

# CHƯƠNG 1: ĐIỆN TÍCH - ĐIỆN TRƯỜNG

## CHỦ ĐỀ 1: LỰC TƯƠNG TÁC TĨNH ĐIỆN

### 1. Điện tích của vật tích điện - Tương tác giữa hai điện tích điểm.

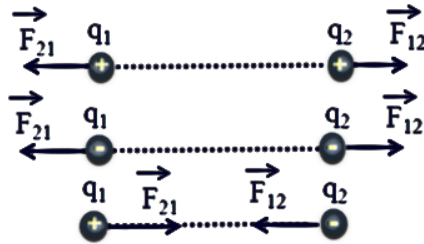
#### A. Phương pháp giải

##### \* Kiến thức liên quan

+ Điện tích của electron  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C. Điện tích của prôtôn  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C. Điện tích  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C gọi là điện tích nguyên tố.

+ Khi cho hai vật giống nhau, có tích điện  $q_1$  và  $q_2$  tiếp xúc với nhau rồi tách chúng ra thì điện tích của chúng sẽ bằng nhau và bằng  $\frac{q_1 + q_2}{2}$ .

+ Lực tương tác giữa hai điện tích điểm:



Điểm đặt lên mỗi điện tích.

Phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích.

Chiều: đẩy nhau nếu cùng dấu, hút nhau nếu trái dấu.

Độ lớn:  $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$ ;  $\epsilon$  là hằng số điện môi của môi trường (trong chân không hoặc gần đúng là không khí thì  $\epsilon = 1$ ).

##### \* Phương pháp giải

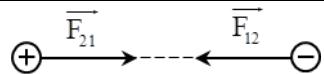
Để tìm các đại lượng liên quan đến sự tích điện của các vật và lực tương tác giữa hai điện tích điểm ta viết biểu thức liên quan đến những đại lượng đã biết và những đại lượng cần tìm từ đó suy ra và tính đại lượng cần tìm.

#### B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Hai điện tích điểm  $q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$  C,  $q_2 = -10^{-8}$  C. Đặt cách nhau 20 cm trong không khí. Xác định lực tương tác giữa chúng?

##### Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$  là  $\vec{F}_{12}$  và  $\vec{F}_{21}$  có:



+ Phương là đường thẳng nối hai điện tích điểm.

+ Chiều là lực hút

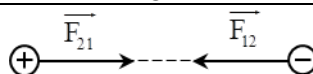
+ Độ lớn

$$F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{0,2^2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

**Ví dụ 2:** Hai điện tích điểm  $q_1 = 2.10^{-8}$  C,  $q_2 = -2.10^{-8}$  C. Đặt tại hai điểm A, B trong không khí. Lực tương tác giữa chúng là 0,4 N. Xác định khoảng cách AB.

**Hướng dẫn giải**

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm có độ lớn



$$F = F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{k \frac{q_1 q_2}{F}} = 0,3\text{m}$$

Vậy khoảng cách giữa hai điện tích điểm là 0,3 m.

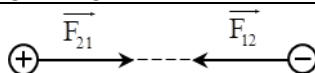
**Ví dụ 3:** Hai điện tích đặt cách nhau một khoảng r trong không khí thì lực tương tác giữa chúng là  $2.10^{-3}$  N. Nếu khoảng cách đó mà đặt trong môi trường điện môi thì lực tương tác giữa chúng là  $10^{-3}$  N

a. Xác định hằng số điện môi.

b. Để lực tương tác giữa hai điện tích đó khi đặt trong điện môi bằng lực tương tác giữa hai điện tích khi đặt trong không khí thì khoảng cách giữa hai điện tích là bao nhiêu? Biết khoảng cách giữa hai điện tích này trong không khí là 20 cm.

**Hướng dẫn giải**

a. Ta có biểu thức lực tương tác giữa hai điện tích trong không khí và trong điện môi được xác định bởi



$$\begin{cases} F_0 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \end{cases} \Rightarrow \epsilon = \frac{F_0}{F} = 2$$

b. Để lực tương tác giữa hai điện tích khi đặt trong điện môi bằng lực tương tác giữa hai điện tích khi ta đặt trong không khí thì khoảng cách giữa hai điện tích bây giờ là r'

$$\begin{cases} F_0 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r'^2} \end{cases} \Rightarrow F_0 = F \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{\epsilon}} = 10\sqrt{2} \text{ cm}$$

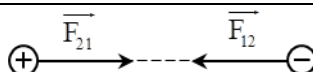
**Ví dụ 4:** Trong nguyên tử Hidro, electron chuyển động tròn đều quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn có bán kính  $5.10^{-9}$  cm.

a. Xác định lực hút tĩnh điện giữa electron và hạt nhân.

b. Xác định tần số chuyển động của electron. Biết khối lượng của electron là  $9,1.10^{-31}$  kg

**Hướng dẫn giải**

a. Lực hút tĩnh điện giữa electron và hạt nhân:



$$F = k \frac{e^2}{r^2} = 9.10^9 \left( \frac{1,6.10^{-19}}{5.10^{-11}} \right)^2 = 9,2.10^{-8} \text{ N}$$

b. Tần số chuyển động của electron:

Electron chuyển động tròn quanh hạt nhân, nên lực tĩnh điện đóng vai trò là lực hướng tâm

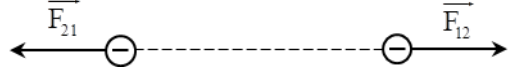
$$F = k \frac{e^2}{r^2} = m\omega^2 r \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{F}{mr}} = \sqrt{\frac{9,2 \cdot 10^{-8}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} = 4,5 \cdot 10^{16} \text{ rad/s}$$

Vật  $f = 0,72 \cdot 10^{26} \text{ Hz}$

**Ví dụ 5:** Hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$  đặt cách nhau 20 cm trong không khí, chúng đẩy nhau một lực  $F = 1,8 \text{ N}$ . Biết  $q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  và  $|q_2| > |q_1|$ . Xác định dấu của điện tích  $q_1$  và  $q_2$ . Vẽ các vectơ lực điện tác dụng lên các điện tích. Tính  $q_1$  và  $q_2$ .

**Hướng dẫn giải**

Hai điện tích đẩy nhau nên chúng cùng dấu, mặt khác tổng hai điện tích này là số âm do đó có hai điện tích đều âm



Ta có  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{Fr^2}{k} = 8 \cdot 10^{-12}$

+ Kết hợp với giả thuyết  $q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ , ta có hệ phương trình

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-6} \\ q_1 q_2 = 8 \cdot 10^{-12} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = -2 \cdot 10^{-6} \\ q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \\ q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \\ q_2 = -2 \cdot 10^{-6} \end{cases} \text{ vì } |q_2| > |q_1| \Rightarrow \begin{cases} q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \\ q_2 = -2 \cdot 10^{-6} \end{cases}$$

**Ví dụ 6:** Hai điện tích điểm có độ lớn bằng nhau được đặt trong không khí cách nhau 12 cm. Lực tương tác giữa hai điện tích đó bằng 10 N. Đặt hai điện tích đó trong dầu và đưa chúng lại cách nhau 8 cm thì lực tương tác giữa chúng vẫn là 10 N. Tính độ lớn của các điện tích và hằng số điện môi của dầu.

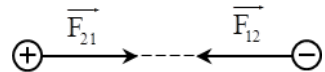
**Hướng dẫn giải**

+ Lực tương tác giữa hai điện tích khi đặt trong không khí

$$F_0 = k \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{F_0 r^2}{k}} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ C}$$

+ Khi đặt trong điện môi mà lực tương tác vẫn không đổi nên ta có:

$$\epsilon = \frac{r^2}{r'^2} = \frac{12^2}{8^2} = 2,25$$



**Ví dụ 7:** Hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau bằng kim loại A và B đặt trong không khí, có điện tích lần lượt là  $q_1 = -3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ ,  $q_2 = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , cách nhau một khoảng 12 cm.

a. Xác định số electron thừa và thiếu ở mỗi quả cầu và lực tương tác giữa chúng.

b. Cho hai quả cầu tiếp xúc điện với nhau rồi đặt về chỗ cũ. Xác định lực tương tác tĩnh điện giữa hai quả cầu đó.

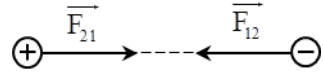
**Hướng dẫn giải**

a. Số electron thừa ở quả cầu A là:

$$n_A = \left| \frac{q_A}{e} \right| = 2 \cdot 10^{12} \text{ electron}$$

Số electron thiếu ở quả cầu B là

$$n_B = \left| \frac{q_B}{e} \right| = 1,5 \cdot 10^{12} \text{ electron}$$



Lực tương tác tĩnh điện giữa hai quả cầu là lực hút, có độ lớn

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

b. Khi cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau rồi tách chúng ra thì điện tích của mỗi quả

cầu sau này này là  $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = -0,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

Lực tương tác giữa chúng bây giờ là lực hút  $F = k \frac{|q'_1 q'_2|}{r^2} = 10^{-3} \text{ N}$

**Ví dụ 8:** Cho hai quả cầu kim loại nhỏ, giống nhau, tích điện và cách nhau 20 cm thì chúng hút nhau một lực bằng 1,2 N. Cho chúng tiếp xúc với nhau rồi tách chúng ra đến khoảng cách như cũ thì chúng đẩy nhau một lực bằng lực hút. Tính điện tích lúc đầu của mỗi quả cầu.

**Hướng dẫn giải**

+ Hai quả cầu ban đầu hút nhau nên chúng mang điện trái dấu.

+ Từ giả thuyết bài toán, ta có:

$$\begin{cases} |q_1 q_2| = -q_1 q_2 = \frac{Fr^2}{k} = \frac{16}{3} 10^{-12} \\ \left( \frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2 = \frac{Fr^2}{k} \Rightarrow q_1 + q_2 = \pm \frac{\sqrt{192}}{3} 10^{-6} \end{cases}$$

+ Hệ phương trình trên cho ta nghiệm

Hoặc  $\begin{cases} q_1 = 0,96 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -5,58 \cdot 10^{-6} \text{ C} \end{cases}$  hoặc  $\begin{cases} q_1 = -5,58 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = 0,96 \cdot 10^{-6} \text{ C} \end{cases}$

**BÀI TẬP VẬN DỤNG**

**Bài 1.** Hai điện tích điểm bằng nhau đặt trong chân không, cách nhau một 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  $r'$  giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là  $F' = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ .

**Bài 2.** Hai quả cầu nhỏ giống nhau bằng kim loại A và B đặt trong không khí, có điện tích lần lượt là  $q_1 = -3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  và  $q_2 = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , cách nhau một khoảng 12 cm.

a) Xác định số electron thừa, thiếu ở mỗi quả cầu và lực tương tác điện giữa chúng.

b) Cho hai quả cầu tiếp xúc điện với nhau rồi đặt về chỗ cũ. Xác định lực tương tác điện giữa hai quả cầu sau đó.

**Bài 3.** Hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$  đặt cách nhau 20 cm trong không khí, chúng đẩy nhau với một lực  $F = 1,8 \text{ N}$ . Biết  $q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  và  $|q_1| > |q_2|$ . Xác định loại điện tích của  $q_1$  và  $q_2$ . Vẽ các véc tơ lực tác dụng của điện tích này lên điện tích kia. Tính  $q_1$  và  $q_2$ .

**Bài 4.** Hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$  đặt cách nhau 30 cm trong không khí, chúng hút nhau với một lực  $F = 1,2 \text{ N}$ . Biết  $q_1 + q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  và  $|q_1| < |q_2|$ . Xác định loại điện tích của  $q_1$  và  $q_2$ . Tính  $q_1$  và  $q_2$ .

**Bài 5.** Hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$  đặt cách nhau 15 cm trong không khí, chúng hút nhau với một lực  $F = 4,8 \text{ N}$ . Biết  $q_1 + q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ;  $|q_1| < |q_2|$ . Xác định loại điện tích của  $q_1$  và  $q_2$ . Vẽ các véc tơ lực tác dụng của điện tích này lên điện tích kia. Tính  $q_1$  và  $q_2$ .

**Bài 6.** Hai điện tích điểm có độ lớn bằng nhau được đặt cách nhau 12 cm trong không khí. Lực tương tác giữa hai điện tích đó bằng 10 N. Đặt hai điện tích đó trong dầu và đưa chúng cách nhau 8 cm thì lực tương tác giữa chúng vẫn bằng 10 N. Tính độ lớn các điện tích và hằng số điện môi của dầu.

**Bài 7.** Hai vật nhỏ giống nhau (có thể coi là chất điểm), mỗi vật thừa một electron. Tìm khối lượng của mỗi vật để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn. Cho hằng số hấp dẫn  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ .

**Bài 8.** Hai viên bi kim loại rất nhỏ (coi là chất điểm) nhiễm điện âm đặt cách nhau 6 cm thì chúng đẩy nhau với một lực  $F_1 = 4 \text{ N}$ . Cho hai viên bi đó chạm vào nhau sau đó lại đưa chúng ra xa với cùng khoảng cách như trước thì chúng đẩy nhau với lực  $F_2 = 4,9 \text{ N}$ . Tính điện tích của các viên bi trước khi chúng tiếp xúc với nhau.

**Bài 9.** Hai quả cầu nhỏ hoàn toàn giống nhau, mang điện tích  $q_1, q_2$  đặt trong chân không cách nhau 20cm thì hút nhau bằng một bằng lực  $F_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ . Đặt vào giữa hai quả cầu một tấm thủy tinh dày  $d = 5 \text{ cm}$ , có hằng số điện môi  $\epsilon = 4$ . Tính lực tác dụng giữa hai quả cầu lúc này.

**Bài 10.** Cho hai điện tích điểm  $q_1 = 10^{-8} \text{ C}$  và  $q_2 = -2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  đặt tại hai điểm A và B cách nhau 10 cm trong không khí.

a) Tìm lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích.

b) Muốn lực hút giữa chúng là  $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ . Thì khoảng cách giữa chúng bây giờ là bao nhiêu?

c) Thay  $q_2$  bởi điện tích điểm  $q_3$  cũng đặt tại B như câu b) thì lực đẩy giữa chúng bây giờ là  $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ . Tìm  $q_3$ ?

d) Tính lực tương tác tĩnh điện giữa  $q_1$  và  $q_3$  như trong câu c (chúng đặt cách nhau 10 cm) trong chất parafin có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ .

## HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** a) Độ lớn mỗi điện tích:

$$\text{Ta có: } F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow |q| = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 4 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{10^{-5}}{9 \cdot 10^9}} \approx 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ (C)}.$$

$$\text{b) Khoảng cách } r' = \frac{q\sqrt{k}}{\sqrt{F'}} = 1,3 \cdot 10^{-9} \frac{\sqrt{9 \cdot 10^9}}{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-6}}} = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 7,8 \text{ cm}.$$

**Bài 2.** a) Số electron thừa ở quả cầu A:  $N_1 = \frac{3,2 \cdot 10^{-7}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{12}$  electron.

Số electron thiếu ở quả cầu B:  $N_2 = \frac{2,4 \cdot 10^{-7}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,5 \cdot 10^{12}$  electron.

Lực tương tác điện giữa chúng là lực hút và có độ lớn:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|-3,2 \cdot 10^{-7} \cdot 2,4 \cdot 10^{-7}|}{(12 \cdot 10^{-2})^2} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}.$$

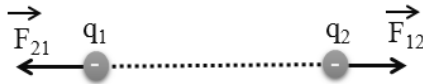
b) Khi cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau rồi tách ra, điện tích của mỗi quả cầu là:

$q_1' = q_2' = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-3,2 \cdot 10^{-7} + 2,4 \cdot 10^{-7}}{2} = -0,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ ; lực tương tác giữa chúng lúc này là lực đẩy và có độ lớn:

$$F' = k \frac{|q_1' q_2'|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|(-0,4 \cdot 10^{-7}) \cdot (-0,4 \cdot 10^{-7})|}{(12 \cdot 10^{-2})^2} = 10^{-3} \text{ N}.$$

**Bài 3.** Hai điện tích đẩy nhau nên chúng cùng dấu; vì  $q_1 + q_2 < 0$  nên chúng đều là điện tích âm.

Véc tơ lực tương tác điện giữa hai điện tích:



$$\text{Ta có: } F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{F r^2}{k} = \frac{1,8 \cdot 0,2^2}{9 \cdot 10^9} = 8 \cdot 10^{-12};$$

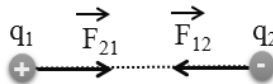
$q_1$  và  $q_2$  cùng dấu nên  $|q_1 q_2| = q_1 q_2 = 8 \cdot 10^{-12}$  (1) và  $q_1 + q_2 = -6 \cdot 10^{-6}$  (2).

Từ (1) và (2) ta thấy  $q_1$  và  $q_2$  là nghiệm của phương trình:  $x^2 + 6 \cdot 10^{-6} x + 8 \cdot 10^{-12} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = -2 \cdot 10^{-6} \\ x_2 = -4 \cdot 10^{-6} \end{cases} \text{ . Kết quả } \begin{cases} q_1 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \end{cases}.$$

Vì  $|q_1| > |q_2| \Rightarrow q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}; q_2 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$

**Bài 4.** Hai điện tích hút nhau nên chúng trái dấu nhau; vì  $q_1 + q_2 < 0$  và  $|q_1| < |q_2|$  nên  $q_1 > 0; q_2 < 0$ .



$$\text{Ta có: } F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{F r^2}{k} = \frac{1,2 \cdot 0,3^2}{9 \cdot 10^9} = 12 \cdot 10^{-12};$$

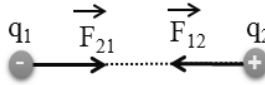
$q_1$  và  $q_2$  trái dấu nên  $|q_1 q_2| = -q_1 q_2 = 12 \cdot 10^{-12}$  (1); theo bài ra thì  $q_1 + q_2 = -4 \cdot 10^{-6}$  (2).

Từ (1) và (2) ta thấy  $q_1$  và  $q_2$  là nghiệm của phương trình:  $x^2 + 4 \cdot 10^{-6}x - 12 \cdot 10^{-12} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = 2 \cdot 10^{-6} \\ x_2 = -6 \cdot 10^{-6} \end{cases} \cdot \text{Kết quả} \begin{cases} q_1 = 2 \cdot 10^{-6} C \\ q_2 = -6 \cdot 10^{-6} C \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -6 \cdot 10^{-6} C \\ q_2 = 2 \cdot 10^{-6} C \end{cases}$$

Vì  $|q_1| < |q_2| \Rightarrow q_1 = 2 \cdot 10^{-6} C; q_2 = -6 \cdot 10^{-6} C$ .

**Bài 5.** Hai điện tích hút nhau nên chúng trái dấu nhau; vì  $q_1 + q_2 > 0$  và  $|q_1| < |q_2|$  nên  $q_1 < 0; q_2 > 0$ .



$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{F r^2}{k} = \frac{4,8 \cdot (15 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9} = 12 \cdot 10^{-12}; \text{ vì } q_1 \text{ và } q_2 \text{ trái dấu nên:}$$

$$|q_1 q_2| = -q_1 q_2 = 12 \cdot 10^{-12} \text{ (1) và } q_1 + q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ (2)}$$

Từ (1) và (2) ta thấy  $q_1$  và  $q_2$  là nghiệm của phương trình:  $x^2 + 4 \cdot 10^{-6}x - 12 \cdot 10^{-12} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = 2 \cdot 10^{-6} \\ x_2 = -6 \cdot 10^{-6} \end{cases} \cdot \text{Kết quả} \begin{cases} q_1 = 2 \cdot 10^{-6} C \\ q_2 = -6 \cdot 10^{-6} C \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -6 \cdot 10^{-6} C \\ q_2 = 2 \cdot 10^{-6} C \end{cases}$$

Vì  $|q_1| < |q_2| \Rightarrow q_1 = 2 \cdot 10^{-6} C; q_2 = -6 \cdot 10^{-6} C$ .

**Bài 6.** Khi đặt trong không khí:  $|q_1| = |q_2| = \sqrt{\frac{F \cdot r^2}{k}} = \sqrt{\frac{10 \cdot (12 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9}} = 4 \cdot 10^{-6} C$ .

Khi đặt trong dầu:  $\epsilon = k \frac{|q_1 q_2|}{F r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot (8 \cdot 10^{-2})^2} = 2,25$ .

**Bài 7.** Lực tĩnh điện:  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}$ ; lực hấp dẫn:  $F' = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = G \frac{m^2}{r^2}$ .

Đề  $F = F'$  thì:  $k \frac{q^2}{r^2} = G \frac{m^2}{r^2} \Rightarrow m = |q| \sqrt{\frac{k}{G}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{6,67 \cdot 10^{-11}}} = 1,86 \cdot 10^{-9} \text{ (kg)}$ .

**Bài 8.** Trước khi tiếp xúc:  $f_1 = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{f_1 r^2}{k} = \frac{4 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9} = 16 \cdot 10^{-13}$ ;

vì  $q_1 < 0$  và  $q_2 < 0$  nên:  $|q_1 q_2| = q_1 q_2 = 16 \cdot 10^{-13}$  (1).

Sau khi tiếp xúc:  $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow f_2 = k \frac{(q_1 + q_2)^2}{4 \cdot r^2}$

$$\Rightarrow (q_1 + q_2)^2 = \frac{4 f_2 r^2}{k} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 9 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9} = 78,4 \cdot 10^{-13} \Rightarrow |q_1 + q_2| = 28 \cdot 10^{-7}; \text{ vì } q_1 < 0$$

và  $q_2 < 0$  nên:  $q_1 + q_2 = -28 \cdot 10^{-7} \Rightarrow q_2 = -(q_1 + 28 \cdot 10^{-7})$  (2); Thay (2) vào (1) ta có:  $-q_1^2 - 28 \cdot 10^{-7} q_1 = 16 \cdot 10^{-13} \Rightarrow q_1^2 + 28 \cdot 10^{-7} q_1 + 160 \cdot 10^{-14} = 0$ .

Giải ra ta có:  $q_1 = -8 \cdot 10^{-7} C; q_2 = -20 \cdot 10^{-7} C$  hoặc  $q_1 = -20 \cdot 10^{-7} C; q_2 = -8 \cdot 10^{-7} C$ .

**Bài 9.**

Lực tĩnh điện  $F = k q_1 q_2 / \epsilon r^2 \Rightarrow F \cdot r^2 \cdot \epsilon = k q_1 q_2 =$  không đổi.

Khi điện môi không đồng nhất: khoảng cách mới giữa hai điện tích:  $r_m = \sum d_i \sqrt{\epsilon_i}$   
 (Khi đặt hệ điện tích vào môi trường điện môi không đồng chất, mỗi điện môi có chiều dày là  $d_i$  và hằng số điện môi  $\epsilon_i$  thì coi như đặt trong chân không với khoảng cách tăng lên là  $(d_i \sqrt{\epsilon} - d_i)$ )

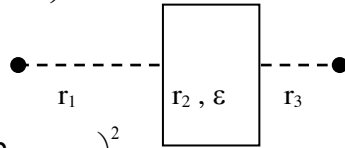
Ta có : Khi đặt vào khoảng cách hai điện tích tẩm điện môi chiều dày  $d$  thì khoảng cách mới tương đương là  $r_m = r_1 + r_2 = d_1 + d_2 \sqrt{\epsilon} = 0,15 + 0,05 \sqrt{4} = 0,25 \text{ m}$

Vậy :  $F_0.r_0^2 = F.r^2 \Rightarrow F = F_0 \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 = 5.10^{-5} \left( \frac{0,2}{0,25} \right)^2 = 5.10^{-5} \cdot \frac{16}{25} = 3,2.10^{-5} \text{ N}$

Hoặc dựng cụng thức:

$$F = F_0 \cdot \left( \frac{r_1}{r_1 + d(\sqrt{\epsilon} - 1)} \right)^2 = 5.10^{-5} \cdot \left( \frac{0,2}{0,2 + 0,05(\sqrt{4} - 1)} \right)^2$$

$$= 5.10^{-5} \cdot \left( \frac{0,2}{0,25} \right)^2 = 3,2.10^{-5} \text{ N}$$



Vậy lực tác dụng giữa hai quả cầu lúc này là.  $F = 3,2.10^{-5} \text{ N}$

**Bài 10.**

a) Tìm lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích.

- Lực tương tác giữa hai điện tích là:

$$F = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = 9.10^9 \cdot \frac{|10^{-8} \cdot 2.10^{-8}|}{0,1^2} = 1,8.10^{-4} \text{ N.}$$

b) Muốn lực hút giữa chúng là  $7,2.10^{-4} \text{ N}$ . Tính khoảng cách giữa chúng:

Vì lực  $F$  tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách nên khi  $F' = 7,2.10^{-4} \text{ N} = 4F$  (tăng lên 4 lần) thì khoảng cách  $r$  giảm 2 lần:  $r' = \frac{r}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ (m)} = 5 \text{ (cm)}$ .

Hoặc dùng công thức:

$$F' = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r'^2} \Rightarrow r' = \sqrt{k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{F'}} = \sqrt{9.10^9 \frac{10^{-8} \cdot 2.10^{-8}}{7,2.10^{-4}}} = 0,05 \text{ (m)} = 5 \text{ (cm)}$$

c) Thay  $q_2$  bởi điện tích điểm  $q_3$  cũng đặt tại B như câu b thì lực đẩy giữa chúng bây giờ là  $3,6.10^{-4} \text{ N}$ . Tìm  $q_3$ ?

$$F = k \frac{|q_1 \cdot q_3|}{r^2} \Rightarrow |q_3| = \frac{F \cdot r^2}{k |q_1|} = \frac{3,6.10^{-4} \cdot 0,1^2}{9.10^9 \cdot 10^{-8}} = 4.10^{-8} \text{ C.}$$

Vì lực đẩy nên  $q_3$  cùng dấu  $q_1$ .

d) Tính lực tương tác tĩnh điện giữa  $q_1$  và  $q_3$  như trong câu c (chúng đặt cách nhau 10 cm) trong chất parafin có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ .



Ta có: lực  $F$  tỉ lệ nghịch với  $\epsilon n$ ên  $F' = \frac{F}{\epsilon} = \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

Hoặc dùng công thức:  $F' = k \frac{|q_1 \cdot q_3|}{\epsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-8} \cdot 4 \cdot 10^{-8}}{2,0 \cdot 1^2} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

## Dạng 2: Lực tổng hợp tác dụng lên một điện tích

### A. Phương pháp giải

– Khi một điện tích điểm  $q$  chịu tác dụng của nhiều lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$  do các điện tích điểm  $q_1, q_2, \dots$  gây ra thì hợp lực tác dụng lên  $q$  là:

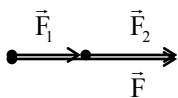
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

✦ Để xác định độ lớn của hợp lực  $\vec{F}$  ta có thể dựa vào:

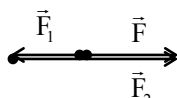
+ định lí hàm cosin:  $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha$  ( $\alpha$  là góc hợp bởi  $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$ ).

Nếu:

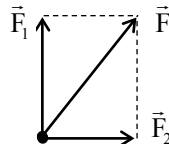
- $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  cùng chiều thì:  $F = F_1 + F_2$  ( $\alpha = 0, \cos \alpha = 1$ ).
- $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  ngược chiều thì:  $F = |F_1 - F_2|$  ( $\alpha = \pi, \cos \alpha = -1$ ).
- $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  vuông góc thì:  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$  ( $\alpha = 90^\circ, \cos \alpha = 0$ ).
- $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  cùng độ lớn ( $F_1 = F_2$ ) thì:  $F = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2}$ .



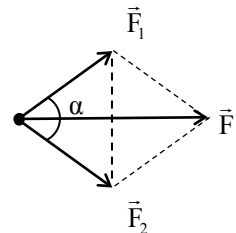
Cùng chiều



Ngược chiều



Vuông góc



Cùng độ lớn

+ phương pháp hình chiếu:  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$$(F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots; F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots)$$

### B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Hai điện tích  $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ ,  $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  đặt tại A, B trong không khí ( $AB = 6 \text{ cm}$ ). Xác định lực tác dụng lên  $q_3 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ , nếu:

- CA = 4cm, CB = 2cm
- CA = 4cm, CB = 10cm
- CA = CB = 5cm

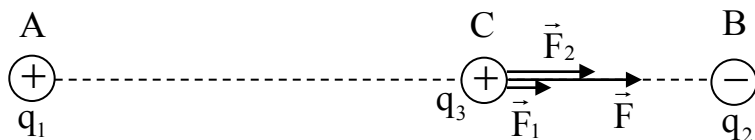
Hướng dẫn giải

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: CA = 4cm, CB = 2cm

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



$q_1, q_3$  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.

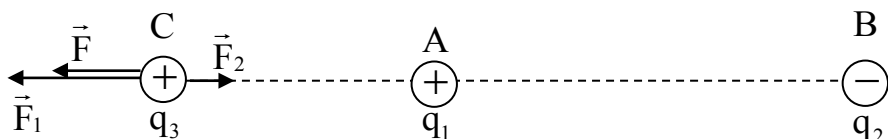
Vậy:  $\vec{F}$  cùng chiều  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  (hướng từ C đến B).

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

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}|}{(4 \cdot 10^{-2})^2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|8 \cdot 10^{-8} \cdot (-8 \cdot 10^{-8})|}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 0,18 \text{ N}$$

b) Trường hợp 2: CA = 4cm, CB = 10cm

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



Ta có:

$$F_1 = k \cdot \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

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

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 xảy ra 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 đường trung trực của đoạn AB.

Ta có:

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

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

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

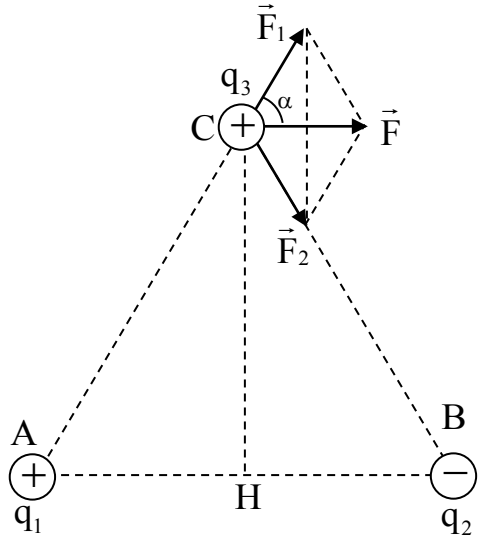
Nên:  $\alpha = (\vec{F}_1, \vec{F}) = \hat{CAB}$

Độ lớn của lực tổng hợp:

$$F = 2F_1 \cos \alpha = 2F_1 \cos \hat{CAB} = 2F_1 \cdot \frac{AH}{AC}$$

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

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



**Ví dụ 2:** 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 tại A, B, C trong không khí. Biết  $AB = 5 \text{ cm}$ ,  $BC = 1 \text{ cm}$ ,  $AC = 4 \text{ cm}$ . Tính lực tác dụng lên mỗi điện tích.

### Hướng dẫn giải

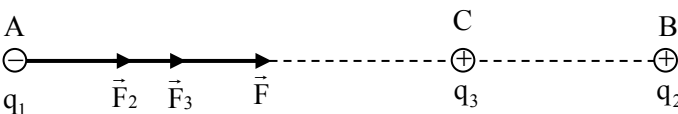
Trong một tam giác tổng hai cạnh bất kì luôn lớn hơn cạnh còn lại nên để thấy A, B, C phải thẳng hàng.

**\*Lực tác dụng lên điện tích  $q_1$**

+ Gọi  $\vec{F}_2, \vec{F}_3$  lần lượt là lực do điện tích  $q_2$  và  $q_3$  tác dụng lên  $q_1$

$$+ \text{ Ta có: } \begin{cases} F_2 = k \frac{|q_2 q_1|}{AB^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{5 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-7}}{0,05^2} = 0,018 \text{ (N)} \\ F_3 = k \frac{|q_3 q_1|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-7}}{0,04^2} = 0,0225 \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực  $\vec{F}_2, \vec{F}_3$  được biểu diễn như hình



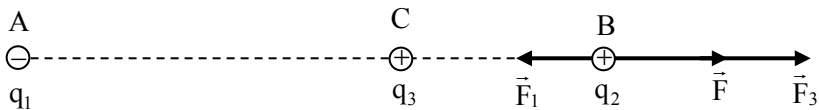
- + Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp do  $q_2$  và  $q_3$  tác dụng lên  $q_1$ . Ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_3$
- + Vì  $\vec{F}_2, \vec{F}_3$  cùng phương cùng chiều nên ta có:  $F = F_2 + F_3 = 0,0405(\text{N})$

**\*Lực tác dụng lên điện tích  $q_2$**

- + Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_3$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_3$  tác dụng lên  $q_2$

+ Ta có: 
$$\begin{cases} F_2 = k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{0,05^2} = 0,018(\text{N}) \\ F_3 = k \frac{|q_3 q_2|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{0,04^2} = 0,18(\text{N}) \end{cases}$$

- + Lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_3$  được biểu diễn như hình



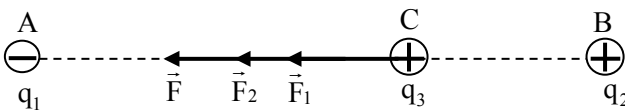
- + Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp do  $q_2$  và  $q_3$  tác dụng lên  $q_1$ . Ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3$
- + Vì  $\vec{F}_1, \vec{F}_3$  cùng phương, ngược chiều nên ta có:  $F = F_3 - F_1 = 0,162(\text{N})$

**\*Lực tác dụng lên điện tích  $q_3$**

- + Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$

+ Ta có: 
$$\begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-8}|}{0,04^2} = 0,0225(\text{N}) \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|5 \cdot 10^{-8} \cdot 4 \cdot 10^{-8}|}{0,01^2} = 0,18(\text{N}) \end{cases}$$

- + Lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình



- + Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp do  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$ . Ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$
- + Vì  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  cùng phương cùng chiều nên ta có:  $F = F_1 + F_2 = 0,2025(\text{N})$

**Ví dụ 3.** 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  $a = 2\text{cm}$ . Xác định vectơ lực tác dụng lên  $q_3$ .

### Hướng dẫn giải

Ta có:  $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$ , với  $F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{a^2}$ ;  $F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{a^2}$

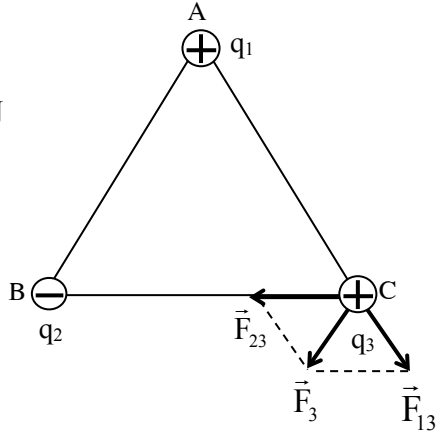
Vì  $|q_1| = |q_2| \Rightarrow F_{13} = F_{23}$  và  $\alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 120^\circ$

$\Rightarrow F_3 = F_{13} = F_{23}$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{N}$$

Vậy: Vector lực tác dụng lên  $q_3$  có:

- + điểm đặt: tại C.
- + phương: song song với AB.
- + chiều: từ A đến B.
- + độ lớn:  $F_3 = 45 \cdot 10^{-3} \text{N}$ .



**Ví dụ 4:** 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  $q_0 = 6 \cdot 10^{-9} \text{C}$  đặt tại tâm O của tam giác.

### Hướng dẫn giải

Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  lần lượt là lực do điện tích

$q_1, q_2$  và  $q_3$  tác dụng lên  $q_0$

+ Khoảng cách từ các điện tích đến tâm

$$O: r_1 = r_2 = r_3 = \frac{2}{3} OA = 2\sqrt{3} \text{ (cm)}$$

+ Ta có:  $F_1 = k \frac{|q_1 q_0|}{AO^2} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$

$$F_2 = k \frac{|q_2 q_0|}{BO^2} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

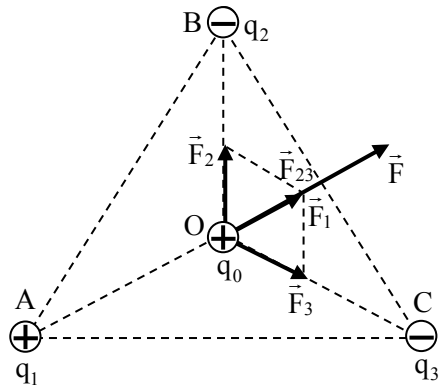
$$F_3 = k \frac{|q_3 q_0|}{CO^2} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  được biểu diễn như hình

+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_0$ :  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_{23}$

$$\text{Suy ra: } F_{23} = \sqrt{F_2^2 + F_3^2 + 2F_2 F_3 \cos 120^\circ} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

+ Vì tam giác ABC đều nên  $\vec{F}_{23} \uparrow \vec{F}_1$ , nên:  $F = F_1 + F_{23} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$



+ Vậy lực tổng hợp  $\vec{F}$  có phương AO có chiều từ A đến O, độ lớn  $7,2 \cdot 10^{-4}$  (N)

**Ví dụ 5:** Hai điện tích điểm  $q_1 = 3 \cdot 10^{-8}$  C,  $q_2 = 2 \cdot 10^{-8}$  C đặt tại hai điểm A và B trong chân không,  $AB = 5$  cm. Điện tích  $q_0 = -2 \cdot 10^{-8}$  C đặt tại M,  $MA = 4$  cm,  $MB = 3$  cm. Xác định lực điện tổng hợp tác dụng lên  $q_0$ .

### Hướng dẫn giải

+ Nhận thấy  $AB^2 = AM^2 + MB^2 \Rightarrow$  tam giác AMB vuông tại M

+ Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_0$

+ Ta có: 
$$\begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_0|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|3 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-8}|}{0,04^2} = 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ (N)} \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_0|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-8}|}{0,03^2} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình. Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_0$ . Ta có:

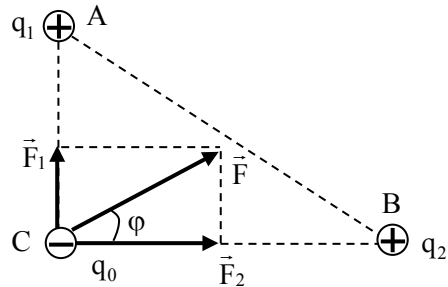
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\Rightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 5,234 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$$

+ Gọi  $\varphi$  là góc tạo bởi  $\vec{F}$  và  $\vec{F}_2$ .

Từ hình ta có:  $\tan \varphi = \frac{F_1}{F_2} = \frac{27}{32} \Rightarrow \varphi \approx 40^\circ$

+ Vậy lực tổng hợp  $\vec{F}$  tác dụng lên  $q_0$  có điểm đặt tại C, phương tạo với  $\vec{F}_2$  một góc  $\varphi \approx 40^\circ$  và độ lớn  $F = 5,234 \cdot 10^{-3}$  N.



### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Đặt hai điện tích điểm  $q_1 = -q_2 = 8 \cdot 10^{-8}$  C tại A, B trong không khí cách nhau 6 cm. Xác định lực điện tác dụng lên  $q_3 = 8 \cdot 10^{-8}$  C đặt tại C trong hai trường hợp:

- $CA = 4\text{cm}; CB = 2\text{cm}$
- $CA = 4\text{cm}; CB = 10\text{cm}$ .

**Bài 2.** Trong chân không, cho hai điện tích  $q_1 = -q_2 = 10^{-7}$  C đặt tại hai điểm A và B cách nhau 8 cm. Xác định lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_0 = 10^{-7}$  C trong các trường hợp sau:

a) Điện tích  $q_0$  đặt tại H là trung điểm của AB.

b) Điện tích  $q_0$  đặt tại M cách A đoạn 4 cm, cách B đoạn 12 cm.

**Bài 3.** Cho năm điện tích Q được đặt trên cùng một đường thẳng sao cho hai điện tích liền nhau cách nhau một đoạn a. Xác định lực tác dụng vào mỗi điện tích.

Vẽ hình ký hiệu các điện tích bằng các chỉ số 1,2,3,4,5.

**Bài 4.** Đặt hai điện tích điểm  $q_1 = -q_2 = 2.10^{-8} C$  tại A, B trong không khí cách nhau 12 cm. Xác định lực điện tác dụng lên  $q_3 = 4.10^{-8} C$  tại C mà

$CA = CB = 10cm$ .

**Bài 5.** Tại hai điểm A và B cách nhau 20 cm trong không khí, đặt hai điện tích  $q_1 = -3.10^{-6}C$ ,  $q_2 = 8.10^{-6}C$ . Xác định lực điện trường tác dụng lên điện tích  $q_3 = 2.10^{-6}C$  đặt tại C. Biết  $AC = 12$  cm,  $BC = 16$  cm.

**Bài 6.** Ba điện tích  $q_1 = q_2 = q_3 = 1,6.10^{-19} C$  đặt trong không khí, tại 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh  $a = 16$  cm. Xác định vectơ lực tác dụng lên  $q_3$ .

**Bài 7.** Tại ba đỉnh tam giác đều cạnh  $a = 6cm$  trong không khí có đặt ba điện tích  $q_1 = 6.10^{-9}C$ ,  $q_2 = q_3 = - 8.10^{-9}C$ . Xác định lực tác dụng lên  $q_0 = 8.10^{-9}C$  tại tâm tam giác.

**Bài 8.** 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.

#### D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

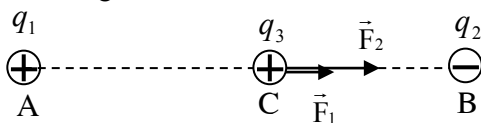
##### Bài 1.

a. Trường hợp C trong AB.

Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9.10^9 \frac{|8.10^{-8} . 8.10^{-8}|}{0,04^2} = 0,036(N) \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9.10^9 \frac{|8.10^{-8} . 8.10^{-8}|}{0,02^2} = 0,144(N) \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình



+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_3$ , ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

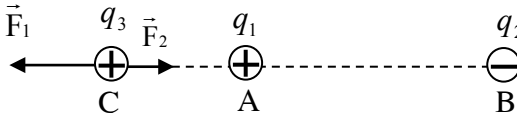
+ Vì  $\vec{F}_1 \uparrow \uparrow \vec{F}_2$  nên:  $F = F_1 + F_2 = 0,18(N)$

b. Trường hợp C ngoài AB về phía A

Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}|}{0,04^2} = 0,036 \text{ (N)} \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}|}{0,1^2} = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình



+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_3$ , ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

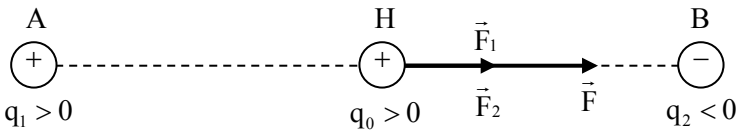
+ Vì  $\vec{F}_1 \uparrow \vec{F}_2$  và  $F_1 > F_2$  nên:  $F = F_1 - F_2 = 0,03 \text{ (N)}$

## Bài 2.

a) Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_0$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_0|}{AH^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 10^{-7}|}{0,04^2} = \frac{9}{160} \text{ (N)} \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_0|}{BH^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 10^{-7}|}{0,04^2} = \frac{9}{160} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình



+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_0$ , ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

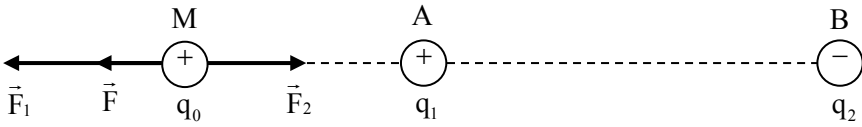
+ Vì  $\vec{F}_1 \uparrow \vec{F}_2$  nên:  $F = F_1 + F_2 = 0,1125 \text{ (N)}$

b) Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_0$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_0|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 10^{-7}|}{0,04^2} = \frac{9}{160} \text{ (N)} \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_0|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|10^{-7} \cdot 10^{-7}|}{0,12^2} = \frac{1}{160} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình

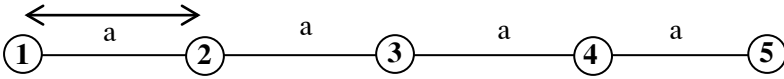




+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_0$ , ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

+ Vì  $\vec{F}_1 \uparrow \downarrow \vec{F}_2$  nên:  $F = F_1 - F_2 = 0,05(N)$

**Bài 3.**



+ Lực tác dụng vào điện tích  $q_1$  là :

$$F_1 = kQ^2 \left[ \frac{1}{a^2} + \frac{1}{(2a)^2} + \frac{1}{(3a)^2} + \frac{1}{(4a)^2} \right] = k \frac{205Q^2}{144a^2}$$

+ Lực tác dụng vào điện tích 2 là :

$$F_2 = kQ^2 \left[ \frac{1}{a^2} + \frac{1}{(2a)^2} + \frac{1}{(3a)^2} - \frac{1}{a^2} \right] = k \frac{5Q^2}{36a^2}$$

+ Lực tác dụng vào điện tích 3 là :  $F_3 = 0$

+ Lực tác dụng vào điện tích 4 là :  $F_4 = F_2 = k \frac{5Q^2}{36a^2}$

+ Lực tác dụng vào điện tích 5 là :  $F_5 = F_1 = k \frac{205Q^2}{144a^2}$

**Bài 4.**

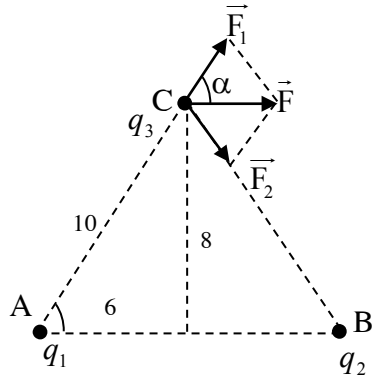
Các lực điện được biểu diễn như hình bên :

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 0,36 \cdot 10^{-3} (N) = F_2.$$

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

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \vec{F} \parallel \vec{AB}$$

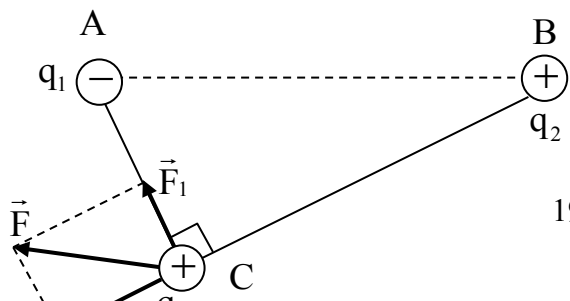
Hay  $F_2 = 2F_1 \cdot \cos\alpha = 2F_1 \cdot \cos\hat{A} = 0,432 \cdot 10^{-3} N.$



**Bài 5.**

Các điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên điện tích  $q_3$  các lực  $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  có phương chiều như hình vẽ, có độ lớn:

$$F_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 3,75 N;$$



$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 5,625 \text{ N.}$$

Lực tổng hợp do  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$  là:

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

có phương chiều như hình vẽ,

có độ lớn:  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \approx 6,76 \text{ N.}$

### Bài 6.

Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lần lượt là lực do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  tác dụng lên  $q_3$

$$+ \text{ Ta có: } \begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^{-27} \text{ (N)} \\ F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^{-27} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Lực tác dụng  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  được biểu diễn như hình

+ Vì tam giác ANB đều nên  $\alpha = 60^\circ$

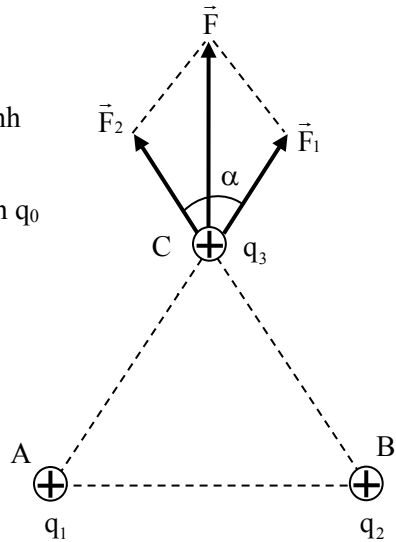
+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q_3$

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

$$\Rightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos 60^\circ}$$

+ Thay số được  $F = 9\sqrt{3} \cdot 10^{-27} \text{ (N)}$

+ Vậy lực tổng hợp  $\vec{F}$  tác dụng lên  $q_3$  có điểm đặt tại C, phương vuông góc với AB, chiều như hình và độ lớn  $F = 9\sqrt{3} \cdot 10^{-27} \text{ (N)}$ .



### Bài 7.

$$\text{Ta có: } \vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{23},$$

$$\text{với } F_{10} = k \frac{|q_1 q_0|}{b^2}; F_{20} = k \frac{|q_2 q_0|}{b^2}; F_{30} = k \frac{|q_3 q_0|}{b^2}.$$

$$\text{với } F_{20} = F_{30} \text{ (vì } q_2 = q_3); b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3} \text{ và } \alpha = (\vec{F}_{20}, \vec{F}_{30}) = 120^\circ$$

$$\Rightarrow F_{23} = 2F_{20} \cos \frac{\alpha}{2} = 2k \frac{|q_2 q_0|}{b^2} \cdot \cos 60^\circ = F_{20}$$

$$\Rightarrow F_{23} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_2 \cdot q_0|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|(-8 \cdot 10^{-9}) \cdot 8 \cdot 10^{-9}|}{\left(\frac{6 \cdot 10^{-2} \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

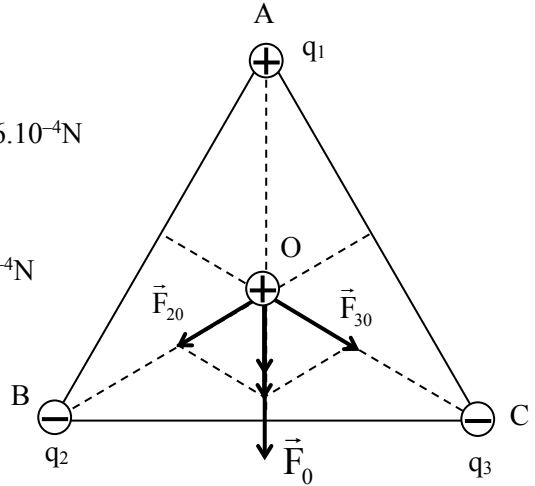
$$\text{và } F_{10} = k \frac{|q_1 q_0|}{b^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_1 \cdot q_0|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2}$$

$$\Rightarrow F_{10} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|6 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^{-9}|}{\left(\frac{6 \cdot 10^{-2} \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$\Rightarrow F_0 = 3,6 \cdot 10^{-4} + 4,8 \cdot 10^{-4} = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

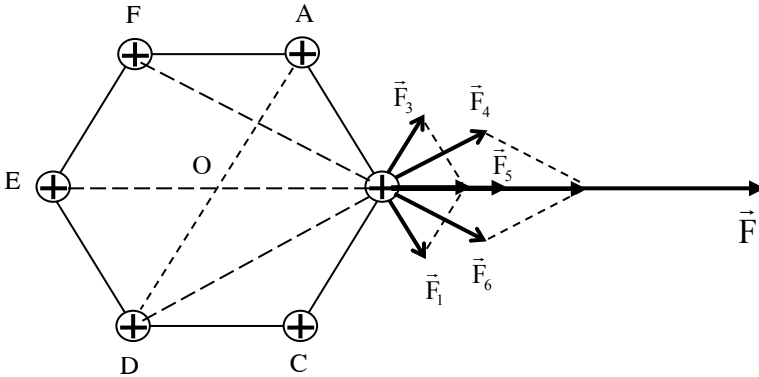
Vậy: Vectơ lực tác dụng lên  $q_0$  có:

- + điểm đặt: tại O.
- + phương: vuông góc với BC.
- + chiều: từ A đến BC.
- + độ lớn:  $F_0 = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$ .



### Bài 8.

Do tính đối xứng nên ta chỉ cần khảo sát một điện tích bất kì, chẳng hạn điện tích tại B trên hình vẽ.



Ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6$ , với:

$$F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}; \alpha = 120^\circ$$

$$\Rightarrow F_{13} = F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2} \quad (1)$$

$$F_5 = k \frac{q^2}{c^2} = k \frac{q^2}{(2a)^2} = k \frac{q^2}{4a^2} \quad (c = 2a) \quad (2)$$

$$F_4 = F_6 = k \frac{q^2}{b^2} = k \frac{q^2}{3a^2}; \quad b^2 = (2a)^2 - a^2 = 3a^2; \quad \beta = 60^\circ$$

$$\Rightarrow F_{46} = 2F_4 \cos 30^\circ = 2k \frac{q^2}{3a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = k \frac{\sqrt{3}q^2}{3a^2} \quad (3)$$

$$\Rightarrow F = F_{13} + F_5 + F_{46} = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{4a^2} + k \frac{\sqrt{3}q^2}{3a^2} = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{(15 + 4\sqrt{3})}{12}$$

Vậy: Lực tác dụng lên mỗi điện tích có:

+ điểm đặt: tại các điện tích.

+ phương: đường thẳng nối điện tích và tâm lục giác.

+ chiều: từ tâm lục giác ra.

+ độ lớn:  $F = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{(15 + 4\sqrt{3})}{12}$ .

### Dạng 3. Khảo sát sự cân bằng của một điện tích

#### A. Phương pháp giải

– Khi một điện tích  $q$  đứng yên thì hợp lực tác dụng lên  $q$  sẽ bằng  $\vec{0}$ :

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

✦ Các lực tác dụng lên điện tích  $q$  thường gặp là:

+ Trọng lực:  $\vec{P} = m\vec{g}$  (luôn hướng xuống).

+ Lực tĩnh điện:  $F = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$  (lực hút nếu  $q_1$  và  $q_2$  trái dấu; lực đẩy nếu  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu).

+ Lực căng dây  $T$ .

+ Lực đàn hồi của lò xo:  $F = k \cdot \Delta l = k(l - l_0)$ .

#### B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1.** Hai điện tích điểm  $q_1 = 10^{-8}$  C,  $q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$  C đặt tại A và B cách nhau 9 cm trong chân không.

a) Xác định độ lớn lực tương tác giữa hai điện tích?

b) Xác định vecto lực tác dụng lên điện tích  $q_0 = 3 \cdot 10^{-6}$  C đặt tại trung điểm AB.

c) Phải đặt điện tích  $q_3 = 2 \cdot 10^{-6}$  C tại đâu để điện tích  $q_3$  nằm cân bằng?

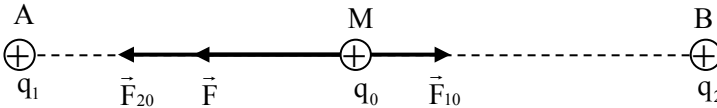
### Hướng dẫn giải

a) Độ lớn lực tương tác giữa hai điện tích:  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{1}{2250} (\text{N}) \approx 4,44 \cdot 10^{-4} (\text{N})$

b) Gọi  $\vec{F}_{10}, \vec{F}_{20}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_0$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_{10} = k \frac{|q_1 q_0|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^{-6}|}{0,045^2} = 2,7 \cdot 10^{-4} (\text{N}) \\ F_{20} = k \frac{|q_2 q_0|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^{-6}|}{0,045^2} = 1,08 \cdot 10^{-3} (\text{N}) \end{cases}$$

+ Gọi  $\vec{F}$  là lực tổng hợp tác dụng lên  $q_0$ . Ta có:  $\vec{F} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20}$



+ Từ hình vẽ ta thấy:  $\begin{cases} \vec{F}_{10} \uparrow \vec{F}_{20} \downarrow \\ F_{20} > F_{10} \end{cases} \Rightarrow F = F_{20} - F_{10} = 8,1 \cdot 10^{-4} (\text{N})$

+ Lực tổng hợp  $\vec{F}$  có điểm đặt tại M, có chiều từ B đến A, có độ lớn  $8,1 \cdot 10^{-4} (\text{N})$

c) Gọi  $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_3$

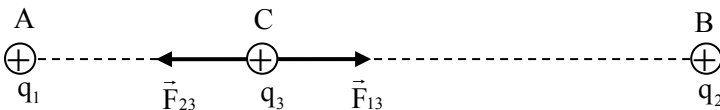
+ Gọi C là vị trí đặt điện tích  $q_3$ .

+ Điều kiện cân bằng của  $q_3$ :  $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB

+ Vì  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu nên C phải nằm trong AB

$$+ F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 2 \Rightarrow CB = 2CA \quad (1)$$

$\Rightarrow$  C gần A hơn (hình vẽ)



+ Ta lại có:  $CA + CB = 9 \quad (2)$

Từ (1) và (2)  $\Rightarrow CA = 3 \text{ cm}$  và  $CB = 6 \text{ cm}$

**Ví dụ 2.** Hai điện tích điểm  $q_1 = q_2 = q$ , đặt tại A và B trong không khí. Phải đặt điện tích  $q_3$  tại đâu để  $q_3$  nằm cân bằng?

### Hướng dẫn giải

+ Gọi  $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_3$

+ Gọi C là vị trí đặt điện tích  $q_3$ .

+ Điều kiện cân bằng của  $q_3$ :  $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB

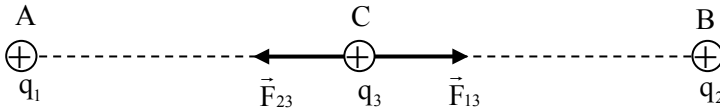
+ Vì  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu (giả sử  $q_1 = q_2 > 0$ ) thì đó điện tích của  $q_3$  có thể dương hoặc âm nhưng vị trí đặt điện tích  $q_3$  phải nằm trong AB.

Trường hợp 1:  $q_1 = q_2 > 0; q_3 > 0$

$$+ \text{Ta có: } F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 1 \Rightarrow CB = CA$$

$\Rightarrow$  C là trung điểm của AB

+ Vậy phải đặt  $q_3$  tại trung điểm của AB

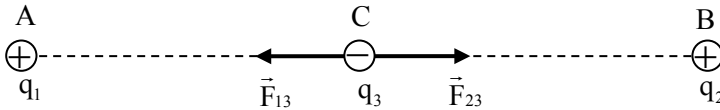


Trường hợp 1:  $q_1 = q_2 > 0; q_3 < 0$

$$+ \text{Ta có: } F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 1 \Rightarrow CB = CA$$

$\Rightarrow$  C là trung điểm của AB

+ Vậy phải đặt  $q_3$  tại trung điểm của AB



**Ví dụ 3.** Tại ba đỉnh của một tam giác đều trong không khí, đặt 3 điện tích giống nhau  $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6 \cdot 10^{-7}C$ . Hỏi phải đặt điện tích  $q_0$  tại đâu, có giá trị bao nhiêu để hệ điện tích cân bằng?

**Hướng dẫn giải**

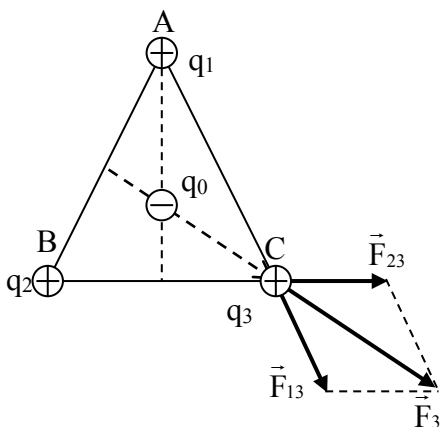
- Xét điều kiện cân bằng của  $q_3$ :

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{03} = \vec{F}_3 + \vec{F}_{03} = \vec{0}$$

- Với  $F_{13} = F_{23} = k \frac{q^2}{a^2}$

$$\text{và } (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 60^0$$

$$\Rightarrow F_3 = 2F_{13} \cos 30^0 = F_{13} \sqrt{3} = \sqrt{3}k \frac{q^2}{a^2}$$



- Trong đó  $F_3$  có phương là đường phân giác góc C, lại có  $\vec{F}_{03} \uparrow \downarrow \vec{F}_3$  nên  $q_0$  nằm trên phân giác góc C.

- Tương tự,  $q_0$  cũng thuộc phân giác các góc A và B. Vậy  $q_0$  tại trọng tâm G của ABC.

- Vì  $\vec{F}_{03} \uparrow \downarrow \vec{F}_3$  nên  $\vec{F}_{03}$  hướng về phía G, hay là lực hút nên  $q_0 < 0$ .

- Độ lớn:  $F_{03} = F_3 \Rightarrow k \frac{|q_0 q|}{\left(\frac{2}{3}a \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{3}k \frac{q^2}{a^2} \Rightarrow q_0 = -\frac{\sqrt{3}}{3}q \approx 3,46 \cdot 10^{-7} C$

**Ví dụ 4.** Hai điện tích  $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} C$  và  $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} C$  đặt tại A và B trong không khí.  $AB = 8cm$ . Một điện tích  $q_3$  đặt tại C.

a. C ở đâu để  $q_3$  cân bằng.

b. Dấu và độ lớn của  $q_3$  để  $q_1$  và  $q_2$  cũng cân bằng (hệ điện tích cân bằng).

### Hướng dẫn giải

a. xác định vị trí  $q_3$

+ Gọi  $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_3$

- Để  $q_3$  cân bằng:  $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB

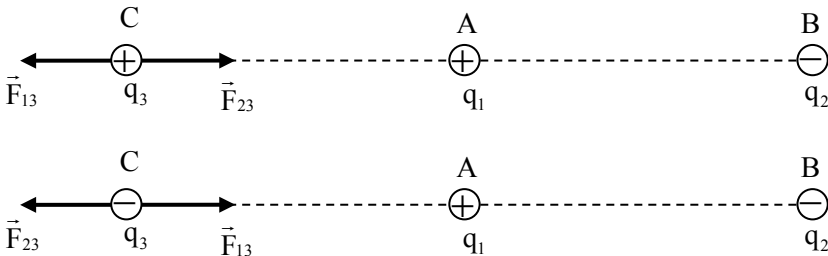
+ Vì  $q_1 > 0$  và  $q_2 < 0$  nên C nằm ngoài AB và gần phía A.

+ Độ lớn:  $F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \frac{1}{2}$   
 $\Rightarrow CB = 2CA \quad (1)$

Ta lại có:  $CB - CA = AB = 8cm \quad (2)$ .

Từ (1) và (2)  $\Rightarrow \begin{cases} CA = 8cm \\ CB = 16cm \end{cases}$

Dấu và độ lớn của  $q_3$  tùy ý.



b. Hệ cân bằng

+ Gọi  $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$  lần lượt là lực do  $q_2, q_3$  tác dụng lên  $q_1$

- Để  $q_1$  cân bằng:  $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{21} = -\vec{F}_{31} \Rightarrow \vec{F}_{21} \uparrow \downarrow \vec{F}_{31} \quad (3)$

+ Vì  $q_1 > 0$  và  $q_2 < 0$  nên  $\vec{F}_{21} \uparrow\uparrow \overline{AB}$  (4)

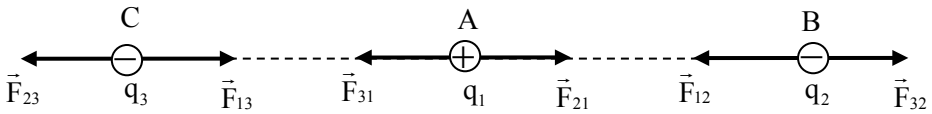
+ Ta lại có:  $\overline{AC} \uparrow\downarrow \overline{AB}$  (5)

Từ (3), (4) và (5) ta  $\Rightarrow \vec{F}_{31} \uparrow\uparrow \overline{AC} \Rightarrow q_1 q_3 < 0 \Rightarrow q_3 < 0$

+ Độ lớn:  $F_{31} = F_{21} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} \Rightarrow |q_3| = \frac{AC^2}{AB^2} |q_2| \Rightarrow q_3 = -8.10^{-8} C$

- Vì  $\begin{cases} \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \\ \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{F}_{32} + \vec{F}_{12} = \vec{0} \Rightarrow$  điện tích  $q_2$  cũng cân bằng



\* **Chú ý:** Nếu hệ gồm  $n$  điện tích có  $(n - 1)$  điện tích cân bằng thì hệ đó cân bằng.

**Ví dụ 5.** Hai quả cầu nhỏ giống nhau bằng kim loại có khối lượng  $m = 5$  g, được treo vào cùng một điểm O bằng hai sợi dây không dẫn, dài 10 cm. Hai quả cầu tiếp xúc với nhau. Tích điện cho mỗi quả cầu thì thấy chúng đẩy nhau cho đến khi hai dây treo hợp với nhau một góc  $60^\circ$ . Tính độ lớn điện tích mà ta đã truyền cho quả cầu. Lấy  $g = 10$  (m/s<sup>2</sup>).

### Hướng dẫn giải

Các lực tác dụng lên quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực căng dây  $\vec{T}$ , lực tương tác tĩnh điện (lực tĩnh điện)  $\vec{F}$  giữa hai quả cầu.

+ Khi quả cầu cân bằng ta có:

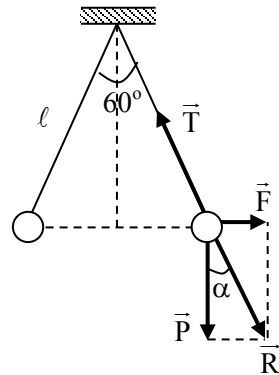
$\vec{T} + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{R}$  cùng phương, ngược chiều với  $\vec{T} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$

Ta có:  $\tan 30^\circ = \frac{F}{P}$

$\Rightarrow F = P \tan 30^\circ = mg \tan 30^\circ = 0,029$  N

+ Mà:  $\begin{cases} F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \\ |q_1| = |q_2| = |q| \end{cases} \Rightarrow F = k \frac{q^2}{l^2} \Rightarrow |q| = 1,79.10^{-7} C$



+ Vậy tổng độ lớn điện tích đã truyền cho hai quả cầu là:  $Q = 2|q| = 3,58.10^{-7} C$

**Ví dụ 6.** Hai quả cầu nhỏ bằng kim loại giống hệt nhau được treo ở hai đầu dây có cùng chiều dài. Hai đầu kia của hai dây móc vào cùng một điểm. Cho hai quả cầu tích điện bằng nhau, lúc cân bằng chúng cách nhau  $r = 6,35$  cm. Chạm tay vào một trong hai quả cầu, hãy tính khoảng cách  $r'$  giữa hai quả cầu sau khi chúng đạt vị trí



cân bằng mới. Giả thiết chiều dài mỗi dây khá lớn so với khoảng cách hai quả cầu lúc cân bằng. Lấy  $\sqrt[3]{4} = 1,5785$ .

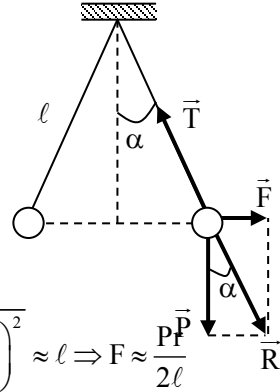
### Hướng dẫn giải

Các lực tác dụng lên mỗi quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}$  và lực căng của dây treo  $\vec{T}$ .

+ Khi quả cầu cân bằng thì:  $(\vec{F}_d + \vec{P}) + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0$

$\Rightarrow \vec{R}$  có phương sợi dây  $\Rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{P}$

$\Rightarrow F = P \tan \alpha = P \frac{\frac{r}{2}}{\sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}$



+ Nhận thấy:  $\ell^2 \gg \left(\frac{r}{2}\right)^2 \Rightarrow \ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2 \approx \ell^2 \Rightarrow \sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2} \approx \ell \Rightarrow F \approx \frac{P \frac{r}{2}}{\ell} = \frac{P r}{2 \ell}$

+ Lúc đầu:  $F_1 = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{P r}{2 \ell} \Rightarrow k \frac{q^2}{r^3} = \frac{P}{2 \ell}$  (1)

+ Giả sử ta chạm tay vào quả 1, kết quả sau đó quả cầu 1 sẽ mất điện tích, lúc đó giữa hai quả cầu không còn lực tương tác nên chúng sẽ trở về vị trí dây treo thẳng đứng. Khi chúng vừa chạm nhau thì điện tích của quả 2 sẽ truyền sang quả 1 và lúc này điện tích mỗi quả sẽ là:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_2}{2} = \frac{q}{2} \Rightarrow F_2 = k \frac{q^2}{4.(r')^2} = \frac{P r'}{2 \ell} \Rightarrow k \frac{q^2}{4.(r')^3} = \frac{P}{2 \ell}$$
 (2)

+ Từ (1) và (2) ta có:  $4(r')^3 = r^3 \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt[3]{4}} \approx 4(\text{cm})$

**Ví dụ 7.** Hai quả cầu cùng khối lượng  $m$ , tích điện giống nhau  $q$ , được nối với nhau bằng lò xo nhẹ cách điện, độ cứng  $K$ , chiều dài tự nhiên  $\ell_0$ . Một sợi dây chỉ mảnh, nhẹ, cách điện, không dẫn, có chiều dài  $2L$ , mỗi đầu sợi dây được gắn với một quả cầu. Cho điểm giữa (trung điểm) của sợi dây chỉ chuyển động thẳng đứng lên với gia tốc  $a = \frac{g}{2}$  thì lò xo có chiều dài  $\ell$  (với  $\ell_0 < \ell < 2L$ ). Tính  $q$ .

### Hướng dẫn giải

Trong hệ quy chiếu quán tính gắn với quả cầu, hệ cân bằng.

+ Lò xo dãn nên lực đàn hồi hướng vào trong lò xo.

+ Các lực tác dụng lên quả cầu được biểu diễn như hình

+ Điều kiện cân bằng:

$$\vec{P} + \vec{F}_d + \vec{F}_{dh} + \vec{T} + \vec{F}_{qt} = 0$$

+ Chiều lên Oxy:

$$\begin{cases} O_x : -F_d + F_{dh} + T \cdot \sin \alpha = 0 \\ O_y : T \cos \alpha - P - F_{qt} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T \cdot \sin \alpha = F_d - K(\ell - \ell_0) \\ T \cos \alpha = mg + ma \end{cases}$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{F_d - K(\ell - \ell_0)}{m(g + a)}$$

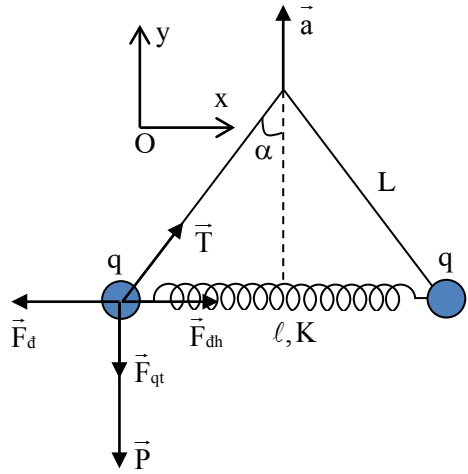
+ Từ hình vẽ ta cũng có:  $\tan \alpha = \frac{\frac{\ell}{2}}{\sqrt{L^2 - \left(\frac{\ell}{2}\right)^2}} = \frac{\ell}{\sqrt{4L^2 - \ell^2}}$

+ Do đó:  $\frac{\ell}{\sqrt{4L^2 - \ell^2}} = \frac{F_d - K(\ell - \ell_0)}{m(g + a)} \Rightarrow F_d = \frac{m\ell(g + a)}{\sqrt{4L^2 - \ell^2}} + K(\ell - \ell_0)$

$$\Rightarrow F_d = \frac{3mg\ell}{2\sqrt{4L^2 - \ell^2}} + K(\ell - \ell_0)$$

+ Lại có:  $F_d = \frac{kq^2}{\ell^2} = \frac{3mg\ell}{2\sqrt{4L^2 - \ell^2}} + K(\ell - \ell_0)$

$$\Rightarrow q = \ell \sqrt{\frac{1}{k} \left( \frac{3mg\ell}{2\sqrt{4L^2 - \ell^2}} + K(\ell - \ell_0) \right)}$$



### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** 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:

- C ở đâu để  $q_3$  nằm cân bằng?
- Đấu và độ lớn của  $q_3$  để  $q_1, q_2$  cũng cân bằng.

**Bài 2.** Có hai điện tích  $q_1 = q$  và  $q_2 = 4q$  đặt cố định trong không khí cách nhau một khoảng  $a = 30 \text{cm}$ . Phải đặt một điện tích  $q_0$  như thế nào và ở đâu để nó cân bằng?

**Bài 3.** Hai điện tích  $q_1 = -2 \cdot 10^{-8} \text{C}$ ,  $q_2 = -1,8 \cdot 10^{-7} \text{C}$  đặt tại A và B trong không khí,  $AB = 8 \text{cm}$ . Một điện tích  $q_3$  đặt tại C. Hỏi:

- a) C ở đâu để  $q_3$  cân bằng?
- b) Dấu và độ lớn của  $q_3$  để  $q_1, q_2$  cũng cân bằng?

**Bài 4.** Hai điện tích  $q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$  C,  $q_2 = -8 \cdot 10^{-8}$  C đặt tại A và B trong không khí,  $AB = 8$  cm. Một điện tích  $q_0$  đặt tại C. Hỏi:

- a) C ở đâu để  $q_0$  cân bằng?
- b) Dấu và độ lớn của  $q_0$  để  $q_1, q_2$  cũng cân bằng?

**Bài 5.** Người ta treo 2 quả cầu nhỏ có khối lượng bằng nhau  $m = 0,01$  g bằng những sợi dây có chiều dài bằng nhau  $l = 50$  cm (khối lượng không đáng kể). Khi hai quả cầu nhiễm điện bằng nhau về độ lớn và cùng dấu, chúng đẩy nhau và cách nhau  $r = 6$  cm. Lấy  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

- a) Tính điện tích của mỗi quả cầu
- b) Nhúng cả hệ thống vào trong rượu etylic có  $\epsilon = 27$ . Tính khoảng cách giữa hai quả cầu. Bỏ qua lực đẩy Acimet.

**Bài 6.** Hai quả cầu nhỏ giống nhau bằng kim loại có khối lượng  $m = 5$  g, được treo vào cùng một điểm O bằng 2 sợi dây không dẫn, dài 30 cm. Cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau rồi tích điện cho mỗi quả cầu thì thấy chúng đẩy nhau cho đến khi 2 dây treo hợp với nhau 1 góc  $90^\circ$ . Tính điện tích mà ta đã truyền cho quả cầu. Lấy  $g = 10$  (m/s<sup>2</sup>).

**Bài 7.** Hai quả cầu giống nhau, tích điện như nhau treo ở hai đầu A và B của hai dây cùng độ dài OA, OB có đầu O chung được giữ cố định trong chân không. Sau đó tất cả được nhúng trong dầu hỏa (có khối lượng riêng  $\rho_0$  và hằng số điện môi  $\epsilon = 4$ ). Biết rằng so với trường hợp trong chân không góc  $\widehat{AOB}$  không thay đổi và gọi  $\rho$  là khối lượng riêng của hai quả cầu. Hãy tính tỷ số  $\frac{\rho}{\rho_0}$ . Biết hai sợi dây OA,

OB không co giãn và có khối lượng không đáng kể.

**Bài 8.** Hai quả cầu nhỏ giống nhau, mỗi quả có điện tích  $q$  và khối lượng  $m = 10$  g được treo bởi hai sợi dây cùng chiều dài  $l = 30$  cm vào cùng một điểm O. Giữ quả cầu 1 cố định theo phương thẳng đứng, dây treo quả cầu 2 sẽ bị lệch góc  $\alpha = 60^\circ$  so với phương thẳng đứng. Cho  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Tìm  $q$ .

**Bài 9.** Có 2 sợi dây mảnh không dẫn, mỗi dây dài 2 m. Hai đầu dây được dính vào cùng 1 điểm, ở 2 đầu còn lại có buộc 2 quả cầu giống nhau, mỗi có trọng lượng 0,02 N. Các quả cầu mang điện tích cùng dấu có độ lớn  $5 \cdot 10^{-8}$  C. Khoảng cách giữa tâm của các quả khi chung nằm cân bằng là bao nhiêu.

**Bài 10.** Có hai điện tích điểm  $q$  và  $4q$  đặt cách nhau một khoảng  $r$ . Cần đặt điện tích thứ ba  $Q$  ở đâu và có dấu như thế nào để hệ ba điện tích nằm cân bằng? Xét hai trường hợp:

- a) Hai điện tích  $q$  và  $4q$  được giữ cố định.
- b) hai điện tích  $q$  và  $4q$  để tự do.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

### Bài 1.

a) Vị trí của C để  $q_3$  nằm cân bằng

– Các lực điện tác dụng lên  $q_3$ :  $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ .

– Để  $q_3$  nằm cân bằng thì:  $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$  cùng phương,

ngược chiều và cùng độ lớn:  $F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2}$ .

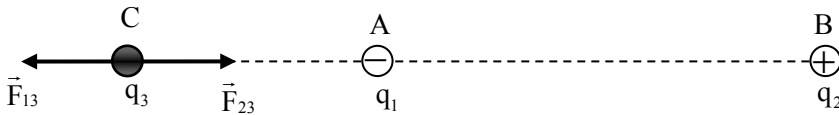
$$\Rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \left( \frac{AC}{BC} \right)^2 = \frac{2}{18} = \frac{1}{9} < 1$$

Từ đó:

+ C nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

+  $BC = 3AC = 3(BC - AB) \Rightarrow BC = \frac{3}{2} AB = \frac{3}{2} \cdot 8 = 12\text{cm}$  và  $AC = \frac{1}{3} \cdot 12 = 4\text{cm}$ .

Vậy: Phải đặt  $q_3$  tại C, với  $AC = 4\text{cm}$ ;  $BC = 12\text{cm}$  thì  $q_3$  sẽ nằm cân bằng.



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

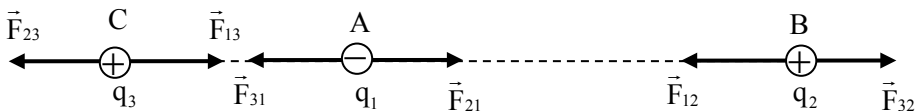
– Để  $q_1$  và  $q_2$  cũng cân bằng thì:

$$\begin{cases} \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = 0 \\ \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_{21} = F_{31} \\ F_{12} = F_{32} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} \\ k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow |q_3| = |q_2| \left( \frac{AC}{AB} \right)^2 = 1,8 \cdot 10^{-7} \left( \frac{4}{8} \right)^2 = 0,45 \cdot 10^{-7} C$$

– Vì  $q_1 < 0$ ;  $q_2 > 0 \Rightarrow q_3 > 0$ :  $q_3 = 0,45 \cdot 10^{-7} C$ .

Vậy: Để  $q_1$  và  $q_2$  cũng cân bằng thì  $q_3 = +0,45 \cdot 10^{-7} C$ .



### Bài 2.

+ Gọi  $\vec{F}_{10}, \vec{F}_{20}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_0$

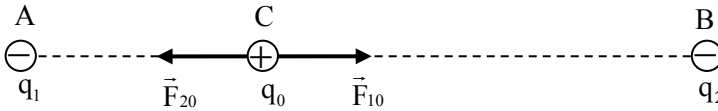
+ Gọi C là vị trí đặt điện tích  $q_0$ .

+ Điều kiện cân bằng của  $q_0$ :  $\vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{10} = -\vec{F}_{20} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB

+ Vì  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu (giả sử cả  $q_1 < 0$ ;  $q_2 < 0$ ) nên C phải nằm trong AB.

+ Dấu của  $q_0$  là tùy ý.

+ Lại có:  $F_{10} = F_{20} \Rightarrow \frac{q_1}{CA^2} = \frac{q_2}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 2 \Rightarrow CB = 2CA \Rightarrow$  C gần A hơn (hình)



+ Từ hình ta có:  $CA + CB = 30 \Rightarrow CA = 10 \text{ cm}$  và  $CB = 20 \text{ cm}$

### Bài 3.

a) Gọi  $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_3$

+ Gọi C là vị trí đặt điện tích  $q_3$ .

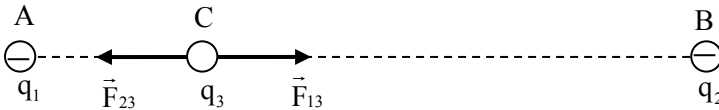
+ Điều kiện cân bằng của  $q_3$ :  $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB

+ Vì  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu nên từ ta suy ra C phải nằm trong AB

+ Dấu của  $q_3$  là tùy ý.

+ Lại có:  $F_{13} = F_{23} \Rightarrow \frac{q_1}{CA^2} = \frac{q_2}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 3 \Rightarrow CB = 3CA \Rightarrow$  C gần A hơn (hình)

+ Từ hình ta có:  $CA + CB = 8 \Rightarrow CA = 2 \text{ cm}$  và  $CB = 6 \text{ cm}$



b) Gọi  $\vec{F}_{31}, \vec{F}_{21}$  lần lượt là lực do  $q_3, q_2$  tác dụng lên  $q_1$

+ Điều kiện cân bằng của  $q_1$ :  $\vec{F}_{31} + \vec{F}_{21} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{31} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{F}_{31}$  ngược chiều  $\vec{F}_{21}$

Suy ra  $F_{31}$  là lực hút  $\Rightarrow q_3 > 0$

+ Ta có:  $F_{31} = F_{21} \Leftrightarrow \frac{q_3}{AC^2} = \frac{q_2}{AB^2} \Rightarrow q_3 = |q_2| \frac{AC^2}{AB^2} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2^2}{8^2} = 1,125 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

+ Điều kiện cân bằng của  $q_2$ :  $\vec{F}_{32} + \vec{F}_{12} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{32} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow \vec{F}_{32}$  ngược chiều  $\vec{F}_{12}$

Suy ra  $F_{32}$  là lực hút  $\Rightarrow q_3 > 0$

Ta có:  $F_{32} = F_{12} \Leftrightarrow \frac{q_3}{CB^2} = \frac{q_1}{AB^2} \Rightarrow q_3 = |q_1| \frac{CB^2}{AB^2} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{6^2}{8^2} = 1,125 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

+ Vậy với  $q_3 = 1,125 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  thì hệ thống cân bằng

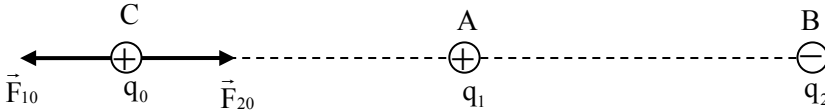
### Bài 4.

a) Gọi  $\vec{F}_{10}, \vec{F}_{20}$  lần lượt là lực do  $q_1, q_2$  tác dụng lên  $q_0$

- + Điều kiện cân bằng của  $q_0$ :  $\vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{10} = -\vec{F}_{20} \Rightarrow$  điểm C phải thuộc AB
- + Vì  $q_1$  và  $q_2$  trái dấu nên từ ta suy ra C phải nằm ngoài AB
- + Dấu của  $q_0$  là tùy ý.

+ Lại có:  $F_{10} = F_{20} \Rightarrow \frac{q_1}{AC^2} = \frac{q_2}{BC^2} \Rightarrow \frac{BC}{AC} = 2 \Rightarrow BC = 2AC \Rightarrow$  C gần A hơn (hình)

+ Từ hình ta có:  $CA = BC - 8 \Rightarrow CA = 8 \text{ cm}$  và  $BC = 16 \text{ cm}$



b) Gọi  $\vec{F}_{01}, \vec{F}_{21}$  lần lượt là lực do  $q_0, q_2$  tác dụng lên  $q_1$

+ Điều kiện cân bằng của  $q_1$ :  $\vec{F}_{01} + \vec{F}_{21} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{01} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{F}_{01}$  ngược chiều  $\vec{F}_{21}$

Suy ra  $F_{01}$  là lực hút  $\Rightarrow q_0 < 0$

Ta có:  $F_{01} = F_{21} \Leftrightarrow \frac{q_0}{AC^2} = \frac{q_2}{AB^2} \Rightarrow q_0 = -|q_2| \frac{AC^2}{AB^2} = -8 \cdot 10^{-8} \frac{8^2}{8^2} = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

+ Điều kiện cân bằng của  $q_2$ :  $\vec{F}_{02} + \vec{F}_{12} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{02} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow \vec{F}_{02}$  ngược chiều  $\vec{F}_{12}$

Suy ra  $F_{02}$  là lực đẩy  $\Rightarrow q_0 < 0$

Ta có:  $F_{02} = F_{12} \Leftrightarrow \frac{q_0}{CB^2} = \frac{q_1}{AB^2} \Rightarrow q_0 = -|q_1| \frac{CB^2}{AB^2} = -2 \cdot 10^{-8} \frac{16^2}{8^2} = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

+ Vậy với  $q_0 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  thì hệ thống cân bằng

### Bài 5.

Các lực tác dụng lên mỗi quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}$  và lực căng của dây treo  $\vec{T}$ .

+ Khi quả cầu cân bằng thì:  $\underbrace{(\vec{F}_d + \vec{P})}_{\vec{R}} + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{R}$  có phương sợi dây.

