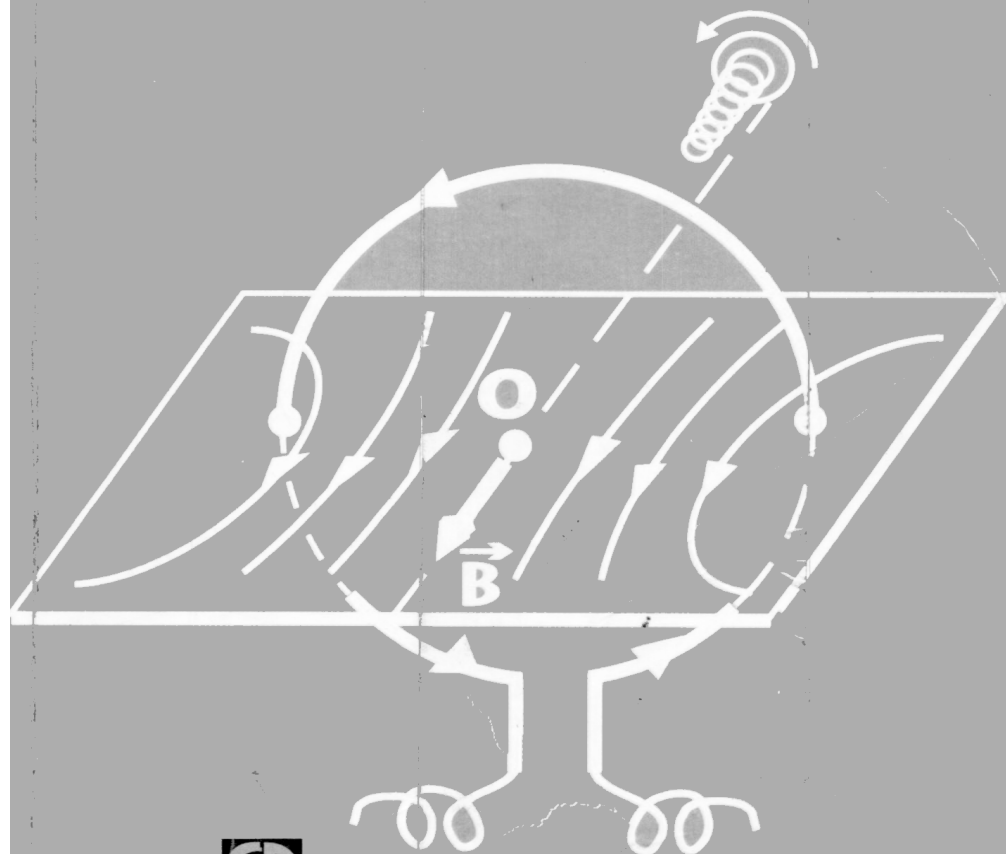


BÙI QUANG HÂN
ĐÀO VĂN CƯ - PHẠM NGỌC TIẾN - NGUYỄN THÀNH TƯƠNG

GIẢI TOÁN VẬT LÝ 11

TẬP MỘT
ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỪ

(DÙNG CHO HỌC SINH CÁC LỚP CHUYÊN)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

BÙI QUANG HÂN (Chủ biên)

ĐÀO VĂN CƯ - PHẠM NGỌC TIẾN - NGUYỄN THÀNH TƯƠNG

(Trường phổ thông trung học chuyên Lê Hồng Phong)

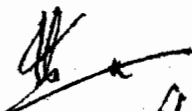
GIẢI TOÁN VẬT LÝ 11

TẬP MỘT

ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỪ

(DÙNG CHO HỌC SINH CÁC LỚP CHUYÊN)

(Tái bản lần thứ 5)


Thư Quyết

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC - 1999

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Giám đốc PHẠM VĂN AN

Tổng biên tập NGUYỄN NHƯ Ý

Biên tập :

TẠ THÚY KIM

Biên tập tái bản :

VŨ DƯƠNG HÀ

Trình bày bìa :

NGUYỄN THU YÊN

Sửa bản in :

HOÀNG MINH TÂM

LỜI NÓI ĐẦU

Bộ sách Giải Toán Vật lí 11 gồm hai cuốn :

– Điện và Điện từ

– Quang hình

Mục đích của các tác giả là biên soạn một tài liệu giúp học sinh tự rèn luyện việc giải các bài toán Vật lí như đã thể hiện qua hai cuốn “Giải Toán Vật lí 10”.

Sách viết cho nhiều loại đối tượng học sinh : trung bình, khá, giỏi và chuyên. Các em, sau khi đã nắm bài học và được hướng dẫn ở lớp, có thể tìm thấy ở bộ sách này một công cụ tự củng cố và nâng cao.

Nội dung sách bao gồm các bài tập về Tĩnh điện, Các định luật của dòng điện không đổi và Điện từ thuộc chương trình lớp 11 Phổ thông 11 phân ban A hay 11 Chuyên Lí. Các bài tập được phân loại thành một số Bài toán có trọng tâm nêu rõ. Học sinh nhờ đó có được sự định hướng trong suy nghĩ tìm cách giải.

Mỗi Bài toán nêu ra đều có Hướng dẫn tổng quát về phương pháp giải, kèm theo là một số Bài tập thí dụ có lời giải, sau đó là một hệ thống các Bài tập luyện tập. Một số ít bài có trình độ cao được đánh dấu sao (*) dành cho các học sinh xuất sắc và các lớp chuyên, lớp chọn.

Chúng tôi rất mong nhận được các góp ý của bạn đọc để sách được tốt hơn trong những lần tái bản.

Đầu năm học 94-95

CÁC TÁC GIẢ

PHẦN MỘT

TÍNH ĐIỆN

§1. LỰC TƯƠNG TÁC TÍNH ĐIỆN

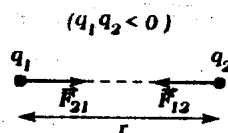
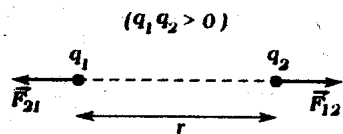
A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Bảo toàn điện tích

Trong một hệ kín, tổng các điện tích của hệ bảo toàn

$$\sum q_i = \text{const}$$

II. Lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên (lực Culông)



- **Điểm đặt** : điện tích

- **Phương** : đường thẳng nối hai điện tích

- **Chiều** : lực đẩy nếu $q_1 q_2 > 0$

lực hút nếu $q_1 q_2 < 0$

- **Độ lớn** : tỉ lệ thuận với tích các độ lớn điện tích, tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa các điện tích.

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

q : culông (C)
 r : mét (m)
 F : niutơn (N)

$$(F = F_{12} = F_{21})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2} \quad (\epsilon_0 = \text{hằng số điện môi}) \\ \epsilon = \text{hằng số điện môi của môi trường } (\epsilon \geq 1) \end{array} \right.$$

(chân không : $\epsilon = 1$; không khí : $\epsilon \approx 1$)

CHÚ Ý :

Định luật Culông (Coulomb) chỉ áp dụng được cho :

- Các điện tích điểm
- Các điện tích phân bố đều trên những vật dẫn hình cầu (coi như điện tích điểm ở tâm).

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 1

Xác định các đại lượng liên quan đến lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên.

– Áp dụng công thức :

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

để suy ra giá trị của đại lượng cần xác định.

– Một số hiện tượng cần để ý :

- Khi cho hai quả cầu nhỏ dẫn điện như nhau, đã nhiễm điện tiếp xúc nhau và sau đó tách rời nhau thì tổng điện tích chia đều cho mỗi quả cầu.
- Hiện tượng cũng xảy ra tương tự khi nối hai quả cầu như trên bằng dây dẫn mảnh rồi cắt bỏ dây nối.
- Khi chạm tay vào một quả cầu nhỏ dẫn điện đã tích điện thì quả cầu mất điện tích và trở thành trung hòa.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 1.1. Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau, mang các điện tích q_1, q_2 , đặt trong không khí, cách nhau một đoạn $R = 20\text{cm}$. Chúng hút nhau bằng lực $F = 3,6 \cdot 10^{-4}\text{N}$. Cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi lại đưa về khoảng cách cũ, chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 2,025 \cdot 10^{-4}\text{N}$.
Tính q_1, q_2 .

GIẢI

Ban đầu, F là lực hút, q_1 và q_2 trái dấu : $q_1 q_2 < 0$

$$\text{Ta có : } F = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = -k \cdot \frac{q_1 q_2}{R^2}$$

$$\text{Suy ra : } q_1 q_2 = -\frac{F \cdot R^2}{k} = \frac{3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} = 16 \cdot 10^{-16} \text{C}^2$$

Cho hai quả cầu tiếp xúc, điện tích trên các quả cầu được phân bố lại. Vì các quả cầu giống nhau nên các điện tích của chúng bằng nhau : $q'_1 = q'_2$. Theo định luật bảo toàn điện tích ta có :

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

$$\text{Vậy : } F' = k \cdot \frac{|q'_1 \cdot q'_2|}{R^2} = k \cdot \frac{(q_1 + q_2)^2}{4R^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Suy ra : } (q_1 + q_2)^2 &= \frac{4F'R^2}{k} \\ &= \frac{4 \cdot 2,025 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} = 36 \cdot 10^{-16} \text{C}^2 \end{aligned}$$

Vì q_1, q_2 trái dấu nên ta chưa biết được dấu của tổng ($q_1 + q_2$).

Ta có hệ phương trình :

$$\begin{cases} |q_1 + q_2| = 6 \cdot 10^{-8} (\text{C}) \\ q_1 \cdot q_2 = 16 \cdot 10^{-16} (\text{C}^2) \end{cases}$$

– Trường hợp 1 : $q_1 + q_2 = +6 \cdot 10^{-8} (\text{C})$

q_1, q_2 là nghiệm của phương trình :

$$x^2 - 6 \cdot 10^{-8} x + 16 \cdot 10^{-16} = 0.$$

Giải phương trình, ta được

$$x_1 = +8 \cdot 10^{-8}; \quad x_2 = -2 \cdot 10^{-8}.$$

– Trường hợp 2 : $q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-8} (\text{C})$

q_1, q_2 là nghiệm của phương trình :

$$x^2 + 6 \cdot 10^{-8} x + 16 \cdot 10^{-16} = 0.$$

Giải phương trình, ta được :

$$x_3 = -8.10^{-8}; \quad x_4 = 2.10^{-8}.$$

Vậy q_1, q_2 có thể có một trong bốn cặp giá trị sau

$$\begin{cases} q_1 = 8.10^{-8}C \\ q_2 = -2.10^{-8}C \end{cases}; \quad \begin{cases} q_1 = -2.10^{-8}C \\ q_2 = 8.10^{-8}C \end{cases};$$

$$\begin{cases} q_1 = -8.10^{-8}C \\ q_2 = 2.10^{-8}C \end{cases}; \quad \begin{cases} q_1 = 2.10^{-8}C \\ q_2 = -8.10^{-8}C \end{cases}$$

1.2 Hai điện tích điểm đặt trong không khí, cách nhau khoảng $R = 20\text{cm}$. Lực tương tác tĩnh điện giữa chúng có một giá trị nào đó.

Khi đặt trong dầu, ở cùng khoảng cách, lực tương tác tĩnh điện giữa chúng giảm 4 lần.

Hỏi khi đặt trong dầu, khoảng cách giữa các điện tích phải là bao nhiêu để lực tương tác giữa chúng bằng lực tương tác ban đầu trong không khí.

GIẢI

Đặt F, F' lần lượt là độ lớn của lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích q_1, q_2 khi chúng được đặt cách nhau khoảng R trong không khí và trong dầu.

Ta có :

$$F = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}; \quad F' = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r'^2}$$

Theo đề :

$$\frac{F'}{F} = \frac{1}{4} \Rightarrow \epsilon = 4.$$

Đặt r' là khoảng cách trong dầu của hai điện tích để lực tương tác tĩnh điện vẫn như trong không khí lúc chúng cách nhau khoảng r , ta có :

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

$$\Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{\epsilon}} = \frac{20}{\sqrt{4}} = 10\text{cm}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

1.3. Hai điện tích điểm bằng nhau đặt trong chân không, cách nhau đoạn $R = 4\text{cm}$. Lực đẩy tĩnh điện giữa chúng là $F = 10^{-5}\text{N}$.

a) Tìm độ lớn mỗi điện tích.

b) Tìm khoảng cách R_1 giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là $F_1 = 2,5.10^{-6}\text{N}$.

$$\text{ĐS: a) } |q| \approx 1,3.10^{-9}\text{C}$$

$$\text{b) } R_1 = 8\text{cm}$$

1.4. Hai hạt bụi trong không khí ở cách nhau một đoạn $R = 3\text{cm}$, mỗi hạt mang điện tích $q = -9,6.10^{-13}\text{C}$.

a) Tính lực tĩnh điện giữa hai hạt.

b) Tính số electron dư trong mỗi hạt bụi, biết điện tích mỗi electron là $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$.

$$\text{ĐS: a) } 9,216.10^{-12}\text{N}$$

$$\text{b) } 6.10^6$$

1.5 Mỗi prôtôn có khối lượng $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, điện tích $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Hỏi lực đẩy Culông giữa hai prôtôn lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng bao nhiêu lần?

Hướng dẫn : lực hấp dẫn $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} (\text{SI})$

ĐS : $1,35 \cdot 10^{36}$

1.6 Hai vật nhỏ giống nhau, mỗi vật thừa một electron. Tìm khối lượng mỗi vật để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn.

ĐS : $m = 1,86 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$

1.7 Electron quay quanh hạt nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn với bán kính $R = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

a) Tính độ lớn lực hướng tâm đặt lên electron

b) Tính vận tốc và tần số chuyển động của electron.

Coi electron và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô tương tác theo định luật tĩnh điện.

Hướng dẫn :

Trong chuyển động tròn đều: $F = ma = m \frac{v^2}{R}$

$v = 2\pi Rn$; n là tần số chuyển động

ĐS : a) $F \approx 9 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

b) $v \approx 2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $n \approx 0,7 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$

1.8 Hai vật nhỏ mang điện tích đặt trong không khí cách nhau đoạn $R = 1 \text{ m}$, đẩy nhau bằng lực $F = 1,8 \text{ N}$. Điện tích tổng cộng của hai vật là $Q = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. Tính điện tích mỗi vật.

ĐS : $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$, $q_2 = 10^{-5} \text{ C}$ hoặc ngược lại.

1.9 Hai quả cầu kim loại nhỏ như nhau mang các điện tích q_1, q_2 đặt trong không khí cách nhau $R = 2 \text{ cm}$, đẩy nhau bằng lực $F = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi lại đưa về vị trí cũ, chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Tính q_1, q_2 .

ĐS : $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $q_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ hoặc ngược lại.

$q_1 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ hoặc ngược lại.

Bài toán 2

Tìm lực tổng hợp tác dụng lên một điện tích

Nếu một vật có điện tích q chịu tác dụng của nhiều lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ thì lực tổng hợp \vec{F} tác dụng lên q là vectơ tổng xác định bởi

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

\vec{F} có thể được xác định theo một trong hai cách sau :

a) Cộng lần lượt hai vectơ theo quy tắc cộng hình học

- Nếu \vec{F}_1, \vec{F}_2 cùng phương

* cùng chiều : $F = F_1 + F_2$

* ngược chiều :

$$F = |F_1 - F_2|$$

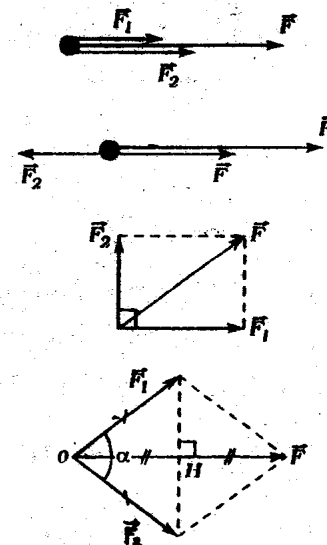
- Nếu \vec{F}_1, \vec{F}_2 vuông góc

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

- Nếu \vec{F}_1, \vec{F}_2 cùng độ lớn và

hợp với nhau một góc α :

$$F = 2 \cdot OH$$



$$F = 2.F_1.\cos\frac{\alpha}{2}$$

- Tổng quát, khi \vec{F}_1, \vec{F}_2 khác độ lớn và hợp với nhau một góc α .

Theo định lí hàm số cosin :

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2.\cos(\pi - \alpha)$$

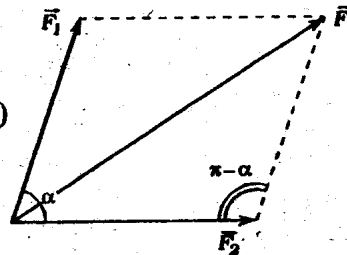
$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2.\cos\alpha$$

b) Phương pháp hình chiếu

Chọn hệ trục tọa độ Oxy vuông góc và chiếu các vectơ lên các trục tọa độ.

$$\text{Ta có: } \begin{cases} F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots = \Sigma F_{ix} \\ F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots = \Sigma F_{iy} \end{cases}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$



• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 2.1 Hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}C, q_2 = -8.10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí (AB = 6cm). Xác định lực tác dụng lên $q_3 = 8.10^{-8}C$ đặt tại C, nếu :
- CA = 4cm, CB = 2cm.
 - CA = 4cm, CB = 10cm.
 - CA = CB = 5cm

GIẢI

Điện tích q_3 sẽ chịu hai lực tác dụng của q_1 và q_2 là \vec{F}_1 và \vec{F}_2 .
Lực tổng hợp tác dụng lên q_3 là : $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

a) Trường hợp 1 :

Vì AC + CB = AB
nên C nằm trong đoạn AB.

Vì q_1, q_3 cùng dấu nên \vec{F}_1 là lực đẩy; q_2, q_3 trái dấu nên \vec{F}_2 là lực hút. Trên hình vẽ, ta thấy \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng chiều.

Vậy :

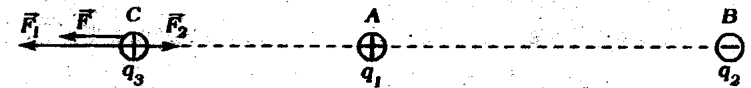
+ \vec{F} cùng chiều \vec{F}_1, \vec{F}_2 (hướng từ C đến B).

+ độ lớn :

$$F = F_1 + F_2 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} + k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2}$$

$$F = 9.10^9 \cdot \frac{8.10^{-8} \cdot 8.10^{-8}}{(4.10^{-2})^2} + 9.10^9 \cdot \frac{8.10^{-8} \cdot 8.10^{-8}}{(2.10^{-2})^2} = 0,18N$$

b) Trường hợp 2 :



Vì CB - CA = AB nên C nằm trên đường AB, ngoài khoảng AB, về phía A.

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = \frac{9.10^9 \cdot 8.10^{-8} \cdot 8.10^{-8}}{(4.10^{-2})^2} = 36.10^{-3}N$$

$$F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{(10 \cdot 10^{-2})^2} = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{N}$$

Theo hình vẽ, ta thấy \vec{F}_1 và \vec{F}_2 ngược chiều, $F_1 > F_2$. Vậy:

+ \vec{F} cùng chiều \vec{F}_1 (hướng ra xa A, B)

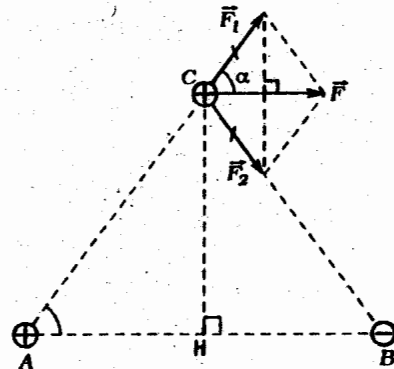
+ độ lớn $F = F_1 - F_2 = 30,24 \cdot 10^{-3} \text{N}$

c) Trường hợp 3:

Vì C cách đều A, B nên C nằm trên trung trực của đoạn AB.

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 23,04 \cdot 10^{-3} \text{N}$$

$$F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} = 23,04 \cdot 10^{-3} \text{N}$$



Vì $F_1 = F_2$ nên \vec{F} nằm trên phân giác góc (\vec{F}_1, \vec{F}_2) .

$\Rightarrow \vec{F} \perp CH$ (phân giác của hai góc kề bù).

$\Rightarrow \vec{F} \parallel AB$

$\Rightarrow \alpha = (\vec{F}_1, \vec{F}) = \widehat{CAB}$

$$\text{Độ lớn } F = 2F_1 \cos \alpha = 2F_1 \cos \widehat{CAB} = 2F_1 \cdot \frac{AH}{AC}$$

$$F = 2 \cdot 23,04 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3}{5} = 27,65 \cdot 10^{-3} \text{N}$$

Vậy \vec{F} có phương song song với AB, có chiều hướng từ A đến B, độ lớn $F = 27,65 \cdot 10^{-3} \text{N}$

2.2 Người ta đặt 3 điện tích $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $q_2 = q_3 = -8 \cdot 10^{-9} \text{C}$ tại 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh $a = 6 \text{cm}$ trong không khí.

Xác định lực tác dụng lên điện tích $q_0 = 6 \cdot 10^{-9} \text{C}$ đặt ở tâm O của tam giác.

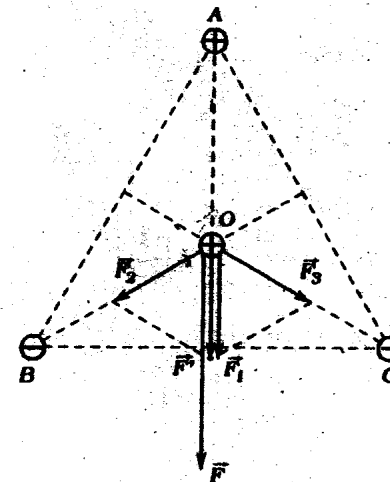
GIẢI

Lực tổng hợp tác dụng lên q_0 :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

Trong đó:

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_0|}{AO^2} = k \cdot \frac{|q_1 q_0|}{\left(\frac{2}{3} a \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 3k \frac{|q_1 q_0|}{a^2} = 36 \cdot 10^{-5} \text{N}$$



Vì $BO = CO = AO$,

$|q_2| = |q_3| = |q_1|$ nên

$$F_2 = F_3 = F_1$$

$$\text{Đặt } \vec{F}' = \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$\Rightarrow \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}'$$

Vì $F_2 = F_3$

và $(\vec{F}_2, \vec{F}_3) = 120^\circ$

nên $F' = F_2 = F_3$ và \vec{F}'

nằm trên phân giác \widehat{BOC} .

Vì \vec{F}_1 và \vec{F}' cùng chiều nên :

$$* F = F_1 + F' = 72 \cdot 10^{-5} \text{N}$$

* \vec{F} nằm trên AO, chiều ra xa A.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

2.3 Ba điện tích điểm $q_1 = -10^{-7} \text{C}$, $q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_3 = 4 \cdot 10^{-8} \text{C}$ lần lượt đặt tại A, B, C trong không khí, AB = 5cm, AC = 4cm, BC = 1cm. Tính lực tác dụng lên mỗi điện tích.

$$DS : \vec{F}_1 \text{ hướng } A \rightarrow C, F_1 = 4,05 \cdot 10^{-2} \text{N}.$$

$$\vec{F}_2 \text{ hướng ra xa C, } F_2 = 16,2 \cdot 10^{-2} \text{N}.$$

$$\vec{F}_3 \text{ hướng } C \rightarrow A, F_3 = 20,25 \cdot 10^{-2} \text{N}.$$

2.4 Ba điện tích điểm $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -4 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_3 = 5 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt trong không khí tại ba đỉnh ABC của một tam giác đều, cạnh a = 2cm. Xác định vectơ lực tác dụng lên q_3 .

$$DS : \vec{F}_3 \text{ đặt tại C, phương } // AB, \text{ chiều } A \rightarrow B, F_3 = 45 \cdot 10^{-3} \text{N}.$$

2.5 Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ đặt trong chân không tại ba đỉnh tam giác đều cạnh a = 16cm. Xác định lực tác dụng lên điện tích q_3 .

$$DS : \vec{F}_3 \text{ đặt tại C, phương } \perp AB, \text{ chiều ra xa AB, độ lớn}$$

$$F = 9\sqrt{3} \cdot 10^{-27} \text{N} \approx 15,6 \cdot 10^{-27} \text{N}.$$

2.6 Ba điện tích điểm $q_1 = 27 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = 64 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_3 = -10^{-7} \text{C}$ đặt trong không khí tại ba đỉnh tam giác ABC vuông góc tại C. Cho AC = 30cm, BC = 40cm. Xác định vectơ lực tác dụng lên q_3 .

$$DS : \vec{F}_3 \text{ đặt tại C hướng đến O (trung điểm AB), } F = 45 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

2.7 Tại 3 đỉnh tam giác đều cạnh a = 6cm trong không khí có đặt ba điện tích $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $q_2 = q_3 = -8 \cdot 10^{-9} \text{C}$. Xác định lực tác dụng lên $q_0 = 8 \cdot 10^{-9} \text{C}$ tại tâm tam giác.

$$DS : \vec{F} \perp BC, \text{ hướng từ A } \rightarrow BC, F = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

2.8 Hai điện tích $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -12,5 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt tại A, B trong không khí, AB = 4cm. Xác định lực tác dụng lên $q_3 = 2 \cdot 10^{-9} \text{C}$ đặt tại C với CA \perp AB và CA = 3cm.

$$DS : \vec{F}_3 \approx 7,66 \cdot 10^{-4} \text{N}, \vec{F}_3 \text{ hợp với AC góc } \alpha = 70^\circ$$

2.9 Có 6 điện tích q bằng nhau đặt trong không khí tại 6 đỉnh lục giác đều cạnh a. Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

$$DS : \vec{F} \text{ hướng ra xa tâm lục giác}$$

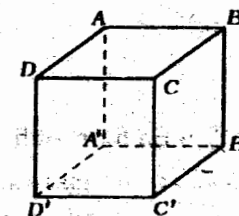
$$F = \frac{(15+4\sqrt{3})}{12} \cdot \frac{kq^2}{a^2}$$

2.10 Bốn điện tích q giống nhau đặt ở 4 đỉnh tứ diện đều cạnh a. Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

$$DS : \vec{F} \text{ hợp với mặt tứ diện góc } 160^\circ 32', F = \sqrt{6} \cdot k \frac{q^2}{a^2}$$

2.11 Hình lập phương ABCD. A'B'C'D' cạnh a = $6 \cdot 10^{-10} \text{m}$ đặt trong chân không. Xác định lực tác dụng lên mỗi điện tích, nếu:

a) Có 2 điện tích $q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ tại A, C; 2 điện tích $q_3 = q_4 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ tại B' và D'.



b) Có 4 điện tích $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ và 4 điện tích $-q$ đặt xen kẽ nhau ở 8 đỉnh của hình lập phương.

$$\text{ĐS: a) } F = \frac{\sqrt{2}}{2} k \frac{q^2}{a^2} \approx 0,45 \cdot 10^{-9} \text{N}$$

$$\text{b) } F = k \frac{q^2}{a^2} \left(\sqrt{3} + \frac{1}{3} - \sqrt{1,5} \right) \approx 0,54 \cdot 10^{-9} \text{N}$$

Bài toán 3

Khảo sát sự cân bằng của một điện tích

Khi một điện tích cân bằng đứng yên, lực tổng hợp tác dụng lên điện tích thỏa điều kiện :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$$

Phương trình vectơ trên thường được khảo sát theo một trong hai cách :

– Cộng lần lượt các vectơ theo quy tắc hình bình hành, đưa hệ lực tác dụng lên điện tích về còn hai lực. Hai lực này phải trực đối nhau (cùng giá, ngược chiều, cùng độ lớn).

– Phương pháp hình chiếu trên các trục tọa độ :

$$\begin{cases} F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots = 0 \\ F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 0$$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 3.1 Hai điện tích $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 8 \text{cm}$. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi :
- a) C ở đâu để q_3 nằm cân bằng ?
- b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng ?

GIẢI

a) Vị trí C :

Điều kiện cân bằng của điện tích q_3 :

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0}$$

Ta suy ra các lực do q_1, q_2 tác dụng lên q_3 :

\vec{F}_{13} , \vec{F}_{23} là các lực trực đối (cùng giá, ngược chiều, cùng độ lớn).

Khi q_1, q_2 trái dấu, để thỏa điều kiện trên, điểm đặt C của q_3 phải nằm trên đường AB, ngoài khoảng AB, gần A (A là điểm đặt của q_1 , điện tích có độ lớn nhỏ hơn q_2).

$$\text{Độ lớn } F_{13} = F_{23}$$

$$\text{hay } k \cdot \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \cdot \frac{|q_2 q_3|}{CB^2}$$

$$\text{Suy ra } \frac{CB}{CA} = \sqrt{\left| \frac{q_2}{q_1} \right|} = 2$$

$$\text{Mà } CB - CA = AB = 8 \text{cm}$$

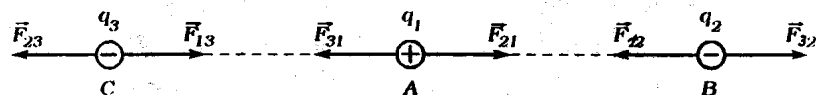
Từ 2 phương trình, ta suy ra :

$$CA = 8 \text{cm}; CB = 16 \text{cm}$$

a) Xác định q_3 :

* Điều kiện cân bằng của điện tích q_1 : $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$

\vec{F}_{21} và \vec{F}_{31} phải là hai lực trực đối : cùng giá, ngược chiều, cùng độ lớn.



Vì q_1, q_2 trái dấu, \vec{F}_{21} là lực hút, hướng từ A đến B nên \vec{F}_{31} sẽ hướng ngược lại, từ A đến C; \vec{F}_{31} đóng vai trò lực hút và q_1, q_3 phải là hai điện tích trái dấu. Vì q_1 là điện tích dương nên q_3 phải là điện tích âm.

Độ lớn $F_{31} = F_{21}$

$$k \cdot \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{AB^2}$$

Suy ra $|q_3| = \frac{AC^2}{AB^2} \cdot |q_2| = 8 \cdot 10^{-8} C$

$$q_3 = -8 \cdot 10^{-8} C$$

* Ta có : $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0}$

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$$

Suy ra $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$

Theo định luật III Niutơn :

$$\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{31}, \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{32}, \vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}, \text{ ta suy ra :}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{32} + \vec{F}_{12} = \vec{0}$$

Vậy khi $q_3 = -8 \cdot 10^{-8} C$ đặt ở C, cả hai điện tích q_1 và q_2 đều đứng yên cân bằng.

GHI CHÚ : Trong câu a, nếu 2 điện tích q_1 và q_2 cùng dấu thì điểm đặt C của q_3 phải nằm trên đường AB và ở trong khoảng AB

3.2 Hai quả cầu nhỏ cùng khối lượng $m = 0,6g$ được treo trong không khí bằng hai sợi dây nhẹ cùng chiều dài $l = 50cm$ vào cùng một điểm. Khi hai quả cầu nhiễm điện giống nhau, chúng đẩy nhau và cách nhau một khoảng $R = 6cm$.

a) Tính điện tích của mỗi quả cầu; lấy $g = 10^m/s^2$.

b) Nhúng hệ thống vào rượu êtylic ($\epsilon = 27$), tính khoảng cách R' giữa hai quả cầu, bỏ qua lực đẩy Acimet.

Cho biết khi góc α nhỏ : $\sin \alpha \approx \tan \alpha$

GIẢI

a) Điện tích : Lực tác dụng lên 1

quả cầu :

- trọng lực \vec{P} , $P = mg$

- lực tĩnh điện \vec{F}_d , $F_d = k \frac{q^2}{R^2}$

- lực căng của dây \vec{T}

Khi điện tích cân bằng

$$\vec{P} + \vec{F}_d + \vec{T} = \vec{0} \quad (1)$$

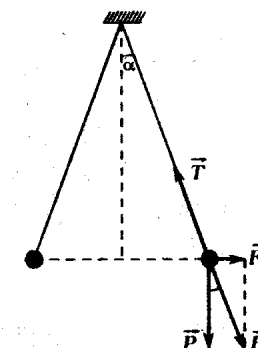
$$\text{Đặt } \vec{P} + \vec{F}_d = \vec{F}$$

$$\text{ta suy ra } \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$$

Vậy \vec{F} sẽ có cùng phương với \vec{T} , tức là cùng phương với dây treo.

Gọi góc hợp bởi dây treo và phương thẳng đứng là α , dây cũng là góc hợp bởi hai vectơ \vec{F} và \vec{P} .

$$\text{Ta có : } \tan \alpha = \frac{F_d}{P} = \frac{k \frac{q^2}{R^2}}{mg} = \frac{kq^2}{mgR^2}$$



Vì R nhỏ so với l nên α là góc nhỏ :

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha = \frac{\frac{R}{2}}{l} = \frac{R}{2l}$$

Suy ra
$$\frac{R}{2l} = \frac{kq^2}{mgR^2} \quad (2)$$

Điện tích của mỗi quả cầu :

$$|q| = \sqrt{\frac{mgR^3}{2lk}} = \sqrt{\frac{mgR}{2kl}} \cdot R$$

$$|q| = \sqrt{\frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 0,5}} \cdot 6 \cdot 10^{-2} = 12 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

CHÚ Ý :

Có thể giải cách khác như sau :

Chiếu phương trình (1) lên các trục ngang và đứng :

$$\begin{cases} F_d - T \sin \alpha = 0 \\ -P + T \cos \alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T \sin \alpha = F_d \\ T \cos \alpha = P \end{cases}$$

Tỉ số : $\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_d}{P}$

Trình tự giải tiếp theo giống như trong cách 1

b) Khoảng cách :

Khi hệ thống ở trong rượu êtylic, lực điện sẽ thay đổi là

$$F'_d = k \frac{q^2}{\epsilon R'^2}$$

Gọi góc hợp bởi dây treo và phương thẳng đứng là α' , tương tự như câu a, ta có :

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{F'_d}{P} = \frac{kq^2}{mg\epsilon R'^2}$$

với $\operatorname{tg} \alpha' \approx \sin \alpha' = \frac{R'}{2l}$

$$\Rightarrow \frac{R'}{2l} = \frac{kq^2}{\epsilon mg R'^2}$$

$$\Rightarrow R'^3 = \frac{2lkq^2}{\epsilon mg}$$

Khi hệ thống trong không khí, từ phương trình (2) trong câu a, ta suy ra :

$$R^3 = \frac{2lkq^2}{mg}$$

Tỉ số : $\frac{R'^3}{R^3} = \frac{1}{\epsilon}$

Suy ra : $R' = \frac{R}{\sqrt[3]{\epsilon}} = 2 \text{cm}$

3.3 Tại 3 đỉnh của tam giác đều, người ta đặt ba điện tích giống nhau $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6 \cdot 10^{-7} \text{C}$. Hỏi phải đặt điện tích thứ tư q_0 tại đâu, có giá trị bao nhiêu để hệ thống đứng yên cân bằng.

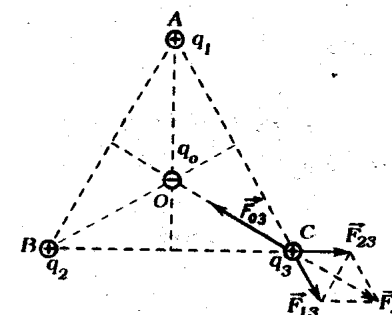
GIẢI

Điều kiện cân bằng của điện tích q_3 ở C :

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{03} = \vec{0}$$

Đặt $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

$$\vec{F}_3 + \vec{F}_{03} = \vec{0}$$



Vì $F_{13} = F_{23} = k \frac{q^2}{a^2}$ (a là cạnh tam giác đều) và góc

$(\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 60^\circ$ nên $F_3 = F_{13} \cdot \sqrt{3}$, \vec{F}_3 có phương trên phân giác góc \widehat{ACB} .

\vec{F}_{03} cùng phương \vec{F}_3 nên q_0 phải nằm trên phân giác góc \widehat{ACB} .

Tương tự, khi xét điều kiện cân bằng của q_1 và q_3 ta suy ra q_0 phải nằm trên phân giác góc \widehat{A} và \widehat{B} .

Vậy q_0 phải nằm tại tâm O của tam giác ABC

Vì \vec{F}_{03} ngược chiều \vec{F}_3 nên ta suy ra

\vec{F}_{03} là lực hút và q_0 là điện tích âm (ngược dấu với điện tích q).

Độ lớn $F_{03} = F_3$

$$k \frac{|q_0 q|}{\left(\frac{2}{3} a \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \sqrt{3}$$

$$3k \frac{|q_0 q|}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \sqrt{3}$$

$$|q_0| = \frac{\sqrt{3}}{3} |q|$$

$$q_0 = -\frac{\sqrt{3}}{3} q \approx -3,46 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

3.4 Hai điện tích $q_1 = -2 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{C}$ đặt trong không khí tại A và B, $AB = l = 8 \text{cm}$. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi:

a) C ở đâu để q_3 nằm cân bằng?

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1 , q_2 cũng cân bằng.

DS: a) $AC = 4 \text{cm}$, $BC = 12 \text{cm}$; b) $q_3 = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{C}$.

3.5 Tại ba đỉnh tam giác đều, người ta đặt 3 điện tích giống nhau $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6 \cdot 10^{-7} \text{C}$. Phải đặt điện tích thứ tư q_0 ở đâu, là bao nhiêu để hệ cân bằng?

DS: q_0 tại tâm tam giác, $q_0 = -q / \sqrt{3} \approx -3,46 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

3.6 Ở mỗi đỉnh hình vuông cạnh a có đặt điện tích $Q = 10^{-8} \text{C}$. Xác định dấu, độ lớn điện tích q đặt ở tâm hình vuông để cả hệ điện tích cân bằng?

$$DS: q = -\frac{Q}{4} (2\sqrt{2} + 1)$$

3.7 Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau mỗi quả có điện tích q khối lượng $m = 10 \text{g}$, treo bởi hai dây cùng chiều dài $l = 30 \text{cm}$ vào cùng một điểm. Giữ quả cầu I cố định theo phương thẳng đứng, dây treo quả cầu II sẽ lệch góc $\alpha = 60^\circ$ so với phương thẳng đứng. Cho $g = 10 \text{m/s}^2$. Tìm q?

$$DS: q = l \sqrt{\frac{mg}{k}} = 10^{-6} \text{C}$$

3.8 Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau treo vào một điểm bởi hai dây $l = 20 \text{cm}$. Truyền cho hai quả cầu điện tích tổng cộng $q = 8 \cdot 10^{-7} \text{C}$, chúng đẩy nhau, các dây treo hợp thành góc $2\alpha = 90^\circ$. Cho $g = 10 \text{m/s}^2$.

a) Tìm khối lượng mỗi quả cầu.

b) Truyền thêm cho một quả cầu điện tích q' , hai quả cầu vẫn đẩy nhau nhưng góc giữa 2 dây treo giảm còn 60° . Tính q' .

$$DS: a) m = \frac{kq^2}{16gl^2 \sin^2 \alpha \tan \alpha} = 1,8 \text{g}; b) q' \approx -2,85 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

3.9 Hai quả cầu nhỏ bằng kim loại giống nhau treo trên hai dây dài vào cùng một điểm, được tích điện bằng nhau và cách nhau đoạn $a = 5\text{cm}$. Chạm nhẹ tay vào một quả cầu. Tính khoảng cách của chúng sau đó.

$$DS: a' = \frac{a}{\sqrt[3]{4}} \approx 3,15\text{cm}.$$

3.10 Hai quả cầu nhỏ giống nhau khối lượng riêng D_1 được treo bằng hai dây nhẹ cùng chiều dài vào cùng một điểm. Cho 2 quả cầu nhiễm điện giống nhau, chúng đẩy nhau và các dây treo hợp góc α_1 . Nhúng hệ vào chất điện môi lỏng có khối lượng riêng D_2 , góc giữa 2 dây treo là $\alpha_2 < \alpha_1$.

a) Tính ϵ của điện môi theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$.

b) Định D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$

$$DS: a) \epsilon = D_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} / (D_1 - D_2) \sin^2 \frac{\alpha_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$$

$$b) D_1 = \frac{\epsilon D_2}{\epsilon - 1}$$

3.11 Trong bài 3.1 và 3.4:

a) Khi q_3 cân bằng, q_3 phải có dấu gì để cân bằng này là cân bằng bền? Không bền?

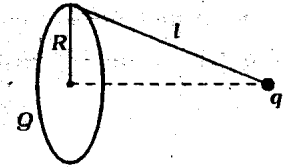
b) Trong điều kiện cả ba điện tích đều cân bằng, cân bằng của hệ là bền hay không bền?

3.12 Có 3 quả cầu cùng khối lượng $m = 10\text{g}$ treo bằng 3 sợi dây mảnh cùng chiều dài $l = 5\text{cm}$ vào cùng một điểm O. Khi tích cho mỗi quả cầu điện tích q , chúng đẩy nhau, cách nhau đoạn $a = 3\sqrt{3}\text{cm}$.

Tìm q ? Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

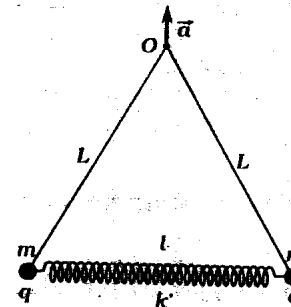
$$DS: q = \pm a \cdot \sqrt{\frac{mga}{3k \sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}}} = \pm \frac{4\sqrt{3}^3}{2} \cdot 10^{-7}\text{C} = \pm 1,14 \cdot 10^{-7}\text{C}$$

3.13* Một vòng dây bán kính $R = 5\text{cm}$ tích điện Q phân bố đều trên vòng, vòng đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Quả cầu nhỏ $m = 1\text{g}$ tích điện $q = Q$ được treo bằng một dây mảnh cách điện vào điểm cao nhất của vòng dây. Khi cân bằng, quả cầu nằm trên trục của vòng dây. Chiều dài của dây treo quả cầu là $l = 7,2\text{cm}$, tính Q .



$$DS: Q = l \sqrt{\frac{mg}{kR}} = 9 \cdot 10^{-8}\text{C}$$

3.14* Hai quả cầu nhỏ cùng khối lượng m , được tích điện giống nhau q . Chúng được nối với nhau bằng một lò xo nhẹ cách điện, chiều dài tự nhiên của lò xo là l_0 , độ cứng k . Một



sợi dây chỉ, cách điện, mảnh, nhẹ, không dẫn, có chiều dài $2L$, mỗi đầu dây chỉ được gắn với một quả cầu. Cho điểm giữa O của sợi dây chỉ chuyển động thẳng đứng hướng lên với gia tốc \vec{a} , có độ lớn bằng $\frac{g}{2}$ (g gia tốc rơi tự do).

do).

Lò xo có chiều dài l ($2L > l > l_0$) như hình vẽ. Xác định giá trị của q ?

$$DS: |q| = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2k} \left(\frac{3mg}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + 2k'(l - l_0) \right)}$$

§2. ĐIỆN TRƯỜNG

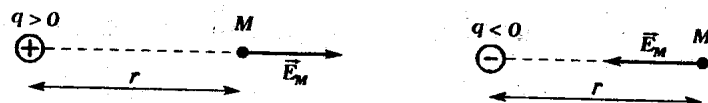
A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Lực điện trường tác dụng lên một điện tích điểm

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

(\vec{E} : vectơ cường độ điện trường tại điểm đặt q)

II. Cường độ điện trường tạo bởi một điện tích điểm



- **Điểm đặt** : điểm đang xét
- **Phương** : đường thẳng nối điện tích điểm với điểm đang xét
- **Chiều** : hướng ra xa q nếu q > 0
hướng về phía q nếu q < 0
- **Độ lớn** :

$$E = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{|q|}{r^2}$$

$\begin{cases} q : \text{culông (C)} \\ r : \text{mét (m)} \\ E : \text{vôn / mét (V/m)} \end{cases}$

(ϵ : hằng số điện môi của môi trường.

Chân không : $\epsilon = 1$; không khí : $\epsilon \approx 1$)

III. Nguyên lý chồng chất điện trường

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

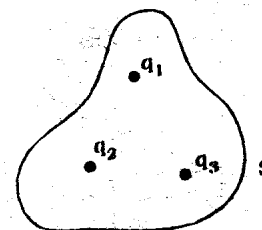
IV. Định lý Ostrogradski – Gauss *

1. Điện thông

$$N = ES \cdot \cos \alpha \quad \begin{cases} E : \text{vôn / mét (V/m)} \\ S : \text{mét vuông (m}^2\text{)} \\ N : \text{vôn-mét (Vm)} \end{cases}$$

$$[\alpha = (\vec{E}, \vec{n})]$$

2. Định lý



$$N = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum q_i$$

($\sum q_i$: tổng đại số các điện tích bên trong bề mặt S)

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 4

Xác định cường độ điện trường tạo bởi điện tích điểm.
Xác định lực điện trường tác dụng lên điện tích điểm.

- Áp dụng các đặc điểm về *phương, chiều, độ lớn* của cường độ điện trường tạo bởi điện tích điểm.

Kết quả vẫn có giá trị đối với điện trường ở một điểm bên ngoài vật hình cầu tích điện đều q.

Khi đó q coi là điện tích điểm đặt tại tâm hình cầu.

- Lực điện trường được xác định bởi :

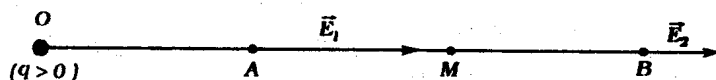
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\begin{cases} q > 0 : \vec{F} \text{ và } \vec{E} \text{ cùng chiều} \\ q < 0 : \vec{F} \text{ và } \vec{E} \text{ ngược chiều} \end{cases}$$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 4.1 Cho hai điểm A và B cùng ở trên một đường sức của điện trường do điện tích điểm q đặt tại O gây ra. Biết độ lớn cường độ điện trường tại A, B lần lượt là E_1, E_2 và A ở gần O hơn B. Tính độ lớn cường độ điện trường tại M, trung điểm của đoạn AB.

GIẢI



Ta có độ lớn các cường độ điện trường :

$$\text{-- tại A : } E_1 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q|}{OA^2}$$

$$\text{-- tại B : } E_2 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q|}{OB^2}$$

$$\text{-- tại M : } E_3 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q|}{OM^2}$$

Vì M là trung điểm của AB nên ta có :

$$OM = \frac{OA + OB}{2} \quad (1)$$

Rút các khoảng cách từ biểu thức của E và thay vào (1) ta được :

$$\frac{1}{\sqrt{E_3}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{E_1}} + \frac{1}{\sqrt{E_2}} \right)$$

Vậy :

$$E_3 = \frac{4E_1 E_2}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2}$$

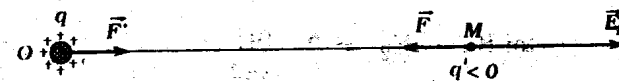
- 4.2 Quả cầu nhỏ mang điện tích $q = 10^{-5}C$ đặt trong không khí
a) Tính độ lớn cường độ điện trường E_M tại điểm M cách tâm O của quả cầu đoạn $R = 10cm$.
b) Xác định lực điện trường \vec{F} do quả cầu tích điện tác dụng lên điện tích điểm $q' = -10^{-7}C$ đặt ở M. Suy ra lực điện trường tác dụng lên quả cầu mang điện tích q.

GIẢI

- a) Độ lớn cường độ điện trường E_M

$$\text{Ta có : } E_M = k \cdot \frac{|q|}{OM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{(10^{-1})^2} = 9 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

- b) Xác định lực điện trường \vec{F}



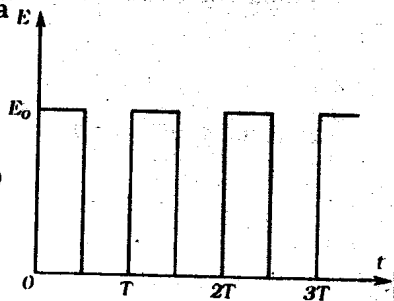
$$\text{-- Ta có : } \vec{F} = q'\vec{E}_M$$

Vì $q' < 0$ nên \vec{F} ngược chiều \vec{E}_M . Độ lớn của \vec{F} là :

$$F = |q'| \cdot E_M = 10^{-7} \cdot 9 \cdot 10^6 = 0,9N$$

– Theo định luật III Niuton ta suy ra lực điện trường \vec{F} do điện trường của q' tác dụng lên quả cầu mang điện tích q là lực *trực đối* với \vec{F} .
CHÚ Ý : Hai lực này là lực tương tác tĩnh điện giữa q và q' .

4.3* Một hạt nhỏ mang điện tích q ($q > 0$), khối lượng m được phóng vào dọc theo phương đường sức của một điện trường với vận tốc đầu \vec{v}_0 . Cường độ điện trường biến thiên theo thời gian với quy luật được mô tả trong đồ thị bên. Gốc thời gian là lúc hạt được phóng vào điện trường. Tại thời điểm $t = nT$ (n : số nguyên) hãy tìm vận tốc và độ dịch chuyển của hạt trong điện trường. Bỏ qua trọng lực.



GIẢI

– Theo đồ thị, ta thấy cường độ điện trường biến thiên một cách tuần hoàn với chu kì T : trong nửa đầu chu kì, điện trường có cường độ E_0 không đổi; trong nửa sau chu kì, điện trường bằng 0.

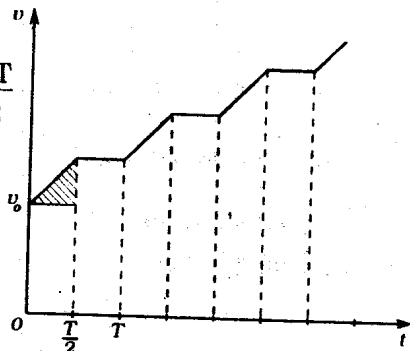
– Từ quan hệ giữa xung của lực và độ biến thiên động lượng, ta có :

$$mv - mv_0 = \sum F \cdot t = qE_0 \frac{nT}{2}$$

Vận tốc của hạt tại thời điểm

$t = nT$ là :

$$v = v_0 + \frac{nqE_0T}{2m}$$



– Quy luật biến thiên của vận tốc hạt có thể được biểu diễn bằng đồ thị bên.

Ta nhận thấy hạt chuyển động nhanh dần đều trong mỗi nửa chu kì đầu và thẳng đều trong mỗi nửa chu kì sau. – Đường đi của hạt trong những nửa chu kì liên tiếp hợp thành cấp số cộng có công sai là :

$$r = \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{2} \right)^2 \quad \text{Với : } a = \frac{qE_0}{m}$$

Trong nửa chu kì đầu tiên :

$$s_1 = v_0 \frac{T}{2} + \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{2} \right)^2$$

Sau thời gian $t = nT$

$$s = nv_0T + \left(n^2 + \frac{n}{2} \right) \frac{qE_0}{4m} T^2$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

4.4 Quả cầu bằng kim loại, bán kính $R = 5\text{cm}$ được tích điện dương q , phân bố đều.

Ta đặt $\sigma = \frac{q}{S}$ là mật độ điện mặt (S : diện tích mặt cầu).

Cho $\sigma = 8,84 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$. Hãy tính độ lớn của cường độ điện trường tại điểm cách bề mặt quả cầu đoạn 5cm .

$$\text{ĐS : } E = 2,5 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

4.5 Proton được đặt vào điện trường đều $E = 1,7 \cdot 10^6 \text{ V/m}$.

a) Tính gia tốc của proton, biết $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

b) Tính vận tốc proton sau khi đi được đoạn đường 20cm (vận tốc đầu bằng không).

$$\text{ĐS : a) } a = 1,6 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2 \quad \text{b) } v = 8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

4.6 Electron đang chuyển động với vận tốc $v_0 = 4.10^6 \text{ m/s}$ thì đi vào một điện trường đều, cường độ điện trường $E = 910 \text{ V/m}$, \vec{v}_0 cùng chiều đường sức điện trường. Tính gia tốc và quãng đường electron chuyển động chậm dần đều cùng chiều đường sức. Mô tả chuyển động của electron sau đó.

ĐS: Ban đầu $a = -1,6.10^{14} \text{ m/s}^2$, $s = 5 \text{ cm}$. Sau đó electron chuyển động nhanh dần đều ngược chiều đường sức điện trường với gia tốc $1,6.10^{14} \text{ m/s}^2$.

Bài toán 5

Sự chồng chất điện trường - Xác định cường độ điện trường tổng hợp.

- Nếu các điện tích điểm q_1, q_2, \dots gây nên tại điểm M các cường độ điện trường $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$ thì cường độ điện trường tổng hợp tại M là:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

- Cách xác định tổng các vectơ \vec{E} được thực hiện giống phép cộng các vectơ lực \vec{F} ở phần trước.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

5.1 Ba điểm A, B, C trong không khí tạo thành tam giác vuông tại A, $AB = 3 \text{ cm}$, $AC = 4 \text{ cm}$. Các điện tích q_1, q_2 được đặt ở A và B. Biết $q_1 = -3,6.10^{-9} \text{ C}$, vectơ cường độ điện trường tổng hợp \vec{E}_C tại C có phương song song với AB. Xác định q_2 và cường độ điện trường tổng hợp \vec{E}_C ở C.

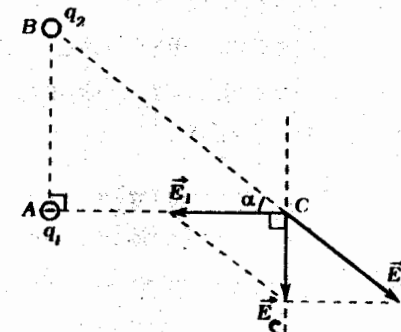
GIẢI

- Vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại C:

$$\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Vì $q_1 < 0$ nên \vec{E}_1 hướng từ C đến A. Để $\vec{E}_C \parallel AB$, \vec{E}_2 phải hướng ra xa B và $q_2 > 0$ (nếu $q_2 < 0$, \vec{E}_2 hướng vào B,

$\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ sẽ nằm trong góc \widehat{ACB} và không thể song song với AB)



- Ta có $E_1 = k \cdot \frac{|q_1|}{AC^2} = 2.10^4 \text{ V/m}$

Đặt $\widehat{ACB} = \alpha$, từ hình vẽ ta suy ra:

$$E_C = E_1 \cdot \tan \alpha = E_1 \cdot \frac{AB}{AC} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

$$E_2 = \frac{E_1}{\cos \alpha} = \frac{E_1}{AC/BC} = E_1 \cdot \frac{BC}{AC} = E_1 \cdot \frac{\sqrt{AB^2 + AC^2}}{AC}$$

$$E_2 = 2,5.10^4 \text{ V/m}$$

Ta có: $E_2 = k \cdot \frac{|q_2|}{BC^2}$

$$\text{Suy ra: } |q_2| = \frac{E_2 \cdot BC^2}{k} = \frac{E_2 (AB^2 + AC^2)}{k} = 6,94.10^{-9} \text{ C}$$

Vì $q_2 > 0$ nên $q_2 = 12,5.10^{-9} \text{ C}$

5.2 Tại sáu đỉnh của lục giác đều ABCDEF cạnh a trong không khí, lần lượt đặt các điện tích $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$. Xác định cường độ điện trường tổng hợp \vec{E} tại tâm O của lục giác.

GIẢI

Các hình vẽ sau đây được vẽ với $q > 0$. Nếu $q < 0$ ta dễ dàng thấy kết quả cũng tương tự với chiều các vectơ \vec{E} đảo ngược lại.

– Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường ta có :

$$\vec{E} = \underbrace{(\vec{E}_A + \vec{E}_D)}_{\vec{E}_1} + \underbrace{(\vec{E}_B + \vec{E}_E)}_{\vec{E}_2} + \underbrace{(\vec{E}_C + \vec{E}_F)}_{\vec{E}_3}$$

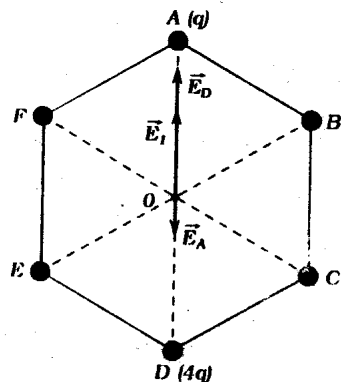
\vec{E}_A có hướng \vec{AO} và có độ lớn :

$$E_A = k \cdot \frac{q}{a^2}$$

\vec{E}_D có hướng \vec{OA} và có độ lớn :

$$E_D = 4k \cdot \frac{q}{a^2}$$

Suy ra $\vec{E}_1 = \vec{E}_A + \vec{E}_D$ có hướng \vec{OA} và có độ lớn :



$$E_1 = E_D - E_A = 3k \cdot \frac{q}{a^2}$$

Chứng minh tương tự, ta cũng có các kết quả :

* $\vec{E}_2 = \vec{E}_B + \vec{E}_E$ có hướng \vec{OB} và có độ lớn :

$$E_2 = E_E - E_B = 3k \cdot \frac{q}{a^2} = E_1$$

* $\vec{E}_3 = \vec{E}_C + \vec{E}_F$ có hướng \vec{OC} và có độ lớn :

$$E_3 = E_F - E_C = 3k \cdot \frac{q}{a^2} = E_2 = E_1$$

– Do đó : $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

Vì $E_1 = E_2 = E_3$

và $(\vec{E}_1, \vec{E}_2) = (\vec{E}_2, \vec{E}_3) = 60^\circ$

ta suy ra :

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

Do đó : $\vec{E} = 2\vec{E}_2$

Vậy cường độ điện trường tổng hợp \vec{E} tại tâm O có hướng \vec{OB} và có độ lớn :

$$E = 6k \cdot \frac{q}{a^2}$$

– Nếu $q < 0$, \vec{E} có hướng \vec{OE} và có độ lớn :

$$E = 6k \cdot \frac{|q|}{a^2}$$

5.3. Hai điện tích $q_1 = q_2 = q > 0$ đặt tại A, B trong không khí. Cho biết $AB = 2a$.

a) Xác định cường độ điện trường \vec{E}_M tại điểm M trên trung trực của AB và cách AB đoạn h .

b) Định h để E_M cực đại. Tính giá trị cực đại này.

GIẢI

a) Xác định \vec{E}_M

Ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

\vec{E}_1 và \vec{E}_2 lần lượt có hướng \vec{AM} và \vec{BM} và có độ lớn cho bởi:

$$E_1 = k \cdot \frac{q}{AM^2} = k \cdot \frac{q}{BM^2} = k \cdot \frac{q}{a^2 + h^2}$$

Hình bình hành xác định $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ là hình thoi.

Suy ra, \vec{E}_M có hướng \vec{OM} và có độ lớn xác định bởi:

$$E_M = 2E_1 \cdot \cos \alpha = 2k \cdot \frac{q}{(a^2 + h^2)} \cdot \frac{h}{\sqrt{a^2 + h^2}}$$

$$\text{hay: } E_M = \frac{2kqh}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$$

b) Định h để E_M cực đại

– Trong biểu thức của E_M áp dụng bất đẳng thức Côsi ta nhận thấy:

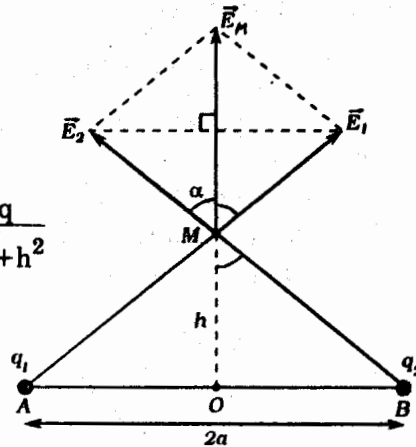
$$a^2 + h^2 = \frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + h^2 \geq 3 \sqrt{\frac{a^4 h^2}{4}}$$

$$\Rightarrow (a^2 + h^2)^3 \geq \frac{27}{4} a^4 h^2 \Rightarrow (a^2 + h^2)^{3/2} \geq \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 h$$

$$\text{Do đó: } E_M \leq \frac{2kqh}{\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 h} = \frac{4kq}{3\sqrt{3} a^2}$$

$$E_M \text{ đạt cực đại khi: } h^2 = \frac{a^2}{2} \Leftrightarrow h = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$\text{– Ta suy ra: } (E_M)_{\max} = \frac{4kq}{3\sqrt{3} a^2}$$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

5.4 Cho hai điện tích $q_1 = 4.10^{-10}C$, $q_2 = -4.10^{-10}C$ đặt ở A, B trong không khí, $AB = a = 2cm$. Xác định vectơ cường độ điện trường \vec{E} tại:

a) H, trung điểm AB

b) M cách A 1cm, cách B 3cm.

c) N hợp với A, B thành tam giác đều.

$$\text{ĐS: a) } \vec{E}_H \text{ hướng đến B, } E_H = 72.10^3 \text{ V/m}$$

$$\text{b) } \vec{E}_M \text{ hướng ra xa A, } E_M = 32.10^3 \text{ V/m}$$

$$\text{c) } \vec{E}_N \parallel AB, \text{ hướng } A \rightarrow B, E_N = 9.10^3 \text{ V/m}$$

5.5 Giải lại bài 5.4 với $q_1 = q_2 = 4.10^{-10}C$.

$$\text{ĐS: a) 0 b) } \vec{E}_M \text{ hướng ra xa A, } E_M = 40.10^3 \text{ V/m}$$

$$\text{c) } \vec{E}_N \perp AB, \text{ hướng ra xa AB, } E_N \approx 15,6.10^3 \text{ V/m.}$$

5.6 Hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}C$, $q_2 = -8.10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 4cm$. Tìm vectơ cường độ điện trường tại C trên trung trực AB, cách AB 2cm, suy ra lực tác dụng lên $q = 2.10^{-9}C$ đặt ở C.

$$\text{ĐS: } \vec{E} \parallel AB, \text{ hướng } A \rightarrow B,$$

$$E = 9\sqrt{2}.10^5 \text{ V/m} \approx 12,7.10^5 \text{ V/m}, F = 25,4.10^{-4}N.$$

5.7 Hai điện tích $q_1 = -10^{-8}C$, $q_2 = 10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 6cm$. Xác định vectơ \vec{E} tại M trên trung trực AB, cách AB = 4cm.

$$\text{ĐS: } \vec{E} \parallel AB, \text{ hướng } B \rightarrow A, E = 0,432.10^5 \text{ V/m.}$$

5.8 Tại 3 đỉnh tam giác ABC vuông tại A cạnh $a = 50\text{cm}$, $b = 40\text{cm}$, $c = 30\text{cm}$. Ta đặt các điện tích $q_1 = q_2 = q_3 = 10^{-9}\text{C}$. Xác định E tại H, H là chân đường cao kẻ từ A.

ĐS: 246 V/m

5.9 Cho bốn điện tích cùng độ lớn q đặt tại bốn đỉnh hình vuông cạnh a. Tìm E tại tâm O hình vuông trong trường hợp bốn điện tích lần lượt có dấu sau :

a) + + + +

c) + - - +

b) + - + -

ĐS: a) và b) $E = 0$ c) $E = 4\sqrt{2} \text{ kq/a}^2$

5.10 Tại ba đỉnh A, B, C của hình vuông ABCD cạnh a đặt 3 điện tích q giống nhau ($q > 0$). Tính E tại :

a) Tâm O hình vuông.

b) Đỉnh D.

ĐS: a) $E_O = 2 \text{ kq/a}^2$ b) $E_D = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \text{ kq/a}^2$

5.11 Hai điện tích $q_1 = q > 0$ và $q_2 = -q$ đặt tại A, B trong không khí. Cho $AB = 2a$.

a) Xác định cường độ điện trường \vec{E}_M tại M trên trung trực của AB, cách AB đoạn h.

b) Xác định h để E_M đạt cực đại. Tính giá trị cực đại này.

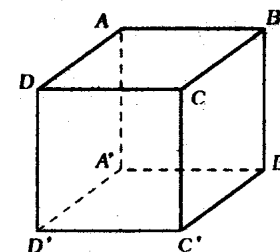
ĐS: a) $\vec{E}_M \perp \vec{AB}$; $E_M = \frac{2kqa}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$

b) $h = 0$; $(E_M)_{\max} = \frac{2kq}{a^2}$

5.12 Tại ba đỉnh ABC của tứ diện đều SABC cạnh a trong chân không có ba điện tích điểm q giống nhau ($q < 0$). Tính độ lớn cường độ điện trường tại đỉnh S của tứ diện. Xác định hướng của cường độ điện trường này.

ĐS: $E = \sqrt{6}kq/a^2$, \vec{E} hướng đến tâm mặt ABC

5.13* Hình lập phương ABCD'A'B'C'D' cạnh a trong chân không. Hai điện tích $q_1 = q_2 = q > 0$ đặt ở A, C, hai điện tích $q_3 = q_4 = -q$ đặt ở B', D'. Tính độ lớn cường độ điện trường tại tâm O hình lập phương.



ĐS: $16\sqrt{3} \text{ kq/9a}^2$

Bài toán 6

Điện trường tổng hợp triệt tiêu.
Điện tích cân bằng trong điện trường.

- Tại vị trí điện trường tổng hợp triệt tiêu ta có :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots = \vec{0} \quad (1)$$

- Vật tích điện cân bằng trong điện trường có hợp lực tác dụng triệt tiêu :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0} \quad (2)$$

Trong số các lực \vec{F}_i có lực điện trường và các lực khác : trọng lực, lực căng của dây, lực đẩy Ácsimet, ...

- Các phương trình (1) và (2) được giải theo các cách đã giới thiệu. Suy ra điều kiện hoặc các đại lượng liên quan.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 6.1 Bốn điểm A, B, C, D trong không khí tạo thành một hình chữ nhật ABCD cạnh AD = a = 3cm, AB = b = 4cm. Các điện tích q_1 , q_2 , q_3 được đặt lần lượt tại A, B, C. Biết $q_2 = -12,5 \cdot 10^{-8} \text{C}$ và cường độ điện trường tổng hợp ở D $\vec{E}_D = \vec{0}$. Tính q_1 và q_3

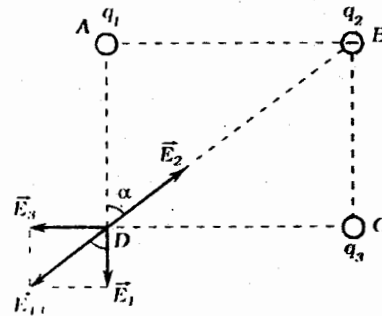
GIẢI

Vectơ cường độ điện trường tổng hợp ở D được xác định bởi:

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

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

Tại D, vectơ cường độ điện trường tổng hợp \vec{E}_{13} do q_1 và q_3 gây nên trực đối với vectơ cường độ điện trường \vec{E}_2 do q_2 gây nên.



Vì $q_2 < 0$, \vec{E}_2 hướng vào B nên \vec{E}_{13} phải hướng ra xa B và q_1 , q_3 phải là các điện tích dương.

Đặt $\widehat{ADB} = \alpha$, ta có:

$$E_1 = E_{13} \cos \alpha = E_2 \cdot \cos \alpha$$

$$k \frac{|q_1|}{AD^2} = k \frac{|q_2|}{BD^2} \cdot \frac{AD}{BD}$$

$$|q_1| = \frac{AD^3}{BD^3} \cdot |q_2| = \frac{AD^3}{(\sqrt{AD^2 + AB^2})^3} \cdot |q_2|$$

$$\text{Vì } q_1 > 0, q_2 < 0 : q_1 = - \frac{a^3}{(\sqrt{a^2 + b^2})^3} \cdot q_2 = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{C}$$

$$\text{Tương tự: } E_3 = E_{13} \sin \alpha = E_2 \sin \alpha$$

$$k \frac{|q_3|}{CD^2} = k \frac{|q_2|}{BD^2} \cdot \frac{CD}{BD}$$

$$q_3 = - \frac{b^3}{(\sqrt{a^2 + b^2})^3} q_2 = 6,4 \cdot 10^{-8} \text{C}$$

- 6.2 Quả cầu nhỏ khối lượng $m = 0,25 \text{g}$ mang điện tích $q = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ được treo bởi một sợi dây và đặt vào trong một điện trường đều \vec{E} .

\vec{E} có phương nằm ngang và có độ lớn $E = 10^6 \text{V/m}$.

Tính góc lệch của dây treo so với phương thẳng đứng. Cho $g = 10 \text{m/s}^2$.

GIẢI

Khi quả cầu cân bằng, ta có:

$$\vec{T} + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

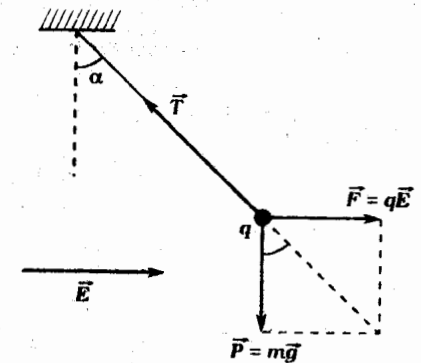
Phương của dây treo trùng với phương của tổng lực $\vec{P} + \vec{F}$.

Suy ra:

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{qE}{mg}$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10^{-9} \cdot 10^6}{0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 1$$

Vậy: $\alpha = 45^\circ$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

6.3 Cho hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt ở A, B trong không khí, $AB = 100\text{cm}$. Tìm điểm C tại đó cường độ điện trường tổng hợp bằng không với :

a) $q_1 = 36 \cdot 10^{-6}\text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$

b) $q_1 = -36 \cdot 10^{-6}\text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$

ĐS : a) $CA = 75\text{cm}$, $CB = 25\text{cm}$

b) $CA = 150\text{cm}$, $CB = 50\text{cm}$

6.4 Cho hai điện tích q_1 , q_2 đặt tại A và B, $AB = 2\text{cm}$.

Biết $q_1 + q_2 = 7 \cdot 10^{-8}\text{C}$ và điểm C cách q_1 6cm, cách q_2 8cm có cường độ điện trường $E = 0$. Tìm q_1 , q_2 .

ĐS : $q_1 = -9 \cdot 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = 16 \cdot 10^{-8}\text{C}$

6.5 Cho hình vuông ABCD, tại A và C đặt các điện tích $q_1 = q_3 = q$. Hỏi phải đặt ở B điện tích bao nhiêu để cường độ điện trường ở D bằng không ?

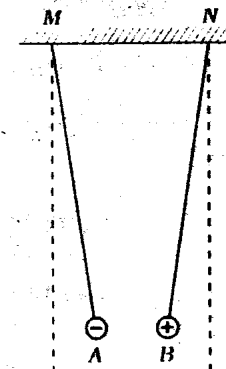
ĐS : $q_2 = -2\sqrt{2} \cdot q$

6.6 Một hòn bi nhỏ bằng kim loại được đặt trong dầu. Bi có thể tích $V = 10\text{mm}^3$, khối lượng $m = 9 \cdot 10^{-5}\text{kg}$. Dầu có khối lượng riêng $D = 800\text{kg/m}^3$. Tất cả được đặt trong một điện trường đều, \vec{E} hướng thẳng đứng từ trên xuống, $E = 4,1 \cdot 10^5\text{V/m}$. Tìm điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

ĐS : $q = -2 \cdot 10^{-9}\text{C}$

6.7 Hai quả cầu nhỏ A và B mang những điện tích lần lượt $-2 \cdot 10^{-9}\text{C}$ và $2 \cdot 10^{-9}\text{C}$ được treo ở đầu hai sợi dây tơ cách điện dài

bằng nhau. Hai điểm treo dây M và N cách nhau 2cm ; khi cân bằng, vị trí các dây treo có dạng như hình vẽ. Hỏi để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng người ta phải dùng một điện trường đều có hướng nào và độ lớn bao nhiêu ?



ĐS : Hướng sang phải,

$E = 4,5 \cdot 10^4\text{V/m}$

Bài toán 7

Cường độ điện trường do vật tích điện có kích thước tạo nên.

Ta chỉ xét những vật tích điện có hình dạng đặc biệt.

Hai phương pháp :

– Phương pháp vi phân :

• Chia vật thành vô số phần tử nhỏ, mỗi phần coi như một điện tích điểm.

• Xác định các điện trường nguyên tố $\Delta \vec{E}_i$ suy ra cường độ điện trường tổng hợp :

$$\vec{E} = \sum \Delta \vec{E}_i$$

• Dựa vào tính đối xứng, có thể xác định được hướng và độ lớn của \vec{E}

– Phương pháp áp dụng định lí Ostrogradski-Gauss

• Tính điện thông theo công thức :

$$N = E \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Nếu S là diện tích lớn trên đó \vec{E} và α biến thiên, ta dùng phương pháp vi phân :

$$\Delta N = E \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha \Rightarrow N = \sum \Delta N$$

. Áp dụng định lí :

$$N = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

7.1 Vòng dây dẫn mảnh bán kính R mang điện tích $q > 0$ đặt trong không khí.

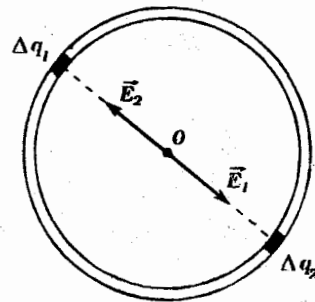
- Tính cường độ điện trường tại tâm O của vòng dây.
- Tính cường độ điện trường tại M trên trục vòng dây cách O đoạn h . Định h để E đạt cực đại và tính giá trị cực đại này.

GIẢI

Ta chia vòng dây ra nhiều đoạn nhỏ, mỗi đoạn coi như một điện tích điểm có điện tích là Δq

a) *Tại tâm vòng dây*

Hai điện tích điểm Δq nằm ở vị trí xuyên tâm đối trên vòng dây sẽ gây nên ở O hai điện trường ngược chiều cùng độ lớn (do điện tích Δq và khoảng cách R bằng nhau). Hai điện trường này sẽ triệt tiêu nhau.

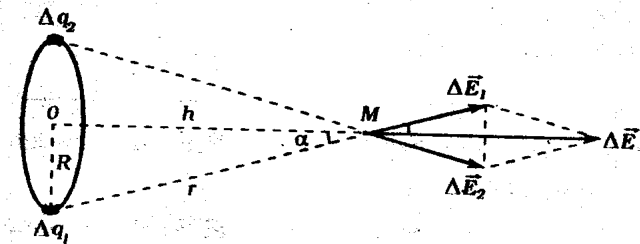


Do đó cường độ điện trường tổng hợp do cả vòng dây gây nên ở tâm vòng sẽ bằng không.

$$\vec{E}_O = \sum \Delta \vec{E}_i = 0$$

b) *Tại M trên trục vòng dây*

– Xét hai điện tích điểm Δq nằm ở vị trí xuyên tâm đối trên vòng dây. Cường độ điện trường tổng hợp do chúng gây nên tại M là



$$\Delta \vec{E} = \Delta \vec{E}_1 + \Delta \vec{E}_2$$

Vì $\Delta E_1 = \Delta E_2 = k \frac{\Delta q}{r^2}$ nên :

* $\Delta \vec{E}$ nằm trên OM, hướng ra xa O.

$$* \Delta E = 2\Delta E_1 \cdot \cos \alpha = 2 \cdot k \frac{\Delta q}{r^2} \cdot \frac{h}{r} = k \cdot \frac{2\Delta q \cdot h}{r^3}$$

– Cường độ điện trường tổng hợp do cả vòng dây gây nên ở M :

$$\vec{E}_M = \sum \Delta \vec{E}$$

\vec{E}_M nằm trên OM, hướng ra xa O

$$\text{Độ lớn } E_M = \sum \Delta E = \sum \left(k \cdot \frac{2\Delta q \cdot h}{r^3} \right) = k \cdot \frac{h}{r^3} \left(\sum 2\Delta q \right)$$

$$E_M = k \cdot \frac{q \cdot h}{r^3} = k \cdot \frac{q \cdot h}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

- Ta tìm h để E_M đạt cực đại.

Ta áp dụng bất đẳng thức Côsi :

$$(R^2 + h^2)^3 = \left(\frac{R^2}{2} + \frac{R^2}{2} + h^2 \right)^3 \geq 27 \cdot \frac{R^2}{2} \cdot \frac{R^2}{2} \cdot h^2$$

$$\text{Suy ra } E_M \leq \frac{k \cdot q \cdot h}{3\sqrt{3} \cdot \frac{R^2}{2} \cdot h} = \frac{2kq}{3\sqrt{3} \cdot R^2}$$

$$\text{Vậy : } h = \frac{R}{\sqrt{2}} \text{ thì } E_M = (E_M)_{\max} = \frac{2kq}{3\sqrt{3}R^2}$$

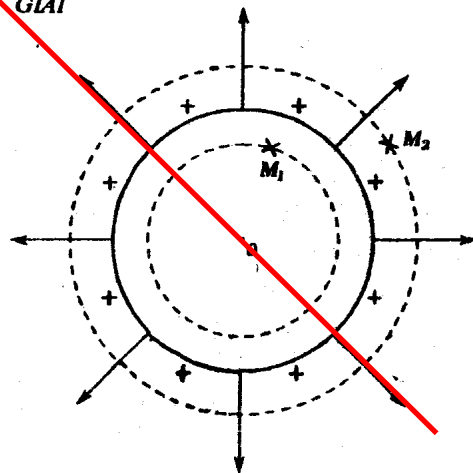
7.2 Quả cầu dẫn điện bán kính R được tích điện q phân bố đều trên mặt quả cầu. Quả cầu được đặt trong không khí. Tính cường độ điện trường tại M cách tâm quả cầu một đoạn r (M có thể nằm bên trong hoặc bên ngoài quả cầu).

GIẢI

Do tính đối xứng, các đường sức điện trường của quả cầu là những đường thẳng qua tâm O của mặt cầu.

a) Điểm M_1 nằm trong quả cầu

Ta vẽ một mặt cầu S_1 tâm O đi qua M_1 .



Do tính đối xứng, những điểm nằm trên mặt cầu này đều có cùng cường độ điện trường \vec{E} , đồng thời \vec{E} vuông góc với mặt cầu.

Điện thông qua mặt cầu S_1 :

$$N_1 = \sum E \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha = \sum E \cdot \Delta S \cdot \cos 0^\circ = E(\sum \Delta S) = E \cdot S_1$$

Theo định lí Ostrogradski-Gauss

$$N_1 = 4\pi k q_{S_1} = E \cdot S_1$$

Do quả cầu dẫn điện, điện tích chỉ phân bố ngoài mặt quả cầu nên điện tích trong mặt cầu S_1 là $q_{S_1} = 0$.

Vậy cường độ điện trường tại một điểm trong quả cầu dẫn điện là $E = 0$

b) Điểm M_2 nằm ngoài quả cầu

Hoàn toàn tương tự, ta có :

$$N_2 = E \cdot S_2 = 4\pi k \cdot q_{S_2}$$

Điện tích chứa trong mặt cầu S_2 cũng chính là điện tích của quả cầu, với :

$$q_{S_2} = q$$

$$S_2 = 4\pi r^2$$

$$\text{Ta suy ra } E = k \cdot \frac{q}{r^2}$$

Trong đó r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm đang xét ngoài quả cầu.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

7.3 Một bản phẳng rất lớn đặt thẳng đứng, tích điện đều với mật độ điện mặt σ

a) Xác định \vec{E} do mặt phẳng gây ra tại điểm cách mặt phẳng đoạn h. Nêu đặc điểm của điện trường này.

b) Một quả cầu nhỏ khối lượng m tích điện q cùng dấu với mặt phẳng, được treo vào một điểm cố định gần mặt phẳng bằng dây nhẹ không dãn, chiều dài l . Coi q không ảnh hưởng đến sự phân bố điện tích trên mặt phẳng và khi cân bằng dây treo nghiêng góc α với phương thẳng đứng. Tính q .

DS: a/ Điện trường đều, $\vec{E} \perp$ mặt phẳng, $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

b/ $q = 2\epsilon_0 mgtg\alpha/\sigma$

7.4 Tính cường độ điện trường gây bởi 2 mặt phẳng rộng vô hạn:

a) Đặt song song, mật độ điện mặt $\sigma > 0$ và $-\sigma$

b) Hợp với nhau góc α , và có cùng mật độ điện mặt $\sigma > 0$

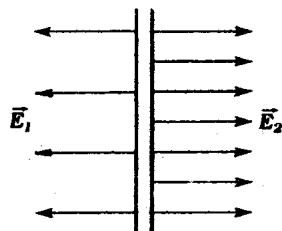
DS: a) Trong hai mặt: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Ngoài hai mặt: $E = 0$

b) Trong góc α : $E = \sigma \sin \frac{\alpha}{2} / \epsilon_0$

Ngoài góc α : $E = \sigma \cos \frac{\alpha}{2} / \epsilon_0$

7.5 Một bản phẳng rộng vô hạn được tích điện và đặt vào một điện trường đều. Biết cường độ điện trường tổng hợp ở bên trái và bên phải của bản là \vec{E}_1 , \vec{E}_2 hướng vuông góc với bản, độ lớn E_1 và E_2 . Hãy tính mật độ điện mặt σ của bản và lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản.



DS: $\sigma = \epsilon_0(E_1 + E_2)$; $F = \epsilon_0(E_2^2 - E_1^2)/2$

7.6 Tính cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều (mật độ điện dài λ) tại điểm cách dây đoạn r .

DS: $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$

7.7 Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau đoạn a , tích điện cùng dấu với mật độ điện dài λ

a) Xác định \vec{E} tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây, cách mặt phẳng chứa hai dây đoạn h .

b) Tính h để E cực đại và tính cực đại này.

