

I. VÍ DỤ**Loại 1: Cân bằng của điện tích - Hệ điện tích**

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

HD:

a, Xét vị trí q_3

- Để q_3 CB: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0$

$$\vec{F}_{13} \text{ cân bằng với } \vec{F}_{23} \Leftrightarrow \begin{cases} - \text{Cùng gi} \Rightarrow C \in AB \\ - \text{Ngược chiều} \Rightarrow C \text{ nằm ngoài AB và gần phía A vì } q_1, q_2 \text{ trái dấu} \\ - \text{Số lượng } F_{13} = F_{23} \end{cases}$$

$$\Rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \frac{1}{2}. \text{ Lại cả: } CB - CA = AB = 8 \text{cm} \Rightarrow \begin{cases} CA = 8 \text{cm} \\ CB = 16 \text{cm} \end{cases}. \text{ Dấu và độ lớn của}$$

q_3 tùy ý.

b, Để q_1 CB: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = 0$

$\vec{F}_{21}$ cân bằng với $\vec{F}_{31}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} - \text{Cùng gi} \\ - \text{Ngược chiều} \end{cases} \begin{cases} q_1, q_2 \text{ trái dấu} \Rightarrow \vec{F}_{21} \uparrow \uparrow \vec{AB} \\ F_{31} \uparrow \downarrow \vec{F}_{21} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_{21} \uparrow \downarrow \vec{AB} \Rightarrow \vec{F}_{31} \uparrow \uparrow \vec{AC} \Rightarrow q_1 q_3 < 0 \Rightarrow q_3 < 0$$

$$\Rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} \Rightarrow |q_3| = \frac{AC^2}{AB^2} |q_2| \Rightarrow q_3 = -8 \cdot 10^{-8} \text{C}$$

$$- \text{V} \times \begin{cases} \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \\ \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = 0 \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{32} + \vec{F}_{12} = 0 \Rightarrow \text{Hệ điện tích } q_2 \text{ cùng CB}$$

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

Bài 2: Điện tích $q_1 = -5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ và $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt tại A và B cách nhau đoạn $a = 8 \text{cm}$ trong không khí.

a, Phải đặt điện tích q_3 tại đâu, có dấu, độ lớn bao nhiêu để q_3 cân bằng.

b, Xác định vị trí, dấu, độ lớn của q_3 để hệ điện tích cân bằng.

c, q_3 thỏa mãn về dấu, độ lớn như thế nào để CB là bền, không bền.

d, Nếu hệ cân bằng thì cân bằng của hệ là bền hay không bền.

HD:

a, q_3 đặt tại M sao cho: M nằm giữa AB, cách A khoảng $AM = x$ sao cho: $\left(\frac{a-x}{x}\right)^2 = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow x = 1,6 \text{cm}$.

Dấu và độ lớn của q_3 là tùy ý.

b, Để hệ CB thì q_1 CB. Khi đó $q_3 > 0$ và có độ lớn:

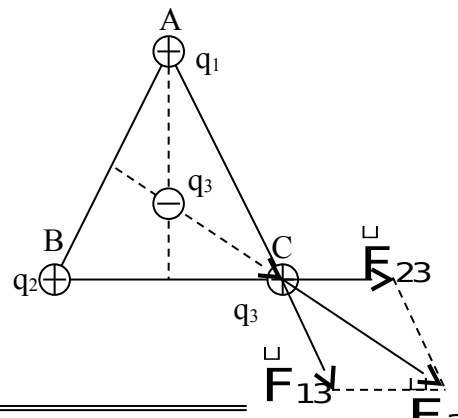
$$q_3 = \frac{x^2}{a^2} |q_2| = 0,32 \cdot 10^{-8} \text{C}.$$

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

HD:

- Xét điều kiện CB của q_3 : $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{03} = \vec{F}_3 + \vec{F}_{03} = 0$

- Với $F_{13} = F_{23} = k \frac{q^2}{a^2}$ và $(\vec{F}_{13}; \vec{F}_{23}) = 60^\circ$



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

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

Loại 2: Lực điện tương tác của vật có kích thước, hình dạng đối xứng đặc biệt

Bài 4: Một vòng dây bán kính $R = 5\text{cm}$ tích điện Q phân bố đều trên vòng dây, vòng dây đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Quả cầu nhỏ $m = 1\text{g}$ tích điện $q = Q$ treo bằng sợi dây mảnh (cách điện) vào điểm cao nhất của vòng dây. Khi cân bằng, quả cầu nằm trên trục của vòng dây. Chiều dài của dây treo quả cầu là $l = 7,2\text{cm}$. Tính Q ?

