = U_{DC} \rightarrow I_1 = I'_1 \rightarrow$  không có dòng qua  $DD'$ .

Tương tự:  $U_{AB} = U_{BC} \rightarrow I_2 = I'_2 \rightarrow$  không có dòng qua  $BB'$ .

Mạch điện tương đương với mạch sau:



Từ đó tính được  $R_{td}$ :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{2R} = \frac{4}{3R}$$

$$R_{td} = \frac{3R}{4}$$

3) Đầu vào A, đầu ra B

Ta nhận thấy vì lý do đối xứng:

$$I_{AA'} = I_{AD}$$

Nghĩa là:  $V_{A'} = V_D$

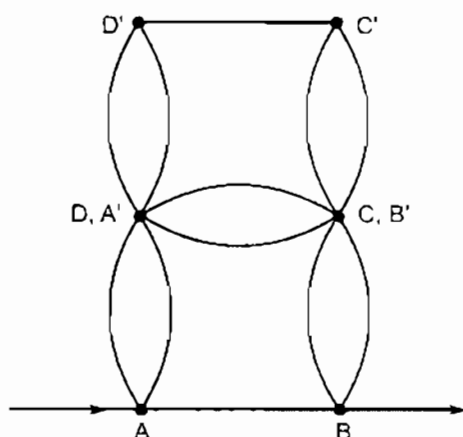
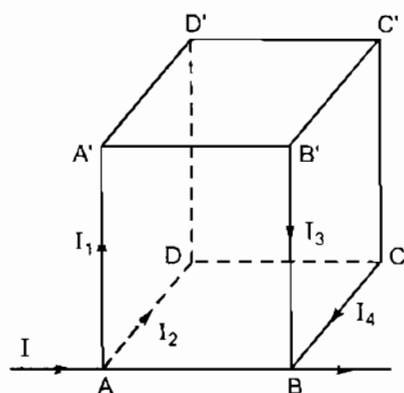
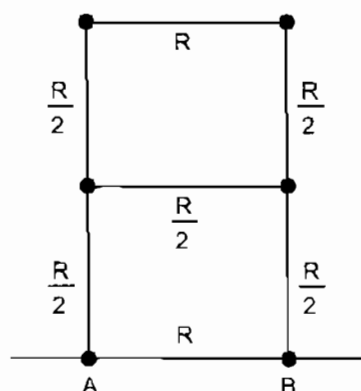
Tương tự:  $I_{BB'} = I_{CB}$

Nghĩa là:  $V_{B'} = V_C$

Tóm lại có thể chập D, A' và C, B'. Mạch điện tương đương với hình bên dưới.

Để dàng tính được điện trở tương đương:

$$R_{td} = \frac{7R}{12}$$



## 7R.

Cho mạch điện như hình vẽ trong đó hai nguồn điện  $(\xi_1, r)$  và  $(\xi_2, r)$  có  $\xi_1 > \xi_2$ .

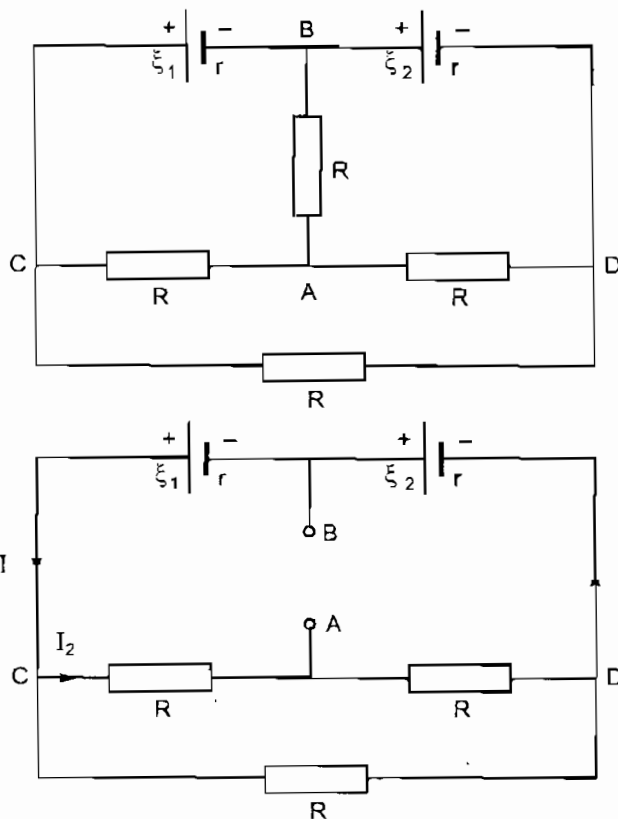
Xác định cường độ dòng chạy qua nhánh AB.