DS: a) $\vec{E} \perp$ mặt phẳng chứa hai dây, $E = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \cdot \frac{h}{\left(h^2 + \frac{a^2}{4}\right)}$

b) $h = \frac{a}{2}$, $E_{\max} = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0 a}$

7.8 Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ và đặt trong không khí. Tính cường độ điện trường tại điểm cách tâm quả cầu đoạn r (trong và ngoài quả cầu).

DS: $r < R$: $E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0} = k \frac{Qr}{R^3}$

$r \geq R$: $E = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r^2} = k \frac{Q}{r^2}$

7.9 Bên trong một quả cầu mang điện với mật độ điện khối ρ có một lỗ hổng hình cầu. Xác định điện trường tại một điểm bất kì của lỗ hổng trong trường hợp:

a) Lỗ hổng có cùng tâm với quả cầu

b) Tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d

DS: a) 0

b) $\vec{E} = \frac{4}{3} \pi \cdot k \cdot \rho \cdot \vec{d}$; $\vec{d} = \vec{O_1O_2}$

7.10 Một vỏ cầu bán kính trong R_1 , bán kính ngoài R_2 mang điện tích Q phân bố đều theo thể tích. Tính cường độ điện trường tại nơi cách tâm quả cầu đoạn r .

§3. ĐIỆN THẾ và HIỆU ĐIỆN THẾ

A - TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Điện thế – Hiệu điện thế

– Điện thế tại một điểm M trong điện trường được tính theo công thức :

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q} \quad \left\{ \begin{array}{l} A : \text{jun (J)} \\ q : \text{culông (C)} \\ V : \text{vôn (V)} \end{array} \right.$$

$\left\{ \begin{array}{l} A_{M\infty} : \text{công của lực điện trường khi điện tích } q \text{ di chuyển từ } M \text{ tới rất xa (vô cực).} \\ V_{\infty} = 0 \end{array} \right.$

– Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường : được tính bởi :

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \quad \left\{ \begin{array}{l} U : \text{vôn (V)} \end{array} \right.$$

$\left\{ \begin{array}{l} A_{MN} : \text{công của lực điện trường khi điện tích } q \text{ di chuyển từ } M \text{ đến } N. \end{array} \right.$

CHÚ Ý :

- Lực điện trường là *lực thế*. Thật vậy, có thể chứng minh được A_{MN} không phụ thuộc dạng đường đi của điện tích q từ M đến N .
- Khi điện tích q di chuyển từ M đến N dưới tác dụng của *lực điện trường* \vec{F} và lực ngoài \vec{F}' mà các vận tốc đầu, cuối $v_M = v_N = 0$. Ta có :

$$A' = -A$$

II. Điện thế tạo bởi điện tích điểm

$$V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q}{r} \quad (V_{\infty} = 0)$$

(r : khoảng cách từ điện tích điểm đến điểm khảo sát).

CHÚ Ý :

Công thức trên cũng áp dụng được cho quả cầu tích điện q phân bố đều với các khoảng cách r thỏa điều kiện :

$$r \geq a \quad (a : \text{bán kính quả cầu}).$$

III. Sự chồng chất điện thế

Nếu các điện tích q_1, q_2, \dots gây ra tại điểm M các điện thế V_1, V_2, \dots thì điện thế toàn phần gây ra bởi hệ điện tích được tính bởi:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i$$

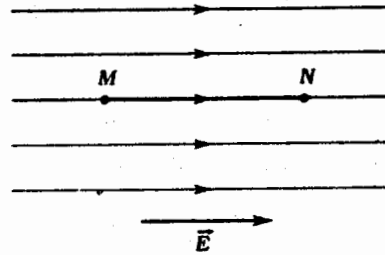
IV. Thế năng tĩnh điện

Thế năng của điện tích q đặt trong điện trường tại điểm có điện thế V được cho bởi :

$$W_t = qV \quad \left\{ \begin{array}{l} q : \text{culông (C)} \\ V : \text{vôn (V)} \\ W : \text{jun (J)} \end{array} \right.$$

V. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

$$U_{MN} = Ed$$



- * M, N : hai điểm trên cùng một đường sức
- * \vec{E} : cường độ điện trường của điện trường đều

Bài toán 8

Tính công của các lực tác dụng khi điện tích di chuyển.

Tính điện thế và hiệu điện thế.

– Điện thế gây ra bởi điện tích điểm được tính theo công thức :

$$V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q}{r} \quad (\epsilon : \text{hằng số điện môi})$$

– Điện thế gây ra bởi hệ điện tích điểm được tính bởi :

$$V = \sum V_i$$

– Tính công của lực điện trường theo công thức :

$$A = qU$$

– Tính công của lực ngoài theo công thức :

$$A' = -A.$$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

8.1 Một quả cầu kim loại bán kính 4cm tích điện dương. Để di chuyển điện tích $q = 10^{-9}C$ từ vô cùng đến M cách mặt hình cầu 20cm, người ta cần thực hiện một công $A' = 5.10^{-7}J$. Tính điện thế trên mặt quả cầu do điện tích của quả cầu gây nên.

GIẢI

– Khi q chuyển động, q chịu tác dụng của lực ngoài và lực cản của điện trường của quả cầu. Gọi A là công lực điện trường của quả cầu sinh ra khi q di chuyển, ta có :

$$A = -A' = -5.10^{-7}J$$

$$- \text{Ta lại có : } A = q(V_{\infty} - V_M) = -q \cdot V_M$$

Điện thế tại M do quả cầu sinh ra là :

$$V_M = -\frac{A}{q} = \frac{5.10^{-7}}{10^{-9}} = 500V$$

Đặt Q là điện tích của quả cầu và O là tâm quả cầu, ta có :

$$V_M = k \cdot \frac{Q}{OM}$$

$$\text{Suy ra : } Q = \frac{V_M \cdot OM}{k} = \frac{500 \cdot 0,24}{9.10^9} = \frac{40}{3} \cdot 10^{-9}C$$

Vậy điện thế trên mặt quả cầu do Q gây nên là

$$V = k \frac{Q}{R} = 9.10^9 \cdot \frac{\frac{40}{3} \cdot 10^{-9}}{0,04} = 3000V$$

8.2 Tại A, B trong không khí, $AB = 8\text{cm}$, người ta lần lượt đặt hai điện tích điểm $q_1 = 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -10^{-8}\text{C}$.

a) Tính điện thế tại O trung điểm AB và tại M với $MA \perp AB$, $MA = 6\text{cm}$.

b) Tính công của lực điện trường khi điện tích $q = -10^{-9}\text{C}$ di chuyển từ O đến M theo quỹ đạo là một nửa đường tròn đường kính OM

GIẢI

a) Điện thế tại O

Điện thế tại một điểm sẽ là tổng hợp của hai điện thế do hai điện tích q_1 , q_2 gây nên.

Điện thế tại O :

$$V_o = V_{1.o} + V_{2.o} = k \frac{q_1}{AO} + k \frac{q_2}{BO}$$

Vì $AO = BO$, $q_1 = -q_2$ nên $V_o = 0$.

Điện thế tại M :

$$V_M = V_{1.M} + V_{2.M} = k \frac{q_1}{AM} + k \frac{q_2}{BM}$$

$$\text{Với } BM = \sqrt{AB^2 + AM^2} = 10\text{cm}$$

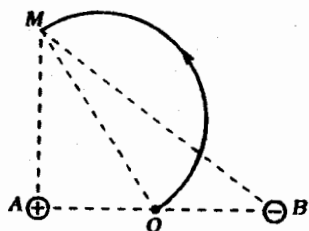
$$V_M = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-8}}{6 \cdot 10^{-2}} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-10^{-8})}{10 \cdot 10^{-2}} = 600\text{V}$$

b) Công của lực điện trường

Công lực điện trường của q_1 và q_2 thực hiện khi q di chuyển không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo của q :

$$A_{CM} = q(V_o - V_M)$$

$$= -10^{-9} (0 - 600) = 6 \cdot 10^{-7}\text{J}$$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

8.3 Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường

$$U_{MN} = 100\text{V}.$$

a) Tính công của lực điện trường khi một electron di chuyển từ M đến N.

b) Tính công cần thiết để di chuyển electron từ M đến N

$$\text{ĐS : a) } A = -1,6 \cdot 10^{-17}\text{J b) } A' = -A = 1,6 \cdot 10^{-17}\text{J}$$

8.4 Để di chuyển $q = 10^{-4}\text{C}$ từ rất xa vào điểm M của điện trường, cần thực hiện công $A' = 5 \cdot 10^{-6}\text{J}$. Tìm điện thế ở M (gốc điện thế ở ∞).

$$\text{ĐS : } V_M = 0,5\text{V}.$$

8.5 Khi bay qua 2 điểm M và N trong điện trường, electron tăng tốc, động năng tăng thêm 250eV ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$).

Tính U_{MN} .

$$\text{ĐS : } U_{MN} = -250\text{V}$$

8.6 Electron chuyển động không vận tốc đầu từ A đến B trong điện trường đều, $U_{BA} = 45,5\text{V}$. Tìm vận tốc electron tại B.

$$\text{ĐS : } v = 4 \cdot 10^6\text{m/s}.$$

8.7 Electron chuyển động quanh nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5 \cdot 10^{-9}\text{cm}$.

a) Tính điện thế tại một điểm trên quỹ đạo electron.

b) Khi electron chuyển động, điện trường của hạt nhân có sinh ra công không? Tại sao?

$$\text{ĐS : a) } 28,8\text{V b) Không}$$

8.8 Điện tích $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ đặt ở O trong không khí.

a) Cần thực hiện công A'_1 bao nhiêu để đưa $q = 4 \cdot 10^{-8} \text{C}$ từ M (cách Q đoạn $r_1 = 40 \text{cm}$) đến N (cách Q đoạn $r_2 = 25 \text{cm}$).

b) Cần thực hiện công A'_2 bao nhiêu để đưa q từ M chuyển động chậm ra xa vô cùng ($r_3 = \infty$).

$$DS: \quad a) A'_1 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{J} \quad b) A'_2 = -4,5 \cdot 10^{-6} \text{J}$$

8.9 Tính thế năng của hệ thống hai điện tích điểm q_1, q_2 cách nhau khoảng r trong chân không.

$$DS: \quad W_t = \frac{kq_1q_2}{r}$$

8.10 Hai điện tích $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{C}, q_2 = -3 \cdot 10^{-6} \text{C}$ cách nhau 20cm trong không khí. Di chuyển hai điện tích để chúng cách nhau 50cm. Năng lượng của hệ hai điện tích tăng hay giảm. Tính độ biến thiên năng lượng của hệ.

$$DS: \quad \Delta W = A' = -A = 0,16 \text{J} > 0.$$

8.11 Có thể tích điện cho một vật dẫn cô lập đến một điện thế tối đa là bao nhiêu khi chiếu vào vật một chùm tia electron, bay với vận tốc v ? Khối lượng m và điện tích e của electron coi như đã biết.

$$DS: \quad v = \frac{mv^2}{2e}$$

8.12 Electron ở cách proton đoạn $r = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{cm}$. Muốn electron thoát khỏi sức hút proton nó cần có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu?

$$DS: \quad v \geq \sqrt{2ke^2/mr} \approx 3,2 \cdot 10^6 \text{m/s}.$$

8.13 Trong nguyên tử hiđrô, electron chuyển động quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5 \cdot 10^{-9} \text{cm}$. Tính năng lượng cần cung cấp để ion hóa nguyên tử hiđrô (đưa electron ra xa vô cực).

$$DS: \quad W = ke^2/2R = 2,3 \cdot 10^{-18} \text{J} = 14,4 \text{eV}.$$

*8.14 Hai electron ban đầu ở rất xa nhau, chuyển động lại gần nhau. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng trong các trường hợp sau:

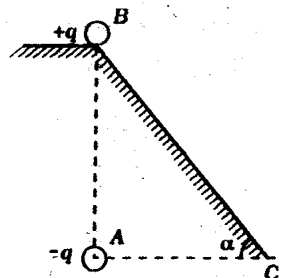
a) Electron I được giữ cố định, electron II bay đến electron I với vận tốc đầu v_0 .

b) Hai electron tự do, chuyển động về phía nhau với cùng vận tốc đầu v_0 .

c) Hai electron tự do, ban đầu electron I đứng yên, electron II bay đến electron I với vận tốc đầu v_0 .

$$DS: \quad a) r = 2ke^2/mv_0^2 \quad b) r = ke^2/mv_0^2 \quad c) r = 4ke^2/mv_0^2$$

*8.15 Quả cầu nhỏ khối lượng m mang điện tích $+q$ trượt không ma sát với $v_0 = 0$ từ đỉnh B có độ cao h của mặt phẳng nghiêng BC (góc nghiêng α). Tại đỉnh góc vuông A của tam giác vuông ABC có một điện tích $-q$.



Tính vận tốc quả cầu khi đến C. Định α để quả cầu có thể đến được C.

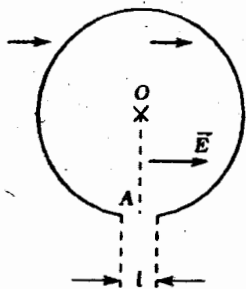
$$DS: \quad v^2 = 2[gh - (1 - \tan \alpha)kq^2/mh]$$

$$\tan \alpha \geq 1 - mgh^2/kq^2$$

*8.16 Hai quả cầu nhỏ tích điện giống nhau được nối bằng dây chiều dài $l = 5 \text{cm}$ và được treo bằng 2 dây cùng chiều dài trên vào

cùng một điểm. Sau khi dây nối 2 quả cầu bị đứt, chúng bắt đầu chuyển động với gia tốc $a = 40\text{m/s}^2$. Tính vận tốc các quả cầu khi chúng ở trên cùng một mức ngang với điểm treo.

$$DS: v = \sqrt{\sqrt{3}l(2a - 5g)/6} \approx 0,66\text{m/s}$$



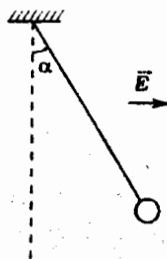
***8.17 Vòng dây mảnh khối lượng M tích điện đều điện tích q. Tại A trên vòng có một khe hở nhỏ chiều dài l. Vòng đặt trong mặt phẳng ngang và có thể quay quanh trục thẳng đứng qua O. Ban đầu vòng đứng yên. Đặt vòng vào một điện trường đều có \vec{E} song song với mặt phẳng vòng dây và vuông góc với OA. Tìm vận tốc cực đại của vòng dây.**

$$DS: v = \sqrt{qlE/\pi M}$$

***8.18 Quả cầu tích điện có khối lượng m = 1,5g được treo bằng một dây nhẹ cách điện trong một điện trường đều nằm ngang, dây treo nghiêng góc $\alpha = 30^\circ$**

Sau đó hướng của điện trường được đổi ngược một cách tức thời. Tìm lực căng của dây tại thời điểm dây treo nghiêng góc lớn nhất sau khi điện trường đổi chiều.

$$DS: T = \frac{mg\cos 2\alpha}{\cos \alpha} \approx 8,7 \cdot 10^{-3}\text{N}$$



8.19 Hai điện tích $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}\text{C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$ đặt tại 2 đỉnh A, D của hình chữ nhật ABCD, $AB = a = 30\text{cm}$, $AD = b = 40\text{cm}$

Tính :

a) Điện thế tại B, C.

b) Công của điện trường khi $q = 10^{-9}\text{C}$ di chuyển từ B đến C

$$DS: \text{ a) } V_B = 1,86 \cdot 10^5\text{V}, V_C = 1,5 \cdot 10^5\text{V}$$

$$\text{ b) } A_{BC} = 3,6 \cdot 10^{-5}\text{J}.$$

8.20 Hai điện tích $q_1 = 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = 4 \cdot 10^{-8}\text{C}$ đặt cách nhau 12cm trong không khí. Tính điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0

$$DS: 6750\text{V}.$$

8.21 Hai điện tích $q_1 = 3 \cdot 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -5 \cdot 10^{-8}\text{C}$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 8\text{cm}$. Tìm những điểm có điện thế bằng 0 :

a) Trên AB.

b) Trên đường vuông góc với AB tại A.

$$DS: \text{ a) } M : MA = 3\text{cm}, MB = 5\text{cm}; \\ N : NA = 12\text{cm}, NB = 20\text{cm}$$

$$\text{ b) } P : PA = 6\text{cm}.$$

8.22 Hai điện tích điểm q và -nq ($n > 1$) đặt tại A, B cách nhau đoạn a. Chứng minh rằng mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu. Tính bán kính R của mặt cầu và vị trí tâm O của mặt cầu. Áp dụng với $n = 2$, $a = 6\text{cm}$.

$$DS: R = na / (n^2 - 1); O \text{ trên AB, ngoài khoảng AB, gần A}$$

$$OA = a / (n^2 - 1); R = 4\text{cm}, OA = 2\text{cm}.$$

8.23 Tại 3 đỉnh tam giác đều ABC cạnh $a = 6\sqrt{3}\text{cm}$ trong không khí, lần lượt đặt 3 điện tích điểm $q_1 = -10^{-8}\text{C}$, $q_2 = q_3 = 10^{-8}\text{C}$

Tính :

a) Điện thế tại tâm O và tại trung điểm M của cạnh AB.

b) Công cần để di chuyển điện tích $q = -10^{-9}\text{C}$ từ O đến M.

$$DS: a) V_O = 1500\text{V}, V_M = 1000\text{V} b) A' = 5.10^{-7}\text{J}.$$

8.24 Tại 4 đỉnh ABCD của hình vuông cạnh $a = 20\text{cm}$ đặt lần lượt ba điện tích âm, một điện tích dương, độ lớn 7.10^{-8}C trong không khí. Tính điện thế tại tâm hình vuông. Lấy $\sqrt{2} \approx 1,4$.

$$DS: V_O = -9000\text{V}.$$

8.25 Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 10^{-8}\text{C}$ ban đầu ở rất xa nhau. Tính công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh $a = 3\text{cm}$ đặt trong không khí

$$DS: A' = 9.10^{-5}\text{J}$$

***8.26** Chứng minh rằng thế năng của hệ n điện tích điểm trong

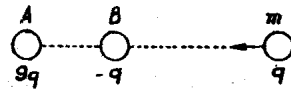
$$\text{không khí là } W_t = \sum_{i,j} k \cdot \frac{q_i q_j}{r_{ij}} \text{ (với } i < j \text{)}$$

***8.27** Ba electron ban đầu đứng yên ở ba đỉnh tam giác đều cạnh a , sau đó chúng chuyển động do lực tương tác tĩnh điện. Tìm vận tốc cực đại mỗi electron đạt được.

$$DS: v = e\sqrt{2k/ma}$$

***8.28** Hai điện tích $+9q$ và $-q$ được giữ chặt tại A, B trong chân không, $AB = a$. Một hạt khối lượng m , điện tích q chuyển động dọc theo đường AB như hình bên. Tìm vận tốc của m khi ở rất xa A, B để nó có thể chuyển động đến B

$$DS: v \geq \sqrt{8kq^2/ma}$$



***8.29** Hai hạt prôtôn và hai hạt pôzitron ban đầu nằm yên xen kẽ nhau ở các đỉnh của một hình vuông, sau đó bay ra xa nhau. Biết tỉ số khối lượng của chúng $\frac{M}{m} = 2000$, còn điện tích thì giống nhau. Coi

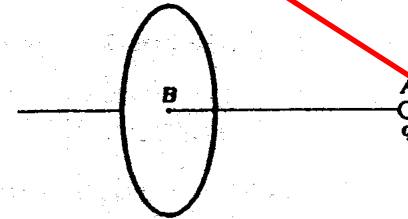
rằng khi bắt đầu chuyển động tự do, các hạt pôzitron sẽ bay ra xa vô cực rất nhanh, sau đó các prôtôn mới tách xa nhau. Tính tỉ số vận tốc pôzitron và prôtôn khi đã bay xa nhau ra vô cực.

$$DS: \sqrt{(4\sqrt{2} + 1)M/m} \approx 115$$

***8.30** Vòng dây tròn bán kính R tích điện đều với điện tích Q. Tính điện thế tại M trên trục vòng dây, cách tâm một đoạn h.

$$DS: V_M = Q/4\pi\epsilon_0\epsilon \sqrt{R^2 + h^2}$$

***8.31** Vòng dây bán kính R tích điện Q phân bố đều, đặt trong không khí. Điện tích điểm q cùng dấu với Q từ A trên trục vòng chuyển động đến tâm B của vòng, $AB = d$. Tìm vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua được vòng dây. Khối lượng q là m.



$$DS: v_0^2 = \frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right)$$

Bài toán 9

Điện thế của vật dẫn tích điện

Áp dụng các công thức về điện thế, bảo toàn điện tích,...
Để ý các điểm sau :

- Vật dẫn là vật đẳng thế.
- Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật dẫn.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

9.1 Hai quả cầu kim loại bán kính R_1, R_2 lần lượt được tích các điện tích q_1, q_2 và đặt ở hai nơi xa nhau trong không khí. Điện thế của mỗi quả cầu là V_1, V_2 . Hỏi khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn, electron sẽ chuyển động từ quả cầu nào sang quả cầu nào? Xét các trường hợp:

- a) $R_1 > R_2 ; q_1 = q_2 > 0$.
- b) $R_1 > R_2 ; V_1 = V_2$. So sánh q_1 và q_2 .
- c) $q_1 > 0 ; q_2 < 0$.

GIẢI

Quả cầu cô lập là một vật đẳng thế. Điện tích sẽ nằm ở bề mặt quả cầu. Điện thế của quả cầu là:

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

Khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn, các điện tích sẽ di chuyển từ quả cầu này sang quả cầu kia nếu điện thế hai quả cầu khác nhau. Electron mang điện tích âm sẽ di chuyển từ quả cầu có điện thế thấp đến quả cầu có điện thế cao.

a) Trường hợp 1 ($R_1 > R_2, q_1 = q_2$)

Điện thế $V_1 = k \frac{q_1}{R_1} < k \frac{q_2}{R_2}$

Electron di chuyển từ quả cầu (I) sang quả cầu (II).

b) Trường hợp 2 ($R_1 > R_2, V_1 = V_2$)

Điện thế $V_1 = k \frac{q_1}{R_1} = V_2 = k \frac{q_2}{R_2}$

Các electron không di chuyển

Điện tích q_1, q_2 cùng dấu và $|q_1| > |q_2|$

c) Trường hợp 3 ($q_1 > 0, q_2 < 0$)

Điện thế $V_1 = k \frac{q_1}{R_1} > 0, V_2 = k \frac{q_2}{R_2} < 0$.

$V_1 > V_2$ và electron di chuyển từ quả cầu (II) sang quả cầu (I)

CHÚ Ý: Các electron sẽ di chuyển cho đến khi nào điện thế hai quả cầu bằng nhau thì ngừng, không di chuyển nữa.

9.2 Hai quả cầu kim loại đặt xa nhau. Quả cầu (I) có bán kính $R_1 = 5\text{cm}$ và được tích điện $q_1 = 6 \cdot 10^{-9}\text{C}$; quả cầu (II): $R_2 = 15\text{cm}, q_2 = -2 \cdot 10^{-9}\text{C}$. Nối hai quả cầu bằng một dây dẫn mảnh. Tìm điện tích trên mỗi quả cầu sau đó và điện lượng đã chạy qua dây nối.

GIẢI

Gọi điện thế của mỗi quả cầu lúc ban đầu là V_1, V_2 .

$$V_1 = k \frac{q_1}{R_1}; V_2 = k \frac{q_2}{R_2}$$

Vì $V_1 \neq V_2$ nên khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn, các điện tích sẽ di chuyển từ quả cầu này sang quả cầu kia cho tới khi điện thế hai quả cầu bằng nhau.

– Gọi điện tích và điện thế của các quả cầu sau khi nối dây là q'_1, q'_2, V'_1, V'_2

Ta có: $V'_1 = V'_2$

$$k \frac{q_1}{R_1} = k \frac{q_2}{R_2}$$

Suy ra :
$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3} \quad (1)$$

Theo định luật bảo toàn điện tích :

$$q_1' + q_2' = q_1 + q_2 = 4 \cdot 10^{-9} \text{C} \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (1) và (2), ta suy ra

$$q_1' = 10^{-9} \text{C} ; q_2' = 3 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

– Điện lượng đã chạy qua dây nối :

$$\Delta q = |q_1' - q_1| = |q_2' - q_2| = 5 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

9.3 Hai quả cầu kim loại nhỏ có bán kính $R_1 = 3R_2$ đặt cách nhau đoạn $r = 2\text{cm}$ trong không khí, hút nhau bằng lực $F = 27 \cdot 10^{-3} \text{N}$. Nối hai quả cầu bằng dây dẫn. Khi bỏ dây nối chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 6,75 \cdot 10^{-3} \text{N}$. Tìm điện tích lúc đầu của các quả cầu.

$$DS: \begin{cases} q_1 = 6 \cdot 10^{-8} \text{C} , q_2 = -2 \cdot 10^{-8} \text{C} \text{ hoặc ngược lại} \\ q_1 = -6 \cdot 10^{-8} \text{C} , q_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{C} \text{ hoặc ngược lại} \end{cases}$$

9.4 Có n giọt thủy ngân hình cầu giống nhau được tích điện, điện thế bề mặt mỗi quả cầu là V_0 . Nhập các giọt này thành một giọt hình cầu lớn. Tìm điện thế trên mặt giọt lớn này.

$$DS: V = \sqrt[3]{n^2} \cdot V_0$$

Bài toán 10

Tính các đại lượng dựa vào mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

– Điện trường đều :

• Áp dụng công thức :
$$E = \frac{U}{d}$$

(U : hiệu điện thế giữa hai điểm cách nhau đoạn d trên cùng một đường sức.)

• \vec{E} hướng từ nơi điện thế cao đến nơi điện thế thấp

– Điện trường không đều :

• Xác định *mặt đẳng thế* (quỹ tích những điểm có cùng điện thế).

• \vec{E} có phương vuông góc với mặt đẳng thế qua điểm đang xét, hướng theo chiều *điện thế giảm* và có giá trị xác định bởi :

$$E = - \frac{\Delta V}{\Delta n}$$

(\vec{n} : vectơ pháp tuyến với mặt đẳng thế, hướng về phía điện thế giảm).

• BÀI TẬP THÍ DỤ

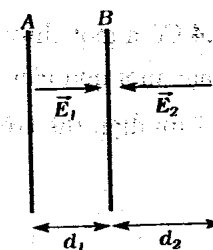
10.1 Cho ba bản kim loại phẳng

A, B, C đặt song song

như hình vẽ, $d_1 = 5\text{cm}$,

$d_2 = 8\text{cm}$. Các bản được

tích điện và điện trường giữa các bản là đều, có chiều



như hình vẽ với độ lớn : $E_1 = 4.10^4 \text{V/m}$, $E_2 = 5.10^4 \text{V/m}$.
 Chọn gốc điện thế tại bản A, tìm điện thế V_B , V_C của hai bản B, C

GIẢI

- Vì \vec{E}_1 hướng từ A đến B, ta có : $U_{AB} = V_A - V_B = E_1 \cdot d_1$

Gốc điện thế tại bản A : $V_A = 0$

Suy ra : $V_B = V_A - E_1 d_1 = 0 - 4.10^4 \cdot 5.10^{-2} = -2000 \text{V}$

- Vì \vec{E}_2 hướng từ C đến B, ta có $U_{CB} = V_C - V_B = E_2 d_2$

Suy ra : $V_C = V_B + E_2 d_2 = -2000 + 5.10^4 \cdot 8.10^{-2} = 2000 \text{V}$

10.2 Ba điểm A, B, C tạo thành một tam giác vuông tại C;

AC = 4cm; BC = 3cm và nằm trong một điện trường đều.

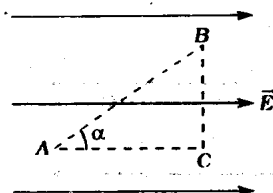
Vectơ cường độ điện trường

\vec{E} song song với AC, hướng từ A đến C và có độ lớn

$E = 5000 \text{V/m}$. Tính :

a) U_{AC} , U_{CB} , U_{AB} .

b) Công của điện trường khi một electron di chuyển từ A đến B.



GIẢI

a) Các hiệu điện thế

Vì \vec{E} hướng từ A đến C, ta có :

$$U_{AC} = E \cdot AC = 5000 \cdot 0,04 = 200 \text{V}$$

Giả sử có một điện tích q di chuyển từ C đến B, ta có :

$$U_{CB} = \frac{A_{CB}}{q}$$

Trên đoạn đường CB, lực điện trường $\vec{F} = q\vec{E}$ vuông góc với CB nên công của lực điện trường $A_{CB} = 0$. Ta suy ra $U_{CB} = 0$

Tổng quát, các điểm nằm trên một mặt vuông góc với các đường sức điện trường sẽ có điện thế bằng nhau. Hiệu điện thế giữa hai điểm trên mặt này bằng 0. Mặt vuông góc với đường sức điện trường là *mặt đẳng thế*.

Ta có : $U_{AB} = V_A - V_B = (V_A - V_C) + (V_C - V_B)$

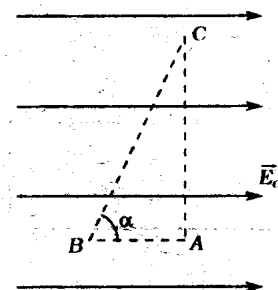
$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = U_{AC} = 200 \text{V}$$

b) Công của lực điện trường

Công của lực điện trường khi electron di chuyển từ A đến B

$$A_{AB} = -e \cdot U_{AB} = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200 = -3,2 \cdot 10^{-17} \text{J}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP



10.3 Tam giác ABC vuông tại A được đặt trong điện trường đều \vec{E}_0 , $\alpha = \widehat{ABC} = 60^\circ$, $AB \parallel \vec{E}_0$.

Biết BC = 6cm, $U_{BC} = 120 \text{V}$

a) Tìm U_{AC} , U_{BA} và cường độ điện trường E_0 .

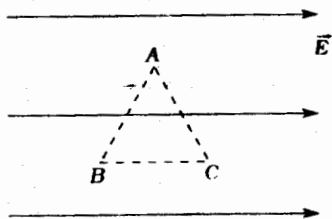
b) Đặt thêm ở C điện tích điểm q = 9.10^{-10}C .

Tìm cường độ điện trường tổng hợp ở A.

ĐS: a) $U_{AC} = 0$, $U_{BA} = 120 \text{V}$, $E_0 = 4000 \text{V/m}$

b) $E = 5000 \text{V/m}$

10.4 Điện tích $q = 10^{-8} \text{C}$ di chuyển dọc theo các cạnh của tam giác đều ABC cạnh $a = 10 \text{cm}$ trong điện trường đều cường độ điện trường là :



$E = 300 \text{V/m}$, $\vec{E} \parallel BC$. Tính công của lực điện trường khi q di chuyển trên mỗi cạnh tam giác.

$$DS: A_{AB} = -1,5 \cdot 10^{-7} \text{J},$$

$$A_{BC} = 3 \cdot 10^{-7} \text{J}$$

$$A_{CA} = -1,5 \cdot 10^{-7} \text{J}.$$

*10.5 Mặt phẳng diện tích S tích điện q phân bố đều. Hai tấm kim loại có cùng diện tích S đặt 2 bên mặt q cách mặt q những đoạn nhỏ l_1, l_2 . Tìm hiệu điện thế giữa 2 tấm kim loại.

$$DS: U_{12} = q(l_2 - l_1) / 2\epsilon_0 S$$

*10.6 Hai mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều trái dấu nhau, mật độ điện mặt $\pm \sigma$. Chọn gốc điện thế ở bản tích điện âm, trục Ox hướng vuông góc từ bản âm sang bản dương. Tính điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản.

$$DS: V = E \cdot x = \frac{\sigma}{\epsilon_0} x$$

*10.7 Hai bản kim loại phẳng đặt song song cách nhau $d = 10 \text{cm}$ được tích điện trái dấu và cùng độ lớn. Một thanh điện môi chiều dài $l = 1 \text{cm}$ nằm dọc theo một đường sức, hai đầu thanh có 2 điện tích điểm cùng độ lớn $q = 10^{-11} \text{C}$ nhưng trái dấu. Khi quay thanh góc 90° quanh trục qua một điểm trên thanh để thanh vuông góc với đường sức, cần thực hiện công $A' = 3 \cdot 10^{-10} \text{J}$. Tính hiệu điện thế giữa 2 bản kim loại.

$$DS: U = A'd / ql = 300 \text{V}$$

*10.8 Một vật dẫn tích điện phân bố đều trên bề mặt với mật độ điện mặt σ . Tính cường độ điện trường tại một điểm ở sát mặt ngoài của vật dẫn.

$$DS: E = \sigma / \epsilon_0.$$

*10.9 Một quả cầu kim loại bán kính R được tích điện q phân bố đều trên bề mặt. Tính điện thế tại một điểm cách tâm quả cầu đoạn r .

$$DS: r \leq R: V = k \frac{q}{R}; r \geq R: V = k \frac{q}{r}$$

*10.10 Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ . Tính điện thế tại điểm cách tâm quả cầu một đoạn r .

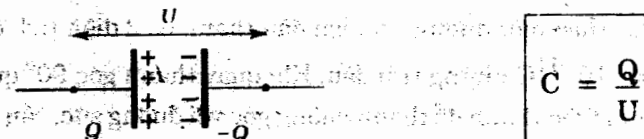
*10.11 Một điện tích điểm q đặt cách tâm một quả cầu kim loại không tích điện một đoạn R . Tính điện thế của quả cầu.

S4 TỤ ĐIỆN

A - TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Điện dung của tụ điện

1 - Định nghĩa - Đơn vị



Trong hệ SI : đơn vị điện dung là fara (F)

Các đơn vị ước thường dùng :

* microfara (μF) : $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$

* nanofara : (nF) : $1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$

* picofara : (pF) : $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$

2- Điện dung của tụ điện phẳng

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d} \quad \left\{ \begin{array}{l} S : \text{mét vuông (m}^2\text{)} \\ d : \text{mét (m)} \\ C : \text{fara (F)} \end{array} \right.$$

S : diện tích đối diện của hai bản

d : khoảng cách giữa hai bản

ϵ : hằng số điện môi.

3 – Điện dung của vật dẫn cô lập

$$C = \frac{Q}{V} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q : \text{điện tích của vật dẫn} \\ V : \text{điện thế của vật dẫn} \end{array} \right.$$

II. Năng lượng của tụ điện

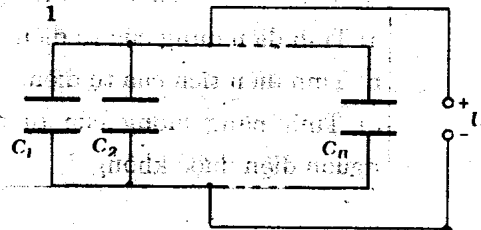
$$W = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Q : culông (C)
C : fara (F)
U : vôn (V)
W : jun (J)

III. Ghép tụ điện

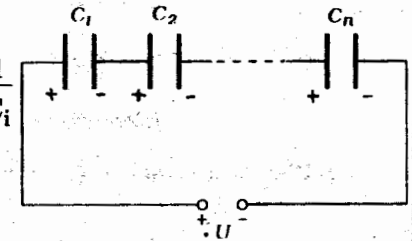
1. Ghép song song

$$C_{\text{bộ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$$



2. Ghép nối tiếp

$$\frac{1}{C_{\text{bộ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$



B. HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 11

Tính điện dung, điện tích, hiệu điện thế và năng lượng của tụ điện.

– Áp dụng các công thức liên hệ về điện dung, điện tích, năng lượng.

– Để ý các điều kiện sau :

Nối tụ điện vào nguồn : $U = \text{const}$

Ngắt tụ điện khỏi nguồn : $Q = \text{const}$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

11.1 Tụ điện phẳng gồm hai bản tụ hình vuông cạnh $a = 20\text{cm}$ đặt cách nhau $d = 1\text{cm}$, chất điện môi giữa hai bản là thủy tinh có $\epsilon = 6$. Hiệu điện thế giữa hai bản $U = 50\text{V}$

a) Tính điện dung của tụ điện.

b) Tính điện tích của tụ điện.

c) Tính năng lượng của tụ điện. Tụ điện có dùng làm nguồn điện được không ?

GIẢI

a) Điện dung của tụ điện :

$$C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon S}{d} = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon a^2}{d}$$

$$= \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \cdot \frac{6 \cdot 0,04}{0,01} = 212,4 \cdot 10^{-12} F = 212,4 pF$$

b) Điện tích của tụ điện :

$$Q = C.U = 10,62 \cdot 10^{-9} C \approx 10,6 nC$$

c) Năng lượng của tụ điện :

$$W = \frac{1}{2} \cdot Q.U = 265,5 \cdot 10^{-9} J \approx 266 nJ$$

Khi tụ điện phóng điện, tụ điện sẽ tạo thành dòng điện. Tuy nhiên thời gian phóng điện của tụ rất ngắn, nên tụ không thể dùng làm nguồn điện được. Dòng điện do nguồn điện sinh ra phải tồn tại ổn định trong một thời gian khá dài.

11.2 Tính điện dung của quả cầu dẫn điện. Biết quả cầu có bán kính R và đặt trong chất điện môi có hằng số điện môi ϵ .

GIẢI

Khi quả cầu được tích điện Q, điện tích sẽ phân bố đều trên mặt quả cầu. Điện thế của quả cầu được tính bằng công thức :

$$V = k \cdot \frac{Q}{\epsilon R}$$

Điện dung của quả cầu là :

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{\epsilon R}{k} = 4\pi \epsilon_0 \epsilon R$$

11.3 Tụ phẳng không khí có điện dung $C = 500 pF$ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 300V$.

a) Tính điện tích Q của tụ điện.

b) Ngắt tụ điện khỏi nguồn. Nhúng tụ điện vào chất điện môi lỏng có $\epsilon = 2$. Tính điện dung C_1 , điện tích Q_1 và hiệu điện thế U_1 của tụ lúc đó.

c) Vẫn nối tụ điện với nguồn. Nhúng tụ điện vào chất điện môi lỏng $\epsilon = 2$. Tính C_2 , Q_2 , U_2 của tụ.

GIẢI

a) Điện tích của tụ :

$$Q = C.U = 150000 pC = 150 \cdot 10^{-9} C = 150 nC$$

b) Điện dung, điện tích, hiệu điện thế của tụ trường hợp 1.

$$\text{– Khi đặt trong không khí : } C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d}$$

$$\text{– Khi đặt trong điện môi : } C_1 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon S}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{C_1}{C} = \epsilon$$

$$\text{Vậy } C_1 = \epsilon \cdot C = 1000 pF$$

Ban đầu tụ điện đặt trong không khí và được tích điện. Sau đó tụ được ngắt khỏi nguồn, các bản tụ trở thành các vật dẫn cô lập về điện. Do đó, khi đưa tụ vào chất điện môi, điện tích của các bản tụ không đổi và điện tích của tụ không đổi.

$$Q_1 = Q = 150 \cdot 10^{-9} C = 150 nC$$

Hiệu điện thế của tụ :

- Khi đặt trong không khí : $U = \frac{Q}{C}$

- Khi đặt trong điện môi : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1}$

$$\Rightarrow \frac{U_1}{U} = \frac{Q_1}{Q} \cdot \frac{C}{C_1}$$

Vì $C_1 = \epsilon C$, $Q_1 = Q$ nên :

$$U_1 = \frac{U}{\epsilon} = 150V$$

c) Điện dung, điện tích, hiệu điện thế của tụ trường hợp 2 :

Tương tự câu b, ta có : $C_2 = \epsilon C = 1000pF$

Khi đưa tụ vào chất điện môi, ta vẫn nối tụ với nguồn, hiệu điện thế của tụ vẫn bằng hiệu điện thế của nguồn

$$U_2 = U = 300V$$

Điện tích của tụ :

- Khi đặt trong không khí : $Q = C.U$

- Khi đặt trong điện môi : $Q_2 = C_2 U_2$

$$\Rightarrow \frac{Q_2}{Q} = \frac{C_2}{C} \cdot \frac{U_2}{U}$$

Vì $C_2 = \epsilon C$, $U_2 = U$ nên :

$$Q_2 = \epsilon \cdot Q = 300 \cdot 10^{-9}C = 300nC$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

11.4 Tụ phẳng có các bản hình tròn bán kính 10cm khoảng cách và hiệu điện thế hai bản là 1cm, 108V. Giữa 2 bản là không khí. Tìm điện tích của tụ điện.

$$DS : 3.10^{-9}C$$

11.5 Quả cầu điện dung $C = 50 pF$ tích điện ở hiệu điện thế $U = 180V$. Tính điện tích và bán kính quả cầu.

$$DS : Q = 9.10^{-9}C, R = 45cm.$$

11.6 Quả cầu điện dung $C_1 = 0,2\mu F$ tích điện tích $Q = 5.10^{-7}C$. Nối quả cầu này với một quả cầu ở xa không tích điện, điện dung $C_2 = 0,3\mu F$ bằng dây dẫn mảnh. Tính điện tích mỗi quả cầu sau khi nối.

$$DS : Q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} Q = 2.10^{-7}C, Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 3.10^{-7}C$$

11.7 Tụ phẳng không khí điện dung $C = 2pF$ được tích điện ở hiệu điện thế $U = 600V$.

a) Tính điện tích Q của tụ.

b) Ngắt tụ khỏi nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2. Tính C_1 , Q_1 , U_1 của tụ.

c) Vẫn nối tụ với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2. Tính C_2 , Q_2 , U_2 của tụ.

$$DS : a) Q = 1,2.10^{-9}C$$

$$b) C_1 = 1pF, Q_1 = 1,2.10^{-9}C$$

$$U_1 = 1.200V.$$

$$c) C_2 = 1pF, Q_2 = 0,6.10^{-9}C, U_2 = 600V$$

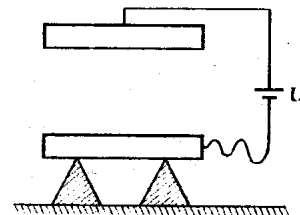
***11.8** Hai quả cầu dẫn điện bán kính R_1, R_2 đặt xa nhau và nối với các bản của tụ điện có điện dung C . Ban đầu cả hệ thống đều chưa nhiễm điện. Sau đó người ta truyền cho quả cầu bán kính R_1 một điện tích Q . Hãy tính điện tích trên quả cầu R_2 . Bỏ qua điện dung của dây nối.

$$DS: q = \frac{Q}{1 + R_1 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{kC} \right)}$$

***11.9** Một tụ điện cầu được tạo bởi một quả cầu bán kính R_1 và vỏ cầu bán kính R_2 ($R_1 < R_2$). Tính điện dung của tụ.

$$DS: C = \frac{R_1 R_2}{k(R_2 - R_1)} = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

***11.10** Tụ phẳng không khí, điện tích mỗi bản S , khoảng cách d nối với nguồn U . Bản trên của tụ được giữ cố định, bản dưới có bề dày h , khối lượng riêng D đặt trên đế cách điện. Biết bản tụ dưới không nén lên đế. Tính U .



$$DS: U = d \sqrt{2Dgh/\epsilon_0}$$

Bài toán 12

Ghép các tụ điện chưa tích điện trước

Đặt điện dung, hiệu điện thế và điện tích của bộ tụ điện là C, U, Q .

Đặc điểm của bộ tụ ghép song song

$$\begin{cases} U = U_1 = U_2 = \dots \\ Q = Q_1 + Q_2 + \dots = \sum Q_i \\ C = C_1 + C_2 + \dots = \sum C_i \end{cases}$$

Đặc điểm của bộ tụ ghép nối tiếp

$$\begin{cases} U = U_1 + U_2 + \dots = \sum U_i \\ Q = Q_1 = Q_2 = \dots \\ \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots = \sum \frac{1}{C_i} \end{cases}$$

Nếu chỉ có hai tụ điện C_1, C_2 ta có: $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

BÀI TẬP THÍ DỤ

12.1 Cho bộ tụ mắc như hình vẽ.

$$C_1 = 1\mu F, C_2 = 3\mu F,$$

$$C_3 = 6\mu F, C_4 = 4\mu F,$$

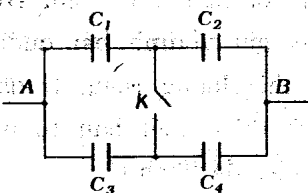
$$U_{AB} = 20V. \text{ Tính điện dung}$$

bộ tụ, điện tích và hiệu điện

thế mỗi tụ, nếu:

a) K mở

b) K đóng.



GIẢI

a) Trường hợp K mở:

(C_1 nối tiếp C_2) song song (C_3 nối tiếp C_4)

Điện dung tương đương:

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 0,75\mu F$$

$$C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = 2,4 \mu F$$

$$C = C_{12} + C_{34} = 3,15 \mu F$$

Điện tích các tụ :

$$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} \cdot U_{AB} = 15 \mu C$$

$$Q_3 = Q_4 = Q_{34} = C_{34} U_{AB} = 48 \mu C$$

Hiệu điện thế mỗi tụ :

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 15V$$

$$U_2 = U_{AB} - U_1 = 5V$$

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 8V$$

$$U_4 = U_{AB} - U_3 = 12V$$

b) Trường hợp K đóng :

$$(C_1 // C_3) \text{ nt } (C_2 // C_4)$$

Điện dung tương đương :

$$C_{13} = C_1 + C_3 = 7 \mu F$$

$$C_{24} = C_2 + C_4 = 7 \mu F$$

$$C_{td} = \frac{C_{13} C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = 3,5 \mu F$$

Điện tích :

$$Q_{13} = Q_{24} = Q_{td} = C_{td} \cdot U_{AB} = 70 \mu C$$

Hiệu điện thế mỗi tụ :

$$U_1 = U_3 = U_{13} = \frac{Q_{13}}{C_{13}} = 10V$$

$$U_2 = U_4 = U_{24} = \frac{Q_{24}}{C_{24}} = 10V$$

Điện tích mỗi tụ :

$$Q_1 = C_1 \cdot U_1 = 10 \mu C$$

$$Q_2 = C_2 \cdot U_2 = 30 \mu C$$

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3 = 60 \mu C$$

$$Q_4 = C_4 \cdot U_4 = 40 \mu C$$

- 12.2 Tụ phẳng không khí, bản tụ hình tròn bán kính $R = 48\text{cm}$ cách nhau đoạn $d = 4\text{cm}$. Nối tụ với hiệu điện thế $U = 100V$.
- a) Tìm điện dung và điện tích của tụ, cường độ điện trường giữa 2 bản tụ.
- b) Ngắt tụ khỏi nguồn rồi đưa vào khoảng giữa 2 bản một tấm kim loại chiều dày $l = 2\text{cm}$. Tìm điện dung và hiệu điện thế tụ. Kết quả thế nào nếu tấm kim loại rất mỏng ($l = 0$) ?
- c) Thay tấm kim loại bằng tấm điện môi chiều dày $l = 2\text{cm}$ hằng số điện môi $\epsilon = 7$. Tìm điện dung và hiệu điện thế của tụ.

GIẢI

a) Điện dung, điện tích, cường độ điện trường :

Điện dung của tụ phẳng trong không khí :

$$C_0 = \frac{1}{4\pi k} \frac{S}{d} = \frac{1}{4\pi k} \frac{\pi R^2}{d} = \frac{R^2}{4kd}$$

$$C_0 = \frac{(48 \cdot 10^{-2})^2}{4 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = 16 \cdot 10^{-11} F = 160 \text{pF}$$

Điện tích của tụ :

$$Q = C_0 \cdot U = 16 \cdot 10^{-9} \text{C} = 16 \text{nC}$$

Độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản tụ :

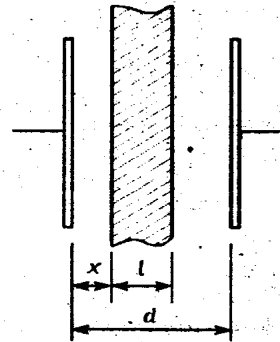
$$E = \frac{U}{d} = 2500 \text{V/m}$$

b) Tụ điện có tấm kim loại :

Ngắt tụ khỏi nguồn rồi đưa vào một tấm kim loại.

Gọi khoảng cách giữa một mặt của tấm kim loại đến bản tụ gần nó là x .

Mỗi mặt kim loại và một bản tụ tạo thành một tụ điện. Hệ thống tương đương với hai tụ điện C_1 và C_2 mắc nối tiếp mà khoảng cách giữa các bản mỗi tụ là x và $(d - l - x)$



GIẢI

Ta có : $C_1 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{x}$; $C_2 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - l - x}$

Gọi điện dung tương đương của tụ là C .

Ta có : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = 4\pi k \cdot \frac{x}{S} + 4\pi k \cdot \frac{d - l - x}{S}$

$$\frac{1}{C} = 4\pi k \cdot \frac{d - l}{S}$$

$$C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - l}$$

Suy ra : $\frac{C}{C_0} = \frac{d}{d - l}$

$$C = \frac{d}{d - l} \cdot C_0 = 320 \text{pF}$$

Do ta đã ngắt tụ khỏi nguồn trước khi đưa tấm kim loại vào nên điện tích của tụ điện là không đổi : $Q' = Q = 16 \cdot 10^{-9} \text{C}$

Hiệu điện thế của tụ :

$$U' = \frac{Q'}{C} = \frac{Q}{\frac{d}{d - l} \cdot C_0} = \frac{d - l}{d} \cdot U = 50 \text{V}$$

Nếu tấm kim loại rất mỏng : $l = 0$: $C = C_0$

Điện dung và hiệu điện thế của tụ sẽ có giá trị tính được như trong câu a

c) Tụ điện có tấm điện môi

Thay tấm kim loại bằng tấm điện môi.

Từ kết quả ở câu b, ta thấy : có thể áp vào hai bên mặt điện môi hai tấm kim loại thật mỏng mà điện dung của hệ không đổi. Hệ thống tương đương với ba tụ điện ghép nối tiếp : tụ C_1 có điện môi không khí, khoảng cách hai bản tụ là x ; tụ C_2 có điện môi ϵ , khoảng cách hai bản tụ là l ; tụ C_3 có điện môi không khí, khoảng cách hai bản tụ là : $d - l - x$

$$C_1 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{x} ; C_2 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon S}{l} ; C_3 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - l - x}$$

Gọi điện dung tương đương của tụ là C .

Ta có : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{4\pi k}{S} \left(x + \frac{l}{\epsilon} + d - l - x \right)$

$$C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - l \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)}$$

$$C = \frac{d}{d - l \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)} \cdot C_0 = 280 \text{ pF}$$

Hiệu điện thế của tụ :

$$U' = \frac{Q'}{C} = \frac{Q}{C} = \frac{d - l \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)}{d} \cdot U \approx 57 \text{ V}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

12.3 Tính điện dung tương đương, điện tích và hiệu điện thế trong mỗi tụ trong các trường hợp sau :

a) $C_1 = 2\mu\text{F}, C_2 = 4\mu\text{F}, C_3 = 6\mu\text{F}$
 $U = 100 \text{ V}$

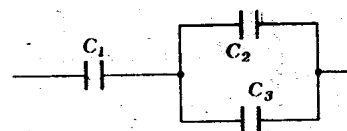
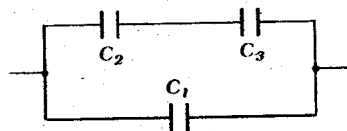
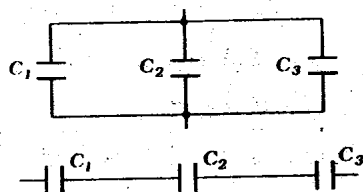
b) $C_1 = 1\mu\text{F}, C_2 = 1,5\mu\text{F}, C_3 = 3\mu\text{F}$
 $U = 120 \text{ V}$

c) $C_1 = 0,25\mu\text{F}, C_2 = 1\mu\text{F}, C_3 = 3\mu\text{F}$
 $U = 12 \text{ V}$

d) $C_1 = C_2 = 2\mu\text{F}, C_3 = 1\mu\text{F}$,
 $U = 10 \text{ V}$

ĐS : a) $C = 12\mu\text{F}, U_1 = U_2 = U_3 = 100 \text{ V}$

$$Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}, Q_2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}, Q_3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$



b) $C = 0,5\mu\text{F}, Q_1 = Q_2 = Q_3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C},$

$$U_1 = 60 \text{ V}, U_2 = 40 \text{ V}, U_3 = 20 \text{ V}.$$

c) $C = 1\mu\text{F}, Q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C},$

$$Q_2 = Q_3 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ C}, U_1 = 12 \text{ V}, U_2 = 9 \text{ V}, U_3 = 3 \text{ V}.$$

d) $C = 1,2\mu\text{F}, Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}, Q_2 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C},$

$$Q_3 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}, U_1 = 6 \text{ V}, U_2 = U_3 = 4 \text{ V}.$$

12.4 Hai tụ không khí phẳng $C_1 = 0,2\mu\text{F}, C_2 = 0,4\mu\text{F}$ mắc song song. Bộ tụ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 450 \text{ V}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó lắp dây khoảng giữa 2 bản C_2 bằng điện môi $\epsilon = 2$. Tính hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ.

ĐS : $270 \text{ V}; 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}; 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

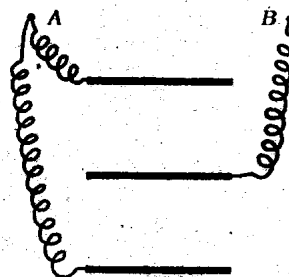
12.5 Hai tụ không khí phẳng có $C_1 = 2C_2$, mắc nối tiếp vào nguồn U không đổi. Cường độ điện trường trong C_1 thay đổi bao nhiêu lần nếu nhúng C_2 vào chất điện môi có $\epsilon = 2$?

ĐS : tăng 1,5 lần.

12.6 Ba tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song và nối với A, B bằng các dây nối như hình. Điện tích mỗi bản $S = 100 \text{ cm}^2$, khoảng cách giữa hai bản liên tiếp $d = 0,5 \text{ cm}$. Nối A, B với nguồn $U = 100 \text{ V}$.

a) Tìm điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại.

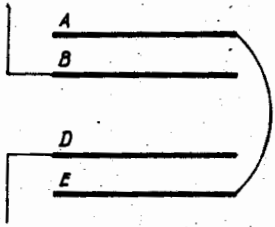
b) Ngắt A, B khỏi nguồn. Dịch chuyển bản B theo phương vuông góc với bản một đoạn x .



Tính hiệu điện thế giữa A, B theo x. Áp dụng khi $x = d/2$.

ĐS: a) $3,54 \cdot 10^{-11} \text{F}$; $1,77 \cdot 10^{-9} \text{C}$; $3,54 \cdot 10^{-9} \text{C}$

b) $U' = U(d^2 - x^2)/d^2$; 75V



12.7 Bốn tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song như hình vẽ. Khoảng cách $BD = 2AB = 2DE$. Nối A, E với nhau rồi nối B, D với nguồn $U = 12\text{V}$, kể đó ngắt nguồn đi. Tìm hiệu điện thế giữa B, D nếu sau đó:

a) Nối A với B

b) Không nối A, B nhưng lấp

đầy khoảng giữa B, D bằng điện môi có $\epsilon = 3$.

ĐS: a) 8V b) 6V

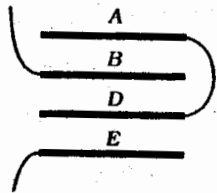
12.8 Tụ phẳng không khí $C = 2\text{pF}$. Nhúng chìm một nửa tụ vào điện môi lỏng $\epsilon = 3$. Tìm điện dung nếu khi nhúng, các bản đặt:

a) Thẳng đứng.

b) Nằm ngang.

ĐS: a) $C_a = \left(\frac{1+\epsilon}{2}\right)C = 4\mu\text{F}$ b) $C_b = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} \cdot C = 3\text{pF}$

12.9 Bốn tấm kim loại phẳng hình tròn đường kính $D = 12\text{cm}$ đặt song song cách đều, khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp $d = 1\text{mm}$. Nối 2 tấm A với D rồi nối B, E với nguồn



$U = 20\text{V}$. Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi tấm.

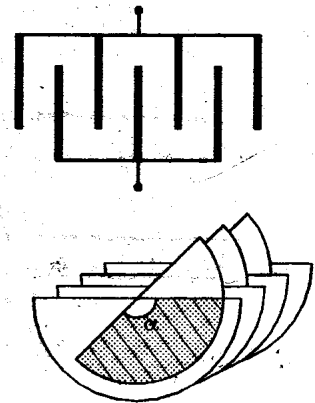
ĐS: $\frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \text{F}$; $\frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{C}$; $\frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{C}$; $\frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{C}$.

12.10 Tụ xoay gồm n tấm hình bán nguyệt đường kính $D = 12\text{cm}$, khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp $d = 0,5\text{mm}$. Phân bố điện giữa bán cố định và bán di chuyển có dạng hình quạt với góc ở tâm là α ($0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$).

a) Biết điện dung cực đại của tụ là 1500pF . Tính n .

b) Tụ được nối với hiệu điện thế $U = 500\text{V}$ và ở vị trí $\alpha = 120^\circ$. Tính điện tích của tụ.

c) Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và thay đổi α . Định α để có sự phóng điện giữa hai bán. Biết điện trường giới hạn của không khí là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$.



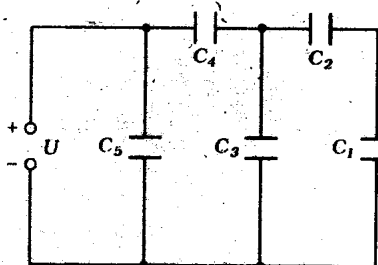
ĐS: a) 16

b) $5 \cdot 10^{-7} \text{C}$ c) $\alpha \leq 40^\circ$

12.11 Cho một số tụ điện điện dung $C_0 = 3\mu\text{F}$. Nêu cách mắc dùng ít tụ nhất để có điện dung $5\mu\text{F}$.

Vẽ sơ đồ cách mắc này.

12.12 Cho bộ tụ điện như hình vẽ. Tính điện dung bộ tụ, hiệu điện thế và điện tích mỗi tụ, cho $C_1 = C_3 = C_5 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 4\mu\text{F}$, $C_4 = 1,2\mu\text{F}$, $U = 30\text{V}$.



DS: $C = 1,72\mu F$, $U_5 = 30V$,

$Q_5 = 3 \cdot 10^{-5}C$, $U_4 = 18V$,

$Q_4 = 2,16 \cdot 10^{-5}C$, $U_3 = 12V$,

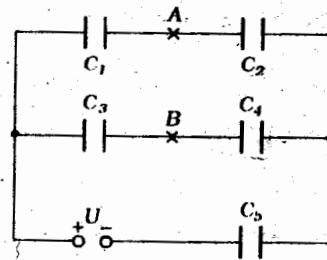
$Q_3 = 1,2 \cdot 10^{-5}C$, $U_1 = 9,6V, U_2 = 2,4V$,

$Q_1 = Q_2 = 9,6 \cdot 10^{-6}C$

12.13 Trong hình bên :

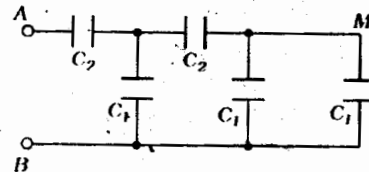
$C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 6\mu F$, $C_3 = C_4 = 4\mu F$,
 $C_5 = 8\mu F$, $U = 900V$. Tính hiệu
 điện thế giữa A, B.

DS: $U_{AB} = -100V$



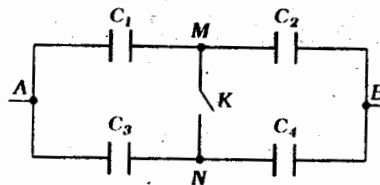
12.14 Cho bộ tụ điện như hình
 vẽ $C_2 = 2C_1$, $U_{AB} = 16V$. Tính U_{MB} .

DS: $4V$.



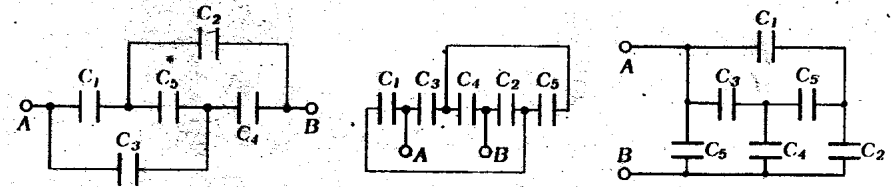
12.15 Cho bộ tụ mắc như hình
 bên.

Chứng minh rằng nếu có
 $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ thì khi K mở hay K đóng,
 điện dung của bộ tụ không đổi.



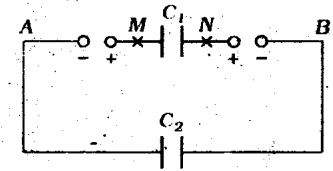
12.16 Trong các hình dưới : $C_1 = C_4 = C_5 = 2\mu F$,
 $C_2 = 1\mu F$, $C_3 = 4\mu F$. Tính điện dung bộ tụ.

DS: a) và b) $2\mu F$ c) $4\mu F$.

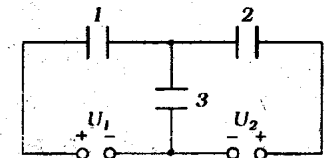


12.17 Cho mạch điện như hình,
 nguồn $U_{MA} = 3V$, $U_{NB} = 8V$, tụ
 $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 3\mu F$. Tính hiệu
 điện thế của mỗi tụ.

DS: $U_{NM} = 3V$; $U_{AB} = 2V$



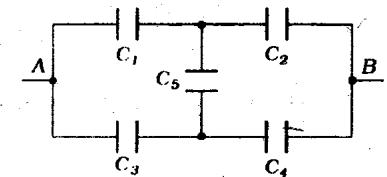
12.18 Cho mạch điện như hình
 $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 10\mu F$, $C_3 = 5\mu F$,
 $U_1 = 18V$, $U_2 = 10V$. Tính Q mỗi
 tụ.



DS: $Q_1 = 2 \cdot 10^{-5}C$, $Q_2 = 2 \cdot 10^{-5}C$,

$Q_3 = 4 \cdot 10^{-5}C$

12.19 Cho bộ tụ như hình vẽ :
 $C_1 = C_2 = 6\mu F$, $C_3 = 2\mu F$,
 $C_4 = C_5 = 4\mu F$, $U_{AB} = 18V$.



Tính điện tích mỗi tụ và điện dung bộ
 tụ.

DS: $Q_1 = 57\mu C$, $Q_2 = 51\mu C$, $Q_3 = 22\mu C$,

$Q_4 = 28\mu C$, $Q_5 = 6\mu C$, $C = 79/18 \mu F$

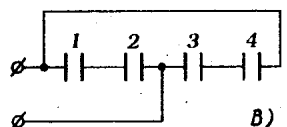
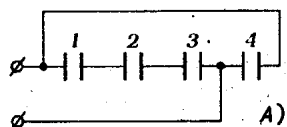
12.20* Tụ phẳng không khí, diện tích mỗi bản S, khoảng cách 2
 bản d, tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Các bản tụ
 đặt thẳng đứng. Đồ điện môi có hằng số điện môi ϵ vào ngập nửa tụ
 điện.

- a) Tính điện dung của tụ.
b) Tính cường độ điện trường trong khoảng giữa 2 bản ở phần không khí và phần điện môi.
c) Tính mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản.
d) Tính độ biến thiên năng lượng của tụ.

ĐS: a) $(1 + \epsilon)\epsilon_0 S / 2d$ b) $2U / (1 + \epsilon)d$

c) Phần không khí: $2\epsilon_0 U / (1 + \epsilon)d$,
Phần điện môi: $2\epsilon\epsilon_0 U / (1 + \epsilon)d$

d) $\epsilon_0 S U^2 (1 - \epsilon) / 2d(1 + \epsilon)$



12.21* Bộ 4 tụ giống nhau ghép theo hai cách như hình vẽ.

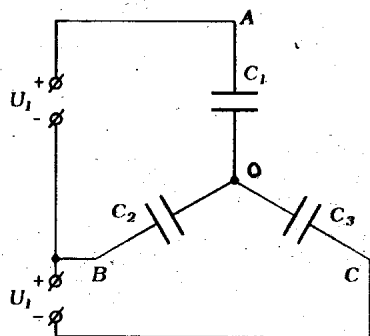
- a) Cách nào có điện dung lớn hơn.
b) Nếu điện dung tụ khác nhau chúng phải có liên hệ thế nào để $C_A = C_B$.

ĐS: a) $C_A = \frac{4}{3} C_B$

b) $C_4 = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$

12.22 Ba tụ điện như nhau được mắc vào mạch như hình vẽ, cho biết: $U_1 = 3V$, $U_2 = 4,5V$. Hãy tìm các hiệu điện thế: U_{AO} , U_{BO} và U_{CO} .

ĐS: $U_{AO} = 3,5V$; $U_{BO} = 0,5V$;
 $U_{CO} = -4V$



Bài toán 13

Ghép các tụ điện đã tích điện – Điện lượng di chuyển trong một đoạn mạch

Nếu ghép các tụ điện đã tích điện với nhau, các kết quả về điện tích (đối với bộ tụ ghép không tích điện trước) không áp dụng được.

– Bài toán về bộ tụ điện ghép trong trường hợp này được giải quyết dựa vào hai loại phương trình:

• Phương trình về hiệu điện thế:

$$U = U_1 + U_2 + \dots \text{ (nối tiếp)}$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots \text{ (song song)}$$

• Phương trình bảo toàn điện tích của hệ cô lập:

$$\sum Q_i = \text{const}$$

– Điện lượng di chuyển qua một đoạn mạch được xác định bởi:

$$\Delta Q = \left| \sum Q_2 - \sum Q_1 \right|$$

$\sum Q_2$: tổng điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch lúc sau

$\sum Q_1$: tổng điện tích trên các bản tụ nối trên lúc trước.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 13.1 Ba tụ $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 6\mu F$ được tích điện đến cùng hiệu điện thế $U = 90V$, dấu điện tích trên các bản tụ như hình vẽ. Sau đó các tụ được ngắt khỏi nguồn rồi nối ba tụ lại thành mạch kín. Các điểm cùng tên trên hình vẽ được nối lại với nhau. Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ.

GIẢI

- Ta giả sử khi ghép các tụ lại thành mạch kín, dấu điện tích trên các bản tụ là không đổi.

Đặt hiệu điện thế và điện tích mới của các tụ là U'_1, U'_2, U'_3 và Q'_1, Q'_2, Q'_3 .

Ta có: $U_{AB} + U_{BD} + U_{DA} = 0$

$U'_1 + U'_2 + U'_3 = 0$.

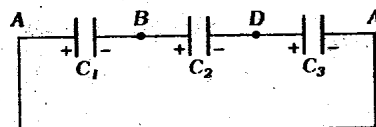
- Ta áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho:

* Các bản tụ nối với B: $-Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 + Q_2$

* Các bản tụ nối với D: $-Q'_2 + Q'_3 = -Q_2 + Q_3$

Trong đó Q_1, Q_2, Q_3 là điện tích các tụ trước khi nối với nhau

$Q_1 = C_1 U_1 = 90\mu C$, $Q_2 = C_2 U_2 = 270\mu C$, $Q_3 = 540\mu C$.



Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} U'_1 + U'_2 + U'_3 = 0 \\ -C_1 U'_1 + C_2 U'_2 = 180 \\ -C_2 U'_2 + C_3 U'_3 = 270 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} U'_1 + U'_2 + U'_3 = 0 \quad (1) \\ -U'_1 + 3U'_2 = 180 \quad (2) \\ -3U'_2 + 6U'_3 = 270 \quad (3) \end{cases}$$

Rút U'_1 và U'_3 từ (2) và (3) theo U'_2 rồi thay vào (1), ta tính được: $U'_2 = 30V$

Suy ra: $U'_1 = -90V$; $U'_3 = 60V$

$U'_1 < 0$ chứng tỏ dấu điện tích trên các bản tụ C_1 sau khi nối với các tụ khác ngược với dấu ta đã giả thiết.

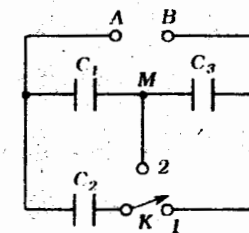
Vậy, sau khi nối với nhau:

$U'_{BA} = 90V$; $U'_{BD} = 30V$; $U'_{DA} = 60V$

- 13.2 Cho mạch điện như hình vẽ bên:

$C_1 = C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 6\mu F$, $U_{AB} = 18V$

Ban đầu khóa K ở vị trí (1) và trước khi mắc vào mạch, các tụ chưa tích điện. Tìm hiệu điện thế mỗi tụ khi khóa K ở vị trí (1) và khi khóa K đã chuyển sang vị trí (2).



GIẢI

- Khóa K ở vị trí (1):

Tụ C_1 và C_3 nối tiếp nhau: $C_{1,3} = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3}$

Hiệu điện thế tụ

$$C_1 : U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_{13}}{C_1} = \frac{C_{1,3} \cdot U_{AB}}{C_1} = \frac{C_3}{C_1 + C_3} \cdot U_{AB} = 12V$$

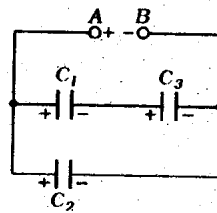
$$C_3 : U_3 = U_{AB} - U_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_3} \cdot U_{AB} = 6V$$

$$C_2 : U_2 = U_{AB} = 18V.$$

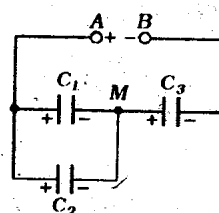
$$\text{Điện tích các tụ : } Q_1 = Q_3 = C_{1,3} \cdot U_{AB} = 36\mu C.$$

$$Q_2 = C_2 U_{AB} = 54\mu C.$$

– Khóa K chuyển sang vị trí (2) :



K ở vị trí số 1



K ở vị trí số 2

Giả sử dấu điện tích trên các bản tụ là không đổi.

Gọi hiệu điện thế và điện tích mỗi tụ là U'_1 , U'_2 , U'_3 và

Q'_1 , Q'_2 , Q'_3

$$\text{Ta có : } U'_1 = U'_2$$

$$U'_1 + U'_3 = U_{AB}$$

$$\text{Tại M : } -Q'_1 - Q'_2 + Q'_3 = -Q_1 - Q_2 + Q_3$$

Ta có hệ phương trình :

$$\begin{cases} U'_1 = U'_2 \\ U'_1 + U'_3 = 18V \\ -C_1 U'_1 - C_2 U'_2 + C_3 U'_3 = -54\mu C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_1 = U'_2 \\ U'_1 + U'_3 = 18V \\ -3U'_1 - 3U'_2 + 6U'_3 = -54V \end{cases}$$

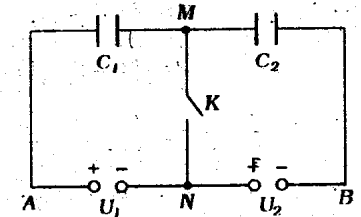
Giải hệ thống ba phương trình ta được

$$U'_1 = 13,5V ; U'_2 = 13,5V ; U'_3 = 4,5V$$

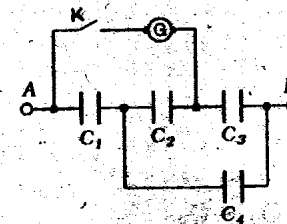
Dấu điện tích trên các bản tụ sau khi khóa K chuyển sang vị trí 2 đúng với dấu ta đã giả thiết.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

13.3 Cho mạch điện như hình vẽ. $U_1 = 10V$, $U_2 = 20V$, $C_1 = 0,1\mu F$, $C_2 = 0,2\mu F$. Tính số điện tử chạy qua khóa K khi K đóng.



$$DS : 1,875 \cdot 10^{13}$$



13.4 Hình : $U_{AB} = 2V$ (không đổi).

$$C_1 = C_2 = C_4 = 6\mu F, C_3 = 4\mu F$$

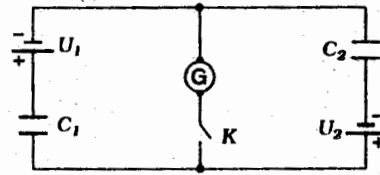
Tính điện tích các tụ và điện lượng di chuyển qua điện kế G khi đóng K.

$$DS : Q_1 = Q_2 = 4 \cdot 10^{-6} C ; Q_3 = Q_4 = 8 \cdot 10^{-6} C \\ \Delta Q = 12 \cdot 10^{-6} C$$

13.5 Hình :

$U_1 = 10V, U_2 = 20V,$
 $C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F$. Tính
 điện lượng qua G khi đóng K.

ĐS: $5.10^{-5}C$



13.6 Hai tụ điện $C_1 = 3\mu F, C_2 = 2\mu F$ được tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 300V, U_2 = 200V$. Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và nối từng bản mỗi tụ với nhau. Tính hiệu điện thế bộ tụ, điện tích mỗi tụ và điện lượng qua dây nối nếu :

- Nối bản âm C_1 với bản dương C_2 .
- Nối bản âm của 2 tụ với nhau.
- Nối các bản cùng dấu với nhau.
- Nối các bản trái dấu với nhau.

ĐS :

a) $Q_1 = 9.10^{-4}C ; Q_2 = 4.10^{-4}C ; U = 500V, \Delta Q = 0$

b) $Q_1 = 9.10^{-4}C ; Q_2 = 4.10^{-4}C ; U = 100V, \Delta Q = 0$

c) $Q'_1 = 7,8.10^{-4}C ; Q'_2 = 5,2.10^{-4}C ; U = 260V,$
 $\Delta Q = 1,2.10^{-4}C$

d) $Q'_1 = 3.10^{-4}C ; Q'_2 = 2.10^{-4}C ; U = 100V,$

$\Delta Q = 6.10^{-4}C$

13.7 Tụ $C_1 = 2\mu F$ tích điện đến hiệu điện thế 60V, sau đó ngắt khỏi nguồn và nối song song với tụ C_2 chưa tích điện. Hiệu điện thế bộ tụ sau đó là 40V. Tính C_2 và điện tích mỗi tụ.

ĐS: $C_2 = 1\mu F ; Q'_1 = 8.10^{-5}C ; Q'_2 = 4.10^{-5}C$.

13.8 Cho 3 tụ $C_1 = 1\mu F,$
 $C_2 = 2\mu F, C_3 = 3\mu F, U = 110V$
 (hình bên).

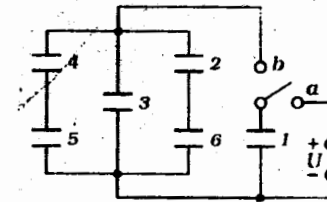
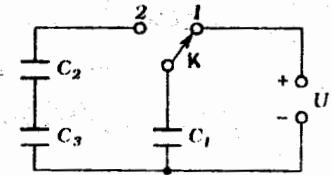
a) Ban đầu K ở vị trí (1), tìm Q_1

b) Đảo K sang vị trí (2), tìm Q_1

U của mỗi tụ.

ĐS: a) $Q_1 = 1,1 \cdot 10^{-4}C$

b) $U_1 = 50V, U_2 = 30V, U_3 = 20V, Q'_1 = 5.10^{-5}C, Q'_2 = Q'_3 = 6.10^{-5}C$



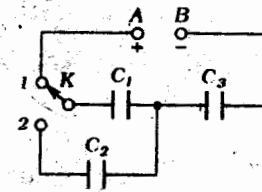
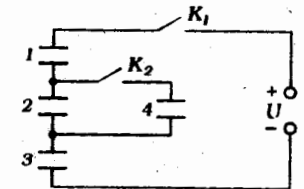
13.9 Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung C giống nhau, nguồn có hiệu điện thế U. Tìm điện tích mỗi tụ khi khóa K chuyển từ a sang b.

ĐS: $Q_1 = Q_3 = CU/3$

$Q_2 = Q_4 = Q_5 = Q_6 = CU/6$

13.10 Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung giống nhau, nguồn $U = 9V$. Ban đầu K_2 mở, K_1 đóng. Sau đó mở K_1 và đóng K_2 . Tìm hiệu điện thế mỗi tụ.

ĐS: $U_1 = U_3 = 3V, U_2 = U_4 = 1,5V$.



13.11 Trong hình bên :

$C_1 = 1\mu F, C_2 = 5\mu F,$
 $C_3 = 3\mu F, U_{AB} = 120V$. Tính U
 mỗi tụ khi khóa K chuyển từ vị trí 1
 sang vị trí 2.

ĐS :

$U'_1 = U'_2 = 15V, U'_3 = 30V$.

13.12 Trong hình bên :

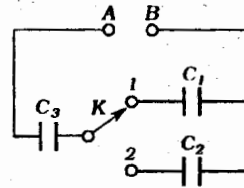
$$C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F,$$

$$C_3 = 3\mu F; U_{AB} = 120V. \text{ Tính}$$

U mỗi tụ khi K chuyển từ 1 sang 2.

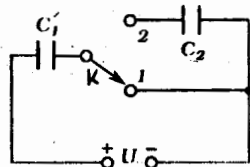
ĐS :

$$U_1 = 90V; U_2 = 54V; U_3 = 66V$$



13.13 Trong hình bên : $C_1 = 1\mu F, C_2 = 2\mu F$, nguồn $U = 9V$

Tính hiệu điện thế mỗi tụ nếu :

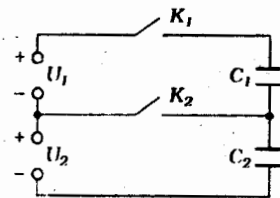


a) Ban đầu K ở vị trí 1 sau đó chuyển sang 2.

b) Ban đầu K ở vị trí 2 sau đó chuyển sang 1 rồi lại chuyển về vị trí 2.

$$\text{ĐS: a) } U'_1 = 9V, U'_2 = 0 \text{ b) } U''_1 = 7V; U''_2 = 2V$$

13.14 Hai tụ C_1, C_2 mắc như hình. Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng. Sau đó mở K_2 rồi đóng K_1 . Tính hiệu điện thế mỗi tụ.



ĐS :

$$U'_1 = \frac{C_2 U_1}{C_1 + C_2}; U'_2 = \frac{C_2 U_2 + C_1 (U_1 + U_2)}{C_1 + C_2}$$

13.15* Các tụ C_1, C_2, \dots, C_n được tích điện đến cùng hiệu điện thế U . Sau đó mắc nối tiếp các tụ thành mạch kín, các bản tích điện trái dấu nối với nhau. Tính hiệu điện thế 2 đầu mỗi tụ.

ĐS : $C'_1 = (1 - nC_0/C_1)U$ với C_0 là điện dung bộ tụ ghép nối tiếp.

13.16* Trong hình bên :

$U = 60V$ (không đổi),

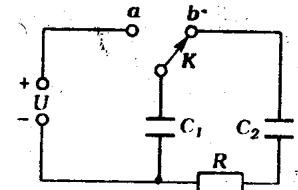
$$C_1 = 20\mu F, C_2 = 10\mu F.$$

a) Ban đầu các tụ chưa tích điện. Khóa K ở vị trí b, chuyển sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R.

b) Sau đó chuyển K sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R trong lần nạp điện thứ 2.

c) Tính tổng điện lượng qua R sau n lần tích điện như trên.

d) Tính điện tích của C_2 sau một số rất lớn lần tích điện như trên.



$$\text{ĐS: a) } \Delta Q_1 = 4 \cdot 10^{-4} C \text{ b) } \Delta Q_2 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-4} C$$

$$\text{c) } \Delta Q_n = \left(1 - \frac{1}{3^n}\right) \cdot 6 \cdot 10^{-4} C \text{ d) } 6 \cdot 10^{-4} C$$

Bài toán 14

Giới hạn hoạt động của tụ điện

- Trường hợp một tụ điện

$$\left. \begin{array}{l} E \leq E_{gh} \\ U = Ed \end{array} \right\} \Rightarrow U \leq E_{gh} \cdot d$$

$$U_{gh} = E_{gh} \cdot d$$

- Trường hợp bộ tụ điện ghép

. Xác định U_{gh} đối với mỗi tụ

. Đối với bộ tụ ta có :

$$(U_{bộ})_{gh} = \min \{ (U_{gh})_i \}$$

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 14.1 Tụ phẳng có diện tích mỗi bản là $S = 100\text{cm}^2$, khoảng cách giữa hai bản $d = 1\text{mm}$, giữa hai bản là không khí. Tìm hiệu điện thế tối đa có thể đặt vào hai bản tụ và điện tích cực đại mà tụ có thể tích được. Biết điện trường giới hạn đối với không khí là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$.

GIẢI

Hiệu điện thế tối đa mà tụ có thể chịu được :

$$U_{gh} = E_{gh} \cdot d = 3000\text{V}$$

Điện dung của tụ :

$$C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d} \approx 8,85 \cdot 10^{-11} \text{F}$$

Điện tích cực đại mà tụ có thể tích được :

$$Q_{\max} = C \cdot U_{gh} = 26,55 \cdot 10^{-8} \text{C}$$

- 14.2 Hai tụ điện có điện dung và hiệu điện thế giới hạn $C_1 = 5\mu\text{F}$, $U_{1gh} = 500\text{V}$, $C_2 = 10\mu\text{F}$, $U_{2gh} = 1000\text{V}$. Ghép hai tụ điện thành bộ. Tìm hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ điện, nếu hai tụ :
- Ghép song song.
 - Ghép nối tiếp.