HD:

- Đk cân bằng của m: $\vec{F} + \vec{P} + \vec{T} = 0$ (*)

- Trong đó ta phải tìm $\vec{F}$ là lực điện do vòng dây tác dụng lên điện tích q.

- Định luật Cu-lông chỉ cho phép tính lực điện tương tác giữa hai **điện tích điểm**. Trường hợp này, để tính lực điện tương tác giữa **vòng dây** và **điện tích điểm**, ta phải tìm cách đưa về trường hợp tương tác giữa hai **điện tích điểm** để có thể áp dụng được định luật Cu-lông. Muốn vậy, ta làm như sau:

- Vì vòng dây tích điện đều theo chiều dài, nên chia vòng dây thành vô số những phần nhỏ thỏa mãn:

+ Bất kỳ phần tử nào cũng có một phần tử đối xứng với nó qua tâm vòng dây (dây có dạng đối xứng).

+ Các phần được coi là điện tích điểm, có điện tích bằng nhau và bằng ΔQ .

- Vòng dây và q tích điện cùng dấu nên lực điện là lực đẩy.

- Lực điện do **hai yếu tố đối xứng** ΔQ tác dụng lên q là: $\Delta \vec{F} = \Delta \vec{F}_1 + \Delta \vec{F}_2$.

- Do $\Delta F_1 = \Delta F_2 = k \frac{|q \Delta Q|}{l^2} \Rightarrow \Delta F = 2\Delta F_1 \cos \alpha = 2k \frac{|q \Delta Q|}{l^2} \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l}$

- Dây đối xứng, lực điện tổng hợp do vòng dây tác dụng lên q bằng tổng các lực điện do các yếu tố ΔQ phân bố trên cả vòng dây:

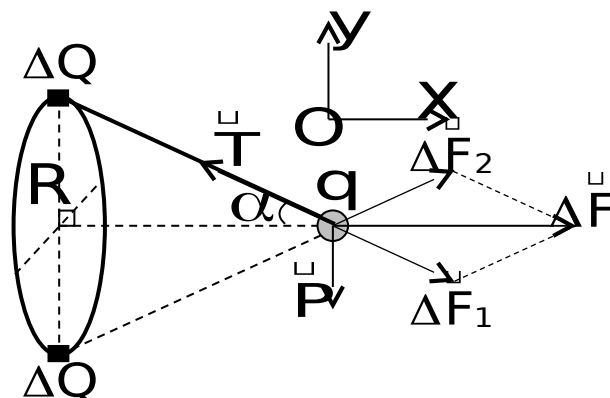
$\vec{F} = \sum \Delta \vec{F}$. Trong $\vec{F}$ cả:

- $\vec{F}$ có hướng $\vec{F}$ là q
- ph $\vec{F}$ $\rightarrow$ ng $\equiv$ trục vòng dây
- chỉ $\vec{F}$ hướng ra xa vòng dây
- § 3 lí n: $\vec{F} = \sum \Delta \vec{F}$ lực, c lực cũ ng h í ng n: $F = \sum \Delta F = \sum 2k \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l^3} |q \Delta Q|$

$$\Rightarrow F = k \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l^3} q \left(\sum 2\Delta Q \right) = k \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l^3} qQ = k \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l^3} Q^2$$

- Chiều (*) lên xOy:

$$\begin{cases} -T \cos \alpha + F = 0 \\ T \sin \alpha - P = 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{F} = \tan \alpha = \frac{R}{\sqrt{l^2 - R^2}} \Rightarrow \frac{mg}{k \frac{\sqrt{l^2 - R^2}}{l^3} Q^2} = \frac{R}{\sqrt{l^2 - R^2}} \Rightarrow q = Q = l \sqrt{\frac{mg}{kR}} = 9 \cdot 10^{-8} C$$



Bài 5: 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 l_0 . Một sợi chỉ mảnh, nhẹ, cách điện, không dẫn, có chiều dài $2L$, mỗi đầu sợi chỉ được gắn với 1 quả cầu. Cho điểm giữa (trung điểm) của sợi chỉ chuyển động thẳng đứng lên với gia tốc a , $a = \frac{g}{2}$ thì lò xo có chiều dài l và $l_0 < l < 2L$. Tính q .

