

LỰC TƯƠNG TÁC TÍNH ĐIỆN

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hiện tượng nhiễm điện của các vật

Một vật nhiễm điện (còn được gọi là điện tích) có khả năng hút hoặc đẩy những vật khác. Chẳng hạn:

- Khi cọ xát thanh thủy tinh, thanh nhựa, mảnh pôliêtilen... vào dạ hoặc lụa, thì những vật đó có thể hút được mẩu giấy, sợi bông. Lúc này thanh thủy tinh, thanh nhựa, mảnh pôliêtilen... được gọi là những vật nhiễm điện.
- Hiện tượng bụi bám chặt vào cánh quạt, mặc dù quạt quay rất nhanh cũng là hiện tượng nhiễm điện. Có thể giải thích hiện tượng này do ma sát với không khí khi quay mà bề mặt cánh quạt đã được tích điện, nên bụi có khả năng bám chặt vào cánh quạt.
- Những chiếc xe chở xăng dầu, tại sao khi di chuyển trên đường lại phải thả một sợi xích cho tiếp xúc với mặt đường, nếu không phải lúc này chiếc xe đã bị nhiễm điện.
- Ngoài ra hiện tượng nhiễm điện còn được ứng dụng trong công nghệ phun sơn tĩnh điện, hoạt động của máy in mực hay chiếc máy lọc bụi ở trong đời sống ta thường gặp.

2. Hai loại điện tích:

Điện tích được kí hiệu là q (đơn vị là Cu-lông (C)) và phân thành hai loại: điện tích dương ($q > 0$) và điện tích âm ($q < 0$). Các điện tích thì có tương tác với nhau. Cụ thể:

- Hai điện tích cùng dấu ($q_1, q_2 > 0$) thì đẩy nhau.
- Hai điện tích trái dấu ($q_1, q_2 < 0$) thì hút nhau.

3. Thuyết electron:

* Nguyên tử cấu tạo gồm

+ Hạt nhân cấu tạo bởi hai loại hạt proton và notron (proton có điện tích $+1,6.10^{-19}C$, notron không mang điện).

+ Các electron chuyển động xung quanh hạt nhân có điện tích $-1,6.10^{-19}C$.

* Điện tích của electron và của proton được gọi là điện tích nguyên tố.

* Thông thường trong nguyên tử, số điện tích âm (số electron) bằng số điện tích dương (số proton), nên nguyên tử có điện tích bằng 0, nguyên tử trung hòa về điện.

* Nếu nguyên tử trung hòa về điện bị mất electron, thì lúc này số điện tích dương nhiều hơn số điện tích âm nên nguyên tử tích điện dương gọi là ion dương.

* Nếu nguyên tử trung hòa về điện nhận thêm electron, thì lúc này số điện tích dương ít hơn số điện tích âm nên nguyên tử tích điện âm gọi là ion âm.

4. Lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 . Định luật Culong

- Điện tích điểm: Vật mang điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách, kích thước mà ta khảo sát.

- Định luật Culong trong chân không:

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên trong chân không là $\vec{F}_0$ có:

+ Phương: đường thẳng nối hai điện tích.

+ Chiều: Hai điện tích cùng dấu ($q_1 \cdot q_2 > 0$) thì đẩy nhau.

Hai điện tích trái dấu ($q_1 \cdot q_2 < 0$) thì hút nhau.

+ Độ lớn: $F_0 = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$

Trong đó:

k: hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào hệ đơn vị, trong hệ SI: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

r: khoảng cách giữa hai điện tích (m)

- Định luật Culong trong môi trường: $F = \frac{F_0}{\epsilon} = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{\epsilon r^2}$

Trong đó: ϵ : hằng số điện môi ($\epsilon \geq 1$).

Trong chân không $\epsilon = 1$; trong không khí $\epsilon \approx 1$.

5. Định luật bảo toàn điện tích

Trong một hệ cô lập về điện, tổng đại số của các điện tích là không đổi:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = q'_1 + q'_2 + \dots + q'_n$$

Lưu ý: Hệ cô lập về điện là hệ mà các vật trong hệ chỉ trao đổi điện tích với nhau mà không trao đổi điện tích với bên ngoài.

B. CÁC DẠNG BÀI TẬP VÀ VÍ DỤ MINH HỌA

Dạng 1: Bài tập liên quan đến lực tương tác giữa hai điện tích điểm:

Phương pháp:

* Lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 (nằm yên, đặt trong môi trường có hằng số điện môi ϵ) cách nhau đoạn r có:

- **Phương** là đường thẳng nối hai điện tích.

- **Chiều** là: chiều lực đẩy nếu $q_1 q_2 > 0$ (cùng dấu).

chiều lực hút nếu $q_1 q_2 < 0$ (trái dấu).

- Độ lớn: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

Trong đó: $k = 9.10^9 \text{N.m}^2/\text{C}^2$.

q_1, q_2 : độ lớn hai điện tích (C)

r : khoảng cách giữa hai điện tích (m)

ϵ : hằng số điện môi. Trong chân không và không khí $\epsilon = 1$.

Chú ý:

Công thức trên áp dụng được trong các trường hợp:

- Các điện tích là điện tích điểm.

- Các quả cầu đồng chất tích điện đều, khi đó ta coi r là khoảng cách giữa tâm hai quả cầu.

* Điện tích q của một vật tích điện: $|q| = n.e$

+ Vật thiếu electron (tích điện dương): $q = + n.e$

+ Vật thừa electron (tích điện âm): $q = - n.e$

Với: $e = 1,6.10^{-19} \text{C}$: là điện tích nguyên tố.

n : số hạt electron bị thừa hoặc thiếu.