*Bài giải.*

Ta áp dụng định lý Thevenin bằng cách khảo sát mạng hai cực AB sau (hình vẽ):

Cường độ dòng mạch chính:

$$I = \frac{\xi_1 + \xi_2}{R_{nguồn} + 2r}$$



Trong đó: 
$$R_{\text{ngoài}} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R$$

Vậy: 
$$I = \frac{\xi_1 + \xi_2}{\frac{2R}{3} + 2r}$$

Và cường độ dòng qua nhánh ( $2R$ ):

$$I_1 = \frac{I}{3}$$

Hiệu điện thế giữa hai cực A, B của mạng hai cực:

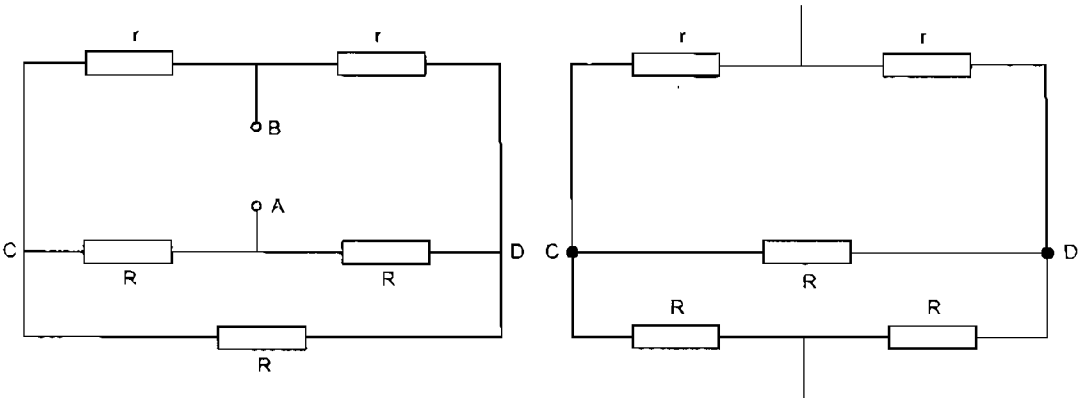
$$\begin{aligned} U_{AB} &= U_{AC} + U_{CB} = -R \frac{I}{3} + \xi_1 - rI \\ &= \xi_1 - \left( \frac{R}{3} + r \right) I \end{aligned}$$

$$= \xi_1 - \left( \frac{R}{3} + r \right) \frac{\xi_1 + \xi_2}{\frac{2R}{3} + 2r}$$

$$= \xi_1 - \frac{\xi_1 + \xi_2}{2} = \frac{\xi_1 - \xi_2}{2}$$

Tiếp theo, ta tính điện trở tương đương của mạch khi cho triệt tiêu các suất điện động:

Dễ dàng tính được:  $R_{AB} = \frac{R+r}{2}$



Theo định lý Thevenin

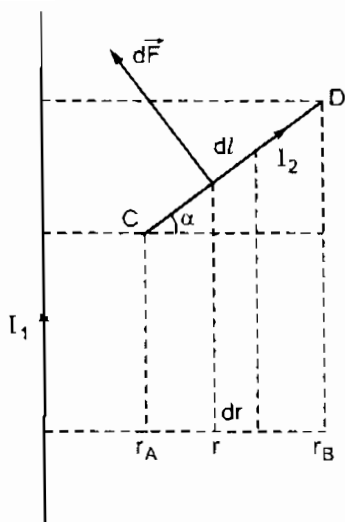
$$I_x = \frac{U_{h\ddot{u}}}{R + R_{AB}} = \frac{\frac{\xi_1 - \xi_2}{2}}{R + \frac{R+r}{2}} = \frac{\xi_1 - \xi_2}{3R + r}$$

## 8R.

Đoạn dây dẫn CD độ dài  $l$  trong có dòng điện cường độ  $I_2$  đồng phẳng với một dây dẫn dài vô hạn trong có dòng điện cường độ  $I_1$  (xem hình vẽ). Xác định lực từ tác dụng lên đoạn CD ( $\mu = 1$ ).

*Bài giải.*

Chia đoạn CD thành những phần tử  $d\vec{l}$ , lực từ tác dụng lên mỗi phần tử  $d\vec{l}$ :



$$dF = BI_2 dl \sin 90^\circ$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{I_1}{r} I_2 dl$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{I_1 I_2}{r} \frac{dr}{\cos \alpha}$$

Lực tổng hợp có độ lớn:

$$F = \int_{r_A}^{r_B} dF = \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} I_1 I_2 \frac{1}{\cos \alpha} \frac{dr}{r} = \frac{I_1 I_2}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{\cos \alpha} \ln \frac{r_B}{r_A}$$