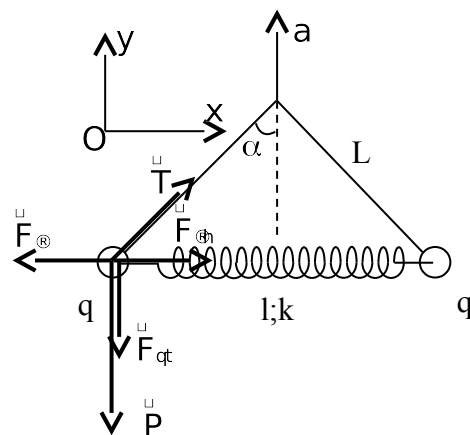
HD:

- 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.
- Điều kiện cân bằng: $\vec{P} + \vec{F}_R + \vec{F}_{\text{th}} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{qt}} = 0$
- Chiều lên xOy:

$$\begin{cases} O_x: -F_R + F_{\text{th}} + T \sin \alpha = 0 \\ O_y: T \cos \alpha - P - F_{\text{qt}} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_R - K(l - l_0) = T \sin \alpha \\ T \cos \alpha = mg + ma = m(g + a) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{F_R - K(l - l_0)}{m(g + a)} = \frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{L^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}} = \frac{l}{\sqrt{4L^2 - l^2}}$$

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{l^2} = K(l - l_0) + \frac{3mg}{2\sqrt{4L^2 - l^2}} \Rightarrow q = l \sqrt{k \left[\frac{3mg}{2\sqrt{4L^2 - l^2}} + K(l - l_0) \right]}$$



II. BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1: Hai quả cầu giống nhau, mang điện, đặt cách nhau $l = 0,2\text{m}$, hút nhau một lực $F_1 = 4 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Sau đó, người ta cho hai quả cầu tiếp xúc nhau và lại đặt cách nhau $0,2\text{m}$ như trước. Lực đẩy giữa hai quả cầu lúc này là $F_2 = 2,25 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Tính điện tích ban đầu của hai quả cầu.

ĐS:

- Khi tiếp xúc, hai quả cầu trao đổi điện tích, sau khi tiếp xúc, điện tích hai quả cầu bằng nhau.

- KQ: $q_1 = \pm 2,67 \cdot 10^{-7}\text{C}$; $q_2 = \mp 0,67 \cdot 10^{-7}\text{C}$

Bài 2: Hai điện tích điểm $q_1 = 9 \cdot 10^{-8}\text{C}$ và $q_2 = 36 \cdot 10^{-8}\text{C}$ trong chân không, cách nhau một khoảng $r = 3\text{cm}$.

- Xác định lực tương tác giữa hai điện tích.
- Phải đặt một điện tích điểm q_3 ở đâu (gần hai điện tích) để nó cân bằng.
- Dấu và giá trị của q_3 để hệ cân bằng.

ĐS:

a, $0,324\text{N}$

b, $x = 1\text{cm}$

c, $-4 \cdot 10^{-8}\text{C}$

Bài 3: Hai quả cầu bằng kim loại giống nhau có điện tích lần lượt là q_1 và q_2 , đặt cách nhau $r = 30\text{cm}$ trong chân không, chúng hút nhau với lực $F_1 = 9 \cdot 10^{-5}\text{N}$. Nối hai quả cầu bằng một dây dẫn mảnh, sau đó bỏ dây nối, lực đẩy giữa chúng khi này là $F_2 = 1,6 \cdot 10^{-4}\text{N}$. Tính điện tích ban đầu của mỗi quả cầu.

ĐS: $9 \cdot 10^{-8}\text{C}$ và -10^{-8}C

Bài 4: Hai quả cầu giống hệt nhau, đặt cách nhau $r = 10\text{cm}$ trong không khí. Đầu tiên hai quả cầu này tích điện trái dấu, hút nhau với lực $F_1 = 1,6 \cdot 10^{-2}\text{N}$. Cho hai quả cầu tiếp xúc nhau, rồi đưa ra vị trí cũ thì thấy chúng đẩy nhau với lực $F_2 = 9 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Tìm điện tích của mỗi quả cầu trước khi chúng tiếp xúc nhau.