GIẢI

a) Hai tụ ghép song song :

Gọi hiệu điện thế bộ tụ là U : $U = U_1 = U_2$

$$\text{Theo đề : } \begin{cases} U_1 \leq U_{1gh} \\ U_2 \leq U_{2gh} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U \leq 500\text{V} \\ U \leq 1000\text{V} \end{cases}$$

Vậy hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là 500V

b) Hai tụ ghép nối tiếp :

Gọi hiệu điện thế bộ tụ là U : $U = U_1 + U_2$

Điện tích mỗi tụ là Q : $Q = Q_1 = Q_2$

$$\text{Ta có : } \begin{cases} C_1 U_1 = C_2 U_2 \\ U_1 + U_2 = U \end{cases}$$

$$\text{Suy ra : } U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot U ; U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot U$$

$$U_1 = \frac{2}{3} U ; U_2 = \frac{1}{3} U$$

Theo đề :

$$\begin{cases} U_1 \leq U_{1gh} \\ U_2 \leq U_{2gh} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{2}{3} U \leq 500\text{V} \\ \frac{1}{3} U \leq 1000\text{V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U \leq 750\text{V} \\ U \leq 3000\text{V} \end{cases}$$

Vậy hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là 750V

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

14.3 Hai tụ $C_1 = 5 \cdot 10^{-10} \text{F}$, $C_2 = 15 \cdot 10^{-10} \text{F}$ mắc nối tiếp, khoảng giữa 2 bản mỗi tụ lấp đầy điện môi có chiều dày $d = 2\text{mm}$ và điện trường giới hạn 1800V/mm . Hỏi bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn bao nhiêu ?

ĐS : 4800V

14.4 Ba tụ $C_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{F}$; $C_2 = 4 \cdot 10^{-9} \text{F}$, $C_3 = 6 \cdot 10^{-9} \text{F}$ mắc nối tiếp. Hiệu điện thế giới hạn của mỗi tụ là 500V. Hỏi bộ tụ có chịu được hiệu điện thế 1100V không?

ĐS: Không.

14.5 Tụ phẳng không khí $d = 1,5 \text{cm}$ nối với nguồn $U = 39 \text{kV}$ (không đổi).

a) Tụ có hư không nếu biết điện trường giới hạn của không khí là 30kV/cm ?

b) Sau đó đặt tấm thủy tinh có $\epsilon = 7$, $l = 0,3 \text{cm}$ và điện trường giới hạn 100kV/cm vào khoảng giữa, song song 2 bản. Tụ có hư không?

14.6* Ba tụ $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$ có hiệu điện thế giới hạn $U_1 = 1000 \text{V}$, $U_2 = 200 \text{V}$, $U_3 = 500 \text{V}$ mắc thành bộ. Cách mắc nào có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất? Tính điện dung và hiệu điện thế giới hạn bộ tụ lúc này?

ĐS: $(C_2 // C_3) \text{ nt } C_1$, $C = \frac{5}{6} \mu\text{F}$, $U = 1200 \text{V}$.

Bài toán 15

Năng lượng của tụ điện

– Áp dụng các công thức về năng lượng của tụ điện:

$$W = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

– Năng lượng của bộ tụ:

$$W_{\text{bộ}} = \sum W_i$$

– Trường hợp của tụ điện phẳng, có thể tính được mật độ năng lượng điện trường trong tụ điện:

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

• BÀI TẬP THÍ DỤ

15.1 Tụ phẳng không khí được tích điện bằng nguồn hiệu điện thế U . Hỏi năng lượng của tụ điện thay đổi thế nào, nếu tăng khoảng cách giữa hai bản tụ lên gấp đôi? Cho biết trước khi d tăng:

- Tụ vẫn nối với nguồn.
- Tụ được ngắt khỏi nguồn.

GIẢI

a) Tụ vẫn nối với nguồn

Điện dung của tụ: $C = \frac{1}{4\pi k} \frac{S}{d}$

Do C tỉ lệ nghịch với d nên khi d tăng gấp đôi thì C giảm còn một nửa.

Hiệu điện thế của tụ vẫn nối với nguồn là không đổi.

Năng lượng của tụ: $W = \frac{1}{2} CU^2$

Do W tỉ lệ với C nên ta kết luận W giảm còn một nửa.

b) Tụ được ngắt khỏi nguồn:

Điện tích của tụ là không đổi.

Năng lượng của tụ: $W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$; tỉ lệ nghịch với C

Khi khoảng cách hai bản tụ tăng gấp đôi, điện dung của tụ giảm còn một nửa và năng lượng của tụ W tăng gấp đôi.

15.2 Tụ $C_1 = 0,5\mu F$ được tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 90V$ rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó tụ C_1 được mắc song song với tụ $C_2 = 0,4\mu F$ chưa tích điện. Tính năng lượng của tia lửa điện phát ra khi nối hai tụ với nhau.

GIẢI

Gọi U' là hiệu điện thế các tụ sau khi nối với nhau

Theo định luật bảo toàn điện tích :

$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1$$

$$C_1 U' + C_2 U' = C_1 U_1$$

Suy ra : $U' = 50V$

Năng lượng tụ điện trước khi nối với nhau :

$$W_1 = \frac{1}{2} C_1 U_1^2 = 2025\mu J$$

Năng lượng tụ điện sau khi nối với nhau :

$$W' = \frac{1}{2} C_1 U'^2 + \frac{1}{2} C_2 U'^2 = 1125\mu J$$

Năng lượng tia lửa điện tỏa ra khi nối hai tụ với nhau :

$$\Delta W = W_1 - W' = 900\mu J = 0,9 \cdot 10^{-3} J$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

15.3 Tụ điện không khí $d = 5mm$, $S = 100cm^2$, nhiệt lượng tỏa ra khi tụ phóng điện là $4,19 \cdot 10^{-3} J$. Tìm U nạp.

ĐS : 21,7kV.

15.4 Một quả cầu kim loại bán kính $R = 10cm$ tích điện đến hiệu điện thế 8000V. Tính mật độ năng lượng điện trường ở sát mặt quả cầu.

ĐS : $0,028 J/m^2$

15.5 Năm tụ giống nhau, mỗi tụ $C = 0,2\mu F$ mắc nối tiếp. Bộ tụ được tích điện, thu năng lượng $2 \cdot 10^{-4} J$. Tính hiệu điện thế mỗi tụ.

ĐS : 20V

15.6 Việc hàn mối dây đồng được thực hiện bằng một xung phóng điện của tụ $C = 1000\mu F$ được tích điện đến $U = 1500V$. Thời gian phát xung $t = 2\mu s$, hiệu suất thiết bị $H = 4\%$. Tính công suất hiệu dụng trung bình của mỗi xung điện.

ĐS : $2,25 \cdot 10^7 W$

15.7 Tụ phẳng không khí được tích điện rồi ngắt khỏi nguồn. Hỏi năng lượng tụ thay đổi thế nào khi nhúng tụ vào điện môi lỏng $\epsilon = 2$?

ĐS : giảm 2 lần.

15.8 Tụ phẳng không khí $C = 10^{-10} F$ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 100V$ rồi ngắt khỏi nguồn. Tính công cần thực hiện để tăng khoảng cách hai bản tụ lên gấp đôi ?

ĐS : $5 \cdot 10^{-7} J$

15.9 Tụ phẳng không khí $C = 6\mu F$ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 600V$ rồi ngắt khỏi nguồn.

a) Nhúng tụ vào điện môi lỏng ($\epsilon = 4$) ngập $2/3$ diện tích mỗi bản. Tính hiệu điện thế của tụ.

b) Tính công cần thiết để nhấc tụ điện ra khỏi điện môi. Bỏ qua trọng lượng tụ.

ĐS : a) 200V b) 0,72J.

15.10. Hai tụ $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 0,5\mu F$ tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 100V$, $U_2 = 50V$ rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản khác dấu của 2 tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện phát ra.

ĐS : $4,5 \cdot 10^{-3} J$

15.11 Hai tụ $C_1 = 600\text{pF}$, $C_2 = 1000\text{pF}$ được mắc nối tiếp vào nguồn $U = 20\text{kV}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện nảy ra.

$$DS: 4,7 \cdot 10^{-3}\text{J}$$

15.12* Hai tụ phẳng không khí có điện dung C , mắc song song và được tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt nguồn đi. Các bản của một tụ có thể chuyển động tự do đến nhau. Tìm vận tốc các bản tụ trên tại thời điểm mà khoảng cách giữa chúng giảm đi một nửa. Biết khối lượng một bản tụ là M , bỏ qua tác dụng của trọng lực.

$$DS: v = \sqrt{CU^2/3M}$$

15.13* Tụ phẳng có $S = 200\text{cm}^2$, điện môi là bản thủy tinh dày $d = 1\text{mm}$, $\epsilon = 5$, tích điện với $U = 300\text{V}$. Rút bản thủy tinh khỏi tụ. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ và công cần thực hiện. Công này dùng để làm gì? Xét khi rút thủy tinh

a) Tụ vẫn nối với nguồn. b) Ngắt tụ khỏi nguồn.

$$DS: a) \Delta W_1 = \frac{(1 - \epsilon)\epsilon_0 SU^2}{2d} = -318 \cdot 10^{-7}\text{J}$$

$$A'_1 = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 \cdot SU^2}{2d} = 318 \cdot 10^{-7}\text{J}$$

$$b) \Delta W_2 = A'_2 = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d} = 1590 \cdot 10^{-7}\text{J}$$

15.14* Tụ phẳng không khí có diện tích bản S , khoảng cách 2 bản là x , nối với nguồn U không đổi.

a) Năng lượng tụ thay đổi ra sao khi x tăng.

b) Tính công suất cần để tách các bản theo x .

Biết vận tốc các bản tách xa nhau là v .

c) Cơ năng cần thiết và độ biến thiên năng lượng của tụ đã biến thành dạng năng lượng nào?

$$DS: a) \text{giảm} \quad b) P = \epsilon_0 SU^2 v / 2x^2$$

15.15* Hai tụ phẳng không khí có S bằng nhau và $d_1 = 2d_2$ cùng được tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Hỏi năng lượng của hệ thay đổi thế nào khi đặt C_2 vào trong C_1 (các bản song song nhau?).

$$DS: \text{tăng } 5/3 \text{ lần hoặc giảm còn } 1/3.$$

15.16* Tụ phẳng không khí có các bản chữ nhật cách nhau đoạn d . Mép dưới các bản chạm vào mặt điện môi lỏng ϵ có khối lượng riêng D . Nối tụ với nguồn U , điện môi dâng lên đoạn H giữa hai bản. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn. Tính H .

$$DS: H = (\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2 / Dgd^2$$

15.17* Có hai tụ điện phẳng giống nhau: một tụ có điện môi là không khí và có điện dung $C_0 = 100\mu\text{F}$. Người ta tích điện cho tụ này đến hiệu điện thế $U_0 = 60\text{V}$, tụ thứ hai có điện môi, mà hằng số điện môi phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa hai bản tụ của nó theo quy luật $\epsilon = \alpha U$ với $\alpha = 0,1(\text{V}^{-1})$. Tụ thứ hai ban đầu không tích điện. Ta mắc song song hai tụ này với nhau.

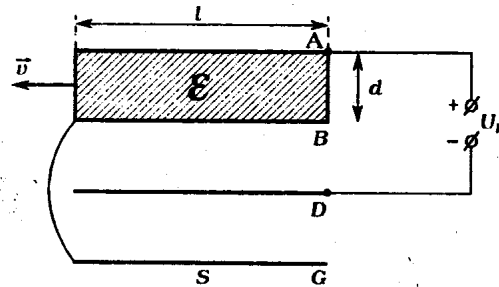
a) Hỏi hiệu điện thế trên mỗi tụ bằng bao nhiêu?

b) Tính độ biến thiên năng lượng của hệ tụ. Nhận xét và giải thích?

$$DS: a) U = 20\text{V}; \quad b) \Delta W_e = -12 \cdot 10^{-2}\text{J}$$

15.18* Bốn tấm kim loại phẳng, mỏng giống nhau hình chữ nhật, diện tích mỗi tấm là S , chiều dài l , đặt song song với nhau.

Khoảng cách giữa hai tấm liên tiếp là d . Giữa hai tấm A và B có lớp điện môi, lấp đầy không gian giữa hai tấm, hằng số điện môi ϵ . Tấm A và D được nối với hai cực của nguồn điện, có hiệu điện thế U , tấm B và G nối với nhau bằng dây dẫn (hình vẽ).



a) Tính năng lượng của hệ tụ và hiệu điện thế giữa hai tấm liên tiếp

b) Kéo đều lớp điện môi với vận tốc \vec{v} ra khỏi các tấm kim loại.

Tính công suất cần thực hiện để kéo lớp điện môi ra khỏi các bản tụ. Bỏ qua ma sát.

$$DS: \quad a) \quad W_{oe} = \frac{\epsilon C_0}{2 + \epsilon} U^2 \quad \text{với} \quad C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$U_{AB} = \frac{2}{2 + \epsilon} U; \quad U_{BD} = \frac{\epsilon}{2 + \epsilon} U.$$

$$b) \quad P = \frac{2}{3} \left(\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right) \frac{v}{l} \cdot C_0 U^2$$

Bài toán 16

Điện tích trong điện trường đều của tụ điện

- Trường hợp điện tích cân bằng :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

($\sum \vec{F}$: tổng các vectơ lực tác dụng lên điện tích)

- Trường hợp điện tích chuyển động :

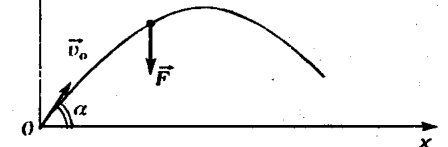
• Lực tác dụng : $\vec{F} = q\vec{E}$

(thường trọng lực có thể bỏ qua)

• Phương trình chuyển động : $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$

• Trường hợp tổng quát : " \vec{v}_0, \vec{E} "
 $(\vec{v}_0, \vec{E}) = \beta \neq 0$

Sử dụng phương pháp tọa độ để nghiên cứu chuyển động :



$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{F}{m} \end{cases}; \quad \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin\alpha \end{cases};$$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos\alpha \\ v_y = a_y t + v_0 \cdot \sin\alpha \end{cases}; \quad \begin{cases} x = v_0 \cdot \cos\alpha t \\ y = \frac{a_y}{2} t^2 + v_0 \sin\alpha \cdot t \end{cases}$$

Quỹ đạo :

$$y = \frac{a_y}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + \tan\alpha \cdot x$$

• Các trường hợp đặc biệt :

$$\alpha = 0; \quad \alpha = 90^\circ$$

Thay giá trị của α vào các biểu thức ở trên.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 16.1 Hạt bụi khối lượng $m = 0,02g$ mang điện tích $q = 5 \cdot 10^{-5}C$ đặt sát bản dương của một tụ phẳng không khí. Hai bản tụ có khoảng cách $d = 5cm$ và hiệu điện thế $U = 500V$. Tìm thời gian hạt bụi chuyển động giữa hai bản và vận tốc của nó khi đến bản tụ âm. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

GIẢI

– Chọn gốc tọa độ O tại vị trí hạt bụi bắt đầu chuyển động, trục tọa độ Ox vuông góc với các bản tụ và hướng về phía bản tụ âm. Gốc thời gian lúc hạt bụi bắt đầu chuyển động.

Lực tác dụng lên hạt bụi là lực điện trường $\vec{F} = q\vec{E}$
 $q > 0$ nên \vec{F} và \vec{E} cùng chiều.

Phương trình chuyển động của hạt bụi : $\vec{F} = m\vec{a}$

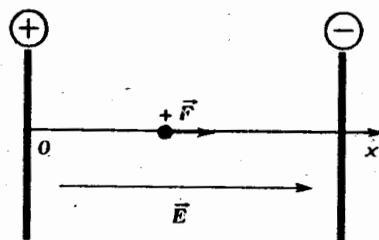
Chiếu phương trình lên Ox : $F = ma$.

Gia tốc chuyển động : $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$

Phương trình tọa độ của hạt bụi (với $v_0 = 0$)

$$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2 = 1,25 \cdot 10^{-4} t^2 \text{ (m)}$$

– Khi hạt bụi đến bản tụ âm : $x = d = 5 \cdot 10^{-2}m$



Thay vào phương trình tọa độ ta tính được thời gian hạt bụi chuyển động giữa hai bản :

$$t = 2 \cdot 10^{-3}s$$

Ta có hệ thức liên hệ giữa v và x .

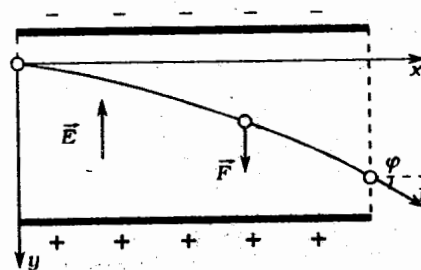
$$v^2 = 2ax = 2 \cdot \frac{qU}{md} \cdot x = 5 \cdot 10^4 \cdot x$$

Khi hạt bụi đến bản tụ âm : $x = d = 5 \cdot 10^{-2}m$

Ta suy ra vận tốc hạt bụi : $v = 50m/s$

- 16.2 Tụ phẳng không khí, hai bản tụ có khoảng cách $d = 1cm$, chiều dài bản tụ $l = 5cm$, hiệu điện thế giữa hai bản $U = 91V$. Một electron bay vào tụ điện theo phương song song với các bản với vận tốc đầu $v_0 = 2 \cdot 10^7 m/s$ và bay ra khỏi tụ điện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.
- Viết phương trình quỹ đạo của electron.
 - Tính độ di chuyển của electron theo phương vuông góc với các bản khi nó vừa ra khỏi tụ điện.
 - Tính vận tốc electron khi rời tụ điện.
 - Tính công của lực điện trường khi electron bay trong tụ.

GIẢI



Chọn gốc tọa độ O tại vị trí hạt electron bắt đầu đi vào tụ điện, trục tọa độ Ox cùng chiều \vec{v}_0 , trục tọa độ Oy hướng từ bản tụ âm sang bản dương. Gốc thời gian lúc hạt bắt đầu đi vào tụ điện.

Lực tác dụng lên hạt : $\vec{F} = q\vec{E}$, độ lớn $F = eE$ trong đó e là độ lớn điện tích của hạt electron.

Vì $q = -e < 0$ nên \vec{F} ngược chiều $\vec{E} \Rightarrow \vec{F}$ cùng chiều Oy.

Phương trình chuyển động của hạt : $\vec{F} = m\vec{a}$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_x = ma_x = 0 \\ F_y = ma_y = F \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md} \end{cases}$$

a) Phương trình tọa độ :

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot t \\ y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} \cdot t^2 \end{cases}$$

Phương trình quỹ đạo :

$$y = \frac{1}{2} \frac{a_y}{v_0^2} \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md \cdot v_0^2} \cdot x^2$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 91}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-2} \cdot (2 \cdot 10^{-7})^2} \cdot x^2$$

$$y = 2 \cdot x^2$$

b) Độ dịch chuyển :

Khi hạt electron rời tụ : $x = l = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Độ dời của hạt theo phương Oy :

$$y = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 5 \text{ mm}$$

c) Vận tốc :

Phương trình vận tốc :

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = a_y \cdot t = \frac{eU}{md} \cdot t \end{cases}$$

$$\text{Khi hạt rời tụ : } x = v_0 t = l \Rightarrow t = \frac{l}{v_0}$$

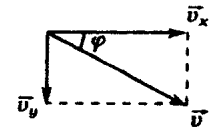
$$\Rightarrow \begin{cases} v_x = v_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s} \\ v_y = \frac{eU}{md} \cdot \frac{l}{v_0} = 0,4 \cdot 10^7 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2,04 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Gọi φ là góc hợp bởi \vec{v} và trục Ox khi electron rời tụ điện :

$$\tan \varphi = \frac{v_y}{v_x} = 0,2$$

$$\Rightarrow \varphi = \arctg(0,2) \approx 11^\circ$$



d) Công của lực điện trường

Khi electron chuyển động trong điện trường, nó đã di chuyển được một đoạn $y = 5 \text{ mm}$ theo chiều lực điện trường. Do đó, công của lực điện trường là :

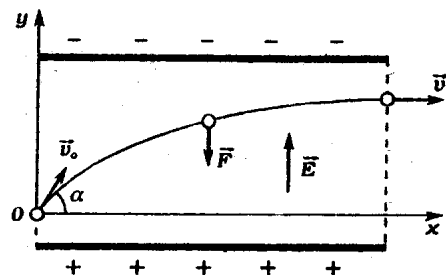
$$A = F \cdot y = e \cdot E \cdot y = e \frac{U}{d} \cdot y$$

$$A = 7,28 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

16.3 Một electron có động năng ban đầu $W_0 = 1500 \text{ eV}$ bay vào một tụ phẳng theo hướng hợp với bản dương một góc $\alpha = 15^\circ$. Chiều dài mỗi bản tụ $l = 5 \text{ cm}$. Khoảng cách giữa hai bản tụ $d = 1 \text{ cm}$. Tính hiệu điện thế giữa hai bản để electron rời tụ theo phương song song với hai bản.

GIẢI

- Chọn gốc tọa độ O tại vị trí hạt electron bắt đầu đi vào tụ, trục tọa độ Oxy như hình vẽ, gốc thời gian lúc hạt electron bắt đầu đi vào tụ.



Lực tác dụng lên hạt :

$$\vec{F} = q\vec{E}, \text{ độ lớn } F = eE.$$

Vì $q = -e < 0$ nên \vec{F} ngược chiều $\vec{E} \Rightarrow \vec{F}$ ngược chiều Oy.

- Phương trình chuyển động của electron : $\vec{F} = m\vec{a}$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_x = ma_x = 0 \\ F_y = ma_y = -F \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{F}{m} = -\frac{eE}{m} = -\frac{eU}{md} \end{cases}$$

Phương trình vận tốc

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = a_y t + v_0 \sin \alpha = -\frac{eU}{md} t + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Phương trình tọa độ :

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t = -\frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} \cdot t^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t \end{cases}$$

$$\text{Phương trình quỹ đạo : } y = -\frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md \cdot v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + \tan \alpha \cdot x$$

- Điều kiện để hạt bụi rời tụ theo phương song song với các bản tụ là $v_y = 0$ khi $x = l$

$$\text{Suy ra : } t = \frac{l}{v_0 \cos \alpha}$$

$$v_y = -\frac{eU}{md} \cdot \frac{l}{v_0 \cos \alpha} + v_0 \sin \alpha = 0.$$

$$\Rightarrow mv_0^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{eUl}{d}$$

Thay $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$, ta được :

$$\frac{1}{2} mv_0^2 \cdot \sin 2\alpha = \frac{eUl}{d}$$

$$\text{Động năng ban đầu của electron : } W_0 = \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\Rightarrow W_0 \cdot \sin 2\alpha = \frac{eUl}{d}$$

$$\Rightarrow U = \frac{W_0 \cdot \sin 2\alpha \cdot d}{e \cdot l}$$

$$U = \frac{1500 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}$$

$$U = 150 \text{ V}$$

NHẬN XÉT : Để tính tọa độ y của hạt khi rời tụ điện :

Thay $x = l$, $U = \frac{1}{2} mv_0^2 \cdot \frac{\sin 2\alpha \cdot d}{e l}$ vào phương trình quỹ đạo và rút gọn,

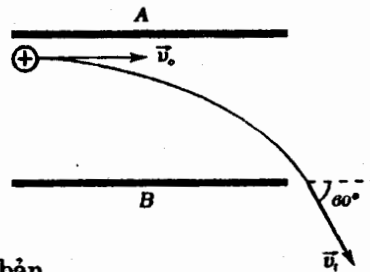
ta được :

$$y = \frac{1}{2} \cdot \tan \alpha \cdot l$$

$$y = 0,67 \text{ cm}$$

Vậy để hiện tượng nêu trong đề bài xảy ra, vị trí hạt electron đi vào tụ điện phải cách bản tụ âm một đoạn lớn hơn 0,67cm.

- 16.4 Hai bản kim loại A và B chiều dài l được đặt song song với nhau, giữa hai bản có một điện trường đều. Người ta phóng vào điện trường một hạt khối lượng m mang điện tích dương q theo phương nằm ngang và sát với bản A - Hạt mang điện ra khỏi điện trường tại điểm sát mép bản B và vận tốc tại đó hợp với phương ngang góc 60° . Hãy tìm :
- a/ Phương và độ lớn của điện trường
- b/ Khoảng cách d giữa hai bản.
- Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



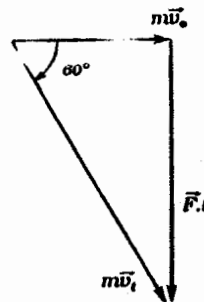
GIẢI

Ta có thể giải bài toán này theo phương pháp động lực học bình thường; tuy nhiên ta cũng có thể dùng động lượng và động năng để giải.

a) Phương và độ lớn của cường độ điện trường :

Ta dễ dàng nhận thấy lực điện trường tác dụng lên q phải hướng từ A sang B do đó vectơ cường độ điện trường \vec{E} cũng hướng từ A sang B (Điện trường đều nên \vec{E} có phương vuông góc với A và B).

Gọi t là thời gian hạt bay từ A tới B. Xung của lực điện bằng độ biến thiên của động lượng hạt trong thời gian này :



Ta có : $F.t = qE \frac{l}{v_0} = \sqrt{3}mv_0$

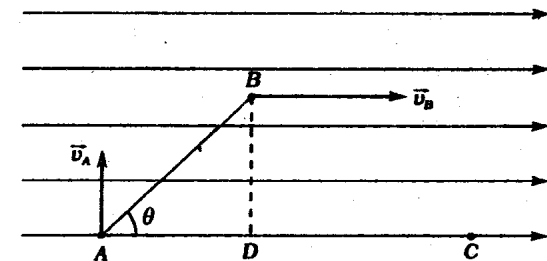
Vậy cường độ điện trường là : $E = \frac{mv_0^2 \sqrt{3}}{ql}$

b) Khoảng cách giữa hai bản :

Áp dụng định lí động năng : công của lực điện trường trong dịch chuyển nói trên bằng độ biến thiên động năng của hạt :

$$\left. \begin{aligned} A_F &= qU = qEd \\ \Delta W_d &= \frac{1}{2} m(v_t^2 - v_0^2) = \frac{3}{2} mv_0^2 \end{aligned} \right\} d = \frac{l\sqrt{3}}{2}$$

- 16.5 Một hạt nhỏ mang điện tích dương $q = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{C}$ được phóng theo phương thẳng đứng để đi vào một điện trường đều có đường sức nằm ngang như hình vẽ. Tại A nơi hạt đi vào điện trường vận tốc của nó là $v_A = 4,0 \text{m/s}$; khi tới điểm B



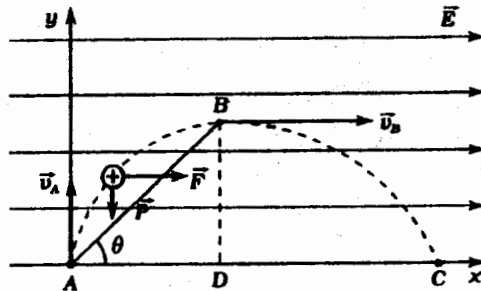
trong điện trường vận tốc của nó có phương nằm ngang. Cho biết khối lượng hạt là $m = 1,0 \text{ gam}$, đoạn AB dài $L = 1,60 \text{m}$ và hợp với phương ngang góc $\theta = 30^\circ$. Hãy tìm :

- a) Giá trị vận tốc \vec{v}_B của hạt tại điểm B
- b) Cường độ điện trường E .
- c) Khoảng cách BC khi hạt đạt tới điểm C (C là một điểm ở trên cùng đường sức qua A).

GIẢI

a) Giá trị của v_B :

Chọn hệ trục quy chiếu Axy như hình vẽ, lực tác dụng vào hạt trong điện trường được phân tích theo hai trục như sau :



$$* \quad \vec{O}_x : \vec{F}_x = q\vec{E} \quad \Rightarrow \quad a_x = \frac{qE}{m}$$

$$* \quad \vec{O}_y : \vec{F}_y = \vec{P} \quad \Rightarrow \quad a_y = -g$$

Áp dụng các công thức động học :

$$\begin{cases} v_x = a_x t = \frac{qE}{m} t \\ v_y = -gt + v_A \end{cases}$$

Khi hạt tới B : $v_x = v_B$ và $v_y = 0$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{v_A}{g} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_B}{v_A} = \frac{qE}{mg} \quad (1)$$

Mặt khác, áp dụng định lí động năng trên hai trục, ta được :

$$\begin{cases} \frac{1}{2} m v_A^2 = mgL \sin \theta \\ \frac{1}{2} m v_B^2 = EqL \cos \theta \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_B^2}{v_A^2} = \frac{Eq \cot \theta}{mg} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta rút ra được :

$$v_B = v_A \cdot \cot \theta = 4\sqrt{3} \text{ m/s} \approx 6,9 \text{ m/s}$$

b) Độ lớn cường độ điện trường :

Từ (1), ta tính được độ lớn cường độ điện trường :

$$E = \frac{v_B}{v_A} \cdot \frac{mg}{q} = \sqrt{3} \cdot \frac{1,0 \times 10^{-3} \times 10}{1,0 \times 10^{-6}} = \sqrt{3} \times 10^4 \approx 1,7 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

c) Khoảng cách BC :

Thời gian để hạt mang điện đi từ A đến B cũng bằng thời gian để hạt đi từ B đến C, vì thế khi tới C, hạt đó có vận tốc

$$v_{Cx} = 2v_B = 8\sqrt{3} \text{ m/s}$$

Áp dụng định lí động năng trên phương Ax :

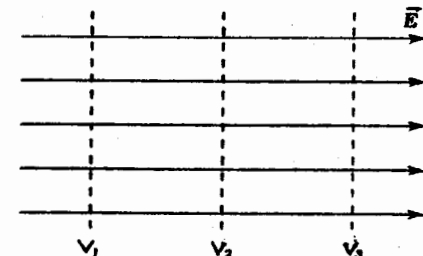
$$qE \times \overline{AC} = \frac{1}{2} m (2v_B)^2. \text{ Suy ra } AC = 3,2\sqrt{3} \text{ m}$$

Trên phương Ax, hạt có chuyển động nhanh dần đều không vận tốc đầu, mà thời gian hạt đi từ A đến C gấp 2 lần thời gian đi từ A đến B ; ta suy ra :

$$AD = \frac{AC}{4} \Rightarrow DC = \frac{3}{4} AC = 2,4\sqrt{3} \text{ m}$$

$$\text{Vậy : } BC = \sqrt{BD^2 + DC^2} = \sqrt{(L \sin \theta)^2 + (2,4\sqrt{3})^2} = 4,23 \text{ m}$$

16.6 Trong hình vẽ các đường đậm nét chỉ đường sức và các đường đứt nét chỉ các mặt đẳng thế của một điện trường đều. Hiệu điện thế giữa các mặt đẳng thế đều bằng nhau.



Một điện tích điểm dương khi tới mặt đẳng thế V_3 có động năng 20J và khi tới mặt đẳng thế V_1 thì vận tốc triệu tiêu ; lấy $V_2 = 0$, hỏi khi điện tích có thế năng là 4J thì động năng của nó là bao nhiêu ?

GIẢI

- Khi điện tích điểm chuyển động trong điện trường, năng lượng của nó gồm động năng và thế năng tĩnh điện - là một hằng số.

* Tại mặt đẳng thế V_1 : $E_1 = W_{d1} + W_{t1} = 0 + qV$ (1)

* Tại mặt đẳng thế V_3 : $E_2 = W_{d3} + W_{t3} = 20 - qV$ (2)

- Từ (1) và (2) rút ra : $qV = 10J$; Năng lượng của hạt đó là $10J$. Vậy khi thế năng là $4J$ thì động năng của nó là :

$$W_d = E - W_t = 10 - 4 = 6J$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

16.7 Hạt bụi $m = 1g$ mang điện tích $q = -10^{-6}C$ nằm cân bằng trong điện trường của tụ phẳng có các bản tụ nằm ngang, $d = 2cm$. Cho $g = 10m/s$.

a) Tính hiệu điện thế U của tụ điện.

b) Điện tích hạt bụi giảm đi 20%. Phải thay đổi U thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng.

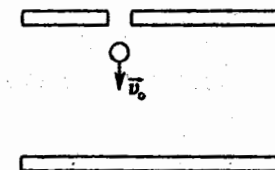
ĐS : a) 200V b) tăng thêm 50V

16.8 Tụ phẳng có các bản nằm ngang, $d = 1cm$, $U = 1000V$. Một giọt thủy ngân mang điện tích q nằm cân bằng ngay giữa 2 bản. Đột nhiên U giảm bớt 4V. Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới ? Cho $g = 10m/s^2$.

ĐS : 0,5s

16.9 Một electron bay vào trong điện trường của một tụ phẳng theo phương song song với các đường sức với $v_0 = 8.10^6 m/s$. Tìm U

giữa hai bản tụ để electron không tới được bản đối diện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



ĐS : $U \geq 182V$

16.10 Tụ phẳng $d = 4cm$

được tích điện. Một electron bắt đầu chuyển động từ bản âm sang bản dương, đồng thời một proton cũng bắt đầu chuyển động ngược lại từ bản dương. Hỏi chúng gặp nhau cách bản dương một khoảng bao nhiêu? Biết $m_p = 1840m_e$. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

ĐS : $s = 2,2.10^{-5}m$.

16.11 Điện tử bay vào một tụ phẳng với $v_0 = 3,2.10^7 m/s$ theo phương song song với các bản. Khi ra khỏi tụ, hạt bị lệch theo phương vuông góc với các bản đoạn $h = 6mm$. Các bản dài $l = 6cm$ cách nhau $d = 3cm$. Tính U giữa hai bản tụ.

ĐS : 35V

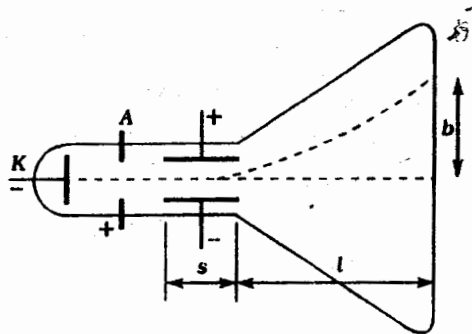
16.12 Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U_0 = 100V$, một điện tử bay vào chính giữa hai bản tụ phẳng theo phương song song với hai bản. Hai bản có chiều dài $l = 10cm$, khoảng cách $d = 1cm$. Tìm U giữa hai bản để điện tử không ra được khỏi tụ.

ĐS : $U \geq 2V$

16.13 Điện tử mang năng lượng $W_0 = 1500eV$ bay vào một tụ phẳng theo hướng song song với hai bản. Hai bản dài $l = 5cm$, cách nhau $d = 1cm$. Tính U giữa hai bản để điện tử bay khỏi tụ điện theo phương hợp với các bản một góc $\alpha = 11^\circ$ (tg $11^\circ \approx 0,2$)

ĐS : 120°

16.14 Electron thoát ra từ K, được tăng tốc bởi một điện trường đều giữa A và K rồi đi vào một tụ phẳng theo phương song song với hai



bản như hình. Biết
 $s = 6\text{cm}$, $d = 1,8\text{cm}$;
 $l = 15\text{cm}$, $b = 2,1\text{cm}$ U
 của tụ 50V . Tính vận tốc
 electron khi bắt đầu đi
 vào tụ, và hiệu điện thế
 U_0 giữa K và A. Bỏ qua
 tác dụng của trọng lực.

$$DS: v_0 = 1,6 \cdot 10^7 \text{m/s} ; U_0 = 728\text{V}$$

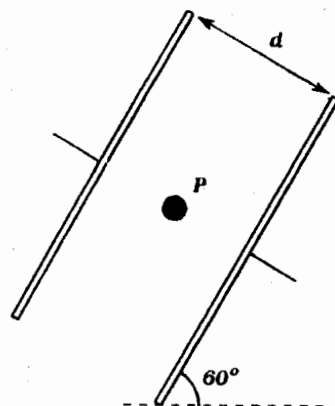
16.15 Electron bay vào một tụ phẳng với vận tốc đầu \vec{v}_0 qua một
 lỗ nhỏ ở bản dương, hợp với bản góc α . Các bản có khoảng cách d , hiệu
 điện thế U . Bỏ qua trọng lực. Hỏi electron có thể cách bản tụ âm
 khoảng ngắn nhất bao nhiêu ?

$$DS: x = d(1 - mv_0^2 \sin^2 \alpha / 2eU)$$

16.16 Hạt bụi $m = 0,01\text{g}$ mang điện tích $q = 10^{-5}\text{C}$ đặt vào
 điện trường đều \vec{E} nằm ngang. Hạt bụi chuyển động với $v_0 = 0$, sau
 $t = 4\text{s}$ đạt vận tốc $v = 50\text{m/s}$. Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Có kể đến tác dụng
 của trọng lực. Tìm E .

$$DS: E = 7,5 \text{V/m}.$$

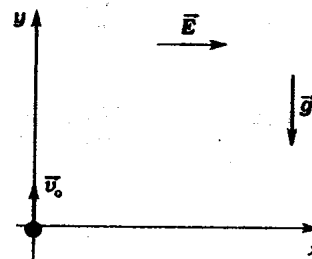
16.17 Hai bản kim loại A
 và B được đặt song song, cách
 nhau khoảng d và có những điện
 tích đối nhau. Ở ngay giữa hai
 bản và cách đều hai bản có một
 giọt dầu tích điện (P). Khi hai



bản ở vị trí nằm ngang thì giọt dầu có cân bằng ; Nếu người ta đặt cho
 hai bản kim loại nằm nghiêng góc 60° so với mặt phẳng ngang như
 hình vẽ thì sau một lúc giọt dầu sẽ tới và chạm với một bản kim loại.
 Tính vận tốc của giọt dầu khi va chạm nói trên xảy ra.

$$DS: v = \sqrt{2gd}$$

16.18* Truyền cho một quả cầu nhỏ có khối lượng m , mang điện
 tích q ($q > 0$) vận tốc đầu \vec{v}_0
 thẳng đứng hướng lên. Quả
 cầu nằm trong điện trường
 đều nằm ngang, có cường độ
 điện trường \vec{E} . Bỏ qua sức
 cản của không khí và sự phụ
 thuộc gia tốc rơi tự do vào độ
 cao. Hãy viết phương trình
 quỹ đạo của quả cầu và xác
 định vận tốc cực tiểu của nó
 trong quá trình chuyển động.



$$DS: \left(\frac{mg}{qE} \right)^2 x^2 + y^2 + \frac{2m}{qE} (gy - v_0^2)x = 0;$$

$$v_{\min} = v_0 \frac{qE}{\sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2}}$$

PHẦN HAI

NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

§5. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

A – TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Dòng điện – Điều kiện để có dòng điện

– Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện

Chiều quy ước :

Chiều chuyển dời có hướng của điện tích (+).

– Điều kiện để có dòng điện :

. Có hạt mang điện tự do

. Có điện trường.

II. Cường độ dòng điện

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq : culông (C)
 Δt : giây (s)
 I : ampe (A)

Δt : thời gian

Δq : điện lượng truyền qua tiết diện thẳng của vật dẫn

* Δt hữu hạn : I là cường độ trung bình

* Δt vô cùng nhỏ : I là cường độ tức thời

* $I = \text{const}$: dòng điện không đổi. Ta có :

$$I = \frac{q}{t}$$

III. Cường độ dòng điện trong mạch nối tiếp và phân nhánh

– Mạch nối tiếp :

$$I_j = I_k$$

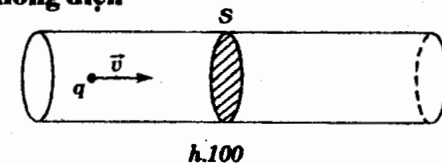
– Mạch phân nhánh :

$$\sum I_{\text{đến}} = \sum I_{\text{rời}}$$

($I_{\text{đến}}$: cường độ dòng điện đến điểm nút

$I_{\text{rời}}$: cường độ dòng điện rời khỏi điểm nút).

IV. Mật độ dòng điện*



$$i = \frac{I}{S} = nqv$$

S : mét vuông (m^2)
 n : hạt / m^3
 q : culông (C)
 v : mét / giây (m/s)
 i : ampe / mét vuông (A/m^2)

* n : mật độ hạt mang điện tự do

* q : điện tích của hạt

* v : vận tốc trung bình của chuyển động có hướng.

B - HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 17

Xác định dòng điện trong một đoạn mạch theo công thức định nghĩa. Tính hiệu điện thế dựa vào tính chất cộng của hiệu điện thế.

- Áp dụng các công thức định nghĩa của cường độ và mật độ dòng điện.
- Áp dụng định luật về dòng điện phân nhánh (điểm nút).
- Lập hệ thức tính tổng các hiệu điện thế của từng phần mạch điện.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 17.1 Một dây dẫn kim loại có các electron tự do chạy qua và tạo thành một dòng điện không đổi. Dây có tiết diện $S = 0,6\text{mm}^2$, trong thời gian $t = 10\text{s}$ có điện lượng $q = 9,6\text{C}$ đi qua. Tìm :
- Cường độ và mật độ dòng điện qua dây dẫn.
 - Số electron đã đi qua tiết diện ngang của dây trong 10s .
 - Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron. Biết mật độ electron tự do $n = 4 \cdot 10^{28}\text{m}^{-3}$

GIẢI

- a) Cường độ và mật độ dòng điện
- Cường độ dòng điện là

$$I = \frac{q}{t} = 0,96\text{A}$$

- Mật độ dòng điện được tính bởi :

$$i = \frac{I}{S} = \frac{0,96}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 1,6 \cdot 10^6 \text{A/m}^2$$

- b) Số electron :

Số electron đã qua tiết diện ngang của dây được tính bởi :

$$N = \frac{q}{e}$$

- $\left\{ \begin{array}{l} q \text{ là điện lượng (lượng điện tích) qua tiết diện dây.} \\ e \text{ là điện tích của một electron ; } e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} \end{array} \right.$

Suy ra : $N = 6 \cdot 10^{19}$ electron

- c) Vận tốc :

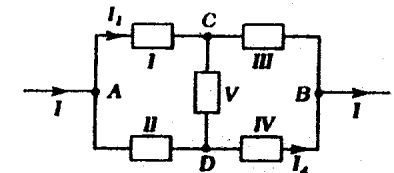
Ta có : $i = n \cdot e \cdot v$

Vậy vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron là

$$v = \frac{i}{ne} = 0,25 \cdot 10^{-8} \text{m/s} = 0,25 \text{mm/s}$$

- 17.2 Cho đoạn mạch điện gồm 5 vật dẫn như hình. Biết $U_{AB} = 12\text{V}$; $U_{AC} = 7\text{V}$; $U_{DB} = 8\text{V}$. $I = 2\text{A}$; $I_1 = 0,9\text{A}$; $I_4 = 0,2\text{A}$

chiều của I , I_1 , I_4 được cho như hình. Tìm cường độ dòng điện và hiệu điện thế trên mỗi vật dẫn còn lại. Vẽ chiều dòng điện chạy trong mạch.



GIẢI

Ta có : $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} \Rightarrow U_{CB} = U_{AB} - U_{AC} = 5V$

$U_{AB} = U_{AD} + U_{DB} \Rightarrow U_{AD} = U_{AB} - U_{DB} = 4V$

$U_{AC} = U_{AD} + U_{DC} \Rightarrow U_{DC} = U_{AC} - U_{AD} = 3V$

Tại nút A : $I > I_1$ nên dòng I_2 sẽ có chiều rời khỏi nút A

$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = I - I_1 = 1,1A$

Tại nút B : $I > I_4$ nên dòng I_3 sẽ có chiều đi đến nút B

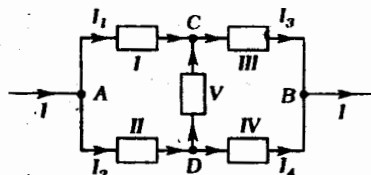
$I_3 + I_4 = I$

$\Rightarrow I_3 = I - I_4 = 1,8A$

Tại nút C :
 $I_1 < I_3$ nên dòng I_5 sẽ có chiều đi đến nút C (từ D đến C)

$I_1 + I_5 = I_3$

$\Rightarrow I_5 = I_3 - I_1 = 0,9A$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

17.3 Một dòng điện không đổi có $I = 4,8A$ chạy qua một dây kim loại tiết diện thẳng $S = 1cm^2$ Tính :

a) Số electron qua tiết diện thẳng của dây trong 1s.

b) Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron.

Biết mật độ electron tự do $n = 3.10^{28}m^{-3}$

ĐS : a) 3.10^{19} b) $0,01mm/s$

17.4 Trong khoảng thời gian 10s, dòng điện qua dây dẫn tăng đều từ $I_1 = 1A$ đến $I_2 = 4A$. Tính cường độ dòng điện trung bình và điện lượng qua dây trong thời gian trên.

ĐS : $2,5A$; $25C$

17.5* Tự phẳng không khí có bản cực hình vuông cạnh $a = 20cm$, khoảng cách $d = 2mm$, nối với nguồn $U = 500V$. Đưa một tấm thủy tinh có chiều dày $d' = 2mm$, hằng số điện môi $\epsilon = 9$ vào tụ với vận tốc không đổi $v = 10cm/s$. Tìm cường độ dòng điện trong mạch trong thời gian đưa tấm điện môi vào tụ. Cường độ này có thay đổi trong thời gian nói trên không ?

ĐS : $I = 3,54.10^{-7}A$; không đổi.

17.6 Bốn vật dẫn được nối bằng các dây dẫn như hình vẽ. Biết

$U_{AB} = 12V$; $U_{AM} = 8V$; $I = 6A$; $I_1 = 3A$; $I_3 = 5A$

Chiều của I , I_1 , I_3 được

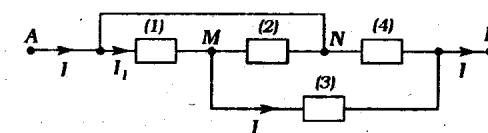
cho như hình. Tìm cường độ

dòng điện và hiệu điện thế

trên mỗi vật dẫn còn lại. Cho

biết các điểm trên cùng một

dây dẫn sẽ có cùng điện thế.



ĐS : $U_{NM} = 8V$; $U_{NB} = 12V$; $U_{MB} = 4V$

$I_2 = 2A$; $I_4 = 1A$

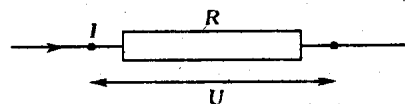
§6. ĐIỆN TRỞ

ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH ĐIỆN

A - TÓM TẮT GIẢNG KHOA

I - Điện trở

1. Định nghĩa :



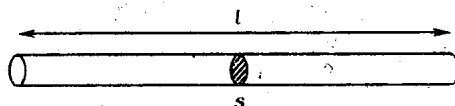
Từ công thức của định luật Ôm ta có :

$$R = \frac{U}{I} \quad \left\{ \begin{array}{l} U : \text{vôn (V)} \\ I : \text{ampe (A)} \\ R : \text{ôm (}\Omega\text{)} \end{array} \right.$$

2. Điện trở của vật dẫn đồng tính, tiết diện đều

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad \left\{ \begin{array}{l} l : \text{mét (m)} \\ s : \text{mét vuông (m}^2\text{)} \\ \rho : \text{ôm - mét (}\Omega\text{m)} \end{array} \right.$$

l : chiều dài của dây
 s : tiết diện của dây
 ρ : điện trở suất của chất làm vật dẫn ($\Omega \text{ m}$)



3. Sự phụ thuộc của điện trở vật dẫn vào nhiệt độ

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

R_t : điện trở vật dẫn ở $t^\circ\text{C}$

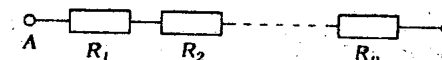
R_0 : điện trở vật dẫn ở 0°C

α : hệ số nhiệt của điện trở ($^\circ\text{C}^{-1}$)

Ta cũng có :

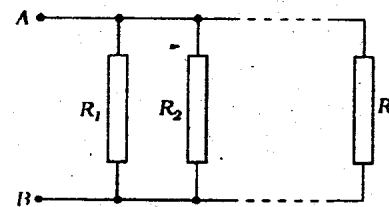
$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t)$$

4. Đoạn mạch điện trở mắc nối tiếp



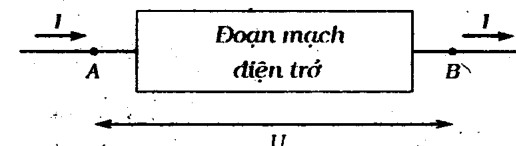
$$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

5. Đoạn mạch điện trở mắc song song



$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

H. Định luật Ôm cho đoạn mạch



$$I = \frac{U}{R_{AB}}$$

B - HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 18

Tính điện trở tương đương

– Áp dụng công thức tính điện trở tương đương của hai đoạn mạch điện trở cơ bản : *nối tiếp* và *song song*.

– Trường hợp mạch điện trở phức tạp có đoạn nối tắt (dây nối không điện trở) được giải quyết như sau :

. Đồng nhất các điểm cùng điện thế (chập mạch)

. Vẽ lại sơ đồ lí thuyết và thực hiện tính toán theo sơ đồ

– Trong trường hợp đoạn mạch có *cấu tạo đối xứng*, có thể lí luận dựa vào sự đối xứng để định các điểm đồng nhất về điện thế.

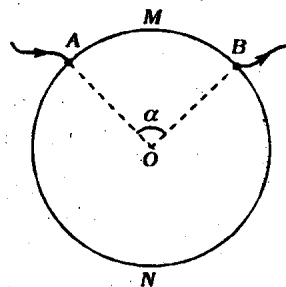
• BÀI TẬP THÍ DỤ

18.1 Dòng điện chạy qua một vòng dây dẫn tại hai điểm A, B. Dây dẫn tạo nên vòng dây là đồng chất, tiết diện đều và có điện trở $R = 25 \Omega$. Góc $\widehat{AOB} = \alpha$

a) Tính điện trở tương đương của vòng dây khi mắc vào mạch điện tại A, B

b) Tìm α để điện trở tương đương của vòng dây bằng 4Ω

c) Tìm α để điện trở tương đương của vòng dây lớn nhất.



GIẢI

a) Điện trở tương đương

$$\text{Đặt } \begin{cases} \text{điện trở đoạn vòng dây AMB là } R_1 : R_1 = \frac{\alpha}{360} \cdot R \\ \text{điện trở đoạn vòng dây ANB là } R_2 : \\ R_2 = R - R_1 = \frac{360 - \alpha}{360} \cdot R \end{cases}$$

Góc $\alpha = \widehat{AOB}$ được tính theo đơn vị độ.

R_1 và R_2 là hai điện trở mắc song song (hai đầu chung A, B).

Điện trở tương đương của chúng là :

$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(360 - \alpha) \cdot \alpha}{(360)^2} \cdot R$$

b) Định α để $R_{td} = 4\Omega$:

Khi $R_{td} = 4\Omega$:

$$R_{td} = \frac{(360 - \alpha) \cdot \alpha}{(360)^2} \cdot 25 = 4$$

Các biến đổi đơn giản cho ta : $\alpha^2 - 360\alpha + 20736 = 0$

Nghiệm phương trình : $\alpha = 72^\circ$ hoặc $\alpha = 288^\circ$

c) Định α để R_{td} lớn nhất :

$$R_{td} = \frac{(360 - \alpha) \cdot \alpha}{(360)^2} \cdot R$$

Áp dụng bất đẳng thức Côsi :

$$(360 - \alpha) \cdot \alpha \leq \left[\frac{(360 - \alpha) + \alpha}{2} \right]^2$$

$$(360 - \alpha) \cdot \alpha \leq (180)^2$$

Suy ra : $R_{td} \leq \frac{(180)^2}{(360)^2} R = \frac{R}{4}$

Vậy $(R_{td})_{\max} = \frac{R}{4}$, đạt được khi $360 - \alpha = \alpha$, hay :

$$\alpha = 180^\circ$$

$(R_{td})_{\max}$ đạt được khi A, B là hai điểm xuyên tâm đối của vòng dây.

18.2 Tính điện trở tương đương của đoạn mạch AB như hình bên, nếu :

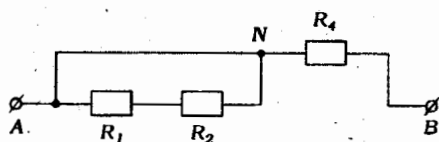
- K_1, K_2 mở.
- K_1 mở, K_2 đóng.
- K_1 đóng, K_2 mở.
- K_1, K_2 đóng.

(Cho $R_1 = 1\Omega, R_2 = 2\Omega, R_3 = 3\Omega, R_4 = 6\Omega$, điện trở các dây nối là không đáng kể)

GIẢI

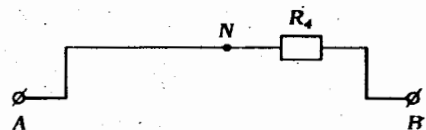
a) K_1, K_2 mở : R_1 và R_2

mắc song song với đoạn dây dẫn AN, điện trở của đoạn dây AN coi như bằng không nên điện trở tương đương của R_1, R_2 với đoạn dây AN cũng bằng không.



$$R_{AB} = R_4 = 6\Omega$$

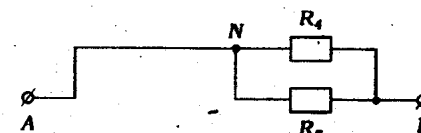
Khi này nếu cho dòng điện qua AB, dòng



điện chỉ qua dây AN và R_4 mà không qua R_1 và R_2

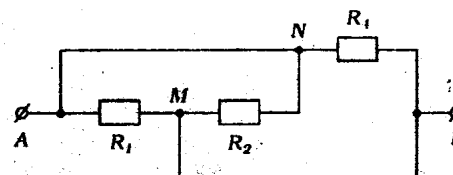
b) K_1 mở, K_2 đóng:

Tương tự câu trên, dòng điện qua đoạn mạch AB sẽ đi qua dây AN rồi phân nhánh qua R_3 và R_4 (mắc song song nhau)



$$R_{AB} = R_{3,4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega$$

c) K_1 đóng, K_2 mở :



Do có dây nối MB nên R_1, R_2 không còn mắc nối tiếp nhau và song song với dây AN nữa.

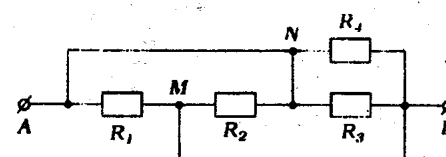
Ba điện trở R_1, R_2, R_4

mắc song song nhau vì mỗi điện trở đều được dây nối đến A, B. Mạch điện trường được vẽ lại như hình bên.

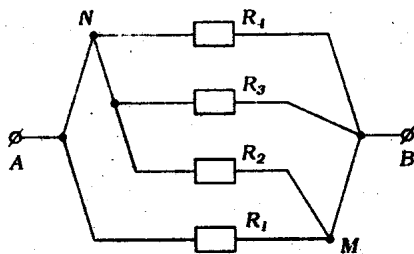
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} = \frac{10}{6}$$

$$R_{AB} = \frac{6}{10} = 0,6\Omega$$

d) K_1, K_2 đóng :



Tương tự câu c), bốn điện trở mắc song song vì cùng được dây nối đến A, B.



$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{12}{6}$$

$$R_{AB} = \frac{6}{12} = 0,5\Omega$$

18.3 Có một số điện trở giống nhau, mỗi điện trở là $R_0 = 4\Omega$.
 Tìm số điện trở ít nhất và cách mắc để có điện trở tương đương $R = 6,4\Omega$.

GIẢI

– Trước hết ta chứng minh kết quả của hai điện trở mắc nối tiếp và mắc song song

+ Khi mắc nối tiếp, điện trở tương đương được cho bởi

$$R_{td} = \sum R_i > R_i$$

Điện trở tương đương lớn hơn bất kì điện trở nào sử dụng. Mắc nối tiếp làm *tăng* điện trở của mạch

+ Khi mắc song song, điện trở tương đương được cho bởi :

$$\frac{1}{R_{td}} = \sum \frac{1}{R_i} > \frac{1}{R_i}$$

$$\Rightarrow R_{td} < R_i$$

Điện trở tương đương nhỏ hơn bất kì điện trở nào sử dụng. Mắc song song làm *giảm* điện trở của mạch

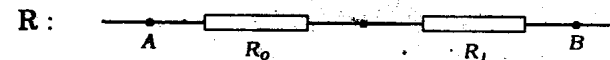
– Theo đề, ta muốn số điện trở sử dụng *ít nhất*. Do đó :

+ Nếu mắc nối tiếp thì chỉ gồm 2 đoạn mạch mà một đoạn là R_0

+ Nếu mắc song song thì chỉ gồm 2 nhánh mà một nhánh là R_0 .

– Ta có : $R = 6,4\Omega > R_0 = 4\Omega$

Vậy đoạn mạch phải mắc có dạng :

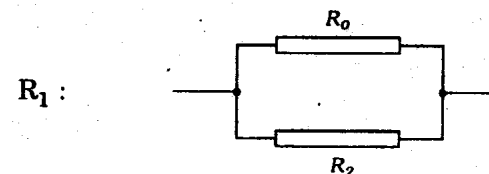


Suy ra :

$$R_1 = R - R_0 = 6,4 - 4 = 2,4\Omega$$

Ta có : $R_1 < R_0$

Vậy R_1 có cấu tạo gồm 2 nhánh song song như sau :



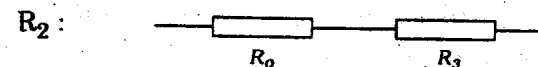
Suy ra :

$$\frac{R_0 R_2}{R_0 + R_2} = R_1 \Rightarrow \frac{4R_2}{4 + R_2} = 2,4$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{9,6}{1,6} = 6\Omega$$

Ta lại có : $R_2 > R_0$

Vậy R_2 lại được cấu tạo bởi 2 đoạn như sau :

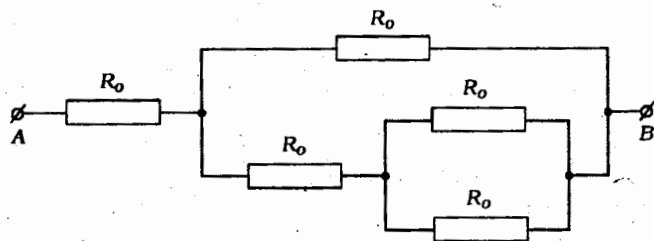


Suy ra : $R_3 = R_2 - R_0 = 6 - 4 = 2\Omega$

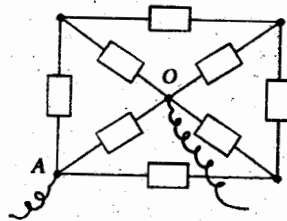
Ta thấy : $R_3 = \frac{R_0}{2}$

R_3 gồm hai điện trở R_0 mắc song song.

Tóm lại, đoạn mạch điện trở $R = 6,4\Omega$ gồm 5 điện trở R_0 mắc như sau :

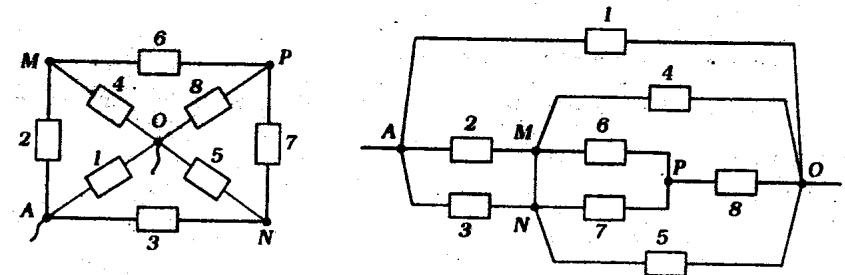


18.4 Tám điện trở giống nhau, mỗi điện trở là $R = 15\Omega$ được mắc như hình vẽ. Mắc các điện trở vào mạch điện tại A và O. Tìm điện trở tương đương của bộ điện trở.



GIẢI

Ta thấy mạch điện có tính đối xứng trục quanh đường thẳng AO, nghĩa là khi quay mạch điện quanh trục AO một góc 180° , cấu tạo của mạch không thay đổi. Các điểm đối xứng của mạch sẽ có điện thế giống nhau và có thể được nhập chung.



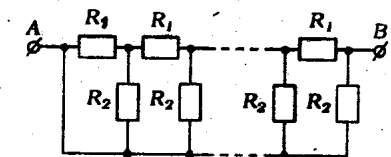
Khi chập hai điểm đối xứng M, N lại ta có thể vẽ lại mạch điện như hình trên. Khi này :

$$\left[\left(\frac{R_7}{R_6} \text{ nt } R_8 \right) // R_4 // R_5 \right] \text{ nt } (R_2 // R_3) // R_1$$

Từ đó ta dễ dàng tính được $R_{AO} = 7\Omega$.

18.5 Cho mạch điện như hình sau : $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$. Số ô điện trở là vô tận.

Tìm điện trở tương đương của mạch.

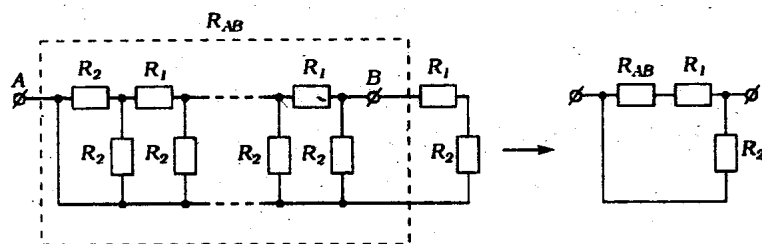


GIẢI

Đặt điện trở tương đương của mạch là R_{AB}

Do số ô điện trở là vô tận nên ta có thể mắc thêm một ô điện trở vào mạch mà giá trị điện trở của mạch vẫn không đổi

Như vậy, điện trở của mạch $(R_{AB} \text{ nt } R_1) // R_2$ vẫn bằng R_{AB} .



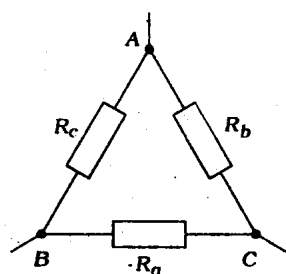
$$\frac{(R_{AB} + R_1)R_2}{(R_{AB} + R_1) + R_2} = R_{AB}$$

Thay giá trị $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ vào, ta được phương trình :

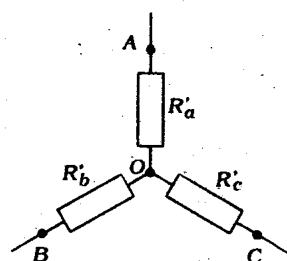
$$R_{AB}^2 + R_{AB} - 2 = 0.$$

Nghiệm phương trình : $R_{AB} = 1\Omega$

18.6 Cho hai sơ đồ mạch điện sau đây gồm 3 điện trở mắc vào 3 điểm A, B, C.



(mạch tam giác)



(mạch hình sao)

Với các giá trị thích hợp của các điện trở, có thể thay thế mạch này bởi mạch kia. Khi đó hai mạch *tương đương* nhau. Hãy thiết lập công thức tính điện trở của mạch này theo mạch kia khi chúng tương đương nhau (Biến đổi $\Delta \rightleftharpoons Y$ hay định lý Kennoli)

GIẢI

a) Biến đổi $\Delta \rightarrow Y$

Khi hai mạch tương đương, chúng không làm thay đổi các cường độ dòng điện và các hiệu điện thế ở ngoài mạch.

Để đảm bảo điều này, điện trở tương đương ở hai mạch điện phải như nhau bất kể xét giữa hai điểm nào. Do đó ta suy ra :

$$\begin{cases} R_{AB} = \frac{R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c} = R'_a + R'_b & (1) \\ R_{BC} = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} = R'_b + R'_c & (2) \\ R_{CA} = \frac{R_b(R_c + R_a)}{R_a + R_b + R_c} = R'_c + R'_a & (3) \end{cases}$$

Ta suy ra : (1) + (2) + (3) cho :

$$\frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_a + R_b + R_c} = R'_a + R'_b + R'_c \quad (4)$$

Do đó :

$$\begin{cases} (4) - (2) : R'_a = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} & (1') \\ (4) - (3) : R'_b = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c} & (2') \\ (4) - (1) : R'_c = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} & (3') \end{cases}$$

Tổng quát : $R_i = \frac{R_j R_k}{\sum R_i}$

b) Biến đổi $Y \rightarrow \Delta$:

Từ (1'), (2') và (3') ta suy ra :

$$\begin{aligned} R'_a R'_b + R'_b R'_c + R'_c R'_a &= \frac{R_a R_b R_c (R_a + R_b + R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} \\ &= \frac{R_a R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad (5) \end{aligned}$$

Kết hợp (5) lần lượt với (1'), (2'), (3') ta suy ra :

$$\begin{cases} R_a = \frac{1}{R'_a} [R'_a R'_b + R'_b R'_c + R'_c R'_a] & (1'') \\ R_b = \frac{1}{R'_b} [R'_a R'_b + R'_b R'_c + R'_c R'_a] & (2'') \\ R_c = \frac{1}{R'_c} [R'_a R'_b + R'_b R'_c + R'_c R'_a] & (3'') \end{cases}$$

hay : $R_i = \frac{1}{R'_i} \sum R'_j R'_k$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

18.6 Một tụ phẳng, chất điện môi giữa hai bản tụ có hằng số điện môi ϵ và điện trở suất ρ . Điện dung của tụ là C . Tính điện trở của điện môi giữa hai bản tụ.

DS : $R = \frac{\epsilon \epsilon_0 \rho}{C}$ với $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{10^{-9}}{36\pi}$

18.7 Hai dây dẫn, khi mắc nối tiếp có điện trở lớn gấp 6,25 lần khi mắc song song. Tính tỉ số điện trở của hai dây.

DS : 4.

18.8 Dây dẫn có điện trở $R = 144\Omega$. Phải cắt dây ra bao nhiêu đoạn bằng nhau để khi mắc các đoạn đó song song nhau, điện trở tương đương là 4Ω .

DS : 6.

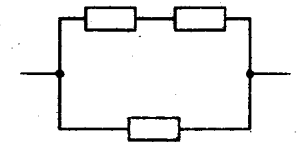
18.9 Ba điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$. Hỏi có bao nhiêu cách mắc các điện trở này với nhau. Tìm điện trở tương đương trong mỗi trường hợp.

DS : 8 cách, ...

18.10 Có hai loại điện trở $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$. Hỏi phải cần mỗi loại mấy cái để khi ghép nối tiếp, chúng có điện trở tương đương là 55Ω .

DS : 15; 2 hoặc 10; 5 hoặc 5; 8 hoặc 0; 11.

18.11* Ba điện trở R_1 , R_2 , R_3 được mắc theo sơ đồ bên. Biết khi đổi chỗ các điện trở, ta có thể tạo được các mạch có điện trở $2,5\Omega$; 4Ω ; $4,5\Omega$



Tính R_1 , R_2 , R_3 .

DS : 3Ω ; 6Ω ; 9Ω

18.12 Tìm hệ số nhiệt điện trở của dây dẫn biết ở nhiệt độ $t_1 = 20^\circ\text{C}$ dây có điện trở $R_1 = 100\Omega$, ở nhiệt độ $t_2 = 2400^\circ\text{C}$, $R_2 = 200\Omega$

DS : $5 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$

18.13 Hai dây dẫn có hệ số nhiệt điện trở α_1, α_2 , ở 0°C có điện trở R_{01}, R_{02}

Tìm hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc:

a) Nối tiếp.

b) Song song.

$$DS: a) \alpha = (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2) / (R_{01} + R_{02})$$

$$b) \alpha \approx (R_{02}\alpha_1 + R_{01}\alpha_2) / (R_{01} + R_{02})$$

18.14 Một thanh than ($\rho_1 = 4 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m}$; $\alpha_1 = -0,8 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$) và một thanh sắt ($\rho_2 = 1,2 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$, $\alpha_2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$) cùng tiết diện, mắc nối tiếp.

Tìm tỉ số chiều dài hai thanh để điện trở của mạch không phụ thuộc nhiệt độ.

$$DS: \frac{l_1}{l_2} = \frac{-\rho_2\alpha_2}{\rho_1\alpha_1} = \frac{1}{44}$$

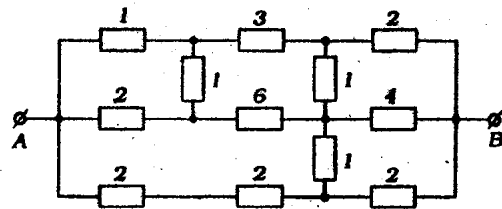
18.15 Có một số điện trở giống nhau, mỗi điện trở có giá trị $R = 12 \Omega$. Tìm số điện trở ít nhất và cách mắc để có điện trở tương đương bằng $7,5 \Omega$

DS: 5 cái, ...

18.16 Có 12 điện trở được ghép thành mạch như hình vẽ. Các giá trị được cho bằng ôm (Ω).

Tính điện trở tương đương của mạch điện.

$$DS: R = 2,4 \Omega$$

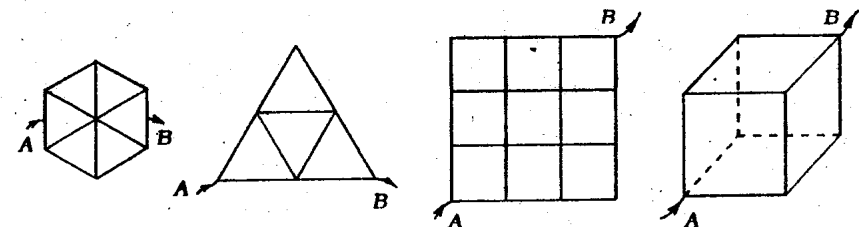
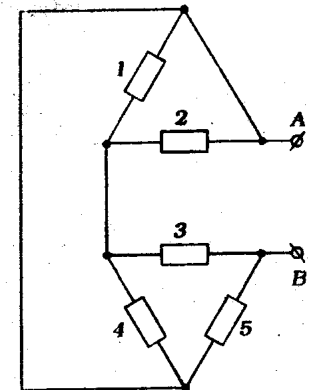


18.17 Các điện trở trong mạch có sơ đồ như hình bên đều có cùng giá trị R . Tính điện trở giữa hai nút A và B.

$$DS: R_{AB} = 4R/7$$

18.18 Cho mạch điện như các hình sau. Điện trở mỗi đoạn là r . Tìm điện trở toàn mạch trong mỗi hình.

$$DS: r; 10r/9; 13r/7; 5r/6.$$



18.19 Cho mạch điện như hình, dây có tiết diện đều, điện trở của đoạn dây có chiều dài bằng bán kính vòng tròn là r . Dòng điện đi vào ở tâm một vòng tròn và đi ra ở tâm một vòng tròn khác.

Tính điện trở của mạch trên mỗi hình.

$$DS: 2,57r; 1,1r.$$

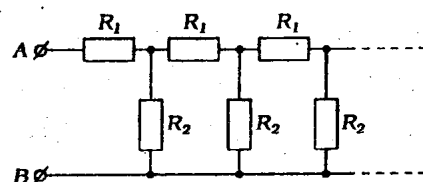
18.20 Một mạch điện có 5 nút. Giữa hai nút bất kì nào cũng đều có mắc một điện trở r .

Tính điện trở tương đương của mạch nếu dòng điện đi vào và đi ra tại hai nút bất kì.

Xét trường hợp tổng quát mạch có N nút.

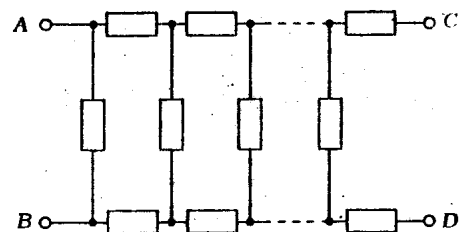
$$DS : 2r/N$$

18.21 Cho mạch điện như hình bên $R_1 = 0,4\Omega$; $R_2 = 8\Omega$, số ô điện trở là vô tận. Tìm điện trở tương đương của mạch.



$$DS : 2\Omega$$

18.22 Mạch điện cấu tạo bằng các điện trở r như hình vẽ.



Phải mắc thêm vào CD điện trở R bao nhiêu để điện trở tương đương của mạch AB không phụ thuộc vào số ô điện trở ?

$$DS : R = (\sqrt{3} - 1)r$$

18.23 Cho đoạn mạch gồm n điện trở

$$R_1 = 1\Omega, R_2 = \frac{1}{2}\Omega \dots R_n = \frac{1}{n}\Omega \text{ mắc song song.}$$

Tìm điện trở tương đương của mạch.

$$DS : \frac{2}{n(n+1)}$$

Bài toán 19

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch điện trở mắc nối tiếp và song song.

– Áp dụng công thức của định luật Ôm :

$$I = \frac{U}{R}$$

$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{cường độ dòng điện vào (hay ra khỏi) đoạn mạch} \\ U : \text{hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch} \\ R : \text{điện trở tương đương của đoạn mạch} \end{array} \right.$

– Đặc điểm của đoạn mạch điện trở nối tiếp (không phân nhánh)

- Dòng điện lần lượt chạy từ điện trở này qua điện trở kia.
- Cường độ dòng điện qua các điện trở bằng nhau.
- Hiệu điện thế cả đoạn mạch bằng tổng hiệu điện thế của từng điện trở.

– Đặc điểm của đoạn mạch điện trở song song :

- Các điện trở đều nối chung vào hai đầu A, B. Dòng điện từ A sẽ phân nhánh, chạy đồng thời qua các điện trở và nhập lại ở B.
- Cường độ dòng điện mạch chính bằng tổng cường độ dòng điện qua các nhánh.
- Hiệu điện thế của các điện trở đều bằng nhau và bằng U_{AB} .

• BÀI TẬP THÍ DỤ

19.1 Cho mạch điện như hình vẽ :

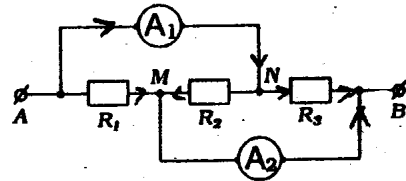
$$U_{AB} = 6V ; R_1 = 10\Omega, R_2 = 15\Omega, R_3 = 3\Omega$$

$$R_{A_1} = R_{A_2} \approx 0. \text{ Xác}$$

định chiều và cường

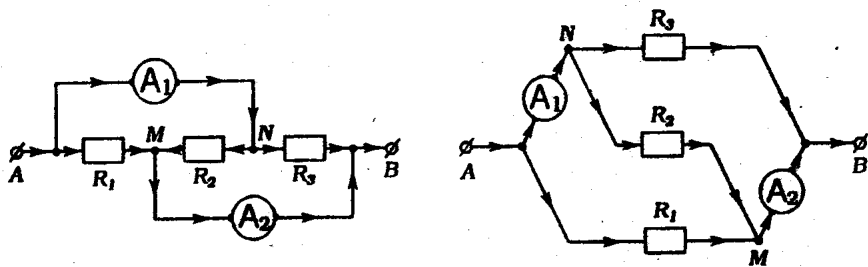
độ dòng điện qua

các ampe kế.



GIẢI

Do các ampe kế có điện trở rất nhỏ nên ta coi như các điểm A và N, B và M được nối với nhau bằng các dây dẫn ($V_N = V_A$; $V_M = V_B$)



Ba điện trở R_1, R_2, R_3 được mắc song song vì có hai đầu chung là A và B. Mạch điện và chiều dòng điện được vẽ như các hình bên.

Cường độ dòng điện qua các điện trở :

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = 0,6A ; I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = 0,4A ; I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = 2A.$$

Áp dụng định luật về nút mạch tại N, M ta tính được cường độ dòng điện qua các ampe kế.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tại N : } I_{A_1} = I_2 + I_3 = 2,4A \\ \text{Tại M : } I_{A_2} = I_2 + I_1 = 1A \end{array} \right.$$

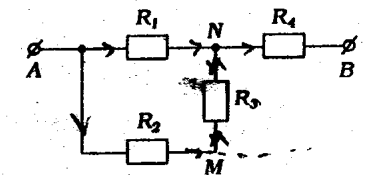
19.2 Cho mạch điện như hình vẽ :

$$R_1 = R_2 = R_3 = 6\Omega, R_4 = 2\Omega.$$

$$U_{AB} = 18V$$

a) Nối M và B bằng một vôn kế có điện trở rất lớn. Tìm số chỉ của vôn kế.

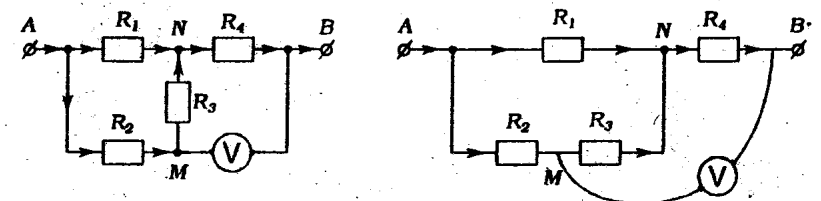
b) Nối M và B bằng một ampe kế có điện trở rất nhỏ. Tìm số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua ampe kế.



GIẢI

a) Số chỉ của vôn kế

Do vôn kế có điện trở lớn nên dòng điện coi như không qua vôn kế.



Mạch điện :

$$\left[(R_2 \text{ nt } R_3) // R_1 \right] \text{ nt } R_4$$

Số chỉ của vôn kế chỉ hiệu điện thế U_{MB} .

Điện trở tương đương :

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 12\Omega$$

$$R_{123} = \frac{R_1 \cdot R_{23}}{R_1 + R_{23}} = 4\Omega$$

$$R_{AB} = R_{123} + R_4 = 6\Omega$$

$$\text{Cường độ dòng điện mạch chính : } I_c = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = 3A$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{NB} = U_4 = I_4 \cdot R_4 = I_c \cdot R_4 = 6V$$

$$U_{AN} = U_{AB} - U_{NB} = 12V$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_2 \text{ và } R_3 : I_{23} = \frac{U_{AN}}{R_{23}} = 1A$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{MN} = U_3 = I_3 R_3 = I_{23} \cdot R_3 = 6V$$

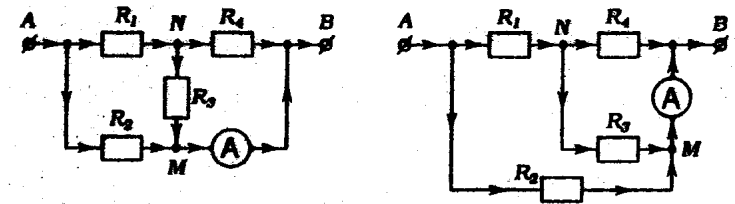
Số chỉ của vôn kế :

$$U_v = U_{MB} = U_{MN} + U_{NB} = U_3 + U_4 = 12V$$

b) Số chỉ của ampe kế

Do ampe kế có điện trở rất nhỏ nên hai điểm M, B coi như được nối bằng dây dẫn, hai điện trở R_3 và R_4 trở thành hai điện trở mắc song song nhau. Mạch điện được vẽ như hình bên.

$$\left[(R_3 // R_4) \text{ nt } R_1 \right] // R_2$$



$$\text{Điện trở tương đương : } R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 1,5\Omega$$

$$R_{134} = R_1 + R_{34} = 7,5\Omega$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_1 \text{ và } R_{34} : I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{134}} = 2,4A$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_2 : I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = 3A$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{NB} = U_{34} = I_{34} \cdot R_{34} = I_1 \cdot R_{34} = 3,6V$$

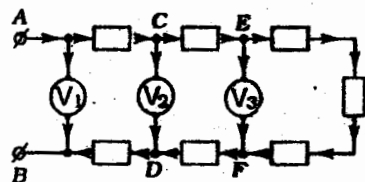
$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_3 : I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{U_{34}}{R_3} = 0,6A.$$

Áp dụng định luật nút mạch tại M, ta tính được cường độ qua ampe kế

$$I_A = I_2 + I_3 = 3,6A.$$

chiều dòng điện qua ampe kế từ M đến B.

19.3 Cho mạch điện như hình vẽ, các điện trở thuần có giá trị R giống nhau, các vôn kế có điện trở R_v giống nhau. Số chỉ của các vôn kế V_2, V_3 lần lượt là 22V và 6V. Tìm số chỉ của vôn kế V_1



GIẢI

Do tính đối xứng của mạch điện :

$$U_{CE} = U_{FD}, U_{AC} = U_{DB}$$

Ta có : $U_{CD} = U_{CE} + U_{EF} + U_{FD} = 2U_{CE} + U_{EF}$

Suy ra : $U_{CE} = \frac{1}{2}(U_{CD} - U_{EF}) = \frac{1}{2}(U_{V_2} - U_{V_3}) = 8V$

Định luật về nút tại E : $I_{CE} = I_{V_3} + I_{EFF}$

$$\frac{U_{CE}}{R} = \frac{U_{EF}}{R_v} + \frac{U_{EF}}{3R}$$

Với

$$U_{CE} = 8V, U_{EF} = 6V,$$

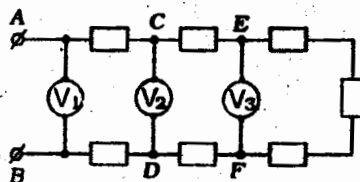
ta suy ra : $R_v = R$.

Định luật về nút tại C :

$$I_{AC} = I_{V_2} + I_{CE}$$

$$\frac{U_{AC}}{R} = \frac{U_{CD}}{R_v} + \frac{U_{CE}}{R}$$

Với $R_v = R, U_{CD} = 22V, U_{CE} = 8V$, ta suy ra $U_{AC} = 30V$



Số chỉ của vôn kế V_1 :

$$U_{V_1} = U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB} = 2U_{AC} + U_{CD} = 2U_{AC} + U_{V_2}$$

$$U_{V_1} = 82V$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

19.4 Cuộn dây đồng ($\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega m$) có $n = 1000$ vòng, đường kính mỗi vòng là $d = 6cm$. Mật độ dòng điện cho phép qua cuộn dây $i = 2A/mm^2$.