## 9R.

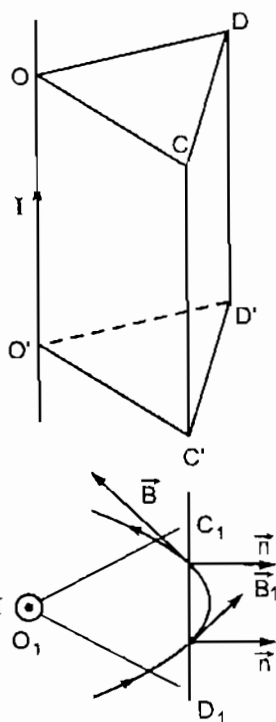
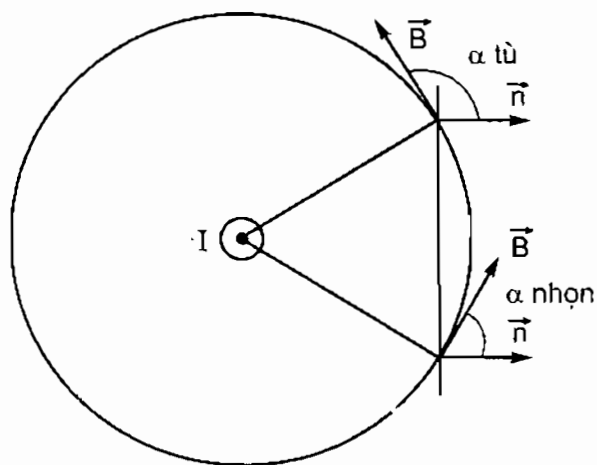
Dây dẫn thẳng dài trong có dòng điện cường độ  $I$  nằm dọc theo cạnh bên  $OO'$  của một lăng trụ tam giác đều  $OCD$   $O'C'D'$ . Chứng minh rằng từ thông qua hình chữ nhật  $CC'D'D$  luôn luôn bằng 0.

*Bài giải.*

Các đường sức từ là những vòng tròn đồng tâm có trục là  $OO'$ . Xét một tiết diện thẳng bất kỳ của hình lăng trụ  $O_1C_1D_1$  (dòng điện  $I$  chạy theo hướng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ). Một đường sức từ bao giờ cũng cắt  $C_1D_1$  tại hai điểm (vì đường sức từ là các đường tròn tâm  $O_1$  trong mặt phẳng tiết diện). Khi tính từ thông qua  $C_1D_1$  với mỗi đường sức từ, bao giờ cũng có hai điểm, một điểm có góc  $(\vec{B}, \vec{n})$  giữa vectơ cảm ứng từ  $\vec{B}$  và pháp tuyến  $\vec{n}$  là góc nhọn ( $\cos \alpha >$

0), điểm kia có góc  $(\vec{B}, \vec{n})$  là góc tù ( $\cos \alpha < 0$ ). Hai lần tính từ thông đó triệt tiêu nhau.

Nói tóm lại, một đường sức từ bao giờ cũng đi qua  $CC'D'D$  hai lần, một lần ứng với từ thông dương, một lần ứng với từ thông âm; chúng triệt tiêu nhau cho ta từ thông tổng cộng qua  $CC'D'D$  bằng 0.



## 10R.

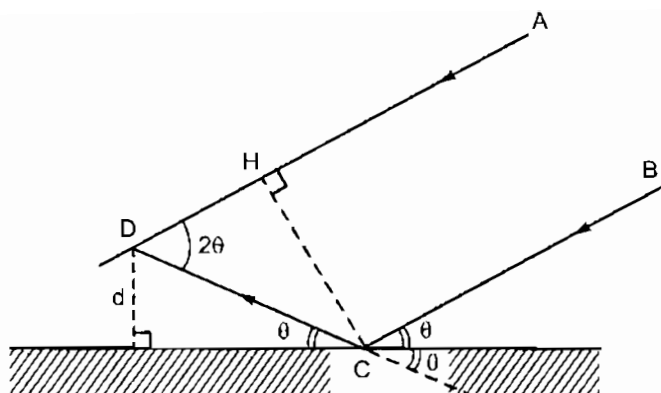
Khảo sát một chùm sóng điện từ song song, rọi nghiêng góc  $\theta$  so với mặt đất nằm ngang. Trong số chùm sóng ấy có tia trực tiếp đi đến máy thu D, có tia phản xạ trên mặt đất rồi cũng đến D và ở đó có giao thoa của hai tia sóng.

Xác định điều kiện để có cực đại giao thoa, cho biết vị trí của D cách mặt đất một khoảng d.

*Bài giải.*

Ta vẽ đường đi của hai tia sóng hội tụ tại D (máy thu sóng):

- Tia thứ nhất (từ  $\infty$ ) đến ngay D;
- Tia thứ hai (từ  $\infty$ ) phản xạ trên mặt đất tại C rồi đến D (D cách mặt đất một khoảng d). Ta hãy tính hiệu quang lộ của hai sóng khi gặp nhau tại D. Vẽ mặt sóng CH (vuông góc với các tia sóng). Hiệu quang lộ giữa hai tia sóng khi đến D là  $CD - HD$ .



Tuy nhiên trong quá trình đi đến gặp nhau tại D, tia sóng thứ hai có một lần phản xạ tại C (phản xạ trong môi trường thứ nhất kém chiết quang so với môi trường thứ hai): thực nghiệm và lý thuyết đã chứng minh rằng sự phản xạ đó gây ra  $\pm \frac{\lambda}{2}$ .

Vậy hiệu quang lộ của hai tia gặp nhau tại D là:

$$\begin{aligned}\Delta L &= CD - HD \pm \frac{\lambda}{2} \\ &= \frac{d}{\sin \theta} - \frac{d}{\sin \theta} \cos 2\theta \pm \frac{\lambda}{2}\end{aligned}$$

Điều kiện cực đại giao thoa:

$$\begin{aligned}\Delta L &= \frac{d}{\sin \theta} (1 - \cos 2\theta) \pm \frac{\lambda}{2} = N\lambda \\ \frac{d}{\sin \theta} (1 - \cos 2\theta) &= \left( N \pm \frac{1}{2} \right) \lambda\end{aligned}$$

Giá trị nhỏ nhất của vế hai:

$$\frac{d}{\sin \theta} (1 - \cos 2\theta) = \frac{\lambda}{2}$$

cho ta cực đại giao thoa tại D.