* Một số hiện tượng

- Khi cho 2 quả cầu nhỏ nhiễm điện tiếp xúc sau đó tách nhau ra thì tổng điện tích chia đều cho mỗi quả cầu

- Hiện tượng xảy ra tương tự khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn mảnh rồi cắt bỏ dây nối

- Khi chạm tay vào quả cầu nhỏ dẫn điện đã tích điện thì quả cầu mất điện tích và trở về trung hòa.

* Các ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Hai điện tích điểm $q_1 = 2.10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -10^{-8} \text{C}$ đặt cách nhau 20cm trong không khí. Xác định lực điện 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 q_1 và q_2 .

- *chiều* là: chiều lực hút vì $q_1 q_2 < 0$.

- độ lớn: $F = F_{12} = F_{21} = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

$$= 9.10^9 \cdot \frac{2.10^{-8} \cdot 10^{-8}}{1,0,2^2} = 4,5.10^{-5} \text{N}$$



Vậy lực điện tương tác giữa hai điện tích là: $F = 4,5.10^{-5} \text{N}$.

Ví dụ 2. Hai điện tích $q_1 = 2.10^{-6} \text{C}$, $q_2 = -2.10^{-6} \text{C}$ đặt tại hai điểm A và B trong không khí. Lực tương tác giữa chúng là 0,4N. Xác định khoảng cách AB.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 có độ lớn:

$$F = F_{12} = F_{21} = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$$



$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{k|q_1 q_2|}{\epsilon F}} = \sqrt{9.10^9 \cdot \frac{2.10^{-6} \cdot 2.10^{-6}}{1.0,4}} = 0,3 \text{m}$$

Vậy để lực điện tương tác giữa hai điện tích là $F = 0,4 \text{ N}$ thì khoảng cách giữa hai điện tích là 30cm.

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 với khoảng cách đó mà đặt trong điện môi thì lực tương tác giữa chúng là 10^{-3}N .

- Xác định hằng số điện môi của điện môi.
- Để lực tương tác giữa hai điện tích đó khi đặt trong điện môi bằng lực tương tác giữa chúng khi đặt trong không khí thì phải đặt hai điện tích đó cách nhau bao nhiêu? Biết trong không khí hai điện tích cách nhau 20cm.

Hướng dẫn giải

- Lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 khi:

- Đặt trong không khí: $F_0 = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$



- Đặt trong điện môi: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

Suy ra hằng số điện môi của điện môi: $\epsilon = \frac{F_0}{F} = \frac{2.10^{-3}}{10^{-3}} = 2$

- Để lực tương tác giữa hai điện tích khi đặt trong điện môi bằng lực tương tác khi đặt trong không khí thì phải đặt hai điện tích cách nhau một đoạn r' :

$$k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r'^2} \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{\epsilon}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2} \text{cm} \approx 14,14 \text{cm}$$

Vậy để lực điện tương tác giữa hai điện tích khi đặt trong điện môi bằng lực tương tác giữa chúng khi đặt trong không khí thì khoảng cách giữa hai điện tích là 14,14 cm.

Ví dụ 4. Trong nguyên tử hiđrô, 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 của electron. Biết khối lượng electron là $9,1.10^{-31}$ kg.

Hướng dẫn giải

a) Lực hút tĩnh điện giữa electron và hạt nhân là:

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



b) Tần số của electron:

Vì electron chuyển động tròn xung quanh hạt nhân nên lực hút tĩnh điện giữa chúng đóng vai trò là lực hướng tâm:

$$F_{ht} = F \Rightarrow m\omega^2 r = F \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{F}{mr}} = \sqrt{\frac{9,2.10^{-8}}{9,1.10^{-31} \cdot 5.10^{-11}}} = 4,5.10^{16} \text{ rad/s}$$

$$\Rightarrow f = 0,72.10^{16} \text{ Hz.}$$

Ví dụ 5: Hai điện tích q_1 và q_2 đặt cách nhau 20 cm trong không khí, chúng đẩy nhau với một lực $F = 1,8$ N. Biết $q_1 + q_2 = -6.10^{-6}$ C và $|q_1| > |q_2|$. Xác định dấu của điện tích q_1 và q_2 . Vẽ các vectơ lực tác dụng của điện tích này lên điện tích kia. Tính q_1 và q_2 .

Hướng dẫn giải

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

$$\text{Ta có: } F = 9.10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{Fr^2}{9.10^9} = 8.10^{-12};$$



$$\text{Vì } q_1 \text{ và } q_2 \text{ cùng dấu nên } |q_1 q_2| = q_1 q_2 = 8.10^{-12} \quad (1)$$

$$\text{Và } q_1 + q_2 = -6.10^{-6} \quad (2).$$

Từ (1) và (2) ta thấy q_1 và q_2 là nghiệm của phương trình: $x^2 + 6.10^{-6}x + 8.10^{-12} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = -2.10^{-6} \\ x_2 = -4.10^{-6} \end{cases} \text{ Suy ra } \begin{cases} q_1 = -2.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -4.10^{-6} \text{ C} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -4.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -2.10^{-6} \text{ C} \end{cases}$$

$$\text{Vì } |q_1| > |q_2| \Rightarrow q_1 = -4.10^{-6} \text{ C; } q_2 = -2.10^{-6} \text{ C.}$$

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 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.