+ Do đó ta có:  $\tan \alpha = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \tan \alpha = P \frac{\frac{r}{2}}{\sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}$

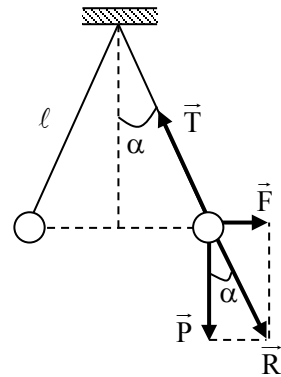
+ Nhận thấy:  $\ell^2 \gg \left(\frac{r}{2}\right)^2 \Rightarrow \ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2 \approx \ell^2 \Rightarrow \sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2} \approx \ell \Rightarrow F \approx \frac{Pr}{2\ell}$

a) Ta có:  $F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{Pr}{2\ell} \Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{Pr^3}{2\ell k}} \approx 1,53 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

b) Theo câu a ta có:  $F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{Pr}{2\ell}$ . Nên khi nhúng cả hệ thống vào trong rượu

etylic thì:  $F' = k \frac{q^2}{\varepsilon(r')^2} = \frac{Pr'}{2\ell}$

$$\Rightarrow \begin{cases} k \frac{q^2}{r^2} = P \frac{r}{2\ell} \\ k \frac{q^2}{27(r')^2} = P \frac{r'}{2\ell} \end{cases} \Rightarrow r' = \frac{r}{3} = 2(\text{cm})$$



### Bài 6.

Các lực tác dụng lên quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực căng dây  $\vec{T}$ , lực tương tác tĩnh điện (lực tĩnh điện)  $\vec{F}$  giữa hai quả cầu.

+ Khi quả cầu cân bằng ta có:  $\vec{T} + \vec{P} + \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{T} + \vec{R} = 0 \Rightarrow \vec{R}$  cùng phương, ngược chiều với  $\vec{T} \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

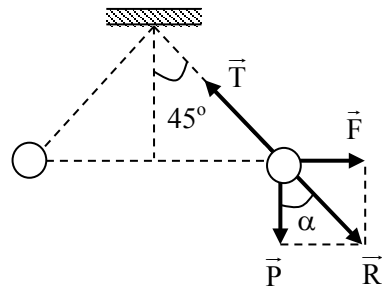
Ta có:  $\tan 45^\circ = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P = mg = 0,05 \text{ N}$

+ Mà:  $\begin{cases} F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \\ |q_1| = |q_2| = |q| \end{cases} \Rightarrow F = k \frac{q^2}{r^2}$ .

+ Từ hình có:  $r = 2(\ell \sin 45^\circ) = \ell\sqrt{2}$

+ Do đó ta có:  $F = k \frac{q^2}{2\ell^2} \Rightarrow |q| = \ell \sqrt{\frac{2F}{k}} = 10^{-6} \text{ (C)}$

+ Vậy tổng độ lớn điện tích đã truyền cho hai quả cầu là:  $Q = 2|q| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

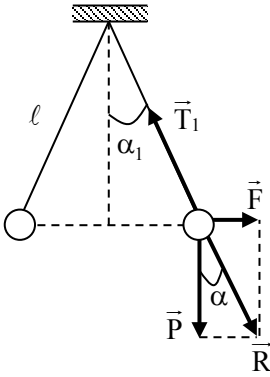


### Bài 7.

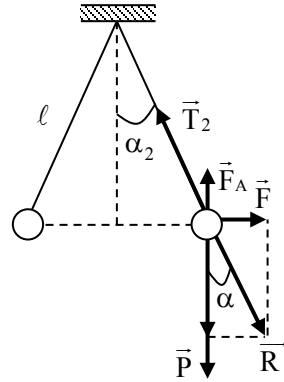
Ở trong chân không các lực tác dụng lên quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}_1$  và lực căng của dây treo  $\vec{T}_1$ .

+ Ở trong dầu hỏa các lực tác dụng lên quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}_2$ , lực căng của dây treo  $\vec{T}_2$  và lực đẩy Ác-si-mét  $\vec{F}_A$

+ Các lực tác dụng lên quả cầu trong mỗi trường hợp được biểu diễn như hình



Chân không



Dầu hỏa

+ Vì góc  $\alpha_1 = \alpha_2$  nên  $\tan \alpha_1 = \tan \alpha_2 \Leftrightarrow \frac{F_1}{P} = \frac{F_2}{P - F_A}$

$\Leftrightarrow k \frac{q^2}{r^2 P} = k \frac{q^2}{\epsilon r^2 (P - F_A)} \Rightarrow \epsilon (P - F_A) = P \Rightarrow \epsilon F_A = P(\epsilon - 1)$

$\Rightarrow \epsilon \rho_0 V g = mg(\epsilon - 1) \Leftrightarrow \epsilon \rho_0 V g = \rho V g(\epsilon - 1) \Rightarrow \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} = \frac{4}{3}$

**Bài 8.**

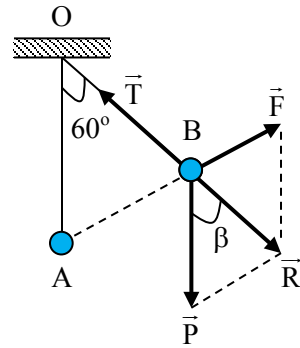
Các lực tác dụng lên mỗi quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}$  và lực căng của dây treo  $\vec{T}$ .

+ Khi quả cầu cân bằng thì:

$(\vec{F}_d + \vec{P}) + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{R}$  có phương sợi dây

+ Do đó suy ra góc  $\beta = 60^\circ \Rightarrow \Delta BPR$  đều

$\Rightarrow F = P \Leftrightarrow k \frac{q^2}{\ell^2} = mg \Rightarrow |q| = \ell \sqrt{\frac{mg}{k}} = 10^{-6} \text{ C}$



**Bài 9.**

Các lực tác dụng lên mỗi quả cầu gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực tương tác tĩnh điện  $\vec{F}$  và lực căng của dây treo  $\vec{T}$ .

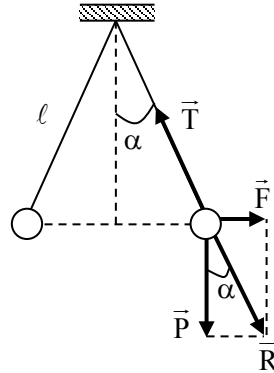


+ Khi quả cầu cân bằng thì:  $\underbrace{(\vec{F}_d + \vec{P})}_{\vec{R}} + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{R}$  có phương sợi dây.

+ Do đó ta có:  $\tan \alpha = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \frac{\frac{r}{2}}{\sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}$

+ Giả sử:  $\ell^2 \gg \left(\frac{r}{2}\right)^2 \Rightarrow F \approx \frac{Pr}{2\ell}$

+ Ta có:  $k \frac{q^2}{r^2} \approx P \frac{r}{2\ell} \Rightarrow r = 0,165\text{m}$



+  $r = 0,165(\text{m}) \ll 1(\text{m})$ , nên giả sử  $\ell^2 \gg \left(\frac{r}{2}\right)^2$  chấp nhận được

### Bài 10.

a) Trường hợp các điện tích  $q$  và  $4q$  được giữ cố định: vì  $q$  và  $4q$  cùng dấu nên để cặp lực do  $q$  và  $4q$  tác dụng lên  $q$  là cặp lực trực đối thì  $Q$  phải nằm trên đoạn thẳng nối điểm đặt  $q$  và  $4q$ . Gọi  $x$  là khoảng cách từ  $q$  đến  $Q$  ta có:

$$9 \cdot 10^9 \frac{|qQ|}{x^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|4qQ|}{(r-x)^2} \Rightarrow x = \frac{r}{3}.$$

Vậy  $Q$  phải đặt cách  $q$  khoảng cách  $\frac{r}{3}$  và cách  $4q$  khoảng cách  $\frac{2r}{3}$ ; với  $q$  có độ lớn và dấu tùy ý.

b) Trường hợp các điện tích  $q$  và  $4q$  để tự do: ngoài điều kiện về khoảng cách như ở câu a thì cần có thêm các điều kiện: cặp lực do  $Q$  và  $4q$  tác dụng lên  $q$  phải là cặp lực trực đối, đồng thời cặp lực do  $q$  và  $Q$  tác dụng lên  $4q$  cũng là cặp lực trực đối. Để thỏa mãn các điều kiện đó thì  $Q$  phải trái dấu với  $q$  và:

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q \cdot Q|}{\left(\frac{r}{3}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q \cdot 4q|}{r^2} \Rightarrow Q = -\frac{4q}{9}.$$

## CHUYÊN ĐỀ 2. ĐIỆN TRƯỜNG

### I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

#### 1. Điện trường

- + **Khái niệm điện trường:** một điện tích tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt ở gần nó. Ta nói xung quanh điện tích đó có điện trường.
- + Tính chất cơ bản của điện trường: tác dụng lực điện lên điện tích khác đặt trong nó.

#### 2. Cường độ điện trường

- + Giả sử có các điện tích  $q_1, q_2, q_3, \dots$  đặt lần lượt các điện tích này tại cùng một điểm trong điện trường. Và lực tác dụng lên các điện tích lần lượt là  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  khi đó thương số  $\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3}$ . Nếu đặt mỗi điện tích ở mỗi vị trí khác nhau thì thương số trên khác nhau.
- + Thương số  $\frac{\vec{F}}{q}$  đặc trưng cho điện trường tại điểm đang xét về mặt tác dụng lực gọi là cường độ điện trường và kí hiệu là  $\vec{E}$ . Ta có:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ . Đơn vị của cường độ điện trường là Vôn/mét (V/m)

#### Chú ý:

- + Trong biểu thức trên F phụ thuộc vào q và E còn q và E không phụ thuộc vào F.
- + Trong trường hợp E đã biết ta có thể viết:  $\vec{F} = q\vec{E}$ 
  - Nếu  $q > 0$  thì E và F cùng chiều
  - Nếu  $q < 0$  thì E và F ngược chiều
- + **Vecto cường độ điện trường do điện tích Q gây ra tại một điểm M có:**
  - Có phương nằm trên đường nối điện tích Q và điểm M
  - Có chiều hướng ra xa Q nếu  $Q > 0$  và ngược lại
  - Có độ lớn  $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$

#### 3. Đường sức điện

- + **Định nghĩa:** Đường sức điện là đường vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến tại bất kì điểm nào trên đường sức cũng trùng với vecto cường độ điện trường tại điểm đó.
- + **Tính chất của đường sức:**
  - Tại mỗi điểm chỉ vẽ được một đường sức
  - Là các đường cong không kín, bắt đầu ở điện tích dương và tận cùng ở điện tích âm hoặc  $\infty$

- Nơi nào E lớn thì dày, E bé thì thưa

#### 4. Nguyên lý chồng chất điện trường

- + Giả sử ta có hệ n điện tích  $Q_1, Q_2, \dots$  khi đó điện trường tổng cộng tại điểm M là:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ .

- + Dạng đại số: 
$$\begin{cases} E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha} \\ \alpha = (\vec{E}_1, \vec{E}_2) \end{cases}$$

## II. CÁC DẠNG TOÁN

### Dạng 1. Xác định cường độ điện trường. Lực tác dụng lên điện tích đặt trong điện trường

#### A. Phương pháp giải

#### 1. Cường độ điện trường do một điện tích điểm gây ra

- + Cường độ điện trường tạo bởi điện tích điểm Q có:
  - **Điểm đặt:** tại điểm khảo sát.
  - **Phương:** đường thẳng nối điện tích với điểm khảo sát.
  - **Chiều:**
    - \* Nếu  $Q > 0 \rightarrow \vec{E}$  hướng ra xa Q (hình vẽ dưới)
    - \* Nếu  $Q < 0 \rightarrow \vec{E}$  hướng về phía Q (hình vẽ dưới)
  - **Độ lớn:**  $E = k \cdot \frac{|Q|}{\epsilon \cdot r^2}$



#### Trong đó:

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2;$$

r là khoảng cách từ điểm khảo sát đến điện tích Q, đơn vị là m.

Q là điện tích, đơn vị là C.

E là cường độ điện trường, đơn vị là V/m.

$\epsilon$  là hằng số điện môi, môi trường không khí thì  $\epsilon = 1$ .

#### 2. Lực tác dụng lên điện tích đặt trong điện trường

- + Lực do điện trường  $\vec{E}$  tác dụng lên điện tích q đặt trong nó:
  - Biểu thức:  $\vec{F} = q \cdot \vec{E} \Rightarrow \begin{cases} \text{Nếu } q > 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \uparrow \vec{E} \\ \text{Nếu } q < 0 \Rightarrow \vec{F} \downarrow \downarrow \vec{E} \end{cases}$
  - Độ lớn:  $F = |q|E$

#### 3. Sự cân bằng của vật mang điện tích đặt trong điện trường

- + Xác định các lực tác dụng lên vật

+ Biểu diễn các lực tác dụng lên vật

+ Điều kiện cân bằng  $\vec{F}_{ht} = 0$

Chú ý: Các lực thường gặp là: lực điện  $\vec{F} = q\vec{E}$ , trọng lực  $\vec{P} = m\vec{g}$  và lực đẩy Acsimet  $\vec{F}_A = -\rho V\vec{g}$

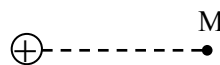
## B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Cho điện tích  $Q = 5 \cdot 10^{-9}$  C đặt trong không gian.

a) Xác định vector cường độ điện trường do điện tích gây ra tại một điểm M (hình vẽ bên) cách điện tích một khoảng 10 cm khi:

▪ Điện tích Q đặt trong chân không

▪ Điện tích Q đặt trong điện môi có  $\epsilon = 2,5$ .



b) Xét trường hợp Q đặt trong chân không và đặt tại M một điện tích  $q = 4 \cdot 10^{-8}$  C. Xác định độ lớn lực điện trường tác dụng lên điện tích q.

### Hướng dẫn giải

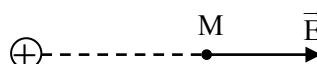
a) Xác định vector cường độ điện trường do điện tích gây ra tại điểm M

\*Khi điện tích đặt trong chân không

+ Cường độ điện trường do điện tích Q gây ra tại M có:

• Điểm đặt tại M.

• Phương là đường nối từ Q đến M, chiều hướng từ Q đến M.



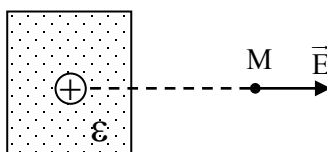
• Độ lớn:  $E = k \frac{|Q|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-9}}{0,1^2} = 4500 \text{ (V/m)}$ .

\*Khi điện tích đặt trong điện môi

+ Cường độ điện trường do điện tích Q gây ra tại M có:

• Điểm đặt tại M.

• Phương là đường nối từ Q đến M, chiều hướng từ Q đến M.



• Độ lớn:  $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 0,1^2} = 1800 \text{ (V/m)}$ .

b) Xác định lực điện trường tác dụng lên điện tích q

+ Độ lớn lực điện tác dụng lên q:  $F = |q|E = 4 \cdot 10^{-8} \cdot 4500 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$

**Ví dụ 2:** Tại một điểm N trong không khí nằm cách điện tích  $q_1$  một khoảng  $R = 3$  cm tồn tại một điện trường  $E = 200$  kV/m.

a) Hãy xác định điện tích  $q_1$

b) Nếu tại điểm M nằm cách  $q_1$  một khoảng  $R_1 = 5$  cm có điện tích  $q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$  C. Hãy tính lực điện do  $q_1$  tác dụng lên  $q_2$  bằng 2 cách khác nhau. Điện tích

$q_2$  có tác dụng lực lên  $q_1$  hay không ?

### Hướng dẫn giải

a) Do  $q_1$  sinh ra tại N một điện trường E nên ta có:

$$E = k \frac{|q_1|}{R^2} \Rightarrow |q_1| = \frac{E \cdot R^2}{k} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ (C)}$$

b) Tính lực điện do  $q_1$  tác dụng lên  $q_2$  bằng 2 cách khác nhau

**Cách 1:** Tính theo lực tương tác  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$

+ Khi đặt  $q_2$  cách  $q_1$  một đoạn  $R_1 = 5 \text{ cm}$  thì chúng sẽ tương tác với nhau một lực

có độ lớn được xác định theo công thức:  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R_1^2} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$

**Cách 2:** Tính theo công thức lực điện trường  $F = |q|E$

+ Điện trường do  $q_1$  gây ra tại một điểm:  $E = k \frac{|q_1|}{R^2}$

+ Ta có:  $\frac{E_M}{E_N} = \left(\frac{R_N}{R_M}\right)^2 \Rightarrow E_M = E_N \left(\frac{R_N}{R_M}\right)^2 = 200 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 7200 \text{ (V/m)}$

+ Khi đặt  $q_2$  tại M thì  $q_2$  chịu tác dụng một lực điện trường (do  $q_1$  sinh ra):

$$F = |q_2|E = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$$

\*Bản thân  $q_2$  cũng sinh ra xung quanh nó một điện trường nên điện trường này lại tác dụng lực lên  $q_1$

**Ví dụ 3:** Cho hai điểm A và B cùng nằm trên một đường sức của điện trường do một điện tích điểm  $q > 0$  gây ra. Biết độ lớn của cường độ điện trường tại A là  $36 \text{ V/m}$ , tại B là  $9 \text{ V/m}$ .

a. Xác định cường độ điện trường tại trung điểm M của AB.

b. Nếu đặt tại M một điện tích điểm  $q_0 = -10^{-2} \text{ C}$  thì độ lớn lực điện tác dụng lên  $q_0$  là bao nhiêu? Xác định phương chiều của lực.

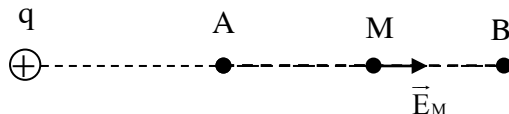
### Hướng dẫn giải

Ta có:

$$E_A = k \frac{q}{OA^2} = 36 \text{ V/m (1)}$$

$$E_B = k \frac{q}{OB^2} = 9 \text{ V/m (2)}$$

$$E_M = k \frac{q}{OM^2} \text{ (3)}$$



$$\text{Lấy (1) chia (2)} \Rightarrow \left(\frac{OB}{OA}\right)^2 = 4 \Rightarrow OB = 2OA.$$

$$\text{Lấy (3) chia (1)} \Rightarrow \frac{E_M}{E_A} = \left(\frac{OA}{OM}\right)^2$$

$$\text{Với: } OM = \frac{OA + OB}{2} = 1,5OA$$

$$\Rightarrow \frac{E_M}{E_A} = \left(\frac{OA}{OM}\right)^2 = \frac{1}{2,25} \Rightarrow E_M = 16V$$

$$\text{b. Lực từ tác dụng lên } q_0: \vec{F} = q_0 \vec{E}_M$$

vì  $q_0 < 0$  nên  $\vec{F}$  ngược hướng với  $\vec{E}_M$  và có độ lớn:

$$F = |q_0| E_M = 0,16N$$

**Ví dụ 4:** Một quả cầu kim loại bán kính  $R = 3 \text{ cm}$  mang điện tích  $Q = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ . Xác định cường độ điện trường:

- Tại điểm nằm sát mặt quả cầu (phía bên ngoài)
- Tại điểm M cách tâm quả cầu  $r = 10 \text{ cm}$ .
- Tại điểm N cách bề mặt quả cầu  $d = 27 \text{ cm}$ .

#### Hướng dẫn giải

Có thể coi cường độ điện trường do một quả cầu kim loại gây ra tại một điểm nằm ngoài quả cầu bằng cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm có điện tích bằng điện tích quả cầu đặt tại tâm của nó. Do đó ta có:  $E = k \cdot \frac{|Q|}{r^2}$  (trong đó  $r$  là khoảng cách từ điểm khảo sát đến tâm quả cầu)

$$\text{a) Trên bề mặt quả cầu có bán kính } 3 \text{ cm: } E = k \cdot \frac{|Q|}{R^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ (V/m)}$$

$$\text{b) Cách tâm quả cầu một khoảng } 10 \text{ cm: } E = k \cdot \frac{|Q|}{r^2} = 45 \cdot 10^3 \text{ (V/m)}$$

$$\text{c) Cách bề mặt quả cầu một khoảng } d = 27 \text{ cm: } E = k \cdot \frac{|Q|}{(R + d)^2} = 5 \cdot 10^3 \text{ (V/m)}$$

**Ví dụ 5:** 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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

#### Hướng dẫn giải

– Các lực tác dụng lên hòn bi:

+ Trọng lực  $\vec{P} = m\vec{g}$  (hướng xuống).

+ Lực đẩy Ac-si-met  $\vec{F}_A = -DV\vec{g}$  (hướng lên).

+ Lực điện trường:  $\vec{F} = q\vec{E}$  (hướng xuống nếu  $q > 0$ ; hướng lên nếu  $q < 0$ ).

- Hòn bi nằm cân bằng (lơ lửng) khi:

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}' + \vec{F} = \vec{0}$$

- Vì  $P > F_A$  nên  $P' = P - F_A$

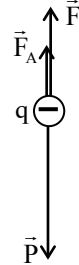
$\Rightarrow \vec{F}$  phải hướng lên  $\Rightarrow q < 0$  và  $F = P - F_A$ .

$$\Rightarrow |q|E = mg - DVg$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{mg - DVg}{E} = \frac{9 \cdot 10^{-5} \cdot 10 - 800 \cdot 10^{-8} \cdot 10}{4,1 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-9} C$$

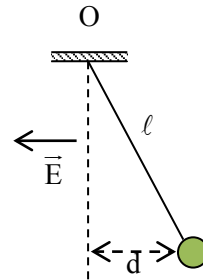
Vì  $q < 0$  nên  $q = -2 \cdot 10^{-9} C$ .

Vậy: Điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu là  $q = -2 \cdot 10^{-9} C$ .



**Ví dụ 6:** Một quả cầu khối lượng  $m = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  treo vào một sợi dây dài 2 m. Quả cầu nằm trong điện trường có vec-tơ  $\vec{E}$  nằm ngang, hướng sang trái như hình vẽ. Biết  $d = 1 \text{ m}$ ,  $E = 2000 \text{ V/m}$ . Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- Biểu diễn các lực tác dụng lên quả cầu.
- Tính điện tích của quả cầu.
- Tính độ lớn của lực căng dây.



### Hướng dẫn giải

Các lực tác dụng gồm: trọng lực  $\vec{P}$ , lực điện trường  $\vec{F}$ , lực căng dây  $\vec{T}$

+ Các lực được biểu diễn như hình

+ Khi quả cầu cân bằng:

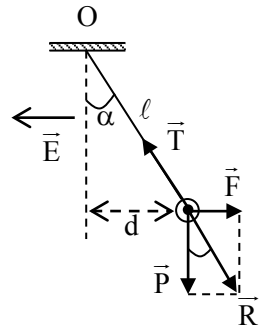
$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \vec{R} \text{ có phương sợi dây} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{d}{\sqrt{\ell^2 - d^2}} = \frac{F}{P}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2^2 - 1^2}} = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow |q| = 1,3 \cdot 10^{-5} (C)$$

+ Do  $\vec{F}$  và  $\vec{E}$  ngược chiều nên  $q < 0 \Rightarrow q = -1,3 \cdot 10^{-5} (C)$

+ Độ lớn lực căng dây:  $T = R = \frac{P}{\cos 30^\circ} = 0,052 (N)$



### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Một điện tích điểm  $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  được đặt trong môi trường dầu hỏa có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ .

- Hãy xác định cường độ điện trường do điện tích trên gây ra tại điểm M cách điện tích 1 đoạn  $R = 5 \text{ cm}$ .
- Nếu tại M đặt điện tích  $q_2 = -2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  thì  $q_2$  có bị tác dụng bởi lực tĩnh điện hay không. Nếu có, hãy tính độ lớn của lực này.

**Bài 2.** Trong chân không có một điện tích điểm  $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  đặt tại điểm O.

- Tính cường độ điện trường tại điểm M cách O một khoảng 2 cm.
- Vectơ cường độ điện trường tại M hướng ra xa hay lại gần O? Vẽ hình?

**Bài 3.** Một điện tích điểm  $Q = 10^{-6} \text{ C}$  đặt trong không khí

- Xác định cường độ điện trường tại điểm cách điện tích 30 cm.
- Đặt điện tích trên trong chất lỏng có hằng số điện môi  $\epsilon = 16$ . Điểm có cường độ điện trường như câu a cách điện tích bao nhiêu?

**Bài 4.** Cho hai điểm A, B cùng thuộc một đường sức của điện trường do một điện tích điểm Q đặt tại điểm O gây ra, đặt trong không khí. Biết cường độ điện trường tại A có độ lớn  $E_1 = 9 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ , tại B là  $E_2 = 4 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ . A ở gần B hơn O. Tính độ lớn cường độ điện trường tại điểm M là trung điểm của AB?

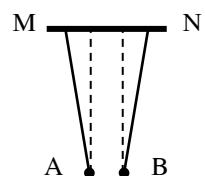
**Bài 5.** Một quả cầu nhỏ khối lượng  $m = 0,1 \text{ g}$  mang điện tích  $q = 10^{-8} \text{ C}$  được treo bằng một sợi dây không dẫn và đặt vào điện trường đều  $\vec{E}$  có đường sức nằm ngang. Khi quả cầu cân bằng, dây treo hợp với phương thẳng đứng góc  $\alpha = 45^\circ$ . Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Tính:

- Độ lớn của cường độ điện trường.
- Sức căng của dây treo.

**Bài 6.** Một quả cầu kim loại bán kính  $r = 3 \text{ mm}$  được tích điện  $q = 10^{-6} \text{ C}$  treo vào một đầu dây mảnh trong dầu. Điện trường đều trong dầu có  $\vec{E}$  hướng thẳng đứng từ trên xuống. Khối lượng riêng của kim loại  $\rho_1 = 8720 \text{ kg/m}^3$  của dầu  $\rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3$ . Biết rằng lực căng dây cực đại bằng 1,4 N, tính E để dây không đứt. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Bài 7.** Một quả cầu nhỏ khối lượng m mang điện tích  $q > 0$  treo vào một đầu dây mảnh trong dầu. Điện trường đều trong dầu có  $\vec{E}$  nằm ngang. Khối lượng riêng của quả cầu bằng 3 lần khối lượng riêng của dầu. Dây treo lệch một góc  $\alpha$  so với phương thẳng đứng. Lấy gia tốc trọng lực là g. Tính điện tích q của quả cầu.

**Bài 8.** 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?





**Bài 9.** Cho hai tấm kim loại song song, nằm ngang, nhiễm điện trái dấu. Khoảng không gian giữa hai tấm kim loại đó chứa đầy dầu. Một quả cầu bằng sắt bán kính  $R = 1 \text{ cm}$  mang điện tích  $q$  nằm lơ lửng trong lớp dầu. Điện trường giữa hai tấm kim loại là điện trường đều hướng từ trên xuống và có độ lớn  $20000 \text{ V/m}$ . Hỏi độ lớn và dấu của điện tích  $q$ . Cho biết khối lượng riêng của sắt là  $7800 \text{ kg/m}^3$ , của dầu là  $800 \text{ kg/m}^3$ . Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG**

**Bài 1.**

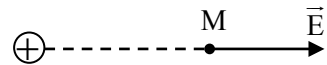
a) Cường độ điện trường do  $q_1$  gây ra tại M:  $E_1 = k \frac{|q_1|}{\epsilon R^2} = 72000 \text{ (V / m)}$

b) Tại M có điện trường  $E_1 = 72000 \text{ (V / m)}$  do đó nếu đặt  $q_2$  vào thì  $q_2$  sẽ chịu tác dụng một lực điện trường có độ lớn:  $F = |q_2| E_1 = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$

**Bài 2.**

a) Cường độ điện trường tại điểm M cách O một khoảng 2 cm:

$$E = k \frac{|q_1|}{R^2} = 9 \cdot 10^5 \text{ (V / m)}$$



b) Vì  $q_1 > 0$  nên  $\vec{E}$  hướng ra xa O như hình

**Bài 3.**

a) Cường độ điện trường tại điểm cách điện tích 30 cm:  $E = k \frac{|Q|}{R^2} = 10^5 \text{ (V / m)}$

b) Khi đặt Q trong điện môi thì:  $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2} \Rightarrow r = \sqrt{k \frac{|Q|}{\epsilon E}} = 0,075 \text{ (m)} = 7,5 \text{ (cm)}$

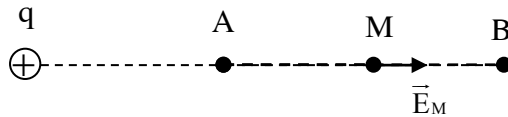
**Bài 4.**

Ta có:

$$E_A = k \frac{Q}{OA^2} = 9 \cdot 10^6 \text{ V / m (1)}$$

$$E_B = k \frac{Q}{OB^2} = 4 \cdot 10^6 \text{ V / m (2)}$$

$$E_M = k \frac{Q}{OM^2} \text{ (3)}$$



Lấy (1) chia (2)  $\Rightarrow \left(\frac{OB}{OA}\right)^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow OB = 1,5OA.$

Lấy (3) chia (1)  $\Rightarrow \frac{E_M}{E_A} = \left(\frac{OA}{OM}\right)^2$

$$\text{Với: } OM = \frac{OA + OB}{2} = 1,25OA$$

$$\Rightarrow \frac{E_M}{E_A} = \left( \frac{OA}{OM} \right)^2 = \frac{1}{1,5625} \Rightarrow E_M = 5760000V$$

**Bài 5.**

a) Độ lớn của cường độ điện trường

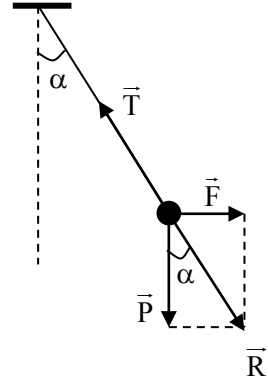
+ Điều kiện cân bằng của quả cầu:  $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0$

+ Gọi  $\vec{R}$  là vectơ tổng hợp của  $\vec{P}$  và  $\vec{F} \Rightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0$

+ Suy ra  $\vec{R}$  có phương sợi dây

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{qE}{mg} \Rightarrow E = 10^5 (V/m)$$

b) Ta có:  $\vec{R} + \vec{T} = 0 \Rightarrow T = R = \frac{mg}{\cos \alpha} = \sqrt{2} \cdot 10^{-3} N$

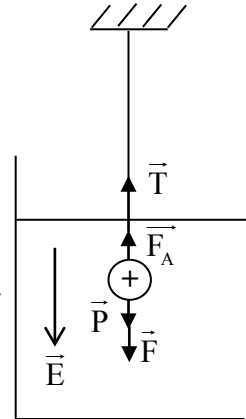


**Bài 6.**

Quả cầu có cân bằng:  $\vec{P} + \vec{F} + \vec{F}_A + \vec{T} = \vec{0}$

$$\Rightarrow T = P - F_A + F = \frac{3}{4} \pi r^2 g (\rho_1 - \rho_2) + qE \leq T_{\max}$$

$$\Rightarrow E \leq \frac{1}{q} \left[ T_{\max} - \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_1 - \rho_2) \right] = 1,391 \cdot 10^6 (V/m).$$



**Bài 7.**

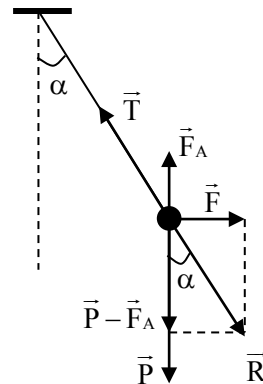
Quả cầu cân bằng:  $\vec{P} + \vec{F} + \vec{F}_A + \vec{T} = \vec{0}$ .

$$\tan \alpha = \frac{F}{P - F_A}$$

$$P - F_A = VDg - VDg$$

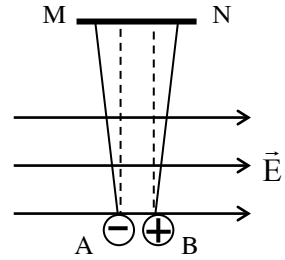
$$= V(D - D)g = \frac{2}{3} mg$$

$$\tan \alpha = \frac{qE}{\frac{2}{3} mg} \Rightarrow q = \frac{2mg \tan \alpha}{3E}$$



**Bài 8.**

- Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải tác dụng lực điện trường ngược chiều với lực tĩnh điện và cùng độ lớn với lực tĩnh điện:  $F' = F$ .



- Với quả cầu A:  $|q|E = k \frac{q^2}{AB^2}$

$$\Rightarrow E = k \frac{|q|}{AB^2} = k \frac{|q|}{MN^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ V/m.}$$

và vì  $q_1 < 0$  nên  $\vec{E}$  ngược chiều với  $\vec{F}'$  nghĩa là cùng chiều với  $\vec{F}$  (hướng từ trái sang phải).

- Với quả cầu B: Tương tự.

Vậy: Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải dùng một điện trường đều có hướng từ trái sang phải và có độ lớn  $E = 4,5 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ .

### Bài 9.

Các lực tác dụng lên quả cầu gồm: lực điện  $\vec{F}$ , trọng lực  $\vec{P}$  hướng xuống và lực đẩy Acsimet  $\vec{F}_A$  hướng lên.

+ Điều kiện cân bằng của quả cầu:  $\vec{P} + \vec{F}_d + \vec{F}_A = 0$

$$+ \text{ Lại có: } \begin{cases} P = mg = \rho_{\text{vat}} Vg = \rho_{\text{vat}} \frac{4}{3} \pi R^3 g \\ F_A = \rho_{\text{mt}} Vg = \rho_{\text{mt}} \frac{4}{3} \pi R^3 g \end{cases}$$

+ Vì khối lượng riêng của vật lớn hơn  $\Rightarrow P > F_A \Rightarrow F_A + F = P \Rightarrow F = P - F_A$

$$\Leftrightarrow |q|E = P - F_A \Rightarrow |q| = \frac{P - F_A}{E} = \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 g (\rho_{\text{vat}} - \rho_{\text{mt}})}{E} = 14,7 \cdot 10^{-6} \text{ (C)}$$

+ Vậy để vật cân bằng thì lực điện phải hướng lên

$$\Rightarrow \text{lực ngược hướng } \vec{E} \Rightarrow q < 0 \Rightarrow q = -14,7 \cdot 10^{-6} \text{ (C)}$$

## Dạng 2. Cường độ điện trường do nhiều điện tích điểm gây ra

### A. Phương pháp giải

- Trường hợp có nhiều điện tích điểm  $Q_1, Q_2, \dots$  gây ra tại điểm M các cường độ điện trường  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$  thì ta dùng nguyên lý chồng chất điện trường để xác định cường độ điện trường tổng hợp tại M.

- Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường :  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ .

- Biểu diễn  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3 \dots \vec{E}_n$  bằng các vectơ.

- Vẽ vectơ hợp lực  $\vec{E}$  bằng theo quy tắc hình bình hành.

- Tính độ lớn hợp lực dựa vào phương pháp hình học hoặc định lý hàm số cosin.

+ Nếu  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  cùng chiều thì  $E = E_1 + E_2$ .

+ Nếu  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  ngược chiều thì  $E = |E_1 - E_2|$ .

+ Nếu  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  vuông góc thì  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ .

+ Nếu  $(\vec{E}_1, \vec{E}_2) = \alpha$  và  $E_1 = E_2$  thì  $E = 2E_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$ .

- Trường hợp điện tích nằm cân bằng trong điện trường thì từ điều kiện cân bằng về lực:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$

ta có thể dựa vào phương pháp “tam giác lực”, phương pháp hình chiếu như đã dùng ở chuyên đề 1 để xác định các đại lượng cần tìm theo các đại lượng đã cho.

### B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Có hai điện tích điểm  $q_1 = 0,5 \text{ nC}$  và  $q_2 = -0,5 \text{ nC}$  lần lượt đặt tại hai điểm A, B cách nhau một đoạn  $a = 6 \text{ cm}$  trong không khí. Hãy xác định cường độ điện trường  $\vec{E}$  tại điểm M trong các trường hợp sau:

a) Điểm M là trung điểm của AB

b) Điểm M cách A đoạn 6 cm, cách B đoạn 12 cm

#### Hướng dẫn giải

a) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M

+ Vì :  $\begin{cases} r_1 = r_2 = r \\ |q_1| = |q_2| = q \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r_M^2} = 5000 (\text{V} / \text{m})$

+ Các vectơ  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình



+ Gọi  $\vec{E}$  là điện trường tổng hợp do  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M. Ta có:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

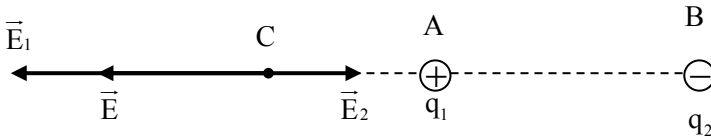
+ Vì  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  cùng chiều nên:  $E = E_1 + E_2 = 10000(\text{V/m})$

+ Vậy  $\vec{E}$  có điểm đặt tại M, phương AB, chiều từ A đến B, độ lớn 10000 V/m

b) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M

$$+ \text{ Ta có: } \begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-9}}{0,06^2} = 1250(\text{V/m}) \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-9}}{0,12^2} = 312,5(\text{V/m}) \end{cases}$$

+ Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình



+ Gọi  $\vec{E}$  là điện trường tổng hợp do  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M. Ta có:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

+ Vì  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  cùng chiều nên:  $E = E_1 - E_2 = 937,5(\text{V/m})$

+ Vậy  $\vec{E}$  có điểm đặt tại M, phương AB, chiều từ B đến A, độ lớn 937,5 V/m

**Ví dụ 2:** Cho hai điện tích  $q_1 = q_2 = 4 \cdot 10^{-10}\text{C}$  đặt ở A, B trong không khí,  $AB = a = 2\text{cm}$ . Xác định vector cường độ điện trường  $\vec{E}$  tại:

- H, trung điểm AB.
- M cách A 1cm, cách B 3cm.
- N hợp với A, B thành tam giác đều.

### Hướng dẫn giải

a) Vector cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

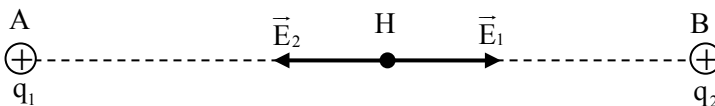
$$\text{Ta có: } \vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\text{Vì } \vec{E}_1 \text{ ngược chiều với } \vec{E}_2 \text{ nên } E_H = |E_1 - E_2|.$$

$$\text{với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AH^2}; E_2 = k \frac{|q_2|}{BH^2}; AH = BH = \frac{AB}{2} = \frac{a}{2} = \frac{2}{2} = 1\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$$

$$\Rightarrow E_H = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 0$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại H có độ lớn bằng 0.



b) Vector cường độ điện trường tại điểm M

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

- Vì  $AM = AB + BM \Rightarrow M$  nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.
- Vì  $\vec{E}_1$  cùng chiều với  $\vec{E}_2$  nên  $E_M = E_1 + E_2$ .

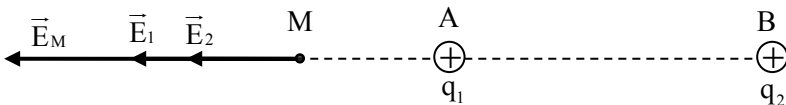
với  $E_1 = k \frac{|q_1|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .

$E_2 = k \frac{|q_2|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .

$\Rightarrow E_M = 36 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3 = 40 \cdot 10^3 \text{ V/m}$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại M có:

- + điểm đặt: tại M.
- + phương: đường thẳng AB.
- + chiều: hướng ra xa A.
- + độ lớn:  $E_M = 40 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .



c) Vector cường độ điện trường tại điểm N

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

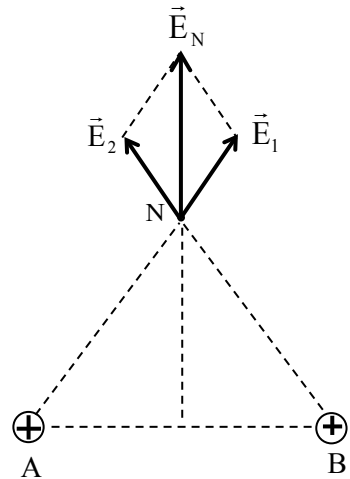
Vì  $|q_1| = |q_2|$ ;  $NA = NB = a$ ;  $\alpha = 60^\circ$

$\Rightarrow E_N = 2E_1 \cos 30^\circ = 2k \frac{|q_1|}{a^2} \cos 30^\circ$

$\Rightarrow E_N = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(2 \cdot 10^{-2})^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 15,6 \cdot 10^3 \text{ V/m}$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại N có:

- + điểm đặt: tại N.
- + phương: vuông góc với AB.
- + chiều: hướng ra xa AB.
- + độ lớn:  $E_N \approx 15,6 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .



**Ví dụ 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)  $q_1 = -36 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$ .

**Hướng dẫn giải**

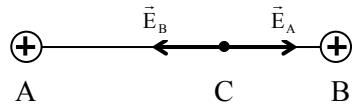
a) Khi  $q_1 = 36 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$

Ta có:  $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ . Để  $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$ , suy ra:

+ C nằm trong đoạn AB (vì  $q_1, q_2$  cùng dấu).

$$+ E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{AC^2} = k \frac{|q_2|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{AC}{BC} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}}} = 3 \quad (1)$$



$$\text{và } AC + BC = AB = 100\text{cm} \quad (2)$$

$$\Rightarrow AC = 75\text{cm và } BC = 25\text{cm}$$

Vậy: Khi  $q_1 = 36 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$ , để  $\vec{E}_C = \vec{0}$  thì  $AC = 75\text{cm}$  và  $BC = 25\text{cm}$ .

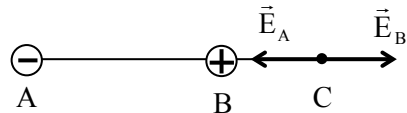
b) Khi  $q_1 = -36 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$

Ta có:  $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ . Để  $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$ , suy ra:

+ C nằm ngoài đoạn AB, về phía B (vì  $q_1, q_2$  trái dấu;  $|q_1| > |q_2|$ ).

$$+ E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{AC^2} = k \frac{|q_2|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{AC}{BC} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}}} = 3 \quad (3)$$



$$\text{và } AC - BC = AB = 100\text{cm} \quad (4)$$

$$\Rightarrow AC = 150\text{cm và } BC = 50\text{cm}$$

Vậy: Khi  $q_1 = -36 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$ , để  $\vec{E}_C = \vec{0}$  thì  $AC = 150\text{cm}$  và  $BC = 50\text{cm}$ .

**Ví dụ 4:** Hai điện tích  $q_1 = 8 \cdot 10^{-8}\text{C}$ ,  $q_2 = -8 \cdot 10^{-8}\text{C}$  đặt tại A, B trong không khí,  $AB = 4\text{cm}$ . Tìm vector cường độ điện trường tại C trên trung trực AB, cách AB 2cm, suy ra lực tác dụng lên  $q = 2 \cdot 10^{-9}\text{C}$  đặt ở C.