Tìm hiệu điện thế lớn nhất có thể đặt vào cuộn dây.

ĐS : $U \approx 6,6V$

19.5 Đoạn mạch gồm 4 đoạn dây cùng độ dài, cùng làm bằng một chất, diện tích tiết diện :

$S_1 = 1mm^2, S_2 = 2mm^2, S_3 = 3mm^2, S_4 = 4mm^2$. Bốn đoạn dây mắc nối tiếp vào nguồn $U = 100V$.

Tính hiệu điện thế trên mỗi đoạn dây.

ĐS : 48V, 24V, 16V, 12V

19.6 Vôn kế V được mắc vào mạch điện có $U = 220V$. Khi mắc nối tiếp V với $R_1 = 15k\Omega$ thì V chỉ $U_1 = 70V$. Khi mắc nối tiếp V với R_2 thì V chỉ $U_2 = 20V$.

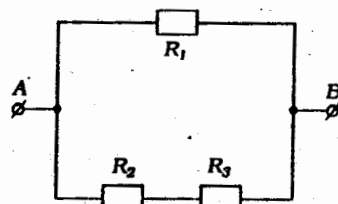
Tính R_2 .

ĐS : $70k\Omega$.

19.7 Hai điện trở R_1, R_2 mắc vào hiệu điện thế $U = 12V$. Lần đầu R_1, R_2 mắc song song, dòng điện mạch chính $I_s = 10A$. Lần sau R_1, R_2 mắc nối tiếp, dòng điện trong mạch $I_n = 2,4A$

Tìm R_1, R_2 .

ĐS : $2\Omega, 3\Omega$



19.8 Cho mạch điện như hình
 $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 15\Omega$, $R_3 = 5\Omega$,
 cường độ qua mạch chính $I = 2A$.

Tìm cường độ dòng điện qua
 từng điện trở.

ĐS: $I_1 = 1,25A$, $I_2 = I_3 = 0,75A$

19.9 Cho mạch điện như hình. Biết $U_{MN} = 18V$, cường độ qua
 R_2 là $I_2 = 2A$.

Tìm

a) R_1

nếu $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$

b) R_3

nếu $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 1\Omega$

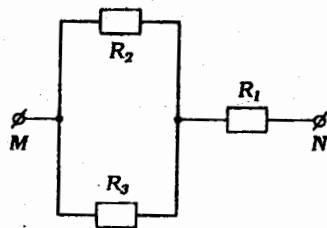
c) R_2

nếu $R_1 = 5\Omega$, $R_3 = 3\Omega$

ĐS: a/ $R_1 = 1\Omega$

b/ $R_3 = 0,6\Omega$

c/ $R_2 = 1,5\Omega$



19.10 Hai điện trở $R_1 = 2000\Omega$, $R_2 = 3000\Omega$ mắc nối tiếp với
 nguồn $U = 180V$ (không đổi). Vôn kế V mắc song song với R_1 , chỉ $60V$.

Tìm số chỉ của vôn kế đó khi mắc song song với R_2 .

ĐS: $90V$

19.11 Hai điện trở $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ chịu được cường độ
 dòng điện tối đa là $1A$ và $1,2A$.

Hỏi bộ hai điện trở chịu được cường độ tối đa là bao nhiêu nếu
 chúng mắc:

a/ Nối tiếp.

b/ Song song.

ĐS: a/ $1A$ b/ $2A$

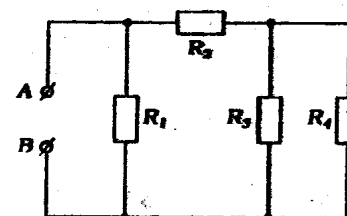
19.12 Cho đoạn mạch như hình.

$R_1 = 36\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $U_{AB} = 54V$.

Tìm cường độ dòng điện
 qua từng điện trở.

ĐS: $I_1 = 1,5A$, $I_2 = 2,25A$

$I_3 = 1,35A$, $I_4 = 0,9A$.



19.13 Cho đoạn mạch như
 hình.

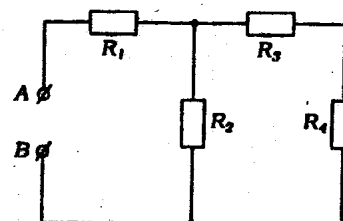
$R_1 = 22,5\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, $R_4 = 15\Omega$, $U_{AB} = 12V$.

Tính điện trở tương đương
 của mạch và cường độ qua từng
 điện trở.

ĐS:

$R = 30\Omega$, $I_1 = 0,4A$, $I_2 = 0,25A$

$I_3 = I_4 = 0,15A$.



19.14 Cho đoạn mạch như hình.

$R_1 = R_3 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 4\Omega$, cường độ
 qua mạch chính $I = 3A$.

Tìm

a/ U_{AB} .

b/ Hiệu thế 2 đầu mỗi
 điện trở.

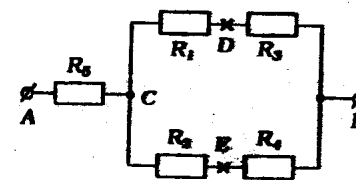
c/ U_{AD} , U_{ED} .

d/ Nối D, E bằng tụ điện

$C = 2\mu F$.

Tìm điện tích của tụ.

ĐS: a/ $U_{AB} = 18V$, b/ $U_5 = 12V$, $U_1 = U_3 = 3V$,



$$U_2 = 4V, U_4 = 2V \text{ c/ } U_{AD} = 15V,$$

$$U_{ED} = -1V \text{ d/ } Q = 2.10^{-6}C.$$

19.15 Cho mạch điện như hình.

$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 2\Omega, R_4 = 3\Omega, R_5 = 4\Omega.$$

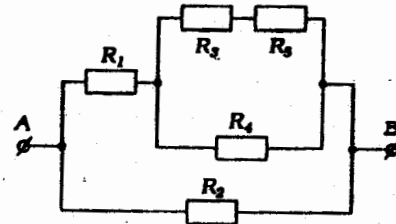
Cường độ qua R_3 là 0,5A.

Tìm cường độ qua từng điện trở và U_{AB} .

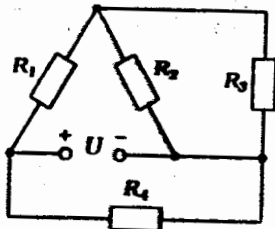
ĐS :

$$I_5 = 0,5A, I_4 = 1A, I_1 = 1A,$$

$$I_2 = 3A, U_{AB} = 18V.$$



19.16 Cho mạch điện như hình.



$R_1 = 18\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega$
cường độ qua nguồn $I = 0,5A$, hiệu
điện thế hai đầu R_3 là $U_3 = 2,4V$.

Tính R_4 .

$$\text{ĐS : } 20\Omega$$

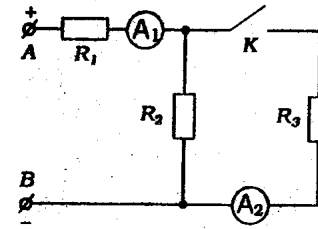
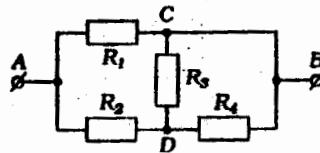
19.17 Cho mạch điện như hình.

$$R_1 = 15\Omega, R_2 = R_3 = R_4 = 10\Omega$$

Dòng điện qua CB là 3A.

Tìm U_{AB} .

$$\text{ĐS : } 30V$$



19.18 Cho mạch điện như hình, $U_{AB} = 6V$. Khi K mở, ampe kế A_1 chỉ 1,2A. Khi K đóng, ampe kế A_1 và A_2 lần lượt chỉ 1,4A; 0,5A.

Bỏ qua điện trở ampe kế.

Tính R_1, R_2, R_3 .

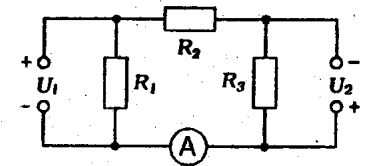
$$\text{ĐS : } 3\Omega ; 2\Omega ; 3,6\Omega$$

19.19 Cho mạch điện như hình, nguồn $U_1 = 3,6V, U_2 = 2,4V$, điện trở $R_1 = 12\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 10\Omega$.

Tính cường độ dòng điện qua ampe kế và mỗi nguồn.

Biết điện trở ampe kế rất bé.

$$\text{ĐS : } 0,6A; 0,9A; 1A$$



19.20 Cho mạch điện như hình. $R_4 = R_2$.

Nếu nối A, B với nguồn

$U = 120V$ thì

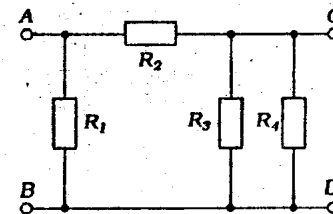
$$I_3 = 2A, U_{CD} = 30V$$

Nếu nối C, D với nguồn

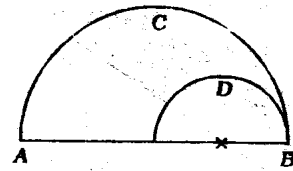
$$U' = 120V \text{ thì } U'_{AB} = 20V.$$

Tìm R_1, R_2, R_3

$$\text{ĐS : } 6\Omega, 30\Omega, 15\Omega$$



19.21 Các đoạn dây đồng chất, tiết diện như nhau có dạng thẳng và bán nguyệt được nối như hình.



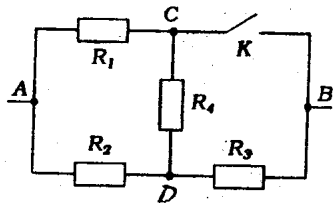
Dòng điện đi vào ở A và đi ra ở B.

Tính tỉ số cường độ dòng điện qua 2 đoạn dây bán nguyệt.

ĐS : 1,318

19.22 Cho mạch điện như hình :

$R_1 = R_3 = 45\Omega$, $R_2 = 90\Omega$, $U_{AB} = 90V$.

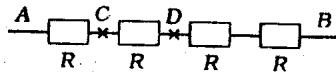


Khi K mở hoặc đóng, cường độ dòng điện qua R_4 là như nhau.

Tính R_4 và hiệu điện thế hai đầu R_4 .

ĐS : 15Ω , $10V$

19.23 Cho mạch điện như hình, $U_{AB} = 132V$, vôn kế V mắc vào A, D chỉ $44V$.



Hỏi số chỉ vôn kế đó khi mắc vào A, C.

ĐS : $24V$.

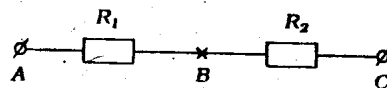
19.24 Cho mạch điện như hình.

Vôn kế (điện trở R_V);

mắc vào A-C chỉ $24V$;

mắc vào A-B, chỉ $12V$;

mắc vào B-C, chỉ $8V$.



Coi U_{AC} không đổi.

a/ Tìm U_{AC} , U_{AB} , U_{BC} khi không mắc vôn kế.

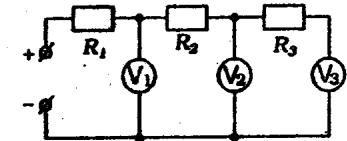
b/ Tính R_1 , R_2 . Biết $R_V = 6$.

ĐS : a/ $U_{AC} = 24V$, $U_{AB} = 14,4V$, $U_{BC} = 9,6V$

b/ $R_1 = 3K\Omega$, $R_2 = 2K\Omega$.

19.25 Cho mạch điện như hình, vôn kế V_1 chỉ $5V$, V_3 chỉ $1V$.

Biết các vôn kế giống nhau và $R_1 = R_2 = R_3$.



Tìm số chỉ của vôn kế V_2

ĐS : $2V$

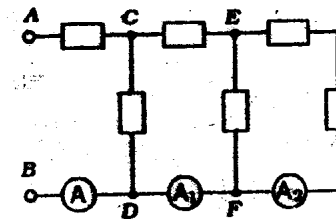
19.26 Cho mạch điện như hình, ba ampe kế có điện trở như nhau. Các điện trở thuần có giá trị R giống nhau.

Ampe kế A_2 chỉ $0,2A$,

Ampe kế A_1 chỉ $0,8A$

Tìm số chỉ ampe kế A.

ĐS : $3A$.



19.27 Nguồn hiệu điện thế U không đổi, một vôn kế và hai điện trở $R_1 = 300\Omega$, $R_2 = 225\Omega$ mắc vào nguồn.

a) R_1 nối tiếp R_2 , vôn kế mắc vào hai đầu R_1 chỉ $9,5V$. Tìm số chỉ vôn kế nếu mắc vào hai đầu R_2

b) R_1 song song R_2 , cả hai mắc nối tiếp với vôn kế.

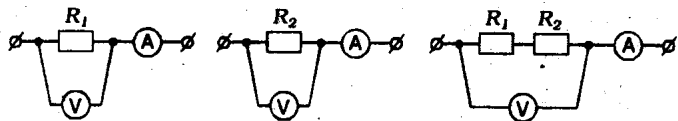
Tìm số chỉ vôn kế.

c) R_1 , R_2 , vôn kế nối tiếp nhau, vôn kế chỉ $12V$.

Tìm số chỉ vôn kế khi R_1 , R_2 , vôn kế mắc song song.

ĐS : a) $7,125V$ b) $16,625V$ c) $19V$.

19.28 Hai điện trở R_1 , R_2 , ampe kế và vôn kế lần lượt mắc



thành ba sơ đồ trên. Số chỉ vôn kế luôn là 180V, số chỉ ampe kế lần lượt là 0,6A ; 0,9A ; 0,5A.

Tính R_1 , R_2 .

$$DS: R_1 = 600\Omega;$$

$$R_2 = 300\Omega.$$

19.29 Dây dẫn có $S = 3,2\text{mm}^2$, $\rho = 2,5 \cdot 10^{-8}\Omega\text{m}$, có dòng điện $I = 4\text{A}$ đi qua.

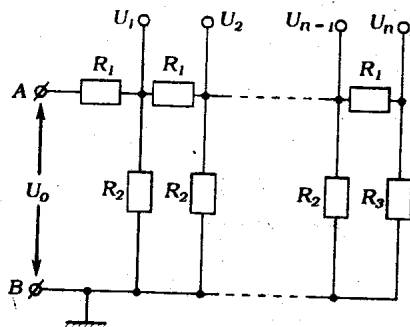
Tìm lực điện trường tác dụng lên mỗi electron tự do trong dây.

$$DS: 5 \cdot 10^{-21}\text{N}$$

19.30* Cho mạch điện như hình : Nối A, B với nguồn hiệu điện thế U_0 .

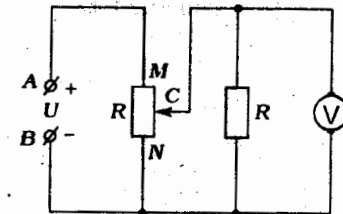
Tìm liên hệ giữa R_1 , R_2 , R_3 để với số ô điện trở tùy ý, ta luôn có

$$\frac{U_{i-1}}{U_i} = k = \text{hằng số } (k > 1)$$



$$DS: R_1/R_3 = k-1; R_2/R_3 = \frac{k}{k-1}$$

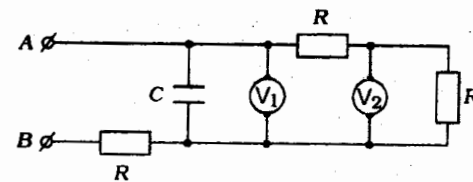
19.31* Cho mạch điện như hình vẽ. Điện trở $R_{MN} = R$. Ban đầu con chạy C tại trung điểm MN. Phải thay đổi vị trí con chạy C như thế nào để số chỉ vôn kế (V) không thay đổi khi tăng hiệu điện thế vào (U_{AB}) lên gấp đôi. Điện trở vôn kế R_V vô cùng lớn.



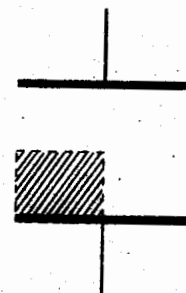
$$DS: R_{CN} = (\sqrt{5}-2)R.$$

19.32* Cho mạch điện như hình bên

Ba điện trở R giống nhau, hai vôn kế có cùng điện trở R_V , một tụ điện phẳng C có các bản hình chữ nhật; điện trở các dây nối không đáng kể. Người ta đặt vào hai điểm A, B một hiệu điện thế một chiều $U_{AB} = 150\text{V}$ khi đó vôn kế V_2 chỉ 10V.



a) Tính điện tích trên mỗi bản của tụ điện biết rằng điện dung của tụ là $C = 5 \cdot 10^{-4}\text{F}$.



b) Đặt một khối điện môi đồng chất hình hộp chữ nhật có diện tích đáy bằng $\frac{1}{2}$ diện tích của bản, có chiều cao bằng $\frac{1}{2}$ khoảng cách giữa hai bản, áp sát vào một trong hai bản như hình bên. Hỏi điện tích trên mỗi bản tăng

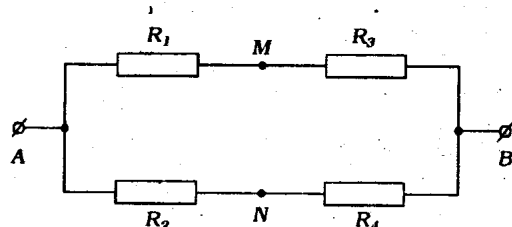
gấp mấy lần, biết rằng hằng số điện môi $\epsilon = 2$.

DS : a) $q = 2 \cdot 10^{-2} \text{C}$; b) $\frac{Q'}{Q} = \frac{7}{6}$.

Bài toán 20

Mạch cầu điện trở - Mạch cầu có tụ điện

- Mạch cầu điện trở cân bằng : $U_{MN} = 0$



• Điều kiện cân bằng :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Leftrightarrow R_1 R_4 = R_2 R_3$$

• Hệ quả của mạch cầu điện trở cân bằng :

* Nối MN bằng dây dẫn hay điện trở R_5 .

Khi cầu cân bằng ta có $I_{MN} = 0$

* MN được nối sẵn bằng dây nối hay điện trở R_5 .

Khi cầu cân bằng, có thể bỏ dây nối hay điện trở R_5 .

- Mạch cầu điện trở không cân bằng : $U_{MN} \neq 0$

Nối MN bằng dây dẫn hay bằng điện trở R_5 ; $I_{MN} \neq 0$

• Áp dụng phương pháp chọn gốc điện thế :

* Lập phương trình về cường độ tại các nút.

* Dùng định luật Ôm, biến đổi thành các phương trình về V_M, V_N theo $V_A; V_B$

* Chọn $V_B = 0$. Giải hệ phương trình để tìm V_M, V_N theo $V_A = U_{AB}$. Suy ra các cường độ.

• Có thể áp dụng phép biến đổi $Y \Leftrightarrow \Delta$ (định lý Kennoli)

- Mạch cầu điện trở có tụ điện :

• Áp dụng công thức định luật Ôm đối với các đoạn mạch có điện trở và các công thức về tụ điện.

• LƯU Ý :

* Không có dòng điện trong các đoạn mạch chứa tụ điện mắc nối tiếp

* Dòng tích điện hay phóng điện chỉ tồn tại trong khoảng thời gian rất ngắn.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

20.1 Cho mạch điện như hình vẽ.

a) Tính U_{MN} theo $U_{AB}, R_1, R_2, R_3, R_4$.

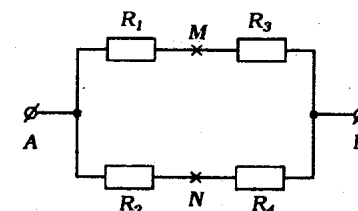
b) Cho $R_1 = 2\Omega, R_2 = R_3 = 3\Omega,$

$R_4 = 7\Omega, U_{AB} = 15V$

Mắc một vôn kế có điện trở rất lớn vào M, N.

Tính số chỉ của vôn kế.

Cho biết cực dương của vôn kế phải mắc vào điểm nào ?



c) Chứng minh rằng : $U_{MN} = 0 \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

Khi này nếu nối M, N bằng dây dẫn thì cường độ dòng điện qua mạch chính và các điện trở thay đổi như thế nào.

GIẢI

a) Biểu thức của U_{MN} :

Mạch điện: $(R_1 \text{ nt } R_3) // (R_2 \text{ nt } R_4)$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_1 \text{ và } R_3: I_{1,3} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_3}$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_2 \text{ và } R_4: I_{2,4} = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_4}$$

$$\text{Hiệu điện thế: } U_{AM} = U_1 = I_1 \cdot R_1 = U_{AB} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$U_{AN} = U_2 = I_2 \cdot R_2 = U_{AB} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

$$U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = U_{AN} - U_{AM}$$

$$U_{MN} = U_{AB} \left(\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) \text{ (V)}$$

b) Số chỉ của vôn kế:

Thay số vào kết quả ở câu a) ta được:

$$U_{MN} = -1,5\text{V}; (V_M < V_N)$$

Số chỉ của vôn kế là: $U_v = 1,5\text{V}$; cực dương vôn kế mắc vào N.

c) Điều kiện để $U_{MN} = 0$:

$$U_{MN} = 0 \Leftrightarrow \frac{R_2}{R_2 + R_4} = \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$\Leftrightarrow R_2(R_1 + R_3) = R_1(R_2 + R_4)$$

$$\text{Suy ra: } R_2 R_3 = R_1 R_4 \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Khi này, nếu nối M, N bằng dây dẫn thì cường độ dòng điện qua dây dẫn bằng 0, cường độ qua mạch chính và các điện trở trong mạch không thay đổi.

20.2 Cho mạch điện như hình vẽ.

$$R_1 = 8\Omega; R_2 = 2\Omega; R_3 = 4\Omega;$$

$$U_{AB} = 9\text{V}, R_A = 0.$$

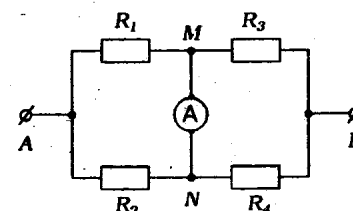
a) Cho $R_4 = 4\Omega$. Xác

định chiều và cường độ dòng điện qua ampe kế.

b) Tính lại câu a) khi

$$R_4 = 1\Omega.$$

c) Biết dòng điện qua ampe kế có chiều từ N đến M, cường độ $I_A = 0,9\text{A}$. Tính R_4 .



GIẢI

a) Dòng điện qua ampe kế khi $R_4 = 4\Omega$

Mạch điện: $(R_1 // R_2) \text{ nt } (R_3 // R_4)$

$$\text{Điện trở tương đương: } R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 1,6\Omega$$

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega$$

$$R_{AB} = R_{12} + R_{34} = 3,6\Omega$$

$$\text{Cường độ dòng điện mạch chính: } I_C = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = 2,5\text{A}$$

$$\text{Hiệu điện thế: } U_{AM} = U_{12} = I_C \cdot R_{12} = 4\text{V}$$

$$U_{MB} = U_{34} = U_{AB} - U_{AM} = 5\text{V}$$

Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AM}}{R_1} = 0,5A$.

Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_{MB}}{R_3} = 1,25A$

Tại nút M, ta thấy $I_1 < I_3$ nên dòng điện qua ampe kế sẽ có chiều từ N lên M.

$$I_1 + I_A = I_3$$

b) Dòng điện qua ampe kế khi $R_4 = 1\Omega$:

Khi $R_4 = 1\Omega$:

Ta thấy: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

Mạch điện trở là mạch cầu cân bằng:

Vậy: $I_A = 0$.

c) Giá trị của R_4 :

Ta tính giống như câu a) với ẩn R_4 .

Đặt $R_4 = x$:

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4x}{4 + x}$$

$$R_{AB} = R_{12} + R_{34} = 1,6 + \frac{4x}{4 + x} = \frac{5,6x + 6,4}{4 + x}$$

$$I_C = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{9(4 + x)}{5,6x + 6,4}$$

$$U_{AM} = I_C \cdot R_{12} = \frac{14,4(4 + x)}{5,6x + 6,4}$$

$$U_{MB} = I_C \cdot R_{34} = \frac{36x}{5,6x + 6,4}$$

$$I_1 = \frac{U_{AM}}{R_1} = \frac{1,8(4 + x)}{5,6x + 6,4}$$

$$I_3 = \frac{U_{MB}}{R_3} = \frac{9x}{5,6x + 6,4}$$

Theo đề, I_A có chiều N đến M: $I_1 + I_A = I_3$

$$\frac{1,8(4 + x)}{5,6x + 6,4} + 0,9 = \frac{9x}{5,6x + 6,4}$$

Giải phương trình, ta suy ra: $R_4 = x = 6\Omega$

CHÚ Ý: Cách khác

Tại nút A:

$$I_1 + I_A = I_3$$

$$\frac{U_1}{R_1} + I_A = \frac{U_3}{R_3}$$

$$\frac{U_1}{8} + 0,9 = \frac{U_3}{4}$$

$$U_1 + 7,2 = 2U_3 \quad (1)$$

Ta lại có: $U_1 + U_3 = U_{AB} = 9V \quad (2)$

Giải (1), (2), ta suy ra:

$$U_1 = 3,6V; U_3 = 5,4V$$

Do đó:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_1}{R_2} = 1,8A$$

Tại nút N:

$$I_2 = I_A + I_4$$

Suy ra:

$$I_4 = I_2 - I_A = 0,9A$$

$$R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{U_3}{I_4} = 6\Omega$$

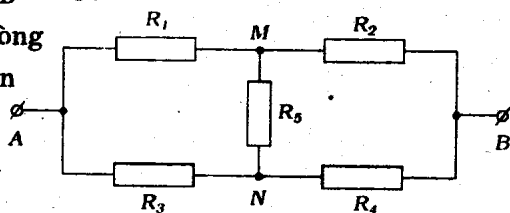
20.3 Cho mạch điện có sơ đồ như hình sau đây :

$$R_1 = 1\Omega ; R_2 = 0,4\Omega$$

$$R_3 = 2\Omega ; R_4 = 6\Omega$$

$$R_5 = 1\Omega ; U_{AB} = 6V$$

Tính cường độ dòng
điện qua mỗi điện
trở và điện trở
tương đương của
đoạn mạch.



GIẢI

Giả sử các dòng điện có chiều như hình bên dưới.

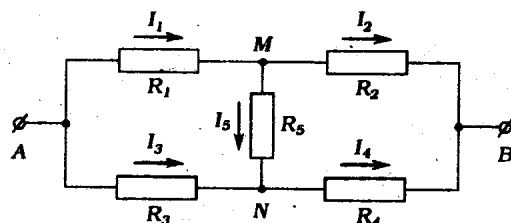
– Định luật về nút ở

M, N cho :

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_5 \\ I_4 = I_3 + I_5 \end{cases}$$

Áp dụng định luật

Ôm, ta có :



$$\begin{cases} \frac{V_A - V_M}{R_1} = \frac{V_M - V_B}{R_2} + \frac{V_M - V_N}{R_5} \\ \frac{V_N - V_B}{R_4} = \frac{V_A - V_N}{R_3} + \frac{V_M - V_N}{R_5} \end{cases}$$

Chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U_{AB} = U$. Thay các giá trị của điện trở, ta được :

$$\begin{cases} U - V_M = \frac{V_M}{0,4} + V_M - V_N \\ \frac{V_N}{6} = \frac{U - V_N}{2} + V_M - V_N \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 9V_M - 2V_N = 2U \\ 10V_N - 6V_M = 3U \end{cases} \Rightarrow V_M = \frac{U}{3}, V_N = \frac{U}{2}$$

hay : $V_M = 2V ; V_N = 4V$

– Do đó ta có :

$$I_1 = \frac{V_A - V_M}{R_1} = \frac{6 - 2}{1} = 4A ; I_2 = \frac{V_M}{R_2} = \frac{2}{0,4} = 5A$$

$$I_3 = \frac{V_A - V_N}{R_3} = \frac{6 - 3}{2} = 1,5A ; I_4 = \frac{V_N}{R_4} = \frac{3}{6} = 0,5A$$

$$I_5 = I_{NM} = I_2 - I_1 = 5 - 4 = 1A$$

$$I_{ch} = I_1 + I_3 = 5,5A \Rightarrow R_{AB} = \frac{U}{I_{ch}} = \frac{6}{5,5} \approx 1,1\Omega$$

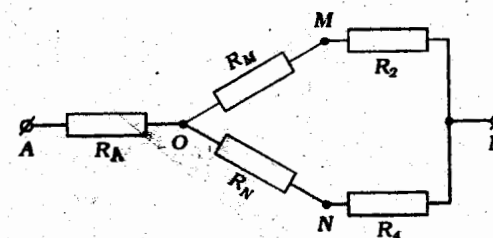
CHÚ Ý :

Áp dụng biến đổi $\Delta \rightarrow Y$ cho mạng AMN ta có :

$$\begin{cases} R_A = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{1 \cdot 2}{4} = 0,5\Omega \\ R_M = \frac{R_1 R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{1}{4} = 0,25\Omega \\ R_N = \frac{R_3 R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{1 \cdot 2}{4} = 0,5\Omega \end{cases}$$

Suy ra :

$$R_{OB} = \frac{(R_M + R_2)(R_N + R_4)}{R_M + R_N + R_2 + R_4} = \frac{0,65 \cdot 6,5}{7,15} = \frac{13\Omega}{22}$$



$$R_{AB} = R_A + R_{OB} = 0,5 + \frac{13}{22} = \frac{12}{11} \approx 1,1\Omega$$

Do đó :

$$I_{ch} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{11}{2} = 5,5A$$

$$\Rightarrow U_{OB} = R_{OB} \cdot I_{ch} = \frac{13}{22} \cdot \frac{11}{2} = 3,25V$$

$$\text{Vậy : } I_2 = \frac{U_{OB}}{R_M + R_2} = \frac{3,25}{0,65} = 5A ;$$

$$I_4 = \frac{U_{OB}}{R_N + R_4} = \frac{3,25}{6,5} = 0,5A$$

$$\Rightarrow U_{MB} = R_2 I_2 = 0,4 \cdot 5 = 2V ; U_{AM} = U - U_{MB} = 4V$$

$$I_1 = \frac{U_{AM}}{R_1} = \frac{4}{1} = 4A ; I_3 = I_{ch} - I_1 = 1,5A$$

$$I_5 = I_2 - I_1 = 5 - 4 = 1A$$

20.4 Cho mạch điện như hình vẽ.

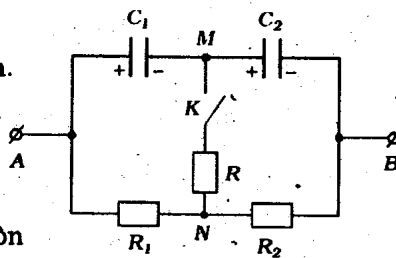
$$U_{AB} = 12V, C_1 = 6\mu F, C_2 = 9\mu F$$

$$R_1 = 5\Omega ; R_2 = 10\Omega ; R = 25\Omega .$$

Ban đầu khóa K mở, các

tụ chưa được tích điện trước khi mắc vào mạch.

Tính điện lượng chuyển qua điện trở R khi K đóng và cho biết chiều chuyển động của electron qua R.



GIẢI

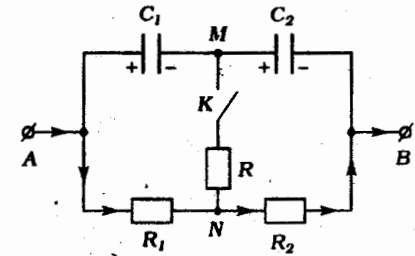
Khi K mở hoặc đóng, dòng điện cũng chỉ đi qua các điện trở R_1 và R_2 mà không đi qua C_1 , C_2 và R

$$I = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} = 0,8A$$

$$U_{AN} = U_1 = IR_1 = 4V$$

$$U_{NB} = U_2 = U_{AB} - U_1 = 8V$$

- Khi K mở, C_1 và C_2 mắc nối tiếp, dấu điện tích trên các bản tụ như hình vẽ, độ lớn điện tích mỗi tụ : $Q_1 = Q_2$



Tổng đại số điện tích các bản tụ nối với M :

$$Q_M = -Q_1 + Q_2 = 0$$

- Khi K đóng, sau thời gian ngắn phân bố lại điện tích, dòng điện qua R bằng không nên $U_{MN} = 0, V_M = V_N$

$$\text{Điện tích của tụ } C_1: Q'_1 = C_1 \cdot U_{AM} = C_1 \cdot U_{AN} = 24\mu C .$$

$$\text{Điện tích của tụ } C_2: Q'_2 = C_2 \cdot U_{MB} = C_2 \cdot U_{NB} = 72\mu C .$$

Dấu điện tích trên các bản tụ là không đổi nên tổng đại số điện tích của các bản tụ nối với M là :

$$Q'_M = -Q'_1 + Q'_2 = 48\mu C .$$

Điện lượng qua R khi K đóng :

$$\Delta Q = |Q'_M - Q_M| = 48\mu C .$$

Do trước khi đóng K : $Q_M = 0$

và sau khi đóng K : $Q'_M > 0$

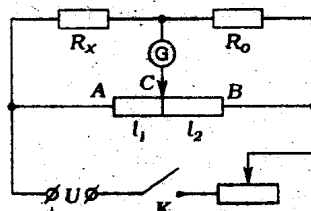
Nên electron (mang điện tích âm) di chuyển theo chiều rời khỏi M (từ M đến N).

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

20.5 Hình bên là sơ đồ cầu Uyxton để đo R_x . AB là dây điện trở đồng chất hình trụ cẳng thẳng, R_0 đã biết.

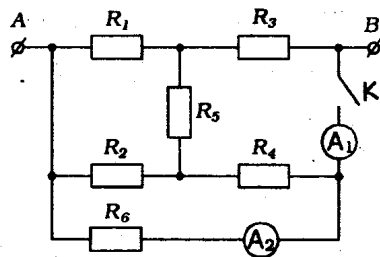
Khi di chuyển con chạy, tại vị trí $I_g = 0$, $AC = l_1$, $CB = l_2$.

Tìm R_x



$$DS: R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2}$$

20.6 Cho mạch như hình :



$R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$,
 $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$,
 $R_5 = 2,4\Omega$, $R_6 = 4\Omega$,
 $R_{A1} = R_{A2} = 0$,
 $U_{AB} = 48V$ (không đổi).
 Tìm số chỉ các ampe kế khi :
 a) K mở
 b) K đóng.

DS: a) 0 ; 0,48A b) 20A ; 12A.

20.7 Cho mạch điện như hình

$U_{AB} = 75V$, $R_2 = 2R_1 = 6\Omega$, $R_3 = 9\Omega$

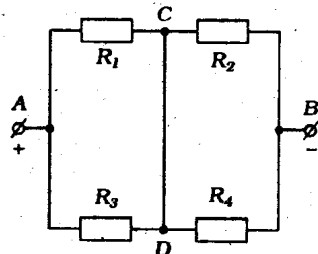
a) Cho $R_4 = 2\Omega$. Tính cường độ qua CD.

b) Tính R_4 khi cường độ qua CD là 0.

c) Tính R_4 khi cường độ qua CD là 2A.

DS: a) 10A b) 18Ω

c) 8,81Ω hoặc 162Ω.

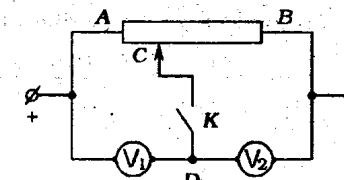


20.8 Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 270V$, điện trở AB có giá trị $R = 30k\Omega$, các vôn kế V_1 , V_2 có điện trở

$R_1 = 5k\Omega$, $R_2 = 4k\Omega$.

a) Tìm số chỉ của các vôn kế V_1 , V_2 khi K mở.

b) K đóng, tìm vị trí C để số chỉ của hai vôn kế bằng nhau. Tính cường độ dòng điện qua khóa K lúc này.



c) Muốn số chỉ của các vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở, C phải ở vị trí nào ?

d) Khi khóa K đóng và C di chuyển từ A đến B, số chỉ của các vôn kế thay đổi thế nào ?

DS: a) $U_1 = 150V$; $U_2 = 120V$

b) $AC = \frac{1}{3}AB$; $I_{CD} = 6,75mA$

c) $AC = \frac{5}{9}AB$

d) Số chỉ U_1 tăng, U_2 giảm.

20.9 Cho mạch điện như hình vẽ, $U = 12V$,

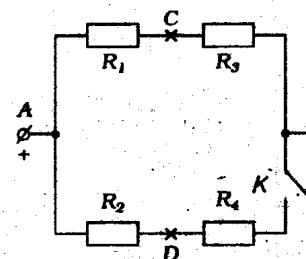
$R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$

a) Khi K mở, hiệu điện thế giữa C, D là 2V. Tìm R_1

b) Khi K đóng, hiệu điện thế giữa C, D là 1V. Tìm R_4

DS: a) $R_1 = 1\Omega$

b) $R_4 = 9\Omega$, hoặc 33Ω.



20.10 Cho mạch điện như hình, các ampe kế có cùng điện trở R_A . Biết ampe kế A_1 chỉ 3A, A_2 chỉ 4A.

a) Tìm số chỉ ampe kế A_3 , A_4 và cường độ dòng điện qua R.

b) Biết $R = 3\Omega$. Tìm R_A .

ĐS: a) 1A; 5A; 2A b) 1Ω

20.11 Cho mạch điện như hình

$U_{AB} = 12V$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, R_V rất lớn.

Khi hai điện trở r nối tiếp, vôn kế chỉ U_1 , khi chúng song song vôn kế chỉ $U_2 = 3U_1$

a) Tính r

b) Tính số chỉ V khi nhánh DB chỉ có một điện trở r.

c) Vôn kế đang chỉ U_1 (hai r nối tiếp). Để V chỉ 0:

— Ta chuyển chỗ một điện trở, đó là điện trở nào và chuyển đi đâu?

— Hoặc đổi chỗ hai điện trở. Đó là các điện trở nào?

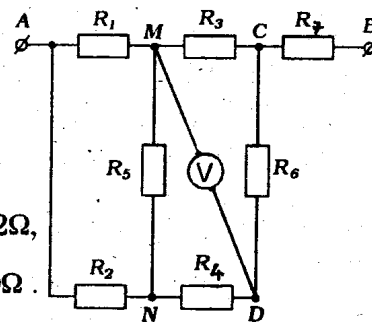
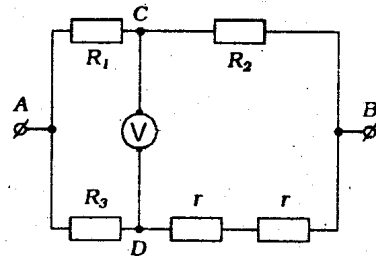
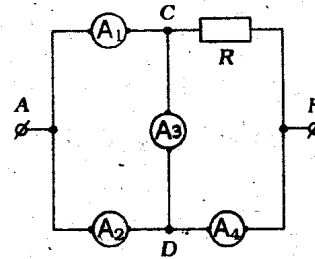
ĐS: a) 20Ω b) 4V.

20.12 Cho mạch điện như hình

$U_{AB} = 33V$, $R_1 = 21\Omega$, $R_2 = 42\Omega$,

$R_3 = R_4 = R_6 = 20\Omega$, $R_5 = 30\Omega$.

$R_7 = 2\Omega$, R_V rất lớn.



a) Tìm số chỉ của vôn kế.

b) Thay vôn kế bằng ampe kế A ($R_A = 0$). Tìm số chỉ của ampe kế.

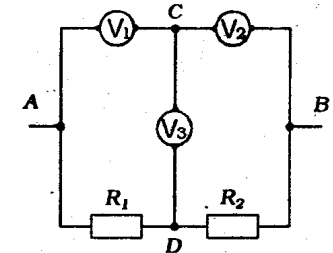
ĐS: a) 7,5V b) 0,404A.

20.13 Cho mạch điện như hình

$U_{AB} = 5V$, các vôn kế có điện trở giống nhau, V_2 chỉ 2V.

a) Tìm số chỉ V_3

b) Biết $R_1 = 4,8R_2$. Tính R_V theo R_1 , R_2 .



ĐS: a) 1V b) $R_V = 1,25 R_1 = 6R_2$.

20.14* Cho mạch điện như hình

$R_1 = 9\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R = 30\Omega$, $R_A = 0$, $U_{AB} = 12,32V$.

a) Khóa K mở, tìm số chỉ các ampe kế.

b) K đóng, tìm vị trí con chạy D để:

1) Ampe kế A_3 chỉ 0.

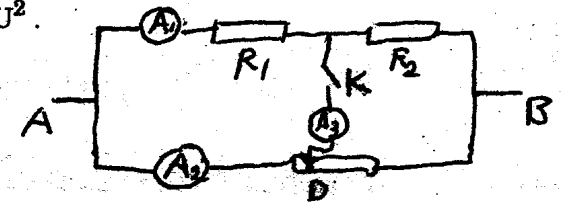
2) Hai trong ba ampe kế chỉ cùng giá trị. Tính giá trị này.

ĐS: a) 0,82A; 0,41A; b) 18Ω; 12Ω; 9Ω; 30Ω; 6Ω; 24,75Ω

20.15* Cho mạch cầu như

hình vẽ. Các điện trở:

$R_1 = 2\Omega$; $R_2 = 4\Omega$; $R_3 = 1\Omega$; X là một varistor (điện trở phi tuyến) có dòng i phụ thuộc vào hiệu điện thế U đặt vào hai đầu varistor theo biểu thức $i = kU^2$.



a) Vẽ đường đặc trưng vôn-ampe $U = f(i)$ của varistor.

Gọi $R = \frac{dU}{di}$ là điện trở tức thời của varistor. Có thể nói gì về điện trở này khi i biến thiên từ 0 đến $+\infty$.

b) Biết $k = 0,25A/V^2$

Người ta điều chỉnh hiệu điện thế $U_0 = U_{AD}$ để cầu cân bằng. Tính công suất P tiêu thụ trên varistor. Tính các dòng i_1, i_2 và hiệu điện thế U_0 .

c) R_1, R_2, R_3 và k có giá trị bất kì. Tính U_0 để cầu cân bằng. Tính dòng I trong mạch chính. Thay X bằng một biến trở R , ta có cầu Uytxtôn. Hãy nêu sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uytxtôn và cầu nghiên cứu trong bài này?

ĐS: a) $U = \frac{1}{\sqrt{k}} \sqrt{i}$. khi $i \rightarrow 0 : R \rightarrow \infty$ khi $i \rightarrow \infty : R \rightarrow 0$

(điện trở không phi tuyến)

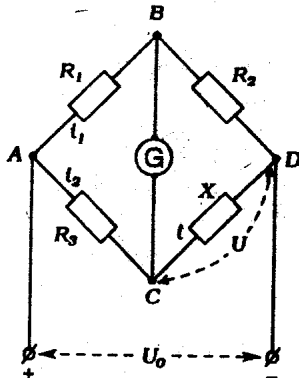
b) $P_X = 2W$; $i_1 = 0,5A$; $i_2 = 1A$; $U_0 = 3V$

c) $U_0 = \frac{R_1(R_1 + R_2)}{k R_2^2 \cdot R_3}$; $I = \frac{R_1}{k R_2^2 R_3} \left(1 + \frac{R_1}{R_3}\right)$

20.16* Cho mạch điện như hình, (Đ) là một điện kế.

a) $R_3 = R_4 = R$; $R_5 = 2R$. Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $b = \frac{R_6}{R_3}$. Tìm

liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua (Đ) khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi.



b) $R_3 = R_6$; các điện trở khác bất kì.

Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $c = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$; $d = \frac{R_6}{R_3 + R_4}$.

* Tìm liên hệ giữa a, c , và d để không có dòng qua (Đ).

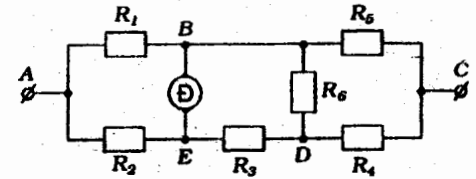
* Gọi dòng qua R_k là i_k

(thí dụ dòng qua R_1 là $i_1 \dots$).

Hiệu điện thế đặt vào AC là U .

Chứng minh rằng khi không có dòng qua (Đ) các dòng i_k chỉ

phụ thuộc vào U và ba trong sáu điện trở của mạng, và chỉ rõ đó là các điện trở nào.



* Áp dụng số: Cho $U = 7V$; $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = R_6 = 3\Omega$;

$R_4 = 1\Omega$. Tính các dòng và R_5 khi không có dòng qua (Đ).

ĐS: a) $3a + 2ab = 2b$

b) $\frac{1}{a} = \frac{1+c}{d} + 1$

* $i_1 = \frac{R_2 U}{R_1 R_2 + (R_2 - R_1) R_5}$;

$i_2 = i_3 = i_6 = \frac{i_4}{2} = \frac{R_1 U}{R_1 R_2 + (R_2 - R_1) R_5}$

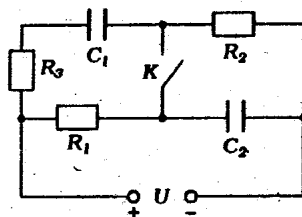
$i_5 = \frac{(R_2 - R_1) \cdot U}{R_1 R_2 + (R_2 - R_1) R_5}$

* $R_5 = 5\Omega$; $i_1 = 2A$; $i_2 = i_3 = i_6 = 1A$;

$i_4 = 2A$; $i_5 = 1A$

20.17* Cho mạch điện như hình :
 $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 10\Omega$,
 $C_1 = 20\mu F$, $C_2 = 30\mu F$, $U = 50V$

a) Tính điện tích các tụ khi K mở, K đóng.



b) Ban đầu K mở. Tính điện lượng qua R_3 khi K đóng.

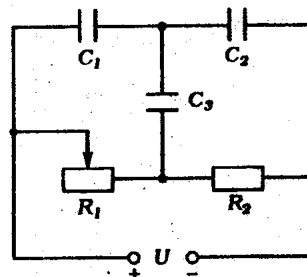
ĐS: a) $1000\mu C$; $1500\mu C$; $400\mu C$; $900\mu C$

20.18* Cho mạch điện như hình, $C_1 = C_2 = C_3 = C$, R_1 là biến trở, $R_2 = 600\Omega$, $U = 120V$.

a) Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1 . Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$

b) Biết hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ là 70V.

Hỏi R_1 có thể thay đổi trong khoảng giá trị nào ?



ĐS: a) 56V, 64V, 8V.

b) $200 \leq R_1 \leq 1800\Omega$.

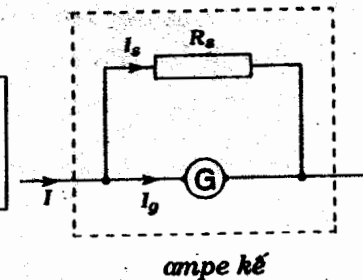
§7. ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

A - TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Sơ của ampe kế

– Hệ thức liên lạc giữa các cường độ dòng điện trong ampe kế :

$$I = \left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right) \cdot I_g = (1 + n) \cdot I_g$$



– Ứng dụng :

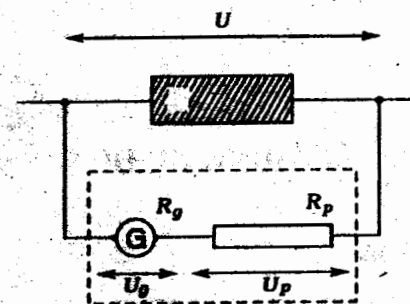
Mở rộng phạm vi đo (thang đo) của ampe kế

$$I = \left(1 + \frac{R_A}{R_s}\right) \cdot I_A$$

II. Điện trở phụ của vôn kế

– Hệ thức liên lạc giữa các hiệu điện thế trong vôn kế :

$$U = \left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) U_g = (1 + n) U_g$$



– Ứng dụng :

Mở rộng phạm vi đo (thang đo) của vôn kế

$$U = \left(1 + \frac{R_p}{R_v}\right) U_v$$

CHÚ Ý : Khi mắc thêm điện trở phụ vào ampe kế hay vôn kế để mở rộng thang đo lên n lần, độ nhạy của máy đo giảm n lần.

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 21

Ampe kế mắc song và vôn kế mắc điện trở phụ.

– Áp dụng các công thức về cường độ đối với ampe kế và về hiệu điện thế đối với vôn kế.

– Các giá trị của cường độ và hiệu điện thế có liên quan tới phép tính là *giá trị cực đại* hay *giá trị của một độ chia*.

– Với các máy đo có nhiều thang đo, để ý xác định đúng *điện trở phụ* mắc vào máy.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

21.1 Một điện kế có điện trở $R_g = 12\Omega$, đo được dòng điện lớn nhất là 20mA.

a) Để biến điện kế thành ampe kế đo được dòng điện lớn nhất là 0,5A, phải mắc song thế nào và có giá trị bao nhiêu?

b) Để biến điện kế thành vôn kế đo được hiệu điện thế lớn nhất là 12V, phải mắc điện trở phụ cách nào và có giá trị bao nhiêu?

GIẢI

a) *Xác định song của ampe kế*

Để biến điện kế thành ampe kế, ta phải mắc thêm một song song với điện kế.

Ta có :
$$I = \left(1 + \frac{R_g}{R_p}\right) I_g$$

Khi dòng điện mạch ngoài lớn nhất là $I = 0,5A$ thì cường độ dòng điện lớn nhất qua điện kế sẽ là $I_g = 0,02A$

$$0,5 = \left(1 + \frac{12}{R_p}\right) \cdot 0,02$$

Ta tính được : $R_p = 0,5\Omega$

b) *Xác định điện trở phụ của vôn kế*

Để biến điện kế thành vôn kế, ta phải mắc thêm một điện trở phụ nối tiếp với điện kế.

Ta có :
$$U = \left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) \cdot U_g$$

Khi hiệu điện thế mạch ngoài lớn nhất là $U = 12V$ thì cường độ dòng điện qua điện kế sẽ là $I_g = 0,02A$ và hiệu điện thế lớn nhất hai đầu điện kế là $U_g = I_g R_g = 0,24V$

Ta có :
$$12 = \left(1 + \frac{R_p}{12}\right) \cdot 0,24$$

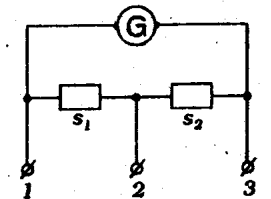
Ta tính được : $R_p = 588\Omega$

21.2 Một ampe kế có cấu tạo như hình. Nếu sử dụng hai chốt 1–2, ampe kế đo được cường độ tối đa

là $I_1 = 2A$. Với hai chốt 2–3 :

$I_2 = 3A$. Hỏi nếu dùng hai chốt

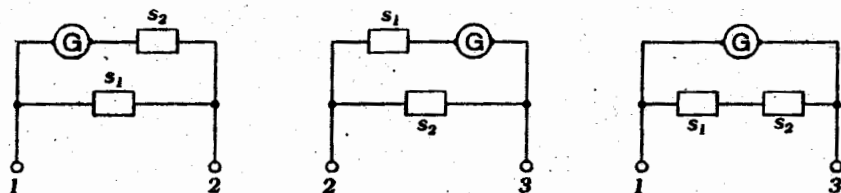
1 – 3 thì cường độ ampe kế chịu được là bao nhiêu ?



GIẢI

Gọi điện trở của điện kế và các song là g, s_1, s_2 .

Khi sử dụng hai chốt 1 và 2, ampe kế có cấu tạo : $(g \text{ nt } s_2) // s_1$ và cường độ dòng điện qua mạch là :



$$I_1 = \left(1 + \frac{g + s_2}{s_1}\right) I_g = \left(\frac{g + s_1 + s_2}{s_1}\right) I_g$$

Khi sử dụng hai chốt 2 và 3: (s_1 nt g) // s_2 , cường độ qua mạch:

$$I_2 = \left(1 + \frac{s_1 + g}{s_2}\right) I_g = \left(\frac{g + s_1 + s_2}{s_2}\right) I_g$$

Khi sử dụng hai chốt 1 và 3: g // (s_1 nt s_2), cường độ qua mạch:

$$I_3 = \left(1 + \frac{g}{s_1 + s_2}\right) I_g = \left(\frac{g + s_1 + s_2}{s_1 + s_2}\right) I_g$$

Trong các biểu thức trên, I_1 , I_2 , I_3 là cường độ tối đa mà ampe kế đo được trong từng trường hợp, I_g là cường độ tối đa qua điện kế mà điện kế chịu được.

Ta thấy:

$$\frac{1}{I_3} = \left(\frac{s_1 + s_2}{g + s_1 + s_2}\right) \cdot \frac{1}{I_g} = \left(\frac{s_1}{g + s_1 + s_2}\right) \cdot \frac{1}{I_g} + \left(\frac{s_2}{g + s_1 + s_2}\right) \cdot \frac{1}{I_g}$$

$$\frac{1}{I_3} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}$$

$$I_3 = \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} = 1,2A$$

21.3 Ta mắc một sơn có điện trở R_s vào điện kế G và nhận thấy độ nhạy của nó giảm đi $n = 50$ lần.

a) Giải thích tại sao độ nhạy của điện kế giảm.

b) Cho $R_g = 1000\Omega$, hãy tính R_s .

GIẢI

a) Giải thích

Giả sử điện kế chịu được cường độ tối đa là I . Khi đó, kim điện kế sẽ lệch hết bảng chia độ và có góc lệch là α . Ta mắc thêm sơn, nếu độ nhạy của điện kế giảm n lần thì khi cường độ dòng điện qua ampe kế là I , góc lệch của kim điện kế chỉ còn là $\frac{\alpha}{n}$. Như vậy cường độ qua ampe kế phải là nI , kim điện kế mới lệch đến góc α . Vậy nếu độ nhạy của ampe kế giảm đi n lần thì phạm vi đo của ampe kế sẽ tăng lên n lần.

b) Tính R_s

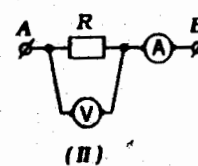
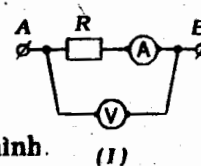
Nếu độ nhạy của máy đo giảm đi n lần khi mắc thêm sơn, cường độ dòng điện qua máy đo sẽ giảm đi n lần so với khi chưa mắc sơn.

$$\text{Vậy: } n = \frac{I}{I_g} = 1 + \frac{R_g}{R_s}$$

$$\text{Suy ra: } R_s = \frac{R_g}{n - 1} \approx 20,4\Omega$$

21.4 Vôn kế có điện trở $R_V = 2400\Omega$ và ampe kế có điện trở $R_A = 5\Omega$ được dùng

để đo điện trở R trong một mạch điện. Có hai cách mắc máy đo như hình.



Trong cách mắc (I) vôn kế chỉ $U_V = 126V$, ampe kế chỉ $I_A = 1,2A$. Trong cách mắc (II) : $U_V = 120V$, $I_A = 1,25A$. Trong mỗi cách mắc, hãy :

- Tính giá trị đúng của R .
- Tính sai số tương đối phạm phải khi tính gần đúng giá trị của R theo biểu thức $R = \frac{U_V}{I_A}$ (bỏ qua ảnh hưởng của vôn kế, ampe kế trong mạch).

GIẢI

- Trong cách mắc (I) :

Giá trị đúng của R :

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - I_A R_A}{I_A} = 100\Omega$$

Giá trị đo gần đúng của R :

$$R' = \frac{U_V}{I_A} = 105\Omega$$

Sai số tương đối :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{|R' - R|}{R} = 0,05 = 5\%$$

- Trong cách mắc (II) :

Giá trị đúng của R :

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}} = 100\Omega$$

Giá trị đo gần đúng của R :

$$R' = \frac{U_V}{I_A} = 96\Omega$$

$$\text{Sai số tương đối : } \frac{\Delta R}{R} = \frac{|R' - R|}{R} = 0,04 = 4\%$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

21.5 Một điện kế đo được cường độ lớn nhất là $0,1A$. Điện trở của điện kế bằng 1Ω

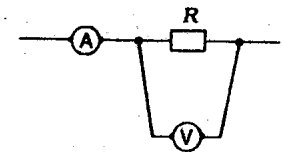
a) Muốn biến điện kế thành ampe kế đo được cường độ lớn nhất bằng $1A$, phải mắc song có giá trị bao nhiêu ?

Tính điện trở ampe kế đó.

b) Muốn biến điện kế thành vôn kế đo được hiệu điện thế lớn nhất bằng $10V$, phải mắc thêm điện trở phụ có giá trị bao nhiêu ?

Tính điện trở vôn kế đó.

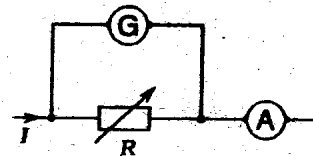
c) Để đo điện trở R người ta dùng ampe kế và vôn kế nối trong hai câu trên, mắc theo sơ đồ như hình bên. Biết ampe kế chỉ $0,15A$, vôn kế chỉ $5V$. Tính giá trị đúng của R .



ĐS : a) $\frac{1}{9}\Omega$; $\frac{1}{10}\Omega$ b) 99Ω ; 100Ω ; c) 50Ω .

21.6 Cho mạch điện như hình. Khi $R = R_1 = 0,99\Omega$ kim điện kế G lệch 30 vạch chia độ và cường độ mạch chính (cho bởi ampe kế A) là $0,6A$. Khi $R = R_2 = 0,19\Omega$, G lệch 20 vạch chia, $I_A = 2A$.

a) Tính R_g



b) Tìm R_2 để kim điện kế lệch một vạch chia độ khi cường độ mạch chính là 10mA.

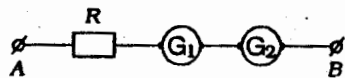
c) $R = 0,047\Omega$, khi $I_A = 2A$, kim G lệch bao nhiêu độ chia?

d) Để biến G thành vôn kế mà mỗi độ chia ứng với 1V, ta phải làm sao?

ĐS: a) $18,81\Omega$; b) $2,09\Omega$;

c) 5 d) $R_p = 981,19\Omega$.

21.7 Cho mạch điện như hình U_{AB} không đổi, $R = 2\Omega$, hai điện kế giống nhau, kim của mỗi điện kế lệch 32 độ chia. Mắc thêm điện trở $S = 8\Omega$ song song với một trong hai điện kế, kim điện kế đó chỉ lệch 12,5 độ chia.



a) Tính R_g

b) $U = 3,2V$. Tính giá trị mỗi độ chia của G.

c) Nếu mạch chỉ còn R và một điện kế cùng với S mắc song song điện kế thì số chỉ của điện kế là bao nhiêu?

ĐS: a) 24Ω b) $2mA$ c) 50 độ chia.

21.8 Một điện kế nếu lần lượt mắc thêm sơn s_1, s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng lần lượt là n_1, n_2 .

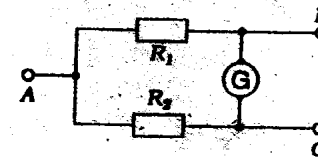
Hỏi giá trị mỗi độ chia của điện kế tăng bao nhiêu lần, nếu dùng cả hai sơn.

a) Mắc nối tiếp

b) Mắc song song.

ĐS: a) $(n_1 n_2 - 1) / (n_1 + n_2 - 2)$

b) $n_1 + n_2 - 1$



21.9 Một ampe kế có mắc hai điện trở phụ R_1, R_2 như hình. Khi sử dụng đầu A, B thang đo (so với khi không có điện trở phụ) tăng n_1 lần. Khi dùng đầu A, C thang đo tăng n_2 lần.

a) Hỏi khi sử dụng các đầu B, C

thang đo tăng bao nhiêu lần.

b) Điện trở điện kế là R_g . Tính R_1, R_2 .

ĐS: a) $\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}$

b) $R_1 = n_2 R_g / (n_1 n_2 - n_1 - n_2)$

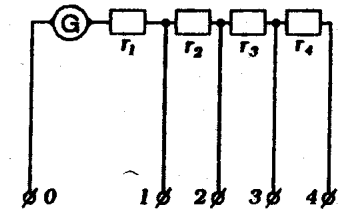
$R_2 = n_1 R_g / (n_1 n_2 - n_1 - n_2)$

21.10 Vôn kế có cấu tạo như hình. Điện kế có điện trở $R_g = 10\Omega$, chịu được cường độ 30mA. Vôn kế có các thang đo 15V, 75V, 150V, 300V.

Tìm r_1, r_2, r_3, r_4

ĐS:

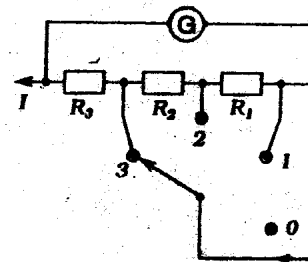
$r_1 = 490\Omega, r_2 = 2000\Omega, r_3 = 2500\Omega, r_4 = 5000\Omega$



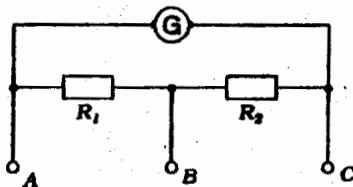
21.11 Milliampere kế có cấu tạo như hình. Điện kế có $R_g = 40\Omega$ chịu được cường độ 2mA. Máy đo có các thang đo $I_1 = 10mA, I_2 = 30mA, I_3 = 100mA$. Tìm R_1, R_2, R_3 .

ĐS:

$R_1 = 6,67\Omega, R_2 = 2,33\Omega, R_3 = 1\Omega$



21.12 Ampe kế có cấu tạo như hình. Nếu sử dụng hai chốt A, B thì giá trị mỗi độ chia của ampe kế là 1A; nếu sử dụng hai chốt B, C thì giá trị mỗi độ chia là 0,25A.

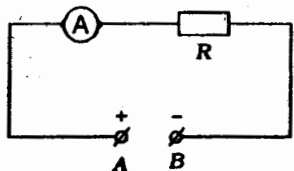


a) Tìm giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C

b) Biết điện trở điện kế $g = 1\Omega$ và giá trị mỗi độ chia khi không sử dụng điện trở phụ là 0,01A. Tìm R_1, R_2

ĐS: a) 0,2A b) 0,0105 Ω ; 0,042 Ω

21.13 Để tìm cường độ qua điện trở $R = 75\Omega$, người ta mắc nối tiếp với R một ampe kế ($R_A = 5\Omega$). Biết U_{AB} không đổi.



Tìm sai số tương đối của phép đo khi coi cường độ qua R

trước và sau khi mắc ampe kế như nhau.

ĐS: $\Delta I / I = R_A / (R + R_A) = 0,0625 = 6,25\%$

21.14 Đo R theo hai cách như hình, số chỉ của các máy đo trong các trường hợp.

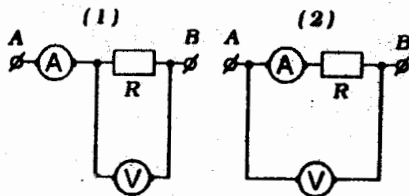
(1) là $I_1 = 2,06A$, $U_1 = 49,6V$

(2) là $I_2 = 1,49A$, $U_2 = 50V$

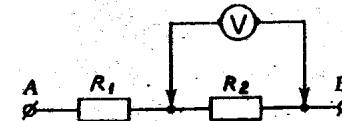
Tìm R, R_A, R_V . Biết U_{AB} không đổi.

ĐS:

$R_A = 0,194\Omega$, $R = 33,36\Omega$, $R_V = 85,52\Omega$



21.15 Cho mạch điện như hình : $R_1 = 60\Omega$ và $R_2 = 100\Omega$ mắc nối tiếp vào AB, $U_{AB} = 120V$ (không đổi).



a) Tính U_2

b) Mắc vôn kế

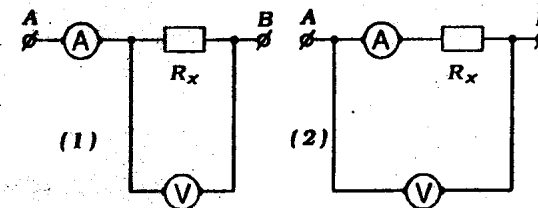
$R_V = 900\Omega$ vào C, B, tìm số chỉ vôn kế và sai số tương đối khi coi U_2 bằng số chỉ vôn kế. Để sai số tương đối không quá 1% ; R_V phải là bao nhiêu ?

ĐS: a) 75V b) 72V ; 0,04 = 4% , $R_V \geq 3712,5\Omega$

21.16 Cho mạch điện như hình U_{AB} không đổi, biết R_A, R_V .

a) Tính giá trị đúng của R_x ở mỗi cách đo.

b) Tính sai số tương đối ở mỗi cách theo R_x, R_A, R_V khi coi giá



trị điện trở là $R = \frac{U}{I}$

c) Khi R_x tăng, xét sự tăng giảm của các sai số trên và rút ra ý nghĩa thực tế. Tìm R_x theo R_A, R_V để hai sai số trên bằng nhau, xét khi $R_A \ll R_V$.

ĐS: a) $R_x = U(I - U/R_V)$; $R_x = \frac{U}{I} - R_A$

b) $\Delta R_x / R_x = 1 / (1 + R_V / R_x)$; R_A / R_x

c) R_x lớn : dùng cách (2), R_x nhỏ : dùng cách (1)

$$R_x = \frac{1}{2} R_A + \sqrt{R_A R_V}$$

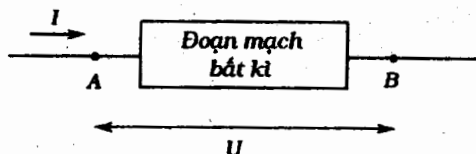
21.17 Cho một ampe kế và vôn kế chưa rõ điện trở, một nguồn điện chưa rõ hiệu điện thế.

Nêu cách đo chính xác giá trị điện trở R.

§8. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN

A-TÓM TẮT GIÁO KHOA

I- Công và công suất của dòng điện trên một đoạn mạch



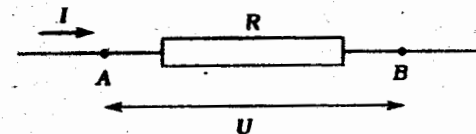
– Công của dòng điện

$$A = qU = UI t$$

– Công suất của dòng điện

$$P = \frac{A}{t} = UI$$

II. Năng lượng và công suất tiêu thụ bởi đoạn mạch chỉ tỏa nhiệt



– Nhiệt lượng :

$$Q = A = UI t = RI^2 t = \frac{U^2}{R} t$$

– Công suất nhiệt :

$$P = \frac{Q}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

B-HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 22

Đoạn mạch chỉ tỏa nhiệt

– Áp dụng các công thức về *nhiệt lượng* hay *công suất nhiệt* để thực hiện tính toán.

– Đối với các đèn điện có dây tóc, lưu ý :

• Các giá trị hiệu điện thế và công suất ghi trên đèn là *giá trị định mức*.

Với các giá trị này, đèn *sáng bình thường*.

• Với các giá trị của hiệu điện thế và cường độ khác với giá trị định mức, đèn sáng *không bình thường* (sáng hơn hay tối hơn). Công suất nhiệt cũng khác công suất định mức.

• Điện trở đèn có thể coi là *không đổi* khi đèn cháy sáng (bình thường hay không).

$$R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}}$$

(U_{dm} , P_{dm} là các giá trị định mức)

• BÀI TẬP THÍ DỤ

22.1 Đèn 110V - 100W được mắc vào nguồn $U = 110V$

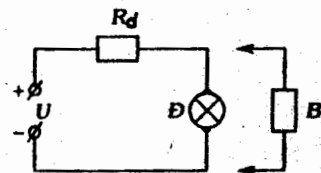
Điện trở tổng cộng của dây

dẫn từ nguồn đến đèn là

$$R_d = 4\Omega$$

a) Tìm cường độ dòng điện và hiệu điện thế của đèn.

b) Mắc thêm một bếp điện có điện trở $R_B = 24\Omega$ song song với đèn. Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính, qua đèn, qua bếp và hiệu điện thế của đèn. Độ sáng của đèn có thay đổi không?



GIẢI

a) Cường độ dòng điện và hiệu điện thế của đèn :

Điện trở của đèn khi cháy sáng :

$$R_D = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = 121\Omega$$

trong đó U_{dm} , P_{dm} là hiệu điện thế và công suất định mức của đèn.

Đèn và dây dẫn mắc nối tiếp nhau.

Cường độ dòng điện trong mạch :

$$I = \frac{U}{R_D + R_d} = \frac{110}{121 + 4} = 0,88A$$

Hiệu điện thế của đèn :

$$U_D = I \cdot R_D = 106,48V$$

b) Các cường độ dòng điện trong mạch :

Mạch điện : (Đ//B) nt R_d

Điện trở tương đương :

$$R_{D,B} = \frac{R_D \cdot R_B}{R_D + R_B} \approx 20\Omega$$

$$R_{td} = R_{D,B} + R_d = 24\Omega$$

Cường độ dòng điện mạch chính :

$$I = \frac{U}{R_{td}} \approx 4,58A$$

Hiệu điện thế hai đầu đèn và bếp :

$$U_{D,B} = I \cdot R_{D,B} \approx 91,68V$$

Cường độ dòng điện qua đèn :

$$I_D = \frac{U_D}{R_D} \approx 0,76A$$

Cường độ dòng điện qua bếp :

$$I_B = \frac{U_B}{R_B} = 3,82A$$

Khi mắc thêm bếp điện vào mạch, cường độ dòng điện mạch chính tăng, độ giảm thế trên đường dây tăng, hiệu điện thế hai đầu bóng đèn giảm, độ sáng của đèn sẽ giảm.

22.2 Một bếp điện có hai dây điện trở. Nếu sử dụng dây thứ nhất nước trong nồi sẽ sôi sau thời gian $t_1 = 10$ phút. Nếu sử dụng dây thứ hai : $t_2 = 40$ phút. Tìm thời gian để đun sôi nước nếu hai dây điện trở mắc

a) Nối tiếp

b) Song song

Bỏ qua sự tỏa nhiệt của bếp ra môi trường ngoài.

GIẢI

Gọi hiệu điện thế của nguồn là U

Nhiệt lượng cần cung cấp để đun sôi nước là Q . Điện trở của các dây bếp điện là R_1, R_2 .

$$\text{Khi dùng dây điện trở } R_1 : \quad Q = \frac{U^2}{R_1} \cdot t_1 \quad (1)$$

$$\text{Khi dùng dây điện trở } R_2 : \quad Q = \frac{U^2}{R_2} \cdot t_2 \quad (2)$$

$$\text{Khi } R_1 \text{ nối tiếp } R_2 : \quad Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2} \cdot t_3 \quad (3)$$

$$\text{Khi } R_1 // R_2 \quad Q = \frac{U^2 \cdot t_4}{R_{td}} = U^2 t_4 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

a) Mắc nối tiếp

$$\text{Từ (1), (2) ta suy ra :} \quad \frac{t_1}{R_1} = \frac{t_2}{R_2} = \frac{t_1 + t_2}{R_1 + R_2}$$

So sánh với (3), ta được : $t_3 = t_1 + t_2 = 50$ phút

b) Mắc song song :

Từ (4) ta có :

$$\frac{1}{t_4} = \frac{U^2}{Q} \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] = \frac{U^2}{QR_1} + \frac{U^2}{QR_2} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}$$

$$t_4 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 8 \text{ phút.}$$

22.3 Từ một nguồn hiệu điện thế U , điện năng được truyền trên dây dẫn đến nơi tiêu thụ. Biết điện trở dây dẫn $R = 5\Omega$, công suất do nguồn phát ra $P = 62\text{kW}$.

Tính độ giảm thế trên dây, công suất hao phí trên dây và hiệu suất tải điện nếu :

a) $U = 6200\text{V}$

b) $U = 620\text{V}$.

GIẢI

a) Trường hợp 1 :

$$\text{Cường độ dòng điện trên dây : } I = \frac{P}{U} = 10\text{A}$$

$$\text{Độ giảm thế trên dây : } \Delta U = I \cdot R = 50\text{V}$$

$$\text{Công suất hao phí trên dây : } \Delta P = I^2 \cdot R = 500\text{W}$$

$$\text{Công suất tải đến nơi tiêu thụ : } P' = P - \Delta P = 61500\text{W}$$

$$\text{Hiệu suất tải điện : } H = \frac{P'}{P} = 0,99 = 99\%$$

b) Trường hợp 2 :

Tính toán tương tự câu a, ta được :

$$\Delta U = 500V; \Delta P = 50000W; H = 0,19 = 19\%$$

Nhận xét : hiệu điện thế tại nguồn càng cao thì hiệu suất tải điện càng lớn.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

22.4 Bóng đèn công suất 60W có dây tóc bằng vonfram (hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ độ}^{-1}$). Nhiệt độ khi cháy sáng là 2800°C .

Tìm công suất đèn ngay lúc vừa bật đèn.

Nhiệt độ phòng là 20°C .

$$DS : 748,6W$$

22.5 Dây nikêlin (điện trở suất $\rho = 4,4 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$) chiều dài 1m, tiết diện 2mm^2 và dây nicrôm ($\rho = 4,7 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$) chiều dài 2m, tiết diện $0,5\text{mm}^2$ mắc nối tiếp vào một nguồn điện.

Dây nào sẽ tỏa nhiệt nhiều hơn và nhiều gấp mấy lần ?

$$DS : \text{Nicrôm} ; 8,55 \text{ lần}$$

22.6 Bếp điện dùng với nguồn $U = 220V$

a) Nếu mắc bếp vào nguồn 110V, công suất bếp thay đổi bao nhiêu lần ?

b) Muốn công suất không giảm khi mắc vào nguồn 110V phải mắc lại cuộn dây bếp điện như thế nào ?

$$DS : \text{a) Giảm 4 lần}$$

$$\text{b) Mắc song song 2 nửa dây.}$$

22.7 Người ta dùng nicrôm làm một dây bếp điện. Nicrôm có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, điện trở suất ở 20°C là

$\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$. Dây bếp điện có tiết diện $S = 0,25\text{mm}^2$, tiêu thụ một công suất $P = 600W$ khi mắc vào nguồn $U = 120V$ và nhiệt độ dây bếp điện lúc này là 800°C . Tìm chiều dài của dây.

$$DS : l = \frac{U^2 S}{P \cdot \rho (1 + \alpha \Delta t)} \approx 4,7\text{m}$$

22.8 Người ta mắc nối tiếp một dây chì trong mạch điện. Chì có nhiệt dung riêng $c = 120 \text{ J/kg} \cdot \text{độ}$, điện trở suất $\rho = 0,219 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$, khối lượng riêng $D = 11300 \text{ kg/m}^3$, nhiệt nóng chảy 25000 J/kg , nhiệt độ nóng chảy 327°C .

Dây chì có tiết diện $s = 0,2\text{mm}^2$, nhiệt độ 27°C .

Biết rằng khi đoản mạch cường độ dòng điện qua dây là 30A. Hỏi bao lâu sau khi đoản mạch thì dây chì đứt ? Bỏ qua sự tỏa nhiệt của dây chì ra môi trường và sự thay đổi của ρ theo nhiệt độ.

$$DS : 0,14\text{s}$$

22.9 Bếp điện nối với hiệu điện thế $U = 120V$ có công suất $P = 600W$ được dùng để đun sôi 2 lít nước ($c = 4200 \text{ J/kg} \cdot \text{độ}$) từ 20°C đến 100°C , hiệu suất bếp là 80%

a/ Tìm thời gian đun và điện năng tiêu thụ theo kWh

b/ Dây bếp điện có đường kính $d_1 = 0,2\text{mm}$, điện trở suất $\rho = 4 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$ quấn trên ống hình trụ bằng sứ đường kính $d_2 = 2\text{cm}$

Tính số vòng dây bếp điện.

$$DS : \text{a/ } 23,3 \text{ phút} ; 0,2\text{kWh}$$

$$\text{b/ } 30 \text{ vòng.}$$

22.10 Bếp điện mắc vào nguồn $U = 120V$.

Tổng điện trở của dây nối từ nguồn đến bếp là 1Ω .

Công suất tỏa nhiệt trên bếp là $1,1\text{kW}$

Tính cường độ dòng điện qua bếp và điện trở của bếp.

$$DS : 10A ; 11\Omega$$

22.11 Cho hai đèn 120V – 40W và 120V – 60W mắc nối tiếp vào nguồn $U = 240V$.

a/ Tính điện trở mỗi đèn và cường độ qua hai đèn.

b/ Tính hiệu điện thế và công suất tiêu thụ mỗi đèn.

Nhận xét về độ sáng mỗi đèn.

Cho biết điều kiện để hai đèn 120V sáng bình thường khi mắc nối tiếp vào nguồn 240V là gì ?

ĐS: a) $R_1 = 360\Omega$, $R_2 = 240\Omega$, $I = 0,4A$

b) $U_1 = 144V$, $P_1 = 57,6W$, $U_2 = 96V$, $P_2 = 38,4W$,
đèn I sáng chói, đèn II sáng mờ.

Điều kiện là hai đèn phải có cùng công suất định mức.

22.12 Hai đèn D_1 (12V - 7,2W) và D_2 (16V - 6,4W) được mắc nối tiếp rồi mắc vào nguồn $U = 40V$

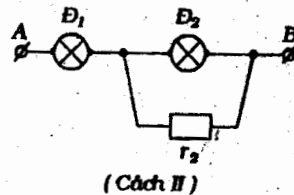
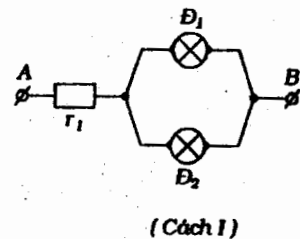
Hỏi phải dùng tối thiểu bao nhiêu điện trở phụ, cách mắc và giá trị của các điện trở phụ để cả hai đèn đều sáng bình thường ?

ĐS: R_1 nt D_1 nt $(D_2 // R_2)$;

$R_1 = 20\Omega$; $R_2 = 80\Omega$

22.13 Có 2 đèn 120V – 60W và 120V – 45W

a/ Tìm điện trở và cường độ định mức mỗi đèn.



b/ Mắc 2 đèn theo một trong hai cách như hình, $U_{AB} = 240V$. Hai đèn sáng bình thường. Tìm r_1 , r_2 .

Cách mắc nào có lợi hơn ?

ĐS: a) $r_1 = 240\Omega$, $I_1 = 0,5A$, $r_2 = 320\Omega$,
 $I_2 = 0,375A$

b) $r_1 \approx 137\Omega$, $r_2 = 960\Omega$, cách II

22.14 Một chuỗi đèn trang trí gồm 20 bóng đèn 6V – 3W mắc nối tiếp vào nguồn điện 120V.

Sau đó có một bóng bị hư.

Có thể khiến đèn sáng nhờ cách nào sau đây :

a/ Tháo bóng đèn hư ra, nhét giấy bạc vào đuôi đèn để nối mạch.

b/ Nối hai đầu dây điện của đèn bị hư lại.

Sau đó, trong cách làm được chọn độ sáng tổng cộng của 19 đèn còn lại so với 20 đèn ban đầu lớn hay nhỏ hơn ? Các đèn có thể bị cháy (đứt tim) dễ dàng không ?

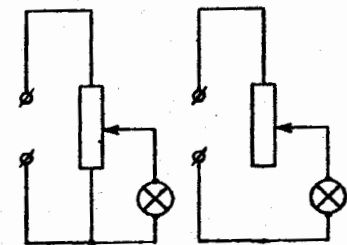
22.15 Có thể mắc hai đèn (120V – 100W) và (6V – 5W) nối tiếp vào nguồn $U = 120V$ được không ?

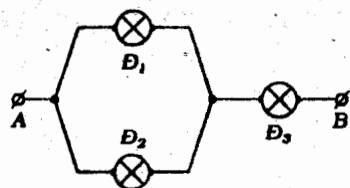
22.16 Để mắc đèn vào nguồn hiệu điện thế lớn hơn giá trị ghi trên đèn, có thể dùng một trong hai sơ đồ bên.

Sơ đồ nào có hiệu suất cao hơn ?

Biết trong hai trường hợp đèn sáng bình thường.

22.17 Có ba đèn, hiệu điện thế định mức mỗi đèn là 110V mắc vào nguồn $U = 220V$.





Tìm hệ thức liên hệ các công suất P_1, P_2, P_3 để chúng sáng bình thường ?

$$DS: P_1 + P_2 = P_3$$

22.18 Từ nguồn $U = 10.000V$, cần truyền đi một công suất nguồn $P = 5.000kW$ trên đường dài $5km$.

Độ giảm thế trên dây không được vượt quá 1% U nguồn.

Tính tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn biết điện trở suất của dây $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$

$$DS: 8,5cm^2$$

22.19 Từ nguồn $U = 6200V$, điện năng được truyền trên dây đến nơi tiêu thụ. Điện trở của dây dẫn $R = 10\Omega$. Công suất tại nơi tiêu thụ $P = 120kW$.

Tính độ giảm thế trên dây, công suất hao phí trên dây và hiệu suất tải điện.

Biết công suất hao phí trên dây nhỏ hơn công suất nơi tiêu thụ.

$$DS: 200V; 4kW; 96,77\%$$

22.20 Cần phải tăng hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện lên bao nhiêu lần để giảm tiêu hao năng lượng trên đường dây 100 lần nếu công suất truyền đến nơi tiêu thụ không đổi.