Hướng dẫn giải

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

$$F_0 = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$



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

Khi đặt trong dầu, lực tương tác giữa chúng không đổi nên:

$$k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r'^2} \Rightarrow \epsilon = \frac{r^2}{r'^2} = \frac{12^2}{8^2} = 2,25$$

Vậy độ lớn của các điện tích là $|q_1| = |q_2| = 4 \cdot 10^{-12} \text{ C}$; Hằng số điện môi của dầu là 2,25.

Dạng 2: Bài tập liên quan đến định luật bảo toàn điện tích.

* Phương pháp:

Với dạng bài tập này ta cần lưu ý:

+ Một hệ cô lập về điện, nghĩa là hệ không trao đổi điện tích với các hệ khác thì, tổng đại số các điện tích trong hệ là một hằng số.

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

* Các ví dụ minh họa

Ví dụ 1: 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.

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

Hướng dẫn giải

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

Số electron thiếu ở quả cầu B:

$$N_2 = \frac{2,4 \cdot 10^{-7}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,5 \cdot 10^{12} \text{ electron}.$$



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

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$

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

là: $q'_1 = q'_2 = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = -0,4.10^{-7} \text{ C}$; lực tương tác điện giữa chúng bây giờ

là lực hút và có độ lớn: $F' = 9.10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 10^{-3} \text{ N}$.

Ví dụ 2: 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 với lực đẩy bằng lực hút. Tính điện tích lúc đầu của mỗi quả cầu.

Hướng dẫn giải

Hai quả cầu hút nhau nên chúng tích điện trái dấu.

Vì điện tích trái dấu nên:

$$|q_1 q_2| = -q_1 q_2 = \frac{Fr^2}{9.10^9} = \frac{16}{3}.10^{-12} \Rightarrow q_1 q_2 = -\frac{16}{3}.10^{-12} \quad (1).$$

$$\left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)^2 = \frac{Fr^2}{9.10^9} = \frac{48}{9}.10^{-12} \Rightarrow q_1 + q_2 = \pm \frac{\sqrt{192}}{3}.10^{-6} \quad (2).$$

Từ (1) và (2) ta thấy q_1 và q_2 là nghiệm của các phương trình:

$$3x^2 \pm \sqrt{192}.10^{-6}x - 16.10^{-12} = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = 0,96.10^{-6} \\ x_2 = -5,58.10^{-6} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} x_1 = -0,96.10^{-6} \\ x_2 = 5,58.10^{-6} \end{cases}$$

Suy ra:

$$\begin{cases} q_1 = 0,96.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -5,58.10^{-6} \text{ C} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -5,58.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = 0,96.10^{-6} \text{ C} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_1 = -0,96.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = 5,58.10^{-6} \text{ C} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = 5,58.10^{-6} \text{ C} \\ q_2 = -0,96.10^{-6} \text{ C} \end{cases}$$

Dạng 3: Lực điện tổng hợp tác dụng lên một điện tích điểm

* *Phương pháp:*

+ Lực tương tác giữa nhiều điện tích điểm lên một điện tích điểm:

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

+ Trường hợp đặc biệt: Xét trường hợp chỉ có hai lực:

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

a) Khi $\vec{F}_1$ cùng hướng với $\vec{F}_2$: $\vec{F}$ cùng hướng với $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ và $F = F_1 + F_2$

b) Khi $\vec{F}_1$ ngược hướng với $\vec{F}_2$ thì $F = |F_1 - F_2|$

Và $\vec{F}$ cùng hướng với $\begin{cases} \vec{F}_1 & \text{khi: } F_1 > F_2 \\ \vec{F}_2 & \text{khi: } F_1 < F_2 \end{cases}$

c) Khi $\vec{F}_1 \perp \vec{F}_2$ thì $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ và

$\vec{F}$ hợp với $\vec{F}_1$ một góc α xác định bởi: $\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1}$

d) Khi $F_1 = F_2$ và $\widehat{F_1, F_2} = \alpha$ thì $F = 2F_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ và $\vec{F}$ hợp với $\vec{F}_1$ một góc $\frac{\alpha}{2}$

e) Khi F_1 khác F_2 và $\widehat{F_1, F_2} = \alpha$ thì ta áp dụng định lý hàm số cosin trong tam giác:

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

* Các ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Tại 2 điểm A, B cách nhau 10 cm trong không khí, đặt 2 điện tích $q_1 = q_2 = 6.10^{-6}$ C. Xác định lực điện trường do hai điện tích này tác dụng lên điện tích $q_3 = 3.10^{-8}$ C đặt tại C. Biết $AC = BC = 15$ cm.

Hướng dẫn giải

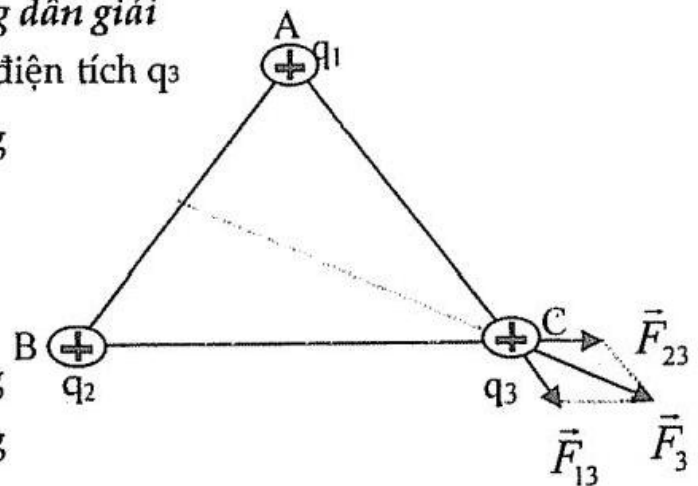
Các điện tích q_1 và q_2 tác dụng lên điện tích q_3

Các lực $\vec{F}_{13}$ và $\vec{F}_{23}$ có phương chiều như hình vẽ, có độ lớn:

$$F_{13} = F_{23} = 9.10^9 \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 72.10^{-3} \text{ N.}$$

Lực tổng hợp do q_1 và q_2 tác dụng lên q_3 là: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$ có phương chiều như hình vẽ, có độ lớn:

$$F_3 = 2F_{13} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2.F_{13} \cdot \frac{\sqrt{AC^2 - AH^2}}{AC} \approx 136.10^{-3} \text{ N.}$$



Ví dụ 2: 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.