#### Hướng dẫn giải

- Vector cường độ điện trường tại điểm C

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

$$\text{Vì } |q_1| = |q_2|; CA = CB = \sqrt{CH^2 + AH^2}; \cos \frac{\alpha}{2} = \cos A = \frac{AH}{CA} = \frac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$$

$$\Rightarrow E_C = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2k \frac{|q_1|}{(CH^2 + AH^2)} \cdot \frac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$$

$$\Rightarrow E_C = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{8 \cdot 10^{-8}}{[(2 \cdot 10^{-2})^2 + (2 \cdot 10^{-2})^2]} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{(2 \cdot 10^{-2})^2 + (2 \cdot 10^{-2})^2}} = 9\sqrt{2} \cdot 10^5 \text{ (V/m)}$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại C có:

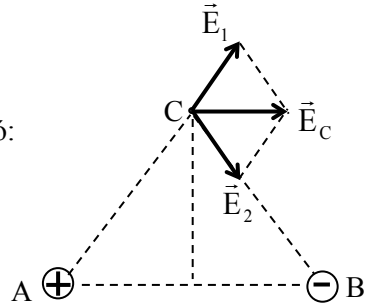
- + điểm đặt: tại C.
- + phương: song song với AB.
- + chiều: từ A đến B.
- + độ lớn:  $E_C = 9\sqrt{2} \cdot 10^5$  (V/m).

- Độ lớn lực tác dụng lên q đặt tại C:

$$F_C = |q|E_C = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 9\sqrt{2} \cdot 10^5 \approx 25,4 \cdot 10^{-4} \text{N}.$$

Vậy: Lực tác dụng lên điện tích q đặt tại C có:

- + điểm đặt: tại C.
- + phương: song song với AB.
- + chiều: cùng chiều với  $\vec{E}_C$  (do  $q > 0$ ).
- + độ lớn:  $F_C \approx 25,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$ .



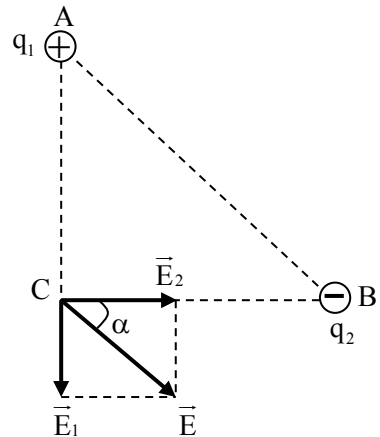
**Ví dụ 5:** Tại hai điểm A, B cách nhau 5 cm trong chân không có 2 điện tích điểm  $q_1 = 16 \cdot 10^{-10}$  C và  $q_2 = -9 \cdot 10^{-10}$  C. Tính cường độ điện trường tổng hợp và vẽ vector cường độ điện trường tại điểm C nằm cách A một khoảng 4 cm, cách B một khoảng 3 cm.

#### Hướng dẫn giải

- + Nhận thấy  $AB^2 = AC^2 + CB^2 = 5^2 \Rightarrow$  tam giác ABC vuông tại C
- + Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại C

Ta có: 
$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_1|}{AC^2} = 9000 \text{ (V/m)} \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = k \frac{|q_2|}{CB^2} = 9000 \text{ (V/m)} \end{cases}$$

- + Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình.
- + Gọi  $\vec{E}$  là vector cường độ điện trường tổng hợp.
- + Ta có:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$
- + Vì  $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2 \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 9000\sqrt{2}$  (V/m)
- + Gọi  $\varphi$  là góc tạo bởi  $\vec{E}$  và  $\vec{E}_2$ .



+ Từ hình ta có:  $\tan \varphi = \frac{E_1}{E_2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

+ Vậy  $\vec{E}$  có điểm đặt tại C, phương tạo với  $\vec{E}_2$  một góc  $45^\circ$ , chiều như hình, độ lớn  $E = 9000\sqrt{2}$  (V/m).

**Ví dụ 6:** 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.



### Hướng dẫn giải

a) Cường độ điện trường tại tâm O:

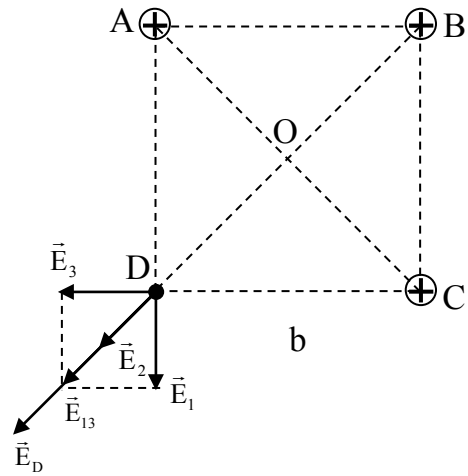
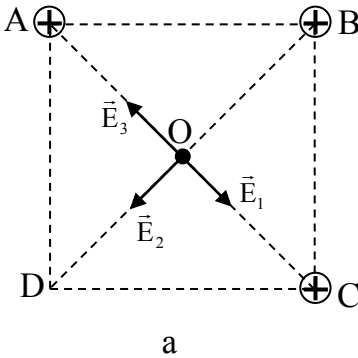
– Vì  $q_1 = q_2 = q_3 = q$ ;  $r_1 = r_2 = r_3 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$  nên  $E_1 = E_2 = E_3$ .

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$$

– Vì  $\vec{E}_1$  và  $\vec{E}_3$  ngược chiều nên  $\vec{E}_{13} = \vec{0}$  nên  $E_O = E_2$ .

$$\Rightarrow E_O = k \frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2kq}{a^2}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tại tâm O là  $E_O = \frac{2kq}{a^2}$ .



b) Cường độ điện trường tại đỉnh D

$$\text{Ta có: } \vec{E}_D = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$$

– Vì  $r_1 = r_3 = a$ ;  $r_2 = a\sqrt{2}$  nên  $E_1 = E_3 = k \frac{q}{a^2}$ ;  $E_2 = k \frac{q}{2a^2}$ .

– Mặt khác, vì  $\vec{E}_1$  và  $\vec{E}_3$  vuông góc nhau nên:

$$E_{13} = E_1 \sqrt{2} = k \frac{\sqrt{2}q}{a^2}$$

– Vì  $\vec{E}_{13}$  và  $\vec{E}_2$  cùng chiều nên:  $E_D = E_{13} + E_2$

$$\Rightarrow E_D = k \frac{\sqrt{2}q}{a^2} + k \frac{q}{2a^2} = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kq}{a^2}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tại đỉnh D là  $E_D = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kq}{a^2}$ .

**Ví dụ 7:** Hai điện tích dương  $q_1 = q_2 = q$  đặt tại 2 điểm A, B trong không khí. Cho biết  $AB = 2a$ . M là điểm trên trung trục AB và cách AB đoạn x. Định x để cường độ điện trường tại M cực đại. Tính giá trị cực đại này ?

**Hướng dẫn giải**

Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M

+ Vì độ lớn hai điện tích bằng nhau và điểm M cách đều hai điện tích nên:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = k \frac{|q|}{MH^2 + HA^2} = k \frac{q}{x^2 + a^2}$$

+ Các vectơ  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình

+ Vì  $E_1 = E_2$  nên hình  $ME_1EE_2$  là hình thoi nên:  $ME = 2 \cdot ME_1 \cos \alpha$

$$\Leftrightarrow E = 2 \cdot E_1 \cos \alpha = 2k \frac{q}{x^2 + a^2} \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

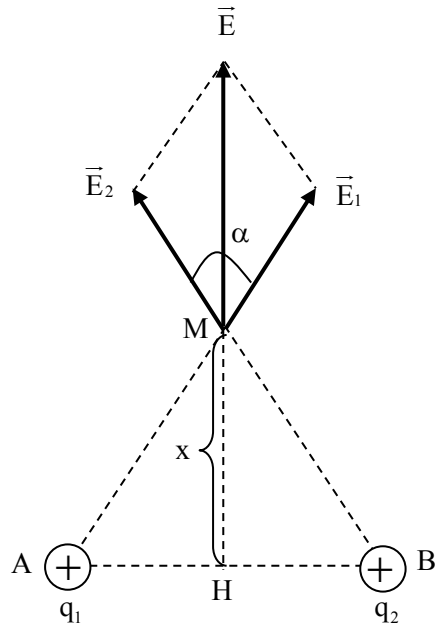
$$\Leftrightarrow E = \frac{2kqx}{\sqrt{(x^2 + a^2)^3}} = \frac{2kqx}{\sqrt{\left(\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2\right)^3}}$$

Theo Cô-si:  $\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2 \geq 3 \sqrt[3]{\frac{a^2}{2} \cdot \frac{a^2}{2} \cdot x^2}$

$$\Rightarrow \left(\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2\right)^3 = \frac{27}{4} a^4 x^2$$

Vậy:  $E_{\max} = \frac{2kq}{\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2} = \frac{4kq}{3\sqrt{3} a^2}$

khi  $\frac{a^2}{2} = x^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{2}}{2}$



**Ví dụ 8:** Cho hai điện tích  $q_1 = 1 \text{ nC}$ ,  $q_2 = 2 \text{ nC}$  đặt tại hai điểm A, B theo thứ tự đó trong chân không cách nhau một khoảng  $AB = 30 \text{ cm}$ . Tìm điểm C mà cường độ điện trường tại đó do điện tích  $q_1$  gây ra liên hệ với cường độ điện trường do  $q_2$  gây ra theo hệ thức  $\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2$ .

**Hướng dẫn giải**

+ Gọi điểm cần tìm là C mà tại đó cường độ điện trường do  $q_1$  và  $q_2$  gây ra lần lượt là  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$

+ Theo đề bài ta có:  $\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2$  (1)

- + Từ (1)  $\Rightarrow \vec{E}_1$  cùng phương  $\vec{E}_2 \Rightarrow C$  thuộc đường thẳng  $AB$ .
- + Vì  $n = 2 > 0 \Rightarrow$  từ (1) suy ra  $\vec{E}_1$  cùng chiều  $\vec{E}_2$ .
- + Do  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu  $\Rightarrow C$  nằm ngoài đoạn  $AB \Rightarrow |CA - CB| = AB = 30$  (1)
- + Từ (1) ta cũng có:  $E_1 = 2E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{CA^2} = 2k \frac{|q_2|}{CB^2} \Leftrightarrow \frac{CB}{CA} = \sqrt{2 \frac{|q_2|}{|q_1|}} = 2$  (2)
- + Giải (1) và (2) ta có:  $CA = 30$  cm và  $CB = 60$  cm

**Ví dụ 9:** Tại hai điểm  $A, B$  cách nhau 30 cm trong chân không có đặt hai điện tích  $q_1 = 10^{-8}$  C,  $q_2 = -4 \cdot 10^{-8}$  C. Gọi  $\vec{E}, \vec{E}_1$  lần lượt là cường độ điện trường tổng hợp và cường độ điện trường do điện tích  $q_1$  gây ra tại  $M$ , biết  $\vec{E} = 2\vec{E}_1$ . Xác định vị trí điểm  $M$ .

#### Hướng dẫn giải

- + Ta có:  $\begin{cases} \vec{E} = 2\vec{E}_1 \\ \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 2\vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E}_1 = \vec{E}_2$  (1)
- + Từ (1)  $\Rightarrow \vec{E}_1$  cùng phương  $\vec{E}_2 \Rightarrow M$  thuộc đường thẳng  $AB$ .
- + Vì  $n = 1 > 0 \Rightarrow$  từ (1) suy ra  $\vec{E}_1$  cùng chiều  $\vec{E}_2$ .
- + Do  $q_1$  và  $q_2$  trái dấu  $\Rightarrow C$  nằm trong đoạn  $AB \Rightarrow MA + MB = AB = 30$  (2)
- + Từ (1) ta cũng có:  $E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{MA^2} = k \frac{|q_2|}{MB^2} \Leftrightarrow \frac{MB}{MA} = \sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}} = 2$  (3)
- + Giải (2) và (3) ta có:  $MA = 10$  cm và  $MB = 20$  cm

### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Cho hai điện tích  $q_1 = 4 \cdot 10^{-10}$  C,  $q_2 = -4 \cdot 10^{-10}$  C đặt ở  $A, B$  trong không khí,

$AB = a = 2$  cm. Xác định vector cường độ điện trường  $\vec{E}$  tại:

- a)  $H$ , trung điểm  $AB$ .
- b)  $M$  cách  $A$  1 cm, cách  $B$  3 cm.

**Bài 2.** Hai điện tích  $q_1 = -10^{-8}$  C,  $q_2 = 10^{-8}$  C đặt tại  $A, B$  trong không khí,  $AB = 6$  cm. Xác định vector  $\vec{E}$  tại  $M$  trên trung trực  $AB$ , cách  $AB = 4$  cm.

**Bài 3.** Tại 3 đỉnh của hình vuông cạnh  $a = 40$  cm, người ta đặt ba điện tích điểm bằng nhau  $q_1 = q_2 = q_3 = 5 \cdot 10^{-9}$  C. Hãy xác định:

- a) Vecto cường độ điện trường tại đỉnh thứ tư của hình vuông
- b) Nếu đặt tại đỉnh thứ tư điện tích điểm  $q_0 = -5 \cdot 10^{-10}$  C thì lực tổng hợp do ba điện tích kia gây ra có độ lớn bao nhiêu?

**Bài 4.** Tại 3 đỉnh của 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 độ lớn cường độ điện trường tại điểm H, H là chân đường kẻ từ A.

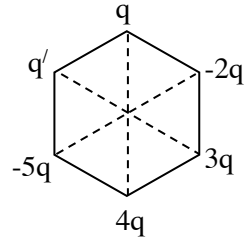
**Bài 5.** Tại ba đỉnh của tam giác đều ABC, cạnh  $a = 10 \text{ cm}$  có ba điện tích điểm bằng nhau và bằng  $10 \text{ nC}$ . Hãy xác định cường độ điện trường tại

- trung điểm của mỗi cạnh tam giác
- tâm của tam giác

**Bài 6.** Hai điện tích  $q_1 = q_2 = 6,4 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ , đặt tại 2 đỉnh B và C của một tam giác đều ABC có cạnh bằng  $8 \text{ cm}$ , trong không khí.

- Hãy tính cường độ điện trường tại đỉnh A của tam giác ?
- Gọi M là điểm nằm trên đường trung trực của BC, x là khoảng cách từ M đến BC. Xác định x để cường độ điện trường tổng hợp tại M lớn nhất. Tính giá trị đó.

**Bài 7.** Đặt tại 6 đỉnh của lục giác đều các điện tích  $q, -2q, 3q, 4q, -5q$  và  $q'$  (hình vẽ). Xác định  $q'$  theo  $q$  để cường độ điện trường tại tâm O của lục giác bằng 0. Biết  $q > 0$ .



**Bài 8.** 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:

- $++++$ .
- $+-+-$ .
- $---+$ .

**Bài 9.** Hai điện tích  $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  và điện tích  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  đặt tại A, B cách nhau  $9 \text{ cm}$  trong chân không. Xác định điểm C để điện trường tổng hợp bằng 0.

**Bài 10.** Hai điện tích  $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  và điện tích  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  đặt tại A, B cách nhau  $9 \text{ cm}$  trong chân không. Xác định điểm C để cường độ điện trường của hai điện tích gây ra tại đó bằng nhau.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

### Bài 1.

a) Vector cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

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

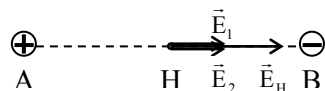
Vì  $\vec{E}_1$  cùng chiều với  $\vec{E}_2$  nên  $E_H = E_1 + E_2$ .

$$\text{với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AH^2}; E_2 = k \frac{|q_2|}{BH^2}; AH = BH = \frac{AB}{2} = \frac{a}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

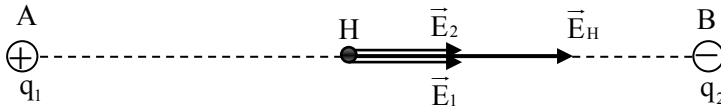
$$\Rightarrow E_H = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 72 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại H có:

+ điểm đặt: tại H.



- + phương: đường thẳng AB.
- + chiều: từ A đến B (cùng chiều với  $\vec{E}_1$  và  $\vec{E}_2$ ).
- + độ lớn:  $E_H = 72 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .



b) Vector cường độ điện trường tại điểm M

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

- Vì  $AM = AB + BM \Rightarrow M$  nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.
- Vì  $\vec{E}_1$  ngược chiều với  $\vec{E}_2$  nên  $E_M = |E_1 - E_2|$ .

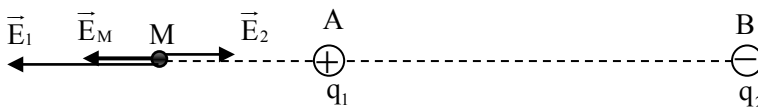
với  $E_1 = k \frac{|q_1|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .

$E_2 = k \frac{|q_2|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .

$\Rightarrow E_M = |36 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3| = 32 \cdot 10^3 \text{ V/m}$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại M có:

- + điểm đặt: tại M.
- + phương: đường thẳng AB.
- + chiều: hướng ra xa A (cùng chiều với  $\vec{E}_1$  do  $E_1 > E_2$ ).
- + độ lớn:  $E_M = 32 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ .



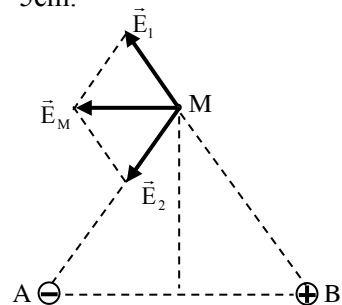
### Bài 2.

Ta có:  $MA = MB = \sqrt{AH^2 + HM^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ cm}$ .

Vì  $|q_1| = |q_2| = |q| = 10^{-8} \text{ C}$ ;  $\cos \alpha = \frac{AH}{MA} = \frac{3}{5}$

nên  $E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{MA^2}$

$\Rightarrow E_M = 2E_1 \cos \alpha = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-8}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} \cdot \frac{3}{5}$



$$= 0,432 \cdot 10^5 \text{ V/m.}$$

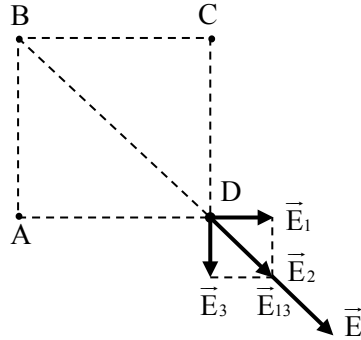
Vậy: Cường độ điện trường tại điểm M có:

- + điểm đặt: tại M.
- + phương: song song với AB.
- + chiều: từ B đến A.
- + độ lớn:  $E_M = 0,432 \cdot 10^5 \text{ V/m.}$

### Bài 3.

a) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1, q_2$  và  $q_3$  gây ra tại đỉnh thứ 4 (đỉnh D của hình vuông ABCD)

+ Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  được biểu diễn như hình.



$$+ \text{ Có: } \begin{cases} r_1 = r_3 = a = 0,4 \text{ (m)} \\ r_2 = a\sqrt{2} = 0,4\sqrt{2} \text{ (m)} \\ q_1 = q_2 = q_3 = q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ (C)} \end{cases}$$

$$+ \text{ Có: } \begin{cases} E_1 = E_3 = k \frac{|q|}{a^2} = 281,25 \text{ (V/m)} \\ E_2 = k \frac{|q|}{(a\sqrt{2})^2} = 140,625 \text{ (V/m)} \end{cases}$$

+ Cường độ điện trường tổng hợp tại D:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$

+ Với  $E_{13} = \sqrt{E_1^2 + E_3^2} = E_1\sqrt{2} = 281,25\sqrt{2} \text{ (V/m)}$

+ Vì  $DE_1E_2E_3$  là hình vuông nên  $\vec{E}_{13} \equiv \vec{AD} \Rightarrow \vec{E}_{13} \equiv \vec{E}_2$

$$\Rightarrow E = E_{13} + E_2 = 281,25\sqrt{2} + 140,625 = 538,37 \text{ (V/m)}$$

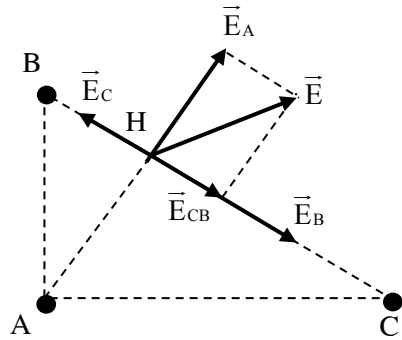
b) Nếu đặt điện tích  $q_0$  tại D thì  $q_0$  sẽ chịu tác dụng lực điện trường do điện trường tổng hợp tại D gây ra nên:  $F = |q_0|E_D = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 538,37 = 2,692 \cdot 10^{-7} \text{ (N)}$

### Bài 4.

Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1, q_2$  và  $q_3$  gây ra tại

$$\text{H. Ta có: } \begin{cases} \frac{1}{HA^2} = \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} \Rightarrow HA = 24 \text{ (cm)} \\ BH = 18 \text{ (cm)}; CH = 32 \text{ (cm)} \end{cases}$$

$$+ \text{ Lại có: } \begin{cases} E_A = k \frac{|q|}{HA^2} = 156,25 (\text{V/m}) \\ E_B = k \frac{|q|}{HB^2} = 277,78 (\text{V/m}) \\ E_C = k \frac{|q|}{HC^2} = 87,89 (\text{V/m}) \end{cases}$$



+ Cường độ điện trường tổng hợp tại H:

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = \vec{E}_A + \vec{E}_{BC}$$

$$\text{Vì } \vec{E}_B \uparrow \downarrow \vec{E}_C \Rightarrow E_{BC} = E_B - E_C = 189,89 (\text{V/m})$$

$$\text{Vì } \vec{E}_{BC} \perp \vec{E}_A \Rightarrow E = \sqrt{E_{BC}^2 + E_A^2} \approx 246 (\text{V/m})$$

### Bài 5.

a) Vì tam giác ABC đều và 3 điện tích có bằng nhau nên cường độ điện trường tại trung điểm mỗi cạnh của tam giác có độ lớn bằng nhau.

+ Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1, q_2$  và  $q_3$  gây ra tại H (với H là trung điểm của AB)

+ Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  được biểu diễn như hình

+ Vì H là trung điểm của AB nên  $E_1 = E_2$  còn

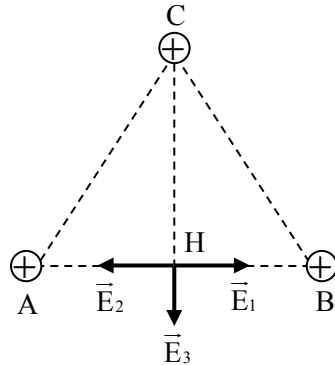
$$E_3 = k \frac{q}{CH^2} = k \frac{q}{\left(\frac{AB\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 12000 (\text{V/m})$$

+ Gọi  $\vec{E}$  là cường độ điện trường tổng hợp

+ Ta có:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{12} + \vec{E}_3$

+ Vì  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  ngược chiều nên  $\vec{E}_{12} = 0$

+ Hay  $\vec{E} = \vec{E}_3 \Rightarrow E = 12000 (\text{V/m})$



b) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  lần lượt là cường độ điện trường do điện tích  $q_1, q_2$  và  $q_3$  gây ra tại tâm O của tam giác ABC. Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  được biểu diễn như hình

+ Vì O là tâm của tam giác đều ABC nên O cách đều các đỉnh. Do đó ta có:

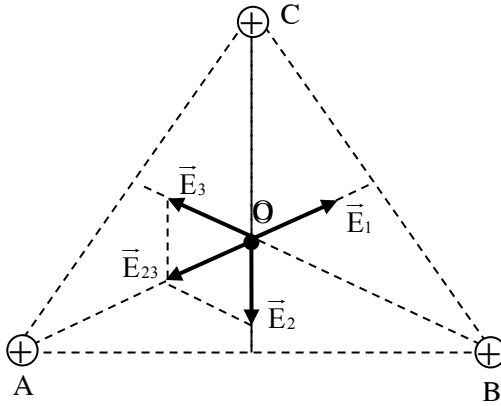
$$E_1 = E_2 = E_3 = k \frac{q}{OA^2} = k \frac{q}{\left(\frac{2}{3} \frac{AB\sqrt{3}}{2}\right)^2} = k \frac{3q}{AB^2} = 27 \cdot 10^5 (\text{V/m})$$

+ Gọi  $\vec{E}$  là cường độ điện trường tổng hợp. Ta có:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{23}$

+ Vì  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  tạo với nhau  $120^\circ$  và có độ lớn bằng nhau nên:

$$E_{23} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 120^\circ} = E_1$$

+ Vì  $\vec{E}_{23}, \vec{E}_1$  cùng độ lớn nhưng ngược chiều nên  $E = 0$



**Bài 6.**

a) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do

điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M

+ Vì độ lớn hai điện tích bằng nhau và điểm M cách đều hai điện tích nên:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{-10}}{0,08^2} = 900 (\text{V/m})$$

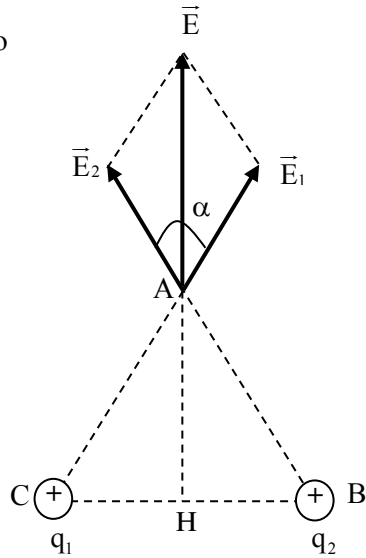
+ Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình

+ Gọi  $\vec{E}$  là cường độ điện trường tổng hợp.

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

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 60^\circ}$$

$$\Leftrightarrow E = E_1 \sqrt{3} = 900\sqrt{3} (\text{V/m})$$



b) Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là cường độ điện trường do điện

tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M

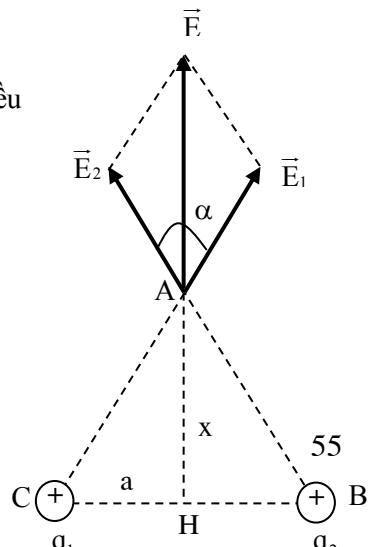
+ Vì độ lớn hai điện tích bằng nhau và điểm M cách đều hai điện tích nên:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = k \frac{|q|}{MH^2 + HC^2} = k \frac{q}{x^2 + a^2}$$

+ Các vector  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  được biểu diễn như hình

+ Vì  $E_1 = E_2$  nên hình  $ME_1EE_2$  là hình thoi nên:

$$ME = 2 \cdot ME_1 \cos \alpha$$





$$\Leftrightarrow E = 2.E_1 \cos \alpha = 2k \frac{q}{x^2 + a^2} \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

$$\Leftrightarrow E = \frac{2kqx}{\sqrt{(x^2 + a^2)^3}} = \frac{2kqx}{\sqrt{\left(\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2\right)^3}}$$

Theo Cô-si:  $\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2 \geq 3\sqrt{\frac{a^2}{2} \cdot \frac{a^2}{2} \cdot x^2} \Rightarrow \left(\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} + x^2\right)^3 \geq \frac{27}{4} a^4 x^2$

+ Vậy:  $E_{\max} = \frac{2kq}{\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2} = 2771,28 (V/m)$  khi  $\frac{a^2}{2} = x^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2} (cm)$

### Bài 7.

Gọi  $\vec{E}_{3q}$  là điện trường tổng hợp tại O do q và 4q gây ra;  
 $\vec{E}_{-3q}$  là điện trường tổng hợp tại O do -5q và -2q gây ra;  
 $\vec{E}_3$  là điện trường tại O do 3q gây ra.

+ Các vector được biểu diễn như hình.

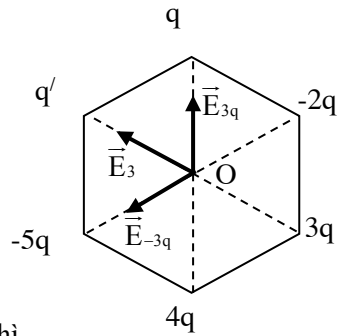
+ Ta có:  $\vec{E}_O = \vec{E}_{-3q} + \vec{E}_{3q} + \vec{E}_3 = \vec{E}_{-33} + \vec{E}_3$

+ Vì  $(\vec{E}_{-3q}, \vec{E}_{3q}) = 120^\circ \Rightarrow \vec{E}_{-33}$  cùng chiều  $\vec{E}_3$

+ Do  $\begin{cases} \vec{E}_{-33} = E_3 \\ \vec{E} = \vec{E}_{-33} + \vec{E}_3 \end{cases} \Rightarrow E = 2E_3 = 2k \frac{3q}{r^2} = k \frac{6q}{r^2}$

+ Để tại O cường độ điện trường tổng hợp bằng 0 thì

$$\vec{E}_{q'} + \vec{E} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_{q'} \uparrow \downarrow \vec{E} \Rightarrow q' > 0 \\ E_{q'} = E \Rightarrow k \frac{|q'|}{r^2} = k \frac{6q}{r^2} \Rightarrow |q'| = 6q \end{cases} \Rightarrow q' = 6q$$



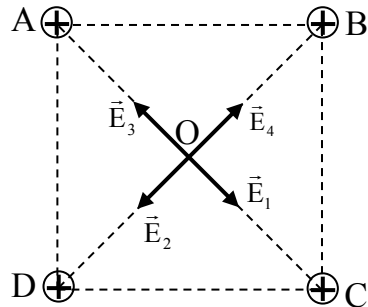
### Bài 8.

Vì  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$ ;  $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$  nên  $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$ .

a) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là ++++:

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24} \Rightarrow E_O = 0$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là ++++ thì  $E_O = 0$ .

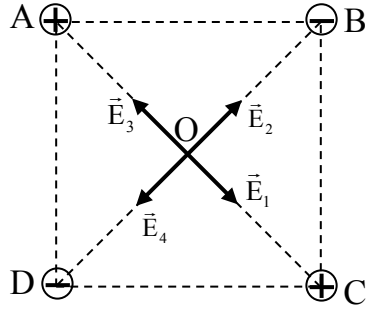


b) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là  $+-+-$ :

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24} \Rightarrow$$

$$E_O = 0$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là  $+-+-$  thì  $E_O = 0$ .



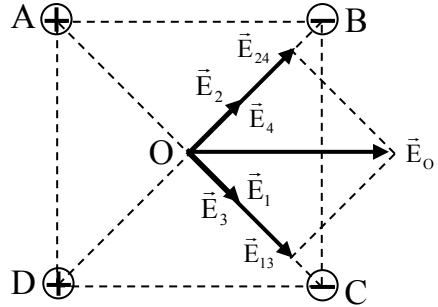
c) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là  $+---$ :

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$$

$$\Rightarrow E_O = 2E_{13}\cos 45^\circ = 2.2E_1\cos 45^\circ$$

$$= 4k \frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2} \frac{kq}{a^2}$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là  $+---$  thì  $E_O = 4\sqrt{2} \frac{kq}{a^2}$ .



### Bài 9.

+ Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là điện trường do các điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại điểm C

+ Điện trường tổng hợp tại C triệt tiêu nên ta có:  $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$

+ Suy ra  $\vec{E}_1$  cùng phương, ngược chiều với  $\vec{E}_2$  nên điểm C phải nằm trên AB.

+ Do  $q_1, q_2 < 0$  nên điểm C phải nằm bên ngoài AB hay:

$$|CA - CB| = AB = 9 \quad (1)$$

+ Lại có:  $E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$

$$\Leftrightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = 2 \Rightarrow CA = 2CB \quad (2)$$

+ Thay (2) vào (1)  $\Rightarrow CB = 9(\text{cm})$  và  $CA = 18 \text{ cm}$

### Bài 10.

+ Gọi  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$  lần lượt là điện trường do các điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại điểm C

+ Theo bài ra:  $\vec{E}_1 = \vec{E}_2$

+ Suy ra  $\vec{E}_1$  cùng phương, cùng chiều với  $\vec{E}_2$  nên điểm C phải nằm trên AB.

+ Do  $q_1, q_2 < 0$  nên điểm C phải nằm bên trong AB hay:

$$CA + CB = AB = 9 \quad (1)$$

$$+ \text{ Lại có: } E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = 2 \Rightarrow CA = 2CB \quad (2)$$

$$+ \text{ Thay (2) vào (1) } \Rightarrow CB = 3(\text{cm}) \text{ và } CA = 6 \text{ cm}$$

### Chuyên đề 3. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN – ĐIỆN THẾ, HIỆU ĐIỆN THẾ

#### I. TÓM TẮT KIẾN THỨC

##### 1. Công của lực điện

+ Công của lực điện khi làm điện tích  $q$  di chuyển từ  $M$  đến  $N$ :

$$\begin{cases} A_{MN} = \vec{F} \cdot \vec{s} = q\vec{E}s = qE \cdot s \cdot \cos \alpha = q \cdot E \cdot d \\ d = s \cdot \cos \alpha; \alpha = (\widehat{\vec{E}, \vec{s}}) \end{cases}$$

**Trong đó:**

- $E$  là cường độ điện trường,  $E$  có đơn vị là  $V/m$
- $q$  là điện tích ở trong điện trường  $E$ ,  $q$  đơn vị là  $C$
- $d$  là độ dài hình chiếu của  $MN$  trên phương đường sức (phương vectơ  $\vec{E}$ , với chiều dương là chiều vectơ  $\vec{E}$ )
- $U_{MN}$  là hiệu điện thế giữa hai điểm  $M, N$

**Chú ý:** Công của lực điện tác dụng lên một điện tích không phụ thuộc vào dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và cuối của đường đi trong điện trường  $\rightarrow$  điện trường tĩnh là trường thế (như trường hấp dẫn).

**2. Điện thế:** Điện thế tại điểm  $M$  trong điện trường đặc trưng cho điện trường về mặt dự trữ năng lượng và được đo bằng thương số giữa công để đưa một điện tích  $q$  từ điểm  $M$  ra xa vô cực và điện tích  $q$ :  $V_M = \frac{A_{M\infty}}{q}$ .

**3. Hiệu điện thế:** Hiệu điện thế giữa hai điểm  $M$  và  $N$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường giữa hai điểm đó và được đo bằng thương số giữa công của lực điện làm di chuyển một điện tích  $q$  từ điểm  $M$  đến điểm  $N$  và độ lớn của điện tích  $q$ :

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \text{ hay } U = \frac{A}{q}$$

##### 4. Điện thế gây ra bởi các điện tích điểm

– Điện thế gây ra bởi một điện tích điểm  $Q$ :  $V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$  ( $V_\infty = 0$ )

( $r$  là khoảng cách từ điện tích điểm  $Q$  đến điểm ta xét)

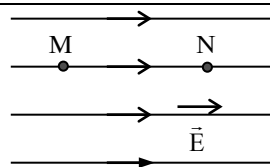
– Điện thế gây ra bởi hệ điện tích điểm  $Q_1, Q_2, \dots$ : Gọi  $V_1, V_2, \dots$  là điện thế do các điện tích  $Q_1, Q_2, \dots$  gây ra tại điểm  $M$  trong điện trường. Điện thế toàn phần do hệ điện tích trên gây ra tại  $M$  là:

$$V = V_1 + V_2 + \dots = \sum V_i$$

Hệ thức trên là nội dung của nguyên lý chồng chất điện thế.

##### 5. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

- + Công của lực điện khi làm điện tích di chuyển từ M đến N là:  $A_{MN} = q(V_M - V_N)$ , ( $V_M - V_N$ ) được gọi là hiệu điện thế (hay điện áp) giữa hai điểm MN kí hiệu là  $U_{MN}$



- + Hiệu điện thế giữa hai điểm MN:

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \quad (*)$$

- + Mà  $A_{MN} = q.E.d$  (\*\*)

- + Từ (\*) và (\*\*) suy ra:  $U_{MN} = Ed$

**Kết luận:** Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường khi có một điện tích di chuyển giữa hai điểm đó.

## 6. Thế năng tĩnh điện

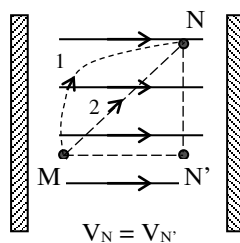
Thế năng của điện tích q đặt tại điểm M trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích q tại M:

$$W_t = qV$$

## II. GIẢI TOÁN

### A. Phương pháp giải

- Công thức tính điện thế gây ra bởi một điện tích điểm ( $V = \frac{k \cdot Q}{\epsilon \cdot r}$ ) cũng được áp dụng cho quả cầu tích điện phân bố đều với r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm ta xét.
- Lực điện trường là lực thế nên công của lực điện trường không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo di chuyển của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo:  $A = qU$ .
- Mối quan hệ giữa công của lực ngoài  $A'$  và công của lực điện trường  $A$ :  $A' = -A = -qU$ .
- Đối với vật dẫn cân bằng điện cần chú ý:
  - + Vật dẫn là vật đẳng thế: Các điểm bên trong và trên mặt vật dẫn có cùng điện thế.
  - + Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài vật dẫn, tập trung ở những chỗ lồi và nhọn.
- Thế năng tương tác của hệ điện tích điểm: Với hệ gồm các điện tích điểm  $Q_1, Q_2, \dots$ , thế năng của hệ là:



$$W = \frac{1}{2} (Q_1V_1 + Q_2V_2 + \dots) = \frac{1}{2} \sum Q_i V_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$(V_i = \frac{kQ_1}{\epsilon r_{1i}} + \frac{kQ_2}{\epsilon r_{2i}} + \dots$  là điện thế tại điểm đặt  $Q_i$  do các điện tích khác của hệ gây ra)

+ Trường hợp hệ 2 điện tích:  $W = \frac{1}{2} (Q_1 V_1 + Q_2 V_2)$ , với  $V_1 = \frac{kQ_2}{\epsilon r_{21}}$ ,  $V_2 = \frac{kQ_1}{\epsilon r_{12}}$

+ Trường hợp hệ 3 điện tích:  $W = \frac{1}{2} (Q_1 V_1 + Q_2 V_2 + Q_3 V_3)$ , với

$$V_1 = \frac{kQ_2}{\epsilon r_{21}} + \frac{kQ_3}{\epsilon r_{31}}, V_2 = \frac{kQ_1}{\epsilon r_{12}} + \frac{kQ_3}{\epsilon r_{32}}, V_3 = \frac{kQ_1}{\epsilon r_{13}} + \frac{kQ_2}{\epsilon r_{23}}$$

## B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N là  $U_{MN} = 1 \text{ V}$ . Một điện tích  $q = -1 \text{ C}$  di chuyển từ M đến N thì công của lực điện bằng bao nhiêu. Giải thích về kết quả tính được.

### Hướng dẫn giải

+ Công điện trường làm di chuyển điện tích  $q$  từ M đến N là:  $A = qU_{MN} = -1 \text{ (J)}$

+ Dấu (-) nói lên công của lực điện là công cản, do đó để di chuyển điện tích  $q$  từ M đến N thì cần phải cung cấp một công  $A = 1 \text{ J}$ .

**Ví dụ 2:** Điện tích  $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  đặt ở O trong không khí.

- Cần thực hiện một công  $A_1$  bao nhiêu để đưa điện tích  $q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  từ M (cách Q đoạn  $r_1 = 40 \text{ cm}$ ) đến N (cách Q đoạn  $r_2 = 25 \text{ cm}$ )
- Cần thực hiện một công  $A_2$  bao nhiêu để đưa  $q$  từ M chuyển động chậm dần ra xa vô cùng.

### Hướng dẫn giải

a) Điện thế tại M do Q gây ra là:  $V_M = \frac{kQ}{r_M} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{0,4} = 112,5 \text{ V}$

+ Điện thế tại N do Q gây ra là:  $V_N = \frac{kQ}{r_N} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{0,25} = 180 \text{ V}$

+ Khi di chuyển  $q$  từ M đến N, lực điện (do điện trường của điện tích Q gây ra) đã thực hiện một công là:  $A = q(V_M - V_N) = 4 \cdot 10^{-8} (112,5 - 180) = -2,7 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

+ Công cần thiết để di  $q$  từ M đến N là:  $A_1 = -A = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

b) Điện thế tại M do Q gây ra là:  $V_M = \frac{kQ}{r_M} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{0,4} = 112,5 \text{ V}$

+ Điện thế tại vô cùng bằng 0

+ Khi di chuyển  $q$  từ M ra vô cùng, lực điện (do điện trường của điện tích Q gây ra) đã thực hiện một công là:  $A = q(V_M - V_\infty) = 4 \cdot 10^{-8} (112,5 - 0) = 45 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

+ Để di chuyển  $q$  từ M ra vô cùng chậm dần thì phải có ngoại lực ngược chiều lực điện do đó công cần thiết để di  $q$  từ M ra vô cùng là:  $A_2 = -A = -45 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

**Ví dụ 3:** Khi bay qua 2 điểm M và N trong điện trường, êlectron tăng tốc, động năng tăng thêm  $250\text{eV}$  ( $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$ ). Tính hiệu điện thế giữa M và N.

**Hướng dẫn giải**

Ta có: Công của lực điện trường là  $A = q \cdot U_{AB} = \Delta W_d$

$$\Rightarrow U_{MN} = \frac{\Delta W_d}{q} = \frac{250 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = -250 \text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường là  $U_{MN} = -250\text{V}$ .

**Ví dụ 4:** 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 trung điểm O của 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.