ĐS: $\pm \frac{2}{3} \cdot 10^{-7}\text{C}$; $\mp \frac{8}{3} \cdot 10^{-7}\text{C}$

Bài 5: Cho 3 điện tích bằng nhau $q = 10^{-6}\text{C}$ đặt tại 3 đỉnh của một tam giác đều cạnh $a = 5\text{cm}$.

- Tính lực điện tác dụng lên mỗi điện tích.
- Nếu 3 điện tích đó không được giữ cố định thì phải đặt thêm một điện tích thứ tư q_0 ở đâu, dấu và độ lớn thế nào để hệ bốn điện tích cân bằng.

ĐS: a, $6,23\text{N}$

b, $q = -\frac{q_0}{\sqrt{3}} = -5,77 \cdot 10^{-7}\text{C}$

Bài 6: Hai quả cầu nhỏ giống nhau có cùng khối lượng m được treo tại cùng một điểm bằng hai sợi dây mảnh l .

a, Truyền cho hai quả cầu một điện tích q thì thấy hai quả cầu tách ra xa nhau một đoạn a . Xác định a biết rằng góc lệch của các sợi dây so với phương thẳng đứng là rất nhỏ.

b, Do một nguyên nhân nào đó, một trong hai quả cầu mất hết điện tích. Khi đó hiện tượng xảy ra thế nào, tìm khoảng cách mới của các quả cầu.

ĐS: a, $a = \sqrt[3]{\frac{kq^2l}{2mg}}$ b, $b = \frac{a}{\sqrt[3]{4}}$

Bài 7: Một quả cầu có khối lượng riêng D , bán kính R tích điện âm q được treo vào đầu sợi dây mảnh, dài l . Tại điểm treo có đặt một điện tích âm q_0 . Tất cả đặt trong dầu có khối lượng riêng d và hằng số điện môi ε . Tính lực căng của dây treo. Áp dụng: $q = q_0 = -10^{-6}\text{C}$; $R = 1\text{cm}$; $l = 10\text{cm}$, $\varepsilon = 3$; $g = 10\text{m/s}^2$; $d = 0,8 \cdot 10^{-3}\text{kg/m}^3$; $D = 9,8 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$.

ĐS: $T = 0,68\text{N}$

Bài 8: Hai điện tích $q_1 = 4e$ và $q_2 = e$ đặt cách nhau khoảng l .

a, Phải đặt điện tích thứ ba q ở đâu để điện tích này cân bằng.

b, Với điều kiện nào thì q cân bằng bền, với điều kiện nào thì q cân bằng không bền.

ĐS: a, $x = 2l/3$ b, $q > 0$ CB bền

Bài 9: Ba quả cầu kim loại nhỏ tích điện cùng dấu q_1 ; q_2 ; q_3 với $q_2 = q_3$ có thể chuyển động tự do dọc theo phía trong của một vành tròn không dẫn điện đặt nằm ngang. Khi ba quả cầu nằm cân bằng, góc ở đỉnh của tam giác tạo bởi ba quả cầu đó bằng 30° . Tính tỉ số q_1/q_2 .

ĐS: $\frac{q_1}{q_2} \approx 12,5$

Bài 10: Trên hai tấm thủy tinh phẳng nhẵn P_1 ; P_2 cùng nghiêng góc 60° đối với mặt bàn nằm ngang có ba điện tích nhỏ A, B, C khối lượng $m_1 = m_2 = 2\text{g}$ và m_3 , mang điện tích $q_1 = q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{C}$; $q_3 = 3 \cdot 10^{-6}\text{C}$. Quả cầu A nằm ở chân hai mặt phẳng nghiêng, còn hai quả cầu B và C có thể trượt không ma sát trên P_1 và P_2 . Khi cân bằng, hai quả cầu B, C có cùng độ cao và tâm của ba quả cầu nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Tính m_3 và khoảng cách giữa các quả cầu. Cân bằng của hệ có bền không?

ĐS:

- $m_3 = 1,2\text{g}$

- $r = 3,95\text{cm}$

- Cân bằng là bền

Bài 11: Ba quả cầu giống hệt nhau bằng kim loại, có cùng khối lượng $m = 10\text{g}$ được treo vào một điểm bằng ba sợi dây dài bằng nhau $l = 1\text{m}$. Tích điện như nhau cho ba quả cầu người ta thấy chúng lập thành một tam giác đều có cạnh $a = 0,1\text{m}$. Tìm điện tích mỗi quả cầu?

ĐS: $6,1 \cdot 10^{-8}\text{C}$