Hướng dẫn giải

Các điện tích q_1 và q_2 tác dụng lên điện tích q_3 các lực $\vec{F}_{13}$ và $\vec{F}_{23}$ có phương chiều như hình vẽ, có độ lớn:

$$F_{13} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 3,75 \text{ N};$$

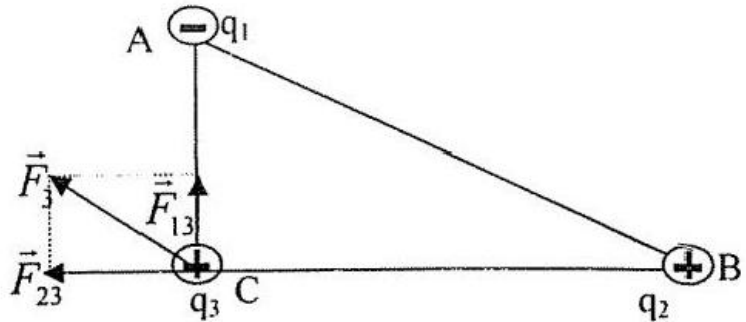
$$F_{23} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 5,625 \text{ N}.$$

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

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \text{ có độ lớn: } F_3 = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} \approx 6,76 \text{ N}.$$

$$\text{Gọi } \widehat{\vec{F}_3, \vec{F}_{13}} = \alpha \text{ ta có } \tan \alpha = \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{5,625}{3,75} \Rightarrow \alpha = 56,3^\circ$$

Vậy $\vec{F}_3$ có độ lớn $F_3 = 6,76 \text{ N}$ và có hướng hợp với $\overline{CA}$ một góc $56,3^\circ$.



Dạng 4: Cân bằng của điện tích

* **Phương pháp:**

+ Lực tổng hợp tác dụng lên điện tích điểm: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$

+ Khi điện tích cân bằng thì lực tổng hợp $F = 0$.

Các trường hợp đặc biệt:

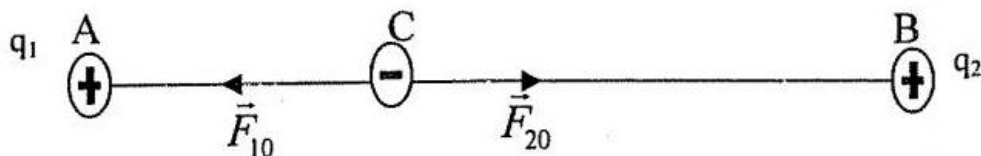
* **Trường hợp 1:** Hai điện tích q_1, q_2 đặt tại hai điểm A và B, hãy xác định điểm C đặt điện tích q_0 để q_0 cân bằng:

- Điều kiện cân bằng của điện tích q_0 :

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{10} = -\vec{F}_{20} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{10} \uparrow \downarrow \vec{F}_{20} & (*) \\ F_{10} = F_{20} & (**) \end{cases}$$

+ Nếu q_1, q_2 cùng dấu:

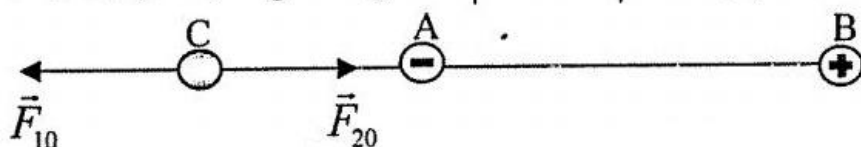
Từ (*) $\Rightarrow$ C thuộc đoạn thẳng AB: $AC + BC = AB$ (*)'



$$\text{Ta có: } \frac{|q_1|}{AC^2} = \frac{|q_2|}{BC^2} \quad (**')$$

+ Nếu q_1, q_2 trái dấu:

Từ (*) $\Rightarrow$ C thuộc đường thẳng AB: $|AC - BC| = AB$ (*)'



Ta cũng vẫn có: $\frac{|q_1|}{AC^2} = \frac{|q_2|}{BC^2}$ (**')

- Giải hệ hai phương trình (*)' và (**') để tìm AC và BC.

Lưu ý:

- Biểu thức (**') không chứa q_0 nên vị trí của điểm C cần xác định không phụ thuộc vào dấu và độ lớn của q_0 .

- Vị trí C để tại đó đặt q_0 cân bằng nếu hai điện tích trái dấu thì điểm cân bằng C nằm ngoài đoạn AB về phía điện tích có độ lớn nhỏ hơn; còn nếu hai điện tích cùng dấu thì C nằm giữa đoạn thẳng nối hai điện tích.