**Hướng dẫn giải**

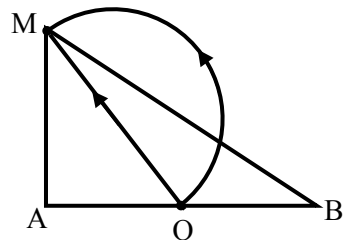
a) Gọi  $V_1, V_2$  lần lượt là điện thế do các điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại O. Điện thế do hai điện tích

gây ra tại O là:  $V_O = V_1 + V_2 = \frac{kq_1}{AO} + \frac{kq_2}{BO}$

+ Vì  $AO = OB$ ,  $q_1 = -q_2 \Rightarrow V_O = 0$

+ Gọi  $V_{1M}, V_{2M}$  lần lượt là điện thế do các điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại M. Điện thế do hai điện tích gây ra tại M là:

$$V_M = V_{1M} + V_{2M} = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{\sqrt{AM^2 + AB^2}} = 600(\text{V})$$



b) Khi di chuyển điện tích  $q$  từ O đến M theo quỹ đạo là một nửa đường tròn đường kính OM thì cũng tương đương với việc di chuyển từ O đến M theo đường thẳng OM (công không phụ thuộc vào dạng đường đi)

+ Do đó công của lực điện trường khi di chuyển từ O đến M là:  $A_{OM} = q(V_O - V_M) = (-10^{-9})(0 - 600) = 6 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

**Ví dụ 5:** 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.

### Hướng dẫn giải

Ta có:  $BD = \sqrt{AB^2 + AD^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ cm}$

a) Điện thế tại B và C

- Điện thế tại B:

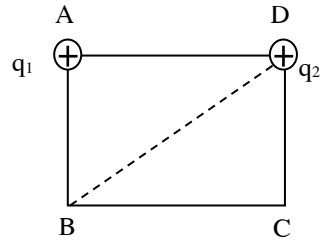
$$V_B = \frac{kq_1}{AB} + \frac{kq_2}{BD}$$

$$\Rightarrow V_B = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,3} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,5} = 1,86 \cdot 10^5 \text{ V.}$$

- Điện thế tại C:

$$V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{DC}$$

$$\Rightarrow V_C = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,5} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,3} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ V}$$

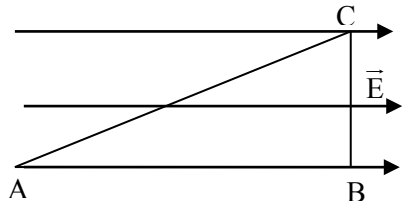


b) Công của điện trường khi điện tích di chuyển từ B đến C

Ta có:  $A = q(V_B - V_C) = 10^{-9} \cdot (1,86 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5) = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$

Vậy: Công của điện trường khi điện tích  $q$  di chuyển từ B đến C là  $A = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$

**Ví dụ 6:** Trong điện trường đều  $E = 1000 \text{ V/m}$  có 3 điểm A, B, C tạo thành tam giác vuông tại B, với  $AB = 8 \text{ cm}$ ,  $BC = 6 \text{ cm}$ . Biết hai điểm A, B nằm cùng trên một đường sức (xem hình vẽ).



a. Tính  $U_{AB}$ ,  $U_{AC}$  và  $U_{BC}$

b. Di chuyển  $q_0 = 10^{-8} \text{ C}$  từ A đến C theo

hai đường khác nhau: trên đoạn thẳng AC và trên đường gấp khúc ABC. Tính công của lực điện trong hai cách di chuyển trên. So sánh và giải thích kết quả.

### Hướng dẫn giải

a) Hình chiếu của AB, BC, AC trên phương đường sức lần lượt là:

$$\begin{cases} d_{AB} = AB \cdot \cos 0^\circ = 8 \text{ (cm)} \\ d_{BC} = BC \cdot \cos 90^\circ = 0 \\ d_{AC} = AC \cdot \cos \hat{A} = 8 \text{ (cm)} \end{cases}$$

$$+ \text{ Do đó hiệu điện thế giữa các điểm được tính như sau: } \begin{cases} U_{AB} = E \cdot d_{AB} = 80 \text{ (V)} \\ U_{BC} = E \cdot d_{BC} = 0 \\ U_{AC} = E \cdot d_{AC} = 80 \text{ (V)} \end{cases}$$

b) Tính công của lực điện trong hai cách di chuyển trên

+ Công khi di chuyển điện tích  $q_0$  từ A đến B rồi từ B đến C là:

$$A_1 = A_{AB} + A_{BC} = q_0 (U_{AB} + U_{BC}) = 8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

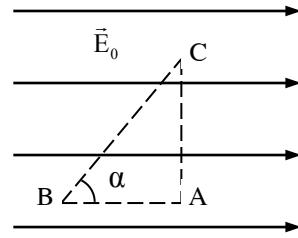
+ Công khi di chuyển điện tích  $q_0$  từ A đến C là:  $A_2 = A_{AC} = q_0 U_{AC} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$



Vậy dù đi theo hai con đường khác nhau nhưng công vẫn cùng một giá trị. Điều này được giải thích là do công của lực điện không phụ thuộc vào dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối.

**Ví dụ 7:** Tam giác ABC vuông tại A được đặt trong điện trường đều  $\vec{E}_0$ ,  $\alpha = \angle ABC = 60^\circ$ ;  $AB \parallel \vec{E}_0$ . Biết  $BC = 6\text{cm}$ ,  $U_{BC} = 120\text{V}$ .

- a) Tìm  $U_{AC}$ ,  $U_{BA}$  và cường độ điện trường  $E_0$ .  
 b) Đặt thêm ở C điện tích điểm  $q = 9 \cdot 10^{-10}\text{C}$ .  
 Tìm cường độ điện trường tổng hợp ở A.



**Hướng dẫn giải**

- a) Tính  $U_{AC}$ ,  $U_{BA}$  và  $E_0$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, C:

$$U_{AC} = qE_0 \cdot A'C' = 0$$

( $A'C'$  là hình chiếu của AC lên phương của đường sức).

- Hiệu điện thế giữa hai điểm B, A:

$$U_{BA} = qE_0 \cdot B'A' = U_{BC} = 120\text{V}$$

- Cường độ điện trường  $E_0$ :

$$E_0 = \frac{U_{BC}}{B'C'} = \frac{120}{BA} \quad (\text{với } \cos\alpha = \frac{BA}{BC} \Rightarrow BA = BC \cos\alpha)$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{120}{BC \cdot \cos\alpha} = \frac{120}{0,06 \cdot \cos 60^\circ} = \frac{120}{0,06 \cdot 0,5} = 4000\text{V/m}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm AC là  $U_{AC} = 0$ ; hiệu điện thế giữa hai điểm BA là  $U_{BA} = 120\text{V}$ ; cường độ điện trường  $E_0 = 4000\text{V/m}$ .

- b) Cường độ điện trường tổng hợp tại A

- Cường độ điện trường do q gây ra ở A:

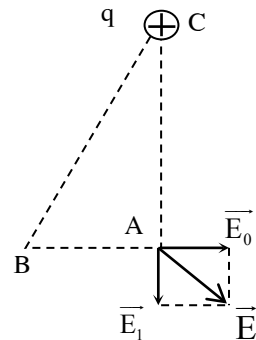
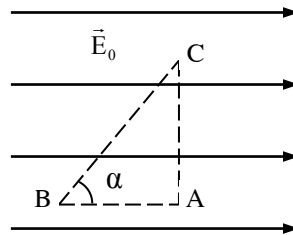
$$E_1 = \frac{kq}{AC^2} = \frac{kq}{(BC \sin\alpha)^2}$$

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-10}}{(0,06 \cdot \sin 60^\circ)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-10}}{(0,06 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2} = 3000\text{V/m}$$

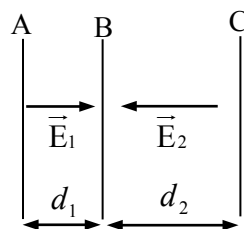
- Cường độ điện trường tổng hợp ở A:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_0$

$$\text{Vì } \vec{E}_1 \perp \vec{E}_0 \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_0^2} = \sqrt{3000^2 + 4000^2} = 5000\text{V/m}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tổng hợp tại A là  $E = 5000\text{V/m}$ .



**Ví dụ 8:** 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:  $E_1 = 4 \cdot 10^4 \text{V/m}$ ,  $E_2 = 5 \cdot 10^4 \text{V/m}$ . Chọn gốc điện thế tại bản A, tìm điện thế  $V_B$ ,  $V_C$  của hai bản B, C



### Hướng dẫn 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:  $V_B = V_A - E_1 d_1 = 0 - 4 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = -2000\text{V}$

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

Suy ra :  $V_C = V_B + E_2 d_2 = -2000 + 5 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-2} = 2000\text{V}$

### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Một electron di chuyển được đoạn đường 1 cm từ M đến N, dọc theo một đường sức điện dưới tác dụng của lực điện trong một điện trường đều có cường độ điện trường 1000 V/m. Cho  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ . Xác định công của lực điện.

**Bài 2.** Đê di chuyển  $q = 10^{-4} \text{C}$  từ rất xa vào điểm M của điện trường, cần thực hiện công  $A' = 5 \cdot 10^{-5} \text{J}$ . Tìm điện thế ở M (gốc điện thế ở  $\infty$ ).

**Bài 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 êlectrôn di chuyển từ M đến N.

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

**Bài 4.** Êlectrôn 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 êlectrôn.

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

**Bài 5.** Tính thế năng của hệ thống hai điện tích điểm  $q_1$ ,  $q_2$  cách nhau khoảng  $r$  trong chân không.

**Bài 6.** Một prôtôn bay trong điện trường. Lúc prôtôn ở điểm A thì vận tốc của nó bằng  $2,5 \cdot 10^4 \text{m/s}$ . Khi bay đến B vận tốc của prôtôn bằng không. Điện thế tại A bằng 500 V. Tính điện thế tại B. Biết prôtôn có khối lượng  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  và có điện tích  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

**Bài 7.** Có thể tích điện cho vào một vật dẫn cô lập đến một điện thế tối đa là bao nhiêu khi chiếu vào vật một chùm tia êlectrôn, bay với vận tốc  $v$ ? Khối lượng  $m$  và điện tích  $e$  của êlectrôn coi như đã hết.

**Bài 8.** Êlectrôn ở cách prôtôn đoạn  $r = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{cm}$ . Muốn êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn nó cần có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu?

**Bài 9.** 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  $A' = 5 \cdot 10^{-7}J$ . Tính điện thế trên mặt quả cầu do điện tích của quả cầu gây nên.

**Bài 10.** 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  $V_1$  và  $V_2$ .

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.  $q_1 > 0$  ;  $q_2 < 0$ .

**Bài 11.** Hai quả cầu kim loại đặt xa nhau. Quả cầu (I) có bán kính  $R_1 = 5cm$  và được tích điện  $q_1 = 6 \cdot 10^{-9}C$ ; quả cầu (II) có bán kính  $R_2 = 15cm$  và tích điện  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}C$ . Nối hai quả cầu bằng một dây nối mảnh. Tìm điện tích trên mỗi quả cầu đó và điện lượng đã chạy qua dây nối.

**Bài 12.** Một điện tích đặt trong không khí tạo ra một điện trường, điện thế tại M, N trong vùng điện trường là  $V_M = 900V, V_N = 500V$ . Tính công dịch chuyển điện tích điểm  $q = 2 \cdot 10^{-9}C$  từ M ra xa vô cùng và từ vô cùng về N.

**Bài 13.** Tìm hiệu điện thế giữa hai vị trí M, N trong không khí. Biết rằng điện tích điểm  $q = 3 \cdot 10^{-9}C$  dịch chuyển từ M đến N thu được năng lượng  $W = 6 \cdot 10^{-7}J$ .

**Bài 14.** Hai điện tích  $q_1 = 10^{-8}C, q_2 = 4 \cdot 10^{-8}C$  đặt cách nhau 12cm trong không khí. Tính điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0:

**Bài 15.** Hai điện tích  $q_1 = 3 \cdot 10^{-8}C, q_2 = -5 \cdot 10^{-8}C$  đặt tại A, B trong không khí,  $AB = 8cm$ . Tìm những điểm có điện thế bằng 0:

a) Trên AB.

b) Trên đường vuông góc với AB tại A.

**Bài 16.** Tại 3 đỉnh tam giác đều ABC cạnh  $a = 6\sqrt{3}cm$  trong không khí, lần lượt đặt 3 điện tích điểm  $q_1 = -10^{-8}C, q_2 = q_3 = 10^{-8}C$ . Tính:

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

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

**Bài 17.** Tại 4 đỉnh ABCD của hình vuông cạnh  $a = 20cm$  đặt lần lượt ba điện tích âm, một điện tích dương, độ lớn  $7 \cdot 10^{-8}C$  trong không khí. Tính điện thế tại tâm hình vuông. Lấy  $\sqrt{2} \approx 1,4$ .

**Bài 18.** Ba điện tích điểm  $q_1 = q_2 = q_3 = q = 10^{-8}C$  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  $a = 3cm$  đặt trong không khí.

**Bài 19.**

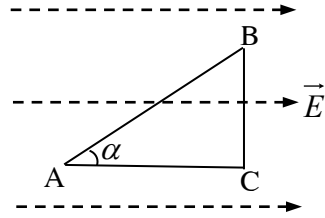
a) Chứng minh hiệu điện thế giữa hai điểm M, N cách nhau một khoảng  $d$  trong vùng điện trường đều  $\vec{E}$  là  $U_{MN} = Ed \cos \alpha$  với  $\alpha = (\vec{E}, \overline{MN})$  (1).

b) A, B, C là ba điểm tạo thành tam giác vuông tại A đặt trong điện trường đều  $\vec{E} // \overline{AB}, E = 5 \cdot 10^3 V/m$ . Cho biết  $AB = 3cm, AC = 4cm$ .

+ Áp dụng công thức (1) tính  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$

+ Tính công thực hiện để dịch chuyển điện tích  $q = 2.10^{-8} C$  từ A đến B, từ B đến C, từ A đến C.

**Bài 20.** Ba điểm A, B, C tạo thành một tam giác vuông tại C như hình vẽ, trong đó  $AC = 4cm$ ;  $BC = 3cm$  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  $E = 5000V/m$ . Tính:



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

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

**Bài 21** Một electron di chuyển một đoạn 0,6 cm, từ điểm M đến điểm N dọc theo một đường sức điện thì lực điện sinh công  $9,6.10^{-18} J$ .

a) Tính công mà lực điện sinh ra khi electron di chuyển tiếp 0,4 cm từ điểm N đến điểm P theo phương và chiều nói trên.

b) Tính vận tốc của electron khi đến điểm P. Biết tại M, electron không có vận tốc ban đầu. Khối lượng của electron là  $9,1.10^{-31} kg$ .

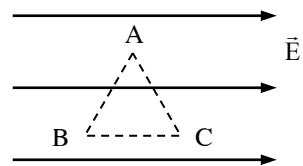
**Bài 22.** Trong một điện trường đều có cường độ điện trường  $E = 6.10^3 V/m$ , người ta dời điện tích  $q = 5.10^{-9} C$  từ M đến N,  $MN = 20cm$  và MN hợp với  $\vec{E}$  một góc  $\alpha = 60^\circ$ . Tính :

a) Công của điện trường.

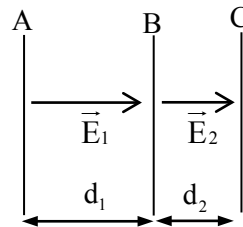
b) Lượng biến đổi của thế năng tương tác của điện tích với điện trường.

c) Hiệu điện thế  $U_{MN}$

**Bài 23.** Điện tích  $q = 10^{-8}C$  di chuyển dọc theo các cạnh của tam giác đều ABC cạnh  $a = 10cm$  trong điện trường đều cường độ điện trường là:  $E = 300V/m$ ,  $\vec{E} // BC$ . Tính công của lực điện trường khi q di chuyển trên mỗi cạnh tam giác.



**Bài 24.** Có ba bản kim loại phẳng A, B, C đặt song song như hình vẽ. Cho  $d_1 = 5cm, d_2 = 4cm$ , bản C nối đất, bản A, B được tích điện có điện thế  $-100V, +50V$ . Điện trường giữa các bản là điện trường đều. Xác định các vectơ cường độ điện trường  $\vec{E}_1, \vec{E}_2$ .



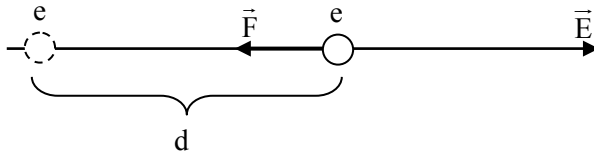
## D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

### Bài 1.

+ Vì electron mang điện tích âm nên lực điện trường có chiều ngược với chiều điện trường. Do đó dưới tác dụng của lực điện trường thì electron sẽ chuyển động ngược chiều với  $\vec{E} \Rightarrow \alpha = 180^\circ \Rightarrow d = MN \cdot \cos 180^\circ = -1(\text{cm}) = -0,01(\text{m})$

+ Công của lực điện trường khi làm electron di chuyển 1 cm:

$$A = qEd = e \cdot E \cdot d = (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 1000 \cdot (-0,01) = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$



### Bài 2.

Ta có: Công cần thực hiện:  $A' = -A = -q(V_\infty - V_M) = -10^{-4}(0 - V_M) = 5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

$$\Rightarrow V_M = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-4}} = 0,5 \text{ V}$$

Vậy: Điện thế ở điểm M là  $V_M = 0,5 \text{ V}$ .

### Bài 3.

a) Công của lực điện trường

Ta có:  $A = qU_{MN} = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100 = -1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ .

Vậy: Công của lực điện trường khi một electron di chuyển từ M đến N là  $A = -1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ .

b) Công cần thiết để di chuyển electron từ M đến N:  $A' = -A = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ .

### Bài 4.

a) Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo electron

$$\text{Ta có: } V = \frac{kq}{\epsilon \cdot r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{5 \cdot 10^{-11}} = 28,8 \text{ V}$$

Vậy: Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo của electron là  $V = 28,8 \text{ V}$ .

b) Điện trường của hạt nhân có sinh công không?

Khi electron chuyển động, điện trường của hạt nhân không sinh công vì electron chuyển động theo một quỹ đạo khép kín.

### Bài 5.

Ta có: + Điện thế do  $q_1$  gây ra:  $V = k \frac{q_1}{r}$

$$+ \text{ Thế năng của hệ điện tích } q_1, q_2: W = q_2 V = \frac{kq_1 q_2}{r}.$$

Vậy: Thế năng của hệ điện tích  $q_1, q_2$  là  $W = \frac{kq_1 q_2}{r}$ .

\* *Chú ý:* Có thể dùng công thức tính thế năng của hệ 2 điện tích:

$$W = \frac{1}{2}(q_1V_1 + q_2V_2), \text{ với } V_1 = \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}}, V_2 = \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}}$$

$$\text{nên } W = \frac{1}{2}(q_1 \cdot \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}} + q_2 \cdot \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}}) = \frac{kq_1q_2}{r} (\epsilon = 1).$$

### Bài 6.

$$\text{Ta có: } \Delta W_d = W_{dB} - W_{dA} = -\frac{1}{2}mv^2 = A = q(V_A - V_B)$$

$$\Rightarrow V_B = V_A + \frac{mv^2}{2q} = 503,26 \text{ V.}$$

### Bài 7.

$$\text{Công cần thực hiện để tích điện cho vật dẫn: } A' = -A = -qV = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow -qV = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow V_{\max} = \frac{mv^2}{-2q} = \frac{mv^2}{2e} \text{ (khi } v_0 = 0).$$

$$\text{Vậy: Có thể tích điện cho vật dẫn cô lập đến điện thế tối đa là } V = \frac{mv^2}{2e}.$$

### Bài 8.

- Công của điện trường tác dụng lên êlectrôn:

$$A = qV = e \frac{ke}{r} = \frac{ke^2}{r}$$

- Để êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn thì:  $W_d \geq A$ .

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} \geq \frac{ke^2}{r} \Rightarrow v \geq \sqrt{\frac{2ke^2}{mr}} \Leftrightarrow v \geq \sqrt{\frac{2,9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,2 \cdot 10^{-11}}} = 3,2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}.$$

Vậy: Để êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn thì êlectrôn phải có vận tốc tối thiểu là  $v = 3,2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$ .

### Bài 9.

- 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:

$$A = -A' = -5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

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

Điện thế tại M do quả cầu sinh ra là:

$$V_M = -\frac{A}{q} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{10^{-9}} = 500 \text{ V}$$

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

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

Suy ra:

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

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

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

### Bài 10.

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

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

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. Êlectrôn 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:  $R_1 > R_2$ ,  $q_1 = q_2 > 0$

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

Êlectrôn sẽ di chuyển từ quả cầu (I) sang quả cầu (II).

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

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

Các êlectrôn không di chuyển.

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

c) Trường hợp 3:  $q_1 > 0$ ,  $q_2 < 0$

$$\text{Điện thế quả cầu I: } V_1 = k \frac{q_1}{R_1} > 0$$

$$\text{Điện thế quả cầu II: } V_2 = k \frac{q_2}{R_2} < 0$$

Vì  $V_1 > V_2$  nên êlectrôn di chuyển từ quả cầu (II) sang quả cầu (I)

Chú ý: Các êlectrôn sẽ di chuyển cho đến khi nào điện thế hai quả cầu bằng nhau thì ngừng, không di chuyển nữa.

### Bài 11.

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:  $V'_1 = V'_2$

$$\Leftrightarrow k \frac{q'_1}{R_1} = k \frac{q'_2}{R_2}$$

Suy ra:  $\frac{q'_1}{q'_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3} \quad (1)$

Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 = 4.10^{-9} C \quad (2)$$

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

$$q'_1 = 10^{-9} C \text{ và } q'_2 = 3.10^{-9} C$$

- Điện lượng đã chạy qua dây nối:

$$\Delta q = |q'_1 - q_1| = |q'_2 - q_2| = 5.10^{-9} C.$$

**Bài 12.**

Tính  $A_{M\infty}$  và  $A_{\infty N}$ .

$$A_{M\infty} = q(V_M - V_\infty) = qV_M = 18.10^{-7} (J).$$

$$A_{\infty N} = q(V_\infty - V_N) = -qV_N = -10^{-6} (J).$$

**Bài 13.**

Năng lượng  $W$  bằng công của lực điện trường:

$$W = A_{MN} = qU_{MN}$$

$$\Rightarrow U_{MN} = \frac{W}{q} = 200(V)$$

**Bài 14.**

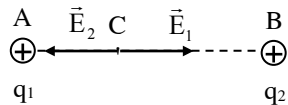
- Vì  $q_1, q_2$  cùng dấu nên điểm có cường độ điện trường bằng 0 nằm giữa  $q_1, q_2$ .

- Gọi A là điểm đặt điện tích  $q_1$ , B là điểm đặt điện tích  $q_2$ , C là điểm có cường độ điện trường bằng 0, ta có:  $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Leftrightarrow E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{q_1}{AC^2} = k \frac{q_2}{BC^2} \Leftrightarrow \frac{10^{-8}}{AC^2} = \frac{4.10^{-8}}{(0,12 - AC)^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(0,12 - AC)^2}{AC^2} = 4 \Leftrightarrow \frac{0,12 - AC}{AC} = 2$$

$$\Rightarrow AC = 0,04m; BC = 0,12 - 0,04 = 0,08m$$



- Điện thế tại điểm C:

$$V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{BC} \Rightarrow V_C = \frac{9.10^9.10^{-8}}{0,04} + \frac{9.10^9.4.10^{-8}}{0,08} = 6750V.$$

Vậy: Điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0 là  $V_C = 6750 V$ .



**Bài 15.**

a) Những điểm có điện thế bằng 0 trên AB

Gọi M là điểm có điện thế bằng 0 trên AB, ta có:

$$V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} = 0 \Rightarrow \frac{3 \cdot 10^{-8}}{AM} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{BM} \Leftrightarrow \frac{AM}{BM} = 0,6$$

$$\Rightarrow AM = 0,6BM \quad (BM > AM)$$

+ Nếu M nằm giữa A, B thì:  $AM_1 + BM_1 = AB = 8$

$$\Leftrightarrow 1,6BM_1 = 8 \Rightarrow BM_1 = 5 \text{ cm và } AM_1 = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{ cm.}$$

+ Nếu M nằm ngoài A, B thì:  $BM_2 - AM_2 = AB = 8$

$$\Leftrightarrow BM_2 - 0,6BM_2 = 8 \Rightarrow BM_2 = 20 \text{ cm và } AM_2 = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ cm.}$$

Vậy: Có hai điểm có điện thế bằng 0 trên AB là  $M_1$  và  $M_2$  với  $AM_1 = 3 \text{ cm}$ ,  $BM_1 = 5 \text{ cm}$ ;  $AM_2 = 12 \text{ cm}$ ,  $BM_2 = 20 \text{ cm}$ .

b) Những điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A

Gọi P là điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A:

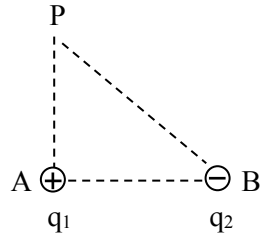
$$V_P = \frac{kq_1}{AP} + \frac{kq_2}{PB} = 0 \Leftrightarrow \frac{3 \cdot 10^{-8}}{AP} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{BP} \Leftrightarrow AP = 0,6BP$$

$$\text{Mặt khác: } BP^2 - PA^2 = AB^2 = 64$$

$$\Rightarrow BP^2 - 0,36BP^2 = 64 \Rightarrow BP^2 = 100$$

$$\Rightarrow BP = 10 \text{ cm và } AP = 6 \text{ cm.}$$

Vậy: Điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A là P với  $BP = 10 \text{ cm}$  và  $AP = 6 \text{ cm}$ .



**Bài 16.**

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

$$\text{– Điện thế tại tâm O: } V_O = \frac{kq_1}{AO} + \frac{kq_2}{BO} + \frac{kq_3}{CO} = \frac{k}{AO}(q_1 + q_2 + q_3)$$

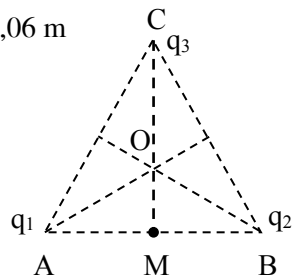
$$\text{Vì } AO = BO = CO = \frac{2a\sqrt{3}}{3} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{0,06\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{3} = 0,06 \text{ m}$$

$$\Rightarrow V_O = \frac{9 \cdot 10^9}{0,06} \cdot (-10^{-8} + 10^{-8} + 10^{-8}) = 1500 \text{ V}$$

– Điện thế tại trung điểm M của cạnh AB:

$$V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} + \frac{kq_3}{CM} = k \left( \frac{q_1}{AM} + \frac{q_2}{BM} + \frac{q_3}{CM} \right)$$

$$\Rightarrow V_M = 9 \cdot 10^9 \left( \frac{-10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{\frac{0,06 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2}} \right) = 1000 \text{ V.}$$



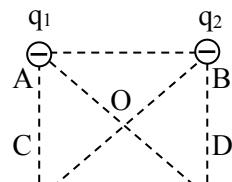
b) Công cần để di chuyển q từ O đến M

$$\text{Ta có: } A' = -A = -q \cdot (V_O - V_M) = +10^{-9} \cdot (1500 - 1000) = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

Vậy: Công cần để di chuyển q từ O đến M là:

$$A' = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

**Bài 17.**



Tại tâm hình vuông:  $V_O = \frac{kq_1}{AO} + \frac{kq_2}{BO} + \frac{kq_3}{CO} + \frac{kq_4}{DO}$

Vì:  $AO = BO = CO = DO = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{0,2\sqrt{2}}{2} = 0,1\sqrt{2} \text{ m}$

$\Rightarrow V_O = \frac{9.10^9}{0,1\sqrt{2}} \cdot (-q - q - q + q) = -\frac{9.10^9 \cdot 2.7 \cdot 10^{-8}}{0,1\sqrt{2}} = -9000 \text{ V}.$

Vậy: Điện thế tại tâm hình vuông là  $V_O = -9000 \text{ V}.$

**Bài 18.**

Chọn gốc điện thế tại vô cùng:  $V_\infty = 0.$  Giả sử ban đầu  $q_1$  đứng yên ở A.

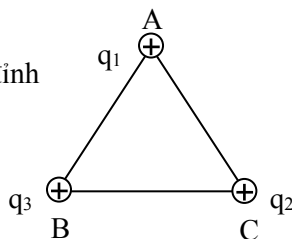
– Công cần thực hiện để đưa điện tích  $q_2$  từ  $\infty$  đến đỉnh B của tam giác:

$A_2 = k \frac{q_1 q_2}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2} \quad (1)$

– Công cần thực hiện để đưa điện tích  $q_3$  từ  $\infty$  đến đỉnh C của tam giác:  $A_3 = q_3 V_3 = q V_3$

với:  $V_3 = V_1 + V_2 = \frac{kq_1}{a} + \frac{kq_2}{a} = \frac{2kq}{a}$

$\Rightarrow A_3 = \frac{2kq^2}{a} \quad (2)$



– Công cần thực hiện để đưa cả ba điện tích trên đến ba đỉnh A, B và C của tam giác là:  $A = A_2 + A_3 = \frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a} = \frac{3kq^2}{a} = \frac{3.9.10^9 \cdot (10^{-8})^2}{3.10^{-2}} = 9.10^{-5} \text{ J}$

Vậy: Công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều là:  $A = 9.10^{-5} \text{ J}.$

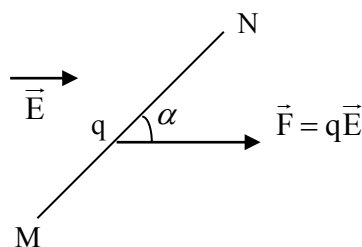
**Bài 19.**

a) Chứng minh  $U_{MN} = Ed \cos \alpha$

Giả sử điện tích  $q > 0$  di chuyển từ M đến N

trong điện trường đều  $\vec{E}$

$\vec{F} = q\vec{E}$  cùng hướng với  $\vec{E}.$

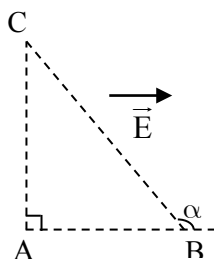


Ta có:  $\left. \begin{aligned} A_{MN} &= Fd \cos \alpha = qEd \cos \alpha \\ A_{MN} &= qU_{MN} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{MN} = Ed \cos \alpha.$

b) Tính  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}.$

$U_{AB} = E \cdot AB \cos 0 = 150(V)$

$U_{BC} = E \cdot BC \cos \alpha = -E \cdot BC \cos(\pi - \alpha) = 150(V).$



$$U_{CA} = E \cdot CA \cos 90^\circ = 0$$

- Tính  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ .

$$A_{AB} = qU_{AB} = 3 \cdot 10^{-6} (J)$$

$$A_{BC} = qU_{BC} = -3 \cdot 10^{-6} (J)$$

$$A_{AC} = qU_{AC} = 0.$$

### Bài 20.

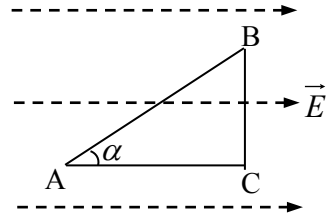
a) Các hiệu điện thế

Vì  $\vec{E}$  hướng từ A đến C, ta có:

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

Giả sử có một điện tích q di chuyển từ C đến B.

$$\text{ta có : } U_{CB} = \frac{A_{CB}}{q}$$



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  $U_{CB} = 0$

Ta có :

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

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

b) Công của lực điện trường

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

$$A_{AB} = -e \cdot U_{AB} = -16 \cdot 10^{-19} \cdot 200 = -3,2 \cdot 10^{-17} J$$

Chú ý: 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.

### Bài 21.

a)  $A_{MN} = q \cdot E \cdot MN \Rightarrow E = \frac{A_{MN}}{q \cdot MN} = -10^4 \text{ V/m}$ ; dấu “-” cho biết  $\vec{E}$  ngược chiều

chuyển động của electron (được mặc nhiên chọn làm chiều dương)

$$A_{NP} = q \cdot E \cdot NP = 6,4 \cdot 10^{-18} J.$$

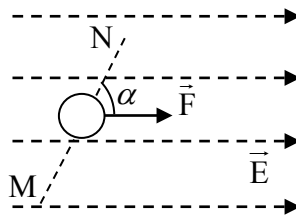
b) Ta có:  $\Delta W_d = W_{dp} - W_{dm} = \frac{1}{2} m v_p^2 = A_{MP} = A_{MN} + A_{NP}$

$$\Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2(A_{MN} + A_{NP})}{m}} = 5,93 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

### Bài 22.

a) Tính  $A_{MN}$  :

$$A_{MN} = qE \cdot MN \cos \alpha = 3 \cdot 10^{-6} (J).$$



b) Tính  $\Delta W_t$

$$\Delta W_t = -A_{MN} = -3.10^{-6} (J).$$

c) Tính  $U_{MN}$

$$A_{MN} = qU_{MN} \Rightarrow U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q} = 600(V).$$

**Bài 23.**

– Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh AB của tam giác:

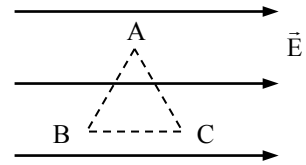
$$A_{AB} = -q \cdot E \cdot A'B' = -q \cdot E \cdot \frac{a}{2} = -10^{-8} \cdot 300 \cdot \frac{0,1}{2} = -1,5 \cdot 10^{-7} J$$

– Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh BC của tam giác:

$$A_{BC} = q \cdot E \cdot BC = 10^{-8} \cdot 300 \cdot 0,1 = 3 \cdot 10^{-7} J$$

– Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh CA của tam giác:

$$A_{CA} = -q \cdot E \cdot A'C = A_{AB} = -1,5 \cdot 10^{-7} J.$$



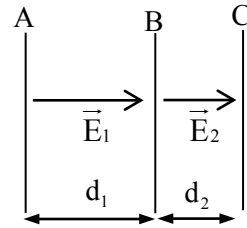
**Bài 24.**

Chọn bản C làm gốc,  $V_C = 0$ .

$$E_2 = \frac{U_{BC}}{d_2} = \frac{V_B - V_C}{d_2} = \frac{V_B}{d_2} = 1250(V/m).$$

$\vec{E}_2$  hướng từ bản B sang bản C.

$$E_1 = \frac{U_{BA}}{d_1} = \frac{V_B - V_A}{d_1} = 3000(V/m).$$



## Chuyên đề 4: TỤ ĐIỆN

### I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

#### 1. Tụ điện

**a. Định nghĩa:** Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn đặt cách điện với nhau, mỗi vật dẫn được gọi là một bản tụ điện. Mỗi tụ điện có hai bản: bản dương và bản âm.

#### b. Điện dung của tụ điện

– Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện:  $C = \frac{Q}{U}$  ( $Q = |Q| = |Q'|$  là điện tích tụ điện;  $U$  là hiệu điện thế giữa hai bản tụ)

– Điện dung của tụ điện phẳng:  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ . ( $S$  là diện tích phần đối diện giữa hai bản tụ;  $d$  là khoảng cách giữa hai bản tụ).

– Điện dung của vật dẫn cô lập:  $C = \frac{Q}{V}$  ( $V$  là điện thế của vật dẫn;  $Q$  là điện tích của vật dẫn).

– Điện dung của tụ điện cầu:  $C = \frac{\epsilon R_1 R_2}{4\pi k(R_2 - R_1)}$  ( $R_1, R_2$  là bán kính trong và ngoài của tụ).

– Điện dung của tụ điện xoay:  $C = \frac{(n - 1)S}{4\pi kd}$ , với:

+  $n$  là số lá tụ,  $S$  là diện tích phần đối diện giữa các lá tụ,  $d$  là khoảng cách giữa hai lá tụ sát nhau.

+ Khi tụ xoay,  $S$  thay đổi nên  $C$  thay đổi:

$$C_{\max} = \frac{(n - 1)S_{\max}}{4\pi kd}; \quad C_{\min} = \frac{(n - 1)S_{\min}}{4\pi kd}.$$

#### c. Ghép các tụ điện

##### **Ghép song song:**

Ghép liên tiếp bản âm của tụ này với bản dương của tụ kế tiếp.

$$U_b = U_1 = U_2 = \dots; \quad Q_b = Q_1 + Q_2 + \dots; \quad C_b = C_1 + C_2 + \dots$$

**Ghép nối tiếp:** Ghép các bản cùng tên của các tụ lại với nhau.

$$U_b = U_1 + U_2 + \dots; \quad Q_b = Q_1 = Q_2 = \dots; \quad \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

**Ghép hỗn tạp:** Vừa ghép nối tiếp vừa ghép song song.

#### 2. Năng lượng của tụ điện

- Năng lượng của tụ điện:  $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$ .
- Mật độ năng lượng điện trường: Trong không gian giữa hai bản tụ có điện trường nên có thể nói năng lượng của tụ điện là năng lượng điện trường. Gọi  $V = Sd$  là thể tích vùng không gian giữa hai bản tụ thì mật độ năng lượng điện trường là:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU^2}{Sd} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon S}{4\pi k d} \cdot (Ed)^2 = \frac{\epsilon E^2}{8\pi k} \text{ (với tụ điện phẳng).}$$

**Chú ý:**  $1 \mu F = 10^{-6}F$ ;  $1nF = 10^{-9}F$ ;  $1pF = 10^{-12}F$ .

## II. CÁC DẠNG TOÁN

### Dạng 1. Tính điện dung, điện tích, hiệu điện thế và năng lượng của tụ điện

#### A. Phương pháp giải

+ Điện dung của tụ điện:  $C = \frac{Q}{U}$

**Trong đó:** C là điện dung, đơn vị là fara (F)  
Q là điện tích mà tụ tích được (C)  
U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ (V)

+ Công thức tính điện dung của tụ điện phẳng:  $C = \frac{\epsilon.S}{9.10^9.4\pi.d}$

**Trong đó:** S là phần diện tích đối diện giữa 2 bản ( $m^2$ )  
 $\epsilon$  là hằng số điện môi  
d là khoảng cách giữa hai bản tụ (m)

+ Năng lượng của tụ điện:  $W_c = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2}$

+ Năng lượng của tụ điện phẳng:  $W_c = \frac{\epsilon.E^2.V}{9.10^9.8.\pi}$

+ Mật độ năng lượng điện trường:  $w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon E^2}{k8\pi}$

(Với  $V = S.d$  là thể tích khoảng không gian giữa 2 bản tụ điện phẳng)

#### Lưu ý:

- ⊗ Trên vỏ tụ điện thường ghi (10  $\mu F$  – 250 V), số liệu thứ nhất có nghĩa là điện dung của tụ, số liệu thứ 2 cho biết hiệu điện thế tối đa mà tụ có thể đạt được.
- ⊗ Với mỗi tụ điện có 1 hiệu điện thế giới hạn nhất định, khi sử dụng mà đặt vào 2 bản tụ hiệu điện thế lớn hơn hiệu điện thế giới hạn thì điện môi giữa 2 bản bị đánh thủng. Ta có:  $U_{gh} = E_{gh}d \rightarrow Q_{gh} = CU_{gh}$
- ⊗ Điện tích của tụ không đổi khi bị ngắt ra khỏi nguồn. Hiệu điện thế không

*đôi khi mắc tụ vào nguồn.*

## B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Một tụ điện có ghi 100 nF – 10V.

- Cho biết ý nghĩa của con số trên. Tính điện tích cực đại của tụ.
- Mắc tụ trên vào hai điểm có hiệu điện thế  $U = 8V$ . Tính điện tích của tụ khi đó.
- Muốn tích cho tụ điện một điện tích là  $0,5 \mu C$  thì cần phải đặt giữa hai bản tụ một hiệu điện thế là bao nhiêu ?

### Hướng dẫn giải

a) Con số 100 nF cho biết điện dung của tụ điện là 100 nF. Con số 10 V cho biết hiệu điện thế cực đại có thể đặt vào hai bản tụ là 10 V.

+ Điện tích cực đại tụ có thể tích được:  $Q_{\max} = CU_{\max} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 10 = 10^{-6} \text{ (C)}$

b) Điện tích tụ tích được khi mắc tụ vào hiệu điện thế  $U = 8 \text{ V}$  là:

$$Q = CU = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 8 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ (C)}$$

c) Hiệu điện thế cần phải đặt vào giữa hai bản tụ là:  $U = \frac{Q}{C} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-9}} = 5 \text{ (V)}$

**Ví dụ 2:** 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 tụ điện.

### Hướng dẫn giải

– Diện tích phần đối diện của hai bản tụ là:  $S = \pi R^2 = \pi \cdot 0,1^2 = 0,01\pi \text{ (m}^2\text{)}$

– Điện dung của tụ điện phẳng là:

$$C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} = \frac{1 \cdot 0,01 \cdot \pi}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 0,01} = 2,78 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

– Điện tích của tụ điện là:  $Q = CU = 2,78 \cdot 10^{-11} \cdot 108 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

Vậy: Điện tích của tụ điện là  $Q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

**Ví dụ 3:** Tụ phẳng không khí điện dung  $C = 2\text{pF}$  được tích điện ở hiệu điện thế  $U = 600V$ .

- Tính điện tích  $Q$  của tụ.
- 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.
- Vẫn nối tụ với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2 lần. Tính  $C_2$ ,  $Q_2$ ,  $U_2$  của tụ.

### Hướng dẫn giải

a) Điện tích  $Q$  của tụ

$$\text{Ta có: } Q = CU = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 600 = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Vậy: Điện tích của tụ điện là  $Q = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn: Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích không đổi nên:  
 $Q_1 = Q = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

– Điện dung của tụ điện:  $C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2d} = \frac{C}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-12}}{2} = 10^{-12} \text{ F} = 1 \text{ pF}$

– Hiệu điện thế của tụ điện:  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{10^{-12}} = 1200 \text{ V}$ .

Vậy: Khi ngắt tụ khỏi nguồn và đưa hai bản tụ ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là  $Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  điện dung của tụ là  $C_1 = 1 \text{ pF}$  và hiệu điện thế của tụ là  $U_1 = 1200 \text{ V}$ .

c) Khi vẫn nối tụ với nguồn điện: Khi vẫn nối tụ với nguồn thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ không đổi:  $U_2 = U = 600 \text{ V}$

– Điện dung của tụ:  $C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2d} = \frac{C}{2} = 10^{-12} \text{ F} = 1 \text{ pF}$

– Điện tích của tụ:  $Q_2 = C_2 U_2 = 10^{-12} \cdot 600 = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

Vậy: Khi vẫn nối tụ với nguồn điện và đưa hai bản ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là  $Q_2 = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  điện dung của tụ là  $C_2 = 1 \text{ pF}$  và hiệu điện thế của tụ là  $U_2 = 600 \text{ V}$ .

**Ví dụ 4:** Một tụ điện có điện dung  $C_1 = 0,2 \mu\text{F}$  khoảng cách giữa hai bản là  $d_1 = 5 \text{ cm}$  được nạp điện đến hiệu điện thế  $U = 100 \text{ V}$ .

a) Tính năng lượng của tụ điện.

b) Ngắt tụ ra khỏi nguồn điện. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ khi dịch 2 bản lại gần còn cách nhau  $d_2 = 1 \text{ cm}$ .

#### Hướng dẫn giải

a) Năng lượng của tụ điện:  $W = \frac{C_1 U_1^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 10^{-3} \text{ J}$

b) Điện dung của tụ điện:  $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2}$

+ Điện dung của tụ điện lúc sau:  $C_2 = C_1 \frac{d_1}{d_2} = 0,2 \cdot 5 = 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$

+ Điện tích của tụ lúc đầu:  $Q_1 = C_1 U_1 = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

+ Vì ngắt tụ ra khỏi nguồn nên điện tích không đổi, do đó:  $Q_2 = Q_1$

+ Năng lượng lúc sau:  $W = \frac{Q_2^2}{2C_2} = \frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{2 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

+ Độ biến thiên năng lượng:  $\Delta W = W_2 - W_1 = -8 \cdot 10^{-4} \text{ J} < 0 \Rightarrow$  năng lượng giảm

**Ví dụ 5:** Một tụ điện phẳng có 2 bản tụ cách nhau  $d = 2 \text{ mm}$ . Tụ điện tích điện dưới hiệu điện thế  $U = 100 \text{ V}$ . Gọi  $\sigma$  là mật độ điện tích trên bản tụ và được đo



bằng thương số  $\frac{Q}{S}$  ( $Q$  là điện tích,  $S$  là diện tích). Tính mật độ điện tích  $\sigma$  trên mỗi bản tụ trong hai trường hợp:

- Điện môi là không khí
- Điện môi dầu hỏa có  $\epsilon = 2$

#### Hướng dẫn giải

+ Ta có: 
$$\begin{cases} C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \\ Q = CU \end{cases}$$

+ Mật độ điện tích: 
$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{\epsilon U}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$$

a) Không khí có  $\epsilon = 1$  nên: 
$$\sigma = \frac{U}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ (C/m}^2\text{)}$$

b) Dầu có  $\epsilon = 2$  nên: 
$$\sigma = \frac{\epsilon U}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 8,8 \cdot 10^{-7} \text{ (C/m}^2\text{)}$$

**Ví dụ 6:** 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  $U = 50\text{V}$

- Tính điện dung của tụ điện
- Tính điện tích của tụ điện
- Tính năng lượng của tụ điện. Tụ điện có dùng làm nguồn điện được không?