Biết ban đầu độ giảm thế trên đường dây là $\Delta U = nU_1$ (với U_1 là hiệu điện thế nơi tiêu thụ, n là hệ số tỉ lệ)

$$DS: \text{Tăng } (100 + n) / 10 (1 + n) \text{ lần.}$$

22.21 Một máy bơm điện hoạt động với hiệu điện thế $U = 360V$ và dòng $I = 25A$, bơm nước lên độ cao $h = 4m$ qua một ống có tiết diện $S = 0,01m^2$, mỗi giây được 80 lít.

a/ Tính hiệu suất của máy bơm. Cho $g = 10m/s^2$

b/ Giả sử ma sát làm tiêu hao 16% công suất của động cơ và phần công suất hao phí còn lại là do hiệu ứng Jun-Lenxơ hãy tính điện trở trong của động cơ.

$$DS: a) 64\%$$

$$b) 2,88\Omega$$

22.22 Tàu điện khối lượng $m = 4800kg$ chạy trên mặt đường nằm ngang, sau đó lên dốc có góc nghiêng $\alpha = 0,03rad$.

Biết tàu chuyển động thẳng đều, trên đoạn đường đầu, $I_1 = 25A$. Trên đoạn đường sau : $I_2 = 50A$.

Biết hệ số ma sát $k = 0,01$, hiệu điện thế trên đường dây $U = 240V$, hiệu suất của động cơ $H = 0,8$; $g = 10m/s^2$.

Tính vận tốc v_1 và v_2 của tàu điện trên mỗi đoạn đường.

$$DS: 10m/s; 5m/s$$

22.23 Điện trở R mắc vào hiệu điện thế $U = 160V$ không đổi, tiêu thụ công suất $P = 320W$.

a/ Tính R và cường độ qua R

b/ Thay R bằng hai điện trở R_1, R_2 nối tiếp, $R_1 = 10\Omega$.

Khi này công suất tiêu thụ của R_2 là $P_2 = 480W$.

Tính cường độ qua R_2 và giá trị của R_2

Biết R_2 chịu được dòng điện không quá $10A$

c/ Với R_1, R_2 bất kì, lần (I) mắc R_1 nối tiếp R_2 , lần (II) mắc R_1 song song R_2 rồi đều mắc vào hiệu điện thế trên.

Hỏi trường hợp nào công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn và lớn hơn ít nhất bao nhiêu lần ?

$$DS: a) 80\Omega; 2A$$

$$b) 4A; 30\Omega$$

$$c) P_{II} \geq 4P_I$$

22.24 Dùng bếp điện để đun nước trong ấm. Nếu nối bếp với hiệu điện thế $U_1 = 120V$, thời gian nước sôi là $t_1 = 10$ phút còn nếu $U_2 = 100V$ thì $t_2 = 15$ phút.

Hỏi nếu dùng $U_3 = 80V$ thì thời gian nước sôi t_3 là bao nhiêu ?

Biết rằng nhiệt lượng hao phí trong khi đun nước tỉ lệ với thời gian đun nước.

ĐS : 25,4 phút

22.25* Một dây dẫn, khi có dòng điện $I_1 = 1,4A$ đi qua thì nóng lên đến $t_1 = 55^\circ C$, khi có dòng $I_2 = 2,8A$; $t_2 = 160^\circ C$.

Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh tỉ lệ thuận với độ chênh lệch nhiệt độ giữa dây và môi trường.

Nhiệt độ môi trường không đổi.

Bỏ qua sự thay đổi của điện trở dây theo nhiệt độ.

Tìm nhiệt độ dây dẫn khi có dòng $I_3 = 5,6A$ đi qua.

ĐS : $t_3 = 580^\circ C$

22.26* Dây chì đường kính tiết diện $d_1 = 0,5mm$ dùng làm cầu chì, chịu được cường độ $I_3 \leq 3A$.

Coi nhiệt lượng dây chì tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây.

Hỏi dây chì đường kính $d_2 = 2mm$ sẽ chịu được dòng điện bao nhiêu ?

Bỏ qua sự mất nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây.

ĐS : 24A

22.27* Dây tóc bóng đèn công suất $P_1 = 100W$ dùng với hiệu điện thế $U_1 = 110V$ có chiều dài $l_1 = 600mm$ và đường kính tiết diện $d_1 = 0,056mm$.

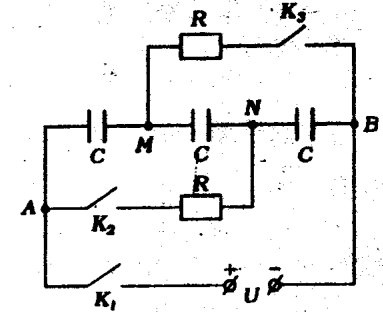
Tìm chiều dài l_2 và đường kính d_2 của dây tóc đèn có công suất $P_2 = 25W$ dùng với hiệu điện thế $U_2 = 220V$

Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây tóc và nhiệt độ dây tóc trong hai đèn khi làm việc là như nhau.

Bỏ qua sự truyền nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây tóc.

ĐS : $l_2 = 600mm$, $d_2 = 0,014mm$

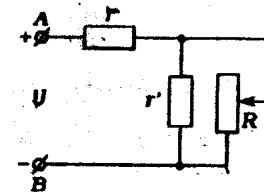
22.28* Cho mạch điện như hình vẽ. Ban đầu các khóa K đều mở, các tụ có cùng điện dung C và chưa tích điện. Các điện trở bằng nhau là R. Nguồn có hiệu điện thế U. Đóng khóa K_1 , sau khi các tụ đã tích điện hoàn toàn, mở K_1 và sau đó đóng đồng thời hai khóa K_2 và K_3 . Tìm nhiệt lượng tỏa ra trên mỗi điện trở R. Xác định cường độ dòng điện qua các điện trở vào thời điểm mà hiệu điện thế trên hai bản của tụ ở giữa (tụ giữa hai



điểm MN) bằng $\frac{U}{10}$. Bỏ qua điện trở dây nối và các khóa K.

$$\text{ĐS : } q = \frac{2}{27} CU^2; i_1 = \frac{19}{60} \cdot \frac{U}{R}; i_2 = \frac{1}{60} \cdot \frac{U}{R}$$

22.29 Cho mạch điện như hình vẽ, hiệu điện thế U, các điện trở r và r' là không đổi, R là biến trở. Tìm liên hệ giữa R_0 , r, r' để công



suất nhiệt tỏa trên R hầu như không đổi khi R biến thiên nhỏ quanh giá trị R_0 . Tính công suất P_0 tương ứng. (R_0 là phần điện trở của R sử dụng trong mạch).

Áp dụng số : $U = 80V$; $r = r'$.

Người ta muốn có công suất P_0 tỏa trên R_0 bằng 100W. Tính R_0 , r và công suất P_t tỏa trên toàn bộ mạch điện.

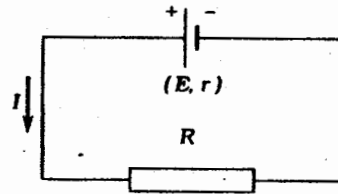
$$\text{ĐS : } R_0 = \frac{rr'}{r + r'} \text{ và}$$

$$P_0 = \frac{r'U^2}{4r(r + r')}; r = 8\Omega; R_0 = 4\Omega; P_t = 600W.$$

§9. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH

A-TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Mạch kín gồm một nguồn và điện trở thuần (mạch cơ bản)



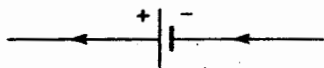
$$I = \frac{E}{R + r}$$

$\left\{ \begin{array}{l} I: \text{cường độ dòng điện mạch chính} \\ R: \text{điện trở tương đương của mạch ngoài} \end{array} \right.$

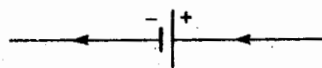
II. Mạch kín gồm nhiều máy phát điện và máy thu điện mắc nối tiếp với điện trở thuần

$$I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$$

$\left\{ \begin{array}{l} R: \text{điện trở tương đương của mạch ngoài} \\ E, r: \text{suất điện động và điện trở trong của máy phát điện} \\ E', r': \text{suất phản điện và điện trở trong của máy thu điện} \\ I: \text{cường độ dòng điện mạch chính} \end{array} \right.$



(dòng điện qua máy phát từ cực \ominus sang cực \oplus)



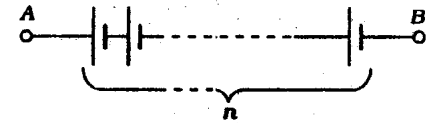
(dòng điện qua máy thu từ cực \oplus sang cực \ominus)

III. Mạch kín gồm nhiều nguồn giống nhau mắc thành bộ và điện trở thuần

$$I = \frac{E_{bộ}}{R + r_{bộ}}$$

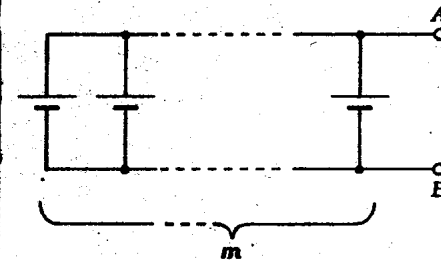
a) Bộ n nguồn mắc nối tiếp

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{bộ} = nE \\ r_{bộ} = nr \end{array} \right.$$



b) Bộ m nguồn mắc song

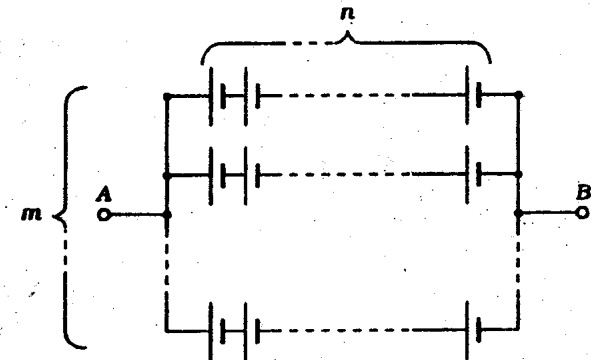
song



$$\left\{ \begin{array}{l} E_{bộ} = E \\ r_{bộ} = \frac{r}{m} \end{array} \right.$$

c) Bộ m nhánh song song, mỗi nhánh có n nguồn nối tiếp

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{bộ} = nE \\ r_{bộ} = \frac{nr}{m} \end{array} \right.$$



B—HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 23

Tính toán các đại lượng của dòng điện trong một mạch điện kín.

– Áp dụng các công thức tính cường độ mạch chính tùy theo cấu tạo của hệ nguồn điện. Thực hiện tính toán theo cường độ mạch chính.

– Để ý :

• Nếu chưa biết chiều dòng điện, ta chọn một chiều nào đó cho dòng điện và thực hiện tính toán.

Nếu tìm được $I > 0$, giữ nguyên chiều đã chọn.

Nếu tìm được $I < 0$, đảo ngược chiều đã chọn.

• Xác định điện trở tương đương của mạch ngoài bằng các phương pháp đã biết (điện trở nối tiếp; điện trở song song; chập mạch, ...).

• Đoạn mạch có tụ điện thì không có dòng điện chạy qua.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

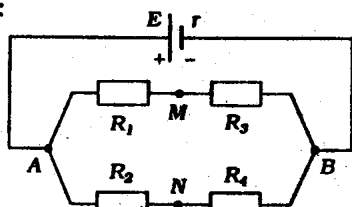
23.1 Cho mạch điện như hình vẽ :

$E = 7,8V$, $r = 0,4\Omega$,
 $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$,
 $R_4 = 6\Omega$.

a) Tìm U_{MN}

b) Nối MN bằng dây dẫn.

Tìm cường độ dòng điện qua dây nối MN.



GIẢI

a) Hiệu điện thế U_{MN} :

Mạch ngoài : $(R_1 \text{ nt } R_3) // (R_2 \text{ nt } R_4)$; (nt : nối tiếp).

Điện trở tương đương $R_{13} = R_1 + R_3 = 6\Omega$

$R_{24} = R_2 + R_4 = 9\Omega$

$$R_{AB} = \frac{R_{13} R_{24}}{R_{13} + R_{24}} = 3,6\Omega$$

Cường độ dòng điện mạch chính : $I = \frac{E}{R_{AB} + r} = 1,95A$

Hiệu điện thế $U_{AB} = I \cdot R_{AB} = 7,02V$

Cường độ qua các nhánh điện trở :

$$I_{13} = \frac{U_{AB}}{R_{13}} = 1,17A$$

$$I_{24} = \frac{U_{AB}}{R_{24}} = 0,78A$$

Hiệu điện thế : $U_1 = U_{AM} = I_{13} R_1 = 3,51V$

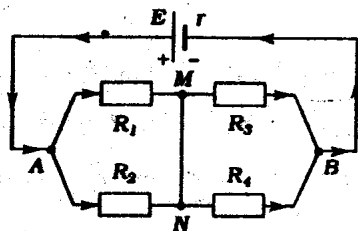
$U_2 = U_{AN} = I_{24} R_2 = 2,34V$

$$U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = U_{AN} - U_{AM} = -1,17V$$

b) Cường độ dòng điện I_{MN}

Khi nối M, N bằng dây dẫn : $(R_1 // R_2) \text{ nt } (R_3 // R_4)$

$$\text{Điện trở tương đương : } R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 1,5\Omega$$



$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega$$

$$R_{AB} = R_{12} + R_{34} = 3,5\Omega$$

Cường độ dòng điện mạch chính :

$$I = \frac{E}{R_{AB} + r} = 2A.$$

Hiệu điện thế :

$$U_{AM} = I R_{12} = 3V$$

$$U_{MB} = I R_{34} = 4V$$

Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AM}}{R_1} = 1A.$

$$R_3 : I_3 = \frac{U_{MB}}{R_3} = \frac{4}{3} A$$

Tại nút M : $I_1 < I_3$, dòng điện qua dây MN sẽ có chiều từ N đến M.

$$I_1 + I_{NM} = I_3$$

$$I_{NM} = I_3 - I_1 = \frac{1}{3} A \approx 0,33A.$$

23.2 Cho mạch điện như hình vẽ :

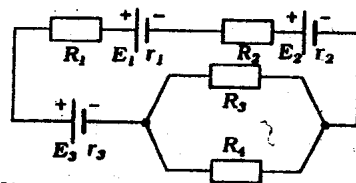
$$E_1 = 9V, E_2 = 3V,$$

$$E_3 = 10V, r_1 = r_2 = r_3 = 1\Omega,$$

$$R_1 = 3\Omega, R_2 = 5\Omega,$$

$$R_3 = 36\Omega, R_4 = 12\Omega.$$

Xác định độ lớn và chiều dòng điện. Cho biết đâu là nguồn điện, đâu là máy thu điện.



GIẢI

- Do chưa biết đâu là nguồn và máy thu nên ta giả sử dòng điện trong mạch có một chiều nào đó. Thường ta chọn chiều dòng điện sao cho theo chiều đó, tổng các suất điện động của máy phát lớn hơn máy thu.

Chọn chiều dòng điện chạy trong mạch theo chiều ngược kim đồng hồ.

Theo định luật Ôm cho toàn mạch ta có :

$$I = \frac{E_1 + E_2 - E_3}{R + r_1 + r_2 + r_3}$$

E_1, E_2 mang dấu + do dòng điện ta chọn chạy qua chúng từ cực âm sang cực dương còn E_3 thì ngược lại.

R là điện trở tương đương của mạch ngoài :

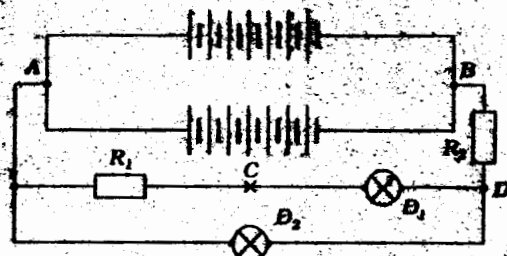
$$R_1 \text{ nt } R_2 \text{ nt } (R_3 // R_4)$$

$$R = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} + R_1 + R_2 = 17\Omega$$

Ta tính được $I = 0,1A$

- Vì $I > 0$ nên ta kết luận dòng điện chạy đúng chiều ta đã chọn. (Nếu tính được $I < 0$, ta nói dòng điện trong mạch chạy ngược chiều ta đã chọn, độ lớn của I cho biết cường độ dòng điện trong mạch).
 E_1, E_2 có dòng điện đi từ cực âm sang cực dương nên là các máy phát.
 E_3 có dòng điện đi từ cực dương sang cực âm nên là máy thu.

200 Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 2 dãy mỗi dãy 6 pin nối tiếp, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_b = 0,5\Omega$.
Đèn D_1 : $3V - 1W$, Đèn D_2 : $6V - 6W$.



- a) Khi $R_1 = 11\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, tìm cường độ, hiệu thế mỗi đèn. Nhận xét độ sáng mỗi đèn.
b) Tìm R_1 , R_2 để các đèn sáng bình thường.

GIẢI

Điện trở đèn $R_{D_1} = \frac{U_{d_1}^2}{P_{d_1}} = 9\Omega$

$$R_{D_2} = \frac{U_{d_2}^2}{P_{d_2}} = 12\Omega$$

Bộ nguồn : $E_b = nE = 6 \cdot 1,5 = 9V$

$$r_b = \frac{nr_o}{m} = \frac{6 \cdot 0,5}{2} = 1,5\Omega$$

Mạch ngoài : $[(R_1 \text{ nt } D_1) // D_2] \text{ nt } R_2$

a) Cường độ dòng điện và hiệu thế của mỗi đèn

$$R_1 = 11\Omega, R_2 = 6\Omega$$

Điện trở mạch ngoài : $R_{1D_1} = R_1 + R_{D_1} = 20\Omega$

$$R_{AD} = \frac{R_{1D_1} R_{D_2}}{R_{1D_1} + R_{D_2}} = 7,5\Omega$$

$$R_{AB} = R_{AD} + R_2 = 13,5\Omega$$

Cường độ dòng điện mạch chính : $I = \frac{E_b}{R_{AB} + r_b} = 0,6A$

Hiệu điện thế $U_{AD} = I \cdot R_{AD} = 4,5V$

Cường độ dòng điện qua đèn một : $I_{D_1} = \frac{U_{AD}}{R_{1D_1}} = 0,225A$

Cường độ dòng điện qua đèn hai : $I_{D_2} = \frac{U_{AD}}{R_{D_2}} = 0,375A$

Hiệu điện thế hai đầu đèn một : $U_{D_1} = I_{D_1} \cdot R_{D_1} = 2,025V$

Hiệu điện thế hai đầu đèn hai : $U_{D_2} = U_{AD} = 4,5V$

Vì U_{D_1} và U_{D_2} đều nhỏ hơn các hiệu điện thế định mức nên các đèn đều sáng mờ.

b) Các điện trở R_1 và R_2

Khi các đèn sáng bình thường :

$$U_{D_1} = 3V; I_{D_1} = \frac{P_{D_1}}{U_{D_1}} = \frac{1}{3} A$$

$$U_{D_2} = 6V; I_{D_2} = \frac{P_{D_2}}{U_{D_2}} = 0,5A$$

Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = I_{D_1} = \frac{1}{3} A$

Hiệu điện thế hai đầu R_1 :

$$U_1 = U_{CD} = U_{AD} - U_{AC} = U_{D_2} - U_{D_1} = 3V$$

Suy ra : $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 9\Omega$

Cường độ dòng điện mạch chính : $I = I_{D_1} + I_{D_2} = \frac{5}{6} \text{ A}$

Theo định luật Ôm cho toàn mạch : $I = \frac{E_b}{R_{AB} + r_b}$

Do đó : $R_{AB} = \frac{E_b}{I} - r_b = 9,3\Omega$

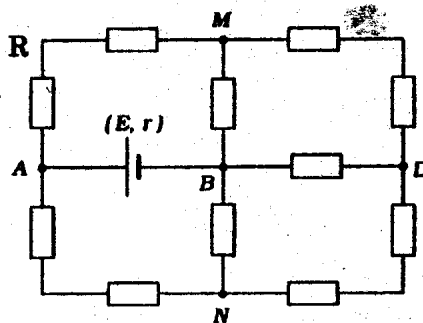
$$R_{AD} = \frac{U_{AD}}{I} = \frac{U_{D_2}}{I} = 7,2\Omega$$

Suy ra : $R_2 = R_{AB} - R_{AD} = 2,1\Omega$

23.4 Cho mạch điện như hình vẽ. Các điện trở thuần đều có giá trị R .

Nguồn có $E = 12\text{V}$; $r = R$

Tính hiệu điện thế U_{AB} .



GIẢI

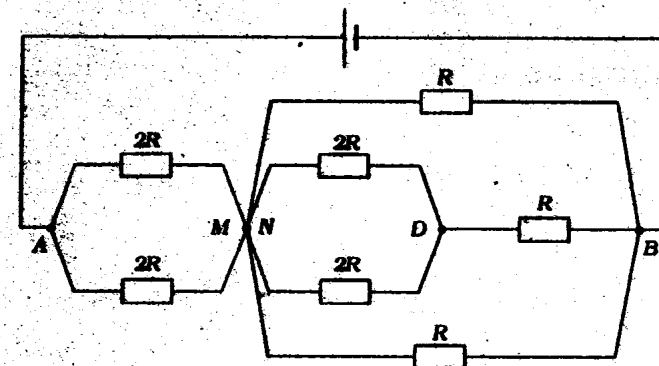
Do đối xứng về cấu tạo, ta có :

$$V_M = V_N \Rightarrow M \equiv N$$

Mạch điện có sơ đồ cấu tạo lí thuyết như sau :

Ta có :

$$R_{AM} = R; R_{MB} = \frac{2R}{5}; R_{AB} = \frac{7R}{5}$$



Định luật Ôm toàn mạch cho :

$$I = \frac{E}{R_{AB} + r} = \frac{E}{\frac{7R}{5} + R} = \frac{5E}{12R}$$

Vậy :

$$U_{AB} = R_{AB} \cdot I = \frac{7R}{5} \cdot \frac{5E}{12R} = \frac{7E}{12} = 7\text{V}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

23.5 Đèn 3V – 6W mắc vào hai cực acquy ($E = 3\text{V}$, $r = 0,5\Omega$.)

Tính :

Điện trở đèn, cường độ, hiệu thế và công suất tiêu thụ của đèn.

$$DS : 1,5\Omega, 1,5\text{A}, 2,25\text{V}, 3,375\text{W}.$$

23.6 Vôn kế mắc vào nguồn ($E = 120\text{V}$, $r = 10\Omega$) chỉ 119V.

Tính điện trở vôn kế.

$$DS : 1190 \Omega.$$

23.7 Có 18 pin giống nhau, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_0 = 0,2\Omega$ được mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 9 pin nối tiếp. Điện trở $R = 2,1\Omega$ mắc vào hai đầu bộ pin trên.

a) Tính suất điện động và điện trở trong tương đương của bộ nguồn.

b) Tính cường độ qua R .

ĐS : a) 13,5V, 0,9 Ω b) 4,5A

23.8 Cho mạch điện như hình.

$E = 12V$, $r = 0,1\Omega$,

$R_1 = R_2 = 2\Omega$,

$R_3 = 4\Omega$; $R_4 = 4,4\Omega$.

a) Tìm điện trở tương đương mạch ngoài.

b) Tìm cường độ mạch chính và U_{AB}

c) Tìm cường độ mỗi nhánh rẽ và U_{CD} .

ĐS : a) 5,9 Ω b) 2A, 3V

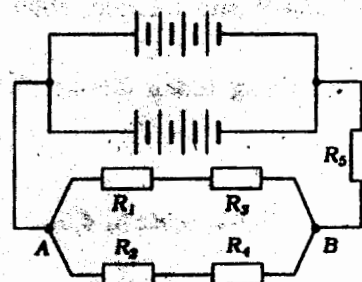
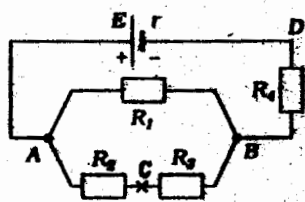
c) $I_1 = 1,5A$, $I_2 = 0,5A$, $U_{CD} = 10,8V$.

23.9 Cho mạch điện như hình, bộ nguồn gồm 2 dãy, mỗi dãy 4 pin nối tiếp mỗi pin có

$e = 1,5V$, $r_0 = 0,25\Omega$, mạch ngoài

$R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$.

Biết cường độ qua R_1 là 0,24A.



Tính :

a) Bộ nguồn tương đương

b) U_{AB} và cường độ mạch chính.

c) Giá trị điện trở R_5 .

ĐS : a) 6V, 0,5 Ω

b) 4,8V, 1,2A c) 0,5 Ω .

23.10 Mạch kín gồm nguồn điện ($E = 200V$; $r = 0,5\Omega$) và hai điện trở $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 500\Omega$ mắc nối tiếp.

Một vôn kế mắc song song R_2 , chỉ 160V.

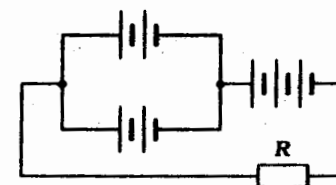
Tính điện trở của vôn kế.

ĐS : 2050 Ω

23.11 Cho mạch điện như hình, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$, $R = 6\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.

ĐS : 0,75A



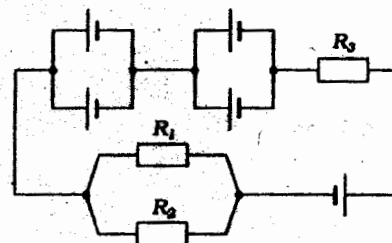
23.12 Cho mạch điện như hình mỗi nguồn có : $e = 1,5V$,

$r_0 = 1\Omega$, $R_1 = 6\Omega$,

$R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 4\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.

ĐS : 0,45A



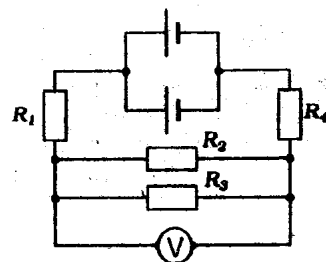
23.13 Cho mạch điện như hình mỗi nguồn $\mathcal{E} = 12V$,

$$r_0 = 2\Omega; R_2 = 3\Omega, R_3 = 6\Omega, R_1 = 2R_4, R_V \text{ rất lớn.}$$

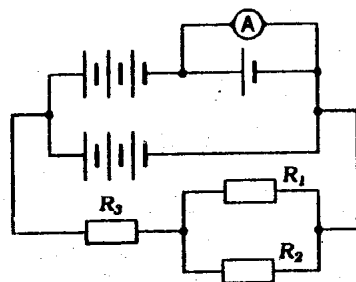
a) Vôn kế chỉ 2V. Tính R_1, R_4

b) Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.

$$ĐS: \text{ a) } 6\Omega; 3\Omega \text{ b) } 1,2A$$



23.14 Có 7 nguồn điện giống nhau mỗi nguồn có $\mathcal{E} = 6V$,



$$r_0 = \frac{2}{3} \Omega \text{ mắc như hình.}$$

$$R_1 = 3\Omega, R_2 = 6\Omega,$$

$$R_3 = 2\Omega, R_A = 0.$$

Tìm số chỉ của ampe kế.

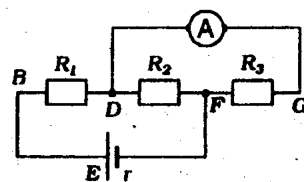
$$ĐS: 7,2A$$

23.15 Cho mạch điện như hình :

$$\mathcal{E} = 30V, r = 3\Omega,$$

$$R_1 = 12\Omega, R_2 = 36\Omega$$

$$R_3 = 18\Omega, R_A = 0$$



a) Tìm số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua nó.

b) Đổi chỗ nguồn E và ampe kế (cực dương của E nối với G). Tìm số chỉ và chiều dòng điện qua ampe kế.

$$ĐS: \text{ a) } 20/27 A; \text{ từ D đến G}$$

$$\text{ b) } 0,75A; \text{ từ F đến B.}$$

23.16 Cho mạch điện như hình :

$$\mathcal{E} = 24V, r = 1\Omega,$$

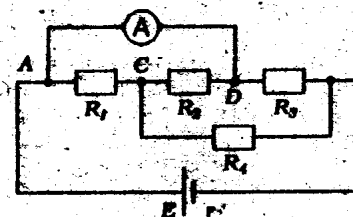
$$R_1 = 3\Omega,$$

$$R_2 = R_3 = R_4 = 6\Omega,$$

$$R_A = 0.$$

Tìm số chỉ của ampe kế.

$$ĐS: I_A = \frac{120}{31} \approx 3,87A$$



23.17 Cho mạch điện như hình

$$R_1 = R_2 = 6\Omega,$$

$$R_3 = 3\Omega, r = 5\Omega,$$

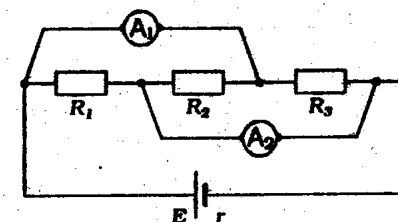
$$R_A = 0. \text{ Ampe kế } A_1 \text{ chỉ}$$

$$0,6A.$$

Tính E và số chỉ của ampe

kế A_2 .

$$ĐS: 5,2V; 0,4A$$

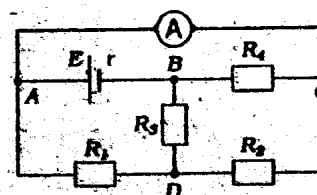


23.18 Cho mạch điện như hình :

$$R_1 = R_2 = R_3 = 40\Omega,$$

$$R_4 = 30\Omega, r = 10\Omega, R_A = 0.$$

Ampe kế chỉ 0,5A



a/ Tính suất điện động của nguồn.

b/ Đổi chỗ nguồn và ampe kế. Tìm số chỉ của ampe kế.

$$ĐS: \text{ a/ } 18V; \text{ b/ } 0,5A$$

23.19 Cho mạch điện như hình vẽ :

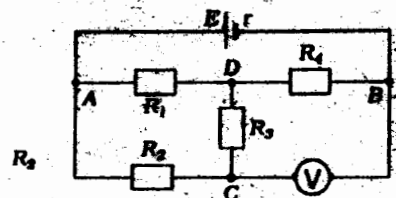
$$E = 4,8V; r = 1\Omega,$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega,$$

$$R_4 = 1\Omega, R_V \text{ rất lớn.}$$

a/ Tìm số chỉ của vôn kế

b/ Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.



ĐS : a/ 2,4V b/ 1,2A

23.20 Cho mạch điện như hình vẽ :

$$E = 11,5V; r = 0,8\Omega,$$

$$R_1 = 4,2\Omega, R_2 = R_3 = R_4 = 2,1\Omega,$$

$$R_A = 0, R_V \text{ rất lớn.}$$

Tìm số chỉ ampe kế, vôn kế

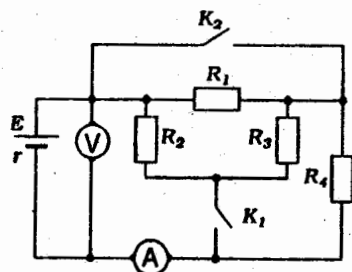
nếu :

a/ K_1, K_2 mở.

b/ K_1 mở, K_2 đóng.

c/ K_1 đóng, K_2 mở.

d/ K_1, K_2 đóng.



ĐS : a/ 2,3A; 9,66V; b/ 4A; 8,3V

c/ 5A; 7,5V; d/ 7,66A; 5,37V.

23.21 Cho mạch điện như hình :

$$E = 12V, r = 2\Omega, R_3 = R_4 = 2\Omega$$

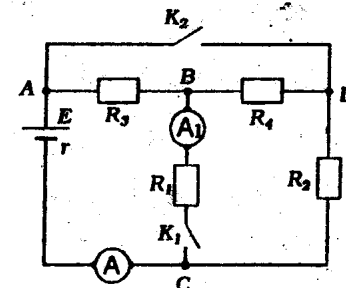
điện trở các ampe kế rất nhỏ.

a) K_1 mở, K_2 đóng, ampe kế A chỉ 3A. Tính R_2

b/ K_1 đóng, K_2 mở, ampe kế A_1 chỉ 2A. Tính R_1

c/ K_1, K_2 đều đóng. Tìm số chỉ các ampe kế.

ĐS : a/ 2Ω b/ 1Ω c/ 4A; 2A



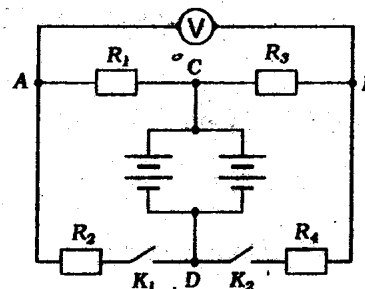
23.22 Cho mạch điện như hình : mỗi pin $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 2\Omega, R_1 = 2\Omega, R_2 = 1\Omega, R_3 = 4\Omega, R_V$ rất lớn.

a) K_1 đóng, K_2 mở. Tìm số chỉ của vôn kế.

b) K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ 1,5V. Tính R_4

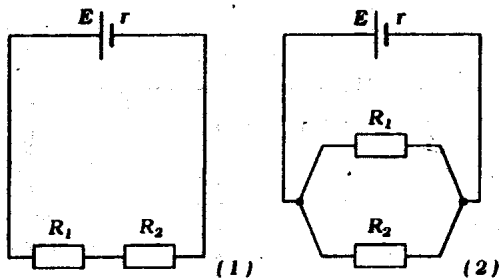
c) K_1 và K_2 đóng. Tìm số chỉ vôn kế.

Trong các trường hợp trên, cực dương của vôn kế nối với điểm nào ?



ĐS : a) $U_{BA} = 1,2V$; b) 2Ω ; c) 0 với A.

23.23 Hai điện trở $R_1 = 2\Omega, R_2 = 6\Omega$ mắc vào nguồn (E, r).



Khi R_1, R_2 nối tiếp, cường độ trong mạch $I_n = 0,5A$. Khi R_1, R_2 song song, cường độ mạch chính $I_s = 1,8A$.

Tìm E, r .
ĐS: $4,5V, 1\Omega$

23.24 Cho mạch điện như bài trên. Biết $E = 1,5V, r = 1\Omega$.

$I_n = 0,15A, I_s = 0,5A$. Tìm R_1, R_2 .

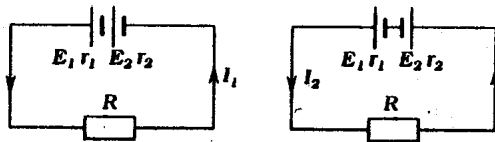
ĐS: $3\Omega, 6\Omega$.

23.25 Điện trở $R = 2\Omega$ mắc vào bộ nguồn gồm hai pin giống nhau. Khi hai pin nối tiếp, cường độ qua R là $I_1 = 0,75A$. Khi hai pin song song cường độ qua R là $I_2 = 0,6A$.

Tìm e, r_0 mỗi pin.

ĐS: $1,5V, 1\Omega$

23.26 Cho mạch điện gồm hai nguồn ($E_1 = 18V, r_1 = 1\Omega$), (E_2, r_2) mắc theo hai cách như hình. Biết $R = 9\Omega, I_1 = 2,5A, I_2 = 0,5A$. Dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ.



Tìm E_2, r_2 .

ĐS: $12V, 2\Omega$.

23.27 Nguồn (E, r), điện trở R và hai ampe kế A_1, A_2 có điện trở r_1, r_2 mắc như hình. Biết $E = 6V$. Khi A_1, A_2 song song các ampe kế

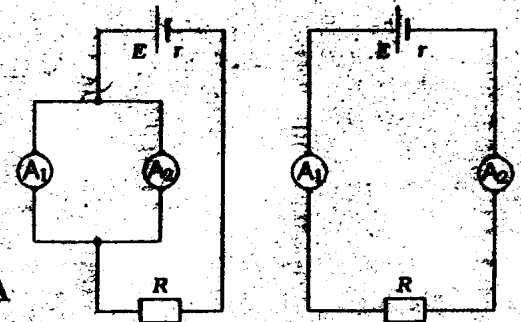
chỉ $I_1 = 2A, I_2 = 3A$.

Khi A_1, A_2 nối tiếp

$I_1 = I_2 = I = 4A$

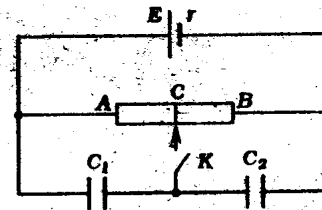
Tìm cường độ qua R khi không mắc ampe kế.

ĐS: $I = \frac{38}{7} \approx 5,43A$



23.28 Cho mạch điện như hình $E = 12V, r = 2\Omega$,

$R_{AB} = 10\Omega, C_1 = 0,2\mu F, C_2 = 0,3\mu F$



a) Tính điện tích mỗi tụ

khi:

– K mở

– K đóng và C ở trung điểm AB.

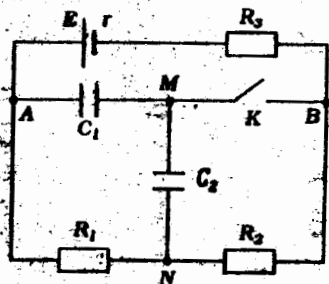
b) Tìm vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi.

ĐS: a) K mở: $Q = 1,2\mu C$;

K đóng: $Q = 1\mu C; Q_2 = 1,5\mu C$

b) $R_{AC} = 6\Omega; R_{CB} = 4\Omega$

23.29 Cho mạch điện như hình, $E = 6V$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 0,5\Omega$, $C_1 = C_2 = 0,2\mu F$.



Ban đầu K mở và trước khi ráp vào mạch các tụ chưa tích điện.

a) Tính điện tích mỗi tụ khi K mở

b) Tính điện tích mỗi tụ khi đóng K và số electron chuyển qua K khi K đóng.

c) Thay K bằng tụ $C_3 = 0,4\mu F$. Tính điện tích

của tụ C_3 . Xét hai trường hợp :

- K được thay thế khi còn đang mở
- K được thay thế sau khi đã đóng lại.

ĐS: a) $0,3\mu C$

b) $1\mu C$; $0,4\mu C$; $8,75 \cdot 10^{12} C$

c) $0,7\mu C$; 0

23.30 Cho mạch điện như hình bên :

$R_A = R_{A_1} = 0$, R_V rất lớn, $R_{MN} = 12\Omega$, $R_1 = 8\Omega$.

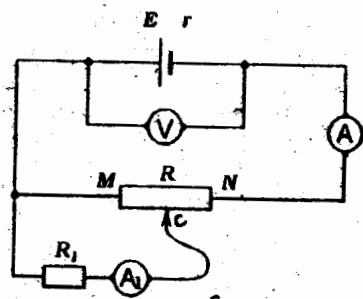
Khi C ở M, ampe kế A chỉ $2,5A$;

Khi C ở N vôn kế V chỉ $24V$.

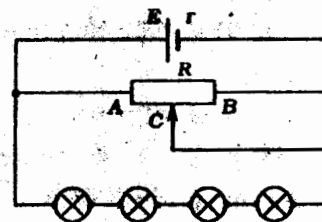
a/ Tìm E, r và số chỉ ampe kế A_1 khi C ở M, N

b/ Khi C di chuyển từ M đến N, số chỉ các máy đo thay đổi thế nào ?

ĐS: a) $36V$; $2,4\Omega$; 0; $3A$



23.31 Cho mạch điện như hình : bộ nguồn gồm 2 dây, mỗi dây 6 pin ($e = 2V$, $r_0 = 2\Omega$) nối tiếp, biến trở $R_{AB} = 12\Omega$, trên mỗi đèn ghi $1,5V - 0,75W$.



Tìm số chỉ vôn kế khi $C \equiv A$.

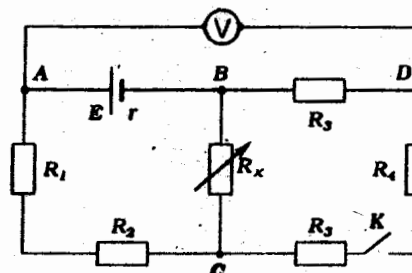
ĐS: $6V$.

23.33 Cho mạch điện như hình vẽ.

$E = 6V$, $r = 1\Omega$,

$R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega$

$R_2 = 0,8\Omega$,



R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω . Ban đầu $R_x = 2\Omega$

a) Tính số chỉ của vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x khi K mở và khi K đóng.

b) K đóng, cho R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω , cho biết số

chỉ vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x tăng hay giảm ?

DS : a) 4,75V ; 3,125W ; 3,9V ; 1,62W

b) U_V tăng; P_x đạt cực đại khi

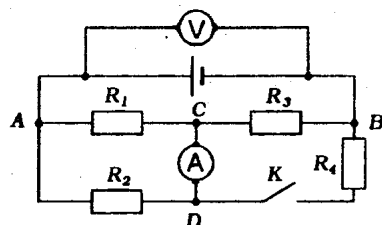
$$R_x = 1,45\Omega$$

23.34 Cho mạch điện như hình vẽ : bộ nguồn gồm ba pin giống

nhau ghép nối tiếp, mỗi pin

$e = 1,5V$, $R_1 = R_3 = 6\Omega$,

$R_A = 0$, R_V rất lớn.



a) K mở, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}$ A, vôn kế chỉ 4V. Tính R_2 và r_0 mỗi pin.

b) K đóng, ampe kế chỉ 0. Tính R_4 .

c) K đóng, đổi chỗ bộ nguồn và ampe kế cho nhau. Hỏi ampe kế, vôn kế chỉ bao nhiêu ?

DS : a) 3Ω; 1/3Ω b) 3Ω c) 0

23.35 Cho mạch điện như hình vẽ.

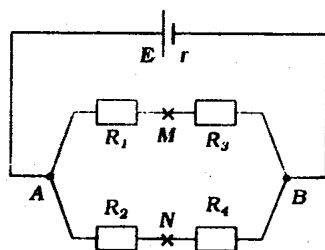
$r = 1\Omega$, $R_1 = 1\Omega$,

$R_2 = 4\Omega$

$R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 8\Omega$,

$U_{MN} = 1,5V$

Tìm E

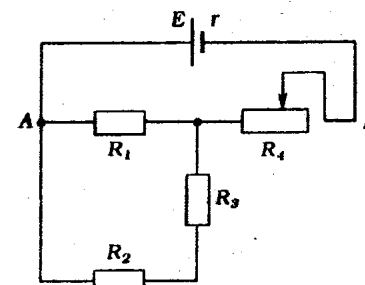


DS : 24V

23.36 Cho mạch điện như hình vẽ.

$R_1 = R_3 = 20\Omega$, $R_2 = 10\Omega$.

Khi $R_4 = 5,5\Omega$, mắc một vôn kế (R_V rất lớn) vào CB, vôn kế chỉ 6,75V. Khi $R_4 = 20\Omega$, mắc một ampe kế ($R_A = 0$) vào CB, ampe kế chỉ 0,875A



a) Tính cường độ mạch chính trong hai trường hợp trên.

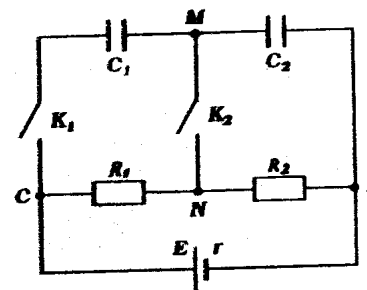
b) Nguồn được tạo nên bởi m dây song song, mỗi dây có n acquy giống nhau mắc nối tiếp. Biết suất điện động và điện trở trong mỗi acquy là $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$. Tìm m, n

DS : a) 0,5A ; 1A b) m = 2; n = 5

23.37 Cho mạch điện như hình : $E = 18V$,

$r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 6\mu F$.

Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng.



Tính U_{MN} trong hai trường hợp sau :

a) Đóng K_1 trước; mở K_2 sau

b) Mở K_2 trước; đóng K_1 sau

DS : b) 1,5V.

23.38. Ba điện trở đều bằng R_0 , mắc theo các cách khác nhau và lần lượt nối vào một nguồn điện không đổi xác định.

Khi ba điện trở nối tiếp cường độ qua mỗi điện trở bằng 0,2A

Khi chúng mắc song song, cường độ qua mỗi điện trở cũng bằng 0,2A

a) Tính cường độ qua mỗi điện trở trong các trường hợp còn lại.

b) Cần bao nhiêu điện trở R_0 và mắc thế nào để khi nối vào nguồn điện không đổi nói trên, cường độ qua mỗi điện trở đều bằng 0,1A.

23.39 Có n acquy (E, r) giống nhau nối với điện trở mạch ngoài R .

Tìm điều kiện để cường độ qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau.

$$DS: R = r$$

23.40 Có $N = 80$ nguồn giống nhau, mỗi nguồn có $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành x dãy song song, mỗi dãy y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là điện trở R .

Tìm x, y để cường độ qua R lớn nhất.

Xét khi R bằng :

a) 5Ω b) 6Ω c) 9Ω

23.41 Nguồn $E = 180V$, $r = 2\Omega$ dẫn điện đến nơi tiêu thụ nhờ đường dây dẫn điện trở $R = 4\Omega$. Nơi tiêu thụ có một số đèn $110V-100W$ mắc song song.

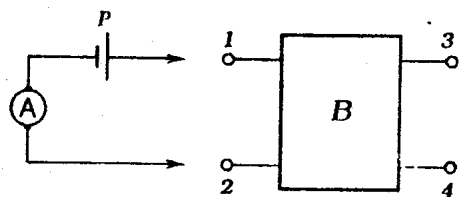
Tìm số đèn cực đại có thể thắp sáng sao cho hiệu điện thế hai đầu đèn sai lệch không quá 10% hiệu điện thế định mức.

$$DS: 16$$

23.42 "Hộp đen" B có bốn đầu ra 1; 2; 3; 4;

Dụng cụ dò tìm gồm có một pin P mắc nối tiếp với một ampe kế

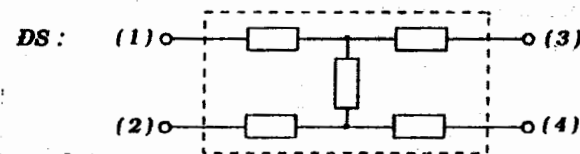
A. Điện trở trong của P và của ampe kế không đáng kể. Lần lượt nối hai đầu của mạch dò vào từng cặp đầu ra của "hộp đen" và đọc số chỉ của



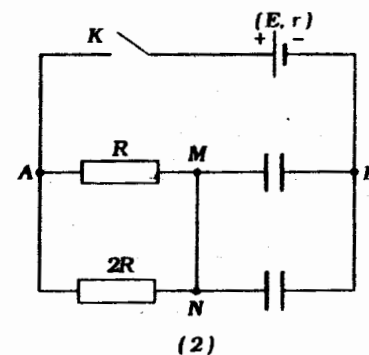
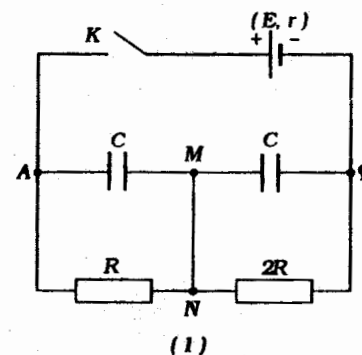
ampe kế trong mỗi trường hợp, ta có kết quả như sau :

$$I_{13} = 3I_{12} = 3I_{14}; I_{13} = 2I_{23} = 2I_{24} = 2I_{34}.$$

Cho biết trong hộp chỉ mắc những điện trở giống nhau; hãy vẽ ra cách mắc các điện trở trong hộp này.



23.43* Cho các mạch điện có sơ đồ như sau



Nguồn có suất điện động E và điện trở trong $r = \frac{R}{2}$. Các tụ

điện có điện dung C ban đầu chưa tích điện. Điện trở các dây nối và khóa không đáng kể.

a) Tính điện lượng truyền qua đoạn dây MN ở các mạch điện cho trên.

b) Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R trong mạch (2).

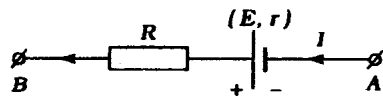
$$DS: a) |\Delta q_1| = \frac{2CE}{7}; |\Delta q_2| = \frac{CE}{3}$$

$$b) Q = \frac{8CE^2}{21}$$

§10. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO CÁC LOẠI ĐOẠN MẠCH

A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Đoạn mạch chứa máy phát điện



$$I = \frac{U_{AB} + E}{R_{AB}}$$

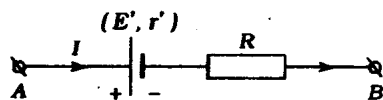
$\begin{cases} U_{AB} : \text{hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện.} \\ R_{AB} : \text{điện trở tương đương của đoạn mạch.} \end{cases}$

CHÚ Ý : Có thể viết công thức trên dưới dạng sau :

$$\bullet U_{AB} + E = R_{AB} \cdot I$$

$$\bullet U_{BA} = E - R_{AB} \cdot I \text{ (hiệu điện thế giữa cực + và cực - của máy phát điện).}$$

II. Đoạn mạch chứa máy thu điện



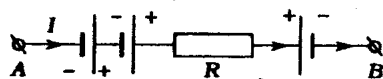
$$I = \frac{U_{AB} - E'}{R_{AB}}$$

$\begin{cases} U_{AB} : \text{hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện} \\ R_{AB} : \text{điện trở tương đương của đoạn mạch.} \end{cases}$

CHÚ Ý : Có thể viết công thức trên dưới dạng sau :

$$U_{AB} = E' + R_{AB} \cdot I$$

III. Đoạn mạch chứa nhiều máy phát điện, máy thu điện nối tiếp



$$I = \frac{U_{AB} + \Sigma E - \Sigma E'}{R_{AB}}$$

$\begin{cases} U_{AB} : \text{hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện} \\ \Sigma E : \text{tổng các suất điện động của máy phát điện} \\ \Sigma E' : \text{tổng các suất phản điện của máy thu điện} \\ R_{AB} : \text{điện trở tương đương của đoạn mạch.} \end{cases}$

CHÚ Ý : Có thể viết công thức trên dưới dạng sau :

$$U_{AB} + \Sigma E - \Sigma E' = R_{AB} \cdot I$$

IV. Định luật Kiécxôp.

- Định luật cho nút mạng :

$$\sum_k I_k = 0$$

- Định luật cho mắt mạng :

$$\sum_k E_k = \sum_k I_k R_k$$

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 24

Tính các đại lượng của dòng điện trong một mạch điện phức tạp.

- Áp dụng định luật nút mạch về cường độ và lập biểu thức hiệu điện thế của các đoạn mạch có hai điểm chung nhau.

Suy ra các phương trình đại số về cường độ. Giải để tìm các cường độ dòng điện. Suy ra các đại lượng khác.

- Nếu chiều dòng điện chưa biết, ta tự chọn lấy chiều các dòng điện một cách thích hợp và giải như trên. Khi giải các phương trình nếu tìm được :

$$\begin{cases} I_k > 0 : \text{ta giữ chiều đã chọn} \\ I_k < 0 : \text{ta đảo chiều đã chọn} \end{cases}$$

- Nếu mạch điện phức tạp, ta áp dụng định luật Kiécxôp như sau.

- Viết phương trình về nút mạng :

$$\sum_k I_k = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} * I_k > 0 : \text{dòng điện tới nút} \\ * I_k < 0 : \text{dòng điện rời nút.} \end{array} \right.$$

- Viết phương trình về mắt mạng cho tất cả các mắt mạng của mạch điện :

$$\sum_k E_k = \sum_k I_k R_k$$

Ta chọn một chiều thuận cho mắt mạng.

- * $E_k > 0$ khi chiều thuận đi từ cực - sang cực +
- * $E_k < 0$ khi chiều thuận đi từ cực + sang cực -
- * $I_k R_k > 0$ khi chiều thuận cùng chiều với dòng điện
- * $I_k R_k < 0$ khi chiều thuận ngược chiều dòng điện

CHÚ Ý :

- Đặt m là số nút, n là số dòng điện.
- Số phương trình nút là $(m - 1)$; số phương trình mắt mạng là $(n - m + 1)$.
- Có thể dùng phép biến đổi $\Delta \leftrightarrow Y$ để giải bài toán

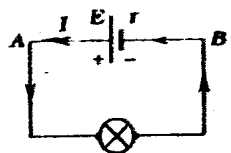
• BÀI TẬP THÍ DỤ

24.1

a) Acquy $E = 6V$, $r = 0,5\Omega$ được nạp điện bằng nguồn hiệu điện thế $U_{AB} = 12V$ qua một biến trở R mắc nối tiếp. Tính R để cường độ dòng điện nạp là $I = 2A$.



b) Sau đó acquy được dùng để thắp sáng một bóng đèn điện. Biết cường độ dòng điện qua acquy là $1,2A$. Tìm độ giảm thế trong acquy và hiệu điện thế hai đầu cực acquy.



231

GIẢI

a) Tính điện trở:

Ta áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch chứa máy thu

$$U_{AB} - E = (R + r)I$$

$$\text{Suy ra : } R = \frac{U_{AB} - E}{I} - r = \frac{12 - 6}{2} - 0,5 = 2,5\Omega$$

b) Tính các hiệu điện thế :

$$\text{Độ giảm thế trong acquy : } rI = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6V$$

Định luật Ôm về đoạn mạch chứa máy phát cho :

$$U_{AB} = E - rI = 6 - 0,6 = 5,4V$$

24.2

Cho mạch điện như hình vẽ :

$$E = 3V, r = 0,5\Omega, R_1 = 2\Omega$$

$$R_2 = 4\Omega, R_4 = 8\Omega, R_5 = 100\Omega$$

$$R_A = 0$$

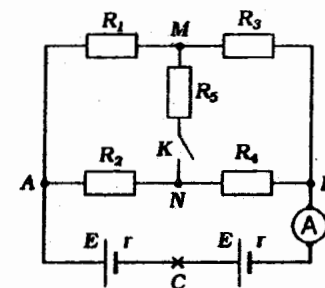
Ban đầu K mở và ampe kế chỉ

$$I = 1,2A$$

a) Tính U_{AB} và cường độ dòng điện qua mỗi điện trở.

b) Tìm R_3, U_{MN}, U_{MC} .

c) Tìm cường độ mạch chính và mỗi nhánh khi K đóng.



GIẢI

a) Hiệu điện thế U_{AB} - Cường độ các dòng điện

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AB chứa hai nguồn :

$$U_{AB} = 2E - 2rI = 4,8V$$

232

Cường độ dòng điện qua R_2 và R_4 : $I_{24} = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_4} = 0,4V$

Cường độ dòng điện qua R_1 và R_3 : $I_{13} = I - I_{24} = 0,8A$

b) Điện trở R_3 - Các hiệu điện thế U_{MN} , U_{MC}

Ta có : $I_{13} = \frac{U_{AB}}{R_{13}} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_3}$

Suy ra : $R_3 = \frac{U_{AB}}{I_{13}} - R_1 = 4\Omega$

Hiệu điện thế : $U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = U_{AN} - U_{AM} = U_2 - U_1$
 $= I_2 R_2 - I_1 R_1 = 0$

$U_{MC} = U_{MA} + U_{AC} = U_{AC} - U_{AM}$
 $= (E - rI) + I_1 R_1 = 0,8V$

c) Cường độ các dòng điện khi K đóng :

Do $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ nên khi K đóng dòng điện qua R_5 là $I_5 = 0$, dòng

điện trên mạch chính và mỗi nhánh không thay đổi so với khi K mở.

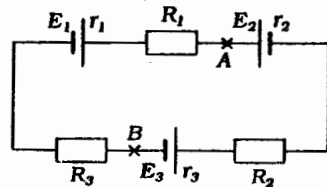
24.3

Cho mạch điện như hình vẽ :

$E_1 = 12V, r_1 = 1\Omega, E_2 = 6V,$
 $r_2 = 2\Omega$

$E_3 = 9V, r_3 = 3\Omega, R_1 = 4\Omega,$
 $R_2 = 2\Omega,$

$R_3 = 3\Omega$. Tìm hiệu điện thế giữa A, B



GIẢI

Mạch điện gồm các nguồn, máy thu, điện trở thuần mắc nối tiếp nhau. Giả sử dòng điện trong mạch có chiều ngược kim đồng hồ

Cường độ dòng điện trong mạch, theo định luật Ôm mạch kín :

$$I = \frac{-E_1 + E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2 + r_3} = 0,2A$$

chiều dòng điện ta đã giả sử là đúng.

Ta áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AB chứa E_1, R_1, R_3 :

$$U_{AB} - E_1 = (R_1 + R_3 + r_1)I$$

$$U_{AB} = E_1 + (R_1 + R_3 + r_1)I = 13,6V$$

24.4

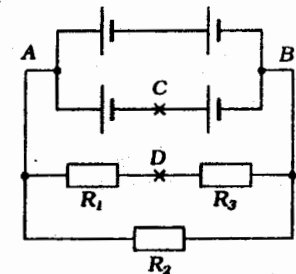
Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi nguồn : $e = 7,5V, r_0 = 1\Omega$

điện trở $R_1 = 40\Omega, R_3 = 20\Omega$

Biết cường độ qua R_1 là

$$I_1 = 0,24A$$

Tìm U_{AB} , cường độ mạch chính, giá trị R_2 và U_{CD} .



GIẢI

- Hiệu điện thế : $U_{AB} = I_1(R_1 + R_3) = 14,4V$

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AB chứa bộ nguồn :

$$U_{AB} = E_b - r_b I$$

- Ta suy ra cường độ dòng điện mạch chính :

$$I = \frac{E_b - U_{AB}}{r_b} = \frac{ne - U_{AB}}{\frac{nr_0}{m}} = 0,6A$$

Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = I - I_1 = 0,36A$.

- Giá trị điện trở : $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_{AB}}{I_2} = 40\Omega$

- Hiệu điện thế : $U_{AC} = e - rI_e = e - r \cdot \frac{I}{2} = 7,2V$

$$U_{AD} = I_1 \cdot R_1 = 9,6V$$

$$U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = U_{AD} - U_{AC} = 2,4V$$

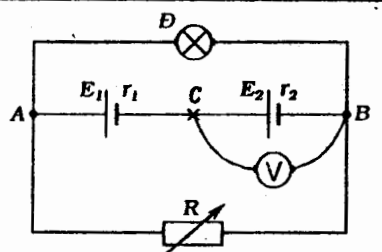
24.5

Cho mạch điện như hình vẽ

$$E_1 = 3V; E_2 = 1,5V; r_1 = 1\Omega,$$

$$r_2 = 1,5\Omega; R \text{ là biến trở,}$$

đèn (Đ) : $3V - 3W$, R_V rất lớn.



a) Tìm R để vôn kế chỉ 0. Khi này đèn Đ có sáng bình thường không ?

b) Cho R tăng dần từ giá trị tính được trong câu a) độ sáng của đèn và số chỉ của vôn kế thay đổi ra sao ?

GIẢI

a) Tìm R :

Gọi cường độ dòng điện mạch chính (qua E_1 và E_2) là I .

$$\text{Số chỉ của vôn kế: } U_V = U_{CB} = E_2 - r_2 I = 0$$

$$\text{Suy ra : } I = \frac{E_2}{r_2} = 1A$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{AC} = E_1 - r_1 I = 2V$$

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = 2V$$

$$\text{Điện trở đèn : } R_D = \frac{U_d^2}{P_d} = 3\Omega$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua đèn : } I_D = \frac{U_{AB}}{R_D} = \frac{2}{3}A$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R : I_R = I - I_D = \frac{1}{3}A$$

$$\text{Suy ra : } R = \frac{U_{AB}}{I_R} = 6\Omega$$

Hiệu điện thế hai đầu bóng đèn : $U_D = U_{AB} = 2$ nhỏ hơn hiệu điện thế định mức U_d nên độ sáng đèn tối hơn bình thường.

b) Thay đổi của số chỉ của (V) và độ sáng của đèn :

Cho R tăng dần từ giá trị $R = 6\Omega$. Điện trở tương đương mạch ngoài R_{AB} tăng.

$$\text{Cường độ mạch chính : } I = \frac{E_1 + E_2}{R_{AB} + r_1 + r_2} : \text{giảm}$$

$$\text{Số chỉ của vôn kế : } U_V = U_{CB} = E_2 - r_2 I : \text{tăng}$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{AB} = E_1 + E_2 - (r_1 + r_2)I : \text{tăng}$$

$$\text{Cường độ qua đèn : } I_D = \frac{U_{AB}}{R_D} : \text{tăng}$$

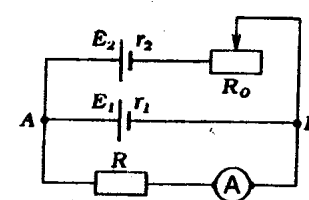
- Độ sáng của đèn sẽ tăng.

24.6

Cho mạch điện như hình

$$R = 10\Omega, r_1 = r_2 = 1\Omega, R_A = 0$$

Khi xe dịch con chạy của biến trở R_o , số chỉ của ampe kế không đổi và bằng 1A. Tìm E_1, E_2



GIẢI

- Số chỉ của ampe kế A không phụ thuộc giá trị của R_0 chỉ khi cường độ qua nhánh AB chứa E_2 và R_0 luôn bằng không. Khi đó cường độ dòng điện trong mạch chỉ qua E_1 và R . Cường độ dòng điện qua E_1 và R :

$$I = \frac{E_1}{R + r_1}$$

Suy ra : $E_1 = I(R + r_1) = 11V$

Hiệu điện thế : $U_{AB} = I.R = 10V$

- Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AB chứa E_2 :

$$U_{AB} = E_2 - (r_2 + r_0)I_2$$

Theo lập luận trên : $I_2 = 0$

Suy ra $E_2 = U_{AB} = 10V$.

24.7

Cho mạch điện như hình :

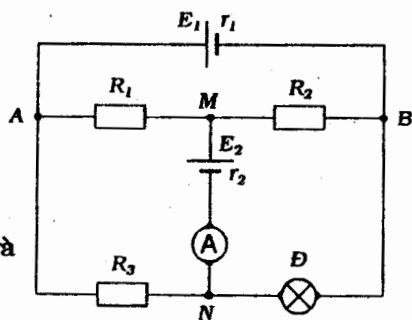
$$E_1 = 16V, E_2 = 5V,$$

$$r_1 = 2\Omega, r_2 = 1\Omega, R_2 = 4\Omega,$$

$$\text{đèn D} : 3V - 3W.$$

Biết đèn sáng bình thường và ampe kế chỉ 0.

Tính R_1, R_3 .



GIẢI

- Điện trở của đèn : $R_D = \frac{U_d^2}{P_d} = 3\Omega$

Khi đèn sáng bình thường, hiệu điện thế hai đầu đèn $U_{NB} = 3V$

$$\text{Cường độ dòng điện qua đèn : } I_D = \frac{P_d}{U_d} = 1A$$

- Ta áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch MN chứa E_2 :

$$U_{MN} = E_2 - (r_2 + R_A)I_A$$

Theo đề : $I_A = 0 : U_{MN} = E_2 = 5V$

Hiệu điện thế: $U_{MB} = U_{MN} + U_{NB} = 8V$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_2 : I_2 = \frac{U_{MB}}{R_2} = 2A$$

Cường độ dòng điện mạch chính (qua E_1) :

$$I = I_2 + I_D = 3A$$

- Ta áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AB chứa E_1 :

$$U_{AB} = E_1 - r_1 I = 10V$$

Hiệu điện thế $U_{AM} = U_{AB} - U_{MB} = 2V$

$$U_{AN} = U_{AB} - U_{NB} = 7V$$

$$\text{Giá trị điện trở } R_1 = \frac{U_{AM}}{I_1} = \frac{U_{AM}}{I_2} = 1\Omega$$

$$R_3 = \frac{U_{AN}}{I_3} = \frac{U_{AN}}{I_D} = 7\Omega$$

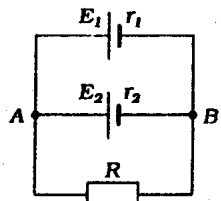
24.8

Cho mạch điện như hình

$$E_1 = 20V, E_2 = 32V, r_1 = 1\Omega, r_2 = 0,5\Omega$$

$$R = 2\Omega$$

Tìm cường độ dòng điện qua mỗi nhánh.



GIẢI

Ta sử dụng các định luật Ôm.

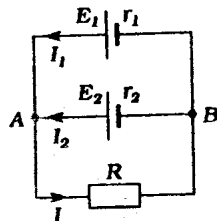
Giả sử chiều dòng điện trong mạch như hình

$$\text{Nhánh } AE_1B : U_{AB} = E_1 - r_1 I_1 \quad (1)$$

$$AE_2B : U_{AB} = E_2 - r_2 I_2 \quad (2)$$

$$ARB : U_{AB} = IR \quad (3)$$

$$\text{Nút } A : I = I_1 + I_2 \quad (4)$$

Rút I_1, I_2, I từ (1), (2), (3) theo U_{AB} rồi thay vào (4) :

$$\frac{U_{AB}}{R} = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2}$$

Thay số và giải phương trình, ta được $U_{AB} = 24V$

$$\text{Suy ra : } I_1 = -4A; \quad I_2 = 16A; \quad I = 12A$$

- Chiều dòng điện qua E_2 và R cùng chiều ta chọn.
- Chiều dòng điện qua E_1 ngược chiều ta chọn.

CHÚ Ý : Có thể giải bằng các định luật Kiécxốp như sau :

Giả sử chiều dòng điện trong mạch như hình trên.

$$\text{Mắt mạng } BE_1ARB : E_1 = r_1 I_1 + RI \quad (5)$$

$$\text{Mắt mạng } BE_2ARB : E_2 = r_2 I_2 + RI \quad (6)$$

$$\text{Nút } A : I_1 + I_2 - I = 0 \quad (7)$$

Rút I_1, I_2 từ (5), (6) theo I rồi thay vào (7)

$$\frac{E_1 - RI}{r_1} + \frac{E_2 - RI}{r_2} - I = 0$$

Ta tính được : $I = 12A$.

$$\text{Suy ra : } I_1 = -4A; \quad I_2 = 16A$$

Ta kết luận về chiều dòng điện như trên.

24.9

Cho mạch điện có cấu tạo như sơ đồ trong hình dưới đây.

$$E_1 = 25V; E_2 = 16V$$

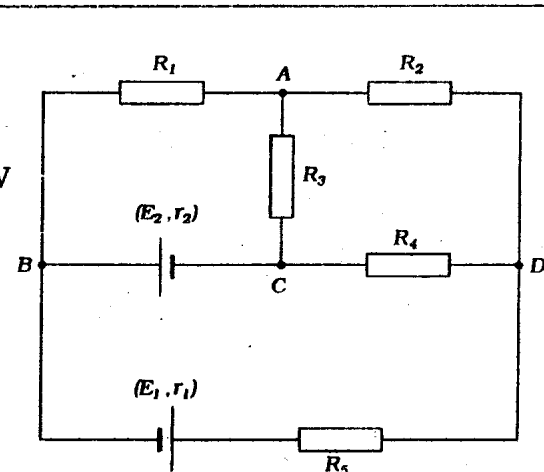
$$r_1 = r_2 = 2\Omega$$

$$R_1 = R_2 = 10\Omega;$$

$$R_3 = R_4 = 5\Omega$$

$$R_5 = 8\Omega$$

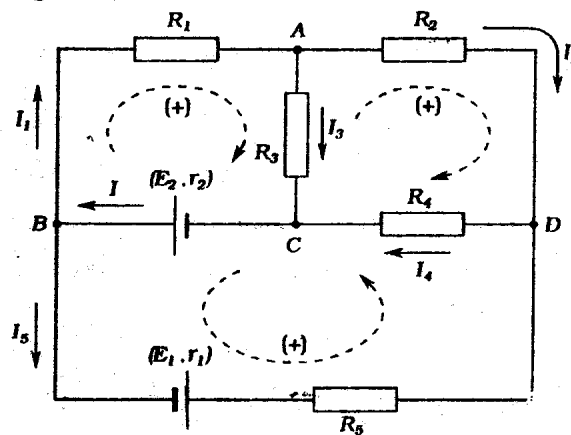
Tính cường độ dòng điện qua mỗi nhánh.



GIẢI

Ta áp dụng định luật Kiécxốp.

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ.



Ta có :

– Các phương trình nút :

$$I = I_1 + I_5 = I_3 + I_4 \quad (1)$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (2)$$

$$I_4 = I_2 + I_5 \quad (3)$$

– Các phương trình mắt mạng (chiều thuận được chọn theo chiều các đường vòng theo mũi tên) :

$$E_2 = R_1 I_1 + R_3 I_3 + r_2 I \Rightarrow 10I_1 + 5I_3 + 2I = 16 \quad (1')$$

$$E_1 + E_2 = (R_5 + r_1)I_5 + R_4 I_4 + r_2 I \Rightarrow 10I_5 + 5I_4 + 2I = 41 \quad (2')$$

$$0 = R_2 I_2 + R_4 I_4 - R_3 I_3 \Rightarrow 10I_2 + 5I_4 - 5I_3 = 0 \quad (3')$$

Suy ra :

$$(1') + (2') \text{ cho : } 4I + 10(I_1 + I_5) + 5(I_3 + I_4) = 57 \quad (4)$$

Kết hợp (4) với (1) ta được :

$$19I = 57 \Rightarrow I = \frac{57}{19} = 3A$$

Ngoài ra, kết hợp (3') với (1) và (2) ta có :

$$10(I_1 - I_3) + 5(I - I_3) - 5I_3 = 0$$

$$\Rightarrow 10I_1 - 20I_3 = -5I = -15 \quad (5)$$

$$\text{Từ (1')} \text{ ta lại có : } 10I_1 + 5I_3 = 16 - 2I = 10 \quad (6)$$

$$(6) - (5) \text{ cho : } 25I_3 = 25 \Rightarrow I_3 = 1A$$

$$\text{Do đó : } I_1 = \frac{20I_3 - 15}{10} = \frac{5}{10} = 0,5A$$

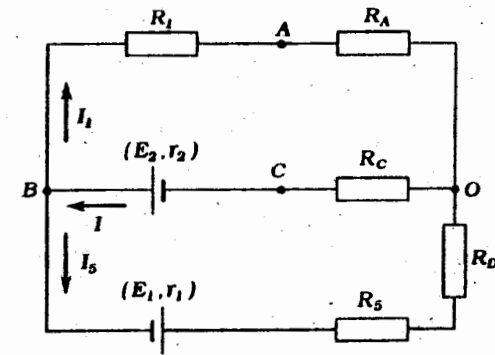
$$\Rightarrow I_5 = I - I_1 = 3 - 0,5 = 2,5A$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - I_3 = 0,5 - 1 = -0,5A \Rightarrow I_{DA} = 0,5A$$

$$\Rightarrow I_4 = I_5 - I_{DA} = 2,5 - 0,5 = 2A$$

CHÚ Ý :

Có thể biến đổi $\Delta \rightarrow Y$ và giải như sau. Ta có sơ đồ mạch đã biến đổi :



$$R_A = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{50}{20} = 2,5\Omega$$

$$R_C = \frac{R_3 R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{25}{20} = 1,25\Omega$$

$$R_D = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{50}{20} = 2,5\Omega$$

Ta có biểu thức của U_{BO} như sau :

$$U_{BO} = (R_1 + R_A)I_1 = 12,5I_1 \quad (1)$$

$$= E_2 - (R_c + r_2)I = 16 - 3,25I \quad (2)$$

$$= (R_{\text{B}} + R_{\text{D}} + r_1)I_5 - E_1 = 12,5I_5 - 25 \quad (3)$$

Ngoài ra :

$$I = I_1 + I_6 \quad (4)$$

Ta suy ra :

$$(1) + (3) : 12,51 - 25 = 32 - 6,51$$

$$\Rightarrow 19I = 57 \Rightarrow I = \frac{57}{19} = 3A$$

✓ Vậy : $U_{BO} = 16 - 9,75 = 6,25V$. Do đó :

$$I_1 = \frac{U_{BO}}{R_1 + R_A} = \frac{6,25}{12,5} = 0,5A; \quad I_5 = I - I_1 = 3 - 0,5 = 2,5A$$

$$U_{AC} = R_A I_1 + R_C I = 2,5 \cdot 0,5 + 1,25 \cdot 3 = 5V$$

$$I_3 = \frac{U_{AC}}{R_3} = \frac{5}{5} = 1A; \quad I_2 = I_{DA} = I_3 - I_1 = 1 - 0,5 = 0,5A$$

$$I_4 = I_5 - I_2 = 2,5 - 0,5 = 2A$$

● BÀI TẬP LUYỆN TẬP

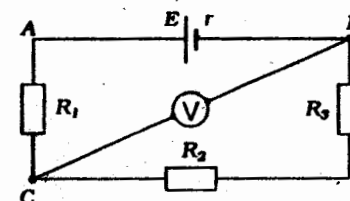
24.10

Nguồn điện (\mathcal{E} , r), khi điện trở mạch ngoài là $R_1 = 2\Omega$ thì cường độ qua R_1 là $I_1 = 8A$. Khi điện trở mạch ngoài là $R_2 = 5\Omega$ thì hiệu điện thế hai đầu nguồn là $U_2 = 25V$.

Tim E. r.

DS : $E = 40V$; $r = 3\Omega$

24.11



Cho mạch điện như hình vẽ
 $E = 170V$, $r = 5\Omega$,
 $R_1 = 195\Omega$,
 $R_2 = R_3 = 200\Omega$, vôn kế chỉ
 $100V$. Tìm điện trở vôn kế.

DS : 1000Ω

24.12

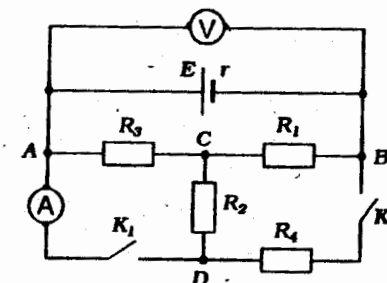
Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6,3V$, $r = 2\Omega$,
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$,
 $R_A = 0$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ vôn kế khi K_1, K_2 đều mở

b) K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ 4,05V.

Tim R_4 và U_{AD}

c) Tìm số chỉ của ampe kế khi K_1, K_2 đều đóng.



DS : a) 4,2V b) 6Ω ; 2,7V c) 1,05A.

24.13

Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 8 pin mỗi pin có $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành 2 dãy song song mỗi dãy 4 pin.

Điện trở

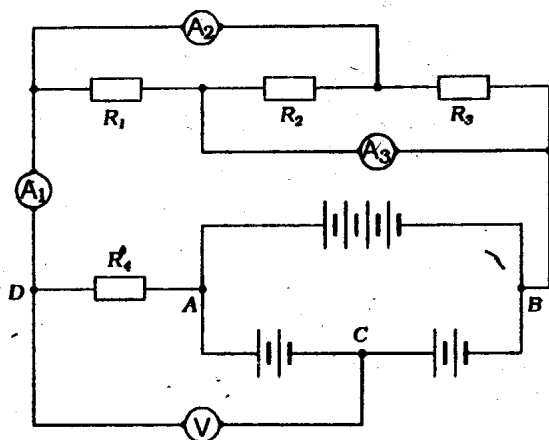
$R_1 = 24\Omega$,

$R_2 = 12\Omega$,

$R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ của các ampe kế.

b) Tìm số chỉ của vôn kế. Đầu dương của vôn kế phải nối với điểm nào ?



DS : a) $1A$; $\frac{5}{6}A$; $0,5A$,

b) $1V$, điểm D

24.14

Cho mạch điện như hình vẽ. Mỗi nguồn

$e = 2V$, $r = 1\Omega$,

điện trở :

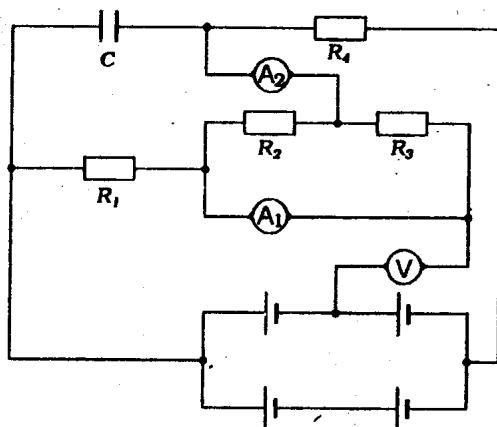
$R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 12\Omega$,

$R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 2\Omega$,

tụ $C = 0,8\mu F$,

$R_A = 0$, R_V

rất lớn.



Tính :

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.

b) Số chỉ trên các ampe kế và vôn kế.

c) Điện tích của tụ điện.

DS : a) $4V$, 1Ω

b) $0,33A$; $0,5A$; $1,25V$

c) $2.10^{-6}C$

24.15

Bộ nguồn gồm 20

pin giống nhau,

mỗi pin có

$e = 1,8V$, $r_0 = 0,5\Omega$

mắc thành 2 dãy

song song, mỗi dãy

10 pin nối tiếp.

Đèn thuộc loại

$6V-3W$. Ban đầu

$R_1 = 18\Omega$,

$R_2 = 10\Omega$.

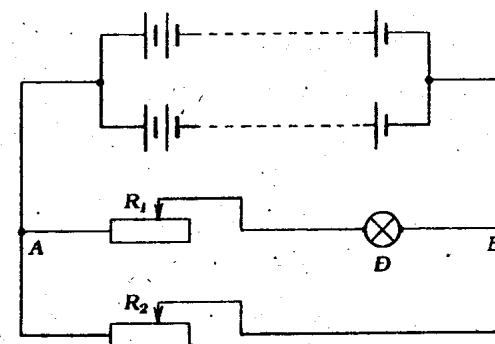
a) Tìm cường độ

mạch chính và mỗi nhánh

b) Tăng R_2 hoặc R_1 , độ sáng đèn thay đổi ra sao ?

c) $R_1 = 18\Omega$. Tìm R_2 để đèn sáng đúng định mức.

d) $R_2 = 10\Omega$. Tìm R_1 để đèn sáng đúng định mức.



DS : a) $I = 1,8A$, $I_1 = 0,45A$, $I_2 = 1,35A$

b) Tăng R_2 : đèn sáng hơn, tăng R_1 : đèn giảm sáng.

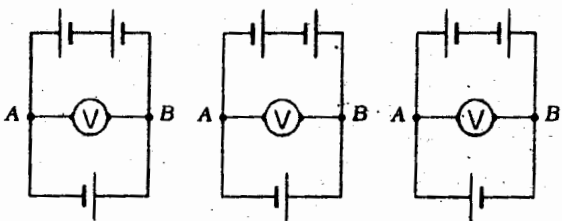
c) $R_2 \approx 21,4\Omega$

d) $R_1 = 14,8\Omega$

24.16

Ba nguồn giống nhau, mỗi nguồn có :

$e = 1,5V$,
 $r = 0,5\Omega$ và
 một vôn kế V (R_V rất lớn) lần



lượt mắc theo ba sơ đồ như hình vẽ. Tính số chỉ vôn kế trên mỗi sơ đồ.

DS : 0V ; 2V ; 1V

24.17

Cho mạch điện như hình vẽ,

$E_1 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$;

$E_2 = 4V$, $r_2 = 2\Omega$,

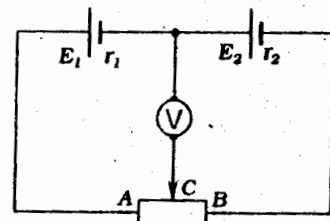
$R_{AB} = 7\Omega$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ của vôn kế nếu

- C trùng A

- C ở vị trí $R_{AC} = 1\Omega$

b) Tính R_{AC} để vôn kế chỉ 0; chỉ 1V.



DS : a) 5V ; 4V
 b) 5Ω ; 6Ω hoặc 4Ω

24.18

Cho mạch điện như hình vẽ :

$E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$,

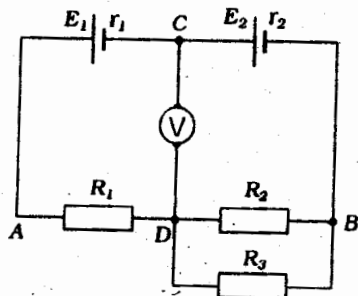
$r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = 5\Omega$,

$R_2 = 3\Omega$, R_V rất lớn.

a) Vôn kế V chỉ 0. Tính R_3

b) Đảo vị trí các cực của một trong hai nguồn. Tìm số chỉ của vôn kế.

DS : a) 6Ω b) 4V



24.19

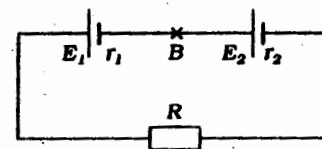
Cho mạch điện như hình vẽ.

Tìm E_1 để :

a) $U_{AB} > 0$

b) $U_{AB} < 0$

c) $U_{AB} = 0$



DS : a) $E_1 > r_1 E_2 / (R + r_2)$
 b) $E_1 < r_1 E_2 / (R + r_2)$
 c) $E_1 = r_1 E_2 / (R + r_2)$

24.20

Cho mạch điện như hình :

$R = 10\Omega$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$,

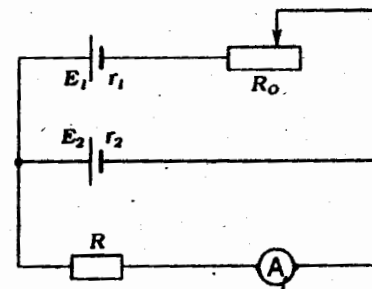
$R_A = 0$. Khi xe dịch con

chạy biến trở R_0 , số chỉ

ampe kế không đổi và bằng

1A. Tìm E_1, E_2 .