Trường hợp 2: Ba điện tích

- Điều kiện cân bằng của q_0 khi chịu tác dụng bởi ba điện tích q_1, q_2, q_3 :

+ Gọi $\vec{F}_0$ là tổng hợp lực do q_1, q_2, q_3 tác dụng lên q_0 : $\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{0}$

+ Do q_0 cân bằng: $\vec{F}_0 = \vec{0}$

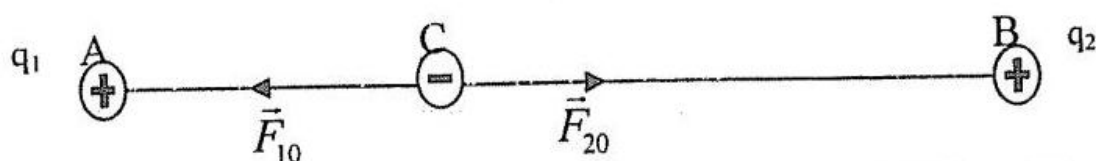
$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{0} \\ \vec{F} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} \end{array} \right\} \Rightarrow \vec{F} + \vec{F}_{30} = \vec{0} \Leftrightarrow \begin{cases} \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{F}_{30} \\ F = F_{30} \end{cases}$$

Khi đó ta làm tương tự như đối với hai điện tích.

*** Các ví dụ minh họa:**

Ví dụ 1: Cho hai điện tích $q_1 = 4\mu C$, $q_2 = 9\mu C$ đặt tại hai điểm A và B trong chân không, $AB = 1m$. Xác định vị trí của điểm C để đặt tại C một điện tích q_0 thì điện tích q_0 nằm cân bằng.

Hướng dẫn giải



Giả sử $q_0 > 0$. Để q_0 cân bằng thì hợp lực tác dụng lên q_0 phải bằng không, ta có:

$$\vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{10} = -\vec{F}_{20} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{10} \uparrow \downarrow \vec{F}_{20} \\ F_{10} = F_{20} \end{cases}$$

Vì q_1, q_2 cùng dấu nên C thuộc đoạn thẳng AB: $AC + BC = AB$ (*)

Và $\frac{|q_1|}{AC^2} = \frac{|q_2|}{BC^2}$ (**)

Từ (*) và (**) ta có:
$$\begin{cases} AC + BC = AB \\ \frac{|q_1|}{AC^2} = \frac{|q_2|}{BC^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} AC + BC = 100 \\ \frac{4}{AC^2} = \frac{9}{BC^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} AC = 40cm \\ BC = 60cm \end{cases}$$

Ví dụ 2: Tại ba đỉnh của một tam giác đều, người ta đặt ba điện tích giống nhau $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6.10^{-7}C$. Hỏi phải đặt điện tích thứ tư q_0 tại đâu, có giá trị bao nhiêu để hệ đứng yên cân bằng.

Hướng dẫn giải

Điều kiện cân bằng của điện tích q_3 đặt tại C:

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

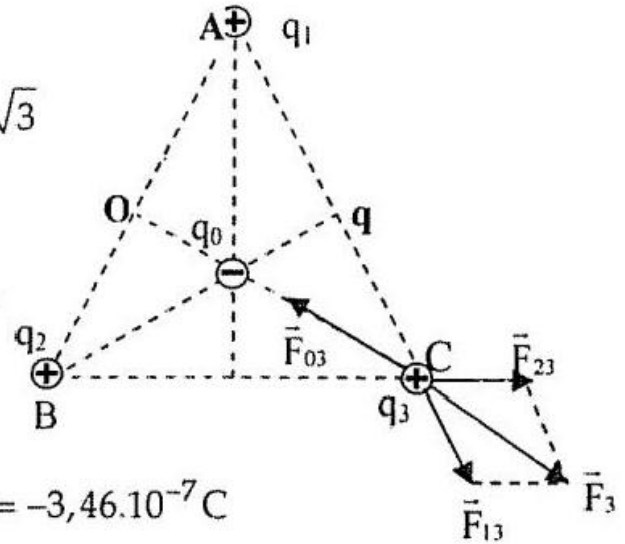
$$F_{13} = F_{23} = k \frac{q^2}{a^2} \Rightarrow F_3 = 2F_{13} \cos 30^\circ = F_{13} \sqrt{3}$$

$\vec{F}_3$ có phương là phân giác của góc C.

Suy ra $\vec{F}_{03}$ cùng giá ngược chiều với $\vec{F}_3$.

Xét tương tự với q_1, q_2 suy ra q_0 phải nằm tại tâm của tam giác.

$$F_{03} = F_3 \Leftrightarrow k \frac{|q_0 q|}{\left(\frac{2}{3}a \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{3} \Rightarrow q_0 = -3,46.10^{-7}C$$



C. BÀI TẬP TỰ LUYỆN CÓ HƯỚNG DẪN GIẢI

Câu 1. Hai quả cầu nhỏ giống nhau (xem như hai điện tích điểm) có $q_1 = 3,2.10^{-9}C$ và $q_2 = -4,8.10^{-9}C$ được đặt tại hai điểm cách nhau 10cm.

- Quả cầu nào thừa electron, quả cầu nào thiếu electron. Tính lượng electron thừa (hoặc thiếu) của mỗi quả cầu.
- Tính lực tương tác giữa hai quả cầu (có vẽ hình) nếu môi trường tương tác là:
 - + chân không
 - + dầu hỏa ($\epsilon = 2$)
- Cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau:
 - + Tìm điện tích của mỗi quả sau khi tiếp xúc.
 - + Nếu sau khi tiếp xúc ta lại đặt chúng cách nhau 15cm trong dầu hỏa, tìm lực tương tác giữa chúng (có vẽ hình).

Hướng dẫn giải

a) Số electron thừa ở quả cầu q_2 : $N_2 = \frac{4,8.10^{-9}}{1,6.10^{-19}} = 3.10^{10}$ electron.