#### Hướng dẫn giải

a) Điện dung của tụ điện

$$C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon S}{d} = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon a^2}{d} = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \cdot \frac{6 \cdot 0,04}{0,01} = 212,4 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 212,4 \text{ pF}$$

b) Điện tích của tụ điện

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

c) Năng lượng của tụ điện

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

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.

**Ví dụ 7:** Tụ phẳng không khí được tích điện bằng nguồn điện có hiệu điện thế không đổi  $U$ . Hỏi năng lượng của bột tụ thay đổi thế nào, nếu tăng khoảng cách  $d$  giữa hai bản tụ lên gấp đôi trong hai trường hợp sau:

- Vẫn nối tụ với nguồn.
- Ngắt ra khỏi nguồn trước khi tăng.

#### Hướng dẫn giải

+ Điện dung của tụ điện phẳng không khí:  $C = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$

+ Khi tăng  $d$  lên gấp đôi thì  $C$  giảm đi một nửa  $\Rightarrow C' = \frac{C}{2}$

a) Khi tụ vẫn nối vào nguồn thì  $U$  không đổi và năng lượng của tụ là:  $W = \frac{CU^2}{2}$

+ Vì  $C' = \frac{C}{2}$  nên  $W' = \frac{W}{2}$

+ Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn thì  $Q$  không đổi và năng lượng của tụ là:  $W = \frac{Q^2}{2C}$

+ Vì  $C' = \frac{C}{2}$  nên  $W' = 2W$

**Ví dụ 8:** 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.

### Hướng dẫn giải

Gọi điện dung của tụ điện khi có tấm thủy tinh là  $C$  và khi không có tấm thủy

tinh là  $C_0$  thì:  $C = \epsilon C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

a) Khi tụ vẫn nối với nguồn

– Năng lượng của tụ điện khi mắc vào nguồn là:  $W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}\epsilon C_0 U^2$ .

– Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết là:

$$W' = \frac{1}{2}C_0 U^2.$$

– Độ biến thiên năng lượng của tụ:  $\Delta W = W' - W$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{U^2}{C}(C_0 - C) = \frac{1}{2}(1 - \epsilon)C_0 U^2 = \frac{(1 - \epsilon)\epsilon_0 S U^2}{2d}$$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{(1 - 5) \cdot 200 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = -318 \cdot 10^{-7} \text{J}.$$

– Khi rút tấm thủy tinh ra khỏi tụ điện, ta cần thực hiện một công. Khi tụ điện nối với nguồn, công  $A$  dùng để rút tấm thủy tinh có giá trị bằng độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện – nguồn. Một phần công này làm thay đổi năng lượng của

tụ điện một lượng:  $\Delta W = \frac{1}{2}(1 - \epsilon)C_0 U^2$

- Khi tấm thủy tinh được rút ra khỏi tụ điện, điện dung của tụ điện giảm đi, do đó với cùng hiệu điện thế  $U$ , điện tích của tụ điện giảm đi. Một phần điện tích  $\Delta Q$  đã dịch chuyển ngược chiều nguồn điện. Công dịch chuyển các điện tích này bằng:  $\Delta W' = -\Delta Q \cdot U = -\Delta C \cdot U^2 = U^2 C_0 (\epsilon - 1)$

Do đó:

$$A = \Delta W + \Delta W' = \frac{1}{2}(1 - \epsilon)C_0 U^2 + U^2 C_0 (\epsilon - 1) = \frac{1}{2}(\epsilon - 1)C_0 U^2 = 318 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là  $\Delta W = -318 \cdot 10^{-7} \text{ J}$  và  $A = 318 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn

- Năng lượng của tụ điện được tích điện khi có tấm thủy tinh là:

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{\epsilon C_0}$$

- Sau khi ngắt tụ điện khỏi nguồn, điện tích trên các bản tụ giữ nguyên không đổi. Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết:

$$W' = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C_0}$$

- Độ biến thiên năng lượng của tụ điện:

$$\Delta W = W' - W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_0} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{\epsilon(\epsilon - 1)C_0 U^2}{2} = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d}$$

$$\Delta W = \frac{(5-1) \cdot 5 \cdot 200 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

- Khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, công để rút tấm thủy tinh chỉ bằng độ biến thiên năng lượng của tụ điện:  $A' = \Delta W = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là  $\Delta W = A' = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

**Ví dụ 9:** Tụ phẳng không khí  $d = 1,5\text{cm}$  nối với nguồn  $U = 39\text{kV}$  (không đổi).

- Tụ có hư không nếu biết điện trường giới hạn của không khí là  $30\text{kV/cm}$ ?
- Sau đó đặt tấm thủy tinh có  $\epsilon = 7$ ,  $l = 0,3\text{cm}$  và điện trường giới hạn  $100\text{kV/cm}$  vào khoảng giữa, song song 2 bản. Tụ có hư không?

#### Hướng dẫn giải

- Điện trường giữa hai bản tụ là:  $E = \frac{U}{d} = \frac{39}{1,5} = 26 \text{ kV/cm}$ .

- Trường hợp điện trường giới hạn bằng  $30 \text{ kV/cm}$ : Vì  $E < E_{\text{gh}}$  nên tụ không bị hư.
- Trường hợp điện trường giới hạn bằng  $100 \text{ kV/cm}$ : Khi có tấm thủy tinh, điện dung của tụ tăng lên, điện tích ở các bản tụ tăng lên làm cho điện trường trong khoảng không khí cũng tăng lên.

Gọi  $E_1$  là cường độ điện trường trong phần không khí;  $E_2$  là cường độ điện trường trong phần thủy tinh. Ta có:

$$U = E_1(d - l) + E_2l \quad \text{và} \quad E_2 = \frac{E_1}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{U}{d - l + \frac{l}{\epsilon}} = \frac{39}{1,2 + \frac{0,3}{7}} = 31,4 \text{ kV/cm}$$

Vì  $E_1 > E_{gh} = 30 \text{ kV/cm}$  nên không khí bị đâm xuyên và trở nên dẫn điện, khi đó hiệu điện thế  $U$  của nguồn đặt trực tiếp vào tấm thủy tinh, điện trường trong tấm thủy tinh là:

$$E_2' = \frac{U}{l} = \frac{39}{0,3} = 130 \text{ kV/cm} > E_{gh} = 100 \text{ kV/cm}$$

nên thủy tinh bị đâm xuyên, tụ

điện bị hư.

### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Một tụ điện phẳng có hai bản kim loại, diện tích mỗi bản  $S = 100 \text{ cm}^2$ , cách nhau  $d = 2 \text{ mm}$ , điện môi là mica có hằng số điện môi  $\epsilon = 6$ . Tính điện tích của tụ khi được tích điện ở hiệu điện thế  $U = 220 \text{ V}$ .

**Bài 2.** Một tụ điện có ghi  $1000 \mu\text{F} - 12 \text{ V}$ .

- Cho biết ý nghĩa của con số trên. Tính điện tích cực đại của tụ.
- Mắc tụ trên vào hai điểm có hiệu điện thế  $U = 10 \text{ V}$ . Tính điện tích của tụ khi đó.
- Muốn tích cho tụ điện một điện tích là  $5 \text{ mC}$  thì cần phải đặt giữa hai bản tụ một hiệu điện thế là bao nhiêu?

**Bài 3.** Hai bản của tụ điện phẳng có dạng hình tròn bán kính  $R = 30 \text{ cm}$ , khoảng cách giữa hai bản  $d = 5 \text{ mm}$ , khoảng giữa hai bản là không khí.

- Tính điện dung của tụ điện.
- Biết rằng không khí chỉ còn cách điện khi cường độ điện trường tối đa là  $3 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ . Hỏi:
  - Hiệu điện thế giới hạn của tụ điện?
  - Có thể tích cho tụ một điện tích lớn nhất là bao nhiêu để tụ không bị đánh thủng?

**Bài 4.** Một tụ điện phẳng (điện môi là không khí) có điện dung  $C = 0,2 \mu\text{F}$  được mắc vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế  $U_1 = 200 \text{ V}$ .

- Tính điện tích của tụ.
- Ngắt tụ ra khỏi nguồn rồi nhúng cả tụ điện vào trong dầu hỏa có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ . Tính hiệu điện thế  $U_2$  bây giờ.

**Bài 5.** Một tụ điện phẳng được mắc vào hai cực của một nguồn điện có hiệu điện thế  $50 \text{ V}$ . Ngắt tụ điện ra khỏi nguồn rồi kéo cho khoảng cách giữa hai bản tụ tăng lên gấp đôi so với lúc đầu. Tính hiệu điện thế của tụ điện khi đó.

**Bài 6.** Một tụ điện (điện môi là không khí) có điện dung  $C = 0,2 \mu\text{F}$  được mắc vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế  $U = 200 \text{ V}$ .

- Tính hiệu điện thế của tụ sau khi nhúng cả tụ điện vào trong dầu hỏa có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ .
- Tính điện tích của tụ trước và sau khi nhúng cả tụ điện vào trong dầu hỏa có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ .

**Bài 7.** Tụ phẳng không khí có điện dung  $C = 500 \text{ pF}$ , được tích đến hiệu điện thế  $U = 300 \text{ V}$ .

- Tính điện tích  $Q$  của tụ điện.
- Ngắt tụ điện khỏi nguồn. Nhúng tụ điện vào trong chất lỏng có  $\epsilon = 2$ . Tính điện dung  $C_1$ , điện tích  $Q_1$  và hiệu điện thế lúc đó.
- Vẫn nối tụ điện với nguồn. Nhúng tụ vào chất lỏng có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ . Tính  $C_2$ ,  $Q_2$  và  $U_2$  khi đó.

**Bài 8.** Tụ phẳng không khí có điện dung  $C = 2 \text{ pF}$ , được tích đến hiệu điện thế  $U = 600 \text{ V}$ .

- Tính điện tích  $Q$  của tụ điện.
- Ngắt tụ điện khỏi nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2 lần. Tính điện dung  $C_1$ , điện tích  $Q_1$  và hiệu điện thế lúc đó.
- Vẫn nối tụ điện với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2 lần. Tính  $C_2$ ,  $Q_2$  và  $U_2$  khi đó.

**Bài 9.** 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 có  $\epsilon = 2$ .

**Bài 10.** Tụ phẳng không khí  $C = 10^{-10}\text{F}$  được tích điện đến hiệu điện thế  $U = 100\text{V}$  rồi ngắt khỏi nguồn. Tính công cần thực hiện để tăng khoảng cách hai bản tụ lên gấp đôi?

**Bài 11.** Một tụ điện phẳng có khoảng cách giữa hai bản là  $d = 1 \text{ mm}$  được nhúng chìm hẳn vào trong chất lỏng có hằng số điện môi  $\epsilon = 2$ . Diện tích mỗi bản là  $S = 200 \text{ cm}^2$ . Tụ được mắc vào nguồn có hiệu điện thế  $U = 200 \text{ V}$ . Tính độ biến thiên năng lượng của tụ khi đưa tụ ra khỏi chất lỏng trong hai trường hợp sau:

- Tụ vẫn luôn được mắc vào nguồn
- Ngắt tụ ra khỏi nguồn trước khi đưa tụ ra khỏi chất lỏng

**Bài 12.** Tụ phẳng có diện tích bản  $S$ , khoảng cách 2 bản là  $x$ , nối với nguồn  $U$  không đổi.

- Năng lượng tụ thay đổi ra sao khi  $x$  tăng.
- Tính công suất cần để tách các bản theo  $x$ .  
Biết vận tốc các bản tách xa nhau là  $v$ .
- Cơ năng cần thiết và độ biến thiên năng lượng của tụ đã biến thành dạng năng lượng nào?

## **D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG**

### **Bài 1.**

Điện dung của tụ điện phẳng:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d} = 0,02654 \cdot 10^{-8} (F) = 0,2654 nF$$

Điện tích của tụ điện:

$$Q = CU \approx 5,84 \cdot 10^{-8} (C).$$

### Bài 2.

a) Con số 1000  $\mu F$  cho biết điện dung của tụ điện là 1000  $\mu F$ . Con số 12 V cho biết hiệu điện thế cực đại có thể đặt vào hai bản tụ là 12 V.

+ Điện tích cực đại tụ có thể tích được:

$$Q_{\max} = CU_{\max} = 1000 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 12 \cdot 10^{-3} (C) = 12 (mC)$$

b) Điện tích tụ tích được khi mắc tụ vào hiệu điện thế  $U = 10 V$  là:

$$Q = CU = 1000 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 10 \cdot 10^{-3} (C) = 10 (mC)$$

c) Hiệu điện thế cần phải đặt vào giữa hai bản tụ là:

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 10^{-6}} = 5 (V)$$

### Bài 3.

a) Điện dung của tụ phẳng:  $C = \frac{\epsilon \cdot S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} = \frac{\epsilon \pi R^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} = 5 \cdot 10^{-10} F$

b) Hiệu điện thế giới hạn:  $U_{gh} = E_{gh} \cdot d = 3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1500 V$

+ Điện tích cực đại của tụ:  $Q_{\max} = CU_{gh} = 7,5 \cdot 10^{-7} C$

### Bài 4.

a) Điện tích của tụ:  $Q = C_1 U_1 = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 4 \cdot 10^{-5} C$

b) Điện dung của tụ trước và sau khi nhúng vào điện môi: 
$$\begin{cases} C_1 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} \\ C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} \end{cases}$$

+ Suy ra:  $C_2 = \epsilon C_1 = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \mu F$

+ Vì khi ngắt ra khỏi nguồn nên điện tích không đổi, mà điện dung của tụ lúc này là  $C_2$  nên hiệu điện thế mới mà tụ có thể nạp được là:  $U_2 = \frac{Q}{C_2} = 100 V$

### Bài 5.

+ Ta có:  $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow C_2 = \frac{C_1}{2}$

+ Khi ngắt ra khỏi nguồn thì điện tích  $Q$  không đổi nên:  $Q = C_1 U_1 = C_2 U_2$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{C_1}{C_2} U_1 = 2U_1 = 100 (V)$$

### Bài 6.

a) Khi nối vào nguồn thì hiệu điện thế không đổi nên  $U = 200 \text{ V}$

b) Điện tích của tụ khi tụ ở trong không khí:

$$Q_1 = C_1 U = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ (C)}$$

+ Khi nhúng cả tụ vào trong dầu hỏa thì điện dung tăng  $\varepsilon = 2$  lần nên:  $C_2 = 0,4 \mu\text{F}$

+ Điện tích của tụ lúc này là:  $Q_2 = C_2 U = 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (C)}$

### Bài 7.

a) Điện tích của tụ khi nối vào nguồn  $U = 300 \text{ V}$ :  $Q = CU = 150 \text{ nC}$

b) Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn thì điện tích  $Q$  không đổi nên  $Q_1 = Q = 150 \text{ nC}$

+ Khi nhúng tụ vào trong điện môi thì điện dung tăng  $\varepsilon$  lần nên ta có:

$$C_1 = 2C = 1000 \text{ pF}$$

+ Hiệu điện thế lúc này:  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{150 \cdot 10^{-9}}{1000 \cdot 10^{-12}} = 150 \text{ (V)}$

c) Khi vẫn nối tụ vào nguồn thì  $U_2 = U = 300 \text{ V}$

+ Khi nhúng tụ vào trong điện môi thì điện dung tăng  $\varepsilon$  lần nên ta có:

$$C_2 = 2C = 1000 \text{ pF}$$

+ Điện tích của tụ lúc này:  $Q_2 = C_2 U_2 = 300 \text{ nC}$

### Bài 8.

a) Điện tích  $Q$  của tụ điện:  $Q = CU = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 600 = 12 \cdot 10^{-10} \text{ (C)}$

b) Vì  $C = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow$  khi khoảng cách tăng 2 lần thì điện dung của tụ giảm hai

lần nên ta có:  $C_1 = \frac{C}{2} = 1 \text{ (pF)}$

+ Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi nên:  $Q_1 = Q = 12 \cdot 10^{-10} \text{ (C)}$

+ Hiệu điện thế giữa hai bản tụ lúc này là:  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 1200 \text{ (V)}$

c) Khi nối tụ vào nguồn thì hiệu điện thế không đổi nên:  $U_2 = U = 600 \text{ V}$

+ Vì  $C = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow$  khi khoảng cách tăng 2 lần thì điện dung của tụ giảm hai

lần nên ta có:  $C_2 = \frac{C}{2} = 1 \text{ (pF)}$

+ Điện tích lúc này của tụ:  $Q_2 = C_2 U_2 = 6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

### Bài 9.

– Năng lượng ban đầu của tụ điện:  $W_1 = \frac{Q^2}{2C_1}$ .

- Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích trên tụ không đổi, nhúng tụ vào điện môi lỏng có  $\epsilon = 2$  thì  $C_2 = 2C_1$  nên tụ điện có năng lượng:  $W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = \frac{W_1}{2}$

Vậy: Năng lượng của tụ giảm đi 2 lần.

### Bài 10.

- Năng lượng của tụ điện:  $W_1 = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{10^{-10} \cdot 100^2}{2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

- Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích của tụ không đổi:  
 $Q = C_1 U = 10^{-10} \cdot 100 = 10^{-8} \text{ C}$

- Khi tăng khoảng cách của hai bản tụ lên gấp đôi thì:  $C_2 = \frac{C_1}{2}$ .

- Năng lượng lúc sau của tụ điện:  $W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = \frac{Q^2}{2 \cdot \frac{C_1}{2}} = 2W_1$

- Công cần thực hiện là:  $A = W_2 - W_1 = W_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

Vậy: Công cần thực hiện để tăng khoảng cách giữa hai bản tụ lên gấp đôi là  $A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

### Bài 11.

- a) Khi tụ vẫn được nối vào nguồn thì U không đổi

+ Điện dung của tụ điện phẳng khi tụ trong nước có  $\epsilon = 2$ :  $C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$

+ Điện dung của tụ điện phẳng khi ngoài không khí có  $\epsilon = 1$ :  $C_2 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$

+ Năng lượng của tụ điện trước và sau khi đưa ra khỏi nước: 
$$\begin{cases} W_1 = \frac{C_1 U^2}{2} \\ W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} \end{cases}$$

- + Độ biến thiên năng lượng của tụ:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{U^2}{2} (C_2 - C_1) = \frac{U^2}{2} \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} (1 - \epsilon) = -3,54 \cdot 10^{-6} \text{ (J)} < 0$$

Vậy sau khi đưa tụ ra khỏi nước thì năng lượng của tụ giảm đi  $3,54 \cdot 10^{-6} \text{ (J)}$

- b) Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn thì Q không đổi

+ Điện dung của tụ điện khi tụ trong nước:  $C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 3,54 \cdot 10^{-10} \text{ (F)}$

+ Điện tích của tụ sau khi ngắt nguồn:  $Q = C_1 U = 7,1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

+ Điện dung của tụ điện khi ngoài không khí:  $C_2 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 1,77 \cdot 10^{-10} \text{ (F)}$



+ Năng lượng của tụ điện trước và sau khi đưa ra khỏi nước lần lượt là:

$$W_1 = \frac{Q^2}{2C_1} = 7,12 \cdot 10^{-6} \text{ J} \quad \text{và} \quad W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ (J)}$$

+ Độ biến thiên năng lượng của tụ:  $\Delta W = W_2 - W_1 = 7,12 \cdot 10^{-6} \text{ (J)} > 0$

Vậy sau khi đưa tụ ra khỏi nước thì năng lượng của tụ tăng thêm  $7,12 \cdot 10^{-6} \text{ (J)}$

### Bài 12.

a) Sự thay đổi năng lượng của tụ khi  $x$  tăng: Gọi  $x$  là khoảng cách ban đầu giữa hai bản;  $x'$  là khoảng cách lúc sau giữa hai bản. Ta có:  $\Delta x = x' - x > 0$ .

– Độ biến thiên năng lượng của tụ điện:  $\Delta W = W' - W = \frac{C'U^2}{2} - \frac{CU^2}{2}$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{U^2}{2} \left( \frac{\epsilon_0 S}{x'} - \frac{\epsilon_0 S}{x} \right) = \frac{U^2 \epsilon_0 S}{2xx'} (x - x') = -\frac{U^2 \epsilon_0 S}{2xx'} \cdot \Delta x < 0.$$

Vậy: Khi  $x$  tăng thì năng lượng của tụ điện giảm.

b) Công suất cần để tách các bản tụ

$$\text{Ta có: } P = \frac{A}{\Delta t} = -\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{U^2 \epsilon_0 S}{2xx'} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{U^2 \epsilon_0 S}{2x^2} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow P \approx \frac{U^2 \epsilon_0 S}{2x^2} \cdot v$$

Vậy: Công suất cần để tách các bản tụ theo  $x$  là  $P \approx \frac{U^2 \epsilon_0 S}{2x^2} \cdot v$ , với  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  là

vận tốc các bản khi tách ra xa nhau.

c) Công cơ học và phần năng lượng được giải phóng khỏi tụ điện đã biến thành công để đưa các điện tích về nguồn. Toàn bộ phần năng lượng nói trên biến thành nhiệt năng và hóa năng.

## Dạng 2: Ghép các tụ điện và giới hạn hoạt động của tụ điện

### A. Phương pháp giải

#### 1. Ghép các tụ điện chưa tích điện trước

##### + Ghép nối tiếp các tụ

- Điện dung tương đương của bộ tụ là  $C_b$ , với  $C_b$  được tính theo

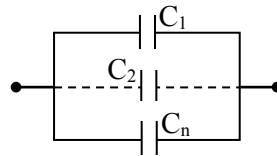
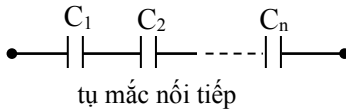
$$\text{công thức: } \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

- Hiệu điện thế hai đầu bộ tụ:  $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
- Điện tích hai đầu bộ tụ:  $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

##### + Ghép song song các tụ

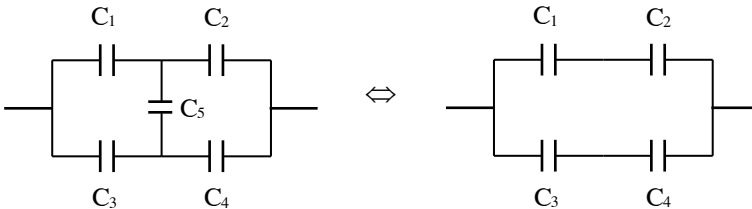
- Điện dung tương đương của bộ tụ là  $C_b$ , với  $C_b$  được tính theo công thức:  $C_b = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

- Hiệu điện thế hai đầu bộ tụ:  $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
- Điện tích hai đầu bộ tụ:  $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$



**Lưu ý:** Với mạch tụ cầu cân bằng ( $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ ):

Mạch tương đương  $[(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)]$ .



#### 2. Ghép các tụ khi đã tích điện. Sự chuyển dịch điện tích

- + Khi ghép các tụ đã tích điện thì có sự phân bố điện tích khác trước, do đó hiệu điện thế các tụ cũng thay đổi.
  - + Sự phân bố điện tích trên các bản tụ tuân theo định luật bảo toàn điện tích: Trong một hệ cô lập về điện, tổng đại số các điện tích là không thay đổi
- $$\sum Q_t = \sum Q_s$$
- + Điện lượng di chuyển qua dây nối với một bản tụ nào đó là:

$$\Delta Q = |Q_{t1} - Q_{s1}|$$

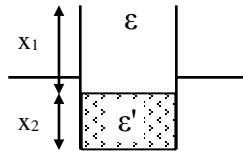
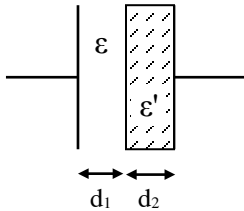
Với  $Q_{t1}$  và  $Q_{s1}$  là điện tích trước và sau của chính bản tụ ấy

### 3. Giới hạn hoạt động của tụ

Hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ: 
$$\begin{cases} U_1 \leq U_{gh-1} \\ U_2 \leq U_{gh-2} \\ \dots\dots\dots \\ U_n \leq U_{gh-n} \end{cases} \Rightarrow U_{max} = ?$$

### 4. Chất điện môi liên kết với tụ tạo ra bộ tụ

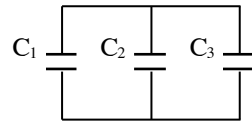
- + Đặt vào tụ một tấm điện môi  $\epsilon'$  thì hệ gồm 2 tụ ghép nối tiếp:  
tụ 1 ( $\epsilon, d_1$ ); tụ 2 ( $\epsilon', d_2$ ), với  $d_1 + d_2 = d$ .
- + Nhúng tụ vào chất điện môi  $\epsilon'$  thì hệ gồm 2 tụ ghép song song:  
tụ 1 ( $\epsilon, x_1$ ); tụ 2 ( $\epsilon', x_2$ ), với  $x_1 + x_2 = x$ .



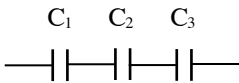
## B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Tính điện dung tương đương, điện tích và hiệu điện thế trong mỗi tụ trong các trường hợp sau:

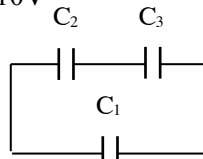
- a)  $C_1 = 2 \mu F, C_2 = 4 \mu F, C_3 = 6 \mu F; U = 100V$ .
- b)  $C_1 = 1 \mu F, C_2 = 1,5 \mu F, C_3 = 3 \mu F; U = 120V$ .
- c)  $C_1 = 0,2 \mu F, C_2 = 1 \mu F, C_3 = 3 \mu F; U = 12V$ .
- d)  $C_1 = C_2 = 2 \mu F, C_3 = 1 \mu F; U = 10V$



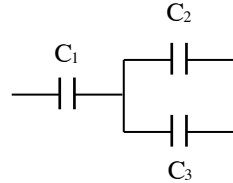
Hình a



Hình b



Hình c

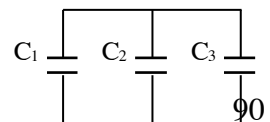


Hình d

### Hướng dẫn giải

a) Ba tụ ghép song song:

- Điện dung tương đương của bộ tụ:  $C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 4 + 6 = 12 \mu F$ .
- Hiệu điện thế mỗi tụ:  $U_1 = U_2 = U_3 = U = 100 V$ .
- Điện tích tụ  $C_1$ :  $Q_1 = C_1 U_1 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-4} C$ .
- Điện tích tụ  $C_2$ :  $Q_2 = C_2 U_2 = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 4 \cdot 10^{-4} C$ .

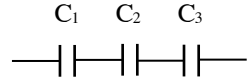


Hình a

- Điện tích tụ  $C_3$ :  $Q_3 = C_3 U_3 = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

b) Ba tụ ghép nối tiếp:

- Điện dung tương đương của bộ tụ:  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$



$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3} = 2 \Rightarrow C = 0,5 \mu\text{F}$$

Hình b

- Điện tích của mỗi tụ:  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = CU = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Hiệu điện thế của tụ  $C_1$ :  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 60 \text{ V}$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_2$ :  $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 40 \text{ V}$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_3$ :  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ V}$ .

c) Hai tụ  $C_2, C_3$  mắc nối tiếp nhau và mắc song song với tụ  $C_1$ :

Ta có:  $C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{1 \cdot 3}{1 + 3} = 0,75 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:  $C = C_1 + C_{23} = 0,25 + 0,75 = 1 \mu\text{F}$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_1$ :  $U_1 = U_{23} = U = 120 \text{ V}$ .

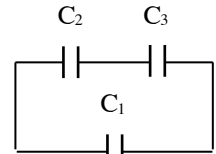
- Điện tích của tụ  $C_1$ :  $Q_1 = C_1 U_1 = 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Điện tích của tụ  $C_2$  và  $C_3$ :  $Q_{23} = C_{23} U_{23} = 0,75 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

$$\Rightarrow Q_2 = Q_3 = Q_{23} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_2$ :  $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{9 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 90 \text{ V}$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_3$ :  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{9 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 30 \text{ V}$ .



Hình c

d) Hai tụ  $C_2, C_3$  mắc song song và mắc nối tiếp với tụ  $C_1$ :

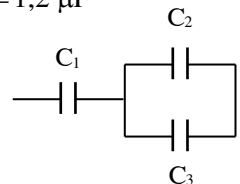
Ta có:  $C_{23} = C_2 + C_3 = 2 + 1 = 3 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:  $C = \frac{C_1 C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = 1,2 \mu\text{F}$

- Điện tích của tụ  $C_1$ :

$$Q_1 = Q_{23} = Q = CU = 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

- Hiệu điện thế của tụ  $C_1$ :  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-6}} = 6 \text{ V}$ .



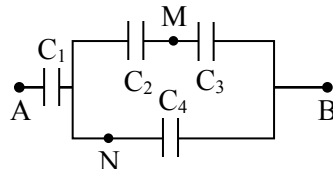
Hình d

- Hiệu điện thế của tụ  $C_2, C_3$ :  $U_2 = U_3 = U_{23} = \frac{Q_{23}}{C_{23}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 4 \text{ V}$ .
- Điện tích của tụ  $C_2$ :  $Q_2 = C_2 U_2 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .
- Điện tích của tụ  $C_3$ :  $Q_3 = C_3 U_3 = 10^{-6} \cdot 4 = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

**Ví dụ 2:** Cho mạch điện như hình vẽ  $C_1 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 3 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_4 = 1 \mu\text{F}$ ,  $U_{AB} = 60 \text{ V}$ .

Tính:

- Điện dung của bộ tụ.
- Điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ.
- Hiệu điện thế  $U_{MN}$ .



### Hướng dẫn giải

a) Từ mạch điện suy ra:  $[(C_2 \text{ nt } C_3) // C_4] \text{ nt } C_1$

+ Ta có:  $C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = 2 (\mu\text{F}) \Rightarrow C_{23-4} = C_{23} + C_4 = 3 (\mu\text{F})$

$$\Rightarrow C_b = \frac{C_1 C_{23-4}}{C_1 + C_{23-4}} = 2 \mu\text{F}$$

b) Ta có:  $Q = Q_1 = Q_{234} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ C} \Rightarrow U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 20 \text{ V} \Rightarrow U_{234} = U - U_1 = 40 \text{ V}$

Suy ra:  $U_4 = U_{24} = U_{234} = 40 \text{ V}$

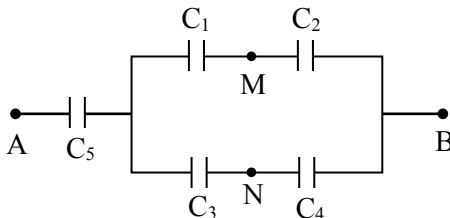
+ Lại có:  $Q_4 = C_4 U_4 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ;  $Q_{23} = C_{23} U_{23} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ C} = Q_2 = Q_3$

+ Do đó:  $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{80}{3} \text{ V}$ ;  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{40}{3} \text{ V}$

c) Bản A tích điện dương, bản B tích điện âm. Đi từ M đến N qua  $C_2$  theo chiều từ bản âm sang bản dương nên:  $U_{MN} = -U_2 = -\frac{80}{3} \text{ V}$ .

**Ví dụ 3:** Cho mạch điện như hình vẽ  $C_1 = 12 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$ ,  $C_4 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_5 = 5 \mu\text{F}$ ,  $U_{AB} = 50 \text{ V}$ . Tính:

- Điện dung của bộ tụ.
- Điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ.
- Hiệu điện thế  $U_{MN}$



### Hướng dẫn giải

a) Vì  $C_1$  nối tiếp  $C_2$  nên:  $C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 3 (\mu\text{F})$

+ Vì  $C_3$  nối tiếp  $C_4$  nên:  $C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = 2(\mu\text{F})$

+ Lại có  $C_{12}$  song song với  $C_{34}$  nên:  $C_{12-34} = C_{12} + C_{34} = 5(\mu\text{F})$

+ Điện dung của bộ tụ:  $C_b = \frac{C_{12-34} \cdot C_5}{C_{12-34} + C_5} = 2,5(\mu\text{F})$

b) Điện tích của bộ tụ:  $Q_b = C_b U_{AB} = 125 \mu\text{C}$

+ Vì  $C_5$  nối tiếp với  $C_{12-34}$  nên  $Q_5 = Q_{12-34} = Q_b = 125 \mu\text{C}$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ  $C_5$ :  $U_5 = \frac{Q_5}{C_5} = \frac{125}{5} = 25(\text{V})$

+ Ta có:  $U_{12} = U_{34} = U_{AB} - U_5 = 50 - 25 = 25(\text{V})$

+ Lại có:  $\begin{cases} Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} U_{12} = 3.25 = 75(\mu\text{C}) \\ Q_3 = Q_4 = Q_{34} = C_{34} U_{34} = 2.25 = 50(\mu\text{C}) \end{cases}$

+ Do đó:  $\begin{cases} U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{75}{12} = 6,25(\text{V}) \Rightarrow U_2 = U_{12} - U_1 = 18,75(\text{V}) \\ U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{50}{3}(\text{V}) \Rightarrow U_4 = U_{34} - U_3 = \frac{25}{3}(\text{V}) \end{cases}$

c) Để tính  $U_{MN}$  ta thực hiện cách đi từ M qua  $C_1$  rồi đến  $C_3$  khi đó ta có:

$$U_{MN} = -U_1 + U_3 = -10,45(\text{V})$$

**Chú ý:**  $U_1$  có dấu trừ vì đi qua  $C_1$  theo chiều từ bản âm sang bản dương

**Ví dụ 4:** Trong hình dưới:  $C_1 = 3 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = C_4 = 4 \mu\text{F}$ ,  $C_5 = 8 \mu\text{F}$ ,  $U = 900\text{V}$ . Tính hiệu điện thế giữa A, B.

#### Hướng dẫn giải

- Sơ đồ mạch tụ:  $[(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)] \text{ nt } C_5$ .

- Hiệu điện thế giữa hai điểm AB:  $U_{AB} = -U_1 + U_3$ .

- Ta có:  $C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \mu\text{F}$

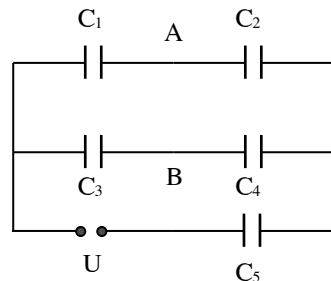
$$C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \mu\text{F}$$

$$C_{1234} = C_{12} + C_{34} = 2 + 2 = 4 \mu\text{F}$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = \frac{C_{1234} \cdot C_5}{C_{1234} + C_5} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = \frac{8}{3} \mu\text{F}$$

- Điện tích của bộ tụ:  $Q = CU = \frac{8}{3} \cdot 10^{-6} \cdot 900 = 24 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .



$$\Rightarrow Q_5 = Q_{1234} = Q = 24 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

– Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1$  và  $C_2$ :

$$U_{12} = U_{34} = U_{1234} = \frac{Q_{1234}}{C_{1234}} = \frac{24 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}} = 600 \text{ V}$$

– Điện tích của tụ  $C_1$  và  $C_2$ :

$$Q_{12} = C_{12}U_{12} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}; Q_1 = Q_2 = Q_{12} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

– Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1$ :  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{12 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-6}} = 400 \text{ V}.$

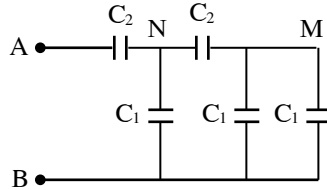
– Điện tích của tụ  $C_3$  và  $C_4$ :

$$Q_{34} = C_{34}U_{34} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}; Q_3 = Q_4 = Q_{34} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

– Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_3$ :  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{12 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}} = 300 \text{ V}.$

– Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B:  $U_{AB} = -U_1 + U_3 = -400 + 300 = -100 \text{ V}.$

**Ví dụ 5:** Cho bộ tụ điện như hình dưới,  
 $C_2 = 2C_1$ ,  $U_{AB} = 16\text{V}$ . Tính  $U_{MB}$ .



### Hướng dẫn giải

– Sơ đồ mạch tụ:  $\{[(C_1 // C_1) \text{ nt } C_2] // C_1\} \text{ nt } C_2$ .

– Điện dung tương đương của đoạn mạch M, B:

$$C_{MB} = C_1 + C_1 = 2C_1$$

– Điện dung tương đương của đoạn mạch NMB:

$$C_{NMB} = \frac{C_2 \cdot C_{MB}}{C_2 + C_{MB}} = \frac{2C_1 \cdot 2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$$

– Điện dung tương đương của đoạn mạch NB:

$$C_{NB} = C_{NMB} + C_1 = C_1 + C_1 = 2C_1$$

– Điện dung tương đương của đoạn mạch AB:  $C_{AB} = \frac{C_2 \cdot C_{NB}}{C_2 + C_{NB}} = \frac{2C_1 \cdot 2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$

– Điện tích của bộ tụ:  $Q = C_{AB}U = C_1 \cdot 16 = 16C_1 \Rightarrow Q_2 = Q_{NB} = 16C_1$

– Hiệu điện thế giữa hai điểm N, B:  $U_{NB} = \frac{Q_{NB}}{C_{NB}} = \frac{16C_1}{2C_1} = 8 \text{ V}.$

– Điện tích của đoạn mạch NMB:  $Q_{NMB} = C_{NMB} \cdot U_{NB} = C_1 \cdot 8 = 8C_1$ .

$$\Rightarrow Q_2 = Q_{MB} = Q_{NMB} = 8C_1$$

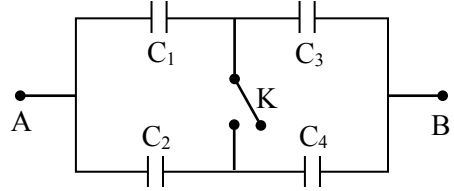
– Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B:  $U_{MB} = \frac{Q_{MB}}{C_{MB}} = \frac{8C_1}{2C_1} = 4 \text{ V}.$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B là  $U_{MB} = 4 \text{ V}$ .

**Ví dụ 6:** Cho mạch điện như hình

vẽ. Chứng minh rằng nếu  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4}$  thì

khi đóng hay mở khóa K điện dung tương đương của bộ tụ vẫn không đổi.



**Hướng dẫn giải**

Đặt  $k = \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = kC_2 \\ C_3 = kC_4 \end{cases}$

**\*Trường hợp mở khóa K:**

+ Vì  $C_1$  nt  $C_3$  nên ta có:  $C_{13} = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} = \frac{kC_2 \cdot kC_4}{kC_2 + kC_4} = k \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4}$

+ Vì  $C_2$  nt  $C_4$  nên ta có:  $C_{24} = \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4}$

+ Mà  $C_{13} // C_{24}$  nên:  $C = C_{13} + C_{24} = k \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4} + \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4} = (k+1) \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4}$

**\*Trường hợp đóng khóa K:**

+ Vì  $C_1 // C_2$  nên ta có:  $C_{12} = C_1 + C_2 = (k+1)C_2$

+ Vì  $C_3 // C_4$  nên ta có:  $C_{34} = C_3 + C_4 = (k+1)C_4$

+ Mà  $C_{12}$  nt  $C_{34}$  nên:  $C' = \frac{C_{12} C_{34}}{C_{12} + C_{34}} = \frac{(k+1)C_2 \cdot (k+1)C_4}{(k+1)C_2 + (k+1)C_4} = (k+1) \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4}$

Vậy  $C = C' \Rightarrow$  đpcm

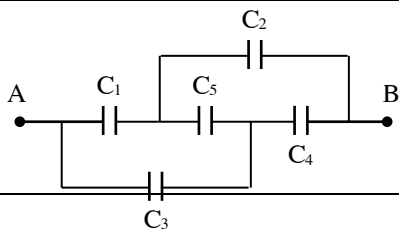
**🔗 Kết luận:**

- + Nếu mạch điện có dạng như ví dụ trên thì được gọi là mạch cầu tụ điện.
- + Nếu mạch cầu tụ điện có thêm điều kiện  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4}$  thì đó là mạch cầu cân bằng.
- + Vì khi đóng hay mở K cũng không ảnh hưởng đến điện dung của bộ tụ nên nếu thay K bởi tụ C thì mạch đó cũng gọi là mạch cầu tụ điện.

**Ví dụ 7:** Trong các hình dưới:

$C_1 = C_4 = C_5 = 2 \mu \text{ F}$ ,  $C_2 = 1 \mu \text{ F}$ ,  $C_3 = 4 \mu \text{ F}$ .

Tính điện dung bộ tụ.





### Hướng dẫn giải

Sơ đồ bộ tụ như sau:

- Ta có:  $\frac{C_1}{C_3} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ ;  $\frac{C_2}{C_4} = \frac{1}{2}$

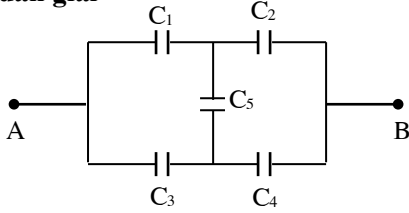
$\Rightarrow \frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$

- Vì  $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$  nên điện dung của bộ tụ không đổi khi bỏ tụ  $C_5$ . Lúc đó bộ tụ gồm:

$(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)$ . Ta có:

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 1} = \frac{2}{3} \mu\text{F}; \quad C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{4}{3} \mu\text{F}.$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:  $C = C_{12} + C_{34} = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} = 2 \mu\text{F}$ .



**Ví dụ 8:** 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.

### Hướng dẫn giải

- Bộ tụ có điện dung  $5 \mu\text{F} > C_0 \Rightarrow C_0$  mắc song song với  $C_1$ :

$\Rightarrow C_1 = 5 - 3 = 2 \mu\text{F}$

-  $C_1 = 2 \mu\text{F} < C_0 \Rightarrow C_1$  gồm  $C_0$  mắc nối tiếp với  $C_2$ :

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_0} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

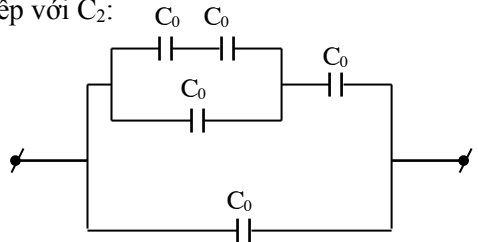
$\Rightarrow C_2 = 6 \mu\text{F}$

-  $C_2 = 6 \mu\text{F} = C_0 + C_0$

$\Rightarrow C_2$  gồm  $C_0$  mắc song song với  $C_0$ .