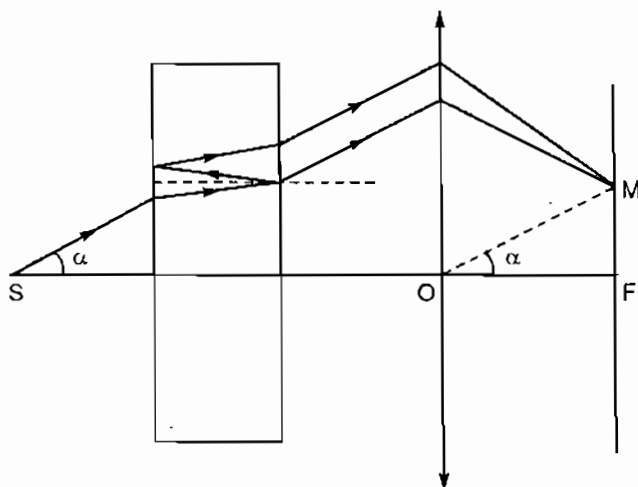
## 11R.

Điểm sáng đơn sắc S ( $\lambda$ ) nằm trên trục chính của một thấu kính hội tụ ở xa ngoài tiêu cự giữa S và thấu kính đặt một bản mặt song song bề dày d, chiết suất n vuông góc với trục chính.

1. Mô tả quá trình tạo thành vân giao thoa qua bản mặt song song; hình dạng các vân giao thoa.
2. Thiết lập điều kiện vân giao thoa cực đại.

*Bài giải.*

1. Từ S xuất phát một tia rọi vào bản mặt song song, sau đó tách thành hai tia (chia biên độ):



- Tia thứ nhất hai lần khúc xạ trên hai mặt của bản, ló ra ngoài song song với tia tới ban đầu;
- Tia thứ hai thêm hai lần phản xạ trên hai mặt của bản, sau đó cũng ló ra ngoài song song với tia tới ban đầu.

Cuối cùng thu được *hai tia ló song song* với tia tới ban đầu. Dùng một thấu kính hội tụ thu được hai tia ló song song; chúng sẽ hội tụ tại một tiêu điểm phụ M nằm trên tiêu diện của thấu kính.

*Kết luận:* Các vân giao thoa của những tia song song nằm trên tiêu diện của thấu kính.

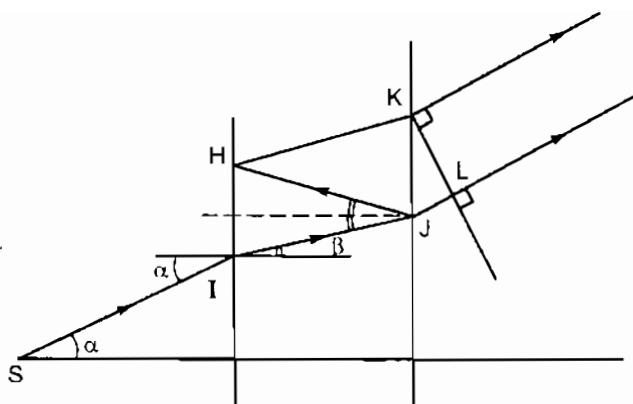
### 3. Tính toán các vân giao thoa

Ta hãy tính hiệu quang lộ của hai tia song song được tách ra sau khi qua bản mặt song song.

Trước hết vẽ mặt sóng KL vuông góc với chùm các tia song song; quang lộ từ K và từ L đến các vân giao thoa giống nhau. Vậy chỉ cần tính hiệu quang lộ.

$$\Delta L = (S I J H K) - (S I J L) = (JH + HK) - (JL)$$





Trong đó  $(JH + HK) = 2nIJ = 2n \frac{d}{\cos \beta}$

Và  $JL = JK \sin \alpha = 2d \tan \beta \sin \alpha$

Vậy:  $\Delta L = \frac{2nd}{\cos \beta} - 2d \frac{\sin \beta}{\cos \beta} n \sin \beta$

$$= \frac{2nd(1 - \sin^2 \beta)}{\cos \beta} = 2nd \cos \beta$$

$$\Delta L = 2nd \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$\Delta L = 2nd \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}}$$

$$\Delta L = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$

*Chú ý:* Trong quá trình tạo thành vân giao thoa, không có phản xạ trong môi trường chiết quang kém, do đó khi tính toán quang lộ không có sự thêm bớt một nửa bước sóng  $(\pm \frac{\lambda}{2})$ .

Các vân sáng giao thoa cho bởi

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = N\lambda$$

Tính chất các vân tùy thuộc góc nghiêng  $\alpha \rightarrow$  ta gọi là vân giao thoa cùng độ nghiêng. Trên tiêu diện của thấu kính hội tụ, các vân giao thoa (cùng độ nghiêng của chùm tới) có dạng là các vòng tròn đồng tâm *F* sáng tối xen kẽ nhau.