DS : 10V ; 11V



24.21

Cho mạch điện như

hình :

$R_1 = 2R_2$,

$R_4 = 2R_3$,

$E_1 = 12V$,

$r_1 = r_2 = 2\Omega$,

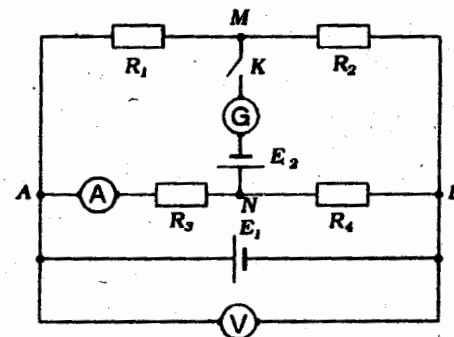
$R_A = R_G = 0$, R_V

rất lớn.

a) K mở, vôn kế chỉ 10V, ampe kế chỉ 1/3A.

Tính R_1, R_2, R_3, R_4 .

b) K đóng, điện kế chỉ 0. Tính E_2 .



c) Thay khóa K bằng tụ $C = 3\mu F$ và đổi cực nguồn E_2 . Tính Q của tụ và xác định dấu điện tích trên các bản tụ.

ĐS : a) $10\Omega, 5\Omega, 10\Omega, 20\Omega$ b) $3,33V$

c) $2.10^{-5}C$, bản nối với M tích điện âm.

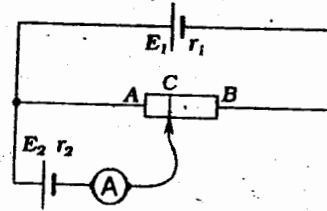
24.22

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 4,5V; E_2 = 1,8V;$

$r_1 = 1\Omega; R_{AB} = 8\Omega;$

$R_A = 0$.



a) Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.

b) Mắc thêm $R' = 3\Omega$ song song với đoạn mạch chứa E_2 và ampe kế. Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.

ĐS : a) $R_{AC} = 3,6\Omega$ b) $R_{AC} = 6\Omega$

24.23

Có 16 nguồn giống nhau, mỗi nguồn $e = 2V, r_0 = 1\Omega$, mắc thành hai dãy song song, mỗi dãy x và y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là $R = 15\Omega$.

Tìm x, y để cường độ qua một dây bằng 0.

ĐS : 6 và 10.

24.24

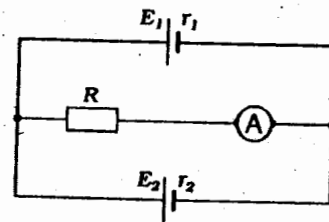
Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 6V; E_2 = 4,5V;$

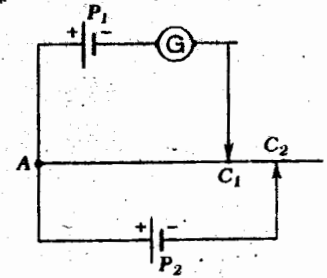
$r_1 = 2\Omega; R = 2\Omega; R_A = 0$.

Ampe kế chỉ 2A. Tính r_2

ĐS : $0,5\Omega$.



24.25 *



Một dây kim loại AB đồng chất tiết diện đều chiều dài d và điện trở R. Hai chỗ tiếp xúc di động C_1 và C_2 có thể di chuyển dọc theo AB. Một pin mẫu P_1 có suất điện động e_1 đã biết được nối cực dương với A, cực âm với

C_1 qua một điện kế G. Một nguồn điện P_2 cần đo suất điện động e_2 được nối cực dương với A, cực âm với C_2 (hình vẽ). Điện trở các dây nối và chỗ tiếp xúc không đáng kể. Chọn vị trí của C_1 và C_2 sao cho điện kế G chỉ số 0.

a) Tính tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo các độ dài $d_1 = AC_1$ và $d_2 = AC_2$ nếu điện trở trong r_2 của P_2 là nhỏ có thể bỏ qua được.

b) Tính tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu r_2 không thể bỏ qua được.

c) Người ta dùng sơ đồ trên để đo suất điện động e_2 , hãy trình bày cách đo đó.

d) Để đo suất điện động e_2 được dễ dàng hơn, người ta chọn thêm một nguồn P_3 có suất điện động $e_3 > e_2$. Trình bày cách đo này

ĐS : a) $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1}$; b) $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$. (Với $r_0 = \frac{R}{d}$).

c) Thực hiện hai lần thí nghiệm (từ kết quả câu 2) suy ra e_2 .

d) HD: - Nối cực dương của P_3 với A, cực âm với B, cực dương nguồn P_1 nối với A, cực âm với điện kế G, cực còn lại của G nối con chạy.
- Thay nguồn P_1 bởi P_2 .

24.26 *

- Một nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r không đổi, chưa biết giá trị của E và r .
- Một ampe kế và một vôn kế có số chỉ chính xác nhưng không biết điện trở của chúng.
- Một biến trở không biết giá trị.
- Các dây nối có điện trở nhỏ không đáng kể.

Xây dựng các phương án thực hành với các dụng cụ đã cho để xác định giá trị của suất điện động E và điện trở trong r ?

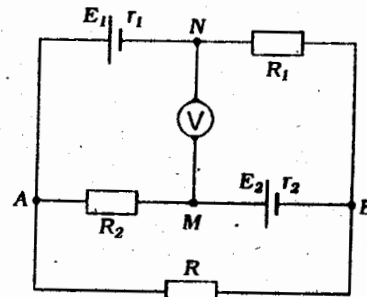
24.27

Cho mạch điện như hình vẽ:

$E_1 = E_2 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$,
 $r_2 = 2\Omega$, $R_1 = 5\Omega$,
 $R_2 = 4\Omega$. Vôn kế (R_V rất lớn) chỉ $7,5V$.

Tính :

- U_{AB}
- R .



ĐS : a) $3V$ b) 3Ω .

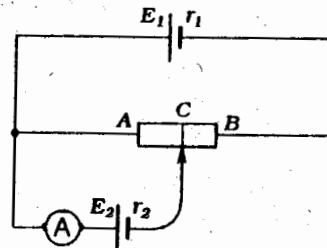
24.28

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 8V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_A = 0$,
 $R_{AC} = R_1$, $R_{CB} = R_2$,
 $R_{AB} = 15\Omega$.

Khi $R_1 = 12\Omega$, ampe kế chỉ 0 ,
 khi $R_1 = 8\Omega$, ampe kế chỉ

$\frac{1}{3}A$. Tính E_2 , r_2 .



ĐS : $6V$; 2Ω .

24.29

Bộ nguồn gồm ba acquy $12V - 3\Omega$ mắc song song.
 Mạch ngoài là một bóng đèn $8V$.

- Đèn sáng bình thường. Tính công suất đèn.
- Nếu một nguồn bị đảo cực thì công suất đèn là bao nhiêu?

ĐS : a) $32W$ b) $3,55W$.

24.30

Có n nguồn giống nhau (e , r) mắc song song.
 Có một nguồn mắc ngược với các nguồn khác.
 Tìm cường độ và hiệu thế của mỗi nguồn.

ĐS : $U = (n - 2)e/n$,

nguồn mắc nhầm : $I = 2(n - 1)e/nr$

Các nguồn khác : $I' = 2e/nr$

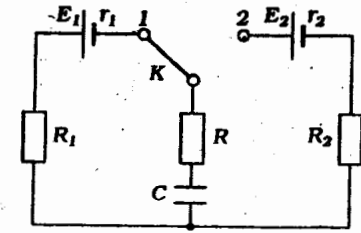
24.31

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 8V$, $E_2 = 12V$,
 $C = 2\mu F$.

Tìm điện lượng qua R khi K chuyển động từ (1) sang (2).

ĐS : $10^{-5}C$



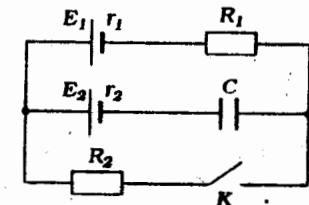
24.32

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 12V$, $E_2 = 6V$,
 $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$,
 $R_2 = 3\Omega$, $C = 5\mu F$.

Tìm điện lượng qua E_2 khi K đóng.

ĐS : $3 \cdot 10^{-5}C$.



24.33

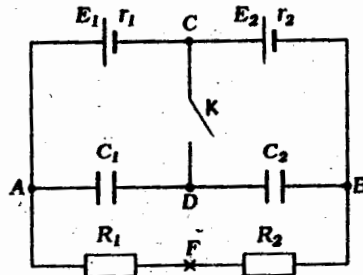
Cho mạch điện như hình :

$$E_1 = 6V, E_2 = 3V,$$

$$r_1 = 1\Omega, r_2 = 2\Omega,$$

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 2\Omega,$$

$$C_1 = 0,6\mu F, C_2 = 0,3\mu F.$$



Ban đầu K mở sau đó K đóng.

- Xác định chiều và số lượng electron qua K khi K đóng.
- Tính U_{DF} khi K mở và khi K đóng.

ĐS : a) $1,6875 \cdot 10^{18}$, từ C đến D b) 2V ; -1V.

24.34

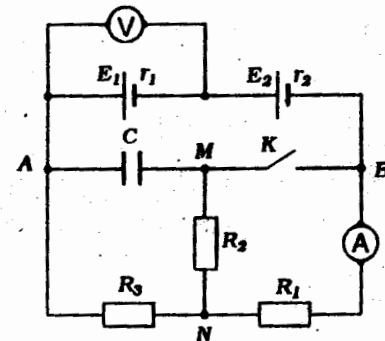
Cho mạch điện như hình vẽ:

$$E_1 = 2E_2 = 3V;$$

$$r_1 = 2r_2 = 2\Omega,$$

$$R_1 = R_3 = 3\Omega,$$

$$R_2 = 6\Omega, C = 0,5\mu F, R_V \text{ rất lớn, } R_A = 0.$$



Tìm số chỉ của vôn kế, ampe kế và điện tích của tụ lúc :

- Ban đầu khi K mở
- Sau khi K đóng.

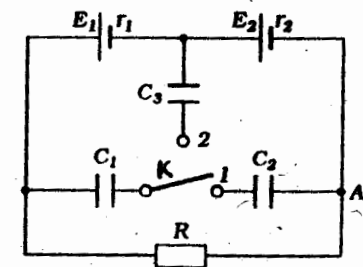
ĐS : a) 2V ; 0,5A ; $0,75\mu C$
b) 1,875V ; 0,375A ; $1,4\mu C$

24.35

Cho mạch điện như hình :

$$E_1 = E_2 = 1,5V,$$

$$r_1 = 0,2\Omega,$$



$$r_1 = 0,2\Omega,$$

$r_2 = 0,5\Omega, C_1 = 0,2\mu F, C_2 = C_3 = 0,3\mu F, R = 0,5\Omega$. Tìm điện tích các tụ khi khóa K chuyển từ 1 sang 2.

ĐS : $Q_1 = 0,18 \cdot 10^{-6} C; Q_2 = 0,15 \cdot 10^{-6} C,$
 $Q_3 = 0,03 \cdot 10^{-6} C$

24.36

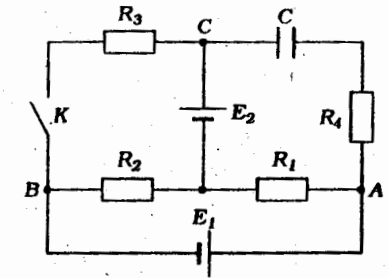
Cho mạch điện như hình :

$$E_1 = 4V, E_2 = 1V,$$

$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega,$$

$$R_3 = 30\Omega, r_1 = r_2 = 0;$$

$$C = 1\mu F.$$



Tính điện lượng qua R_4 khi K đóng.

ĐS : $\frac{2}{3} \cdot 10^{-6} C.$

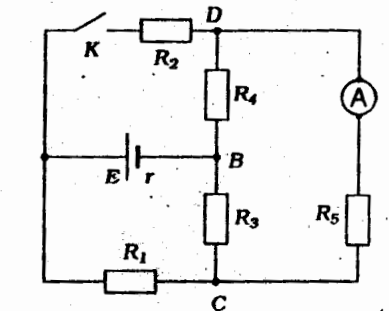
24.37

Cho mạch điện như hình :

$$E = 1,5V, r = 0,4\Omega,$$

$$R_1 = 1\Omega, R_3 = 2\Omega,$$

$$R_4 = 6\Omega, R_A = 0.$$



Khi K mở ampe kế chỉ 0,1A.
Khi K đóng ampe kế chỉ 0.
Tính R_2, R_5 .

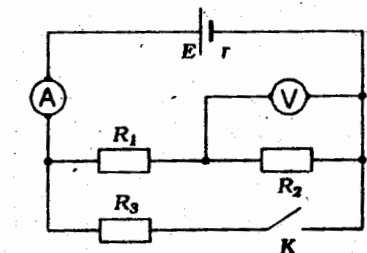
ĐS : $R_5 = 2\Omega; R_2 = 3\Omega.$

24.38

Cho mạch điện như hình :

$$R_1 = 2\Omega; R_A = 0; R_V \text{ rất}$$

lớn. Khi K mở, ampe kế chỉ

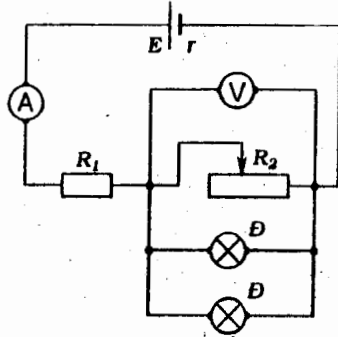


1,5A, vôn kế chỉ 6V. Khi K đóng, chúng chỉ 3A; 4V.

Tính E, r, R_2, R_3 .

ĐS : 12V ; 2Ω; 4Ω; 3Ω.

24.39



Cho mạch điện như hình :

$R_1 = 4\Omega, R_A = 0, R_V$ rất lớn, 2 đèn giống nhau và có hiệu điện thế định mức 6V, R_2 là biến trở.

Khi 2 đèn cùng sáng, vôn kế chỉ 4,5V, ampe kế chỉ 1,5A. Khi tắt bớt một đèn, chúng chỉ

$\frac{16}{3}$ V và $\frac{4}{3}$ A.

a) Tính E, r, R_2 và R của đèn.

b) Tìm R_2 để đèn sáng bình thường.

ĐS : a) 12V; 1Ω; 6Ω; 12Ω b) 30Ω

24.40

Cho mạch điện như hình:

$E = 120V, r = 5\Omega,$

$R_1 = 15\Omega, R_2 = 10\Omega,$

$R_3 = R_4 = 20\Omega,$

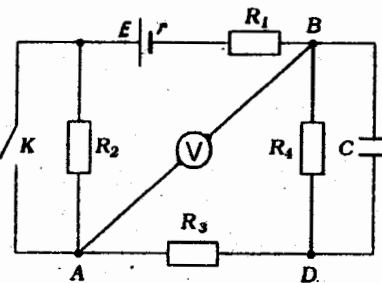
$C = 0,2\mu F$. Khi khóa K mở, vôn kế V chỉ 60V.

a) Khi K đóng vôn kế chỉ bao nhiêu ? Cường độ dòng điện qua khóa K là bao nhiêu ?

b) Tính điện tích trên tụ C khi K mở và khi K đóng.

ĐS : a) 72V ; 2,4A

b) $6\mu C; 7,2\mu C$.



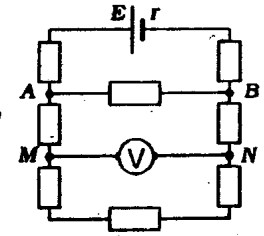
24.41

Cho mạch điện như hình:

Các điện trở thuần đều có giá trị là R , nguồn $E = 15V, r = R$.

Biết $U_{AB} = 3V$.

Tìm số chỉ của vôn kế V.



ĐS : 1V.

24.42

Cho mạch điện như hình:

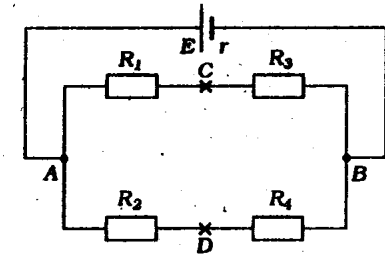
$E = 6V, r = 3,2\Omega,$

$R_1 = 8\Omega,$

$R_2 = R_3 = 4\Omega,$

$U_{DC} = 0,6V$.

Tìm R_4 .



ĐS : 4Ω.

24.43

Cho mạch điện như hình:

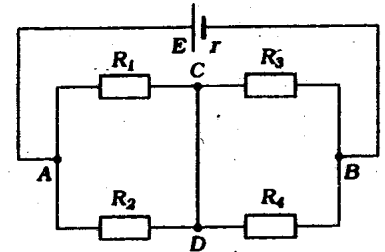
$E = 24V, r = 1,6\Omega,$

$R_1 = 4\Omega, R_2 = 16\Omega,$

$R_3 = 8\Omega.$

Biết dòng điện qua dây CD chạy từ C đến D và có cường độ 0,5A.

Tìm R_4 .



ĐS : 12Ω

24.44

Cho mạch điện như hình vẽ, trong đó $r = 0,5\Omega, R_V$ rất lớn,

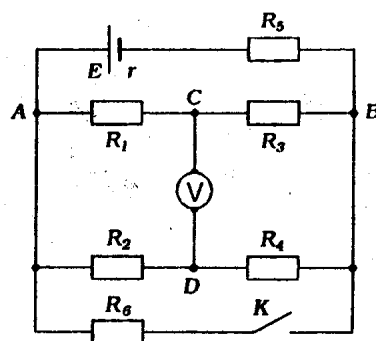
$R_1 = R_4 = 1\Omega; R_2 = R_3 = 3\Omega, R_5 = 2,5\Omega.$

Khi K mở vôn kế chỉ 1,2V

Khi K đóng vôn kế chỉ 0,75V

Tính E và R_6

ĐS : 6V ; 2Ω.



24.45

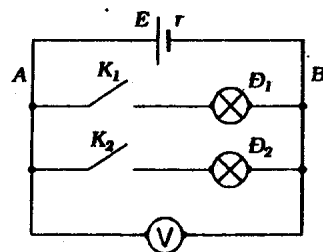
Cho mạch điện như hình vẽ:
Đ₁, Đ₂ có cùng hiệu điện thế định mức, đèn Đ₁ có công suất định mức $P_1 = 60W$

Khi K₁, K₂ mở vôn kế chỉ 120V.

Khi K₁ đóng, K₂ mở vôn kế chỉ 110V

Khi K₁, K₂ đều đóng, vôn kế chỉ 90V. Biết R_V rất lớn.

Tìm công suất định mức của đèn Đ₂.



ĐS : 160W.

24.46

Cho mạch điện như hình vẽ:

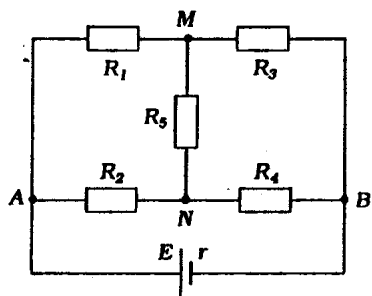
$E = 11V$, $r = 0,5\Omega$,

$R_1 = 1\Omega$, $R_4 = 6\Omega$,

$R_5 = 3\Omega$. Cường độ mạch chính $I = 4A$, cường độ qua R_1 là $I_1 = 3A$.

Tính R_2 , R_3 .

ĐS : $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 2\Omega$.



24.47

Cho mạch điện như hình vẽ:

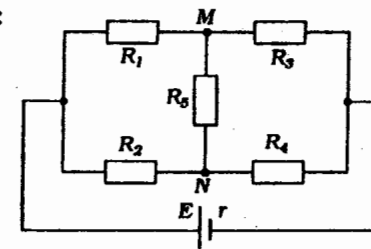
$E = 6V$, $r = 1\Omega$,

$R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 5\Omega$,

$R_3 = 2,4\Omega$, $R_4 = 4,5\Omega$,

$R_5 = 3\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.



ĐS : 1,5A.

24.48

Cho mạch điện như hình bài trên. Biết $E = 38,8V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = R_3 = R_4 = 20\Omega$, $R_2 = 60\Omega$, cường độ dòng điện qua R_5 là 0,2A. Tìm R_5 .

ĐS : 20Ω.

24.49

Cho mạch điện như hình vẽ :

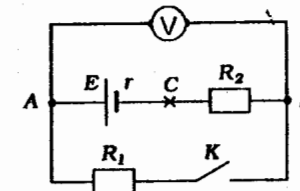
$r = 10\Omega$, $R_1 = 300\Omega$, $R_2 = 190\Omega$,

khi K mở, vôn kế chỉ 90V, khi K đóng vôn kế chỉ 60V.

Tính :

a) E

b) Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện khi K mở và khi K đóng.



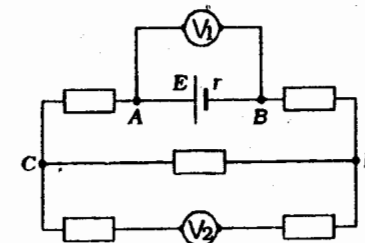
ĐS : a) 120V b) 118,5V ; 117V.

24.50

Cho mạch điện như hình :
các điện trở thuần đều có giá trị là R, nguồn

$E = 150V$, $r = \frac{4}{15}R$,

các vôn kế có cùng điện trở.
Biết vôn kế V_1 chỉ 110V.



Tìm số chỉ của vôn kế V_2 .

ĐS : 10V.

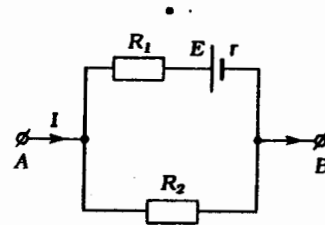
24.51

Cho mạch điện như hình, hiệu điện thế U_{AB} luôn dương, dòng điện mạch chính có chiều từ A đến B, $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, $E = 20V$, $r = 5\Omega$.

Cực của E nối với B có thể là cực dương hoặc âm.

Tính U_{AB} , chiều và cường độ của I_1, I_2 nếu :

- a) $I = 2A$ b) $I = 1A$
c) $I = \frac{1}{2} A$ d) $I = \frac{1}{4} A$.

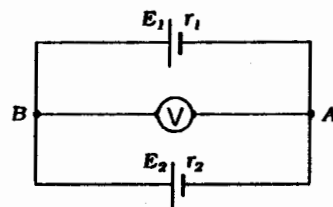


24.52

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 1,5V$, $E_2 = 2V$, R_V rất lớn, vôn kế chỉ 1,7V.

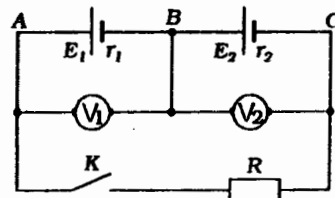
Hỏi khi đảo cực nguồn E_1 , vôn kế chỉ bao nhiêu ? có cần đảo lại cực vôn kế không ?



ĐS : 0,1V ; có

24.53

Cho mạch điện như hình : các vôn kế có điện trở rất lớn. Khi K mở, vôn kế V_1 chỉ 1,8V, V_2 chỉ 1,4V. Khi K đóng vôn kế V_1 chỉ 1,4V, V_2 chỉ 0,6V.



Hỏi nếu đảo cực của nguồn E_2 thì các vôn kế sẽ chỉ bao nhiêu khi K đóng. Khi này có cần đảo cực vôn kế nào không ?

ĐS : $U'_1 = U'_{AB} = 1,75V$;

$U'_2 = U'_{BC} = -1,5V$ đảo cực V_2

24.54

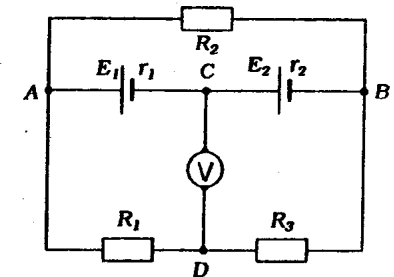
Cho mạch điện như hình

$E_1 = 6V$, $r_1 = 2\Omega$,

$r_2 = 1\Omega$,

$R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$, vôn kế V (R_V rất lớn) chỉ 1,5V.

Tính E_2 , công suất và hiệu suất mỗi nguồn.



ĐS : 1,5V; 9W, 2,25W; 50%, 0

hoặc 6,5V; 15W; 16,25W; 16,66%, 61,53%

• HƯỚNG DẪN : Công suất nguồn : $P = EI$

Hiệu suất nguồn : $H = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E}$;

U là hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện.

24.55

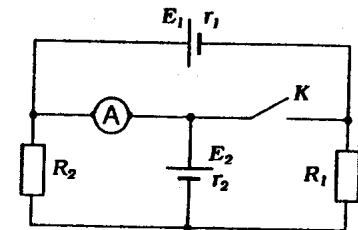
Cho mạch điện như hình vẽ bên :

$E_1 = 9V$, $r_1 = 1\Omega$,

$R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$,

$R_A = 0$.

Khi K mở, ampe kế chỉ 0, khi K đóng, ampe kế chỉ 8,4A. Tìm E_2, r_2 .



ĐS : 6V ; 1Ω.

24.56

Điện trở R mắc vào nguồn ($E_1 = 15V, r_1$) sẽ có dòng điện 1A đi qua.

Dùng thêm nguồn ($E_2 = 10V, r_2$) mắc song song hoặc nối tiếp với nguồn trước, cường độ qua R không đổi.

Tìm R, r_1, r_2 .

ĐS : $10\Omega, 5\Omega, 10\Omega$.

24.57

Một số nguồn điện như nhau (mỗi nguồn có suất điện động e , điện trở trong r) mắc nối tiếp thành mạch kín, điện trở các dây nối không đáng kể.

- Tính hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch.
- Hỏi như trên nhưng e các nguồn khác nhau còn r mỗi nguồn tỉ lệ thuận với e của nguồn đó.
- Hỏi như câu a nhưng số nguồn là chẵn và hai nguồn ở cạnh nhau có các cực cùng tên nối với nhau.

Có n bộ nguồn khác nhau mắc song song.

Hãy chứng minh bộ nguồn này tương đương với một nguồn (E, r) có :

$$E/r = E_1/r_1 + E_2/r_2 + \dots + E_n/r_n.$$

$$1/r = 1/r_1 + 1/r_2 + \dots + 1/r_n$$

24.59

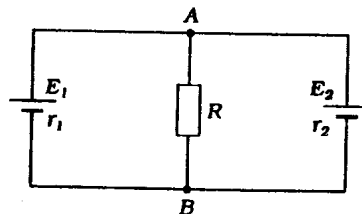
Cho mạch điện như hình.

Tìm biểu thức tính U_{AB} .

Khi nào E_2 là :

Máy phát ? Máy thu ?

Không phát, không thu ?



ĐS : $U_{AB} = (E_1 r_2 + E_2 r_1)R / (r_1 r_2 + R r_1 + R r_2)$

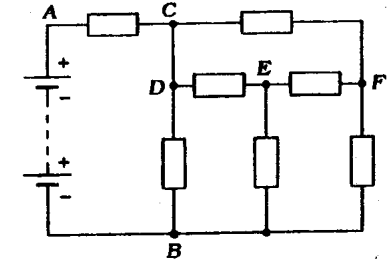
E_2 phát : $E_2 > U_{AB}$;

thu : $E_2 < U_{AB}$.

không thu, không phát : $E_2 = U_{AB}$.

24.60 *

Cho mạch điện như hình vẽ. Tất cả các điện trở của mạch ngoài đều giống nhau và bằng $R_0 = 2\Omega$, bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có suất điện động e và điện trở trong $r = 1\Omega$. Bỏ qua điện trở các dây nối.



a) Tính điện trở tương đương của mạch ngoài và cường độ dòng điện qua bộ nguồn, biết rằng cường độ dòng điện qua nhánh DB bằng $0,5A$.

b) Nếu n pin mắc song song với nhau thì cường độ dòng điện qua nhánh DB bằng $0,3A$. Tìm số pin n và suất điện động e của mỗi pin.

c) Mắc lại bộ nguồn thành hai nhánh, một nhánh gồm một pin, nhánh thứ hai gồm các pin còn lại mắc nối tiếp, cực dương của các nhánh quay về cùng một phía. Tìm cường độ dòng điện qua nhánh AC và các nhánh của bộ nguồn.

ĐS : a) $R = 3\Omega; I = 1A$

b) $n = 3 ; e = 2V$

c) $I_{AC} \approx 0,73A;$

$I_1 \approx 0,18A ; I_2 \approx 0,91A$.

24.61

Cho mạch điện như hình:

$E_1 = 6V, E_2 = 9V,$

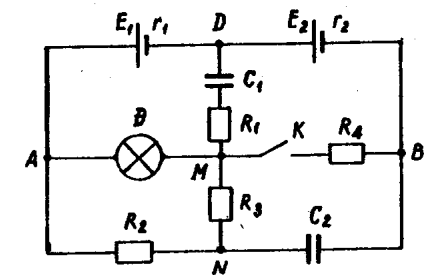
$r_1 = r_2 = 0,5\Omega,$

$R_1 = R_3 = 8\Omega,$

$R_4 = 0,5\Omega,$

$C_1 = 0,5\mu F, C_2 = 0,2\mu F,$

đèn Đ : $12V - 18W$



a) Ban đầu K mở và khi chưa mắc các nguồn, cả hai tụ đều chưa tích điện.

Tính điện tích các tụ.

b) K đóng, đèn Đ sáng bình thường.

Tính R_2 và điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3 và nói rõ chiều chuyển động của các electron.

- ĐS : a) $3\mu C$
b) 16Ω ;
 $\Delta Q_1 = 6,5\mu C$ từ M đến D.
 $\Delta Q_2 = 2\mu C$ từ M đến N.

24.62 *

Cho mạch điện như hình :

$E_1 = 9V, E_2 = 6V,$
 $r_1 = 0,8\Omega, r_2 = 0,2\Omega,$
đèn Đ : $12V - 6W$, biến trở
 R_b có giá trị thay đổi từ 0 đến
 $144\Omega, C_1 = 2\mu F, C_2 = 3\mu F.$

a) Đèn sáng bình thường. Tính
 R_1 và U_{PQ}

b) Cho N di chuyển đều từ đầu A đến đầu B của biến trở trong
thời gian $t = 5s$.

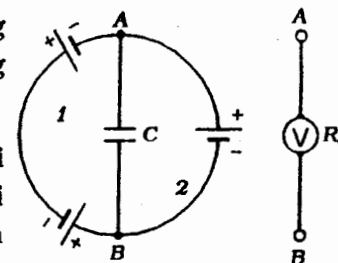
Tìm chiều và độ lớn cường độ dòng điện tức thời qua ampe
kế trong thời gian trên.

- ĐS : a) $4,8\Omega$; $-3,48V$
b) từ M đến N, $14,4\mu A$.

24.63

Một dây đồng chất, tiết diện không đổi, có điện trở R , được
uốn thành đường tròn và chia thành ba phần bằng nhau bởi

ba pin. Mỗi pin có suất điện
động E và điện trở trong không
đáng kể, các pin mắc cùng
chiều.



a) Giữa hai điểm xuyên tâm đối
điểm A, B người ta mắc bằng dây nối
không điện trở một tụ điện
điện dung C . Tính điện tích của
tụ. Bản nào tích điện dương ?

b) Thay tụ điện bằng một vôn kế có điện trở R_0 . Tính :

- Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế.
- Cường độ dòng điện qua hai nửa đường tròn 1 và 2.

c) Sử dụng kết quả câu b) tìm lại kết quả câu a) (giữa A và
B là tụ).

ĐS . a) $Q = \frac{CE}{2}$ (bản tụ nối với B mang điện
tích dương)

$$b) I_V = \frac{2E}{4R_0 + R}; U_{BA} = U_V = \frac{2E}{4 + \frac{R}{R_0}}$$

$$I_1 = \frac{4E}{R} \cdot \frac{3 + R/R_0}{4 + R/R_0}; I_2 = \frac{2E}{R} \cdot \frac{6 + R/R_0}{4 + R/R_0}$$

§11. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ CỦA MÁY THU ĐIỆN

A – TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Công, công suất, hiệu suất của nguồn điện

- Công của nguồn điện :

$$A = EIt$$

- Công suất của nguồn điện :

$$P = EI$$

- Hiệu suất của nguồn điện :

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

CHÚ Ý :

- Công và công suất của nguồn điện bằng công, công suất của dòng điện trong toàn mạch và cũng bằng công, công suất mà mạch điện tiêu thụ.
- Nguồn điện tiêu thụ một phần điện năng của nó để biến thành nhiệt bởi điện trở trong.

II. Công, công suất, hiệu suất của máy thu điện

- Công tiêu thụ bởi máy thu điện :

$$A' = UIt = E'I t + r'I^2 t$$

- Công suất tiêu thụ bởi máy thu điện :

$$P' = UI = E'I + r'I^2$$

- Hiệu suất của máy thu điện :

$$H' = \frac{E'}{U}$$

B – HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 25

Tính các đại lượng liên hệ đến công suất của máy phát điện và của máy thu điện

- Áp dụng các công thức về công suất kết hợp với các công thức của định luật Ôm.

- Để ý các nội dung thường gặp sau :

- Bài toán về cực trị :
Có thể giải quyết bằng bất đẳng thức Côsi hay tính chất của tam thức bậc hai.
- Bài toán về tìm số đèn hay số nguồn : đưa về phương trình có nghiệm nguyên.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

25.1

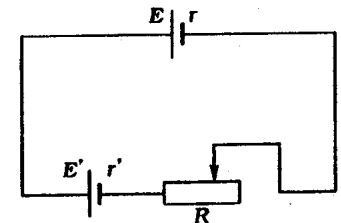
Bộ acquy có $E' = 84V$,
 $r' = 0,2\Omega$ được nạp bằng dòng điện $I = 5A$ từ một máy phát có :

$E = 120V$; $r = 0,12\Omega$.

Tính :

a) Giá trị R của biến trở để có cường độ trên.

b) Công suất của máy phát, công suất có ích khi nạp, công suất tiêu hao trong mạch (biến trở + máy phát + acquy) và hiệu suất nạp.



GIẢI

a) Điện trở của biến trở

Ta áp dụng định luật Ôm cho mạch kín :

$$I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$

$$\text{Suy ra : } R = \frac{E - E'}{I} - r - r' = 6,88\Omega$$

b) Công suất - Hiệu suất :

$$\text{Công suất của máy phát : } P = EI = 600W$$

$$\text{Công suất có ích khi nạp : } P' = E'I = 420W.$$

$$\text{Công suất tiêu hao trong mạch: } P'' = (R + r + r')I^2 = 180W$$

$$\text{Để thấy rằng : } P = P' + P''$$

$$\text{Hiệu suất nạp : } H = \frac{P'}{P} = 0,7 = 70\%$$

25.2

Một động cơ điện nhỏ (có điện trở trong $r' = 2\Omega$) khi hoạt động bình thường cần một hiệu điện thế $U = 9V$ và cường độ $I = 0,75A$.

a) Tính công suất và hiệu suất của động cơ.

Tính suất phản điện của động cơ khi hoạt động bình thường.

b) Khi động cơ bị kẹt không quay được, tính công suất của động cơ, nếu hiệu điện thế đặt vào động cơ vẫn là $U = 9V$. Hãy rút ra kết luận thực tế.

c) Để cung cấp điện cho động cơ hoạt động bình thường người ta dùng 18 nguồn mỗi nguồn có $e = 2V$, $r_0 = 2\Omega$

Hỏi các nguồn phải mắc thế nào và hiệu suất của bộ nguồn là bao nhiêu ?

GIẢI

a) Công suất - Hiệu suất - Suất phản điện :

$$\text{Công suất tiêu thụ của động cơ : } P = UI = 6,75W$$

Công suất tiêu hao do tỏa nhiệt của động cơ :

$$P'' = r'I^2 = 1,125W$$

$$\text{Công suất có ích của động cơ : } P' = P - P'' = 5,625W$$

$$\text{Hiệu suất của động cơ : } H = \frac{P'}{P} \approx 0,833 = 83,3\%$$

$$\text{Ta có : } P' = E'I$$

$$\text{Suất phản điện của động cơ : } E' = \frac{P'}{I} = 7,5V$$

b) Động cơ không quay :

– Khi động cơ bị kẹt không quay được, công suất của dòng điện cung cấp cho động cơ chỉ biến thành nhiệt bởi điện trở trong động cơ. Động cơ chỉ có tác dụng như một điện trở thuần.

Cường độ dòng điện qua động cơ khi nó không quay :

$$I = \frac{U}{r'} = 4,5A$$

Công suất tiêu thụ của động cơ :

$$P = r'I^2 = 40,5W$$

– Khi động cơ không quay, cường độ qua động cơ tăng cao, nhiệt lượng do động cơ tỏa ra lớn, động cơ sẽ rất dễ bị hư.

c) Cách mắc - Hiệu suất :

Giả sử các nguồn mắc thành m hàng, mỗi hàng n nguồn nối tiếp

Số nguồn $N = n.m = 18$, hiệu điện thế hai đầu bộ nguồn $U = 9V$, cường độ dòng điện qua bộ nguồn $I = 0,75A$

$$\text{Ta có : } U = E_b - r_b I = ne - \frac{nr_0}{m} I$$

$$\text{Thay } \frac{1}{m} = \frac{n}{N} : ne - \frac{n^2 r_0}{N} I = U$$

Thay số và rút gọn, ta được : $1,5n^2 - 36n + 162 = 0$.

Nghiệm phương trình : $n = 6$ hoặc $n = 18$

- Khi $n = 6$: $m = 3$, bộ nguồn gồm 3 hàng mỗi hàng 6 pin nối tiếp

$$\text{Hiệu suất bộ nguồn : } H = \frac{U}{E_b} = \frac{U}{ne} = 0,75 = 75\%$$

- Khi $n = 18$: $m = 1$, bộ nguồn gồm 1 hàng, 18 pin nối tiếp.

$$\text{Hiệu suất bộ nguồn : } H = \frac{U}{E_b} = \frac{U}{ne} = 0,25 = 25\%.$$

25.3

Cho mạch điện như hình vẽ. Hãy chứng minh :

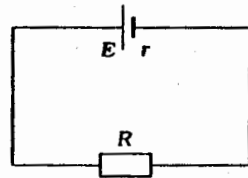
a) Công suất mạch ngoài cực đại khi

$$R = r \text{ và bằng } \frac{E^2}{4r}$$

Tính hiệu suất nguồn khi này ?

b) Nếu hai điện trở mạch ngoài là R_1 và R_2 lần lượt mắc vào mạch, có cùng công suất mạch ngoài P thì :

$$R_1 R_2 = r^2$$



GIẢI.

a) Công suất cực đại :

Công suất tiêu thụ ở điện trở mạch ngoài :

$$P = RI^2 = R \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}$$

Ta áp dụng bất đẳng thức Côsi : $(R+r)^2 \geq 4Rr$

Suy ra :

$$P \leq \frac{E^2 R}{4Rr} = \frac{E^2}{4r}$$

Khi $R = r$ thì công suất mạch ngoài là cực đại :

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$$

Hiệu suất nguồn khi mạch ngoài là điện trở thuần :

$$H = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E} = \frac{IR}{E} = \frac{\frac{E}{R+r} \cdot R}{E} = \frac{R}{R+r}$$

Theo trên : $R = r$ nên $H = 0,5 = 50\%$

b) Hai điện trở :

Theo câu trên, công suất tiêu thụ của điện trở mạch ngoài R là

$$P = \frac{E^2 R}{(R+r)^2} = \frac{E^2 R}{R^2 + 2rR + r^2}$$

$$\text{Suy ra : } R^2 + \left(2r - \frac{E^2}{P} \right) R + r^2 = 0 \quad (1)$$

Nếu hai điện trở mạch ngoài là R_1, R_2 lần lượt mắc vào mạch, có cùng công suất mạch ngoài P thì R_1, R_2 sẽ là hai nghiệm của phương trình (1)

Theo định lý Viét, ta suy ra tích hai nghiệm của phương trình

$$R_1 \cdot R_2 = r^2$$

25.4

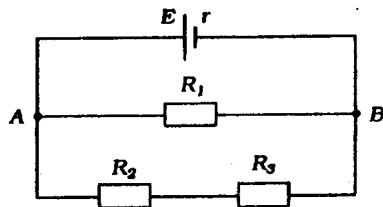
Cho mạch điện như hình vẽ:

$$E = 12V, r = 2\Omega,$$

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 2\Omega.$$

Tìm R_3 để :

- a) Công suất mạch ngoài lớn nhất, tính giá trị này.
 b) Công suất tiêu thụ trên R_3 bằng 4,5W.
 c) Công suất tiêu thụ trên R_3 là lớn nhất. Tính công suất này.



GIẢI

a) Công suất mạch ngoài cực đại :

Gọi R là điện trở tương đương của mạch ngoài, gồm $(R_2 \text{ nt } R_3) // R_1$

Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài :

$$P = RI^2 = R \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 = \frac{E^2 R}{(R+r)^2} \leq \frac{E^2 R}{4Rr} = \frac{E^2}{4r}$$

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r} \text{ khi } R = r = 2\Omega$$

$$\text{Ta có : } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}$$

$$\text{nên } R_{23} = \frac{RR_1}{R_1 - R} = 4\Omega$$

$$R_3 = R_{23} - R_2 = 2\Omega$$

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r} = 18W$$

b) Trường hợp $P_3 = 4,5W$ Ta tính công suất tiêu thụ của R_3 theo R_3 :

$$\text{Điện trở tương đương : } R_{23} = R_2 + R_3 = 2 + R_3$$

$$R_{AB} = \frac{R_1 R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{4(2 + R_3)}{6 + R_3}$$

Cường độ mạch chính :

$$I = \frac{E}{R_{AB} + r} = \frac{12}{\frac{4(2 + R_3)}{6 + R_3} + 2} = \frac{12(6 + R_3)}{20 + 6R_3}$$

$$I = \frac{6(6 + R_3)}{10 + 3R_3}$$

$$\text{Hiệu điện thế : } U_{AB} = IR_{AB} = \frac{24(2 + R_3)}{10 + 3R_3}$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua } R_3 : I_{2,3} = \frac{U_{AB}}{R_{23}} = \frac{24}{10 + 3R_3}$$

$$\text{Công suất tiêu thụ của } R_3 : P_3 = R_3 I_3^2 = \frac{576R_3}{(10 + 3R_3)^2}$$

$$\text{Ta tìm } R_3 \text{ để } P_3 = 4,5W : \frac{576R_3}{(10 + 3R_3)^2} = 4,5$$

$$\text{Biến đổi, ta được : } 9R_3^2 - 68R_3 + 100 = 0.$$

$$\text{Phương trình có hai nghiệm : } R_3 = 2\Omega$$

$$\text{hoặc } R_3 = \frac{50}{3} \approx 5,56\Omega$$

c) Công suất P_3 cực đại :

Ta tìm R_3 để công suất $P_3 = \frac{576R_3}{(10 + 3R_3)^2}$ là lớn nhất.

Bất đẳng thức Côsi : $(10 + 3R_3)^2 \geq 4 \cdot 10 \cdot 3R_3$

Suy ra : $P_3 \leq \frac{576R_3}{120R_3} = 4,8W$

Vậy $P_{3max} = 4,8W$ khi $R_3 = \frac{10}{3} \approx 3,33\Omega$

25.5

Nguồn điện $E = 24V, r = 6\Omega$ được dùng để thắp sáng các bóng đèn

a) Có 6 đèn $6V - 3W$, phải mắc cách nào để các đèn sáng bình thường ? Cách nào có lợi nhất ?

b) Với nguồn trên, ta có thể thắp sáng bình thường tối đa bao nhiêu đèn $6V - 3W$. Nêu cách mắc đèn.

GIẢI

Cường độ qua đèn khi đèn sáng bình thường :

$$I_0 = \frac{P_d}{U_d} = 0,5A$$

$$\text{Điện trở của đèn : } R_0 = \frac{U_d^2}{P_d} = 12\Omega$$

Giả sử các đèn mắc thành y dãy song song, mỗi dãy có x đèn nối tiếp

Cường độ dòng điện mạch chính là : $I = y \cdot I_0$

Theo định luật Ôm cho mạch kín :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$yI_0 = \frac{E}{\frac{xR_0}{y} + r}$$

$$\begin{aligned} \text{Suy ra : } xR_0I_0 + yI_0 \cdot r &= E \\ 6x + 3y &= 24 \\ 2x + y &= 8 \end{aligned} \quad (1)$$

a) Trường hợp 6 đèn :

Số đèn là $N = xy = 6$

$$\text{Từ (1) ta suy ra : } 2x + \frac{6}{x} = 8$$

$$\text{hay : } x^2 - 4x + 3 = 0$$

Nghiệm phương trình : $x = 1$ hoặc $x = 3$.

Vậy có hai cách mắc để các đèn sáng bình thường :

– Mắc thành 6 dãy song song, mỗi dãy 1 đèn

$$\text{Hiệu suất : } H = \frac{U}{E} = \frac{xU_d}{E} = \frac{1 \cdot 6}{24} = 0,25 = 25\%.$$

– Mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 3 đèn nối tiếp.

$$\text{Hiệu suất } H = \frac{U}{E} = \frac{xU_d}{E} = \frac{3 \cdot 6}{24} = 0,75 = 75\%$$

Vậy cách mắc thứ hai có lợi hơn.

b) Số đèn tối đa :

Ta đã biết : $2x + y = 8$ (1)

Cách 1 : dùng bất đẳng thức Côsi :

$$2x + y \geq 2\sqrt{2xy}$$

Số đèn tổng cộng : $N = xy$

Vậy : $2\sqrt{2N} \leq 8$

hay : $N \leq 8$

Số đèn tối đa có thể thấp sáng bình thường là $N = 8$

Khi đó : $2x = y$

mà : $2x + y = 8$

Suy ra : $y = 4; x = 2$.

Các đèn phải mắc thành 4 dãy song song, mỗi dãy 2 đèn nối tiếp.

Cách 2 : dùng điều kiện có nghiệm của phương trình bậc hai.

Ta có : $2x + y = 8$

Số đèn : $N = xy$.

Suy ra : $2x^2 - 8x + N = 0$

$$\Delta' = 16 - 2N$$

Điều kiện để phương trình có nghiệm : $\Delta' = 16 - 2N \geq 0$.

hay : $N \leq 8$

Số đèn tối đa có thể thấp sáng bình thường là $N = 8$

Khi đó : $\Delta' = 0 \Rightarrow x = 2; y = 4$.

Các đèn mắc thành 4 dãy, mỗi dãy 2 đèn.

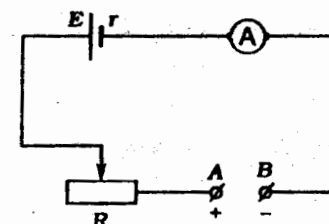
• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

25.6

Hình bên là sơ đồ nạp điện cho acquy (E, r) bằng nguồn hiệu điện thế $U_{AB} = 2,4V$.

Biết $E = 2,1V, I_A = 2A$,

$R_A = 0, R = 0,1\Omega$.



a) Tính r

b) Dung lượng của acquy là 10Ah (36000C), tính thời gian nạp và năng lượng cung cấp của nguồn.

c) Tính nhiệt lượng tỏa ra trong suốt thời gian nạp.

d) Tính phần điện năng biến thành hóa năng trong thời gian nạp.

ĐS : a) $0,05\Omega$ b) 5h; 86,4kJ
c) 10,8kJ d) 75,6kJ

25.7

Tính điện năng mà dòng điện cung cấp cho đoạn mạch AB và nhiệt lượng tỏa ra trên đoạn mạch trong thời gian 10 phút trong các trường hợp sau :

a) Đoạn mạch có một điện trở R, cường độ qua R là 2A, hiệu điện thế hai đầu là 8V.

b) Đoạn mạch có một acquy 6V đang được nạp bằng dòng điện 2A. Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch là 8V.

c) Đoạn mạch chứa một nguồn suất điện động 12V đang phát điện, dòng điện trong đoạn mạch chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{AB} = 8V$.

d) Đoạn mạch chứa nguồn 12V đang phát điện, dòng điện chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{BA} = 8V$.

Trong mỗi trường hợp hãy giải thích sự chênh lệch giữa điện năng tiêu thụ và nhiệt lượng tỏa ra trong đoạn mạch.

- DS : a) $A = Q = 9600J$
 b) $A = 9600J$; $Q = 2400J$
 c) $A = 9600J$; $Q = 24000J$
 d) $A = 9600J$, $Q = 4800J$.

25.8

Acquy có $r = 0,08\Omega$. Khi dòng điện qua acquy là $4A$, nó cung cấp cho mạch ngoài một công suất bằng $8W$.

Hỏi khi dòng điện qua acquy là $6A$, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất bao nhiêu ?

DS : $11,04W$

(HD : Công suất mạch ngoài $P = EI - rI^2$)

25.9

Điện trở $R = 8\Omega$ mắc vào 2 cực một acquy có điện trở trong $r = 1\Omega$.

Sau đó người ta mắc thêm điện trở R song song với điện trở cũ.

Hỏi công suất mạch ngoài tăng hay giảm bao nhiêu lần ?

DS : tăng 1,62 lần

25.10

Điện trở $R = 25\Omega$ mắc vào bộ nguồn là 2 acquy giống nhau, điện trở trong mỗi acquy là $r = 10\Omega$.

Hỏi trong hai trường hợp acquy nối tiếp, song song, công suất mạch ngoài ở trường hợp nào lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần ?

DS : nối tiếp lớn hơn 16/9 lần

25.11

Acquy (E, r) khi có dòng $I_1 = 15A$ đi qua, công suất mạch ngoài là $P_1 = 135W$; khi $I_2 = 6A, P_2 = 64,8W$.

Tìm E, r .

DS : $12V, 0,2\Omega$

25.12

Nguồn $E = 6V, r = 2\Omega$ cung cấp cho điện trở mạch ngoài công suất $P = 4W$.

a) Tìm R .

b) Giả sử lúc đầu mạch ngoài là điện trở $R_1 = 0,5\Omega$. Mắc thêm vào mạch ngoài điện trở R_2 thì công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi. Hỏi R_2 nối tiếp hay song song R_1 và có giá trị bao nhiêu ?

DS : a) 4Ω hoặc 1Ω

b) $R_2 = 7,5\Omega$ nối tiếp R_1

25.13

a) Khi điện trở mạch ngoài của một nguồn điện là R_1 hoặc R_2 thì công suất mạch ngoài có cùng giá trị. Tính E, r của nguồn theo R_1, R_2 và công suất P .

b) Nguồn điện trên có điện trở mạch ngoài R . Khi mắc thêm R_x song song R thì công suất mạch ngoài không đổi.

Tính R_x .

DS : a) $r = \sqrt{R_1 R_2}, E = (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}) \sqrt{P}$

b) $R_x = r^2 R / (R^2 - r^2)$, điều kiện $R > r$

25.14

a) Mạch kín gồm acquy $E = 2,2V$ cung cấp điện năng cho điện trở mạch ngoài $R = 0,5\Omega$. Hiệu suất của acquy $H = 65\%$.

Tính cường độ dòng điện trong mạch.

b) Khi điện trở mạch ngoài thay đổi từ $R_1 = 3\Omega$ đến $R_2 = 10,5\Omega$ thì hiệu suất của acquy tăng gấp đôi

Tính điện trở trong của acquy.

DS : a) $2,86A$ b) 7Ω

25.15

Một động cơ điện mắc vào nguồn điện hiệu điện thế U không đổi. Cuộn dây của động cơ có điện trở R .

Khi động cơ hoạt động, cường độ chạy qua động cơ là I .

a) Lập biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại. Khi này, hiệu suất của động cơ là bao nhiêu ?

ĐS : a) $P = UI - RI^2$; $E = U - RI$

b) $I = \frac{U}{2R}$; $H = 50\%$

25.16

Nguồn $E = 16V, r = 2\Omega$ nối với mạch ngoài gồm $R_1 = 2\Omega$ và R_2 mắc song song.

Tính R_2 để :

- Công suất của nguồn cực đại.
- Công suất tiêu hao trong nguồn cực đại
- Công suất mạch ngoài cực đại
- Công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại.
- Công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại.

Tính các công suất cực đại trên.

ĐS : e) 1Ω ; $16W$

25.17

Nguồn $E = 12V, r = 4\Omega$ được dùng để thắp sáng đèn $6V - 6W$

- Chứng minh rằng đèn không sáng bình thường
- Để đèn sáng bình thường, phải mắc thêm vào mạch một điện trở R_x . Tính R_x và công suất tiêu thụ của R_x .

ĐS : b) 2Ω , $2W$ (nối tiếp)
hoặc 12Ω , $3W$ (song song)

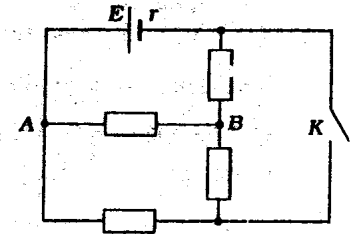
25.18

Cho mạch điện như hình, các điện trở thuần đều có giá trị bằng R .

a) Tìm hệ thức liên hệ giữa R và r để công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi khi K mở và đóng.

b) $E = 24V$. Tính U_{AB} khi :

- K mở,
- K đóng



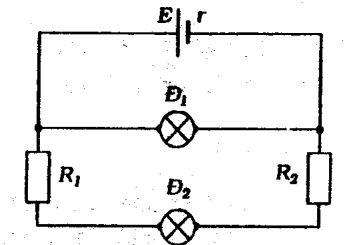
ĐS : a) $R = r$ b) $6V$; $6V$

25.19

Cho mạch điện như hình vẽ :

$E = 20V$, $r = 1,6\Omega$,
 $R_1 = R_2 = 1\Omega$, hai đèn giống nhau. Biết công suất tiêu thụ ở mạch ngoài bằng $60W$.

Tính công suất tiêu thụ của mỗi đèn và hiệu suất của nguồn.



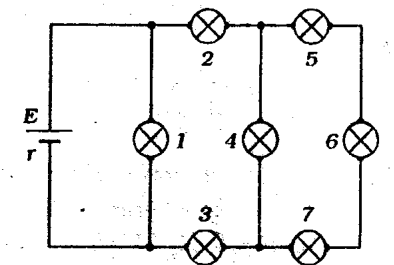
ĐS : $36W$; $16W$; 60%
hoặc $41,73W$; $7,86W$; 40% .

25.20

Cho mạch điện như hình vẽ: các đèn có cùng điện trở R , nguồn có $r = \frac{4}{15}R$. Công

suất tiêu thụ của đèn 6 là $6W$.

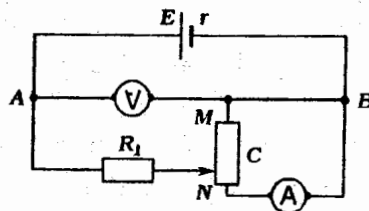
Tính công suất tiêu thụ của mạch ngoài, công suất và hiệu suất của nguồn.



ĐS : $990W$; $1350W$, $73,3\%$

25.21

Cho mạch điện như hình vẽ,
 $E = 9V, r = 1\Omega$, biến trở
 MN có điện trở toàn phần
 $R = 10\Omega$, điện trở
 $R_1 = 1\Omega, R_A = 0, R_V$
 rất lớn.



- a) Khi C ở chính giữa biến trở, tính số chỉ trên vôn kế và ampe kế.
 b) Định vị trí C để công suất tiêu thụ trong toàn biến trở là lớn nhất. Tính công suất này.

ĐS : a) 1A; 7V

b) 7,24Ω hoặc 2,76W; 10,125W.

25.22*

Dùng một pin có suất điện động $E = 10V$; điện trở trong $r = 1\Omega$ để thắp một bóng đèn 6V – 3W sao cho đèn sáng bình thường, nhờ dùng một biến trở con chạy.

- a) Hãy vẽ những sơ đồ điện có thể có ;
 b) Hãy xác định giá trị tối thiểu của điện trở toàn phần của biến trở được dùng trong mỗi sơ đồ điện sao cho hiệu suất điện không nhỏ hơn 0,5.

ĐS : a) 4 cách mắc.

b) $R_1 = 7\Omega ; R_2 = 65,67\Omega ;$

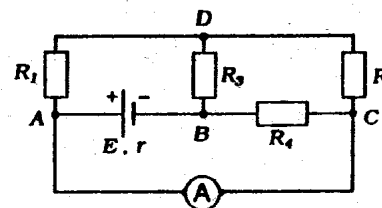
$R_3 = 100,8\Omega ; R_4 = 60\Omega.$

25.23*

- a) Nếu lần lượt mắc điện trở $R_1 = 2\Omega$ và $R_2 = 8\Omega$ vào một nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r thì công suất tỏa nhiệt trên các điện trở là như nhau. Hãy tính điện trở trong của nguồn.
 b) Người ta mắc song song R_1 và R_2 rồi mắc nối tiếp chúng với điện trở R_x để tạo thành mạch ngoài của nguồn điện trên. Hỏi R_x bằng bao nhiêu thì công suất tỏa nhiệt ở mạch ngoài là lớn nhất ?

281

c) Bây giờ ta lại mắc nguồn điện trên và R_1, R_2 vào mạch điện như hình vẽ. Trong đó $R_3 = 58,4\Omega, R_4 = 60\Omega$, ampe kế (A) có điện trở không đáng kể. Hỏi ampe kế chỉ bao nhiêu, biết rằng suất điện động của nguồn điện $E = 68V$.



ĐS : a) $r = 4\Omega$; b) $R_x = 2,4\Omega$; c) $I_a = 1,2A$.

25.24

Hai acquy (E, r_1), (E, r_2). Công suất mạch ngoài cực đại của mỗi acquy là 20W và 30W.

Tính công suất mạch ngoài cực đại của bộ 2 acquy

a) Nối tiếp

b) Song song.

ĐS : a) $P = 4P_1P_2/(P_1 + P_2) = 48W$

b) $P = P_1 + P_2 = 50W$

25.25

Mạch điện gồm 1 nguồn $E = 150V, r = 2\Omega$, một đèn Đ có công suất định mức $P = 180W$ và một biến trở R_b mắc nối tiếp nhau.

a) Khi $R_b = 18\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tìm hiệu điện thế định mức của đèn.

b) Mắc song song với đèn Đ một đèn giống nó. Tìm R_b để hai đèn sáng bình thường.

c) Với nguồn trên, có thể thắp sáng tối đa bao nhiêu đèn giống như Đ. Hiệu suất của nguồn khi đó là bao nhiêu ?

ĐS : a) 120V b) 8Ω c) 10 đèn, 80%.

282

25.26

Nguồn $E = 30V$, điện trở trong r dùng để thắp sáng đồng thời hai đèn D_1, D_2 giống nhau và đèn D_3 .

Để cả 3 đèn sáng bình thường, có thể mắc :

- $(D_1 // D_2) \text{ nt } D_3$
- hoặc $(D_1 \text{ nt } D_2) // D_3$.

a) Tính hiệu điện thế định mức mỗi đèn. Cho biết cách mắc nào có lợi hơn.

b) Một trong hai cách mắc trên, công suất của nguồn là $P = 60W$. Tính các giá trị định mức của đèn và điện trở trong của nguồn.

DS : a) $U_1 = U_2 = 6V, U_3 = 12V$, cách 1

b) Cách 1 : $P_E = 60W \Rightarrow D_1, D_2 : 6V - 6W$

$D_3 : 12V - 24W ; r = 6\Omega$;

Cách 2 : $P_E = 60W \Rightarrow D_1, D_2 : 6V - 4W$;

$D_3 : 12V - 16W ; r = 9\Omega$.

25.27

Nguồn $E = 24V, r = 2\Omega$ dùng để thắp sáng đồng thời ba đèn:

$D_1(6V - 3W), D_2(6V - 6W), D_3(6V - 9W)$.

Các đèn sáng bình thường nhờ mắc thêm một điện trở R vào mạch.

a) Vẽ tất cả các sơ đồ có thể có và tính R trong mỗi sơ đồ.

b) Sơ đồ nào có hiệu suất lớn nhất ? Tính hiệu suất này

DS : a) 4 cách

b) $(D_1 // D_2) \text{ nt } D_3 \text{ nt } R ; H = 0,5$.

25.28

Cho mạch điện như hình :

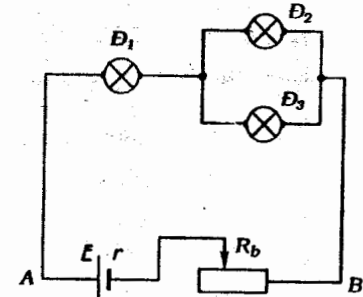
$E = 28V, r = 2\Omega$,

đèn $D_1 : 6V - 3W$,

đèn $D_2 : 12V - 12W$,

đèn $D_3 : 12V - 3W$,

R_b là biến trở.



a) Có thể điều chỉnh biến trở để ba đèn sáng bình thường không ? Vì sao ?

b) Mắc thêm R_1 vào mạch. Tìm giá trị R_b , vị trí và giá trị R_1 để các đèn sáng bình thường.

c) Ba đèn và điện trở R_2 có thể mắc theo cách khác vào AB để các đèn sáng bình thường. Tìm R_b , vị trí và giá trị R_2 . So sánh hiệu suất của hai cách mắc.

DS : a) Không b) $R_1 // D_1, R_1 = 8\Omega, R_b = 6\Omega$

c) $(R_2 \text{ nt } D_1) // D_2 // D_3, R_2 = 12\Omega, R_b = 7,15\Omega$.

25.29

Nguồn $E = 48V, r = 3\Omega$ được dùng để thắp sáng bình thường các đèn giống nhau, trên mỗi đèn có ghi $6V - 3W$.

Hỏi có bao nhiêu cách mắc đèn ? Cách mắc nào có số đèn nhiều nhất ? Cách mắc nào có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất ? Tính giá trị nhỏ nhất này.

DS : 7 cách - 16 nhánh, mỗi nhánh 4 đèn

- 4 nhánh, mỗi nhánh 7 đèn - 12W.

25.30

Nguồn $E = 36V, r = 4\Omega$ được dùng để thắp sáng 36 đèn giống nhau, mỗi đèn $3V - 3W$.

a) Có bao nhiêu cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau ?

b) Tìm cách mắc để các đèn sáng bình thường

c) Tìm cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất.

Tính công suất lớn nhất này và hiệu suất nguồn khi đó.

ĐS : a) 9 cách b) không

c) 6 nhánh; 2,204W; 42,86%

25.31

Nguồn điện $E = 12V$, $r = 2\Omega$. Mạch ngoài là các đèn loại 3V – 3W mắc hỗn tạp.

Xác định số đèn và cách mắc đèn để chúng sáng bình thường.

ĐS : 6 đèn : 3 dãy, mỗi dãy 2 đèn

25.32

Nguồn $E = 24V$, $r = 1,5\Omega$ được dùng để thắp sáng bình thường 12 đèn 3V – 3W cùng với 6 đèn 6V – 6W.

a) Tìm cách mắc đèn.

b) Tính công suất và hiệu suất của nguồn.

ĐS : a) 6 cách

b) 96W, 75% hoặc 288W, 25%.

25.33

Có 12 nguồn, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 3\Omega$.

Các nguồn mắc thành bộ nguồn đối xứng rồi nối với điện trở $R = 6\Omega$.

a) Tìm cách mắc nguồn để công suất tiêu thụ của R lớn nhất.

Tính công suất này.

b) Tìm cách mắc để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất. Tính công suất này.

ĐS : a) 2 hàng hoặc 3 hàng ; 2,16W

b) 12 hàng ; 0,0012W.

25.34

Các nguồn giống nhau, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 1,5\Omega$ mắc thành bộ đối xứng thắp sáng bình thường đèn 12V–18W.

a) Tìm cách mắc nguồn

b) Cách mắc nào có số nguồn ít nhất. Tính công suất và hiệu suất mỗi nguồn lúc đó.

ĐS : a) 64 nguồn thành 2 hàng

hoặc 48 nguồn - 3 hàng

b) 0,75W : 50%.

25.35

Có $N = 60$ nguồn điện giống nhau, mỗi nguồn $E = 1,5V$, $r = 0,6\Omega$ ghép thành bộ gồm m dãy song song, mỗi dãy n nguồn nối tiếp.

Mạch ngoài là điện trở $R = 1\Omega$.

Tính m , n để :

a) Công suất tiêu thụ mạch ngoài lớn nhất.

Tính công suất này.

b) Công suất tiêu thụ mạch ngoài không nhỏ hơn 36W.

ĐS : a) $m = 6$, $n = 10$, $P_m = 56,25W$

b) $n = 6; 5; 10; 12; 15; 20$.

$m = 12; 10; 6; 5; 4; 3$.

25.36

Có một số nguồn, mỗi nguồn $e = 4,5V$, $r = 3\Omega$.

a) Phải mắc nối tiếp bao nhiêu nguồn để thắp sáng bình thường hai đèn loại 120V – 60W mắc song song.

b) Dùng 60 nguồn trên mắc thành bộ, mạch ngoài là dây dẫn $\rho = 1,26 \cdot 10^{-6} \Omega m$, $l = 2m$, $S = 0,1mm^2$.

Tìm sơ đồ mắc nguồn để dòng điện qua dây lớn hơn 1A.

- DS : a) 80
b) Số hàng $m = 6, 5, 4, 3, 2, 1$.
Mỗi hàng $n = 10, 12, 15, 20, 30, 60$.

25.37

Cần tối thiểu bao nhiêu nguồn $6V - 1\Omega$ để mắc thành bộ và thấp sáng bình thường bóng đèn $6V - 24W$.

Nêu cách mắc bộ nguồn này.

DS : 3 nguồn nối tiếp.

25.38

Bộ nguồn gồm m dây, mỗi dây 5 acquy loại $2V - 0,8\Omega$
Mạch ngoài là bóng đèn $2V - 25W$ và điện trở R mắc song song.

Tìm giá trị nhỏ nhất của m và giá trị R tương ứng để đèn sáng bình thường.

DS : $m = 7, R = 4/3\Omega$

25.39

Có 32 pin giống nhau, mỗi pin $e = 1,5V, r_0 = 1,5\Omega$ mắc thành bộ và thấp sáng bình thường 12 đèn loại $1,5V - 0,75W$ mắc nối tiếp.

Tìm sơ đồ mắc bộ nguồn.

DS : 2 dây, mỗi dây 16 pin.

25.40

Có n acquy ($e = 8V, r_0 = 2\Omega$) mắc thành y dây song song, mỗi dây x cái nối tiếp.

a) Mạch ngoài là $R = 2\Omega$ nối tiếp với đèn $12V - 24W$. Tính số acquy ít nhất và cách mắc để đèn sáng bình thường.

b) Mạch ngoài là các đèn $4V - 4W$, bộ acquy mắc như câu a. Tìm số đèn tối đa và cách mắc để chúng sáng bình thường.

DS : a) 4 acquy nối tiếp
b) 2 dây 4 đèn.

25.41

Có một số đèn $3V - 3W$ và một số nguồn $e = 4V, r_0 = 1\Omega$

a) Cho 8 đèn, tìm số nguồn ít nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường.

Cách nào có lợi nhất ?

b) Cho 15 nguồn, tìm số đèn nhiều nhất và cách mắc đèn nguồn để đèn sáng bình thường.

Cách nào có lợi nhất ?

DS : a) 1 dây 6 nguồn và 2 dây đèn
hoặc 2 dây 3 nguồn và 4 dây 2 đèn,
hiệu suất như nhau.
b) 1 dây 15 nguồn và 2 dây 10 đèn
hoặc 5 dây 3 nguồn và 10 dây 2 đèn,
hiệu suất như nhau.

25.42

Các nguồn $12V - 2\Omega$ mắc thành bộ, dùng để thấp sáng bình thường 6 đèn $30V - 30W$.

Nêu các cách mắc nguồn và đèn.

Cách nào sử dụng ít nguồn nhất ?

Cách nào có hiệu suất cao nhất ?

25.43

Nguồn công suất không đổi $P = 12kW$, điện trở trong $r = 2\Omega$ cung cấp điện cho một số đèn giống nhau $120V - 50W$ mắc song song, điện trở đường dây tải là 4Ω

a) Số đèn là bao nhiêu để công suất tiêu thụ mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức.

b) Với số đèn trên, suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng nào ?

DS : a) 84 đến 88
b) $336,4V \geq E \geq 333,6V$.

25.44

Dùng một acquy lần lượt thắp sáng cho hai đèn $\mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2$ có cùng công suất định mức.

Khi dùng đèn \mathcal{D}_1 , công suất của acquy là $P_1 = 6W$.

Khi dùng đèn \mathcal{D}_2 công suất acquy là $P_2 = 4W$.

Trong cả hai trường hợp đèn đều sáng bình thường.

a) Tìm công suất định mức mỗi đèn.

b) Tìm công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài.

ĐS : a) 2,4W
b) 2,5W.

25.45*

Cho mạch điện như hình vẽ :

$r_1 = r_2 = 0$.

Khi không có nguồn E_2 (R_2 song song R_3) công suất nguồn E_1 là 55W.

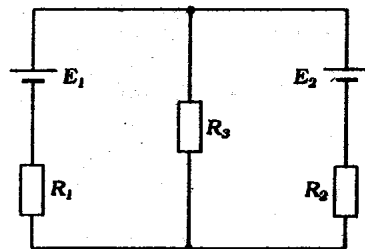
Còn khi không có nguồn E_1 (R_1 song song R_3) thì công suất nguồn E_2 là 176W.

Biết $R_2 = 2R_1, R_3 = 3R_1$.

Hỏi khi có cả hai nguồn thì công suất nhiệt trên toàn mạch là bao nhiêu ? công suất của máy phát là bao nhiêu ?

So sánh giá trị hai công suất này và giải thích tại sao chúng bằng nhau (hoặc khác nhau).

ĐS : 99W; 110W; có một máy thu.



§12. DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Dòng điện trong kim loại

Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các electron tự do.

II. Dòng điện trong chất điện phân

1. Bản chất của dòng điện trong chất điện phân

Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của :

- các ion dương theo chiều điện trường
- các ion âm ngược chiều điện trường

2. Định luật Faraday (Faraday)

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t$$

A : nguyên tử lượng của chất được giải phóng ở điện cực

n : hóa trị của chất đó

$\frac{A}{n}$: đương lượng hóa học

$It = q$: điện lượng truyền qua bình điện phân

F : số Faraday.

$$(F = 9,65 \cdot 10^7 C/kg = 96500C/g)$$

III. Dòng điện trong chất bán dẫn

1. Bản chất của dòng điện trong chất bán dẫn

- Chất bán dẫn tinh khiết :

Dòng điện trong chất bán dẫn tinh khiết là dòng chuyển dời có hướng đồng thời của :

- Các electron tự do
 - Các lỗ trống
- } dưới tác dụng của điện trường

- Chất bán dẫn loại n :

Trong bán dẫn loại n :

- Electron là hạt mang điện cơ bản (chủ yếu)
- Lỗ trống là hạt mang điện không cơ bản

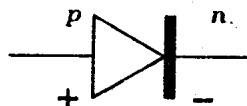
- Chất bán dẫn loại p :

Trong bán dẫn loại p :

- Lỗ trống là hạt mang điện cơ bản
- Electron là hạt mang điện không cơ bản.

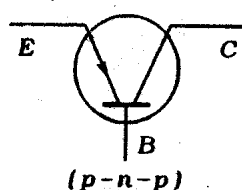
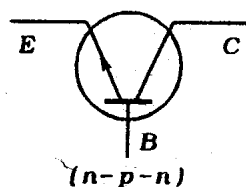
2. Dụng cụ bán dẫn

- Diot bán dẫn :



Diốt bán dẫn có tính chất dẫn điện ưu tiên theo chiều từ p sang n.

- Trandito :



Khi trandito hoạt động (cực gốc chung)

$$I_C \approx I_E$$

Với R_C khá lớn ta có :

$$U_{R_C} >> U_{BE}$$

(tác dụng khuếch đại)

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 26

Tính các đại lượng có liên quan đến chuyển động có hướng của electron tự do trong kim loại.

- Điện tích truyền qua các tiết diện của dây dẫn trong thời gian Δt :

$$\Delta q = nS\bar{v} \cdot \Delta t \cdot e$$

- n : mật độ electron tự do
- \bar{v} : vận tốc trung bình của electron tự do
- S : diện tích của tiết diện dây dẫn
- e : độ lớn của điện tích nguyên tố.

- Suy ra các đại lượng khác có liên quan.

• BÀI TẬP THÍ DỤ :

26.1

Chứng tỏ rằng mật độ electron tự do của một kim loại có biểu thức :

$$n_0 = \frac{N_a n D}{A}$$

- với
- N_a : số Avôgadrô
 - n : hóa trị của kim loại
 - D : khối lượng riêng của kim loại.
 - A : nguyên tử lượng của kim loại

GIẢI

- Đặt
- m : khối lượng kim loại
 - V : thể tích khối kim loại
 - N : số electron tự do chứa trong khối kim loại

Mật độ của electron tự do trong kim loại có biểu thức :

$$n_0 = \frac{N}{V}$$

Thừa nhận mỗi nguyên tử kim loại giải phóng n electron tự do ta có :

$$N = n \cdot N_a \cdot \frac{m}{A}$$

Do đó :

$$n_0 = \frac{n \cdot N_a \cdot m}{AV}$$

Nhưng : $\frac{m}{V} = D$ (khối lượng riêng của kim loại)

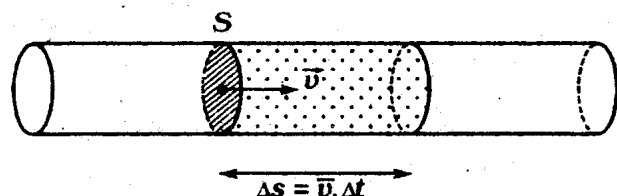
Vậy :

$$n_0 = \frac{N_a \cdot nD}{A}$$

26.2

Một dây dẫn bằng đồng, đường kính tiết diện là $d = 1\text{mm}$, có dòng điện cường độ $I = 2\text{A}$ chạy qua. Cho biết mật độ electron tự do là $n_0 = 8,45 \cdot 10^{28}$ electron/ m^3 , hãy tính vận tốc trung bình của các electron trong chuyển động có hướng của chúng.

GIẢI



Xét khoảng thời gian Δt . Trong khoảng thời gian này các electron tự do truyền qua tiết diện S được chứa trong hình trụ đáy S và đường cao $\Delta s = \bar{v} \cdot \Delta t$

Suy ra điện tích truyền qua tiết diện S trong khoảng thời gian Δt là :

$$\Delta q = Ne = n_0 V \cdot e = n_0 S \cdot \bar{v} \cdot \Delta t \cdot e$$

Do đó, cường độ dòng điện là :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = n_0 S \bar{v} \cdot e$$

Vậy :

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \frac{I}{n_0 S e} = \frac{4I}{\pi n_0 d^2 e} \\ &= \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 8,45 \cdot 10^{28} \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \\ &\approx 1,7 \cdot 10^{-4} \text{m/s} = 0,17 \text{mm/s} \end{aligned}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

26.3

Một dây nhôm có nguyên tử khối là 27 và khối lượng riêng $2,7\text{g/cm}^3$, điện trở suất $3,44 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Biết nhôm có hóa trị 3 và thừa nhận mỗi nguyên tử nhôm giải phóng 3 electron tự do, hãy tính mật độ electron tự do của nhôm.

$$DS : n_0 = 1,8 \cdot 10^{27} \text{electron/m}^3$$

26.4

Độ lưu động μ của các electron tự do trong một kim loại được định nghĩa như sau :

$$\bar{v} = \mu E$$

(\bar{v} : vận tốc trung bình của các electron tự do;
E : độ lớn cường độ điện trường trong kim loại)

Hãy thiết lập biểu thức của μ theo các đại lượng sau.

n_0 : mật độ của electron tự do

e : điện tích nguyên tố

l : chiều dài của dây dẫn kim loại

S : diện tích của tiết diện dây kim loại

R : điện trở của dây.

$$DS : \mu = \frac{l}{neSR}$$

26.5

Đồng có nguyên tử khối 63,5, khối lượng riêng $8,9 \text{ g/cm}^3$ và điện trở suất $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$. Hãy tính :

a) Mật độ electron tự do của đồng (coi mỗi nguyên tử đồng giải phóng 1 electron tự do).

b) Độ lưu động của electron tự do bên trong kim loại đồng.

$$DS : \quad a) 8,45 \cdot 10^{28} \text{ electron/m}^3$$

$$b) 4,6 \cdot 10^{-3} (\text{SI})$$

Bài toán 27

Khảo sát hiện tượng điện phân

- Áp dụng công thức của định luật Faraday để tính khối lượng chất được giải phóng ở điện cực kết hợp với định luật Avogadro và phương trình trạng thái để tính thể tích, nếu là chất khí.
- Có thể khảo sát cơ chế của hiện tượng điện phân để suy ra khối lượng và thể tích của chất được giải phóng ở anốt theo khối lượng và thể tích chất được giải phóng ở catốt.

- Kết hợp với công thức của các định luật về dòng điện không đổi để thực hiện tính toán.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

27.1

Một tấm kim loại được đem mạ niken bằng phương pháp điện phân.

Tính chiều dày của lớp niken trên tấm kim loại sau khi điện phân 30 phút.

Biết diện tích bề mặt kim loại là 40 cm^2 , cường độ dòng điện qua bình điện phân là 2A, niken có khối lượng riêng

$$D = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3, A = 58, n = 2.$$

Coi như niken bám đều lên mặt tấm kim loại.

GIẢI

Khối lượng niken bám vào tấm kim loại trong thời gian điện phân là :

$$m = \frac{1}{F \cdot n} \cdot A \cdot It$$

Chiều dày lớp mạ được tính như sau :

$$d = \frac{V}{S} = \frac{m}{SD} = \frac{AIt}{F \cdot n \cdot SD}$$

$$d = \frac{58 \cdot 2 \cdot 1800}{9,65 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 10^{-4} \cdot 8,9 \cdot 10^3} \approx 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,03 \text{ mm}$$

27.2

Điện phân dung dịch H_2SO_4 với các điện cực platin, ta thu được khí hiđrô và ôxi ở các điện cực.

Tính thể tích khí thu được ở mỗi điện cực (ở điều kiện chuẩn) nếu dòng điện qua bình điện phân có cường độ $I = 5 \text{ A}$ trong thời gian $t = 32 \text{ phút } 10 \text{ giây}$.

GIẢI

Khối lượng hiđrô thu được ở catôt là :

$$m_1 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_1}{n_1} \cdot I \cdot t$$

$$= \frac{1}{96500} \cdot \frac{1}{1} \cdot 5 \cdot 1930 = 0,1g$$

Hiđrô tạo nên ở catôt tồn tại dưới dạng phân tử khí H_2 . Một mol khí hiđrô (2g) ở điều kiện chuẩn có thể tích là $22400cm^3$

Vậy thể tích khí hiđrô thu được là :

$$V_1 = \frac{0,1}{2} \cdot 22400 = 1120cm^3$$

Khối lượng ôxi thu được ở anôt :

$$m_2 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_2}{n_2} \cdot I \cdot t$$

$$= \frac{1}{96500} \cdot \frac{16}{2} \cdot 5 \cdot 1930 = 0,8g$$

Thể tích khí ôxi thu được là :

$$V_2 = \frac{0,8}{32} \cdot 22400 = 560cm^3$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

27.3

Khi điện phân dung dịch muối ăn trong nước, người ta thu được khí hiđrô tại catôt. Khí thu được có thể tích $V = 1$ lít ở nhiệt độ $t = 27^\circ C$, áp suất $p = 1atm$.

Tính điện lượng đã chuyển qua bình điện phân.

ĐS : 7840C

27.4

Một nhà máy dùng phương pháp điện phân để sản xuất hiđrô. Hiệu điện thế ở hai cực bình điện phân là 2V và sản lượng của nhà máy là $56m^3/h$ (ở điều kiện chuẩn).

Tính công suất điện cần thiết cho sản xuất và giá thành của $1m^3$ hiđrô nếu giá tiền điện năng là 1000đ/kWh

ĐS : 268kW; 4786đ

27.5

Cho mạch điện như hình.

Bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có :

$$e = 1,5V, r_0 = 0,5\Omega$$

Mạch ngoài

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 9\Omega,$$

$$R_4 = 4\Omega, \text{ đèn } R_3: 3V-3W, R_5$$

là bình điện phân dung dịch $AgNO_3$ có dương cực tan.

Biết ampe kế A_1 chỉ 0,6A, ampe

kế A_2 chỉ 0,4A, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

Tìm :

a/ Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân.

b/ Số pin và công suất mỗi pin

c/ Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn

d/ Khối lượng bạc được giải phóng ở catôt sau 16 phút 5 giây điện phân.

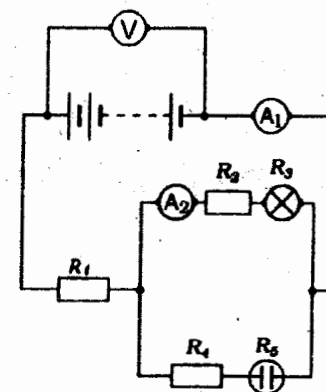
e/ Độ sáng của đèn R_3 ?

ĐS : a) 0,2A ; 20Ω

b) 5; 0,9W

c) 6V đ/ 0,216g

e) tối hơn bình thường.



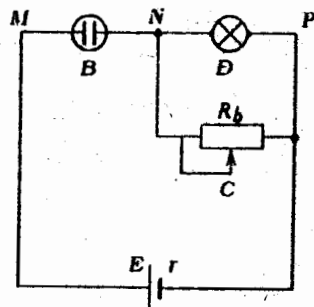
27.6

Cho mạch điện như hình :

$$E = 9V, r = 0,5\Omega,$$

B là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với các điện cực bằng đồng.