Số electron thiếu ở quả cầu q_1 : $N_1 = \frac{3,2.10^{-9}}{1,6.10^{-19}} = 2.10^{10}$ electron.

b) Lực tương tác giữa hai quả cầu:

+ Nếu môi trường tương tác là chân không thì lực tương tác giữa chúng là lực hút và có độ lớn:



$$F = F_{21} = F_{12} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 1,3824 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$$

+ Nếu môi trường tương tác là dầu hỏa thì lực tương tác giữa chúng là lực hút và có độ lớn: $F' = F'_{21} = F'_{12} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} = 0,6912 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$

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

$$q'_1 = q'_2 = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = -0,8 \cdot 10^{-9} \text{ C;}$$

Nếu sau khi tiếp xúc ta lại đặt chúng cách nhau 15cm trong dầu hỏa, lực tương tác điện giữa chúng bây giờ là lực đẩy và có độ lớn:

$$F'' = 9 \cdot 10^9 \frac{|q'_1 q'_2|}{\epsilon r'^2} = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ N.}$$

Câu 2. Xác định lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 cách nhau một khoảng r trong điện môi ϵ , với các trường hợp sau:

- a) $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; $r = 4 \text{ cm}$; $\epsilon = 2$
 b) $q_1 = -0,06 \mu\text{C}$; $q_2 = -0,09 \mu\text{C}$; $r = 3 \text{ cm}$; $\epsilon = 5$

Hướng dẫn giải

- a) $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; $r = 4 \text{ cm}$; $\epsilon = 2$

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

$$F = F_{21} = F_{12} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 0,04^2} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

- b) $q_1 = -0,06 \mu\text{C}$; $q_2 = -0,09 \mu\text{C}$; $r = 3 \text{ cm}$; $\epsilon = 5$

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

$$F' = F'_{21} = F'_{12} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-8} \cdot 9 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 0,03^2} = 10,8 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

Câu 3. Hai quả cầu nhỏ có điện tích $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ và $q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ tác dụng với nhau một lực 36N trong chân không. Tính khoảng cách giữa chúng.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai quả cầu có độ lớn:

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_1 q_2|}{F}} = \sqrt{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{36}} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

Câu 4. Hai quả cầu có $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$; $q_2 = - 8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ đặt cách nhau một khoảng 4cm trong dầu hỏa ($\epsilon = 2$) thì tương tác với nhau bằng một lực F. Nếu vẫn giữ nguyên q_1 nhưng giảm điện tích q_2 đi hai lần thì để lực tương tác giữa chúng vẫn là F thì phải thay đổi khoảng cách giữa chúng ra sao.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai quả cầu khi đặt cách nhau một khoảng 4cm trong

dầu hỏa ($\epsilon = 2$) là: $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

Lực tương tác giữa hai quả cầu khi giữ nguyên q_1 nhưng giảm điện tích q_2 đi hai lần và đặt cách nhau một khoảng r' trong dầu hỏa ($\epsilon = 2$) là:

$$F' = 9 \cdot 10^9 \frac{\left| q_1 \cdot \frac{q_2}{2} \right|}{\epsilon r'^2}$$

$$\text{Để } F = F' \text{ thì } 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\left| q_1 \cdot \frac{q_2}{2} \right|}{\epsilon r'^2} \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2} \text{ cm}$$

Câu 5. Hai điện tích điểm trong chân không cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F. Khi đặt trong một điện môi có hằng số điện môi bằng 9 đồng thời giảm khoảng cách giữa chúng so với trong chân không một đoạn 20cm thì lực tương tác vẫn là F. Tìm r.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong chân không cách nhau một

khoảng r tác dụng lên nhau một lực F: $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm khi đặt chúng trong một điện môi có hằng số điện môi bằng 9 đồng thời giảm khoảng cách giữa chúng so với

trong chân không một đoạn 20cm là $F' = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{9 \cdot r'^2}$

$$\text{Để } F = F' \text{ thì } 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{9 \cdot r'^2} \Rightarrow r = 3r' \Leftrightarrow r = 3(r - 20) \Rightarrow r = 30 \text{ cm}$$

Câu 6. Cho hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt cách nhau trong không khí một khoảng 30cm, thì lực tương tác giữa chúng là F. Nếu đặt chúng trong dầu thì lực tương tác này giảm đi 2,25 lần. Hỏi cần phải dịch chuyển chúng trong dầu lại gần nhau một đoạn bằng bao nhiêu để lực tương tác giữa chúng vẫn bằng F.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong không khí cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F : $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong dầu cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F' : $F' = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

Nếu đặt chúng trong dầu thì lực tương tác này giảm đi 2,25 lần, suy ra $\epsilon = 2,25$. Khi đặt trong dầu để lực tương tác giữa chúng vẫn là F thì khoảng cách giữa chúng là r' , ta có:

$$9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{2,25 \cdot r'^2} \Rightarrow r = 1,5r' \Leftrightarrow r' = \frac{r}{1,5} = 20\text{cm} \Rightarrow \Delta r = 10\text{cm}$$

Như vậy cần dịch chuyển hai điện tích lại gần nhau một đoạn 10cm.

Câu 7. Nếu tăng đồng thời độ lớn của hai điện tích lên gấp đôi và giảm khoảng cách giữa chúng đi 3 lần thì lực tương tác giữa chúng thay đổi như thế nào?

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong không khí cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F : $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

Lực tương tác giữa chúng khi độ lớn của hai điện tích lên gấp đôi và giảm khoảng cách giữa chúng đi 3 lần là:

$$F' = 9 \cdot 10^9 \frac{|2q_1 \cdot 2q_2|}{\left(\frac{r}{3}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot 36 \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 36F$$

Như vậy lực tương tác giữa chúng tăng 36 lần.