## 12R.

Cách tử phẳng dùng ánh sáng phản xạ. Cấu tạo tương tự như cách tử dùng ánh sáng truyền qua, chỉ khác là ở đây ánh sáng không xuyên qua cách tử.

Ta gọi  $\alpha_0$  là góc nghiêng của chùm tới.

$\alpha$  là góc nghiêng của chùm phản xạ so với cách tử.

Hãy viết phương trình cho cực đại giao thoa.

*Bài giải.*

Ta vẽ các mặt sóng ( $AB_1$ ) cho chùm tới, ( $BA_1$ ) cho chùm phản xạ (tán xạ). Dễ dàng thấy hiệu quang lộ giữa chùm phản xạ và chùm tới:

$$(AB) - (A_1B_1) = d (\cos \alpha - \cos \alpha_0)$$

Cực đại giao thoa cho bởi:

$$d (\cos \alpha - \cos \alpha_0) = N \lambda$$

Hệ quả:

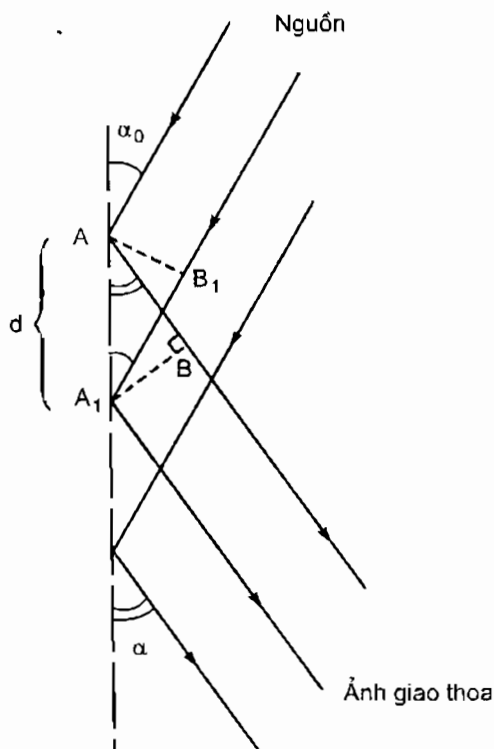
$$\cos \alpha = \frac{N \lambda}{d} + \cos \alpha_0$$

Với  $N$  xác định, các cực đại giao thoa ứng với góc  $\alpha$  thỏa mãn phương trình trên.

Từ điều kiện:

$$0 < |\cos \alpha| = \left| \frac{N \lambda}{d} + \cos \alpha_0 \right| < 1$$

Nghĩa là số  $N$  không thể tăng bất kỳ  $\rightarrow$  số các giao thoa cực đại là hữu hạn.



## CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

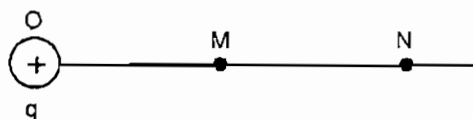
1. Điện trường
  - A. gây ra dòng điện;
  - B. không gây ra từ trường;
  - C. gây ra lực điện tác dụng lên các điện tích;
  - D. không mang năng lượng.
2. Các đường sức điện
  - A. không bao giờ cắt nhau;
  - B. luôn dài vô hạn;
  - C. luôn cùng chiều;
  - D. đi từ điện tích dương sang điện tích âm hoặc từ một điện tích ra vô cùng.
3. Trong điện trường đều
  - A. các đường sức là những đường thẳng song song cùng chiều cách đều nhau;
  - B. các hạt điện tích chuyển động thẳng;
  - C. các hạt điện tích chuyển động thẳng đều;
  - D. các hạt điện tích không chuyển động.
4. Khi tăng khoảng cách giữa hai hạt điện tích lên gấp đôi thì cường độ lực tương tác điện giữa hai điện tích
  - A. tăng gấp đôi;
  - B. giảm gấp đôi;
  - C. tăng gấp bốn;
  - D. giảm gấp bốn.
5. Trong một điện trường đều, hiệu điện thế giữa hai điểm nằm trên cùng một đường sức
  - A. tỷ lệ thuận với khoảng cách giữa hai điểm đó;
  - B. tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai điểm đó;

- C. tỷ lệ thuận với bình phương khoảng cách giữa hai điểm đó;  
 D. tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điểm đó.

6. Điện tích điểm  $q$  đặt cố định tại O; trên hình vẽ khoảng cách  $ON = 2OM$ .

Biết điện thế tại M là 4V, điện thế tại N là

- A. 1V;  
 B. 2V;  
 C. 3V;  
 D. 5V.



7. Biểu thức năng lượng của một tụ điện tích điện

- A.  $\frac{1}{2} \frac{Q}{C}$ ;  
 B.  $\frac{1}{2} CU^2$ ;  
 C.  $\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ ;  
 D.  $\frac{1}{2} QU$ .

Phát biểu nào sai?