D là đèn 6V – 9W, R_b là biến trở.



a) C ở vị trí $R_b = 12\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tính khối lượng đồng bám vào catốt bình điện phân trong 1 phút, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn.

b) Từ vị trí trên của con chạy C, nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào catốt trong 1 phút thay đổi thế nào ?

DS : a) 39,8 (mg); 16W; 18W b) tăng, giảm

27.7

Cho mạch điện như hình:

$$E_1 = 6V, E_2 = 3V,$$

$$r_1 = r_2 = 0,5\Omega$$

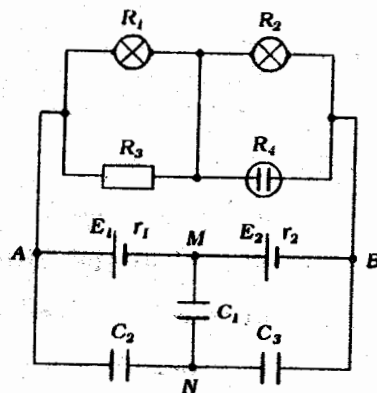
đèn R_1 : 2V – 1,5W ,

đèn R_2 : 4V – 3W ,

R_3 là điện trở,

R_4 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng, tụ $C_1 = 1\mu F, C_2 = C_3 = 2\mu F$

Biết các đèn sáng bình thường.



a) Tính khối lượng đồng được giải phóng ở catốt bình điện phân trong thời gian 16 phút 5 giây và điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên.

b) Tính R_3 và R_4

c) Tính điện tích trên mỗi bản tụ nối với N

$$DS : \quad a) 0,72g ; 8,685 \text{ kJ}$$

$$b) 8/9 \Omega ; 16/9 \Omega$$

$$c) Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-6} C ;$$

$$Q_2 = -6,6 \cdot 10^{-6} C$$

$$Q_3 = 5,4 \cdot 10^{-6} C$$

27.8

Cho mạch điện như hình

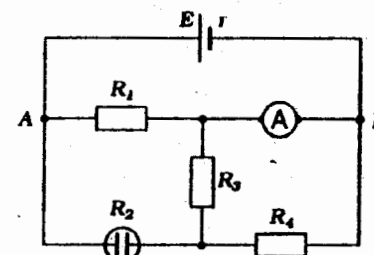
$$E = 13,5V, r = 1\Omega,$$

$$R_1 = 3\Omega, R_3 = R_4 = 4\Omega,$$

$$R_A = 0, R_2 \text{ là bình điện}$$

phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng.

Biết sau 16 phút 5 giây điện phân, khối lượng đồng được giải phóng ở catốt là 0,48g.



Tính :

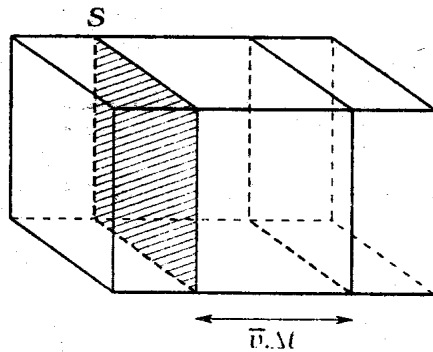
a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân.

b) Điện trở bình điện phân.

c) Số chỉ của ampe kế.

d) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.

DS : a) 1,5A; b) 4Ω ; c) 3,75A; d) 40,5W.



Xét khoảng thời gian Δt .

Chuyển động ngược chiều của electron và lỗ trống trong thời gian Δt tạo một điện lượng truyền qua tiết diện thẳng S là :

$$\Delta q = [n_p \cdot \bar{v}_p + n_n \bar{v}_n] S e \Delta t$$

Suy ra cường độ dòng điện qua chất bán dẫn :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = [n_p \bar{v}_p + n_n \bar{v}_n] S e$$

Mặt khác, theo định luật Ôm ta lại có :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{[n_p \bar{v}_p + n_n \bar{v}_n] S e}$$

Suy ra :

$$\rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{U}{[n_p \bar{v}_p + n_n \bar{v}_n] S e}$$

Đối với chất bán dẫn tinh khiết ta có mật độ electron và mật độ lỗ trống bằng nhau, do đó :

$$\rho l = \frac{U}{(\bar{v}_p + \bar{v}_n) n e}$$

Nhưng :

$$\bar{v}_p = \mu_p \cdot \frac{U}{l}; \quad \bar{v}_n = \mu_n \cdot \frac{U}{l}$$

Vậy ta có :

$$\rho = \frac{1}{(\mu_p + \mu_n) n e}$$

Bài toán 28

Khảo sát chất bán dẫn-Công dụng của diôt bán dẫn và trandito.

- Thực hiện tính toán các đại lượng (mật độ, vận tốc trung bình, điện trở suất,...) tương tự như với các kim loại.
- Để ý :
 - Đối với bán dẫn tinh khiết : có hai loại hạt mang điện mật độ như nhau
 - Đối với bán dẫn có tạp chất : mật độ hạt mang điện ban đầu *không đáng kể* so với mật độ hạt mang điện do tạp chất.
- Diôt bán dẫn có tác dụng chỉnh lưu (chiều p - n) ; trandito có tác dụng *khuếch đại*.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

28.1

Trong chất bán dẫn tinh khiết, độ lưu động μ_n, μ_p của electron tự do và lỗ trống được xác định bởi :

$$\bar{v}_n = \mu_n E; \quad \bar{v}_p = \mu_p \cdot E$$

(E : độ lớn của cường độ điện trường đặt vào chất bán dẫn)

Hãy thiết lập biểu thức của điện trở suất chất bán dẫn theo μ_n và μ_p .

GIẢI

Giả sử điện trường \vec{E} đặt vào chất bán dẫn được tạo bởi hiệu điện thế U giữa hai đầu của cạnh có độ dài l.

28.2

Một điốt bán dẫn có lớp tiếp xúc p – n dày 10^{-4} cm. Khi không có điện trường ngoài. Giữa hai mặt của lớp tiếp xúc, người ta đo được hiệu điện thế 0,4V.

a) Giải thích hiện tượng.

b) Tính độ lớn của cường độ điện trường tạo ra bên trong lớp tiếp xúc này.

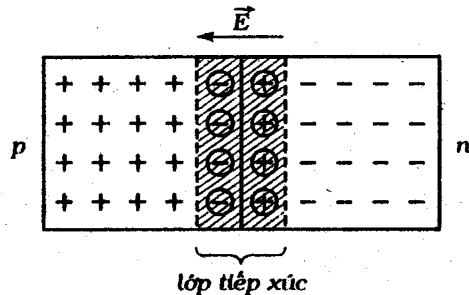
GIẢI

a) Giải thích hiện tượng :

– Do chuyển động nhiệt, các hạt mang điện cơ bản của hai bán dẫn khác loại khuếch tán qua mặt tiếp xúc.

Do đó, có sự tập trung các electron ở bên bán dẫn p sát mặt tiếp xúc và có sự tập trung các lỗ trống ở bên bán dẫn n sát mặt tiếp xúc này.

Hiện tượng tái kết hợp xảy ra và tạo thành hai lớp ion khác dấu. Hai lớp ion này ngăn cản sự khuếch tán tiếp và tạo một điện trường ổn định trong lớp tiếp xúc.



b) Cường độ điện trường :

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } E &= \frac{U}{d} = \frac{0,4}{10^{-6}} \\ &= 4 \cdot 10^5 \text{ V/m} \end{aligned}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

28.3*

Hãy khảo sát lý thuyết sự biến thiên điện trở suất của một chất bán dẫn có tạp chất.

Xét hai trường hợp :

a) Tạp chất loại n

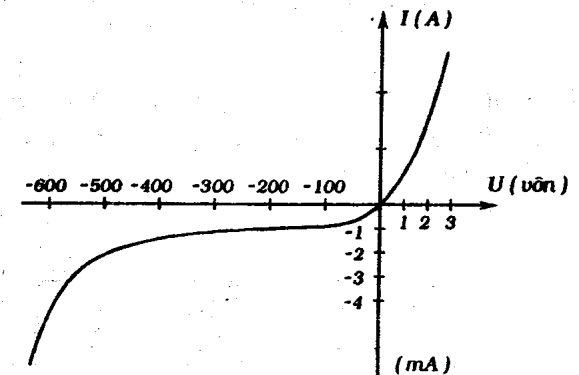
b) Tạp chất loại p.

28.4*

Hãy giải thích nguyên tắc xác định loại bán dẫn (p hay n) bằng cách dựa vào hiệu ứng Hôn (Hall).

28.5

Một điốt bán dẫn có lớp tiếp xúc p – n với đặc tuyến V – A như sau.



a) Giải thích ý nghĩa vật lý của mỗi đoạn đặc tuyến.

b) Hiệu điện thế đặt vào điốt thay đổi đột ngột từ -200V thành +1,5V.

Tìm cường độ dòng điện trước và sau

ĐS : b) -1mA; +1,5A.

28.6

Hãy vẽ sơ đồ mạch khuếch đại đơn giản dùng transistor. Giải thích tác dụng khuếch đại.

PHẦN BA

ĐIỆN TỪ

§13. TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN

A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Định luật Biô-Xava-Laplace (Biot-Savart-Laplace) *

Phần tử Δl của dây dẫn có dòng điện I chạy qua, gây ra tại điểm M trong không gian một từ trường mà vectơ cảm ứng từ $\Delta \vec{B}$ có:

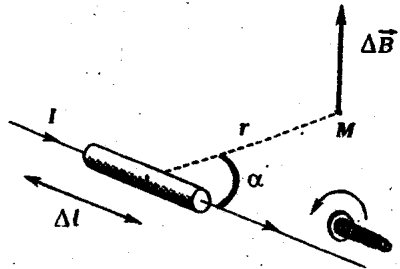
- **Phương**: vuông góc với mặt phẳng chứa Δl và M .
- **Chiều**: liên hệ với chiều dòng điện theo quy tắc cái đinh ốc.

(Quay cho cái đinh ốc tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay của đinh ốc theo chiều của vectơ cảm ứng từ).

- **Độ lớn**: tính theo công thức sau.

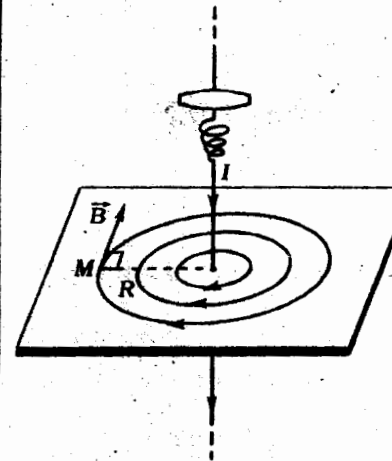
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l}{r^2} \cdot \sin \alpha$$

- r : khoảng cách từ trung điểm của Δl đến M
- α : góc tạo bởi Δl và phương nối trung điểm của Δl đến M
- μ_0 : hằng số từ; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}(\text{SI})$.



II. Từ trường tạo bởi các dòng điện

1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng dài vô hạn



- Trong hình là dạng các đường cảm ứng của từ trường tạo bởi dòng điện trong dây dẫn thẳng dài vô hạn,

- Chiều của đường cảm ứng xác định bởi quy tắc cái vụn đinh ốc.

Vectơ cảm ứng từ \vec{B} tại M có:

- **Điểm đặt**: điểm đang xét
- **Phương**: tiếp tuyến với đường cảm ứng qua điểm đang xét
- **Chiều**: theo chiều của đường cảm ứng
- **Độ lớn**: tính bởi công thức:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi R} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R}$$

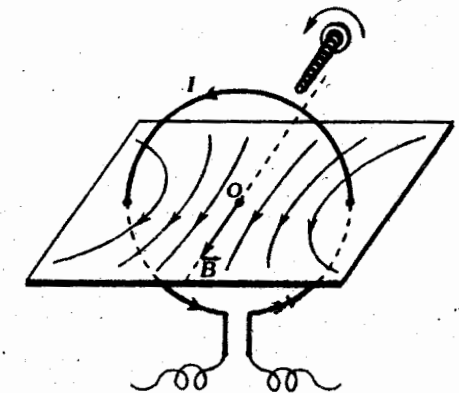
- I : ampe (A)
- R : mét (m)
- B : tesla (T)

CHÚ Ý:

Trong thực tế, công thức trên được dùng để tính cảm ứng từ tạo bởi dòng điện thẳng hữu hạn tại các điểm cách dòng điện đoạn R rất nhỏ so với chiều dài của dây dẫn.

2. Từ trường của dòng điện trong khung dây tròn

- Trong hình là dạng các đường cảm ứng của từ trường tạo bởi dòng điện trong khung dây tròn.



- Chiều của đường cảm ứng xác định bởi quy tắc cái vụn đinh ốc.

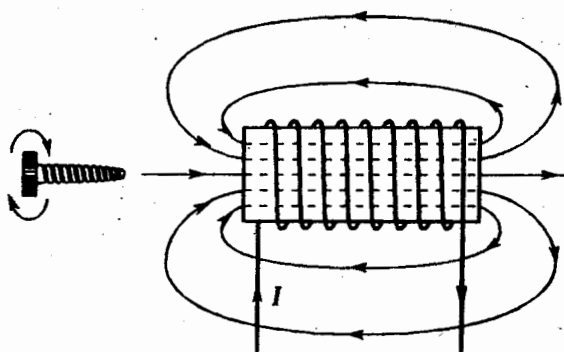
Vectơ cảm ứng từ \vec{B} tại tâm khung dây có :

- *Điểm đặt* : tâm của khung
- *Phương* : vuông góc với mặt phẳng vòng dây
- *Chiều* : chiều của đường cảm ứng
- *Độ lớn* : tính theo công thức sau :

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2R} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R}$$

$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{ampe (A)} \\ R : \text{mét (m)} \\ B : \text{tesla (T)} \end{array} \right.$

3. Từ trường của dòng điện trong ống dây dài



- Trong hình là dạng các đường cảm ứng của từ trường tạo bởi dòng điện trong ống dây dài.

- Chiều của đường cảm ứng xác định bởi quy tắc cái vụn nút chai.

Từ trường trong ống dây là từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ \vec{B} có :

- *Phương* : song song với trục ống dây
- *Chiều* : chiều của đường cảm ứng
- *Độ lớn* : tính theo công thức sau

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I = \mu_0 nI = 4\pi \cdot 10^{-7} nI$$

$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{ampe (A)} \\ B : \text{tesla (T)} \end{array} \right.$

(N : số vòng dây ; l : chiều dài ống dây ; n : số vòng dây cho mỗi đơn vị chiều dài)

III. Sự chồng chất từ trường

Từ trường tổng hợp :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_1^n \vec{B}_i$$

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 29

Xác định cảm ứng từ tạo bởi dòng điện.

- Áp dụng các kết quả về từ trường của những dòng điện đặc biệt.
- Áp dụng phép xác định vectơ tổng để xác định từ trường tổng hợp tạo bởi nhiều dòng điện.
- Để ý các điểm sau :
 - Kết hợp áp dụng các công thức hình học và lượng giác khi tính độ lớn cảm ứng từ
 - Có thể áp dụng *bất đẳng thức Côsi* để giải quyết vấn đề cực trị.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

29.1

Dòng điện thẳng cường độ $I = 0,5A$ đặt trong không khí.

- Tính cảm ứng từ tại M cách dòng điện 4cm.
- Cảm ứng từ tại N bằng $10^{-6}T$. Tính khoảng cách từ N đến dòng điện.

GIẢI

a) *Cảm ứng từ tại M*

Cảm ứng từ tại M có độ lớn :

$$B_M = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_M} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,5}{4 \cdot 10^{-2}} = 0,25 \cdot 10^{-5} T$$

b) Khoảng cách

Cảm ứng từ tại N được tính bởi :

$$B_N = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_N}$$

Khoảng cách từ N đến dòng điện :

$$r_N = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{B_N} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,5}{10^{-6}} = 0,1 m = 10 cm$$

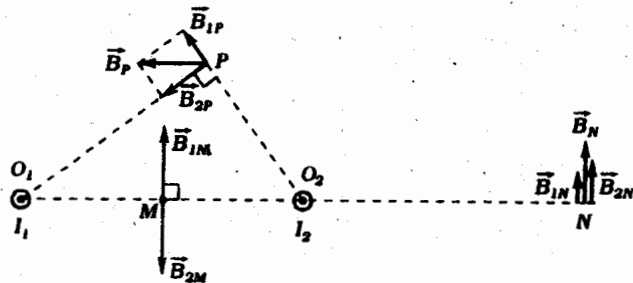
29.2

Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn D_1 , D_2 đặt song song trong không khí cách nhau khoảng $d = 10 cm$, có dòng điện cùng chiều $I_1 = I_2 = I = 2,4 A$ đi qua.

Tính cảm ứng từ tại :

- M cách D_1 và D_2 khoảng $R = 5 cm$.
- N cách D_1 : $R_1 = 20 cm$, cách D_2 : $R_2 = 10 cm$
- P cách D_1 : $R_1 = 8 cm$, cách D_2 : $R_2 = 6 cm$

GIẢI



GIẢI

a) Xác định B_M

Trên hình, các dây dẫn đặt vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, cắt mặt phẳng hình vẽ tại O_1 và O_2 .

Dấu chấm biểu diễn chiều dòng điện, cho biết dòng điện hướng từ mặt phẳng hình vẽ đi ra.

Ta có :

$$O_1M + O_2M = O_1O_2 \text{ (M là trung điểm } O_1O_2)$$

Cảm ứng từ do các dòng điện I_1 , I_2 gây nên ở M có độ lớn :

$$B_{1M} = B_{2M} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{O_1M} = 0,96 \cdot 10^{-5} T$$

Vectơ cảm ứng từ tại M là : $\vec{B}_M = \vec{B}_{1M} + \vec{B}_{2M}$

Dùng quy tắc vận đỉnh ốc ta biết được \vec{B}_{1M} , \vec{B}_{2M} vuông góc với O_1O_2 và ngược chiều với nhau.

$$\text{Do đó : } B_M = 0$$

b) Xác định B_N

Tại N : $O_1N - O_2N = O_1O_2$ (N nằm trên đường O_1O_2 và ở về phía O_2).

Cảm ứng từ do các dòng I_1 , I_2 gây ra ở N có độ lớn :

$$\begin{cases} B_{1N} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{O_1N} = 0,24 \cdot 10^{-5} T \\ B_{2N} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{O_2N} = 0,48 \cdot 10^{-5} T \end{cases}$$

Vectơ cảm ứng từ tại N là : $\vec{B}_N = \vec{B}_{1N} + \vec{B}_{2N}$

Chiều \vec{B}_{1N} , \vec{B}_{2N} được xác định theo quy tắc vụn đinh ốc như hình \vec{B}_{1N} và \vec{B}_{2N} cùng chiều nhau.

$$B_N = B_{1N} + B_{2N} = 0,72 \cdot 10^{-5} T$$

c) Xác định B_P

$$\text{Tại } P : O_1P^2 + O_2P^2 = O_1O_2^2 \text{ } (\Delta O_1O_2P \text{ vuông tại } P).$$

Ta có :

$$\begin{cases} B_{1P} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{O_1P} = 0,6 \cdot 10^{-5} T \\ B_{2P} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{O_2P} = 0,8 \cdot 10^{-5} T \end{cases}$$

$$\text{Vectơ cảm ứng từ tại } P \text{ là : } \vec{B}_P = \vec{B}_{1P} + \vec{B}_{2P}$$

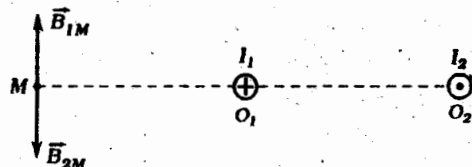
$$\text{Vì } \vec{B}_{1P} \perp O_1P, \vec{B}_{2P} \perp O_2P, O_1P \perp O_2P \text{ nên } \vec{B}_{1P} \perp \vec{B}_{2P}$$

$$\text{Vậy : } B_P = \sqrt{B_{1P}^2 + B_{2P}^2} = 10^{-5} T$$

29.3

Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau khoảng $d = 6 \text{ cm}$, có các dòng điện $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$ đi qua, I_1 và I_2 ngược chiều nhau. Định vị trí những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng 0.

GIẢI



Gọi M là điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không

$$\vec{B}_M = \vec{B}_{1M} + \vec{B}_{2M} = \vec{0}$$

trong đó \vec{B}_{1M} , \vec{B}_{2M} là vectơ cảm ứng từ do I_1 , I_2 gây nên ở M .

Theo đề, ta suy ra :

$$+ \vec{B}_{1M}, \vec{B}_{2M} \text{ ngược chiều nhau}$$

$$+ \text{Độ lớn } B_{1M} = B_{2M}$$

$$\text{hay } 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{O_1M} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{O_2M}$$

Trên hình vẽ, I_1 và I_2 nằm vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, cắt mặt phẳng này ở O_1 và O_2 , I_2 có chiều hướng ra mặt phẳng hình vẽ, I_1 hướng vào mặt phẳng này.

Dùng quy tắc vụn đinh ốc, ta thấy để \vec{B}_{1M} , \vec{B}_{2M} thỏa điều kiện trên, M phải nằm trên O_1O_2 , ngoài khoảng O_1O_2 , về phía dòng I_1 (vì $I_1 < I_2$ nên $O_1M < O_2M$).

$$\text{Ta có : } \frac{I_1}{O_1M} = \frac{I_2}{O_2M}$$

$$\text{Thay } O_2M = O_1M + O_1O_2 = O_1M + d$$

$$\frac{1}{O_1M} = \frac{2}{O_1M + 6}$$

$$\text{Ta tính được : } O_1M = 6 \text{ cm}$$

Trong không gian, tập hợp các điểm M là đường thẳng (Δ) nằm trong mặt phẳng chứa 2 dây dẫn, cách dòng I_1 6 cm và cách dòng I_2 12 cm.

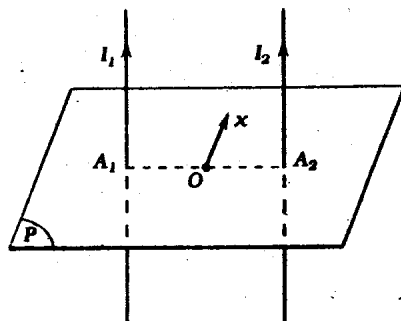
Hai dây dẫn thẳng dài đặt song song, cách nhau khoảng $2a$ trong không khí, có các dòng điện $I_1 = I_2 = I$ cùng chiều đi qua. Mặt phẳng P vuông góc với hai dây và cắt hai dây tại A_1, A_2 . O là trung điểm A_1A_2 . Trục tọa độ Ox nằm trong mặt phẳng P và vuông góc với A_1A_2 .

a) Xác định vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại O.

b) Xác định vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại M trên Ox với $OM = x$.

c) Xác định vị trí điểm M trên Ox có cảm ứng từ cực đại. Tính giá trị cực đại này.

d) Đặt một dây dẫn thứ ba có dòng I_3 đi qua, song song với hai dây trên và đi qua O. Xác định chiều và độ lớn I_3 để cảm ứng từ tổng hợp tại M_1 trên Ox bằng không, M_1 là điểm có tọa độ $OM_1 = a$.



GIẢI

Vectơ cảm ứng tổng hợp do I_1, I_2 gây nên :

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

trong đó \vec{B}_1, \vec{B}_2 là cảm ứng từ do từng dòng điện gây nên tại điểm ta đang xét.

Chọn mặt phẳng hình vẽ làm mặt phẳng P.

a) Xác định \vec{B}_0

Ta có :

$$B_1 = B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{a}$$

\vec{B}_1 và \vec{B}_2 ngược chiều nhau :

$$B_0 = B_1 - B_2 = 0$$

b) Xác định \vec{B}_M

Tại M :

$$B_1 = B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$\vec{B}_1 \perp A_1M, \vec{B}_2 \perp A_2M$, hình bình hành có hai cạnh \vec{B}_1, \vec{B}_2 là hình thoi

Góc $(\vec{B}_1, \vec{B}_2) = \widehat{A_1MA_2}$ (góc có cạnh tương ứng vuông góc).

$$\Rightarrow \text{góc}(\vec{B}_1, \vec{B}) = \frac{1}{2}(\vec{B}_1, \vec{B}_2) = \widehat{A_1MO} = \alpha.$$

Ta có :

$$B = 2 \cdot B_1 \cdot \cos \alpha = 2 \cdot B_1 \cdot \frac{OM}{A_1M}$$

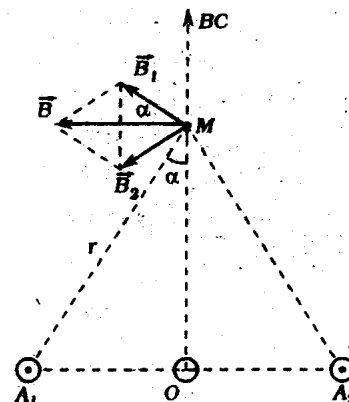
$$B = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} \cdot \frac{|x|}{r}$$

$$B = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I \cdot |x|}{a^2 + x^2}$$

Vì góc $(\vec{B}_1, \vec{B}) = \widehat{A_1MO}$, $\vec{B}_1 \perp A_1M$ nên $\vec{B} \perp OM$.

Vậy vectơ cảm ứng từ tổng hợp \vec{B} tại M có phương song song A_1A_2 , có chiều từ A_2 đến A_1 , độ lớn :

$$B = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I|x|}{a^2 + x^2}$$



c) Xác định vị trí điểm M để B_M cực đại

Ta tìm x để cảm ứng từ tổng hợp B tại M có giá trị cực đại.
Bất đẳng thức Côsi :

$$a^2 + x^2 \geq 2 \cdot a \cdot |x|.$$

$$\text{Do đó : } B \leq 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I|x|}{2a|x|} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{a}$$

Dấu bằng xảy ra khi $a = |x|$.

Vậy, trên Ox, điểm M có tọa độ $x = \pm a$ sẽ có cảm ứng từ cực đại, giá trị cực đại này là :

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{a}$$

d) Xác định dòng điện I_3

Khi có dòng I_3 , vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại M_1 là :

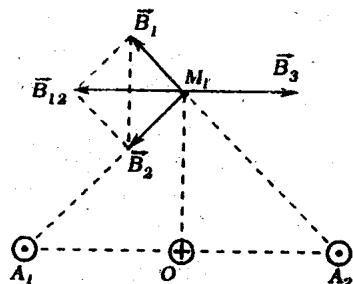
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = \vec{0}$$

$$\vec{B}_{12} + \vec{B}_3 = \vec{0}$$

\vec{B}_{12} và \vec{B}_3 ngược chiều, cùng độ lớn.

Trong câu trên, ta đã biết \vec{B}_{12} có phương song song A_1A_2 , chiều từ A_2 đến A_1 . Do đó, \vec{B}_3 sẽ có phương vuông góc OM_1 , chiều từ A_1 đến A_2 .

Theo quy tắc vắn đinh ốc, dòng I_3 phải có chiều ngược chiều I_1, I_2



Độ lớn :

$$B_3 = B_{12}$$

$$2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{OM_1} = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I \cdot |x|}{a^2 + x^2}$$

$$\text{Khi } x = OM_1 = a \text{ thì } B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{a}$$

Vậy I_3 ngược chiều I_1, I_2 , cường độ $I_3 = I$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

29.5

Dòng điện có cường độ $I = 2A$ chạy cùng chiều qua hai dây dẫn thẳng chập lại.

Tính cảm ứng từ do hai dây gây nên tại nơi cách chúng 5cm.

$$DS : 1,6 \cdot 10^{-5} T$$

29.6

Cuộn dây tròn bán kính $R = 5cm$ (gồm $n = 100$ vòng dây quấn nối tiếp cách điện với nhau) đặt trong không khí có dòng điện I qua mỗi vòng dây, từ trường ở tâm vòng dây là $B = 5 \cdot 10^{-4} T$. Tìm I .

$$DS : I \approx 0,4A$$

29.7

Một ống dây thẳng (xôlênit) chiều dài 20cm, đường kính 2cm. Một dây dẫn có vỏ bọc cách điện dài 300m được quấn đều theo chiều dài ống. Ống dây không có lõi và đặt trong không khí. Cường độ dòng điện đi qua dây dẫn là 0,5A. Tìm cảm ứng từ trong ống dây.

$$DS : 0,015 T$$

29.8

Một dây dẫn đường kính tiết diện $d = 0,5\text{mm}$ được bọc bằng một lớp cách điện mỏng và quấn thành một ống dây (xôlênoit). Các vòng của ống dây được quấn sát nhau. Cho dòng điện có cường độ $I = 0,4\text{A}$ đi qua ống dây. Tính cảm ứng từ trong ống dây.

$$DS : 0,001\text{T}$$

29.9

Hai dòng điện thẳng dài vô hạn, $I_1 = 10\text{A}$, $I_2 = 30\text{A}$ vuông góc nhau trong không khí. Khoảng cách ngắn nhất giữa chúng là 4cm . Tính cảm ứng từ tại điểm cách mỗi dòng điện 2cm .

$$DS : B = \sqrt{10} \cdot 10^{-4}\text{T} \approx 3,16 \cdot 10^{-4}\text{T}$$

29.10

Hai dây dẫn thẳng song song dài vô hạn đặt cách nhau $d = 14\text{cm}$ trong không khí. Dòng điện chạy trong dây $I_1 = I_2 = I = 1,25\text{A}$. Xác định vectơ cảm ứng từ tại M cách mỗi dây $R = 25\text{cm}$ trong trường hợp hai dòng điện :

- Cùng chiều
- Ngược chiều.

$$DS : a) \vec{B} // O_1O_2 ; B = 1,92 \cdot 10^{-6}\text{T}$$

$$b) \vec{B} \perp O_1O_2 ; B = 0,56 \cdot 10^{-6}\text{T}$$

Với O_1, O_2 là tâm các đường cảm ứng qua M .

29.11

Hai dây dẫn thẳng song song dài vô hạn đặt cách nhau $d = 8\text{cm}$ trong không khí. Dòng điện chạy trong hai dây là $I_1 = 10\text{A}$, $I_2 = 20\text{A}$ và ngược chiều nhau. Tìm cảm ứng từ tại

- O cách mỗi dây 4cm
- M cách mỗi dây 5cm .

$$DS : a) B_0 = 15 \cdot 10^{-5}\text{T} \quad b) B_M \approx 9,9 \cdot 10^{-5}\text{T}$$

29.12

Vòng dây tròn có $R = 3,14\text{cm}$ có dòng điện $I = 0,87\text{A} \approx \frac{\sqrt{3}}{2}\text{A}$ đi qua và đặt song song với đường cảm ứng của một từ trường đều có $B_0 = 10^{-5}\text{T}$. Xác định \vec{B} tại tâm O vòng dây.

$$DS : B = 2 \cdot 10^{-5}\text{T}, \alpha = (\vec{B}, \vec{B}_0) = 60^\circ$$

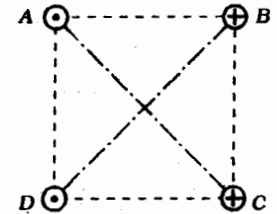
29.13

Hai vòng dây tròn bán kính $R = 10\text{cm}$ có tâm trùng nhau đặt vuông góc nhau. Cường độ trong hai dây $I_1 = I_2 = I = \sqrt{2}\text{A}$. Tìm \vec{B} tại tâm O của hai vòng dây.

$$DS : B \approx 12,56 \cdot 10^{-6}\text{T}, \alpha = (\vec{B}, \vec{B}_1) = 45^\circ$$

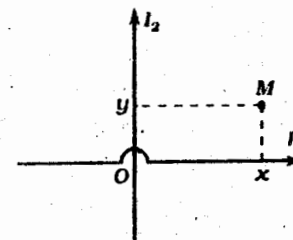
29.14

Bốn dây dẫn thẳng dài đặt song song, tiết diện ngang $ABCD$ tạo thành hình vuông cạnh $a = 20\text{cm}$. Trong mỗi dây có dòng $I = 2\text{A}$ đi qua theo chiều như hình. Tính \vec{B} tại tâm hình vuông.



$$DS : \vec{B} \text{ hướng đến } AB, \perp AB, B = 8 \cdot 10^{-6}\text{T}$$

29.15



Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí vuông góc nhau (cách điện với nhau) và nằm trong cùng một mặt phẳng. Cường độ dòng điện qua hai dây $I = 2\text{A}$, $I_2 = 10\text{A}$.

a) Xác định cảm ứng từ gây bởi hai dòng điện tại M trong mặt phẳng của hai dòng điện, có tọa độ (x, y) như hình, với $x = 5\text{cm}$, $y = 4\text{cm}$.

b) Xác định vị trí những điểm có vectơ cảm ứng từ gây bởi hai dòng điện bằng không.

$$DS : a) B = 3 \cdot 10^{-5}\text{T}$$

$$b) \text{Những điểm thuộc đường thẳng } y = 0,2x$$

29.16

Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau khoảng $d = 6\text{cm}$ có các dòng $I_1 = 1\text{A}$, $I_2 = 4\text{A}$ đi qua. Định vị trí những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng 0. Xét 2 trường hợp :

- a) I_1, I_2 cùng chiều
- b) I_1, I_2 trái chiều

ĐS : a) Đường thẳng cách dây 1 : 1,2cm , dây 2 : 4,8cm
b) Đường thẳng cách dây 1 : 2cm , dây 2 : 8cm.

29.17

Dây dẫn mảnh, thẳng dài có dòng $I = 10\text{A}$ đi qua đặt vuông góc với đường cảm ứng từ của từ trường đều có $B_0 = 5 \cdot 10^{-5}\text{T}$. Tìm những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

ĐS : Trên đường thẳng Δ song song với dây cách dây 4cm, Δ trong mặt phẳng chứa dây và vuông góc với \vec{B}_0

29.18

Ba dây dẫn thẳng song song dài vô hạn cùng nằm trong mặt phẳng, hai dây liên tiếp cách nhau đoạn $a = 6\text{cm}$, cường độ $I_1 = I_2 = I$, $I_3 = 2I$. Dây I_3 nằm ngoài I_1, I_2 và dòng I_3 ngược chiều I_1, I_2 . Tìm vị trí M có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

ĐS : M trên đường thẳng song song 3 dây, trong khoảng dây 1 và 2, cách dây giữa 2cm.

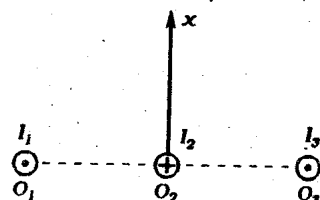
29.19

Ba dòng điện thẳng song song như hình :

$$I_1 = I_3 = I,$$

$$I_2 = \frac{I}{2}; O_1O_2 = O_2O_3 = a,$$

dòng I_2 ngược chiều với I_1, I_3 .

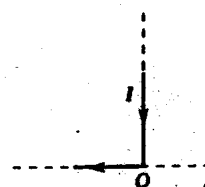


319

Tìm trên trục O_2x vuông góc với mặt phẳng chứa 3 dây những điểm có $B = 0$.

$$ĐS : \overline{O_2M} = \pm a\sqrt{3}/3$$

29.20 *



Một dây dẫn rất dài được gấp lại ở giữa thành góc vuông như hình. Trong dây dẫn có dòng điện $I = 20\text{A}$ đi qua. Xác định vectơ cảm ứng từ \vec{B} do dây gây ra tại A cách O đoạn $a = 2\text{cm}$, trên đường kéo dài của một cạnh dây như hình vẽ.

ĐS : $B = 10^{-4}\text{T}$, \vec{B} hướng ra trước, vuông góc mặt phẳng hình vẽ.

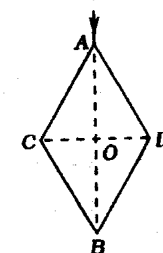
(HƯỚNG DẪN: Áp dụng định luật Biô-Xava-Laplace ta chứng minh được từ trường do đoạn dây dẫn thẳng gây nên tại một điểm trên trục của dây là bằng không. Phần còn lại, ta dùng tính đối xứng để tính toán tiếp.)

29.21 *

Một hình thoi làm bằng dây dẫn đồng chất, tiết diện đều được nối với một nguồn điện ở xa qua hai dây dẫn dài như hình.

a) Xác định cảm ứng từ B tại tâm O của hình thoi.

b) Xác định hướng của \vec{B} nếu nhánh ACB bằng đồng, nhánh ADB bằng nhôm



ĐS : b) \vec{B} hướng ra trước, vuông góc mặt phẳng hình vẽ.

29.22 *

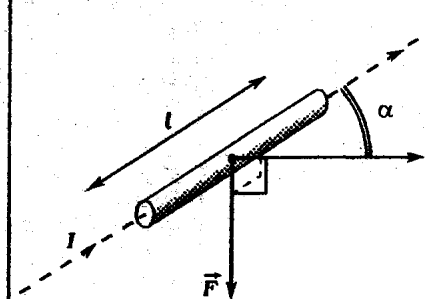
Một hình lập phương làm bằng dây dẫn đồng chất, tiết diện đều, hai đỉnh đối diện của hình hộp được nối với một nguồn điện ở xa bằng hai dây dẫn dài có phương qua tâm hình lập phương. Tính cảm ứng từ ở tâm hình lập phương.

320

§14. LỰC TỪ

A - TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Lực từ tác dụng lên một đoạn dây có dòng điện đặt trong từ trường đều



Lực từ \vec{F} do từ trường đều tác dụng lên đoạn dây thẳng l có dòng điện I là lực có :

– *Điểm đặt* : trung điểm đoạn dây

– *Phương* : vuông góc với mặt phẳng (l, \vec{B}) .

– *Chiều* : xác định bởi quy tắc bàn tay trái.

(Xòe bàn tay trái cho các đường cảm ứng từ hướng vào lòng bàn tay và sao cho dòng điện chạy từ cổ tay đến ngón tay; chiều của ngón cái choãi ra 90° là chiều lực từ.)

– *Độ lớn* : tính theo công thức

$$F = BIl \sin \alpha \quad [\alpha = (\vec{B}, \vec{l})]$$

II. Lực tương tác từ giữa hai dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua

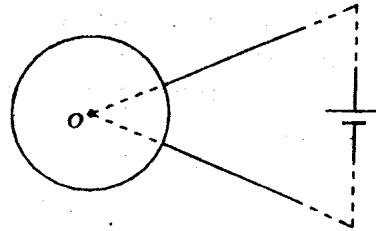
Độ lớn của lực tác dụng lên một đoạn dây dẫn có chiều dài l :

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 I_2}{2\pi d} \cdot l = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} \cdot l$$

d : khoảng cách giữa hai dòng điện
 \vec{F} là lực hút nếu hai dòng điện cùng chiều
 \vec{F} là lực đẩy nếu hai dòng điện ngược chiều

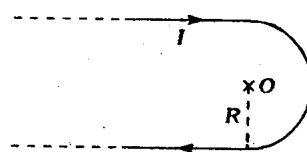
29.23 *

Người ta mắc vào hai điểm bất kì của một vòng dây dẫn hai dây dẫn thẳng dài hướng theo phương bán kính của vòng dây. Hai đầu của hai dây dẫn thẳng được nối vào nguồn điện ở xa. Tính cảm ứng từ ở tâm vòng dây.



29.24 *

Dây dẫn thẳng dài vô hạn có một đoạn uốn hình nửa đường tròn bán kính R như hình. Xác định \vec{B} ở tâm O của nửa đường tròn.



ĐS : \vec{B} vuông góc với mặt phẳng dây, hướng ra sau mặt phẳng hình vẽ,

$$B = \mu_0 I \left(\frac{1}{2\pi R} + \frac{1}{4R} \right)$$

29.25 *

Tìm vectơ cảm ứng từ ở một điểm trên trục của một dòng điện tròn, cách tâm dòng điện đoạn x . Cường độ dòng điện là I bán kính là R .

$$\text{ĐS : } B = \mu_0 \cdot \frac{I \cdot R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

(HƯỚNG DẪN : Áp dụng định luật Biô-Xava-Laplace)

III. Lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện

Mômen của ngẫu lực từ :

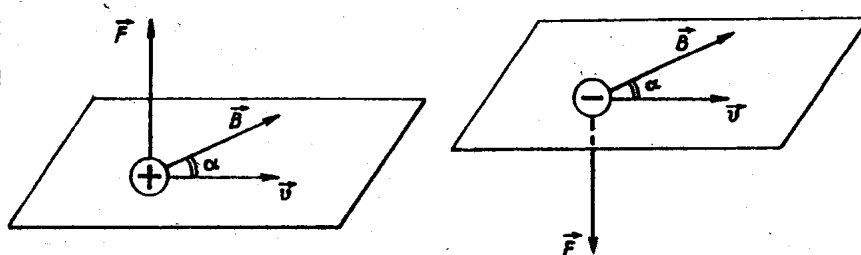
$$M = IBS.\sin\alpha$$

$$\begin{cases} S : \text{diện tích khung dây} \\ \alpha = (\vec{n}, \vec{B}) \end{cases}$$

CHÚ Ý :

- \vec{n} hướng ra khỏi mặt Bắc của khung
- Mặt Bắc của khung là mặt mà khi nhìn vào đó ta thấy dòng điện chạy ngược chiều kim đồng hồ.

IV. Lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động



Lực từ \vec{F} tác dụng lên điện tích chuyển động (lực Lorenxơ) có

- Điểm đặt : điện tích
- Phương : vuông góc với mặt phẳng (\vec{v}, \vec{B})
- Chiều : xác định bởi quy tắc bàn tay trái.

(Mở bàn tay trái cho các đường cảm ứng từ hướng vào lòng bàn tay và sao cho chiều từ cổ tay đến ngón tay là chiều chuyển động của hạt mang điện;

Chiều ngón cái choãi ra 90° :

- Là chiều lực từ \vec{F} tác dụng lên điện tích (+)
- Là chiều ngược với lực từ \vec{F} tác dụng lên điện tích (-)
- Độ lớn : tính theo công thức sau :

$$F = |q|vB.\sin\alpha \quad [\alpha = (\vec{v}, \vec{B})]$$

B - HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 30

Xác định lực từ tác dụng lên một đoạn dây điện thẳng.

- Áp dụng định luật về lực từ tác dụng lên đoạn dây điện thẳng có dòng điện chạy qua.

- Thiết lập phương trình động lực học :

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

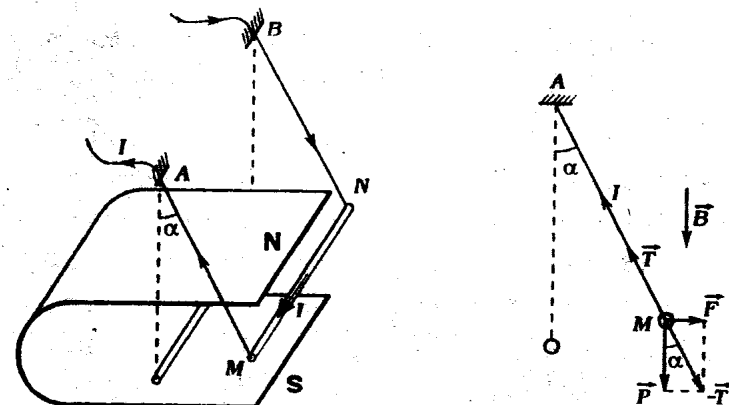
- Suy ra các phương trình đại số và thực hiện tính toán.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

30.1

Giữa hai cực của một nam châm có một từ trường đều. Vector cảm ứng từ \vec{B} thẳng đứng; $B = 0,5T$. Người ta treo một dây dẫn thẳng chiều dài $l = 5cm$, khối lượng $m = 5g$ nằm ngang trong từ trường bằng hai dây dẫn mảnh nhẹ. Tìm góc lệch α của dây treo (so với phương thẳng đứng) khi cho dòng điện $I = 2A$ đi qua dây. Cho : $g = 10m/s^2$

GIẢI



Các lực tác dụng lên đoạn dây l có dòng điện I đi qua gồm có :

- Trọng lực \vec{P} thẳng đứng hướng xuống; $P = mg$.
- Lực từ \vec{F} nằm ngang (xác định theo quy tắc bàn tay trái) ;
 $F = I \cdot l \cdot B$
- Lực căng \vec{T} của dây hướng dọc theo dây.

Khi đoạn dây l cân bằng, dây treo hợp với phương thẳng đứng góc α .

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0$$

Hợp lực $\vec{P} + \vec{F}$ trực đối với \vec{T} .

Ta có :
$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{I l B}{mg}$$

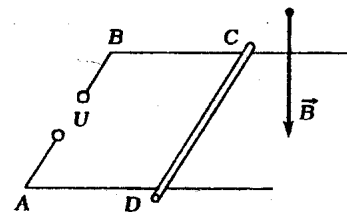
$$\tan \alpha = \frac{2,0,05,0,5}{0,005,10} = 1$$

Vậy :

$$\alpha = 45^\circ$$

30.2

Thanh kim loại CD chiều dài $l = 20\text{cm}$ khối lượng $m = 100\text{g}$ đặt vuông góc với hai thanh ray song song nằm ngang và nối với nguồn điện như hình. Hệ thống đặt trong từ trường đều \vec{B} hướng thẳng đứng từ trên xuống; $B = 0,2\text{T}$.



Hệ số ma sát giữa CD và ray $k = 0,1$. Bỏ qua điện trở các thanh ray, điện trở tại nơi tiếp xúc và dòng điện cảm ứng trong mạch.

a) Biết thanh CD trượt sang trái với gia tốc $a = 3\text{m/s}^2$. Xác định chiều và độ lớn dòng điện I qua CD.

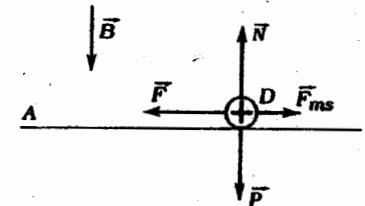
b) Nâng hai đầu A, B của ray lên để ray hợp với mặt ngang góc $\alpha = 30^\circ$. Tìm hướng và gia tốc chuyển động của thanh biết thanh bắt đầu chuyển động không vận tốc đầu.

GIẢI

a) Dòng điện qua CD

Các lực tác dụng lên thanh CD:

- Trọng lực \vec{P} , thẳng đứng hướng xuống
- Lực đàn hồi \vec{N} của ray, vuông góc với ray.
- Lực từ \vec{F} , vuông góc với \vec{B} và CD.
- Lực ma sát \vec{F}_{ms} , hướng dọc theo ray, ngược chiều chuyển động.



Thanh CD trượt sang trái nên lực từ \vec{F} sẽ hướng sang trái. Theo quy tắc bàn tay trái, dòng điện I qua thanh sẽ có chiều từ D đến C.

Theo định luật II Niuton ta có :

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{ms} = m\vec{a} \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Chiều phương trình lên hướng chuyển động :} \\ F - F_{ms} = ma \\ \text{Chiều phương trình lên phương thẳng đứng :} \\ -P + N = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\Rightarrow F_{ms} = kN = k \cdot P = kmg$$

$$(2) \Rightarrow F \cdot l \cdot B - kmg = ma$$

$$\text{Suy ra : } I = \frac{m(a + kg)}{lB} = 10\text{A}$$

b) Gia tốc chuyển động

Theo định luật II Newton :

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{ms} = m\vec{a} \quad (1)$$

Chiếu (1) lên Oy :

$$N - P_y - F_y = 0.$$

$$N = P_y + F_y = mg\cos\alpha + (I l B)\sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} + 0,2 \text{ (N)}$$

$$\text{Độ lớn lực ma sát trượt : } F_{mst} = kN = 0,05\sqrt{3} + 0,02 \text{ (N)}$$

$$\text{Ta có : } P_x = mg\sin\alpha = 0,5 \text{ (N)}$$

$$F_x = (I l B)\cos\alpha = 0,2\sqrt{3} \text{ (N)}$$

Vì $P_x > F_x + F_{mst}$ nên thanh CD sẽ trượt dọc theo ray đi xuống, lực ma sát là ma sát trượt hướng dọc theo ray đi lên.

$$\text{Chiếu (1) lên Ox : } P_x - F_x - F_{ms} = ma$$

$$a = \frac{mg\sin\alpha - I l B\cos\alpha - k(mg\cos\alpha + I l B\sin\alpha)}{m}$$

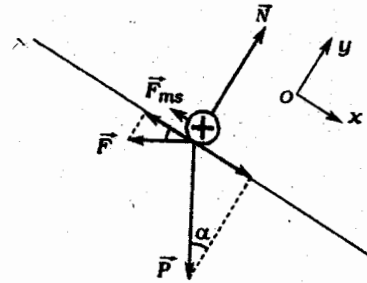
$$a = \frac{0,5 - 0,2\sqrt{3} - 0,1(0,5\sqrt{3} + 0,2)}{0,1}$$

$$a \approx 0,47 \text{ m/s}^2$$

(a có hướng theo chiều của Ox).

30.3

Một vành tròn đồng tính bằng kim loại, bán kính R, khối lượng m mang điện tích dương Q phân bố đều; Đặt vành tròn nói trên lên một mặt phẳng ngang không ma sát, mặt phẳng nằm trong một từ trường đều \vec{B} có phương thẳng đứng. Hỏi khi vành quay đều với vận tốc góc ω quanh một trục thẳng đứng đi qua O thì sức căng trên vành sẽ là bao nhiêu ?



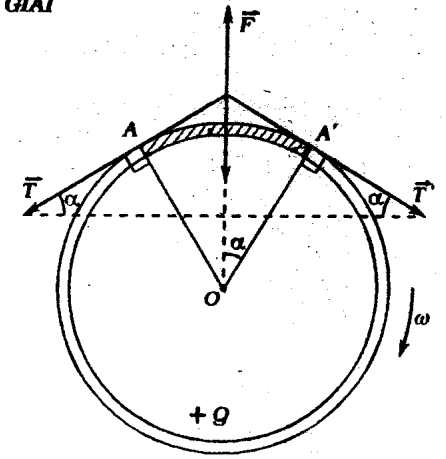
GIẢI

Xét một đoạn nhỏ, AA' chiều dài Δl trên vành, khối lượng đoạn đó là :

$$\Delta m = \frac{m \cdot \Delta l}{2\pi R};$$

$$\text{điện tích } \Delta Q = \frac{Q \cdot \Delta l}{2\pi R}$$

Mỗi đoạn Δl như vậy sẽ chịu tác dụng của ba lực : sức căng tại hai đầu (A và A') và lực từ \vec{F} hướng ra phía ngoài. Hợp lực của các lực nói trên là lực hướng tâm đặt trên Δl .



$$\text{Ta có : } 2T\sin\alpha - F = \Delta m \cdot \omega^2 \cdot R^2$$

$$\text{Với } F = B I \Delta l = \frac{B \cdot \Delta Q}{t} \cdot \Delta l$$

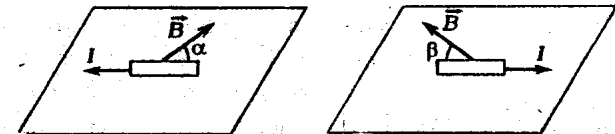
$$\text{Lưu ý rằng : } \frac{\Delta l}{t} = v = R\omega \text{ và } \sin\alpha = \frac{\Delta l}{2R}$$

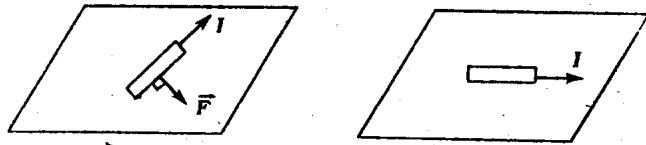
$$\text{Ta tìm ra được kết quả : } T = \frac{\omega R}{2\pi} (QB + m\omega)$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

30.4

Đoạn dây dẫn l có dòng điện I đi qua đặt trong từ trường đều \vec{B} như các hình vẽ sau :





Đoạn dây dẫn và các vectơ được vẽ nằm trong mặt phẳng hình vẽ.

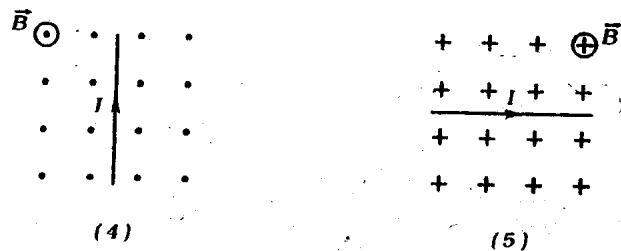
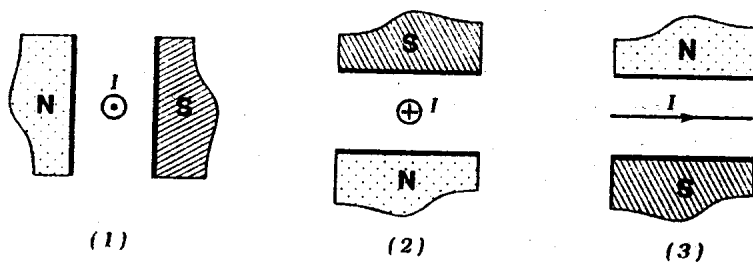
- $B = 0,02T$, $I = 2A$, $l = 5cm$, $\alpha = 30^\circ$. Tìm \vec{F}
- $B = 0,03T$, $l = 10cm$, $F = 0,06N$, $\beta = 45^\circ$. Tìm I , phương, chiều của \vec{F} .
- \vec{B} thẳng đứng, $I = 5A$, $l = 10cm$, $F = 0,01N$. Tìm \vec{B} .
- $\vec{B} \neq \vec{0}$, $I = 3A$, $l = 15cm$, $F = 0$. Tìm \vec{B} .

ĐS :

- \vec{F} hướng từ trên xuống, $F = 0,001N$.
- $I = 28,3A$, \vec{F} hướng lên trên.
- \vec{B} hướng lên trên, $B = 0,02T$
- \vec{B} hướng dọc theo dây, độ lớn bất kì.

30.5

Một dây dẫn có dòng điện chạy qua đặt trong một từ trường đều như hình. Trong hình (1), (2) dây dẫn vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (3) dây dẫn song song với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (4), (5) từ trường \vec{B} vuông góc mặt phẳng hình vẽ. Trong từng trường hợp, hãy xác định hướng của lực từ tác dụng lên dây dẫn



329

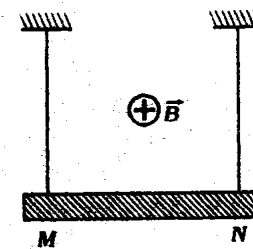
30.6

Hai thanh ray nằm ngang, song song và cách nhau $l = 10cm$ đặt trong từ trường đều \vec{B} thẳng đứng, $B = 0,1T$. Một thanh kim loại đặt trên ray vuông góc với ray. Nối ray với nguồn điện $E = 12V$, $r = 1\Omega$, điện trở thanh kim loại, ray và dây nối $R = 5\Omega$. Tìm lực từ tác dụng lên thanh kim loại.

ĐS : $0,02N$.

30.7

Một dây dẫn thẳng MN chiều dài l , khối lượng của một đơn vị dài của dây là $D = 0,04kg/m$. Dây được treo bằng hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng và đặt trong từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng chứa MN và dây treo, $B = 0,04T$. Cho dòng điện I qua dây.

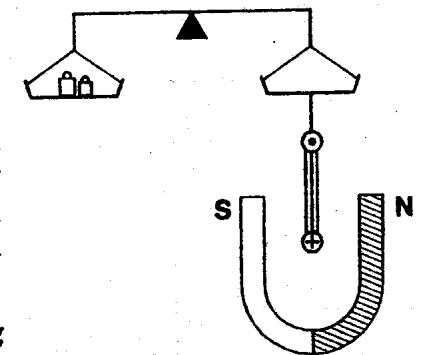


- Định chiều và độ lớn của I để lực căng của các dây treo bằng không
- Cho $MN = 25cm$, $I = 16A$ có chiều từ N đến M. Tính lực căng của mỗi dây.

ĐS: a) Từ M đến N; $10A$
b) $0,13N$.

30.8

Một khung dây dẫn hình vuông cạnh $a = 10cm$ có $n = 200$ vòng dây. Khung được treo thẳng đứng dưới một đĩa cân. Cạnh dưới của khung nằm ngang trong từ trường đều của nam châm chữ U và vuông góc với đường cảm ứng như hình.



Sau khi thiết lập cân bằng cho các đĩa cân, người ta cho dòng điện có cường độ $I = 0,5A$ qua khung như hình. Biết cảm ứng từ của nam châm

330

$B = 0,002T$. Hỏi phải thêm hay bớt ở đĩa cân bên kia một khối lượng bao nhiêu để cân thăng bằng ?

ĐS : Bớt 2g.

30.9

Thiết lập thí nghiệm như hình bài trên, khung dây gồm 100 vòng, cạnh $a = 5cm$. Cho dòng điện $I = 5A$ chạy qua khung dây, ở đĩa cân bên kia đặt quả cân m để cân thăng bằng. Sau đó người ta quay nam châm 180° để đổi chiều từ trường thì phải thêm vào đĩa cân bên kia 200g cân mới trở lại thăng bằng. Tính cảm ứng từ của nam châm.

ĐS : 0,04T.

30.10*

Một dây dẫn là nửa đường tròn bán kính 10cm có dòng $I = 5A$ đi qua. Dây đặt trong mặt phẳng vuông góc với \vec{B} của một từ trường đều, $B = 0,1T$. Tìm lực từ F tác dụng lên dây.

ĐS : $F = 0,1N$.

30.11*

Một dây dẫn có dòng điện chạy qua nằm trong mặt phẳng vuông góc với vectơ cảm ứng từ của một từ trường đều.

Chứng minh rằng lực tác dụng lên một đoạn dây nằm giữa hai điểm cố định không phụ thuộc vào hình dạng của đoạn dây đó.

30.12*

Đoạn dây dẫn AB có chiều dài $l = 20cm$ khối lượng $m = 10g$ được treo nằm ngang trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ thẳng đứng. Hai dây treo thẳng đứng, mảnh và nhẹ, chiều dài mỗi dây $l = 40cm$.

Cho dòng điện $I = 2A$ qua dây AB, AB bị đẩy lệch sang một bên và có vị trí cân bằng khi dây treo lệch góc $\alpha = 30^\circ$.

Tính độ lớn cảm ứng từ B và vận tốc AB ở vị trí cân bằng. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản của môi trường.

ĐS : 0,14T; 1,1m/s.

30.13*

Một thanh dẫn điện được treo nằm ngang trên hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng.

Thanh đặt trong một từ trường đều, vectơ cảm ứng từ thẳng đứng hướng xuống và có độ lớn $B = 1T$.

Thanh có chiều dài $l = 0,2m$, khối lượng $m = 10g$, dây dẫn có chiều dài $l_1 = 0,1m$.

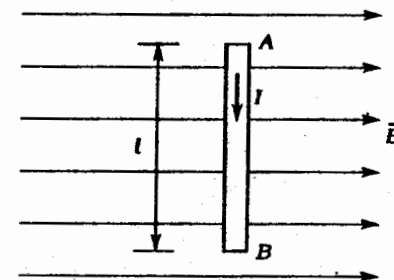
Mắc vào các điểm giữ các dây dẫn một tụ $C = 100\mu F$ được tích điện tới hiệu điện thế $U = 100V$.

Cho tụ phóng điện. Coi rằng quá trình phóng điện xảy ra trong thời gian rất ngắn, thanh chưa kịp rời vị trí cân bằng mà chỉ nhận được theo phương ngang một động lượng p nào đó. Tính vận tốc thanh khi rời vị trí cân bằng và góc lệch cực đại của dây khỏi vị trí cân bằng.

ĐS : 0,2m/s ; 12° .

30.14*

Trong hình vẽ, AB là một thanh kim loại chiều dài $l = 10cm$ có dòng điện $I = 5A$ đi qua ; AB nằm trong từ trường đều $B = 0,03T$ đường sức như hình vẽ. Hãy cho biết phương hướng và độ lớn của lực từ đặt lên AB sẽ biến thiên như thế nào khi thanh quay đi



180° từ vị trí ban đầu theo hai cách :

- AB quay trong mặt phẳng của hình vẽ.
- AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ.

ĐS : a/ Hướng lên trên theo phương vuông góc với hình vẽ, độ lớn giảm từ 0,015N xuống 0; sau đó hướng xuống dưới theo phương vuông góc với hình vẽ-độ lớn tăng từ 0 lên 0,015N.

b) Độ lớn không đổi 0,015N; hướng lên trên vuông góc với hình vẽ sau đó đổi thành hướng xuống dưới.

30.15*

Một vòng kim loại có khối lượng m , tích điện Q phân bố đều, lần không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang cách điện và không ma sát. Đặt hệ thống trên vào một vùng từ trường đều, có vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của vòng kim loại thì lực nén của vòng lên mặt phẳng nằm ngang giảm đi một nửa. Xác định vận tốc của vòng kim loại

$$DS : v = \frac{mg}{2QB}$$

Bài toán 31

Xác định lực tương tác giữa các dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua

- Áp dụng các kết quả về lực tương tác từ giữa hai dây dẫn thẳng, song song, có dòng điện chạy qua

- Kết hợp với phép xác định vectơ tổng lực trong trường hợp có nhiều dòng điện thẳng song song.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

31.1

Dây dẫn thẳng dài có dòng $I_1 = 15A$ đi qua đặt trong không khí

a) Tính cảm ứng từ tại điểm cách dây 15cm

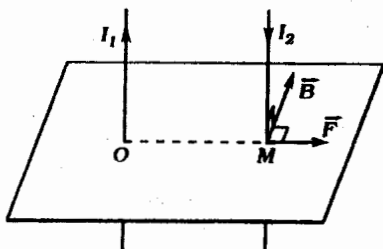
b) Tính lực tác dụng lên 1 mét dây của dòng $I_2 = 10A$ đặt song song, cách I_1 15cm ; I_2 ngược chiều I_1

GIẢI

a) Cảm ứng từ :

Cảm ứng từ do I_1 gây nên tại M cách I_1 đoạn $R = 15cm$ có giá

$$trị: B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{R} = 2 \cdot 10^{-5} T$$



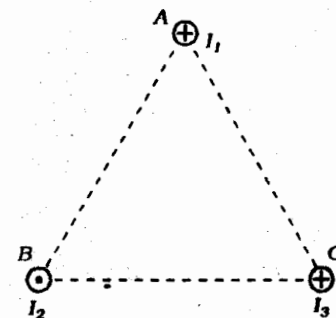
b) Lực tác dụng :

Lực từ do I_1 tác dụng lên đoạn $l = 1m$ của dòng I_2 đặt tại M, song song I_1 có độ lớn là :

$$F = I_2 \cdot l \cdot B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{R} \cdot l = 2 \cdot 10^{-4} N$$

31.2

Ba dây dẫn thẳng, dài đặt song song cách đều nhau, khoảng cách giữa hai dây là $a = 4cm$. Dòng điện trong các dây có chiều như hình (I_1, I_3 hướng vào, I_2 hướng ra mặt phẳng hình vẽ), $I_1 = 10A, I_2 = I_3 = 20A$. Tìm lực từ \vec{F} tác dụng lên 1 mét dây của dòng I_1



GIẢI

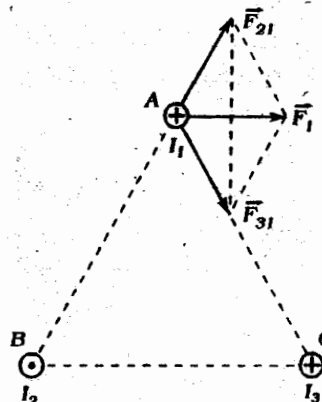
Lực từ tác dụng lên đoạn $l = 1m$ của I_1

$$- \text{do } I_2 : F_{21} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{a} \cdot l = 10^{-3} N$$

$$- \text{do } I_3 : F_{31} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_3}{a} \cdot l = 10^{-3} N$$

Lực từ tổng hợp tác dụng lên đoạn $l = 1m$ của dòng I_1 :

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$$



\vec{F}_{21} : lực đẩy
 \vec{F}_{31} : lực hút.

$$V_1 \quad \begin{cases} F_{21} = F_{31} \\ (\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}) = 120^\circ \end{cases}$$

$$\text{nên} \quad \begin{cases} F_1 = F_{21} = 10^{-3} \text{N} \\ (\vec{F}_1, \vec{F}_{21}) = (\vec{F}_1, \vec{F}_{31}) = 60^\circ \end{cases}$$

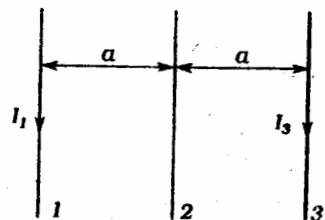
\vec{F}_1 song song với BC, chiều hướng từ B đến C, độ lớn :

$$F_1 = 10^{-3} \text{N}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

31.3

Ba dây dẫn thẳng, dài đặt song song trong cùng một mặt phẳng thẳng đứng có khoảng cách $a = 5\text{cm}$ như hình. Dây một và ba được giữ cố định, có dòng $I_1 = 2I_3 = 4\text{A}$ đi qua như hình vẽ.



Dây hai tự do, có dòng $I_2 = 5\text{A}$ đi qua.

Tìm chiều di chuyển của dây hai và lực tác dụng lên 1 mét dây hai khi nó bắt đầu chuyển động nếu I_2 có chiều :

- Đi lên,
- Đi xuống.

ĐS : a) Sang phải b) Sang trái; $F = 4 \cdot 10^{-4}$.

31.4

Bốn dây dẫn thẳng dài vô hạn, nằm dọc theo bốn cạnh của một lăng trụ đứng, trong không khí, có tiết diện thẳng là hình

vuông cạnh $a = 2\text{cm}$. Bốn dây dẫn cùng có dòng điện $I = 2\text{A}$ chạy qua, hai dòng theo một chiều và hai dòng theo chiều ngược lại. Hỏi phải bố trí các dòng điện thế nào để lực điện từ đặt lên mỗi mét dây là nhỏ nhất, tính lực nhỏ nhất nêu trên.

ĐS : Bốn dòng điện xen kẽ nhau, $F \approx 2,82 \cdot 10^{-4} \text{N}$.

31.5

Qua ba đỉnh tam giác đều ABC đặt ba dây dẫn thẳng dài vuông góc với ABC, có các dòng $I = 5\text{A}$ cùng chiều đi qua. Hỏi cần đặt một dòng điện thẳng dài có độ lớn và hướng thế nào, ở đâu để hệ bốn dòng điện ở trạng thái cân bằng.

ĐS : Đặt dòng $I_4 = 5\text{A}$ qua tâm tam giác, song song, ngược chiều với dòng điện ở các đỉnh.

Bài toán 32

Khảo sát khung dây có dòng điện đặt trong từ trường đều.

– Áp dụng kết quả về mômen của *ngẫu lực từ* hay khảo sát riêng rẽ lực từ tác dụng lên mỗi cạnh của khung.

– Để ý các điểm sau :

- Nếu khung dây gồm N vòng, độ lớn của lực từ tác dụng tăng N lần.
- Nếu khung còn chịu tác dụng của các lực khác, khi cân bằng ta có phương trình :

$$\Sigma M = 0$$

(ΣM : tổng các mômen đại số)

- Trong từ trường không đều : $\Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$

Lực từ có thể làm khung vừa *tịnh tiến* vừa *quay*.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

32.1

Khung dây hình chữ nhật diện tích $S = 25\text{cm}^2$ gồm $N = 10$ vòng nối tiếp có dòng $I = 2\text{A}$ đi qua mỗi vòng. Khung dây đặt thẳng đứng trong từ trường đều có \vec{B} nằm ngang, $B = 0,3\text{T}$. Tính mômen lực đặt lên khung khi :

- \vec{B} song song với mặt phẳng khung dây.
- \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung dây.

GIẢI

Mômen lực từ đặt lên khung được tính bởi công thức tổng quát

$$M = N \cdot I \cdot B \cdot S \cdot \sin \alpha$$

trong đó N là số vòng của khung dây

a) Trường hợp 1 :

\vec{B} song song với mặt phẳng khung : $\alpha = (\vec{B}, \vec{n}) = 90^\circ$

$$M = 10 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 15 \cdot 10^{-3} \text{Nm}$$

b) Trường hợp 2 :

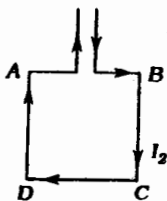
\vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung : $\alpha = (\vec{B}, \vec{n}) = 0^\circ$
(hoặc 180°)

$$M = 0$$

Khung dây ở vị trí cân bằng trong từ trường.

32.2

Khung dây hình vuông ABCD cạnh $l = 4\text{cm}$ có dòng $I_2 = 20\text{A}$ đi qua (như hình), một dòng điện thẳng $I_1 = 15\text{A}$ nằm trong mặt phẳng ABCD cách AD đoạn $a = 2\text{cm}$. Tính lực từ tổng hợp do I_1 tác dụng lên khung.



GIẢI

Từ trường do dòng I_1 gây nên tại các vị trí nằm trên cạnh khung dây có chiều hướng vào mặt phẳng hình vẽ.

Lực từ tác dụng lên mỗi cạnh khung dây có chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Các lực từ nói trên nằm trong mặt phẳng khung dây nên không gây nên mômen làm quay khung [góc tạo bởi \vec{B} và pháp tuyến khung dây $\alpha = (\vec{B}, \vec{n}) = 0$].

Do tính đối xứng nên cảm ứng từ do I_1 gây nên tại M và P bằng nhau, các lực từ \vec{F}_1, \vec{F}_3 tác dụng lên các cạnh AB và CD trực đối.

Các lực từ \vec{F}_2, \vec{F}_4 tác dụng lên các cạnh BC và DA ngược chiều nhưng khác độ lớn.

$$\begin{cases} F_2 = I_2 \cdot B_N \cdot BC = I_2 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{ON} \cdot BC = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{a+l} \cdot l \\ F_4 = I_2 \cdot B_Q \cdot AD = I_2 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{OQ} \cdot AD = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{a} \cdot l \end{cases}$$

Lực từ tổng hợp tác dụng lên khung dây :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

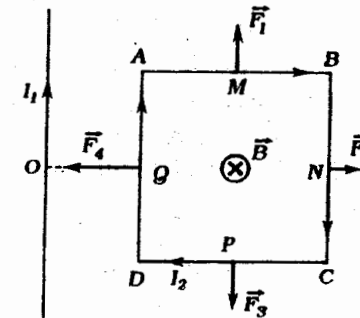
\vec{F} cùng chiều với \vec{F}_4 , có độ lớn :

$$F = F_4 - F_2$$

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+l} \right)$$

$$F = 8 \cdot 10^{-5} \text{N}$$

Nếu không tác dụng lực ngoài để giữ khung dây, khung dây sẽ bị hút về phía dòng I_1 .



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

32.3

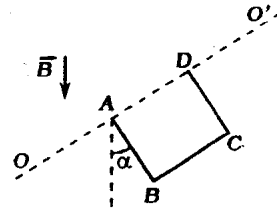
Khung dây hình chữ nhật kích thước $AB = a = 10\text{cm}$, $BC = b = 5\text{cm}$ gồm $N = 20$ vòng nối tiếp có thể quay quanh cạnh AB thẳng đứng. Khung có dòng $I = 1\text{A}$ đi qua mỗi vòng dây và đặt trong từ trường đều có \vec{B} nằm ngang, $(\vec{B}, \vec{n}) = 30^\circ$, $B = 0,5\text{T}$. Tính mômen lực từ đặt lên khung.

$$DS : 2,5 \cdot 10^{-2} \text{Nm}$$

32.4

Một dây dẫn bằng đồng, khối lượng riêng ρ , diện tích tiết diện thẳng S . Dây được uốn thành ba cạnh AB , BC , CD của một hình vuông cạnh a .

Khung có thể quay quanh một trục nằm ngang OO' đi qua A , D và đặt trong một từ trường đều \vec{B} thẳng đứng. Cho dòng điện I đi qua dây, dây bị lệch, mặt phẳng dây hợp với phương thẳng đứng một góc α . Tính α .



$$DS : \alpha = \arctg\left(\frac{IB}{2\rho Sg}\right)$$

32.5*

Một điện kế từ điện, khung dây có diện tích $S = a \times b = 40 \times 30\text{mm}^2$, trên có quấn $N = 100$ vòng dây đồng đường kính $d = 0,1\text{mm}$. Khung được treo nhờ một sợi dây mà khi dây bị xoắn một góc $\alpha_0 = 1^\circ$ thì xuất hiện một momen xoắn $M_{Ox} = 10^{-7}\text{Nm}$. Khung được đặt trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu được bố trí sao cho \vec{B} luôn vuông góc với trục quay của khung và pháp tuyến của khung $B = 0,1\text{T}$. Cho dòng điện $I = 0,1\text{mA}$ chạy qua khung. Tính góc quay α của khung và công suất tiêu thụ của điện kế. Biết điện trở suất của đồng là $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot \text{m}$

$$DS : 12^\circ ; 3 \cdot 10^{-7} \text{W}$$

32.6*

Khung dây hình tam giác ABC diện tích S có dòng I đi qua. Khung đặt trong một từ trường đều \vec{B} , \vec{B} song song với một cạnh khung dây. Tìm mômen M của lực từ tác dụng lên khung.

$$DS : M = IBS.$$

Bài toán 33

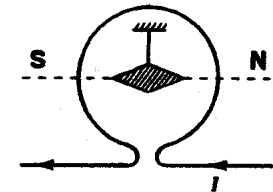
Chuyển động và cân bằng của kim nam châm quay quanh một trục thẳng đứng.

- Khi không có từ trường nào khác, kim nam châm nằm yên theo hướng Nam-Bắc. Hướng SN của kim nam châm trùng với hướng của thành phần nằm ngang \vec{B}_D của Địa từ trường.
- Khi có thêm từ trường ngoài (thường là từ trường của dòng điện), hướng SN của kim nam châm cân bằng trùng với hướng của vectơ cảm ứng từ tổng hợp.
- Góc quay của kim nam châm từ vị trí cân bằng này tới vị trí cân bằng khác được xác định bằng phép tính lượng giác.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

33.1

Một vòng dây dẫn, bán kính $R = 10\text{cm}$ nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Ở tâm vòng dây ta đặt một kim nam châm nhỏ có thể quay tự do quanh một trục thẳng đứng trên một mặt chia độ.



- Ban đầu kim nam châm nằm theo phương Nam-Bắc của từ trường Trái Đất, mặt phẳng vòng dây song song với trục kim.
- Cho dòng điện $I = 4\text{A}$ qua dây, kim nam châm quay góc $\alpha = 45^\circ$. Tìm cảm ứng từ B_D của từ trường Trái Đất tại nơi thí nghiệm.
 - Khi dòng điện I_1 qua dây, $\alpha_1 = 60^\circ$. Tính I_1

GIẢI

a) Từ trường B_D của Trái Đất

Khi dòng điện qua vòng dây, dòng điện sẽ gây nên một từ trường. Tại tâm vòng dây, từ trường dòng điện vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

Từ trường tổng hợp ở tâm vòng dây gồm từ trường Trái Đất và từ trường dòng điện.

$$\vec{B} = \vec{B}_D + \vec{B}_I$$

Kim nam châm sẽ quay và nằm theo phương của \vec{B} . Các vectơ biểu diễn trên hình nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm vòng dây (nhìn từ trên xuống). Theo hình vẽ, ta có :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_I}{B_D} = \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot I}{R}$$

Cảm ứng từ của từ trường Trái Đất là :

$$B_D = \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot I}{R \cdot \operatorname{tg} \alpha} \approx 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

b) Cường độ dòng điện

Tương tự câu a) ta có :

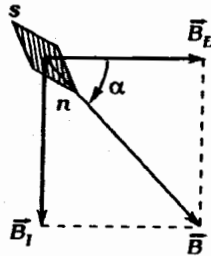
$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot I_1}{R \cdot B_D}$$

$$\text{Suy ra : } I_1 = \frac{R \cdot B_D \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2\pi \cdot 10^{-7}} \approx 6,9 \text{ A}$$

CHÚ Ý :

Ta cũng có thể tính :

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{I_1}{I} \Rightarrow I_1 = I \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \sqrt{3} I \approx 6,9 \text{ A}$$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

33.2

Một dây dẫn thẳng đặt nằm ngang song song với \vec{B}_0 của Trái Đất, $B_0 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Dưới dây là một kim nam châm nhỏ đặt song song với dây cách dây $R = 2 \text{ cm}$. Kim có thể quay quanh trục thẳng đứng.

Tìm góc quay của kim khi cho dòng điện $I = 1,4 \text{ A} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \text{ A}$ qua dây.

ĐS : 30°

33.3

Một vòng dây dẫn tròn bán kính $R = 10 \text{ cm}$ có dòng $I = 3,2 \text{ A} = \frac{10}{\pi} \text{ (A)}$ đi qua. Vòng dây đặt thẳng đứng song song với \vec{B}_0 của Trái Đất, $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Tại tâm vòng dây, treo một kim nam châm nhỏ. Tìm góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng I .

ĐS : 45°

33.4

Một xônônit dài $l = 20 \text{ cm}$ gồm $N = 100$ vòng nằm ngang trong không khí, trục ống vuông góc với \vec{B}_0 của Trái Đất, $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Trong lòng ống có treo một kim nam châm, khi có dòng I chạy qua xônônit, kim lệch góc $\alpha = 45^\circ$.

Tìm I . Cho $\frac{1}{\pi} \approx 0,32$.

ĐS : $I = 32 \text{ mA}$

33.5

Vòng dây dẫn tròn đặt thẳng đứng, song song với \vec{B}_0 của Trái Đất. Tại tâm vòng dây treo một kim nam châm nhỏ. Khi cho dòng I qua vòng dây, kim quay góc $\alpha = 30^\circ$. Hỏi phải quay vòng dây quanh trục thẳng đứng qua tâm một góc β bao nhiêu để kim nam châm lại nằm trong mặt phẳng vòng dây.

ĐS : $\beta = \arcsin(\operatorname{tg} \alpha) \approx 35^\circ$

Bài toán 34

Xác định lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động.

- Áp dụng kết quả về lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động (lực Lorenxơ)
- Nếu không có các lực khác tác dụng, chuyển động của điện tích là chuyển động tròn đều.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

34.1

Hạt mang điện khối lượng m , điện tích q được bắn với vận tốc \vec{v} vào một từ trường đều \vec{B} . Xác định quỹ đạo của hạt nếu góc $\alpha = (\vec{v}, \vec{B})$ có các giá trị :

a) 0°

b) 90°

(Bỏ qua tác dụng của trọng lực lên hạt mang điện.)

GIẢI

a) Trường hợp 1

Khi $\alpha = (\vec{v}, \vec{B}) = 0^\circ$, lực từ tác dụng lên hạt mang điện là :

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha = 0$$

Hạt mang điện sẽ chuyển động thẳng đều với vận tốc \vec{v} ban đầu.

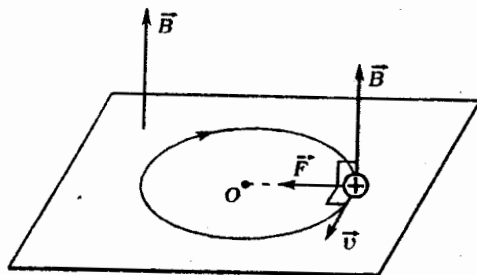
b) Trường hợp 2

Khi $\alpha = (\vec{v}, \vec{B}) = 90^\circ$,

lực từ có giá trị :

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha = |q| \cdot v \cdot B.$$

Do $\vec{F} \perp \vec{v}$ nên hạt sẽ chuyển động tròn đều trong mặt phẳng vuông góc với \vec{B} .



\vec{F} đóng vai trò lực hướng tâm :

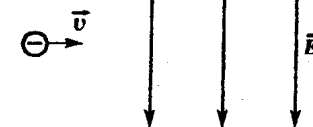
$$F = ma = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Bán kính quỹ đạo :

$$R = \frac{mv^2}{F} = \frac{mv^2}{|q| \cdot v \cdot B} = \frac{mv}{|q| \cdot B}$$

34.2

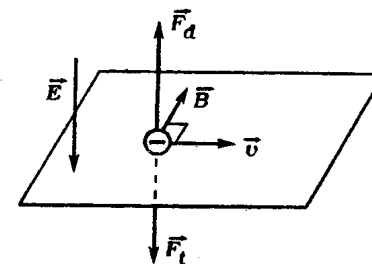
Electron có vận tốc \vec{v} đi vào một điện trường đều \vec{E} ($\vec{E} \perp \vec{v}$). Cần có một từ trường \vec{B} có hướng, độ lớn như thế nào trong vùng điện trường để electron vẫn chuyển động thẳng ?



GIẢI

Khi electron chuyển động thẳng, lực từ và lực điện trường tác dụng lên electron sẽ cân bằng nhau.

Hình vẽ biểu diễn \vec{E} hướng xuống, lực điện \vec{F}_d tác dụng lên electron (mang điện âm) sẽ hướng lên, lực từ \vec{F}_t (ngược chiều \vec{F}_d) sẽ hướng xuống.



Electron chuyển động sang phải nên theo quy tắc bàn tay trái xác định chiều lực từ tác dụng lên hạt mang điện âm, \vec{B} phải hướng vuông góc với \vec{v} và \vec{E} , có chiều hướng ra phía sau.