Vậy: Phải dùng ít nhất 5 tụ  $C_0$  và

mắc như sau:  $[((C_0 \text{ nt } C_0) // C_0) \text{ nt } C_0] // C_0$  (hình vẽ).



**Ví dụ 9:** 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 đầy khoảng giữa 2 bản  $C_2$  bằng điện môi  $\epsilon = 2$ . Tính hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ.

### Hướng dẫn giải

- Điện dung của bộ tụ trước khi ngắt khỏi nguồn:

$C = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,4 = 0,6 \mu\text{F}$

- Điện tích của bộ tụ:  $Q = CU = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 450 = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{C}$

– Điện dung của tụ  $C_2$  sau khi lấp đầy điện môi:

$$C'_2 = \frac{\epsilon S}{9.10^9 .4\pi.d} = \epsilon C_2 = 2.0,4 = 0,8 \mu\text{F}$$

– Điện dung của bộ tụ sau khi lấp đầy  $C_2$  bằng điện môi:

$$C' = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,8 = 1 \mu\text{F}$$

– Ngắt tụ ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi:  $Q' = Q = 2,7.10^{-4} \text{ C}$

– Hiệu điện thế của bộ tụ sau khi ngắt khỏi nguồn:  $U' = \frac{Q'}{C'} = \frac{2,7.10^{-4}}{10^{-6}} = 270 \text{ V}$

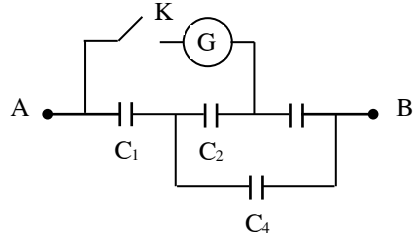
– Điện tích của tụ  $C_1$ :  $Q'_1 = C_1 U'_1 = 0,2.10^{-6} .270 = 5,4.10^{-5} \text{ C}$

– Điện tích của tụ  $C_2$ :  $Q'_2 = C_2 U'_2 = 0,8.10^{-6} .270 = 2,16.10^{-5} \text{ C}$ .

Vậy: Hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ sau khi ngắt ra khỏi nguồn là  $U' = 270 \text{ V}$ ;  $Q'_1 = 5,4.10^{-5} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 2,16.10^{-5} \text{ C}$ .

**Ví dụ 10:** Trên hình vẽ:  $U_{AB} = 2\text{V}$  (không đổi).  $C_1 = C_2 = C_4 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 4 \mu\text{F}$ .

Tính điện tích các tụ và điện lượng di chuyển qua điện kế G khi đóng K.



### Hướng dẫn giải

– Khi K đóng, mạch tụ như sau:  $[(C_1 // C_2) \text{ nt } C_4] // C_3$ :

+ Điện dung tương đương của  $C_1, C_2$ :  $C_{12} = C_1 + C_2 = 6 + 6 = 12 \mu\text{F}$

+ Điện dung tương đương của  $C_1, C_2, C_4$ :

$$C_{124} = \frac{C_{12} \cdot C_4}{C_{12} + C_4} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4 \mu\text{F}$$

+ Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = C_{124} + C_3 = 4 + 4 = 8 \mu\text{F}$$

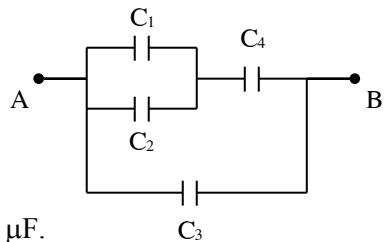
+ Điện tích của tụ  $C_3$ :  $Q_3 = C_3 U_{AB} = 4 \cdot 2 = 8 \mu\text{F}$ .

+ Điện tích của tụ  $C_4$ :  $Q_4 = Q_{12} = Q_{124} = C_{124} \cdot U_{AB} = 4 \cdot 2 = 8 \mu\text{F}$ .

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1, C_2$ :  $U_1 = U_2 = U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3} \text{ V}$ .

+ Điện tích của tụ  $C_1$ :  $Q_1 = C_1 U_1 = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4 \mu\text{C}$ .

+ Điện tích của tụ  $C_2$ :  $Q_2 = C_2 U_2 = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4 \mu\text{C}$ .



+ Điện lượng di chuyển qua điện kế G:  $\Delta Q = Q_2 + Q_3 - 0 = 4 + 8 = 12 \mu\text{C}$ .

Vậy: Điện lượng di chuyển qua điện kế G khi K đóng là  $\Delta Q = 12 \mu\text{C}$ .

**Ví dụ 11:** Hai tụ điện  $C_1 = 3 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2 \mu\text{F}$  được tích điện đến hiệu điện thế  $U_1 = 300\text{V}$ ,  $U_2 = 200\text{V}$ . 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:

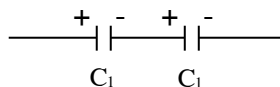
- a) Nối bản âm  $C_1$  với bản dương  $C_2$ .                      b) Nối bản âm của 2 tụ với nhau.  
c) Nối các bản cùng dấu với nhau.                      d) Nối các bản trái dấu với nhau.

### Hướng dẫn giải

Ta có: Điện tích ban đầu của mỗi tụ:

$$Q_1 = C_1 U_1 = 3.300 = 900 \mu\text{C} = 9.10^{-4} \text{ C}.$$

$$Q_2 = C_2 U_2 = 2.200 = 400 \mu\text{C} = 4.10^{-4} \text{ C}.$$



- a) Khi nối bản âm  $C_1$  với bản dương  $C_2$

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích:  $\Delta Q = 0$ .

$$\Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9.10^{-4} \text{ C}; Q'_2 = Q_2 = 4.10^{-4} \text{ C}.$$

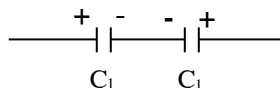
$$\text{và } U = U_1 + U_2 = 300 + 200 = 500 \text{ V}.$$

Vậy: Khi nối bản âm  $C_1$  với bản dương  $C_2$ , hiệu điện thế bộ tụ là  $U = 500 \text{ V}$ ; điện tích mỗi tụ là  $Q'_1 = 9.10^{-4} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 4.10^{-4} \text{ C}$ ; điện lượng qua dây nối là  $\Delta Q = 0$ .

- b) Khi nối bản âm của hai tụ với nhau

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích:

$$\Delta Q = 0 \Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9.10^{-4} \text{ C}; Q'_2 = Q_2 = 4.10^{-4} \text{ C}.$$



$$\text{và } U = U_1 - U_2 = 300 - 200 = 100 \text{ V}.$$

Vậy: Khi nối bản âm hai tụ với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là  $U = 100 \text{ V}$ ; điện tích mỗi tụ là  $Q'_1 = 9.10^{-4} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 4.10^{-4} \text{ C}$ ; điện lượng qua dây nối là  $\Delta Q = 0$ .

- c) Khi nối các bản cùng dấu với nhau

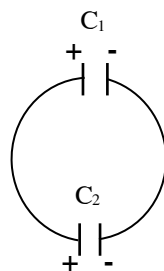
- Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2 = 9.10^{-4} + 4.10^{-4} = 13.10^{-4} \text{ C}$$

$$\text{- Mà } U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{13.10^{-4}}{5.10^{-6}} = 260$$

$$\Rightarrow Q'_1 = 260.C_1 = 260.3.10^{-6} = 7,8.10^{-4} \text{ C}$$

$$\text{và } Q'_2 = 260.C_2 = 260.2.10^{-6} = 5,2.10^{-4} \text{ C}.$$



- Hiệu điện thế bộ tụ:  $U = U'_1 = U'_2 = 260 \text{ V}$ .

- Điện lượng chạy qua dây nối:  $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9.10^{-4} - 7,8.10^{-4} = 1,2.10^{-4} \text{ C}$ .

Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là  $U = 260 \text{ V}$ ; điện tích mỗi tụ là  $Q'_1 = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ; điện lượng qua dây nối là  $\Delta Q = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

d) Khi nối các bản trái dấu với nhau

– Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 - Q_2 = 9 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$\text{– Mà } U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-6}} = 100$$

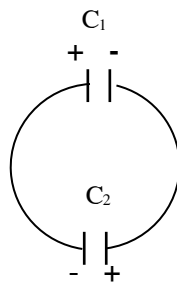
$$\Rightarrow Q'_1 = 100 \cdot C_1 = 100 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$\text{và } Q'_2 = 100 \cdot C_2 = 100 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

– Hiệu điện thế bộ tụ:  $U = U'_1 = U'_2 = 100 \text{ V}$ .

– Điện lượng chạy qua dây nối:  $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là  $U = 100 \text{ V}$ ; điện tích mỗi tụ là  $Q'_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ ; điện lượng qua dây nối là  $\Delta Q = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .



**Ví dụ 12:** Tụ  $C_1 = 2 \mu\text{F}$  tích điện đến hiệu điện thế  $60\text{V}$ , sau đó ngắt khỏi nguồn và nối song song với tụ  $C_2$  chưa tích điện. Hiệu điện thế bộ tụ sau đó là  $40\text{V}$ . Tính  $C_2$  và điện tích mỗi tụ.

#### Hướng dẫn giải

– Điện tích ban đầu của tụ  $C_1$ :  $Q_1 = C_1 U = 2 \cdot 60 = 120 \mu\text{C}$ .

– Khi nối  $C_1$  song song với  $C_2$ , theo định luật bảo toàn điện tích:  $Q'_1 + Q'_2 = Q_1$

$$\text{– Mà } U'_1 = U'_2 = 40 \text{ V} \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1}{C_1 + C_2} = 40$$

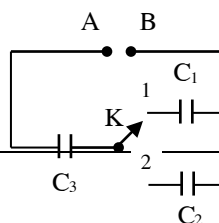
$$\Rightarrow \frac{120}{2 + C_2} = 40 \Rightarrow C_2 = \frac{120}{40} - 2 = 1 \mu\text{F}.$$

– Điện tích lúc sau của tụ  $C_1$ :  $Q'_1 = 40 C_1 = 40 \cdot 2 = 80 \mu\text{C} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

– Điện tích lúc sau của tụ  $C_2$ :  $Q'_2 = 40 C_2 = 40 \cdot 1 = 40 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

Vậy: Điện tích của mỗi tụ khi mắc song song nhau là  $Q'_1 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  và  $Q'_2 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ; điện dung  $C_2 = 1 \mu\text{F}$ .

**Ví dụ 13:** Trong hình bên:  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$ ,  $U_{AB} = 120\text{V}$ . Tính  $U$  mỗi tụ khi  $K$  chuyển từ 1 sang 2.



### Hướng dẫn giải

– Khi K ở vị trí 1, mạch tụ gồm:  $C_1$  mắc nối tiếp với  $C_3$ :

+ Điện dung tương đương của  $C_1$  và  $C_3$ :

$$C_{13} = \frac{C_1 \cdot C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1 \cdot 3}{1 + 3} = 0,75 \mu\text{F}$$

+ Điện tích trên mỗi tụ  $C_1, C_3$ :

$$Q_1 = Q_3 = Q_{13} = C_{13} \cdot U = 0,75 \cdot 120 = 90 \mu\text{C}$$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1$ :  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{90}{1} = 90 \text{ V}$ .

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_3$ :  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ V}$ .

– Khi K ở vị trí 2:  $U'_1 = U_1 = 90 \text{ V}$ .

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$-Q'_3 + Q'_2 = -Q_3 \Rightarrow Q'_3 = Q'_2 + Q_3$$

+ Mặt khác:  $U'_3 + U'_2 = U$

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_3}{C_3} + \frac{Q'_2}{C_2} = U \Leftrightarrow \frac{Q'_2 + Q_3}{C_3} + \frac{Q'_2}{C_2} = U$$

$$\Leftrightarrow Q'_2 \left( \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = U - \frac{Q_3}{C_3} \Rightarrow Q'_2 = \frac{U - \frac{Q_3}{C_3}}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{120 - \frac{90}{3}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = 108 \mu\text{C}$$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_2$ :  $U'_2 = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{108}{2} = 54 \text{ V}$ .

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_3$ :  $U'_3 = U - U'_2 = 120 - 54 = 66 \text{ V}$ .

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ là:  $U'_1 = 90 \text{ V}; U'_2 = 54 \text{ V}; U'_3 = 66 \text{ V}$ .

**Ví dụ 14:** Cho hai tụ điện  $C_1 = 10 \mu\text{F}$  có hiệu điện thế giới hạn  $500 \text{ V}$ , tụ thứ hai có  $C_2 = 20 \mu\text{F}$  và hiệu điện thế giới hạn  $1000 \text{ V}$ . Tính hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ khi:

- Hai tụ mắc song song
- Hai tụ mắc nối tiếp

### Hướng dẫn giải

a) Gọi  $U$  là hiệu điện thế của bộ tụ, vì ghép song song nên  $U_1 = U_2 = U$

$$+ \text{ Mà: } \begin{cases} U_1 \leq 500 \\ U_2 \leq 1000 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U \leq 500 \\ U \leq 1000 \end{cases} \Rightarrow U \leq 500 \Rightarrow U_{\max} = 500 \text{ V}$$

b) Gọi  $U$  là hiệu điện thế của bộ tụ

$$+ \text{ Vì ghép nối tiếp nên: } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20}{3} \Rightarrow Q = CU = \frac{20}{3} U = Q_1 = Q_2$$

$$+ \text{ Ta có điều kiện: } \begin{cases} U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2U}{3} \leq 500 \\ U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{U}{3} \leq 1000 \end{cases} \Rightarrow U \leq 750 \text{ V}$$

**Ví dụ 15:** 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:

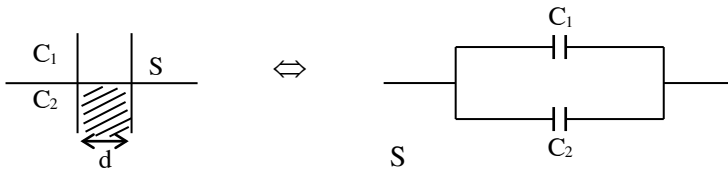
a) Thẳng đứng.

b) Nằm ngang.

### Hướng dẫn giải

Ta có: Điện dung ban đầu của tụ:  $C = \frac{\epsilon S}{9.10^9 \cdot 4\pi d} = 2 \text{ pF}$

a) Khi các bản đặt thẳng đứng, hệ được xem gồm 2 tụ  $C_1$  và  $C_2$  mắc song song:



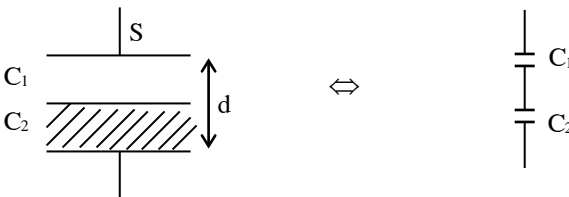
$$- \text{ Điện dung của tụ } C_1: C_1 = \frac{\epsilon \frac{S}{2}}{9.10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{C}{2}$$

$$- \text{ Điện dung của tụ } C_2: C_2 = \frac{\frac{S}{2}}{9.10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{\epsilon C}{2}$$

$$- \text{ Điện dung của bộ tụ: } C_a = \frac{C}{2} + \frac{\epsilon C}{2} = \left(\frac{1+\epsilon}{2}\right)C = \left(\frac{1+3}{2}\right) \cdot 2 = 4 \text{ pF.}$$

Vậy: Khi các bản tụ đặt thẳng đứng thì điện dung của tụ là  $C_a = 4 \text{ pF}$ .

b) Khi các bản đặt nằm ngang, hệ được xem gồm 2 tụ  $C_1$  và  $C_2$  mắc nối tiếp.



- Điện dung của tụ  $C_1$ : 
$$C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \frac{d}{2}} = 2C$$

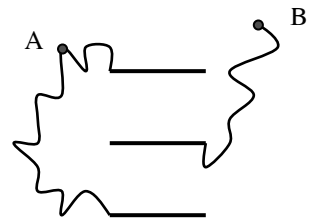
- Điện dung của tụ  $C_2$ : 
$$C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \frac{d}{2}} = 2\epsilon C$$

- Điện dung của bộ tụ: 
$$C_b = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2C \cdot 2\epsilon C}{2C + 2\epsilon C} = \frac{2\epsilon}{1 + \epsilon} \cdot C = \frac{2 \cdot 3}{1 + 3} \cdot 2 = 3 \text{ pF}.$$

Vậy: Khi các bản tụ đặt nằm ngang thì điện dung của tụ là  $C_b = 3 \text{ pF}$ .

**Ví dụ 16:** Ba tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song và nối như hình. Diện 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  $x = d/2$ .

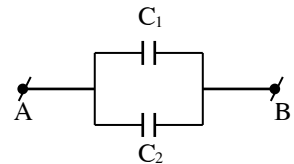


### Hướng dẫn giải

- Hệ được xem gồm hai tụ  $C_1$  và  $C_2$  ghép song song nhau.

- Điện dung của mỗi tụ: 
$$C_1 = C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$$

$$\Leftrightarrow C_1 = C_2 = \frac{100 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}} \approx 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$



a) Điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại

- Điện dung của bộ tụ:  $C = C_1 + C_2 = 1,77 \cdot 10^{-11} \cdot 2 = 3,54 \cdot 10^{-11} \text{ F}$ .
- Hiệu điện thế mỗi tụ là:  $U_1 = U_2 = U = 100 \text{ V}$ .
- Điện tích của mỗi tụ:  $Q_1 = Q_2 = C_1 U_1 = 1,77 \cdot 10^{-11} \cdot 100 = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .
- Điện tích trên tấm kim loại A:  $Q_A = Q_1 + Q_2 = 1,77 \cdot 10^{-9} \cdot 2 = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .
- Điện tích trên tấm kim loại B:  $Q_B = Q_1 = Q_2 = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

Vậy: Điện dung của bộ tụ là  $C = 3,54 \cdot 10^{-11} \text{ F}$ ; điện tích trên các tấm kim loại là  $Q_A = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ;  $Q_B = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

b) Khi ngắt A, B ra khỏi nguồn điện: Ngắt A, B ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi:  $Q' = Q = CU = \frac{2\epsilon SU}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d}$

- Điện dung của mỗi tụ: 
$$C'_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d + x)}; C'_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d - x)}$$

- Điện dung của bộ tụ:  $C' = C'_1 + C'_2$

$$\Rightarrow C' = \frac{\epsilon S}{9.10^9 \cdot 4\pi (d+x)} + \frac{\epsilon S}{9.10^9 \cdot 4\pi (d-x)} = \frac{\epsilon S \cdot 2d}{9.10^9 \cdot 4\pi (d^2 - x^2)}$$

- Hiệu điện thế của bộ tụ:

$$U' = \frac{Q'}{C'} = \frac{2\epsilon S U}{9.10^9 \cdot 4\pi d \cdot \epsilon S \cdot 2d} \cdot 9.10^9 \cdot 4\pi (d^2 - x^2) \Rightarrow U' = \frac{U \cdot (d^2 - x^2)}{d^2}$$

- Khi  $x = \frac{d}{2} \Rightarrow U' = \frac{U \cdot (d^2 - \frac{d^2}{4})}{d^2} = \frac{3}{4} U = \frac{3}{4} 100 = 75 \text{ V}.$

Vậy: Hiệu điện thế giữa A và B theo x là  $U' = \frac{U \cdot (d^2 - x^2)}{d^2}.$

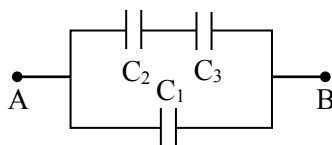
### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Cho mạch điện gồm 3 tụ điện  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 1,5 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$  mắc nối tiếp nhau. Đặt vào hai đầu đoạn mạch một hiệu điện thế  $U_{AB} = 120 \text{ V}$ .

- Vẽ hình.
- Tính điện dung tương đương của bộ tụ.
- Tính điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ

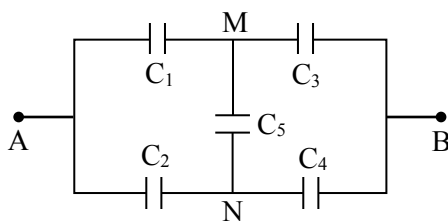
**Bài 2.** Cho mạch điện như hình vẽ.

Biết các tụ  $C_1 = 0,25 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$ ,  $U = 12 \text{ V}$ . Tính điện dung tương đương, điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ.

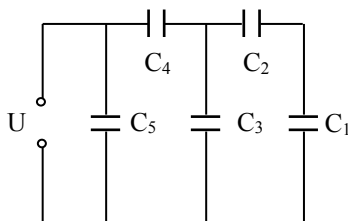


**Bài 3.** Cho mạch như hình vẽ,  $C_1 = 2 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 3 \mu\text{F}$ ,  $C_4 = 6 \mu\text{F}$ ,  $C_5 = 1 \mu\text{F}$ . Biết  $U_{AB} = 20 \text{ V}$ .

- Tính điện dung tương đương của bộ tụ.
- Tính điện tích của cả bộ tụ.
- Tính hiệu điện thế giữa hai điểm M, N.



**Bài 4.** Cho bộ tụ điện như hình vẽ. Tính điện dung bộ tụ, hiệu điện thế và điện tích mỗi tụ, cho  $C_1 = C_3 = C_5 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ,  $C_4 = 12 \mu\text{F}$ ,  $U = 30 \text{ V}$ .

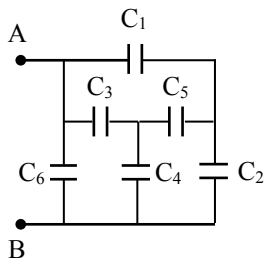




**Bài 5.** Trong các hình dưới:

$C_1 = C_4 = C_5 = 2 \mu F$ ,  $C_2 = 1 \mu F$ ,  $C_3 = 4 \mu F$ .

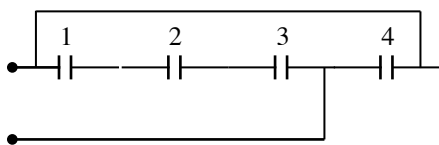
Tính điện dung bộ tụ.



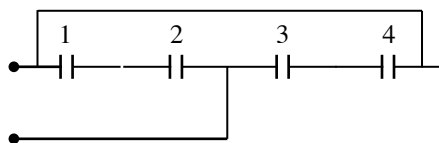
**Bài 6.** Bộ 4 tụ giống nhau ghép theo hai cách như hình vẽ.

a) Cách nào có điện dung lớn hơn.

b) Nếu điện dung tụ khác nhau chúng phải có liên hệ thế nào để  $C_A = C_B$ .



Cách A



Cách B

**Bài 7.** 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  $\epsilon = 2$ .

**Bài 8.** Có hai tụ điện, tụ thứ nhất có điện dung  $C_1 = 3 \mu F$ , tích đến hiệu điện thế  $U_1 = 300 V$  và tụ thứ hai điện dung có  $C_2 = 2 \mu F$ , tích đến hiệu điện thế  $U_2 = 200 V$ .

a) Xác định điện tích và hiệu điện thế của các tụ sau khi nối hai bản mang điện tích cùng dấu của hai bản tụ đó với nhau.

b) Tính nhiệt lượng tỏa ra sau khi nối các bản.

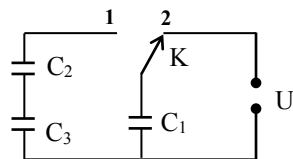
**Bài 9.** Ba tụ  $C_1 = 1 \mu F$ ,  $C_2 = 3 \mu F$ ,  $C_3 = 6 \mu F$  cả ba tụ đều được tích đến hiệu điện thế  $U = 90 V$ . Nối các cực trái dấu với nhau để tạo thành mạch kín. Xác định điện tích và hiệu điện thế của các tụ sau khi nối với nhau.

**Bài 10.** 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  $Q$ ,  $U$  của mỗi tụ.

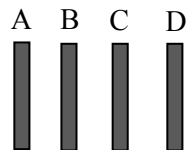


**Bài 11.** Một tụ điện phẳng với điện môi không khí, khoảng cách giữa hai bản là  $d_0$ , điện dung là  $C_0$ .

a) Đưa vào khoảng không gian giữa hai bản tấm kim loại có bề dày  $d < d_0$  và song song với hai bản của tụ điện thì điện dung bây giờ của tụ là bao nhiêu? Điện dung này có phụ thuộc vào vị trí đặt tấm kim loại không. Xét trường hợp bản kim loại rất mỏng ( $d \rightarrow 0$ ).

- b) Nếu thay tấm kim loại ở câu a bằng tấm kim loại có hằng số điện môi  $\epsilon$ , bề dày  $d$  sau đó ép sát vào 2 mặt của tấm điện môi hai bản kim loại rất mỏng thì điện dung của tụ là bao nhiêu ?

**Bài 12.** Bốn tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song và cách đều nhau như hình vẽ. Tìm các hiệu điện thế  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CD}$  khi:

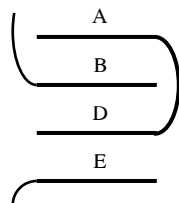


- a) Nối hai bản A và D bằng dây dẫn, nối B và C vào nguồn có  $U_{BC} = 100 \text{ V}$ .  
 b) Nối hai bản B và D bằng dây dẫn, nối A và C vào nguồn điện có  $U_{AC} = 100 \text{ V}$ .

**Bài 13.** Tụ phẳng không khí  $C = 6 \mu\text{F}$  được tích điện đến hiệu điện thế  $U = 600 \text{ V}$  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.

**Bài 14.** 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.



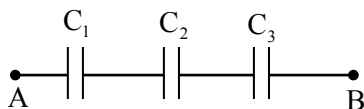
**Bài 15.** Có ba tụ  $C_1 = 2 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ,  $C_3 = 6 \mu\text{F}$  mắc nối tiếp. Mỗi tụ có hiệu điện thế giới hạn  $U_{gh} = 3000 \text{ V}$ . Tính hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

### Bài 1.

a) Vẽ hình

b) Vì các tụ nối tiếp nên:  $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$



$$\Rightarrow \frac{1}{C_b} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3} = 2 \Rightarrow C_b = 0,5 (\mu\text{F})$$

c) Điện tích của bộ tụ:  $Q_b = C_b U_{AB} = 0,5 \cdot 120 = 60 (\mu\text{C})$

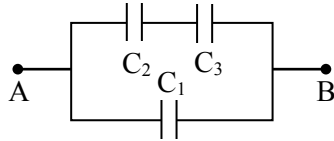
+ Vì các tụ nối tiếp nên:  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_b = 60 (\mu\text{C})$

$$+ \text{Hiệu điện thế mỗi tụ: } \begin{cases} U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 60(\text{V}) \\ U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = 40(\text{V}) \\ U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 20(\text{V}) \end{cases}$$

### Bài 2.

+ Vì tụ  $C_2$  và  $C_3$  mắc nối tiếp nên:

$$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = 0,75(\mu\text{F})$$



+ Điện dung của bộ tụ:  $C_b = C_1 + C_{23} = 1 \mu\text{F}$

+ Ta có:  $U_1 = U_{23} = U_{AB} = 12 \text{ V} \Rightarrow Q_1 = C_1 U_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ;  $Q_{23} = C_{23} U_{23} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$$+ \text{Lại có: } Q_2 = Q_3 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow \begin{cases} U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = 9(\text{V}) \\ U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 3(\text{V}) \end{cases}$$

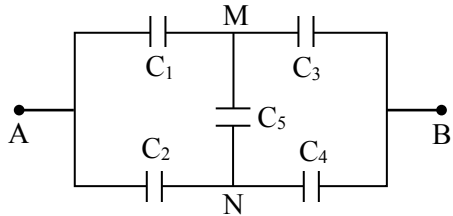
### Bài 3.

a) Nhận thấy  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4} = \frac{1}{2}$  nên suy ra

mạch cầu tụ điện cân bằng

+ Bộ tụ  $C_5$  đi mạch tương đương với

$$\left[ (C_1 \text{ nt } C_3) // (C_2 \text{ nt } C_4) \right]$$



+ Do đó điện dung của bộ tụ là:  $C_b = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} + \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4} = 3,6 \mu\text{F}$

b) Điện tích của bộ tụ:  $Q_b = C_b U = 72 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 72 \mu\text{C}$

c) Ta có:  $U_{13} = U_{24} = U = 20 \text{ V} \Rightarrow Q_{13} = U_{13} C_{13} = 24 \mu\text{C}$  và  $Q_{24} = U_{24} C_{24} = 48 \mu\text{C}$

$$+ \text{Từ đó suy ra: } \begin{cases} U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_{13}}{C_1} = 12(\text{V}) \\ U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_{24}}{C_2} = 12(\text{V}) \end{cases}$$

+ Lại có:  $U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = -U_1 + U_2 = 0$

### Bài 4.

- Điện dung tương đương của  $C_1, C_2$ :  $C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1 \cdot 4}{1 + 4} = 0,8 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của  $C_1, C_2, C_3$ :

$$C_{123} = C_{12} + C_3 = 0,8 + 1 = 1,8 \mu\text{F}$$

- Điện dung tương đương của  $C_1, C_2, C_3, C_4$ :

$$C_{1234} = \frac{C_{123} \cdot C_4}{C_{123} + C_4} = \frac{1,8 \cdot 1,2}{1,8 + 1,2} = 0,72 \mu\text{F}$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = C_{1234} + C_5 = 0,72 + 1 = 1,72 \mu\text{F}$$

- Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_5$ :  $U_5 = U = 30 \text{ V}$ .

- Điện tích tụ  $C_5$ :  $Q_5 = C_5 U_5 = 10^{-6} \cdot 30 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Điện tích tụ  $C_{1234}$ :  $Q_{1234} = C_{1234} U = 0,72 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Điện tích tụ  $C_4$ :  $Q_4 = Q_{123} = Q_{1234} = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_4$ :  $U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{2,16 \cdot 10^{-5}}{1,2 \cdot 10^{-6}} = 18 \text{ V}$ .

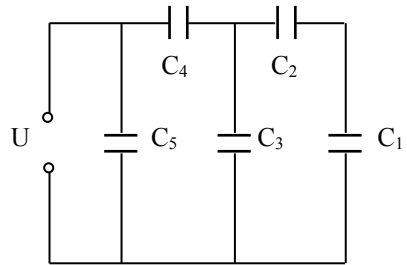
- Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_3$  và  $C_{12}$ :  $U_3 = U_{12} = U_{123} = \frac{Q_{123}}{C_{123}} = \frac{2,16 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 10^{-6}} = 12 \text{ V}$ .

- Điện tích tụ  $C_3$ :  $Q_3 = C_3 U_3 = 10^{-6} \cdot 12 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

- Điện tích tụ  $C_1, C_2$ :  $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} U_{12} = 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .

- Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1$ :  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{9,6 \cdot 10^{-6}}{10^{-6}} = 9,6 \text{ V}$ .

- Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_2$ :  $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{9,6 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}} = 2,4 \text{ V}$ .



### Bài 5.

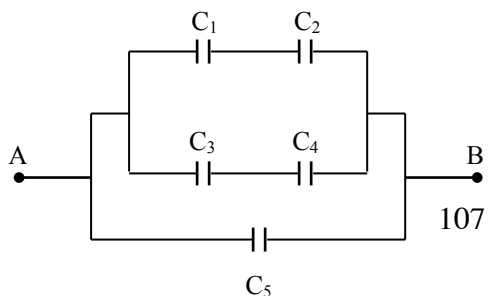
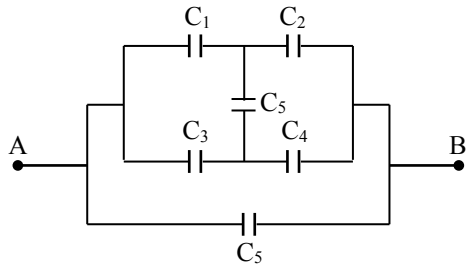
Sơ đồ bộ tụ như sau:

- Ta có:  $\frac{C_1}{C_3} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ ;  $\frac{C_2}{C_4} = \frac{1}{2}$

$$\Rightarrow \frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$$

- Vì  $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$  nên điện dung của bộ tụ

không đổi khi bỏ một tụ  $C_5$ . Mạch điện được vẽ lại:  $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4) // C_5$ .



- Ta có:  $C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 1} = \frac{2}{3} \mu\text{F}$ .

$$C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{4}{3} \mu\text{F}.$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = C_{12} + C_{34} + C_5 = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} + 2 = 4 \mu\text{F}.$$

### Bài 6.

a) Xác định cách mắc bộ tụ

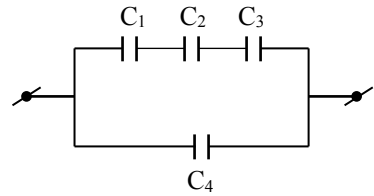
- Cách A:

+ Điện dung tương đương của  $C_1, C_2, C_3$ :

$$C_{123} = \frac{C}{3}.$$

+ Điện dung tương đương của bộ tụ:

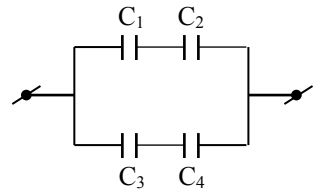
$$C_A = C_{123} + C_4 = \frac{C}{3} + C = \frac{4}{3}C.$$



- Cách B:

+ Điện dung tương đương của  $C_1, C_2$ :  $C_{12} = \frac{C}{2}$ .

+ Điện dung tương đương của  $C_3, C_4$ :  $C_{34} = \frac{C}{2}$ .



+ Điện dung tương đương của bộ tụ:  $C_B = C_{12} + C_{34} = \frac{C}{2} + \frac{C}{2} = C.$

Vậy: Cách ghép A bộ tụ có điện dung lớn hơn.

b) Hệ thức giữa điện dung các tụ điện để  $C_A = C_B$

$$\text{Ta có: } C_A = C_B \Leftrightarrow C_4 + \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4}$$

$$\Rightarrow C_4 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (C_3 \text{ bất kì}).$$

Vậy: Để  $C_A = C_B$  thì giữa điện dung của các tụ điện phải thỏa hệ thức

$$C_4 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (C_3 \text{ bất kì}).$$

### Bài 7.

+ Đặt  $C_1 = 2C_0; C_2 = C_0$

+ Trước khi nhúng tụ vào điện môi:  $C_b = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2C_0 \cdot C_0}{2C_0 + C_0} = \frac{2}{3} C_0$

$$\Rightarrow Q_b = \frac{2}{3} C_0 U \Rightarrow Q_1 = Q_2 = \frac{2}{3} C_0 U \Rightarrow U_1 = \frac{U}{3}$$

+ Sau khi nhúng tụ vào điện môi thì:  $C_2' = \epsilon C_2 = 2C_0$

$$\Rightarrow C_b' = \frac{C_1 C_2'}{C_1 + C_2'} = \frac{2C_0 \cdot 2C_0}{2C_0 + 2C_0} = C_0$$

+ Vì nguồn vẫn được duy trì nên:  $U' = U \Rightarrow Q_b' = C_b' U' = C_0 U$

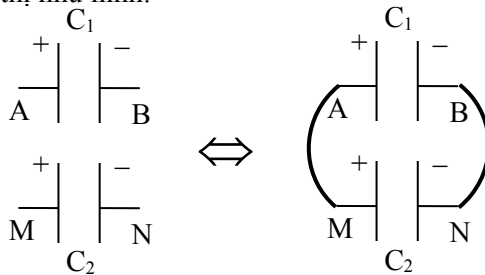
+ Vì tụ nối tiếp nên:  $Q_1' = Q_2' = Q_b' = C_0 U$

+ Lại có:  $U_1' = \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{C_0 U}{2C_0} \Rightarrow U_1' = \frac{U}{2} \xrightarrow{U=Ed} \frac{E_1}{E_1'} = \frac{U_1}{U_1'} = \frac{2}{3} \Rightarrow E_1' = 1,5E_1$

### Bài 8.

a) Điện tích của tụ  $C_1$  và tụ  $C_2$  trước khi nối:  $\begin{cases} Q_1 = U_1 C_1 = 900 \mu C \\ Q_2 = U_2 C_2 = 400 \mu C \end{cases}$

+ Khi nối các bản cùng dấu, nghĩa là nối A – M và B – N, thì sẽ có sự phân bố lại điện tích trên các bản. Giả sử điện tích trên các tụ lúc này là  $Q_1'$  và  $Q_2'$  và dấu của chúng được biểu thị như hình.



+ Áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho nối A – M :

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2' \Leftrightarrow Q_1' + Q_2' = 1300 (\mu C) \quad (1)$$

+ Sau khi ghép ta có:  $U_{AB} = U_{MN} \Leftrightarrow U_1' = U_2'$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{Q_2'}{C_2} \Leftrightarrow \frac{Q_1'}{3} = \frac{Q_2'}{2} \Rightarrow Q_1' = \frac{3}{2} Q_2' \quad (2)$$

+ Giải (1) và (2) ta có:  $\begin{cases} Q_1' = 780 \mu C \\ Q_2' = 520 \mu C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1' = \frac{Q_1'}{C_1} = 260 V \\ U_2' = \frac{Q_2'}{C_2} = 260 V \end{cases}$

b) Năng lượng của bộ tụ trước khi ghép:  $W = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} = 175 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

+ Năng lượng của bộ tụ sau khi ghép:  $W' = \frac{C_b U_b^2}{2} = 169 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

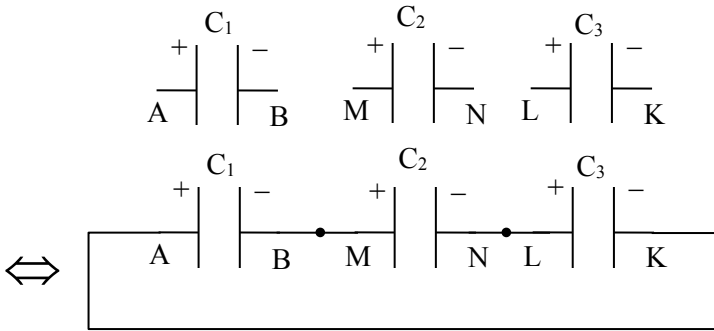
+ Năng lượng của bộ tụ sau khi ghép nhỏ hơn trước khi ghép nên có một phần năng lượng được giải phóng ra bên ngoài (dưới dạng tỏa nhiệt).

+ Nhiệt lượng tỏa ra sau khi nối:  $\Delta W = W - W' = 0,006 \text{ J}$

**Bài 9.**

+ Điện tích của các tụ trước khi nối lần lượt là: 
$$\begin{cases} Q_1 = U_1 C_1 = 90 \mu\text{C} \\ Q_2 = U_2 C_2 = 270 \mu\text{C} \\ Q_3 = U_3 C_3 = 540 \mu\text{C} \end{cases}$$

+ Điện tích các bản tụ trước khi nối được phân bố như hình



+ Khi nối các bản với nhau thì có sự phân bố lại điện tích. Giả sử điện tích các tụ lúc này lần lượt là  $Q'_1$ ,  $Q'_2$  và  $Q'_3$  và chúng có dấu như hình dưới.

+ Áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho:

- Bản B nối với bản M:  $Q_2 - Q_1 = Q'_2 - Q'_1 \Rightarrow Q'_2 - Q'_1 = 180$  (1)

- Bản N nối với bản L:  $Q_3 - Q_2 = Q'_3 - Q'_2 \Rightarrow Q'_3 - Q'_2 = 270$  (2)

+ Vì mạch nối kín nên:  $U'_{1AB} + U'_{2MN} + U'_{3LK} = 0 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{1} + \frac{Q'_2}{3} + \frac{Q'_3}{6} = 0$  (3)

+ Kết hợp (1), (2) và (3) ta có hệ phương trình: 
$$\begin{cases} Q'_2 - Q'_1 = 180 \\ Q'_3 - Q'_2 = 270 \\ 6Q'_1 + 2Q'_2 + Q'_3 = 0 \end{cases}$$

+ Giải hệ phương trình trên ta được:  $Q'_1 = -90 \mu\text{C}$ ;  $Q'_2 = 90 \mu\text{C}$ ;  $Q'_3 = 360 \mu\text{C}$

+ Vì  $Q'_1 = -90 \mu\text{C} < 0 \Rightarrow$  bản B mang điện tích dương, bản A mang điện âm

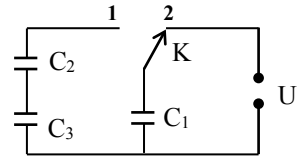
$$+ \text{ Hiệu điện thế của các tụ: } \begin{cases} U_1' = \frac{|Q_1'|}{C_1} = 90\text{V} = U_{BA} \\ U_2' = \frac{Q_2'}{C_2} = 30\text{V} = U_{MN} \\ U_3' = \frac{Q_3'}{C_3} = 60\text{V} = U_{LK} \end{cases}$$

**Bài 10.**

a) Khi K ở vị trí (1): Điện tích của tụ  $C_1$ :

$$Q_1 = C_1 U = 1.110 = 110 \mu\text{C} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

Vậy: Khi K ở vị trí (1) thì  $Q_1 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .



b) Khi K ở vị trí (2), có sự phân bố lại điện tích.

– Theo định luật bảo toàn điện tích:  $Q_1' + Q_{23}' = Q_1$  ( $Q_2' = Q_3' = Q_{23}'$ ).

$$- \text{ Mà } U_1' = U_{23}' \Leftrightarrow \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{Q_{23}'}{C_{23}} = \frac{Q_1' + Q_{23}'}{C_1 + C_{23}} = \frac{Q_1}{C_1 + C_{23}} = \frac{110}{1 + \frac{2 \cdot 3}{2 + 3}} = 50.$$

– Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_1$ :  $U_1' = 50 \text{ V}$ .

– Điện tích của tụ  $C_1$ :  $Q_1' = 50 C_1 = 50 \cdot 1 = 50 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

– Điện tích của tụ  $C_2, C_3$ :  $Q_2' = Q_3' = Q_{23}' = 50 C_{23} = 50 \cdot 1,2 = 60 \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

– Hiệu điện thế hai đầu tụ  $C_2, C_3$ :

$$U_2' = \frac{Q_2'}{C_2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ V}; U_3' = \frac{Q_3'}{C_3} = \frac{60}{3} = 20 \text{ V}.$$

Vậy: Khi K ở vị trí (2) thì  $Q_1' = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ,  $U_1' = 50 \text{ V}$ ;  $Q_2' = Q_3' = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ,  $U_2' = 30 \text{ V}$  và  $U_3' = 20 \text{ V}$ .