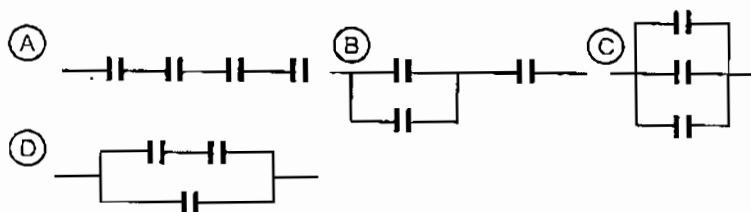
8. Tụ điện cô lập mang điện tích; khi cho hai bản của tụ đặt xa nhau gấp đôi trước thì năng lượng của tụ điện

- A. tăng gấp đôi;  
 B. giảm một nửa;  
 C. tăng gấp 4;  
 D. giảm gấp 4.

9. Hiệu điện thế giữa hai bản một tụ điện được giữ không đổi; nếu đưa thêm một tấm điện môi có hằng số điện môi tăng gấp  $\epsilon$  lần thì điện tích tụ điện

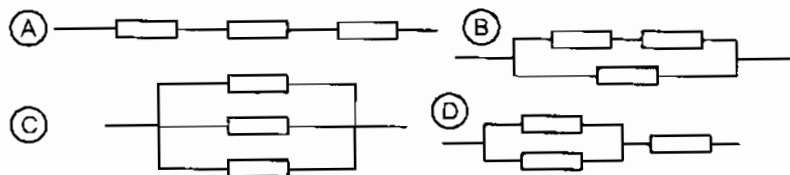
- A. giảm  $\epsilon$  lần;  
 B. tăng  $\epsilon$  lần;  
 C. giảm  $\epsilon^2$  lần;  
 D. tăng  $\epsilon^2$  lần.

10. Mạch nào có điện dung tương đương lớn nhất?



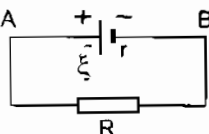
Các tụ có cùng điện dung  $C$ .

11. Mạch nào có điện trở tương đương lớn nhất?



Các điện trở đều bằng  $R$ :

12. Cho mạch trong đó  $(\xi, r)$  không đổi; điện trở  $R$  lấy 4 giá trị:



- A.  $R = r$ ;
- B.  $R = 2r$ ;
- C.  $R = 3r$ ;
- D.  $R = 4r$ .

Với giá trị nào của  $R$  thì giá trị  $U_{AB}$  lớn nhất?

13. Từ trường gây bởi:

- A. từ trường chỉ gây bởi nam châm;
- B. từ trường không gây bởi dòng điện;
- C. từ trường gây bởi nam châm hoặc dòng điện;
- D. từ trường gây bởi điện trường biến thiên.

14. Đường sức từ có dạng:

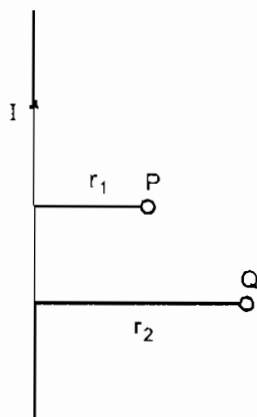
- A. là những đường tròn đồng tâm;
- B. là những đường tròn đồng trục;
- C. là những đường cong khép kín hoặc vô hạn ở hai đầu;
- D. là những đường không song song.

15. Cho dòng điện  $I$  chạy trong dây dẫn thẳng dài; hai điểm  $P, Q$  cách  $(I)$  những khoảng  $r_1, r_2$  với  $r_1 = \frac{1}{2} r_2$

Tại  $P$ , cảm ứng từ bằng  $4\text{mT}$

Tại  $Q$ , cảm ứng từ bằng:

- A.  $4\text{mT}$ ;
- B.  $2\text{mT}$ ; ( $\text{mT} = \text{mili Tesla}$ );
- C.  $\text{mT}$ ;
- D.  $3\text{mT}$ .



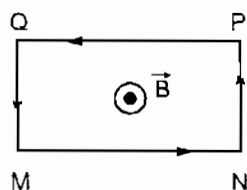
16. Lực từ tác dụng lên một đoạn dòng điện đặt tại một vị trí trong từ trường:

- A. luôn vuông góc với đoạn dây dẫn;
- B. luôn vuông góc với đường sức từ;
- C. có độ lớn tỷ lệ với cảm ứng từ;
- D. có độ lớn tỷ lệ nghịch với độ dài của đoạn dòng điện.

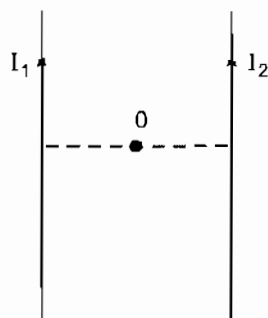
Phát biểu nào sai?

17. Cho khung dây dẫn hình chữ nhật  $MNPQ$  có dòng điện  $I$  đặt trong một từ trường đều  $\vec{B}$  vuông góc với mặt phẳng  $MNPQ$ . Lực từ tổng hợp tác dụng lên khung  $MNPQ$

- A. có phương vuông góc với  $MNPQ$ ;
- B. có phương song song với  $MN$ ;
- C. có phương song song với  $NP$ ;
- D. bằng  $0$ .