Độ lớn :

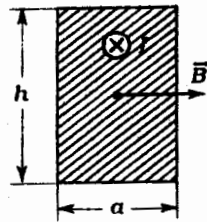
$$F_t = F_d$$

$$|q| \cdot v \cdot B = |q| \cdot E$$

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

34.3

Trong hình là tiết diện của một dây dẫn bằng đồng có các cạnh h và a . Dòng điện I đi từ trước ra sau, từ trường đều \vec{B} hướng sang phải.



a) Xác định vận tốc v của chuyển động có hướng của electron dẫn, độ lớn và hướng của lực từ \vec{F} tác dụng lên electron.

b) Cần đặt một hiệu điện thế U bằng bao nhiêu và vào các cạnh nào của dây dẫn để có một điện trường \vec{E} cân bằng với tác dụng của từ trường.

Cho biết $h = 2\text{cm}$, $a = 0,1\text{cm}$, $I = 50\text{A}$, $B = 2\text{T}$, mật độ electron dẫn $n = 1,1 \cdot 10^{29}\text{m}^{-3}$.

GIẢI

a) Vận tốc - Lực từ

Ta có công thức tính mật độ dòng điện :

$$i = \frac{I}{S} = |q| \cdot n \cdot v = e \cdot n \cdot v$$

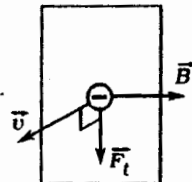
Suy ra vận tốc của chuyển động có hướng của electron dẫn

$$v = \frac{I}{n \cdot e \cdot S} = \frac{50}{1,1 \cdot 10^{29} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2 \cdot 10^{-4}} \approx 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Do I hướng ra sau nên vận tốc \vec{v} của chuyển động có hướng của electron dẫn hướng ra phía trước mặt phẳng hình vẽ. Theo quy tắc bàn tay trái áp dụng cho hạt mang điện âm, lực từ \vec{F}_t tác dụng lên electron sẽ hướng xuống.

$$\text{Độ lớn : } F_t = e \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ$$

$$F_t \approx 4,54 \cdot 10^{-23} \text{ N}$$

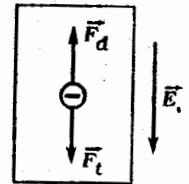


b) Hiệu điện thế

Hiệu điện thế U cần đặt vào dây dẫn phải tạo nên một điện trường \vec{E} và một lực điện \vec{F}_d , \vec{F}_d sẽ cân bằng với lực từ \vec{F}_t .

Do \vec{F}_t hướng xuống nên \vec{F}_d sẽ hướng lên.

Do electron mang điện âm nên \vec{E} sẽ hướng xuống. Ta phải đặt một hiệu điện thế U vào các cạnh trên và dưới của dây dẫn, cạnh trên nối với cực dương, cạnh dưới với cực âm của nguồn hiệu điện thế U .

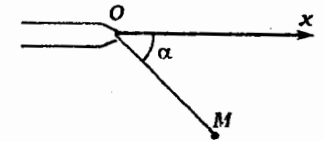


$$U = E \cdot h = \frac{F_d}{e} \cdot h = \frac{F_t}{e} \cdot h$$

$$U \approx 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ V}$$

34.4

Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế U trong ống phát, electron được phóng ra theo hướng Ox để rồi sau đó phải bắn trúng vào điểm M ở cách O khoảng d . Hãy tìm dạng quỹ đạo của electron



và cường độ cảm ứng từ B trong hai trường hợp sau :

a) Từ trường có phương vuông góc với mặt phẳng của hình vẽ.

b) Từ trường có phương song song với OM .

(OM hợp với phương Ox góc α ; điện tích electron là $-e$, khối lượng là m)

GIẢI

a) Trường hợp 1

Vận tốc của e^- khi ra khỏi ống phát xạ :

$$v = \sqrt{\frac{2Ue}{m}}$$

Ta chứng minh được electron vạch quỹ đạo tròn bán kính r sao cho :

$$Bev = m \frac{v^2}{r}$$

Ngoài ra ta còn có : $r \cdot \sin \alpha = \frac{d}{2}$

Suy ra : $B = \frac{r \sin \alpha}{d} \cdot \frac{\sqrt{2Um}}{e}$ (Hình a)

b) Trường hợp 2

\vec{B} có phương song song với OM :

Vận tốc \vec{v} của electron tại O được phân ra hai thành phần :

- Thành phần trên OM có độ lớn $v \cos \alpha$, thành phần này gây ra chuyển động thẳng đều trên OM

- Thành phần vuông góc với OM có độ lớn $v \sin \alpha$, thành phần này gây ra chuyển động tròn đều quay quanh trục OM.

Phối hợp hai chuyển động thành phần, ta được một quỹ đạo hình xoắn ốc của electron quanh OM (Hình b)

Thời gian để e^- tới được M : $t = \frac{d}{v \cos \alpha}$

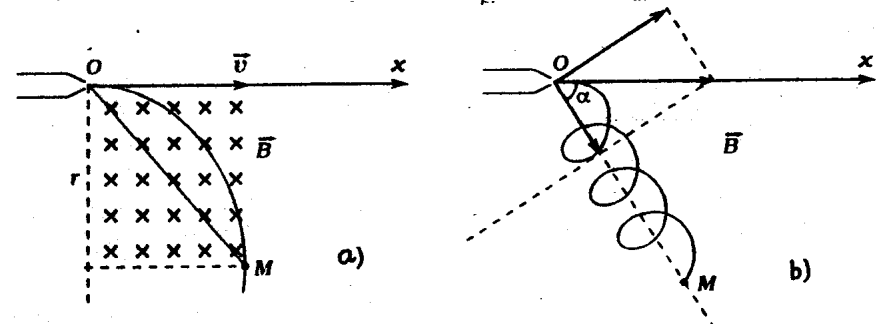
Trong thời gian t nói trên e^- đã quay được một số vòng quanh

OM với chu kì : $T = \frac{2\pi m}{Be}$

Ta có : $t = kT$ (k : số nguyên dương 1, 2, 3...)

$$\frac{d}{v \cos \alpha} = k \cdot \frac{2\pi m}{Be}$$

Ta rút ra được : $B = k \frac{2\pi m \cos \alpha}{d} \frac{\sqrt{2Um}}{e}$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

34.5

Hạt α chuyển động trong từ trường có cảm ứng từ $B = 1,2T$ theo quỹ đạo tròn có bán kính $0,45m$. Hãy tính vận tốc v , chu kì quay T , động năng W của hạt trong từ trường và hiệu điện thế U cần thiết đã dùng để tăng tốc cho hạt trước khi đi vào từ trường. Biết hạt α là hạt nhân nguyên tử heli có khối lượng bằng 4 lần khối lượng proton, có điện tích $+2e$, khối lượng proton gấp 1840 lần khối lượng electron.

ĐS : $v = 2,6 \cdot 10^7 m/s, T = 1,1 \cdot 10^{-7} s$

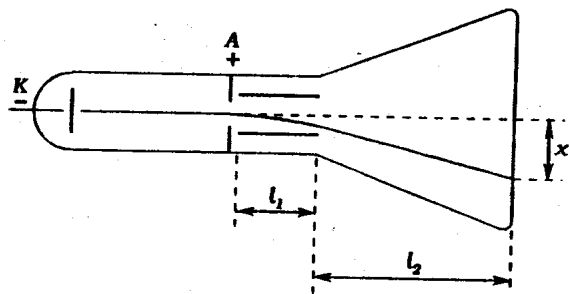
$W = 2,2 \cdot 10^{-12} J = 14 MeV, U = 7 \cdot 10^6 V$

34.6

Electron chuyển động trong một từ trường đều có cảm ứng từ B . Tại thời điểm ban đầu electron ở điểm O và vận tốc của nó vuông góc với \vec{B} . Tìm khoảng cách từ O đến electron tại thời điểm t . Khối lượng m , điện tích e và vận tốc v của electron coi như đã biết.

ĐS : $l = \frac{2mv}{eB} \cdot \sin \left(\frac{eB}{2m} \cdot t \right)$

34.7 *



Trong ống phóng điện tử của máy thu vô tuyến truyền hình, electron thoát ra từ catốt K được tăng tốc và thoát khỏi anốt A với năng lượng $W = 3 \text{ keV}$. Sau đó electron đi vào từ trường \vec{B} của một cuộn dây : \vec{B} vuông góc với phương ban đầu của electron, $B = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ và tác dụng trong khoảng chiều dài $l_1 = 5 \text{ cm}$. Sau khi ra khỏi từ trường, electron chuyển động trong ống trong khoảng $l_2 = 30 \text{ cm}$ rồi đập vào màn huỳnh quang.

Tính độ lệch x của electron trên màn. Biết $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$DS : x \approx 15,6 \text{ cm}$$

34.8 *

Hiệu ứng Hall : dòng điện $I = 20 \text{ A}$ chạy qua một thanh đồng có tiết diện hình chữ nhật, chiều ngang $a = 0,5 \text{ mm}$ chiều cao $h = 10 \text{ mm}$. Thanh đồng được đặt vào một từ trường có $B = 1 \text{ T}$, \vec{B} vuông góc với cạnh h và chiều dòng điện. Khi này, giữa hai mặt trên và dưới của thanh đồng xuất hiện một hiệu điện thế $U = 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ V}$.

Giải thích hiện tượng, tính mật độ electron dẫn trong đồng và vận tốc trung bình của chuyển động có hướng của chúng.

$$DS : 8,1 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} ; 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s.}$$

34.9 *

Máy phát điện từ thủy động (MHD). Tụ phẳng điện tích mỗi bản là S , khoảng cách giữa hai bản là d được đặt trong một

dòng plasma dẫn điện có điện trở suất ρ . Plasma chảy với vận tốc v không đổi song song hai bản.

Hệ thống được đặt trong từ trường có \vec{B} song song hai bản và vuông góc v . Hai bản tụ nối với một điện trở R .

a) Giải thích tại sao tụ điện lại có tác dụng như một nguồn điện cung cấp dòng điện không đổi cho R .

Tính công suất tiêu thụ của R .

b) Với giá trị nào của R , công suất là cực đại ? Tính giá trị cực đại này ?

(MHD : Magnetohydrodynamics).

Áp dụng số : $S = 1 \text{ m}^2$, $d = 1 \text{ m}$, $B = 2 \text{ T}$, $\rho = 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$, $v = 1000 \text{ m/s}$.

$$DS : a) P = \frac{v^2 B^2 d^2 R}{\left(R + \rho \frac{d}{S}\right)^2}$$

$$b) R = \rho \frac{d}{S} = 10^{-2} \Omega ; P_M = \frac{v^2 B^2 d S}{4 \rho} = 10^{-5} \text{ kW}$$

34.10 *

Một electron có vận tốc \vec{v} đi vào một từ trường đều, \vec{B} hợp với \vec{v} góc α .

a) Electron chuyển động theo quỹ đạo thế nào ? Tính các kích thước của quỹ đạo đó.

b) Tính công của lực từ tác dụng lên electron.

$$DS : a) \text{ Quỹ đạo xoắn ốc, bán kính } R = \frac{mv \sin \alpha}{eB},$$

$$\text{bước xoắn } h = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{eB}$$

b) 0.

34.11 *

Hai hạt nhỏ giống nhau, có điện tích q và khối lượng m , chuyển động đồng thời từ một điểm theo phương vuông góc với vectơ cảm ứng từ \vec{B} trong một từ trường đều. Hãy biểu diễn khoảng cách giữa hai hạt theo thời gian, nếu vận tốc đầu của chúng cùng chiều và bằng \vec{v}_1 và \vec{v}_2 . Bỏ qua tương tác tĩnh điện giữa hai hạt điện.

$$\Delta S : r(t) = \frac{2m}{qB} (v_2 - v_1) \sin \frac{qB}{2m} t. \quad (v_2 > v_1)$$

34.12 *

Một electron đang bay với vận tốc \vec{v} thì lọt vào một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với vectơ vận tốc \vec{v} .

- Khảo sát chuyển động của electron nói trên.
- Chứng minh rằng vùng từ trường đều trên có thể coi như là một "gương phản xạ" electron, nghĩa là electron bay vào vùng từ trường dưới một "góc tới" bao nhiêu thì bay ra khỏi vùng từ với "góc phản xạ" bấy nhiêu. Coi các điều kiện để hiện tượng xảy ra được thỏa.
- Thiết lập mối tương quan giữa bề dày tối thiểu của vùng từ trường với vận tốc của electron và góc tới để có hiện tượng phản xạ.

ĐS : a) Phản xạ, khúc xạ hay chuyển động tròn đều với

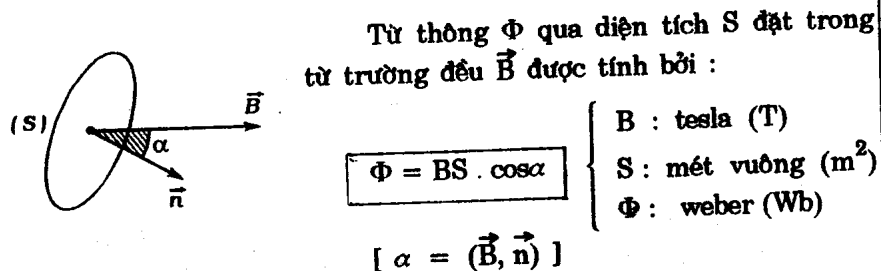
$$\text{bán kính } R = \frac{mv}{eB}$$

$$\text{b) } d_{\min} = \frac{mv}{eB} (1 + \sin i). \quad (i = \text{góc tới}).$$

§15. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Từ thông



II. Định luật cảm ứng điện từ

Khi có sự biến thiên từ thông qua diện tích giới hạn bởi một mạch điện kín thì trong mạch xuất hiện một dòng điện cảm ứng.

III. Chiều của dòng điện cảm ứng (định luật Lenxơ) :

Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ thông mà nó sinh ra qua mạch kín, chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.

IV. Suất điện động cảm ứng

1. Trường hợp tổng quát

- Suất điện động cảm ứng trung bình :

$$E = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- Suất điện động cảm ứng tức thời :

$$e = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -N\Phi'$$

2. Trường hợp một đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường đều

$$|E| = Blv \cdot \sin \alpha$$

(\vec{v}, \vec{B} cùng \perp với dây)

$$\begin{cases} l: \text{chiều dài của đoạn dây dẫn} \\ v: \text{vận tốc của đoạn dây} \\ \alpha = (\vec{B}, \vec{v}) \end{cases}$$

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 35

Xác định chiều của dòng điện cảm ứng.

- Áp dụng định luật Lenxơ.

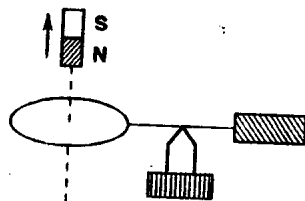
- Cụ thể :

- Nếu $|\Phi|$ tăng, dòng điện cảm ứng I_C tạo từ trường \vec{B}_C ngược chiều từ trường ban đầu \vec{B}
- Nếu $|\Phi|$ giảm, dòng điện cảm ứng I_C tạo từ trường \vec{B}_C cùng chiều với từ trường ban đầu \vec{B} .
- Xác định chiều của dòng điện cảm ứng bằng quy tắc cái vắn đinh ốc.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

35.1

Cho hệ thống như hình. Khi nam châm đi lên, dòng điện cảm ứng trong vòng dây dẫn có chiều nào? Vòng dây sẽ chuyển động theo chiều nào ?

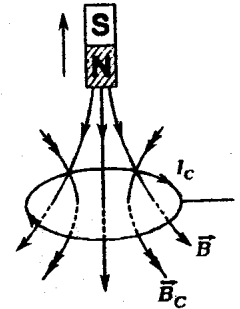


353

GIẢI

- Từ trường do nam châm sinh ra đi qua vòng dây sẽ tạo nên một từ thông qua vòng dây.

Khi nam châm ra xa vòng dây, từ trường do nam châm sinh ra tại vòng dây sẽ có cảm ứng từ B giảm dần. Từ thông Φ qua vòng dây có độ lớn giảm dần và trong vòng dây sẽ xuất hiện một dòng điện cảm ứng I_C .



Do $|\Phi|$ giảm nên I_C sẽ sinh ra một từ trường cảm ứng \vec{B}_C trong vòng dây có chiều cùng chiều với từ trường \vec{B} của nam châm.

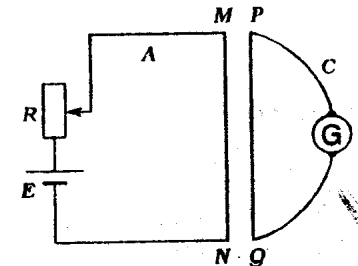
Theo quy tắc cái vắn đinh ốc, ta suy ra dòng điện cảm ứng I_C có chiều như hình.

- Dòng điện cảm ứng I_C khiến vòng dây có tác dụng như một nam châm mà mặt trên là mặt Nam (S), mặt dưới là mặt Bắc (N).

Vòng dây tương tác từ với nam châm và sẽ bị nam châm hút. Vòng dây sẽ bị nhấc lên cùng chiều chuyển động của nam châm.

35.2

Một thí nghiệm được bố trí như hình. Hãy xác định chiều dòng điện cảm ứng trong mạch C khi ta giảm giá trị của điện trở R trong mạch A (cho con chạy của biến trở đi xuống).



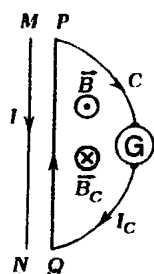
GIẢI

Trong mạch A, nguồn điện E tạo nên một dòng điện I đi qua đoạn dây dẫn thẳng MN ở sát mạch C. Dòng điện I qua MN sinh ra

354

một từ trường và từ thông qua mạch C. Từ trường \vec{B} do I sinh ra tại vị trí mạch C có chiều hướng từ mặt phẳng hình vẽ đi ra.

Khi ta giảm R, cường độ dòng điện trong mạch A tăng. Cảm ứng từ B do I sinh ra tăng, từ thông $|\Phi|$ qua mạch C cũng tăng. Trong mạch C sẽ xuất hiện một dòng điện cảm ứng I_C . Dòng I_C này sinh ra một từ trường cảm ứng \vec{B}_C . Tại vị trí mạch C, \vec{B}_C có chiều ngược chiều với \vec{B} .

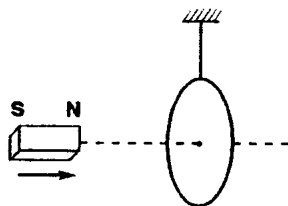


Do \vec{B}_C trong mạch C hướng vào mặt phẳng hình vẽ nên theo quy tắc vận đinh ốc, ta suy ra dòng điện cảm ứng I_C trong mạch C có chiều thuận kim đồng hồ như hình.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

35.3

Một nam châm được đưa lại gần một vòng dây dẫn như hình. Hỏi dòng điện cảm ứng trong vòng có chiều nào? Vòng dây sẽ di chuyển về phía nào?



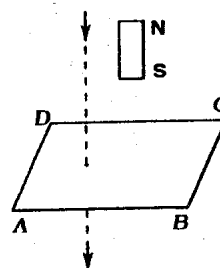
35.4

Dùng định luật Lenxơ xác định chiều dòng điện cảm ứng trong khung dây dẫn trong các trường hợp sau:

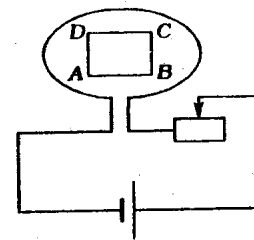
- Thanh nam châm rơi đến gần khung dây, sau đó đi qua khung dây và rơi ra xa khung dây.
- Con chạy của biến trở R di chuyển sang phải.
- Ngắt khóa K (ban đầu đang đóng).
- Khung dây trong từ trường ban đầu hình vuông, sau đó được kéo thành hình chữ nhật ngày càng dẹt đi.

e) Đưa khung dây ra xa dòng điện.

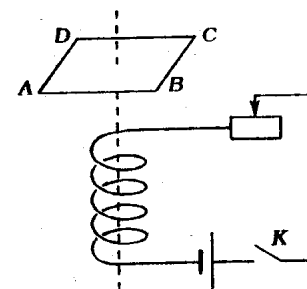
f) Giảm cường độ dòng điện trong xônônit.



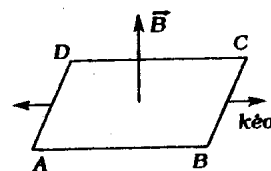
a)



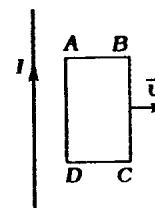
b)



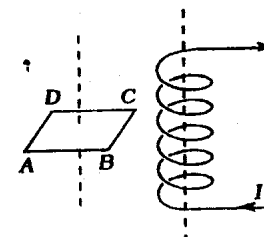
c)



d)



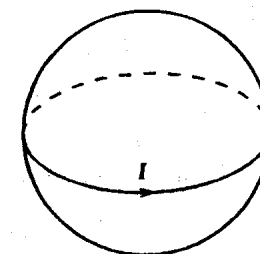
e)



f)

35.5

Hai vòng dây dẫn tròn cùng bán kính đặt đồng tâm, vuông góc với nhau, cách điện với nhau. Vòng một có dòng điện I đi qua. Khi giảm I, trong vòng hai có dòng điện cảm ứng không? Nếu có, hãy xác định chiều dòng điện cảm ứng trên hình.



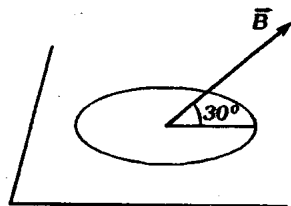
Bài toán 36

Tính suất điện động và cường độ dòng điện cảm ứng.

- Áp dụng công thức về suất điện động cảm ứng.
- Kết hợp với các công thức về dòng điện không đổi, đặc biệt là các định luật Ôm, để tính cường độ của dòng điện cảm ứng.

BÀI TẬP THÍ DỤ

- 36.1 Vòng dây tròn bán kính $r = 10\text{cm}$, điện trở $R = 0,2\Omega$ đặt nghiêng góc 30° với \vec{B} , $B = 0,02\text{T}$ như hình. Xác định suất điện động cảm ứng, độ lớn và chiều dòng điện cảm ứng trong vòng nếu trong thời gian $\Delta t = 0,01\text{s}$, từ trường:
- a) Giảm đều từ B xuống đến không.
b) Tăng đều từ không lên B .



GIẢI

Độ lớn suất điện động cảm ứng :

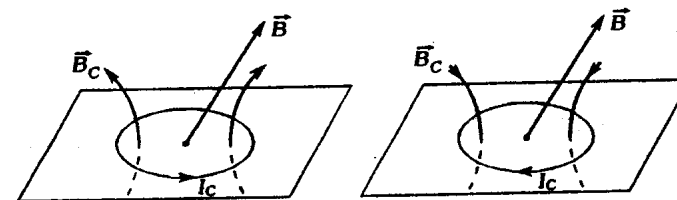
$$E = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta (BS \cos 60^\circ)}{\Delta t} \right| = \frac{S}{2} \cdot \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$= \frac{\pi r^2}{2} \cdot \frac{|B_2 - B_1|}{\Delta t} = \frac{\pi \cdot (0,1)^2}{2} \cdot \frac{0,02}{0,01} = 0,0314\text{V}$$

Cường độ dòng điện cảm ứng trong mạch :

$$I = \frac{E}{R} = 0,157\text{A}$$

a) Trường hợp 1



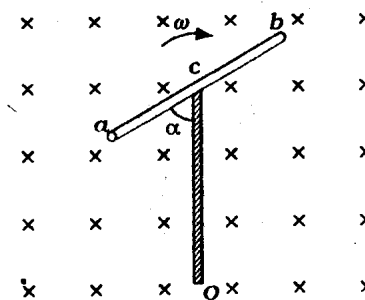
Trong câu a) : B giảm nên từ thông Φ qua mạch giảm, dòng điện cảm ứng I tạo nên từ trường \vec{B}_c cùng chiều với từ trường ngoài \vec{B}

b) Trường hợp 2

Trong câu b) : B tăng, Φ tăng, dòng I_c tạo nên từ trường \vec{B}_c ngược chiều với \vec{B}

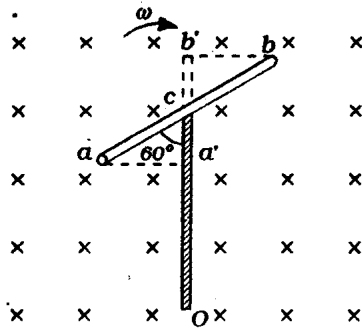
Chiều của các dòng điện cảm ứng được vẽ trong hình.

- 36.2 Trong hình vẽ oc là một thanh cách điện có thể quay quanh trục đi qua o và vuông góc với mặt phẳng của hình vẽ. Tại đầu c của thanh đó có gắn một thanh kim loại mảnh ab ; Cho biết $ac = cb$, $ab = oc = R$ và $\widehat{aco} = 60^\circ$.



Khi hệ nói trên quay đều quanh o với vận tốc góc ω (theo chiều kim đồng hồ) người ta đặt vào hệ một từ trường đều, vectơ cảm ứng từ \vec{B} có hướng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và hướng ra phía sau. Hãy tìm biểu thức của hiệu điện thế U giữa hai đầu a và b.

GIẢI



Khi hệ quay đều quanh o, thanh kim loại ab sẽ quét một diện tích trong từ trường đều \vec{B} . Diện tích do thanh ab quét được trong thời gian t cũng bằng diện tích do hình chiếu a'b' của nó trên oc quét được trong cùng thời gian.

Để tính giá trị trung bình của suất điện động cảm ứng sinh ra trong

thanh ab, ta có thể căn cứ vào trung điểm c của ab (và cũng là trung điểm của a'b'); Điểm c có vận tốc dài là $v_c = \omega R$

Đặt : $l = a'b' = ab \cos 60^\circ$.

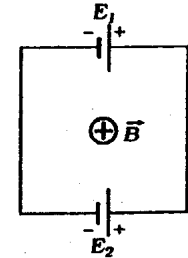
Ta có : $|E| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{Blv \Delta t}{\Delta t} = Blv$

$$= B(R \cos 60^\circ) \cdot \omega R = \frac{1}{2} B \omega R^2$$

Để dàng thấy được là $|E_b| > |E_a|$. Vì thế :

$$U = |E_a| - |E_b| = -\frac{1}{2} B \omega R^2$$

36.3 Một dây dẫn chiều dài $l = 2\text{m}$, điện trở $R = 4\Omega$ được uốn thành một hình vuông. Các nguồn $E_1 = 10\text{V}$, $E_2 = 8\text{V}$, $r_1 = r_2 = 0$, được mắc vào các cạnh hình vuông như hình.

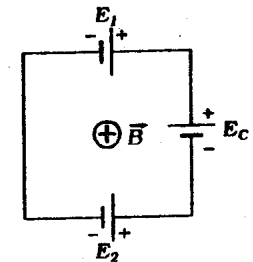


Mạch được đặt trong một từ trường đều. \vec{B} vuông góc với mặt phẳng

hình vuông và hướng ra sau hình vẽ, B tăng theo thời gian theo quy luật $B = kt$, $k = 16\text{T/s}$. Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch.

GIẢI

Do B tăng nên trong mạch sẽ xuất hiện một suất điện động E_C , dòng điện cảm ứng do E_C sinh ra phải có chiều sao cho từ trường do nó sinh ra ngược chiều với từ trường ngoài \vec{B}



Suất điện động cảm ứng E_C được biểu diễn như hình vẽ.

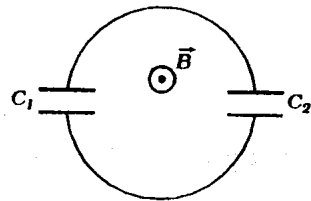
Với $E_C = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} \right| = S \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = S \cdot \left| \frac{\Delta(kt)}{\Delta t} \right| = k.S$

$$E_C = k \left(\frac{l}{4} \right)^2 = 4\text{V}$$

Vì trong mạch : $E_C + E_2 > E_1$ nên dòng điện trong mạch sẽ có chiều ngược kim đồng hồ

$$I = \frac{E_C + E_2 - E_1}{R} = 0,5\text{A}$$

- 36.4 Vòng dây dẫn diện tích $S = 1\text{m}^2$ đặt trong một từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng vòng dây. Hai tụ điện $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$ được mắc nối tiếp trong vòng dây ở vị trí xuyên tâm đối. Cho B thay đổi theo thời gian theo quy luật $B = kt$, $k = 0,6\text{T/s}$. Tính hiệu điện thế và điện tích của mỗi tụ.



GIẢI

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên mỗi nửa vòng dây được biểu diễn như hình vẽ.

$$E_1 = E_2 = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta \left(B \cdot \frac{S}{2} \right)}{\Delta t} \right| = \frac{S}{2} \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$= \frac{S}{2} \left| \frac{\Delta(kt)}{\Delta t} \right| = k \cdot \frac{S}{2} = 0,3\text{V}$$

Gọi hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ là U_1 , U_2 .

Ta có: $U_{MQ} + U_{QP} = U_{MN} + U_{NP}$

$$-U_1 + E_2 = -E_1 + U_2$$

$$\Rightarrow U_1 + U_2 = E_2 + E_1 = 0,6\text{V}$$

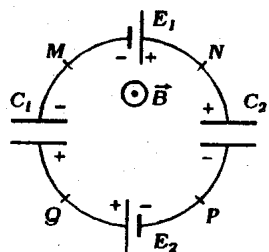
Ta lại có: $Q_1 = Q_2$

$$C_1 U_1 = C_2 U_2$$

$$U_1 = 2U_2$$

Suy ra: $U_1 = 0,4\text{V}$; $U_2 = 0,2\text{V}$

$$Q_1 = Q_2 = 0,4\mu\text{C}$$



• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

- 36.5 Cuộn dây có $N = 100$ vòng, diện tích mỗi vòng $S = 300\text{cm}^2$ có trục song song với \vec{B} của từ trường đều, $B = 0,2\text{T}$. Quay đều cuộn dây để sau $\Delta t = 0,5\text{s}$, trục của nó vuông góc với \vec{B} .

Tính suất điện động cảm ứng trung bình trong cuộn dây.

ĐS: $1,2\text{V}$.

- 36.6 Vòng dây đồng ($\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$) đường kính $d = 20\text{cm}$ tiết diện $S_0 = 5\text{mm}^2$ đặt vuông góc với \vec{B} của từ trường đều. Tính độ biến thiên $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ của cảm ứng từ khi dòng điện cảm ứng trong vòng dây

$$I = 2\text{A}.$$

ĐS: $0,14\text{T/s}$

- 36.7 Cuộn dây $N = 1000$ vòng, diện tích mỗi vòng $S = 20\text{cm}^2$ có trục song song với \vec{B} của từ trường đều.

Tính độ biến thiên ΔB của cảm ứng từ trong thời gian $\Delta t = 10^{-2}\text{s}$ khi có suất điện động cảm ứng $E_c = 10\text{V}$ trong cuộn dây.

ĐS: $0,05\text{T}$

- 36.8 Cuộn dây kim loại ($\rho = 2 \cdot 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$), $N = 1000$ vòng đường kính $d = 10\text{cm}$, tiết diện dây $S = 0,2\text{mm}^2$ có trục song song với \vec{B} của từ trường đều. Tốc độ biến thiên $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,2\text{T/s}$.

Cho $\pi \approx 3,2$.

a) Nối hai đầu cuộn dây với một tụ điện $C = 1\mu\text{F}$. Tính điện tích của tụ điện.

b) Nối hai đầu cuộn dây với nhau. Tính cường độ dòng cảm ứng và công suất nhiệt trong cuộn dây.

ĐS: a) $1,6\mu\text{C}$ b) $0,05\text{A}$, $0,08\text{W}$

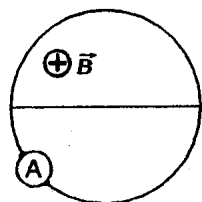
36.9 Vòng dây dẫn diện tích $S = 100\text{cm}^2$, điện trở $R = 0,01\Omega$ quay đều trong từ trường đều $B = 0,05\text{T}$, trục quay là một đường kính của vòng dây và vuông góc với \vec{B} .

Tìm cường độ trung bình trong vòng và điện lượng qua tiết diện vòng dây nếu trong thời gian $\Delta t = 0,5\text{s}$, góc $\alpha = (\vec{n}, \vec{B})$ thay đổi từ 60° đến 90° .

ĐS: $0,05\text{A}$; $0,025\text{C}$.

36.10 Vòng dây dẫn đồng chất đặt trong từ trường biến thiên đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

- Tính hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trên vòng.
- Mắc vào hai điểm bất kì của vòng một vôn kế điện từ, kim vôn kế có lệch không?



ĐS: a) 0 b) Có.

36.11 Khung dây dẫn tiết diện đều có dạng hai nửa đường tròn như hình, đường kính $d = 40\text{cm}$, điện trở của một đơn vị chiều dài dây $R_0 = 0,5\Omega/\text{m}$. Khung dây đặt trong từ

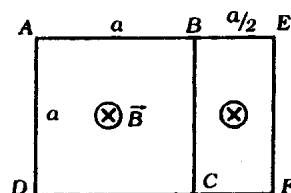
trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung.

Một ampe kế ($R_A = 0$) được mắc nối tiếp trong mạch như hình.

Tính số chỉ của ampe kế nếu B thay đổi theo thời gian theo quy luật $B = Kt$, $K = 2\text{T/s}$.

ĐS: $0,4\text{A}$.

36.12 Khung dây dẫn kích thước như hình, đặt vuông góc với \vec{B} của từ trường đều, $B = Kt$, điện trở của một đơn vị chiều dài của khung dây là r



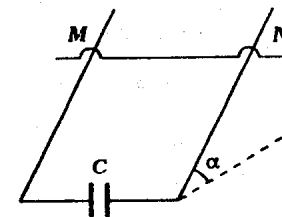
Tính cường độ dòng điện qua từng phần của khung dây.

ĐS: Nhánh trái $I_1 = I_{BAC} = 7Ka/22r$

Nhánh giữa $I_3 = I_{CB} = Ka/22r$

Nhánh phải $I_2 = I_{CEB} = 3Ka/11r$.

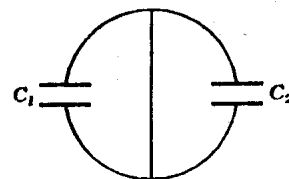
36.13 Một thanh kim loại MN nằm ngang có khối lượng m có thể trượt không ma sát dọc theo hai thanh ray song song, các ray hợp với mặt phẳng ngang, góc α . Đầu dưới của hai ray nối với một tụ điện C . Hệ thống đặt trong một từ trường \vec{B} thẳng đứng hướng lên. Khoảng cách giữa hai ray là l . Bỏ qua điện trở của mạch.



Tính gia tốc chuyển động của thanh MN.

ĐS: $a = \frac{mgsin\alpha}{m + C \cdot l^2 \cdot B^2 \cdot \cos^2\alpha}$

36.14* Một vòng dây dẫn tròn bán kính R có một thanh dẫn đặt dọc theo một đường kính chia đôi vòng dây. Ở giữa mỗi nửa vòng dây có một tụ điện, điện dung C_1, C_2 .



Vòng dây đặt trong từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng vòng dây, B thay đổi theo quy luật $B(t) = Kt$, K là một hằng số. Tại một thời điểm nào đó người ta lấy thanh dẫn đi rồi sau đó giữ cho từ trường không đổi. Tìm điện tích trên các tụ sau đó.

ĐS: $Q'_1 = \frac{\pi R^2 K C_1}{2} \cdot \frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}$; $Q'_2 = \frac{\pi R^2 K C_2}{2} \cdot \frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}$

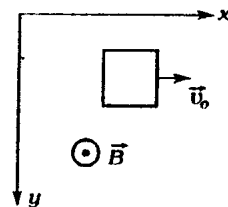
36.15* Một cái vòng có đường kính d khối lượng m và điện trở R rơi vào một từ trường từ độ cao khá lớn. Mặt phẳng vòng luôn nằm ngang và vuông góc với \vec{B} . Tìm vận tốc rơi đều của vòng nếu B thay đổi theo độ cao h theo quy luật $B = B_0(1 + \alpha h)$.

Coi gia tốc trọng trường g là không đổi và bỏ qua sức cản của môi trường.

$$DS: v = 16mgR/\pi^2 d^4 B_0^2 \alpha^2$$

36.16* Một khung dây dẫn hình vuông cạnh a , khối lượng m , điện trở R được truyền một vận tốc ban đầu theo phương ngang. Khung chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng trong một từ trường vuông góc với mặt khung.

Cảm ứng từ B thay đổi theo quy luật $B(y) = B_0 + ky, k = \text{const}$. Sau một thời gian khung đạt vận tốc không đổi v . Tìm vận tốc ban đầu truyền cho khung. Coi gia tốc trọng trường g là không đổi và bỏ qua lực cản của môi trường.



$$DS: v_0 = \sqrt{v^2 - (mgR/k^2 a^4)^2}$$

36.17 Để đo cảm ứng từ giữa hai cực của một nam châm điện, người ta đặt vào đó một cuộn dây nhỏ gồm $N = 50$ vòng, nối với một điện kế xung kích, mặt phẳng cuộn dây vuông góc với \vec{B} , diện tích vòng dây $S = 2\text{cm}^2$, điện trở cuộn dây rất nhỏ, điện trở điện kế $R = 2 \cdot 10^3 \Omega$. Khi kéo nhanh cuộn dây ra khỏi từ trường của nam châm thì điện kế lệch 50 độ chia. Biết khi có một điện lượng $2 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đi qua điện kế thì kim điện kế lệch một độ chia. Tính cảm ứng từ của nam châm điện.

$$DS: 0,2\text{T}$$

36.18 Một ống dây chiều dài $l = 60\text{cm}$, tiết diện $S = 1,45\text{cm}^2$ có lõi sắt từ. Trên ống dây có hai cuộn dây: cuộn I có $N_1 = 800$ vòng, cuộn II có $N_2 = 100$ vòng. Cuộn II được nối với một điện kế xung kích (kim điện kế lệch một độ chia khi có điện lượng $1,2 \cdot 10^{-5} \text{C}$ đi qua), cuộn I và điện kế có điện trở $R = 12\Omega$.

Cho dòng điện $0,5\text{A}$ qua cuộn I rồi dùng một đảo điện để đổi chiều dòng điện này. Khi đó kim điện kế lệch 256 độ chia.

Tính độ từ thẩm của lõi sắt trong điều kiện thí nghiệm trên.

$$DS: 1517$$

36.19 Vòng dây dẫn diện tích $S = 10\text{cm}^2$, điện trở $R = 10^{-3}\Omega$ được đặt bên trong một cuộn dây thẳng, dài ($n = 5$ vòng/cm) sao cho mặt phẳng vòng dây vuông góc với trục cuộn dây.

Cho dòng điện biến thiên theo thời gian $I = I_0 - kt$ trong đó:

$$I_0 = 10\text{A} \text{ và } k = 0,1\text{A/s} \text{ đi qua cuộn dây.}$$

Tính độ lớn của lực từ của cuộn dây tác dụng lên mỗi đơn vị dài của vòng dây tại thời điểm $t = 10\text{s}$.

$$DS: 3,6 \cdot 10^{-7} \text{N/m}$$

36.20* Vòng dây dẫn bán kính R đặt vuông góc với \vec{B} của từ trường đều.

B thay đổi theo thời gian theo quy luật $B = kt, k = \text{const}$.

Tính cường độ điện trường xoáy E trên vòng.

$$DS: kR/2.$$

Bài toán 37

Mạch điện có suất điện động tạo bởi đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường

- Áp dụng công thức về suất điện động tạo bởi đoạn dây chuyển động trong từ trường.
- Kết hợp với công thức của các định luật về dòng điện không đổi để tính các đại lượng điện.
- Kết hợp với các định luật Niuton để tính các đại lượng cơ học.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 37.1 Dây dẫn chiều dài $l = 20\text{cm}$ chuyển động với vận tốc $v = 18\text{km/h}$ theo phương vuông góc với \vec{B} của một từ trường đều, $B = 0,5\text{T}$.
Tính từ thông qua diện tích mà dây quét trong thời gian $\Delta t = 1\text{s}$ và suất điện động xuất hiện ở hai đầu dây.

GIẢI

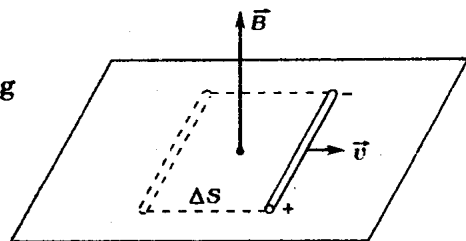
Từ thông qua diện tích mà dây quét trong thời gian Δt là :

$$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S = B \cdot l \cdot v \cdot \Delta t$$

$$= 0,5 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 1 = 0,5\text{Wb}$$

Suất điện động cảm ứng trong dây là :

$$E = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{0,5}{1} = 0,5\text{V}$$



- 37.2 Một đoạn dây dẫn thẳng AB chiều dài $l = 20\text{cm}$ được treo nằm ngang bằng hai dây dẫn mảnh nhẹ thẳng đứng chiều dài $L = 40\text{cm}$. Dây được đặt trong một từ trường đều thẳng đứng, $B = 0,1\text{T}$. Kéo lệch AB để dây treo hợp góc $\alpha_0 = 60^\circ$ với phương thẳng đứng rồi buông tay. Tìm biểu thức suất điện động cảm ứng xuất hiện trong AB khi dây treo lệch góc α với phương thẳng đứng, suy ra giá trị suất điện động cảm ứng cực đại. Bỏ qua lực cản của không khí.

GIẢI

Chuyển động của dây AB tuân theo định luật bảo toàn cơ năng.

$$W = W_0$$

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mgh_0$$

$$mgL(1 - \cos\alpha) + \frac{1}{2}mv^2 = mgL(1 - \cos\alpha_0)$$

$$v = \sqrt{2gL(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}$$

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong AB khi dây treo lệch góc α với phương thẳng đứng :

$$E = B \cdot l \cdot v \cdot \sin\beta$$

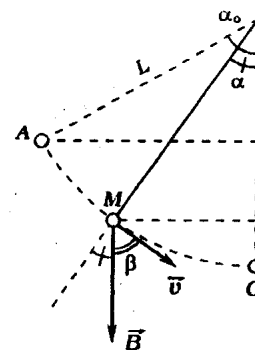
$$= B \cdot l \cdot v \sin(90^\circ - \alpha) = Blv \cos\alpha$$

$$E = B \cdot l \cdot \sqrt{2gL(\cos\alpha - \cos\alpha_0)} \cdot \cos\alpha$$

E có giá trị cực đại khi $\cos\alpha = 1, \alpha = 0$ (vị trí dây treo thẳng đứng)

$$E_{\max} = B \cdot l \cdot \sqrt{2gL(1 - \cos\alpha_0)}$$

$$= 0,04\text{V}$$

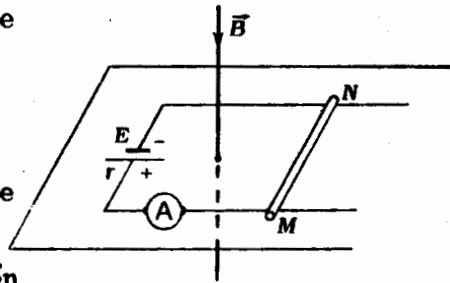


37.3 Cho mạch điện như hình, nguồn $E = 1,5V$, $r = 0,1\Omega$, $MN = l = 1m$, $R_{MN} = 2,9\Omega$, \vec{B} vuông góc khung dây, hướng từ trên xuống, $B = 0,1T$. Điện trở ampe kế và hai thanh ray không đáng kể. Thanh MN có thể trượt trên hai đường ray.

a) Tìm số chỉ của ampe kế và lực điện từ đặt lên MN khi MN được giữ đứng yên.

b) Tìm số chỉ của ampe kế và lực điện từ đặt lên MN khi MN chuyển động đều sang phải với $v = 3 m/s$.

c) Muốn ampe kế chỉ 0, MN phải chuyển động về hướng nào với vận tốc bao nhiêu ?



GIẢI

a) Số chỉ của ampe kế và lực từ trong trường hợp (1):

Số chỉ của ampe kế bằng cường độ dòng điện qua MN :

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{1,5}{2,9 + 0,1} = 0,5A$$

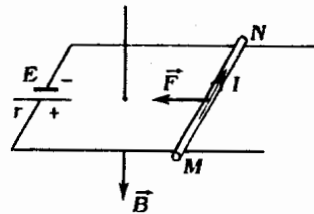
Lực điện từ tác dụng lên MN :

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin 90^\circ = 0,05N$$

b) Số chỉ của ampe kế và lực từ trong trường hợp 2

Suất điện động cảm ứng trên MN :

$$E_C = B \cdot l \cdot v \cdot \sin 90^\circ = 0,3V$$



Cực của E_C được vẽ như hình.

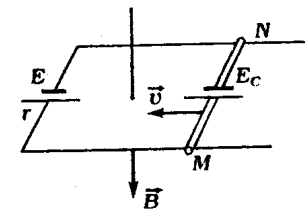
Cường độ dòng điện qua MN :

$$I = \frac{E + E_C}{R + r} = \frac{1,5 + 0,3}{2,9 + 0,1} = 0,6A$$

Lực điện từ tác dụng lên MN :

$$F = I l B \sin 90^\circ = 0,06N$$

c) Chuyển động của MN :



Để ampe kế chỉ 0, trên thanh MN phải xuất hiện một suất điện động cảm ứng E_C xung đối với E , độ lớn $E_C = E$

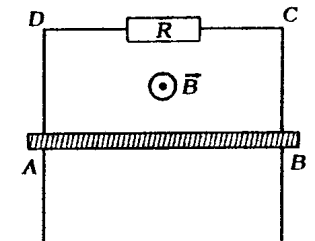
Trên hình vẽ, theo quy tắc bàn tay phải, ta xác định được : thanh MN phải chuyển động sang trái.

Ta có : $E_C = E$

$$B l v \sin 90^\circ = E$$

Suy ra $v = \frac{E}{Bl} = 15m/s$

37.4 Cho hệ thống như hình, thanh dẫn $AB = l$ khối lượng m trượt thẳng đứng trên hai ray, \vec{B} nằm ngang. Do trọng lực và lực điện từ, AB trượt đều với vận tốc v .



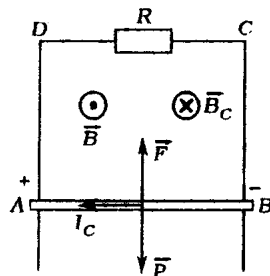
- a) Tính v , chiều và độ lớn dòng điện cảm ứng I_C
b) Khi các ray hợp với mặt ngang góc α , AB sẽ trượt với vận tốc bao nhiêu? I_C là bao nhiêu?

GIẢI

a) Vận tốc và cường độ I_C trường

hợp 1

Ban đầu, do tác dụng của trọng lực \vec{P} , thanh AB sẽ trượt xuống. Lúc đó, từ thông qua mạch ABCD tăng, xuất hiện một suất điện động cảm ứng E_C và cường độ dòng điện cảm ứng I_C . Thanh AB có dòng điện I_C đi qua sẽ chịu lực từ \vec{F} của từ trường \vec{B}



Để chống lại sự biến thiên từ thông qua mạch lực từ \vec{F} sẽ có chiều hướng lên.

Khi thanh AB rơi, vận tốc v tăng dần, E_C , I_C và F cũng tăng dần. Đến một lúc nào đó, $F = P$, sau đó thanh MN sẽ rơi đều.

Dùng quy tắc bàn tay phải, ta dễ dàng vẽ được chiều dòng điện cảm ứng I_C trên thanh AB từ B đến A.

$$I_C = \frac{E_C}{R} = \frac{B \cdot l \cdot v}{R}$$

Khi AB chuyển động đều :

$$F = P$$

$$I_C \cdot B \cdot l = mg$$

$$\frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v}{R} = mg$$

Suy ra : $v = \frac{mgR}{B^2 l^2}$

$$I_C = \frac{Blv}{R} = \frac{mg}{Bl}$$

b) Vận tốc và cường độ I'_C trường hợp 2

Khi các ray hợp với mặt ngang góc α , hiện tượng xảy ra tương tự như trên, chỉ khác hướng vận tốc của thanh AB.

Cường độ dòng điện cảm ứng :

$$I'_C = \frac{E_C}{R} = \frac{B \cdot l \cdot v' \cdot \sin \alpha}{R}$$

Khi AB chuyển động đều :

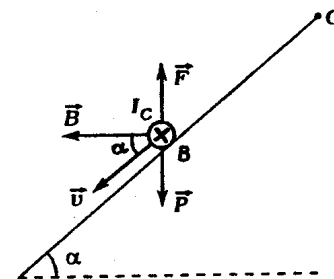
$$F = P$$

$$I'_C \cdot B \cdot l = mg$$

$$\frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v' \cdot \sin \alpha}{R} = mg$$

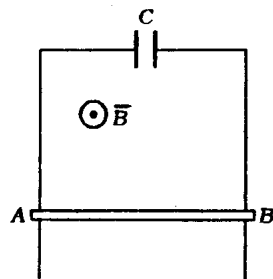
Suy ra : $v' = \frac{mgR}{B^2 l^2 \cdot \sin \alpha}$

$$I'_C = \frac{Bl v \sin \alpha}{R} = \frac{mg}{Bl}$$



37.5 Cho hệ thống như hình, thanh dẫn $AB = l$ trượt thẳng đứng không ma sát trên hai ray trong từ trường đều \vec{B} nằm ngang, C là tụ điện. Bỏ qua điện trở trong mạch.

Tính gia tốc chuyển động của thanh AB và cho biết sự biến đổi năng lượng trong mạch.



GIẢI

Xét tại thời điểm t , thanh AB có vận tốc v , gia tốc a .

Suất điện động cảm ứng trên AB :

$$e = B \cdot l \cdot v$$

Hiệu điện thế hai đầu tụ điện:

$$u = e = B \cdot l \cdot v$$

Điện tích của tụ : $q = C \cdot u$

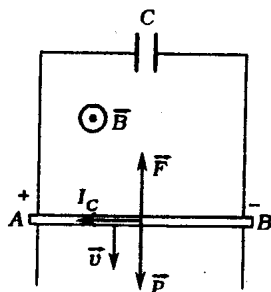
Cường độ dòng điện qua mạch :

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du}{dt} = C \cdot \frac{de}{dt} = C \cdot B \cdot l \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$i = C \cdot B \cdot l \cdot a$$

Lực từ tác dụng lên AB :

$$F = i \cdot B \cdot l = C \cdot B^2 \cdot l^2 \cdot a$$



Chiều của i được xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Chiều của lực từ \vec{F} được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Phương trình chuyển động của thanh AB :

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Chiếu phương trình lên trục thẳng đứng hướng xuống :

$$P - F = ma$$

$$mg - C B^2 \cdot l^2 \cdot a = ma$$

Ta suy ra gia tốc chuyển động :

$$a = \frac{mg}{m + C \cdot B^2 \cdot l^2} = \text{const}$$

Thanh AB đi xuống nhanh dần đều.

Khi thanh AB đi xuống, thế năng trọng lực của thanh AB biến thành động năng của thanh AB và năng lượng điện trường trong tụ điện.

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

37.6 Đoạn dây dẫn $l = 1\text{m}$ chuyển động với vận tốc $v = 0,5\text{m/s}$ theo phương hợp với \vec{B} của từ trường đều góc $\alpha = 30^\circ$, $B = 0,2\text{T}$.

Tính suất điện động xuất hiện trong dây.

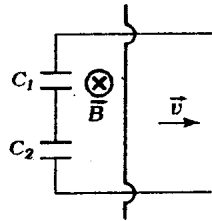
ĐS : 0,05V.

37.7 Máy bay có chiều dài $l = 50\text{m}$ bay theo phương ngang với vận tốc $v = 720\text{ km/h}$. Biết thành phần thẳng đứng của cảm ứng từ Trái Đất $B = 5 \cdot 10^{-5}\text{T}$.

a) Tìm hiệu điện thế xuất hiện ở hai đầu cánh.

b) Có thể dùng vôn kế trên máy bay đo hiệu điện thế này để suy ra vận tốc máy bay được không? Vì sao?

ĐS: a) 0,5V b) Không.

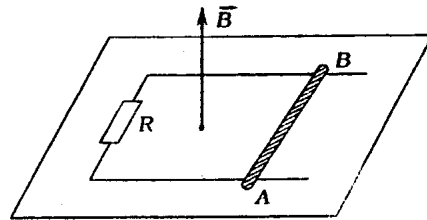


37.8 Thanh kim loại AB được kéo trượt đều trên hai thanh ray trong mặt phẳng nằm ngang với vận tốc $v = 10\text{m/s}$. Hai ray cách nhau đoạn $l = 0,5\text{m}$ và đặt trong từ trường đều thẳng đứng, cảm ứng từ B.

Mắc hai tụ điện C_1, C_2 (với $C_2 = 1,5C_1$) nối tiếp nhau vào đầu hai ray. Biết hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 là 0,5V. Tính B.

ĐS: 0,25T.

37.9 Thanh kim loại $AB = l = 20\text{cm}$ được kéo trượt đều trên hai thanh ray kim loại nằm ngang như hình. Các ray nối với nhau bằng điện trở $R = 1,5\Omega$.



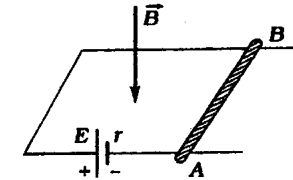
Vận tốc AB là $v = 6\text{m/s}$. Hệ thống đặt trong một từ trường đều \vec{B} thẳng đứng ($B = 0,4\text{T}$). Bỏ qua điện trở ray và thanh AB. Tìm cường độ dòng điện cảm ứng qua R.

ĐS: 0,32A.

37.10 Cho mạch điện trong từ trường giống như bài trên. Vận tốc chuyển động của thanh AB là $v = 10\text{m/s}$, điện trở $R = 150\Omega$, cường độ dòng điện cảm ứng $I = 0,2\text{A}$. Bỏ qua ma sát. Tìm lực kéo tác dụng lên AB.

ĐS: $F_{\text{kéo}} = F_{\text{từ}} = 0,6\text{N}$

37.11 Cho hệ thống như hình vẽ, thanh kim loại $AB = l = 20\text{cm}$, khối lượng $m = 10\text{g}$, \vec{B} vuông góc với khung dây dẫn ($B = 0,1\text{T}$) nguồn có suất điện động và điện trở trong là $E = 1,2\text{V}, r = 0,5\Omega$.



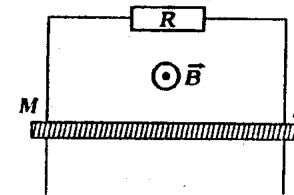
Do lực điện từ và ma sát, AB trượt đều với vận tốc $v = 10\text{m/s}$. Bỏ qua điện trở các thanh ray và các nơi tiếp xúc.

a) Tính độ lớn và chiều dòng điện trong mạch, hệ số ma sát giữa AB và ray.

b) Muốn dòng điện trong thanh AB chạy từ B đến A, cường độ 1,8A phải kéo AB trượt theo chiều nào, vận tốc và lực kéo bao nhiêu?

ĐS: a) 2A, 0,4 b) Sang phải, 15m/s, $4 \cdot 10^{-3}\text{N}$

37.12 Thanh đồng MN khối lượng $m = 2\text{g}$ trượt đều không ma sát với $v = 5\text{m/s}$ trên hai thanh đồng thẳng đứng song song cách nhau khoảng $l = 50\text{cm}$ từ trường \vec{B} nằm ngang như hình, $B = 0,2\text{T}$.



Bỏ qua điện trở các thanh và điện trở tiếp xúc. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

a) Tính suất điện động cảm ứng trong MN.

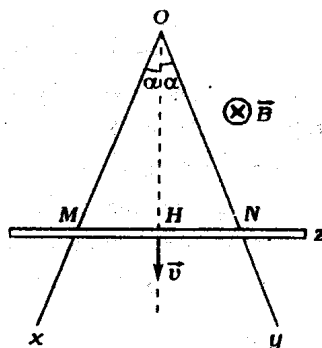
b) Tính lực điện từ, chiều và độ lớn dòng điện cảm ứng.

c) Tính R.

ĐS: a) 0,5V b) $2 \cdot 10^{-2}\text{N}$, 0,2A c) $2,5\Omega$

37.13 Một hệ thống dây dẫn đặt nằm ngang như hình.

Thanh H_z trượt trên các cạnh Ox , Oy và luôn vuông góc với phân giác OH , H_z tiếp xúc với Ox , Oy tại M và N . Góc $xOy = 2\alpha$. Vận tốc chuyển động của thanh H_z không đổi và bằng v . Các dây dẫn đều cùng làm bằng một chất, cùng tiết diện và có điện trở bằng r cho mỗi đơn vị dài. Bỏ qua điện trở tiếp xúc tại M , N .



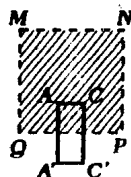
Hệ thống đặt trong một từ trường đều thẳng đứng, có cảm ứng từ B

Khi thanh H_z trượt trên Ox , Oy , hãy xác định chiều và cường độ dòng điện cảm ứng chạy qua MN .

$$DS: I = \frac{Bv \sin \alpha}{(1 + \sin \alpha)r}; \text{ chiều trên } H_z \text{ từ } M \text{ đến } N.$$

37.14 Khung dây dẫn hình chữ nhật $ACC'A'$ đặt thẳng đứng một phần khung nằm trong từ trường có đường cảm ứng vuông góc với mặt phẳng khung. Từ trường coi là đều ($B = 1T$) trong khoảng $MNPQ$ và bằng 0 ngoài khoảng đó.

Cho $AC = l = 10cm$, khung có điện trở $R = 0,2\Omega$, khối lượng $m = 20g$. Khung được di chuyển thẳng đứng đi xuống với vận tốc $v = 2 m/s$.



a) Tính cường độ dòng điện cảm ứng trong khung và nhiệt lượng do khung tỏa ra khi dịch chuyển đoạn $10cm$.

b) Tính lực ngoài cần tác dụng để khung chuyển động với vận tốc đều như trên.

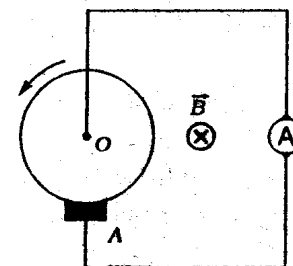
37.15 Thanh kim loại $l = 1,2m$ quay trong từ trường đều quanh trục Δ , Δ vuông góc với thanh và song song \vec{B} , $B = 0,05T$. Vận tốc quay của thanh là $\omega = 120$ vòng/phút. Tìm hiệu điện thế hai đầu thanh nếu trục quay :

a) Qua một đầu thanh.

b) Qua một điểm trên thanh cách một đầu thanh $10cm$.

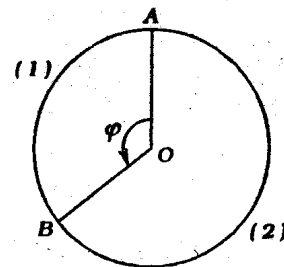
DS: a) $0,45V$ b) $0,38V$.

37.16 Đĩa kim loại bán kính $r = 10cm$ đặt vuông góc với \vec{B} của từ trường đều, $B = 0,1T$ như hình, đĩa quay với tần số $n = 3$ vòng/s. Các tiếp điểm tại O , A nối đĩa với ampe kế. Tính suất điện động cảm ứng giữa O , A và chiều dòng điện cảm ứng.



$$DS: e_C = \omega \pi r^2 B = 9,42 \cdot 10^{-3} V, I_c \text{ qua đĩa, từ } A \rightarrow O$$

37.17* Một vòng tròn bằng dây dẫn bán kính $r = 10cm$ đặt trong từ trường đều vuông góc với mặt phẳng vòng, $B = 10^{-2}T$. Vòng nối với tâm bằng 2 thanh kim loại : OA cố định, OB quay quanh O với vận tốc góc $\omega = 4rad/s$ không đổi.



Điện trở của mỗi đơn vị chiều dài vòng và thanh $R_0 = 1\Omega/m$

Tính cường độ dòng điện qua các thanh và các cung của vòng tròn theo thời gian.

37.18 Trong hình bên mn và xy là hai bản kim loại đặt vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và song song với nhau, chiều dài các bản rất lớn. Trong khoảng giữa hai bản có từ trường đều

$B = 0,8T$ vuông góc với hình vẽ và hướng xuống
phía dưới; Thanh kim loại nhẹ ab có chiều dài $L = 0,2m$, điện trở $R_0 = 0,1\Omega$ luôn luôn tiếp xúc với hai bản kim loại và có thể chuyển động không ma sát trong mặt phẳng của hình vẽ. R_1 và R_2 là hai điện trở có giá trị $R_1 = R_2 = 3,9\Omega$, tụ điện có điện dung $C = 10\mu F$

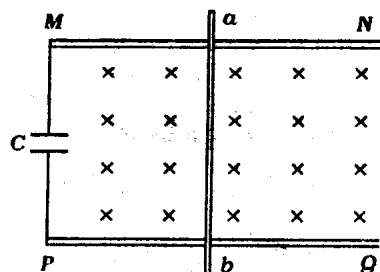
a/ Khi ab chuyển động sang bên phải với vận tốc đều $v = 2m/s$ thì ngoại lực tác dụng lên nó có chiều nào, độ lớn bao nhiêu ?

b) Nếu trong lúc chuyển động thanh ab đột nhiên dừng lại thì ngay lúc đó lực từ tác dụng vào ab sẽ có chiều nào ? độ lớn bao nhiêu ?

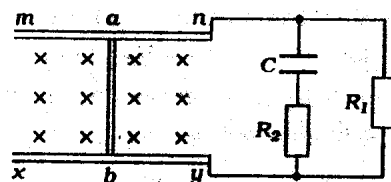
DS: a/ $F = 0,0128N$ nằm trong mặt phẳng hình vẽ hướng sang phải.

b) $F_{\text{từ}} = 0,012N$ nằm trong mặt phẳng hình vẽ hướng sang phải.

37.19 MN và PQ là hai thanh kim loại dài thẳng đặt song song



với nhau trong mặt phẳng nằm ngang, hai đầu MN được nối với nhau qua tụ điện điện dung C , điện trở các thanh không đáng kể; ab là một thanh kim loại khối lượng m được đặt tựa lên MN và PQ như hình vẽ. Hệ nói trên nằm trong ảnh hưởng của từ trường đều có

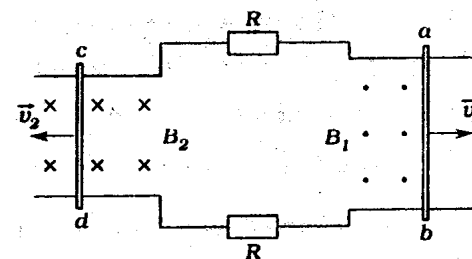


vectơ cảm ứng từ \vec{B} hướng vuông góc với tờ giấy, chiều từ trên xuống. Tác dụng một lực \vec{F} nằm trong mặt phẳng tờ giấy sao cho thanh ab có chuyển động tịnh tiến với gia tốc a không đổi. Hãy tìm độ lớn của lực \vec{F} ; giữa thanh ab và các thanh MN, PQ có hệ số ma sát là μ khoảng cách giữa MN và PQ là L .

$$DS: F = B^2 L^2 C a + m(a + \mu g)$$

37.20 Hai dây dẫn dài, mỗi dây có điện trở $R = 0,41\Omega$ được uốn thành hai đường "ray" nằm trong mặt phẳng ngang như hình vẽ.

Hai "ray" phía bên phải cách nhau $l_1 = 0,6m$ và nằm trong từ trường có cảm ứng từ $B_1 = 0,8T$ (hướng từ dưới lên), hai "ray" bên trái cách nhau khoảng $l_2 = 0,5m$ và nằm trong từ trường $B_2 = 0,5T$ (hướng từ trên xuống).



Hai thanh kim loại nhẵn ab điện trở $r_1 = 0,14\Omega$ và cd điện trở $r_2 = 0,16\Omega$ được đặt nằm trên các ray như hình vẽ, mọi ma sát đều không đáng kể.

Tác dụng một lực kéo để ab chuyển động sang phải với vận tốc đều $v_1 = 10m/s$; khi đó cd cũng chịu một ngoại lực và chuyển động sang trái với vận tốc đều $v_2 = 8m/s$. Hãy tìm:

a) Độ lớn ngoại lực tác dụng lên cd, biết rằng lực này nằm trong mặt phẳng ngang.

b) Hiệu điện thế giữa hai đầu c và d.

c) Công suất điện của mạch nói trên.

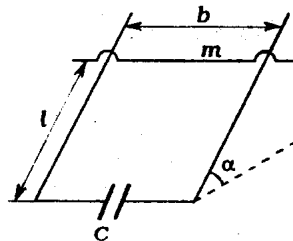
$$DS: a) F = 0,625N$$

$$b) U_{cd} = -2,4V$$

$$c) P = 7W$$

37.21* Một thanh trượt bằng kim loại có khối lượng m , có thể trượt không ma sát dọc theo hai đường ray bằng kim loại đặt song song, nghiêng với phương ngang một góc α và cách nhau một đoạn là b .

Các đường ray được nối kín ở bên dưới bằng một tụ chưa tích điện, có điện dung C . Toàn thể hệ trên đây được đặt trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ \vec{B} thẳng đứng (hình vẽ). Vào thời điểm ban đầu, thanh trượt được giữ ở khoảng cách l đến cạnh đáy. Hỏi sau bao lâu từ lúc buông thanh trượt ra thì nó đạt đến cạnh đáy?



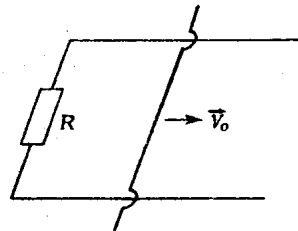
Tính vận tốc của nó khi đó? Bỏ qua điện trở dây dẫn.

$$DS: t = \sqrt{\frac{2l}{mgsin\alpha} (m + Cb^2B^2\cos^2\alpha)};$$

$$v = \sqrt{\frac{2lmg\sin\alpha}{m + Cb^2B^2\cos^2\alpha}}.$$

37.22* Dọc trên hai thanh kim loại đặt song song nằm ngang, khoảng cách giữa chúng là d , có một thanh trượt, khối lượng m có thể trượt không ma sát (hình vẽ).

Các thanh được nối với một điện trở R và đặt trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ \vec{B} thẳng đứng. Truyền cho thanh trượt một vận tốc \vec{V}_0 . Tìm quãng đường mà thanh trượt đi được đến khi dừng lại?



Bỏ qua điện trở của hai thanh kim loại và thanh trượt.

$$DS: X = \frac{mRV_0}{B^2d^2}$$

§16. TỰ CẢM

A- TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. Độ tự cảm của một ống dây:

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

$$\begin{cases} I: \text{ampe (A)} \\ \Phi: \text{weber (Wb)} \\ L: \text{henry (H)} \end{cases}$$

II. Suất điện động tự cảm

- Suất điện động tự cảm trung bình:

$$E = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

- Suất điện động tự cảm tức thời:

$$e = -L \cdot \frac{dI}{dt} = -LI'$$

III. Năng lượng từ trường của ống dây

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

B- HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 38

Khảo sát hiện tượng tự cảm trong một mạch điện.

- Áp dụng các công thức về hiện tượng tự cảm :
độ tự cảm, suất điện động tự cảm, năng lượng từ trường,...

- Kết hợp với công thức của các định luật về dòng điện không đổi để thực hiện tính toán.

• BÀI TẬP THÍ DỤ

- 38.1 Tính độ tự cảm của ống dây biết sau thời gian $\Delta t = 0,01s$ dòng điện trong mạch tăng đều từ 1A đến 2,5A và suất điện động tự cảm là 30V.

GIẢI

Biểu thức suất điện động tự cảm

$$E = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$$

Ta suy ra độ tự cảm của ống dây :

$$L = \frac{E}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{30}{\frac{2,5-1}{0,01}} = 0,2 \text{ H}$$

- 38.2 Chứng minh rằng độ tự cảm của xolênôit không lõi là

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l}$$

trong đó N là số vòng dây, S là diện tích tiết diện của ống dây, l là chiều dài ống dây.

Áp dụng : Tính L với $l = 31,4\text{cm}$, $N = 1000$ vòng,
 $S = 20\text{cm}^2$

GIẢI

Khi có dòng điện cường độ I qua ống dây, cảm ứng từ trong ống dây là :

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

Từ thông qua ống dây :

$$\Phi = N \cdot B \cdot S = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l} \cdot I$$

Khi cường độ dòng điện I qua ống dây biến thiên, trong ống dây xuất hiện một suất điện động tự cảm :

$$E = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l} \cdot \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$$

Gọi L là độ tự cảm của ống dây, ta có :

$$E = L \cdot \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$$

Suy ra :

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l}$$

- 38.3 Tính năng lượng từ trường của xolênôit có độ tự cảm $L=0,008\text{H}$ và dòng điện cường độ $I = 2\text{A}$ đi qua.

GIẢI

Năng lượng từ trường trong ống dây :

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,008 \cdot (2)^2 = 0,016\text{J} \end{aligned}$$

• BÀI TẬP LUYỆN TẬP

38.4 Xôlênit dài $l = 31,4\text{cm}$, có $N = 1000$ vòng, diện tích mỗi vòng $S = 10\text{cm}^2$, có dòng $I = 2\text{A}$ đi qua.

a) Tính từ thông qua mỗi vòng dây.

b) Tính suất điện động tự cảm trong xôlênit khi ngắt dòng điện trong thời gian $\Delta t = 0,1\text{s}$, suy ra độ tự cảm của cuộn dây.

c) Giải lại bài toán khi xôlênit có lõi độ từ thẩm của lõi là $\mu = 500$

ĐS: a) $8 \cdot 10^{-6}\text{Wb}$ b) $0,08\text{V}$, $0,004\text{H}$ c) Tăng 500 lần.

38.5 Chứng minh rằng năng lượng từ trường trong xôlênit là

$$W_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2 l S}{\mu \mu_0}$$

và mật độ năng lượng từ trường trong xôlênit là :

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu \mu_0}$$

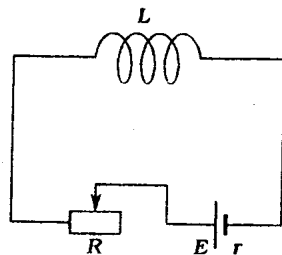
với B là cảm ứng từ trong xôlênit.

38.6 Vòng dây siêu dẫn độ tự cảm L , bán kính r đặt vuông góc \vec{B} của từ trường đều, cảm ứng từ tăng đều từ 0 đến B_0 . Tính cường độ dòng điện cảm ứng trong vòng.

$$\text{ĐS: } I = \pi r^2 \cdot B_0 / L.$$

38.7 Cho mạch điện như hình, $L = 1\text{H}$, $E = 12\text{V}$, $r = 0$, $R = 10\Omega$. Điều chỉnh biến trở để trong $0,1$ giây R giảm còn 5Ω . Tính cường độ dòng điện trong mạch trong khoảng thời gian trên.

$$\text{ĐS: } 0$$



38.8 Xôlênit không lõi chiều dài l , tiết diện S và N vòng dây.

a) Điện trở xôlênit bằng R , cường độ qua xôlênit tỉ lệ với thời gian $I = kt$

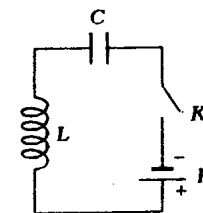
Tính hiệu điện thế hai đầu xôlênit.

b) Hai đầu xôlênit trên nối với một nguồn điện có suất điện động E , điện trở trong $r = 0$, điện trở xôlênit R rất nhỏ.

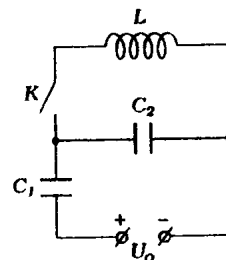
Khi $t = 0$, người ta đóng mạch cho dòng điện qua xôlênit. Tính cường độ dòng điện qua xôlênit.

38.9* Một pin có suất điện động không đổi E mắc nối tiếp với một ống dây có độ tự cảm L và một tụ có điện dung C thông qua một khóa K . Ban đầu khóa K mở, tụ không tích điện. Xác định giá trị cực đại của dòng điện trong mạch sau khi đóng khóa K . Bỏ qua điện trở thuần trong mạch.

$$\text{ĐS: } I_{\max} = E \sqrt{\frac{C}{L}}$$



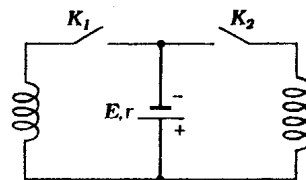
38.10* Cho mạch điện như hình vẽ; cuộn dây có độ tự cảm L điện trở thuần không đáng kể. Các tụ có điện dung C_1 và C_2 . Người ta đóng khóa K . Tìm dòng điện cực đại qua cuộn dây. Tìm hiệu điện thế cực đại trên hai bản của tụ C_1 .



$$\text{ĐS: } I_{\max} = \frac{C_1 U_0}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}};$$

$$U_{1\max} = U_0 \left(1 + \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right).$$

38.11* Hai ống dây giống nhau, được mắc vào nguồn điện không đổi, suất điện động E và điện trở trong r , thông qua hai khóa K_1 và K_2 (hình vẽ). Ban đầu hai khóa đều mở. Sau đó đóng K_1 trước rồi đến K_2 . Xác



định độ lớn của dòng chạy qua K_1 vào thời điểm đóng K_2 nếu biết rằng sau khi đóng K_2 , dòng ổn định chạy qua K_1 lớn hơn dòng ổn định qua K_2 là 2 lần. Bỏ qua điện trở thuần của hai ống dây.

$$DS: I = \frac{E}{3r}$$

THUẬT NGỮ VIỆT - ANH

(Vietnamese - English Terminology)

- Acquy	:	Battery ; Storage cell
Ampe kế	:	Ammeter
Anôt	:	Anode
- Bán dẫn	:	Semiconductor
Bán dẫn loại n	:	N-type semiconductor
Bán dẫn loại p	:	P-type semiconductor
Bảo toàn điện tích	:	Conservation of electric charges
Biến trở	:	Rheostat
Bình điện phân	:	Electrolytic cell
Bóng đèn	:	Electric bulb
- Catôt	:	Cathode
Cảm ứng điện từ	:	Electromagnetic induction
Cảm ứng từ	:	Magnetic-induction; magnetic field
Cầu Uytxtôn	:	Wheatstone's bridge
Công	:	Work
Công suất điện	:	Electric power
Cường độ	:	Intensity
Cường độ dòng điện	:	Current
Cường độ điện trường	:	Electric field (intensity)
Dòng điện	:	Electric current
Dòng điện cảm ứng	:	Induced current
Dòng điện Phucô	:	Eddy current
Dòng điện không đổi (một chiều)	:	Direct current (DC); continuous current

Dòng điện xoay chiều	:	Alternative current (AC)
Dung dịch điện phân	:	Electrolytic solution
Đẳng thế	:	Equipotential
Điện	:	Electricity
Điện dung	:	Capacitance
Điện kế	:	Galvanometer
Điện môi	:	Dielectric
Điện năng	:	Electric energy
Điện thế	:	Electric potential
Điện thông	:	Electric flux
Điện tích	:	Electric charge
Điện trở	:	Resistance; resistor
Điện trở suất	:	Resistivity
Điện trường	:	Electric field
Điện từ	:	Electromagnetism
Điện từ trường	:	Electromagnetic field
Định luật Culông	:	Coulomb's law
Định luật Kiêcsôp	:	Kirchhoff's rules
Định luật Ôm	:	Ohm's law
Định luật Lenxơ	:	Lenz's law
Điôt	:	Diode
Điôt tiếp xúc	:	Junction diode
Độ dẫn điện	:	Conductivity
Độ lưu động	:	Mobility
Độ tự cảm	:	Self-inductance
Đường sức	:	Lines of force

Đường cảm ứng	:	Lines of induction
Hạt mang điện cơ bản	:	Majority (electric) carrier
Hạt mang điện không cơ bản	:	Minority (electric) carrier
Hằng số điện (ϵ_0)	:	Permittivity of vacuum
Hằng số từ (μ_0)	:	Magnetic permeability of vacuum
Hiệu điện thế	:	Potential difference; voltage
Hiệu ứng	:	Effect
Hiệu ứng Hôn	:	Hall's effect
Khóa điện	:	Key; Switch
Khuếch đại	:	Amplify; Amplification
Khuếch tán	:	Diffuse; Diffusion
Lớp tiếp xúc p - n	:	P-N Junction
Lỗ trống	:	Hole
Mạch điện	:	Electric circuit
Mạch hình sao	:	Wye circuit
Mạch tam giác	:	Delta circuit
Mặt đẳng thế	:	Equipotential surface
Mắt mạng	:	Loop
Mật độ điện tích	:	Electric charge Density
Nam châm	:	Magnet
Năng lượng điện	:	Electric energy
Nút mạch	:	Branch point
Sơn	:	Shunt
Suất điện động	:	Electromotive force (emf)
Suất điện động cảm ứng	:	Induced electromotive force
Tĩnh điện	:	Electrostatics
Tương tác	:	Interaction
Tự cảm	:	Self-induction
Tụ điện	:	Capacitor
Vật dẫn	:	Conductor
Vật cách điện	:	Insulator
Vôn kế	:	Voltmeter

MỤC LỤC

PHẦN MỘT TÍNH ĐIỆN

Trang

Lời nói đầu	3
§1. Lực tương tác tĩnh điện	5
Bài toán 1. Xác định các đại lượng liên quan đến lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên.	6
Bài toán 2. Tìm lực tổng hợp tác dụng lên một điện tích.	12
Bài toán 3. Khảo sát sự cân bằng của một điện tích.	19
§2. Điện trường	29
Bài toán 4. Xác định cường độ điện trường tạo bởi điện tích điểm. Xác định lực điện trường tác dụng lên điện tích điểm.	30
Bài toán 5. Sự chồng chất điện trường - Xác định cường độ điện trường tổng hợp.	35
Bài toán 6. Điện trường tổng hợp triệt tiêu - Điện tích cân bằng trong điện trường.	42
Bài toán 7. Cường độ điện trường do vật tích điện có kích thước tạo nên.	46
§3. Điện thế và hiệu điện thế	53
Bài toán 8. Tính công của các lực tác dụng khi điện tích di chuyển. Tính điện thế và hiệu điện thế.	55
Bài toán 9. Điện thế của vật dẫn tích điện	64
Bài toán 10. Tính các đại lượng dựa vào mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế.	68
§4. Tụ điện	72
Bài toán 11. Tính điện dung, điện tích, hiệu điện thế và năng lượng của tụ điện.	74
Bài toán 12. Ghép các tụ điện chưa tích điện trước.	79
Bài toán 13. Ghép các tụ điện đã tích điện - Điện lượng di chuyển trong một đoạn mạch.	92
Bài toán 14. Giới hạn hoạt động của tụ điện.	100
Bài toán 15. Năng lượng của tụ điện.	103
Bài toán 16. Điện tích trong điện trường đều của tụ điện.	109

PHẦN HAI

NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

§5. Dòng điện không đổi	125
Bài toán 17. Xác định dòng điện trong một đoạn mạch theo công thức định nghĩa.	127
Tính hiệu điện thế dựa vào tính chất cộng của hiệu điện thế.	
§6. Điện trở - Định luật Ôm cho đoạn mạch điện	131
Bài toán 18. Tính điện trở tương đương.	133

Bài toán 19. Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch điện trở mắc nối tiếp và song song.	148
Bài toán 20. Mạch cầu điện trở - Mạch cầu có tụ điện.	163
§7. Điện trở phụ trong các dụng cụ đo điện.	179
Bài toán 21. Ampe kế mắc sơ và vôn kế mắc điện trở phụ.	181
§8. Công và công suất của dòng điện	191
Bài toán 22. Đoạn mạch chỉ toả nhiệt.	192
§9. Định luật Ôm cho toàn mạch	205
Bài toán 23. Tính toán các đại lượng của dòng điện trong một đoạn mạch kín.	207
§10. Định luật Ôm cho các loại đoạn mạch	229
Bài toán 24. Tính các đại lượng của dòng điện trong một mạch điện phức tạp.	230
§11. Công và công suất của nguồn điện và của máy thu điện	265
Bài toán 25. Tính các đại lượng liên hệ đến công suất của máy phát điện và của máy thu điện.	266
§12. Dòng điện trong các môi trường	290
Bài toán 26. Tính các đại lượng có liên quan đến chuyển động có hướng của electron tự do trong kim loại.	292
Bài toán 27. Khảo sát hiện tượng điện phân.	295
Bài toán 28. Khảo sát chất bán dẫn. Công dụng của diot bán dẫn và tranzito.	301

PHẦN BA DIỆN TỪ

§13. Từ trường của dòng điện	305
Bài toán 29. Xác định cảm ứng từ tạo bởi dòng điện.	308
§14. Lực từ	322
Bài toán 30. Xác định lực từ tác dụng lên một đoạn dây điện thẳng.	324
Bài toán 31. Xác định lực tương tác giữa các dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua.	333
Bài toán 32. Khảo sát khung dây có dòng điện đặt trong từ trường đều.	336
Bài toán 33. Chuyển động và cân bằng của kim nam châm quay quanh một trục thẳng đứng.	340
Bài toán 34. Xác định lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động.	343
§15. Cảm ứng điện từ	352
Bài toán 35. Xác định chiều của dòng điện cảm ứng.	353
Bài toán 36. Tính suất điện động và cường độ dòng điện cảm ứng.	357
Bài toán 37. Mạch điện có suất điện động tạo bởi đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường.	367
§16. Tụ cảm	382
Bài toán 38. Khảo sát hiện tượng tự cảm trong một mạch điện	382
Thuật ngữ Việt - Anh	388