**Bài 11.**

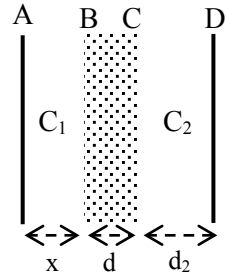
$$a) \text{ Điện dung của tụ lúc ban đầu: } \begin{cases} C = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d_0} \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 S}{d_0} \\ \epsilon_0 = \frac{1}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi} \end{cases}$$

+ Bản tụ A cùng với mép B của tấm kim loại tạo thành tụ  $C_1$  và bản tụ D cùng với mép C của tấm kim loại tạo thành tụ  $C_2$ . Hai tụ này xem như ghép nối tiếp.



$$+ \text{ Ta có: } \begin{cases} C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{x} \\ C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_0 - x - d} \end{cases} \xrightarrow{C_1 \text{ nt } C_2} C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\epsilon_0 S}{d_0 - d}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{C_0} = \frac{d_0}{d_0 - d} \Rightarrow C = C_0 \frac{d_0}{d_0 - d}$$

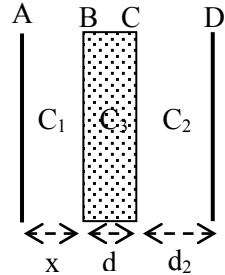


+ Ta thấy C không phụ thuộc vào x. Khi  $d \rightarrow 0$  thì  $C \rightarrow C_0$

b) Ta ép sát vào hai mặt B, C của tấm điện môi hai bản kim loại rất mỏng thì theo kết quả câu a ta thấy điện dung của tụ không đổi. Lúc đó ta có 3 tụ điện  $C_1, C_2, C_3$  ghép nối tiếp

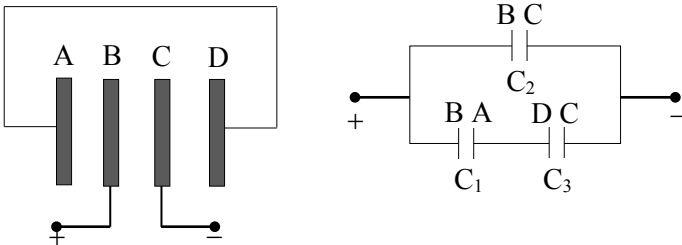
$$+ \text{ Ta có: } \begin{cases} C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{x}; C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_0 - x - d}; C_3 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \end{cases} \xrightarrow{C_1 \text{ nt } C_2 \text{ nt } C_3} C_b = \frac{\epsilon_0 S}{d_0 + d \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{C_0} = \frac{d_0}{d_0 + d \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)} \Rightarrow C = C_0 \frac{d_0}{d_0 + d \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)}$$



## Bài 12.

a) Các bản tạo thành ba tụ  $C_1, C_2, C_3$  ghép với nhau như hình vẽ



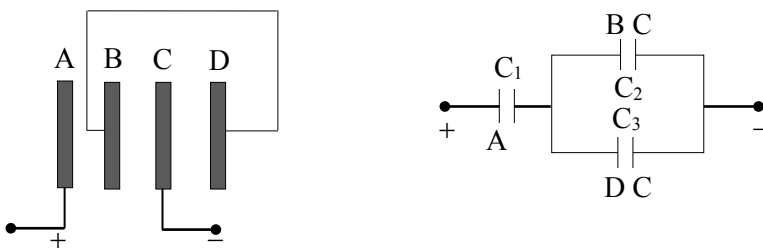
+ Ta có:  $U_{BC} = U_2 = U_{13} = 100V$

+ Vì các bản kim loại giống nhau nên  $C_1 = C_2 = C_3 = C_0$

+ Do đó:  $U_1 = U_3 = 0,5U_{13} = 50V$

+ Ta có:  $U_{AB} = -U_1 = -50V, U_{CD} = -U_3 = -50V$

b) Các bản tạo thành ba tụ  $C_1, C_2, C_3$  ghép với nhau như hình vẽ



+ Theo đề:  $U_{AC} = 100 \text{ V} \Rightarrow U_1 + U_3 = 100 \text{ V}$  (1)

+ Ta có:  $U_2 = U_3$  và  $C_1 = C_2 = C_3 = C_0 \Rightarrow Q_2 = Q_3$

+ Mà  $Q_{23} = Q_1 \Leftrightarrow C_{23}U_{23} = C_1U_1 \Rightarrow 2C_0U_2 = C_0U_1 \Rightarrow 2U_3 = U_1$  (2)

+ Từ (1) và (2)  $\Rightarrow U_3 = \frac{100}{3} \text{ (V)} \Rightarrow U_1 = \frac{200}{3} \text{ (V)}$ .

+ Ta có:  $U_2 = U_3 \Rightarrow U_2 = \frac{100}{3} \text{ (V)}$

+ Vậy:  $U_{AB} = U_1 = \frac{200}{3} \text{ (V)}, U_{BC} = U_2 = \frac{100}{3} \text{ (V)}, U_{CD} = -\frac{100}{3} \text{ (V)}$

**Bài 13.**

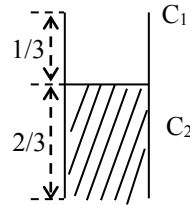
a) Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi:

– Khi nhúng một phần tụ vào điện môi, tụ có thể được coi gồm hai phần tụ mắc song song:  $C_1 // C_2$ .

Ta có:

+ Điện dung của phần tụ không khí:

$$C_1 = \frac{\epsilon \frac{S}{3}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{C}{3}$$



+ Điện dung của phần tụ lấp đầy điện môi:  $C_2 = \frac{\epsilon \cdot \frac{2}{3} S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{8C}{3}$

+ Điện dung tương đương của  $C_1, C_2$ :  $C' = C_1 + C_2 = \frac{C}{3} + \frac{8C}{3} = 3C$

– Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích của tụ không đổi:  $Q' = Q$ .

$$\Leftrightarrow CU = C'U' \Rightarrow U' = \frac{CU}{C'} = \frac{CU}{3C} = \frac{U}{3} = \frac{600}{3} = 200 \text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi là  $U' = 200 \text{ V}$ .

b) Công để nhấc tụ ra khỏi điện môi

– Năng lượng của tụ không khí:  $W_1 = \frac{CU^2}{2} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 600^2}{2} = 1,08 \text{ J}.$

– Năng lượng của tụ sau khi nhúng vào điện môi:

$$W_2 = \frac{C'U'^2}{2} = \frac{3.6 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2}{2} = 0,36 \text{ J}$$

– Công cần thiết để nhắc tụ ra khỏi điện môi:

$$A = W_1 - W_2 = 1,08 - 0,36 = 0,72 \text{ J.}$$

Vậy: Công để nhắc tụ ra khỏi điện môi là  $A = 0,72 \text{ J}$ .

#### Bài 14.

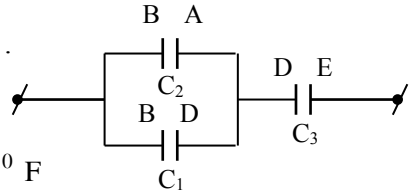
– Hệ thống 4 tấm kim loại trên tương đương mạch tụ như hình vẽ:

– Điện dung của mỗi tụ:  $C_1 = C_2 = C_3 = C_0 = \frac{\epsilon S}{9.10^9 \cdot 4\pi d}$

$$\Rightarrow C_0 = \frac{\pi R^2}{9.10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{0,06^2}{9.10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 10^{-10} \text{ F.}$$

– Điện dung của bộ tụ:

$$C = \frac{C_{12} \cdot C_3}{C_{12} + C_3} = \frac{2C_0 \cdot C_0}{2C_0 + C_0} = \frac{2}{3} C_0 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \text{ F}$$



– Điện tích của bộ tụ:  $Q = CU = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \cdot 20 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C} \Rightarrow Q_{12} = Q_3 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$

– Hiệu điện thế hai đầu bộ tụ  $C_1, C_2$ :  $U_1 = U_2 = U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{\frac{4}{3} \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-10}} = \frac{20}{3} \text{ V}$

– Điện tích của các tụ  $C_1, C_2$ :  $Q_1 = Q_2 = C_1 U_1 = 10^{-10} \cdot \frac{20}{3} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

– Điện tích trên mỗi tấm:

$$+ \text{ Tấm A: } Q_1 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}; \text{ tấm B: } Q_1 + Q_2 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$

$$+ \text{ Tấm D: } Q_2 + Q_3 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}; \text{ tấm E: } Q_3 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$

Vậy: Điện dung của bộ tụ là  $C = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \text{ F}$ ; điện tích của mỗi tấm kim loại

là:

$$Q_A = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}; Q_B = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}; Q_D = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C} \text{ và } Q_E = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$

#### Bài 15.

+ Vì các tụ mắc nối tiếp nên:  $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow C_b = \frac{12}{11} (\mu\text{F})$

+ Tụ mắc nối tiếp nên:  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = C_b U = \frac{12}{11} U$

+ Hiệu điện thế trên các tụ là:  $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{6U}{11}$ ;  $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{3U}{11}$ ;  $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{2U}{11}$

+ Lại có: 
$$\begin{cases} U_1 \leq U_{gh} \\ U_2 \leq U_{gh} \\ U_3 \leq U_{gh} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{6U}{11} \leq 3000 \\ \frac{3U}{11} \leq 3000 \\ \frac{2U}{11} \leq 3000 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U \leq 5500V \\ U \leq 11000V \\ U \leq 16500V \end{cases} \Rightarrow U \leq 5500V$$

**Dạng 9. CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG ĐỀU**  
**A. PHƯƠNG PHÁP GIẢI**

**1. Chuyển động của điện tích dọc theo đường sức điện trường**

+ Xét một hạt mang điện tích  $q$  chuyển động dọc theo đường sức điện từ M đến N với vận tốc ban đầu là  $v_0$

- Nếu hạt tích điện được thả không vận tốc đầu hoặc vận tốc đầu  $\vec{v}_0$  cùng hướng với  $\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow$  hạt sẽ chuyển động nhanh dần đều.
- Nếu hạt tích điện được thả với vận tốc đầu  $\vec{v}_0$  ngược hướng với  $\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow$  hạt sẽ chuyển động chậm dần đều.
- Các phương trình cơ bản liên quan đến chuyển động biến đổi đều:

$$\begin{cases} v = v_0 + at \\ s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \end{cases} \Rightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2as$$

Với  $a$  là gia tốc chuyển động của điện tích:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$

Độ lớn:  $a = \frac{F}{m} = \frac{|q|E}{m} = \frac{|q|U}{md}$

**2. Chuyển động cong**

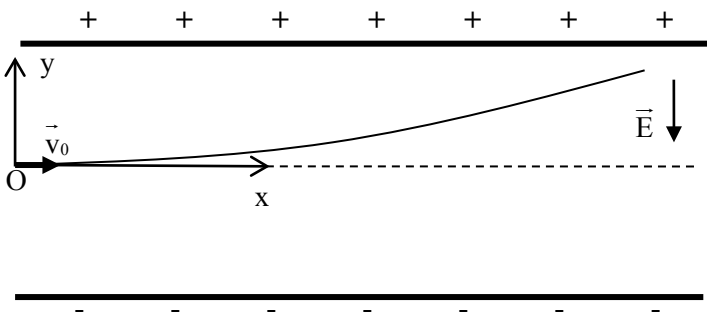
+ Trường hợp:  $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$

Lúc này hạt chuyển động như vật được ném ngang với vận tốc đầu là  $v_0$ .

- Xét trường hợp đơn giản  $Ox \perp \vec{E}$ : Khi đó theo phương  $Ox$  hạt chuyển động thẳng đều, theo phương  $Oy$  hạt chuyển động biến đổi đều.

- Phương trình chuyển động:  $\begin{cases} x = v_0t \\ y = \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$

- Phương trình quỹ đạo:  $y = \frac{ax^2}{2v_0^2} \Rightarrow$  quỹ đạo là một nhánh parabol



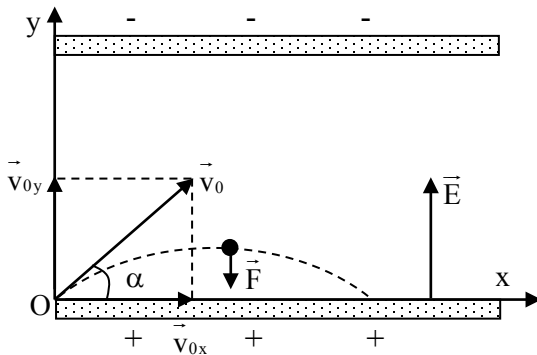
+ Trường hợp  $\vec{v}_0$  bay xiên góc với  $\vec{E}$

▪ Lúc này hạt chuyển động như vật ném xiên một góc  $\alpha$

▪ Phương trình vận tốc: 
$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

▪ Phương trình chuyển động: 
$$\begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) t \\ y = (v_0 \sin \alpha) t + \frac{1}{2} at^2 \end{cases}$$

▪ Phương trình quỹ đạo: 
$$y = \frac{1}{2} \frac{ax^2}{(v_0 \cos \alpha)^2} + x \cdot \tan \alpha$$



**Lưu ý:** Cường độ điện trường giữa hai tấm kim loại tích điện trái dấu có chiều hướng từ bản dương sang bản âm.

## B. VÍ DỤ MẪU

**Ví dụ 1:** Hạt bụi  $m = 1\text{g}$  mang điện tích  $q = -10^{-6}\text{C}$  nằm cân bằng trong điện trường của tụ phẳng có các bản tụ nằm ngang,  $d = 2\text{cm}$ . Cho  $g = 10\text{m/s}^2$ .

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.

### Hướng dẫn giải

a) Hiệu điện thế của tụ điện:

Để hạt bụi nằm cân bằng trong điện trường thì:

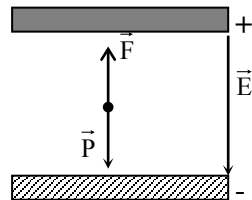
$$P = F \Leftrightarrow mg = qE = q \frac{U}{d}$$

$$\Rightarrow U = \frac{mgd}{q} = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,02}{10^{-6}} = 200 \text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế của tụ điện là  $U = 200 \text{ V}$ .

b) Phải thay đổi  $U$  thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng?

– Khi điện tích hạt bụi giảm đi 20% thì:  $q' = 0,8q$ .

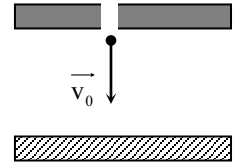


– Để hạt bụi nằm cân bằng thì:  $P = F'$

$$\Leftrightarrow mg = q' \frac{U'}{d} \Rightarrow U' = \frac{mgd}{q'} = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,02}{0,8 \cdot 10^{-6}} = 250 \text{ V}.$$

Vậy: Để hạt bụi vẫn nằm cân bằng thì phải tăng hiệu điện thế thêm  $\Delta U = 250 - 200 = 50 \text{ V}$ .

**Ví dụ 2:** Một êlectrôn bay vào trong điện trường của một tụ phẳng theo phương song song với các đường sức với  $v_0 = 8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ . Tìm  $U$  giữa hai bản tụ để êlectrôn không tới được bản đối diện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



### Hướng dẫn giải

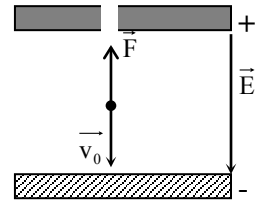
– Để êlectrôn không tới được bản đối diện thì quãng đường êlectrôn chuyển động trong điện trường là  $s \leq d$ . Khi êlectrôn dừng lại thì:

$$\frac{mv_0^2}{2} = Fs = qEs = q \frac{U}{d} s \Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} = q \frac{U}{d} s$$

$$\Rightarrow U = \frac{mv_0^2 d}{2qs} \geq \frac{mv_0^2 d}{2qd} = \frac{mv_0^2}{2q}.$$

$$U \geq \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (8 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 182 \text{ V}$$

Vậy: Để êlectrôn không đi đến được bản đối diện thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện phải là  $U \geq 182 \text{ V}$ .



**Ví dụ 3:** Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế  $U_0 = 100 \text{ V}$ , một điện tử bay vào chính giữa hai bản tụ phẳng theo phương song song với hai bản. Hai bản có chiều dài  $l = 10 \text{ cm}$ , khoảng cách  $d = 1 \text{ cm}$ . Tìm  $U$  giữa hai bản để điện tử không ra được khỏi tụ.

### Hướng dẫn giải

– Chọn hệ trục  $xOy$  như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần:

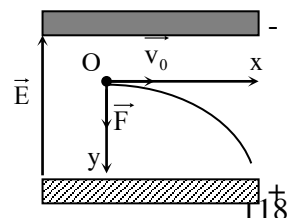
+ Theo trục  $Ox$ : Điện tử chuyển động thẳng đều:  $x = vt$ .

+ Theo trục  $Oy$ : Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực

điện trường:  $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$  (với  $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$ ;  $x = vt$ )  $\Rightarrow y = \frac{qUx^2}{2mdv_0^2}$

– Vận tốc ban đầu của điện tử:  $qU_0 = \frac{mv_0^2}{2}$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$



- Để điện tử không ra khỏi tụ thì:  $y \geq \frac{d}{2} \Leftrightarrow \frac{qUx^2}{2mdv_0^2} \geq \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow U \geq \frac{md^2v_0^2}{qx^2} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,01^2 \cdot (6 \cdot 10^6)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1^2} = 2,04 \text{ V}$$

Vậy: Để điện tử không ra được khỏi tụ thì  $U \geq 2,04 \text{ V}$ .

**Ví dụ 4:** 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  $E$ .

**Hướng dẫn giải**

- Chọn hệ trục  $xOy$  như hình vẽ.

+ Theo trục  $Ox$ : Hạt bụi chuyển động nhanh dần đều:  $v_x = at = \frac{qE}{m}t$

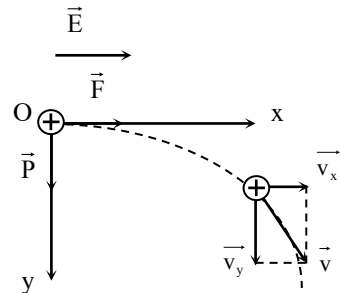
+ Theo trục  $Oy$ : Hạt bụi rơi tự do:  $v_y = gt$

Ta có:  $v^2 = v_x^2 + v_y^2$

$$\Rightarrow v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2} = \sqrt{50^2 - (10 \cdot 4)^2} = 30 \text{ m/s}.$$

- Cường độ điện trường:

$$E = \frac{mv_x}{qt} = \frac{0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{10^{-5} \cdot 4} = 7,5 \text{ V/m}.$$



Vậy: Cường độ điện trường đặt vào điện tích là  $E = 7,5 \text{ V/m}$ .

**Ví dụ 5:** Để tạo điện trường đều thẳng đứng người ta dùng hai bản kim loại tích điện trái dấu đặt nằm ngang và song song với nhau, cách nhau một khoảng  $d = 10 \text{ cm}$ . Ở gần sát với bản trên có một giọt thủy ngân tích điện dương nằm lơ lửng khi hiệu điện thế giữa hai bản là  $U$ .

- a) Bản dương nằm ở trên hay ở dưới ?
- b) Hỏi nếu hiệu điện thế giữa hai bản là  $0,5U$  (chiều điện trường vẫn không đổi) thì giọt thủy ngân sẽ chuyển động về phía bản nào với vận tốc khi chạm vào bản đó là bao nhiêu ? Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Hướng dẫn giải**

- a) Giọt thủy ngân chịu tác dụng của 2 lực là trọng lực và lực điện trường
  - + Do trọng lực hướng xuống nên để giọt thủy ngân nằm cân bằng thì lực điện tác dụng lên giọt thủy ngân phải hướng lên trên.
  - + Do giọt thủy ngân mang điện dương nên suy ra điện trường hướng lên trên.
  - + Vì điện trường do hai bản kim loại tích điện trái dấu sinh ra có chiều luôn hướng từ bản dương sang bản âm nên suy ra bản dương phải nằm phía dưới, bản âm phải nằm phía trên.
- b) Lúc đầu khi hiệu điện thế là  $U$  thì giọt thủy ngân nằm cân bằng nên:



$$\vec{F} + \vec{P} = 0 \Rightarrow F = P \Leftrightarrow qE = mg \Leftrightarrow \frac{qU}{d} = mg \Rightarrow qU = mgd \quad (1)$$

+ Khi hiệu điện thế giảm đi còn một nửa thì lực điện trường cũng giảm đi một nửa nên hạt sẽ chuyển động đi xuống.

+ Theo định luật II Niu-ton ta có:  $\vec{F}' + \vec{P} = m\vec{a}$

+ Chọn chiều dương hướng xuống, khi đó:

$$P - F' = ma \Rightarrow a = \frac{P - F'}{m} = \frac{mg - qE'}{m} = \frac{mg - \frac{qU}{2d}}{m} \quad (2)$$

+ Thay (1) vào (2) ta có:  $a = \frac{mg - \frac{mgd}{2d}}{m} = \frac{g}{2} = 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$

+ Vận tốc khi chạm bản dương là:

$$v^2 - 0^2 = 2a \cdot d \Rightarrow v = \sqrt{2a \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 0,1} = 1 \text{ (m/s)}$$

**Ví dụ 6:** Một electron có động năng  $W_d = 200 \text{ eV}$  lúc bắt đầu đi vào điện trường đều của hai bản kim loại đặt song song tích điện trái dấu theo hướng đường sức. Hỏi hiệu điện thế giữa hai bản phải là bao nhiêu để hạt không đến được bản đối diện. Biết  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

#### Hướng dẫn giải

Khi electron chuyển động từ bản này đến kia thì nó chịu tác dụng của ngoại lực là lực điện trường.

+ Theo định lý động năng ta có:  $W_{d2} - W_{d1} = qEd_{12}$

$$\Rightarrow d_{12} = \frac{-W_{d1}}{qE} = \frac{-200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{-1,6 \cdot 10^{-19} E} = \frac{200}{E}$$

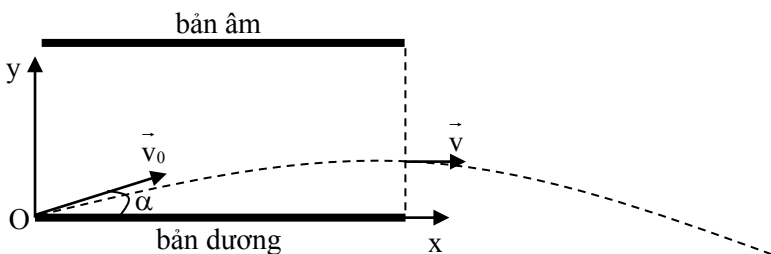
+ Để electron không đến được bản đối diện thì quãng đường nó đi được phải nhỏ

hơn khoảng cách giữa hai bản hay:  $d_{12} < d \Leftrightarrow \frac{200}{E} < d = \frac{U}{E} \Rightarrow U > 200 \text{ (V)}$

**Ví dụ 7:** Một electron bay vào khoảng không giữa hai bản kim loại tích điện trái dấu với vận tốc  $v_0 = 2,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  từ phía bản dương về phía bản âm theo hướng hợp với bản dương một góc  $15^\circ$ . Độ dài của mỗi bản là  $L = 5 \text{ cm}$  và khoảng cách giữa hai bản là  $d = 1 \text{ cm}$ . Hãy tính hiệu điện thế giữa hai bản, biết rằng khi ra khỏi điện trường vận tốc của electron có phương song song với hai bản.

#### Hướng dẫn giải

+ Chọn hệ trục Oxy như hình



+ Chuyển động của hạt được phân tích thành hai chuyển động. Theo phương ngang hạt chuyển động thẳng đều với vận tốc ban đầu  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ , theo phương Oy hạt chuyển động biến đổi đều với vận tốc đầu:  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

+ Phương trình vận tốc theo các trục: 
$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha + at \end{cases}$$

+ Vì khi ra khỏi điện trường vận tốc có phương ngang nên thành phần  $v_y = 0$ , do đó ta có:  $v_0 \sin \alpha + at = 0 \Rightarrow t = \frac{-v_0 \sin \alpha}{a}$  (1)

+ Phương trình chuyển động theo phương Ox:  $x = (v_0 \cos \alpha)t$

+ Khi ra khỏi điện trường thì:  $x = L \Leftrightarrow (v_0 \cos \alpha)t = L$  (2)

+ Từ (1) và (2) ta có:  $(v_0 \cos \alpha) \frac{-v_0 \sin \alpha}{a} = L$  (3)

+ Mà gia tốc của electron khi chuyển động trong điện trường:

$$a = \frac{-F}{m} = \frac{-|q|E}{m} = \frac{-|q|U}{m.d} \quad (4)$$

+ Từ (3) và (4) ta có:  $(v_0 \cos \alpha) \frac{-v_0 \sin \alpha}{\frac{-|q|U}{m.d}} = L$

$$\Rightarrow U = \frac{m.d.v_0^2 \sin 2\alpha}{2|q|L} = 177,734(\text{V})$$

### C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

**Bài 1.** Tụ phẳng có các bản nằm ngang,  $d = 1\text{cm}$ ,  $U = 1000\text{V}$ . Một giọt thủy ngân mang điện tích  $q$  nằm cân bằng ngay giữa 2 bản. Đột nhiên  $U$  giảm bớt  $4\text{V}$ . Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới? Cho  $g = 10\text{m/s}^2$ .

**Bài 2.** Một electron bắt đầu bay vào điện trường đều  $E = 910\text{ V/m}$  với vận tốc ban đầu  $v_0 = 3,2 \cdot 10^6\text{ m/s}$  cùng chiều đường sức của  $\vec{E}$ . Biết điện tích và khối lượng của electron lần lượt là  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$ ,  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$

- Tính gia tốc của electron trong điện trường đều.
- Tính quãng đường  $S$  và thời gian  $t$  mà electron đi được cho đến khi dừng lại, cho rằng điện trường đủ rộng. Mô tả chuyển động tiếp theo của electron sau khi nó dừng lại.

- c) Nếu điện trường chỉ tồn tại trong khoảng  $l = 3$  cm dọc theo đường đi của electron thì electron sẽ chuyển động với vận tốc là bao nhiêu khi ra khỏi điện trường.

**Bài 3.** Một electron chuyển động dọc theo một đường sức của điện trường đều có cường độ  $364$  V/m. Electron xuất phát từ điểm M với vận tốc  $3,2 \cdot 10^6$  m/s. Vectơ vận tốc của electron cùng hướng với đường sức điện. Biết  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C và  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg. Hỏi:

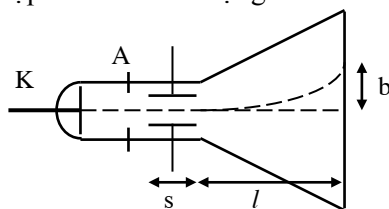
- a) Electron đi được quãng đường dài bao nhiêu thì vận tốc của nó bằng không ?

- b) Sau bao lâu kể từ lúc xuất phát, electron lại trở về điểm M ?

**Bài 4.** Điện tử bay vào một tụ phẳng với  $v_0 = 3,2 \cdot 10^7$  m/s theo phương song song với các bản. Khi ra khỏi tụ, hạt bị lệch theo phương vuông góc với các bản đoạn  $h = 6$  mm. Các bản dài  $l = 6$  cm cách nhau  $d = 3$  cm. Tính U giữa hai bản tụ.

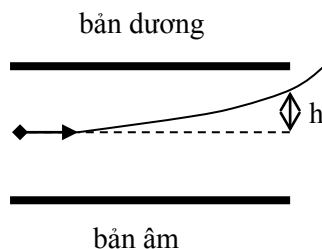
**Bài 5.** Điện tử mang năng lượng  $W_0 = 1500$  eV bay vào một tụ phẳng theo hướng song song với hai bản. Hai bản dài  $l = 5$  cm, cách nhau  $d = 1$  cm. Tính U giữa hai bản để điện tử bay khỏi tụ điện theo phương hợp với các bản một góc  $\alpha = 11^\circ$  ( $\tan 11^\circ \approx 0,2$ ).

**Bài 6.** Êlectrôn 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 vẽ. Biết  $s = 6$  cm,  $d = 1,8$  cm;  $l = 15$  cm,  $b = 2,1$  cm; U của tụ 50V.



Tính vận tốc êlectrôn khi bắt đầu đi vào tụ, và hiệu điện thế  $U_0$  giữa K và A. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

**Bài 7.** Một electron có động năng  $W_d = 11,375$  eV bắt đầu bay vào điện trường đều nằm giữa hai bản kim loại đặt song song theo phương vuông góc với đường sức và cách đều hai bản. Biết  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J. Tính:



- Vận tốc  $v_0$  của electron lúc bắt đầu vào điện trường.
- Thời gian đi hết chiều dài 5 cm của bản.
- Độ lệch  $h$  của electron khi bắt đầu ra khỏi điện trường, biết hiệu điện thế  $U = 50$  V và khoảng cách hai bản  $d = 10$  cm.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm ứng với độ dịch  $h$  ở câu c.
- Động năng và vận tốc của electron ở cuối bản

**Bài 8.** Hai bản kim loại tích điện trái dấu, đặt song song và cách nhau  $d = 10$  cm. Hiệu điện thế giữa hai bản là  $U = 10$  V. Một electron được bắn đi từ phía bản dương về phía bản âm với vận tốc đầu  $v_0 = 2 \cdot 10^6$  m/s hợp với bản một góc  $30^\circ$ .

- Lập phương trình quỹ đạo chuyển động của electron giữa hai bản.
- Tính khoảng cách gần nhất giữa electron và bản âm.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

### Bài 1.

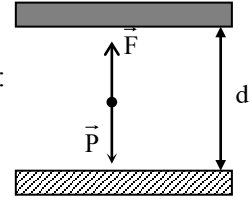
– Để giọt thủy ngân nằm cân bằng trong điện trường thì:  $P = F$ .

$$\Leftrightarrow mg = q \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{gd}{U} = \frac{10.0.01}{1000} = 10^{-4}$$

– Khi U giảm bớt 4(V) thì  $U' = U - 4 = 1000 - 4 = 996V$  thì:

$$P - F' = ma \Leftrightarrow mg - q \frac{U'}{d} = ma$$

$$\Rightarrow a = g - \frac{qU'}{md}$$



– Khi giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới thì quãng đường đi được là:  $s = \frac{d}{2}$ .

$$\text{Ta có: } s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{d}{2}}{g - \frac{qU'}{md}}} = \sqrt{\frac{d}{g - \frac{qU'}{md}}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,01}{10 - 10^{-4} \cdot \frac{996}{0,01}}} = 0,5s$$

Vậy: Thời gian để giọt thủy ngân rơi chạm đến bản dưới là  $t = 0,5$  s.

### Bài 2.

a) Chọn trục Ox, có gốc O là vị trí mà electron bắt đầu bay vào điện trường, chiều dương trùng với chiều chuyển động.

+ Khi bay trong điện trường, electron

chịu tác dụng của lực điện  $\vec{F}$

+ Định luật II Niu-tơn:  $\vec{F} = m\vec{a}$  (1)

+ Vì  $q = e < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E}$ , mà  $\vec{v}_0$  cùng hướng

với  $\vec{E}$  nên  $\vec{F}$  ngược chiều dương.

+ Chiếu (1) lên Ox ta có:  $-F = ma \Leftrightarrow -|q|E = ma$

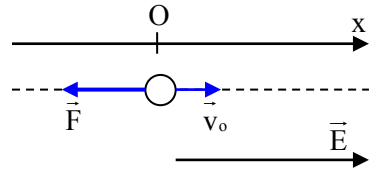
$$\Rightarrow a = \frac{-|q|E}{m} = \frac{-|1,6 \cdot 10^{-19}| \cdot 910}{9,1 \cdot 10^{-31}} = -1,6 \cdot 10^{14} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

+ Vậy electron chuyển động chậm dần với gia tốc  $a = -1,6 \cdot 10^{14} \text{ (m/s}^2\text{)}$

b) Do đó thời gian chuyển động là:  $v = v_0 + at \Leftrightarrow 0 = v_0 + at$

$$\Rightarrow t = \frac{-v_0}{a} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{14}} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}$$

+ Quãng đường đi được của electron:  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (3,2 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{14})} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$



+ Sau khi dừng lại electron vẫn chịu tác dụng của lực điện trường  $\vec{F} = q\vec{E}$  (ngược chiều dương) nên electron sẽ chuyển động nhanh dần đều về vị trí lúc đầu xuất phát. Và sau đó bắt đầu chuyển động thẳng đều với vận tốc đầu.

c) Ta có:  $v^2 - v_0^2 = 2al$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2a.l + v_0^2} = \sqrt{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{14}) \cdot 3 \cdot 10^{-2} + (3,2 \cdot 10^6)^2} = 8 \cdot 10^5 \text{ (m/s)}$$

+ Khi ra khỏi điện trường electron chuyển động thẳng đều với vận tốc  $8 \cdot 10^5$  m/s

**Bài 3.**

a) Theo định lí động năng ta có:  $W_{d2} - W_{d1} = A \Leftrightarrow 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = qEd$

$$\Rightarrow d = -\frac{mv_0^2}{2qE} = -\frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3,2 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 364} = 0,08 \text{ (m)} = 8 \text{ (cm)}$$

b) Gia tốc của electron khi chuyển động trong điện trường:

$$a = \frac{-F}{m} = \frac{-|q|E}{m} = \frac{-1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 364}{9,1 \cdot 10^{-31}} = -6,4 \cdot 10^{13} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

+ Sau khi electron chuyển động được quãng đường 8 cm thì dừng lại. Vì lúc này electron vẫn trong điện trường nên vẫn chịu tác dụng của lực điện trường kết quả là lực điện trường làm cho electron chuyển động quay ngược lại chỗ xuất phát nên thời gian kể từ khi xuất phát đến khi về M sẽ gấp 2 lần đi từ M đến khi dừng lại.

+ Thời gian kể từ khi xuất phát đến khi dừng lại là:

$$t = \frac{-v_0}{a} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{6,4 \cdot 10^{13}} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}$$

+ Vậy thời gian từ khi xuất phát đến khi trở về M là:  $\Delta t = 2t = 10^{-7} \text{ (s)}$

**Bài 4.**

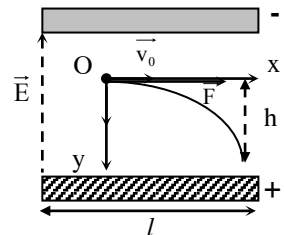
- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần theo hai trục Ox và Oy:

+ Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều:

$$x = v_0 t \tag{1}$$

+ Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

$$y = \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} t^2 \tag{2}, \text{ với } a = \frac{F}{m} = \frac{eU}{md}$$



- Khi ra khỏi bản thì quãng đường điện tử đi được theo trục Ox là  $x = l$ , theo trục Oy là  $y = h$ . Do đó:

+ Từ (1) suy ra:  $t = \frac{l}{v_0}$ .

Thay giá trị của t vào (2) với chú ý  $y = h$  ta được:  $h = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} \cdot \left(\frac{l}{v_0}\right)^2$

$\Rightarrow U = \frac{2hv_0^2 md}{el^2} = \frac{2.6 \cdot 10^{-3} \cdot (3.2 \cdot 10^7)^2 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 3.10^{-2}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (6.10^{-2})^2} = 582,4 \text{ V}.$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là  $U = 582,4 \text{ V}.$

**Bài 5.**

– Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần:

+ Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều:  $x = v_0 t$ ;  $v_x = v_0 = \text{const}.$

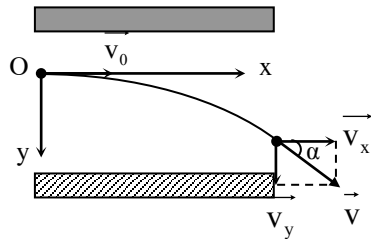
+ Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực

điện trường:  $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$ ;  $v_y = at$  (với  $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$ )

– Ta có:

+  $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{a \frac{x}{v_0}}{v_0} = \frac{ax}{v_0^2} = \frac{qUx}{mdv_0^2}$  (1)

+  $W_0 = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2W_0}{m}$  (2)



– Thay (2) vào (1), ta được:  $\tan \alpha = \frac{qUx}{md \cdot \frac{2W_0}{m}} = \frac{qUx}{2dW_0}$

$\Rightarrow U = \frac{2dW_0 \cdot \tan \alpha}{qx} = \frac{2.0,01.1500.1,6.10^{-19}.0,2}{1,6.10^{-19}.0,05} = 120 \text{ V}.$

Vậy: Để điện tử bay ra khỏi tụ theo phương hợp với các bản một góc  $11^\circ$  thì  $U = 120 \text{ V}.$

**Bài 6.**

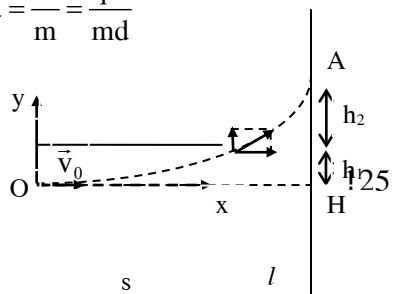
– Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều:  $x = v_0 t$ ;  $v_x = v_0 = \text{const}.$

+ Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực

điện trường:  $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$ ;  $v_y = at$ , với  $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$

– Khi điện tử ra khỏi tụ:



$$y = h_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU}{md} \cdot \frac{s^2}{v_0^2}; v_y = \frac{qU}{md} \cdot \frac{s}{v_0}$$

Ta có:  $\frac{h_2}{v_y} = \frac{l}{v_0} \Rightarrow h_2 = \frac{qUs}{mdv_0^2}$

$$b = h_1 + h_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qUs}{mdv_0^2} (s + 2l)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{qUs(s+2l)}{2mdb}} = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 0,06 \cdot (0,06 + 2 \cdot 0,15)}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 2,1 \cdot 10^{-2}}} = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

– Hiệu điện thế  $U_0$  giữa K và A:  $qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\Rightarrow U_0 = \frac{mv_0^2}{2q} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^7)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 728 \text{ V}$$

Vậy: Vận tốc electron khi bắt đầu đi vào tụ là  $v_0 = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ ; hiệu điện thế giữa K và A là  $U_0 = 728 \text{ V}$ .

### Bài 7.

a) Ta có:  $W_{đ0} = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2W_{đ0}}{m}} = 2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$

b) Electron tham gia chuyển động giống như chuyển động của một vật bị ném ngang với vận tốc đầu  $v_0 = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

+ Theo phương ngang (phương Ox), electron không chịu tác dụng của lực nào nên nó chuyển động thẳng đều với phương trình chuyển động:  $x = v_0 t = 2 \cdot 10^6 t$

+ Khi electron đi hết chiều dài 5 cm của bản thì:

$$x = L \Leftrightarrow 2 \cdot 10^6 t = 0,05 \Rightarrow t = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}$$

c) Gia tốc của electron khi bay vào trong điện

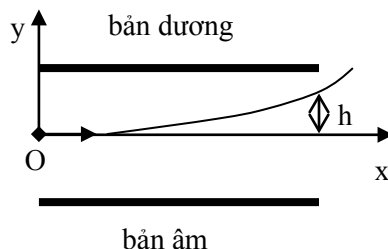
trường của hai bản tụ:  $a = \frac{F}{m} = \frac{|q|E}{m} = \frac{|q|U}{md}$

$$\Rightarrow a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,1} = 8,79 \cdot 10^{13} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

+ Phương trình chuyển động theo trục Oy:  $y = \frac{1}{2}at^2$

+ Khi ra khỏi bản tụ thì  $t = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}$  nên

$$h = y = \frac{1}{2} \cdot 8,79 \cdot 10^{13} \cdot (2,5 \cdot 10^{-8})^2 = 0,0275 \text{ (m)} = 2,75 \text{ (cm)}$$



d) Hiệu điện thế giữa hai điểm ứng với độ dịch h:

$$U_h = E \cdot h = \frac{U}{d} \cdot h = \frac{50}{0,1} \cdot 0,0275 = 13,75 \text{ (V)}$$

e) Phương trình vận tốc theo các trục: 
$$\begin{cases} v_x = v_0 = 2,10^6 \text{ (m)} \\ v_y = at = 8,79 \cdot 10^{13} t \end{cases}$$

+ Khi ra khỏi bản thì  $t = 2,5 \cdot 10^{-8}$  (s) nên:

$$v_y = 8,79 \cdot 10^{13} \cdot 2,5 \cdot 10^{-8} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

+ Vận tốc của electron khi ra khỏi bản tụ:  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2,97 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$

+ Động năng của electron khi ra khỏi bản tụ:  $W_d = \frac{1}{2} m v^2 = 4,017 \cdot 10^{-18} \text{ (J)}$

### Bài 8.

a) Chọn hệ trục tọa độ Oxy như hình

+ Gia tốc của electron khi chuyển động trong điện trường giữa hai

$$\text{bản: } a = \frac{-F}{m} = -\frac{|q|E}{m} = -\frac{|q|U}{md}$$

$$\text{+ Ta có: } \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

+ Phương trình chuyển động trên các trục Ox và Oy:

$$\begin{cases} x = v_{0x} t \\ y = v_{0y} t + \frac{1}{2} a t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) t \\ y = (v_0 \sin \alpha) t + \frac{1}{2} a t^2 \end{cases}$$

$$\text{+ Ta có: } t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow y = (v_0 \sin \alpha) \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{1}{2} \cdot \frac{|q|U}{md} \cdot \left( \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$

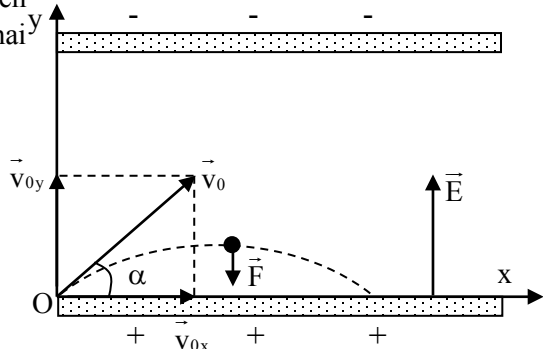
$$\Leftrightarrow y = x \cdot \tan \alpha - \frac{|q| \cdot U}{2m \cdot d \cdot v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$$

$$\text{+ Vậy phương trình quỹ đạo: } y = x \cdot \tan \alpha - \frac{|q| \cdot U}{2m \cdot d \cdot v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 = \frac{1}{\sqrt{3}} x - \frac{800}{273} x^2$$

b) Khi electron cách xa bản dương nhất thì:

$$v_y = 0 \Leftrightarrow v_0 \sin \alpha + at = 0 \Rightarrow t = \frac{-v_0 \sin \alpha}{a} = \frac{-v_0 \cdot m \cdot d \cdot \sin \alpha}{-|q|U} = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}$$

+ Khoảng cách xa nhất giữa electron và bản dương là:





$$h_{\max} = y_{\max} = (v_0 \sin \alpha) t + \frac{1}{2} a t^2 = 0,028(\text{m}) = 2,8(\text{cm})$$

+ Khoảng cách gần nhất giữa electron và bản âm là

$$H_{\min} = d - y_{\max} = 7,2(\text{cm})$$