18. Hai dòng điện thẳng, dài, song song cùng chiều, có dòng điện  $I_1 = I_2 = 2\text{A}$ . Cho biết cảm ứng từ do một trong hai dòng  $I_1$  và  $I_2$  gây ra tại điểm  $O$  (nằm trong mặt phẳng chứa  $I_1, I_2$  và cách đều  $I_1, I_2$ ) có độ lớn  $B_1 = B_2 = 0,02\text{T}$ . Khi đó từ trường tổng hợp tại  $O$  có cảm ứng từ tổng hợp là



- A. 0,04T
- B. 0,01T
- C. 0,03T
- D. 0.

19. Cuộn cảm có dòng điện  $I$  không đổi chạy qua; nếu số vòng dây tăng gấp đôi thì năng lượng từ trường của ống dây

- A. tăng 2 lần;
- B. giảm 2 lần;
- C. tăng 4 lần;
- D. giảm 4 lần;

20. Một cuộn cảm có độ tự cảm  $L = 0,1\text{H}$  trong đó dòng điện có tốc độ biến thiên đều  $200\text{A/s}$ ; suất điện động cảm ứng xuất hiện sẽ có giá trị bằng

- A. 10V;
- B. 20V;
- C. 0,1kV;
- D. 2,0kV.

21. Cuộn cảm có  $L = 2,0\text{mH}$  trong có dòng điện 10A. Năng lượng tích lũy trong cuộn cảm.

- A. 0,05J;
- B. 0,10J;
- C. 1,0J;
- D. 0,1kJ.

22. Trong các tia sau:

- A. tia X;
- B. tia  $\gamma$ ;
- C. tia hồng ngoại;
- D. tia electron.

Tia nào không có bản chất sóng ánh sáng?

23. Trong các tia sau:

- A. tia sáng đỏ laser;

- B. tia  $\gamma$ ;
- C. tia tử ngoại;
- D. tia X.

Tia nào có bước sóng ngắn nhất?

24. Hạt photon và một hạt nhỏ theo quan điểm Niuton có sự khác nhau cơ bản nào?

- A. hạt photon có vận tốc  $= c$ ;
- B. hạt photon có tính chất sóng;
- C. hạt photon có năng lượng lớn;
- D. hạt photon có tương tác với các hạt tích điện.

25. Cơ học tương đối Anhtanh và cơ học cổ điển Niuton có điểm khác biệt nào cơ bản?

- A. không gian tùy thuộc hệ quy chiếu;
- B. thời gian phụ thuộc hệ quy chiếu;
- C. chuyển động phụ thuộc hệ quy chiếu;
- D. năng lượng phụ thuộc hệ quy chiếu.



## ĐÁP ÁN

Câu hỏi số	Đáp án	Ghi chú
1	C	
2	D	Các đường sức điện không khép kín
3	A	
4	D	Dựa vào định luật Culông
5	A	Áp dụng: $E = \frac{U}{d}$
6	B	Áp dụng $U = Ed \Rightarrow U \sim d$
7	A	
8	B	Áp dụng: $W = \frac{1}{2} Q^2 / C$ Khi cho hai bản đặt xa nhau gấp đôi lúc trước thì C tăng gấp đôi.
9	B	Áp dụng: $W = \frac{1}{2} C U^2$ với U không đổi.
10	C	
11	A	
12	D	$U_{AB} = RI = R \frac{\xi}{R+r} = \frac{\xi}{1+\frac{r}{R}}$ $U_{AB}$ max khi $\frac{r}{R}$ bé nhất, nghĩa là R lớn nhất.
13	C	
14	C	
15	B	Áp dụng: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

16	D	
17	D	
18	D	Tại O hai vectơ $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ cùng phương, ngược chiều, cùng độ lớn.
19	C	Trong biểu thức của L có $n^2$ .
20	B	
21	B	Áp dụng: $W = \frac{1}{2} Li^2$
22	D	
23	B	
24	A	
25	B	Điểm khác cơ bản là cơ học tương đối dựa vào các nguyên lý của TTD, nói riêng thời gian của một sự kiện tùy thuộc hệ quy chiếu. Trong cơ học Niuton, thời gian có tính tuyệt đối, không phụ thuộc hệ quy chiếu.

## PHỤ LỤC

### Một số hằng số vật lý cơ bản

Hằng số	Ký hiệu	Giá trị
– Tốc độ ánh sáng trong chân không	$c$	$2,99792458 \times 10^8 \text{ (m/s)}$
– Điện tích nguyên tố	$e$	$1,60217738 \times 10^{-19} \text{ (C)}$
– Khối lượng electron	$m_e$	$9,11 \times 10^{-31} \text{ (kg)}$
– Khối lượng proton	$m_p$	$1,67 \times 10^{-27} \text{ (kg)}$
– Khối lượng neutron	$m_n$	$1,68 \times 10^{-27} \text{ (kg)}$
– Hằng số điện	$\epsilon_0$	$8,85 \times 10^{-12} \text{ (F/m)} \text{ (C}^2\text{/Nm}^2\text{)}$
– Hằng số từ	$\mu_0$	$1,26 \times 10^{-6} \text{ (H/m)} = 4\pi \cdot 10^{-7}$
– Hằng số Plăng	$h$	$6,63 \times 10^{-34} \text{ (Js)}$
– Hằng số Avôgadro	$N_A$	$6,02 \times 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)}$
– Hằng số Bonzman	$k$	$1,38 \times 10^{-23} \text{ (J/K)}$
– Hằng số hấp dẫn	$G$	$6,67 \times 10^{-11} \text{ (m}^3\text{/s}^2\text{.kg)}$