Câu 8. Hai điện tích q_1 và q_2 đặt cách nhau 10cm thì tương tác với nhau một lực F trong không khí và bằng $F/4$ nếu đặt trong điện môi. Để lực tương tác giữa hai điện tích đặt trong điện môi vẫn bằng F thì hai điện tích đặt cách nhau một khoảng bao nhiêu.

Hướng dẫn giải

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong không khí cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F : $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm trong dầu cách nhau một khoảng r tác dụng lên nhau một lực F' : $F' = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2}$

Theo giả thiết $F' = F/4$, suy ra $\epsilon = 4$.

Để lực tương tác giữa hai điện tích đặt trong điện môi vẫn bằng F thì hai điện tích đặt cách nhau một khoảng r' , ta có:

$$9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{4 \cdot r'^2} \Rightarrow r = 2r' \Leftrightarrow r' = \frac{r}{2} = 5 \text{ cm}$$

Câu 9. 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 .

Hướng dẫn giải

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

Ta có: $F = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{F r^2}{9 \cdot 10^9} = 12 \cdot 10^{-12}$;

Vì q_1 và q_2 trái dấu nên $|q_1 q_2| = -q_1 q_2 = 12 \cdot 10^{-12}$ (*)

Theo bài ra $q_1 + q_2 = -4 \cdot 10^{-6}$ (**).

Từ (*) và (**) ta có hệ:
$$\begin{cases} q_1 q_2 = -12 \cdot 10^{-12} \\ q_1 + q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \end{cases}$$

Suy ra q_1 và q_2 là nghiệm của phương trình:

$$x^2 + 4 \cdot 10^{-6} x - 12 \cdot 10^{-12} = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 2 \cdot 10^{-6} \\ x_2 = -6 \cdot 10^{-6} \end{cases}$$

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

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

Câu 10. Hai điện tích q_1 và q_2 đặt cách nhau 15 cm trong không khí, chúng hút nhau với một lực $F = 4 \text{ N}$. 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 vectơ lực tác dụng của điện tích này lên điện tích kia. Tính q_1 và q_2 .

Hướng dẫn giải

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

Vectơ lực tương tác điện giữa hai điện tích:



Ta có: $F = 9.10^9 \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{Fr^2}{9.10^9} = 10^{-11};$

Vì q_1 và q_2 trái dấu nên $|q_1 q_2| = -q_1 q_2 = 10^{-11}$ (*)

Theo giả thiết $q_1 + q_2 = 3.10^{-6}$ (**).

Từ (*) và (**) ta có hệ:
$$\begin{cases} q_1 q_2 = -10.10^{-12} \\ q_1 + q_2 = 3.10^{-6} \end{cases}$$

Ta thấy q_1 và q_2 là nghiệm của phương trình:

$$x^2 - 3.10^{-6}x - 10.10^{-12} = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_1 = -2.10^{-6} \\ x_2 = 5.10^{-6} \end{cases}$$

Kết quả $\begin{cases} q_1 = -2.10^{-6}C \\ q_2 = 5.10^{-6}C \end{cases}$ hoặc $\begin{cases} q_1 = 5.10^{-6}C \\ q_2 = -2.10^{-6}C \end{cases}$.

Vì $|q_1| < |q_2| \Rightarrow q_1 = -2.10^{-6}C; q_2 = 5.10^{-6}C$.

Câu 11. Hai điện tích điểm cách nhau một khoảng $r = 3\text{cm}$ trong chân không hút nhau bằng một lực $F = 6.10^{-9}\text{N}$. Điện tích tổng cộng của hai điện tích điểm là $Q = 10^{-9}\text{C}$. Tính điện tích của mỗi điện tích điểm.

Hướng dẫn giải

Áp dụng định luật Culong, ta có hai điện tích điểm cách nhau một khoảng $r = 3\text{cm}$ trong chân không hút nhau bằng một lực $F = 6.10^{-9}\text{N}$

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{\epsilon F r^2}{k} = 6.10^{-18} (\text{C}^2) (*)$$

Theo giả thiết: $q_1 + q_2 = 10^{-9}\text{C}$ (**)

Từ (*) và (**) ta có hệ:
$$\begin{cases} q_1 q_2 = \frac{\epsilon F r^2}{k} = -6.10^{-18} (\text{C}^2) \\ q_1 + q_2 = 10^{-9}\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} q_1 = 3.10^{-9}\text{C} \\ q_2 = -2.10^{-9}\text{C} \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -2.10^{-9}\text{C} \\ q_2 = 3.10^{-9}\text{C} \end{cases}$$

Câu 12. 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:

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

Hướng dẫn giải

- 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:

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

Câu 13. Hai quả cầu giống nhau mang điện, cùng đặt trong chân không, và cách nhau khoảng $r = 1\text{m}$ thì chúng hút nhau một lực $F_1 = 7,2\text{N}$. Sau đó cho hai quả cầu đó tiếp xúc với nhau và đưa trở lại vị trí cũ thì chúng đẩy nhau một lực $F_2 = 0,9\text{N}$. Tính điện tích mỗi quả cầu trước khi tiếp xúc.