### Hằng số điện môi ( $\epsilon$ )

Nước	81
Không khí	1,00058
Dầu hoả	2,0
Parafin	2,0
Sứ	6,0

Polyetylen	2,3
Mica	7,5
Rượu	26
Thủy tinh	6 ÷ 10
Ebônít	2,7

# MỤC LỤC

## **Chương 1. ĐIỆN TRƯỜNG TĨNH**

I. Kiến thức cần nhớ.....	5
II. Bài tập tự giải.....	6
III. Bài tập bổ sung .....	11

## **Chương 2. VẬT DẪN – TỤ ĐIỆN**

I. Kiến thức cần nhớ.....	13
II. Bài tập tự giải.....	14
III. Bài tập bổ sung .....	19

## **Chương 3. ĐIỆN MÔI**

I. Kiến thức cần nhớ.....	21
II. Bài tập tự giải.....	22
III. Bài tập bổ sung .....	23

## **Chương 4. DÒNG ĐIỆN**

I. Kiến thức cần nhớ.....	25
II. Bài tập bổ sung.....	25

## **Chương 5. TỪ TRƯỜNG**

I. Kiến thức cần nhớ.....	31
II. Bài tập tự giải.....	31
III. Bài tập bổ sung .....	37

## **Chương 6. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ ĐIỆN TỪ TRƯỜNG**

I. Kiến thức cần nhớ.....	40
II. Bài tập bổ sung.....	41

## **Chương 8. SÓNG ĐIỆN TỪ**

I. Kiến thức cần nhớ.....	45
II. Bài tập bổ sung.....	45

## **Chương 9. SÓNG ÁNH SÁNG**

I. Kiến thức cần nhớ.....	49
II. Bài tập tự giải.....	50

## **Chương 10. THUYẾT TƯƠNG ĐỐI VÀ HẠT ÁNH SÁNG**

I. Kiến thức cần nhớ.....	59
II. Bài tập ví dụ .....	60
III. Bài tập bổ sung .....	65

## **Bài tập ôn (Ký hiệu R).....**

Câu hỏi trắc nghiệm.....	86
Đáp án .....	92

## **Phụ lục**

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI

Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc CTCP Sách ĐH-DN

TRẦN NHẬT TÂN

*Biên tập và sửa bản in:*

PHẠM THỊ PHƯỢNG

*Trình bày bìa:*

LƯU CHÍ ĐỒNG

*Chế bản:*

ĐINH XUÂN DŨNG

---

**BÀI TẬP VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG – TẬP HAI**

**Mã số : 7K620M7 – DAI**

In 1.500 cuốn (QĐ 93), khổ 16x24 cm. In tại Công ty CP In SGK tại Hà Nội.

Địa chỉ: Tổ 60, thị trấn Đông Anh, Hà Nội.

Số ĐKKH xuất bản: 125 – 2007/CXB/5 – 142/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 11 năm 2007.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ  
**HEVOBCO**  
25 HÀN THUYỀN – HÀ NỘI  
Website : [www.hevobco.com.vn](http://www.hevobco.com.vn)



VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG  
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

## TÌM ĐỌC SÁCH DÙNG CHO SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG CAO ĐẲNG CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Giáo trình toán học cao cấp T1 | Nguyễn Đình Trí (Chủ biên)      |
| 2. Giáo trình toán học cao cấp T2 | Nguyễn Đình Trí (Chủ biên)      |
| 3. Bài tập toán học cao cấp T1    | Nguyễn Đình Trí (Chủ biên)      |
| 4. Bài tập toán học cao cấp T2    | Nguyễn Đình Trí (Chủ biên)      |
| 5. Giáo trình vật lý đại cương T1 | Lương Duyên Bình                |
| 6. Giáo trình vật lý đại cương T2 | Lương Duyên Bình                |
| 7. Bài tập vật lý đại cương T1    | Lương Duyên Bình                |
| 8. Bài tập vật lý đại cương T1    | Lương Duyên Bình                |
| 9. Hóa học đại cương              | Lê Mậu Quyền                    |
| 10. Bài tập hóa học đại cương     | Lê Mậu Quyền                    |
| 11. Vẽ kỹ thuật                   | Trần Hữu Quế<br>Nguyễn Văn Tuấn |
| 12. Bài tập vẽ kỹ thuật           | Trần Hữu Quế<br>Nguyễn Văn Tuấn |

*Bạn đọc có thể mua tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục :*

Tại Hà Nội: 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;

Tại Đà Nẵng: Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh ;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh: Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng, Quận 3 ;

240 Trần Bình Trọng - Quận 5 ;

Tại Thành phố Cần Thơ: Số 5/5, đường 30/4 ;

Website : [www.nxbgd.com.vn](http://www.nxbgd.com.vn)



8 934980 767764



**Giá: 11.000 đ**