Hướng dẫn giải

Trước khi tiếp xúc, lực tương tác giữa hai quả cầu:

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{F_1 \epsilon r^2}{k}$$

Vì lực này là lực hút nên: $q_1 q_2 < 0 \Rightarrow q_1 q_2 = -\frac{F_1 \epsilon r^2}{k}$

$$\Rightarrow q_1 q_2 = -\frac{\epsilon F_1 r^2}{k} = -8 \cdot 10^{-10} (\text{C}^2) (*)$$

Điện tích hai quả cầu sau khi tiếp xúc: $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$

Sau khi tiếp xúc, lực tương tác giữa hai quả cầu:

$$F_2 = k \frac{\left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)^2}{\epsilon r^2} \Rightarrow q_1 + q_2 = \pm 2 \cdot 10^{-5} \text{C} (**)$$

Từ hệ (*) và (**) suy ra:
$$\begin{cases} q_1 q_2 = -8 \cdot 10^{-10} \text{ (C}^2\text{)} \\ q_1 + q_2 = \pm 2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = \pm 4 \cdot 10^{-5} \text{ C} \\ q_2 = \mp 2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \end{cases}$$

Câu 14. Hai quả cầu nhỏ giống nhau bằng kim loại, có khối lượng 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 một quả cầu thì thấy hai quả cầu đẩy nhau cho đến khi hai dây treo hợp với nhau một góc 60° . Tính độ lớn điện tích đã truyền cho quả cầu. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

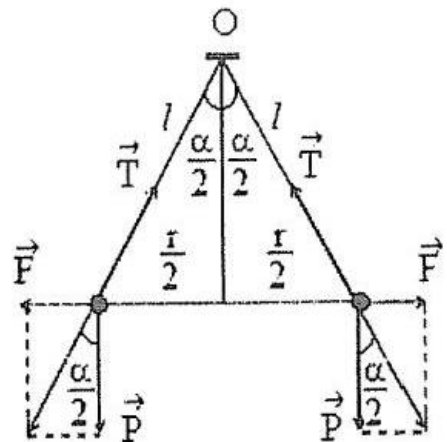
Hướng dẫn giải

Khi truyền cho một quả cầu điện tích q thì sau tiếp xúc, mỗi quả cầu sẽ nhiễm điện tích $\frac{q}{2}$, chúng đẩy nhau.

Ở vị trí cân bằng mỗi quả cầu sẽ chịu tác dụng của 3 lực: trọng lực $\vec{P}$, lực tĩnh điện $\vec{F}$ và sức căng sợi dây $\vec{T}$, khi đó:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{F}{P} = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{q^2}{r^2}}{mg} \Rightarrow q^2 = \frac{4r^2 mg \tan \frac{\alpha}{2}}{9 \cdot 10^9}$$

$$\text{Vì } \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{l} \Rightarrow r = 2l \tan \frac{\alpha}{2}$$



Nên độ lớn điện tích đã truyền cho quả cầu: $|q| = \sqrt{\frac{16mgl^2 \tan^3(\frac{\alpha}{2})}{9 \cdot 10^9}} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C.}$

Câu 15. Hai quả cầu nhỏ có cùng khối lượng m , cùng điện tích q , được treo trong không khí vào cùng một điểm O bằng hai sợi dây mảnh (khối lượng không đáng kể) cách điện, không co giãn, cùng chiều dài l . Do lực đẩy tĩnh điện, chúng cách nhau một khoảng r ($r \ll l$).

a) Tính điện tích của mỗi quả cầu.

b) Áp dụng số: $m = 1,2 \text{ g}$; $l = 1 \text{ m}$; $r = 6 \text{ cm}$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Hướng dẫn giải

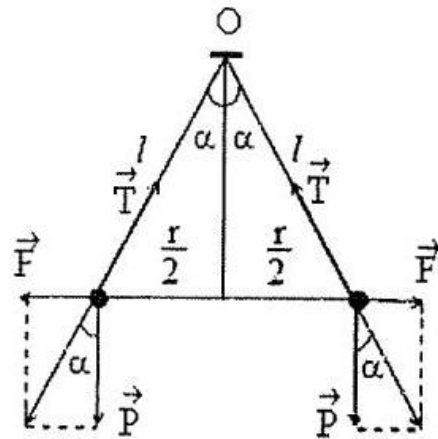
a) Ở vị trí cân bằng mỗi quả cầu sẽ chịu tác dụng của 3 lực: trọng lực $\vec{P}$, lực tĩnh điện $\vec{F}$ và sức căng sợi dây $\vec{T}$, khi đó:

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{\frac{kq^2}{r^2}}{mg} = \frac{kq^2}{mgr^2} \quad (*)$$

Mặt khác, vì $r \ll l$ nên α là rất nhỏ

$$\text{Do đó: } \tan \alpha \approx \sin \alpha = \frac{r}{2l} \quad (**)$$

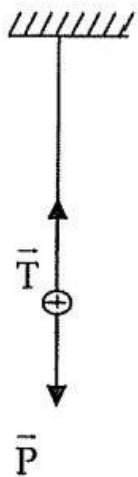
$$\text{Từ (*) và (**) suy ra } |q| = \sqrt{\frac{mgr^3}{2lk}}$$



b) Thay số: $|q| = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

Câu 16: Một quả cầu nhỏ có khối lượng $m = 1,6 \text{ g}$, tích điện $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ được treo bằng một sợi dây tơ mảnh. Ở phía dưới nó cần phải đặt một điện tích q_2 như thế nào để lực căng dây giảm đi một nửa.

Hướng dẫn giải



Lực căng của sợi dây khi chưa đặt điện tích:

$$T = P = mg$$

Lực căng của sợi dây khi đặt điện tích:

$$T = P - F = \frac{P}{2}$$

$$\Rightarrow F = \frac{P}{2} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{mg}{2} \Rightarrow |q| = \frac{mgr^2}{2kq_1} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Vậy $q_2 > 0$ và có độ lớn $q_2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$