

Sự cân bằng của một điện tích

A. Phương pháp & Ví dụ

- Khi một điện tích q đứng yên thì hợp lực tác dụng lên q sẽ bằng

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

0:

- Dạng này có 2 loại:

+ Loại bài chỉ có lực điện.

+ Loại bài có thêm các lực cơ học (Trọng lực: $P = mg$ (luôn hướng xuống), Lực căng dây T , Lực đàn hồi của lò xo: $F = k \cdot \Delta l = k(l - l_0)$).

Ví dụ 1: Hai điện tích điểm $q_1 = 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ 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 $q_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ đặt tại trung điểm AB.

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

Hướng dẫn:

a) Độ lớn lực tương tác giữa hai điện tích:

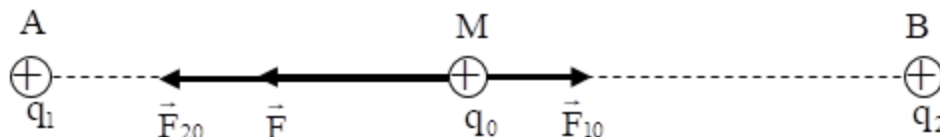
$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{1}{2250} (\text{N}) \approx 4,44 \cdot 10^{-4} (\text{N})$$

b) Gọi $F_{\vec{r}_1}$, $F_{\vec{r}_2}$ lần lượt là lực do q_1 , q_2 tác dụng lên q_0

+ 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 F là lực tổng hợp tác dụng lên q_0 . Ta có: $F = F_{\vec{r}_1} + F_{\vec{r}_2}$



+ Từ hình vẽ ta thấy :

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

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

c) Gọi $F_{\vec{r}_1}$, $F_{\vec{r}_2}$ lần lượt là lực do q_1 , q_2 tác dụng lên q_3

+ Gọi C là vị trí đặt điện tích q_3 .

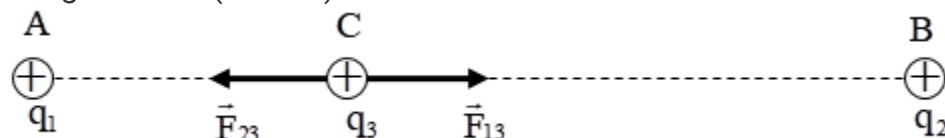
+ Điều kiện cân bằng của q_3 : $F_{\vec{r}_1} + F_{\vec{r}_2} = 0 \Rightarrow F_{\vec{r}_1} = -F_{\vec{r}_2} \Rightarrow$ điểm C phải thuộc AB

+ 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: $CA + CB = 9$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow CA = 3$ cm và $CB = 6$ 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:

+ Gọi F_{13}, 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 : $F_{13} + F_{23} = 0 \Rightarrow F_{13} = -F_{23} \Rightarrow$ điểm C phải thuộc AB

+ Vì q_1 và q_2 cùng dấu (giả sử $q_1 = q_2 > 0$) khi 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: $q_1 = q_2 > 0; q_3 > 0$

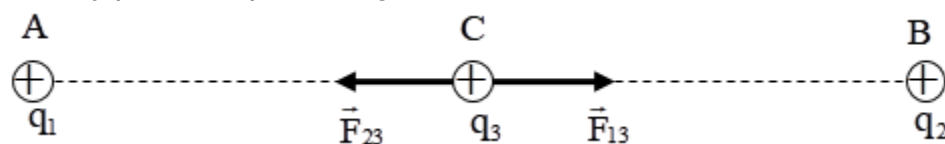
+ Ta có:

$$F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 1 \Rightarrow CB = CA$$

\Rightarrow C là trung điểm của AB

+ Vậy phải đặt q_3 tại trung điểm của AB



Trường hợp 2: $q_1 = q_2 > 0; q_3 < 0$

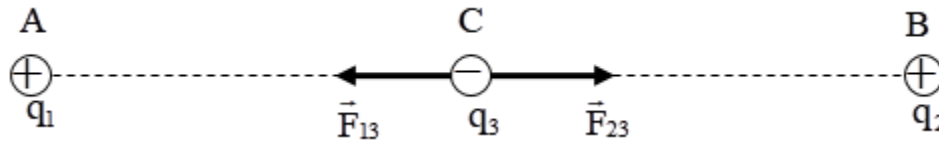
+ Ta có:

$$F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{CA^2} = \frac{|q_2|}{CB^2} \Rightarrow \frac{CB}{CA} = 1 \Rightarrow CB = CA$$

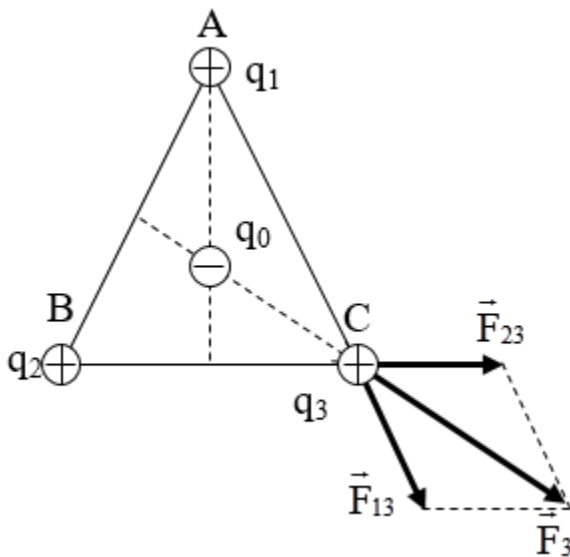
⇒ C là trung điểm của AB

+ 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 $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6 \cdot 10^{-7} \text{C}$. Hỏi phải đặt điện tích q_0 tại đâu, có giá trị bao nhiêu để hệ điện tích cân bằng?

Hướng dẫn:



- 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 $F_{13} = F_{23} = k \frac{q^2}{a^2}$ 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 $F_{03} \uparrow \downarrow F_3$ 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 $F_{03} \uparrow \downarrow F_3$ nên F_{03} hướng về phía G, hay là lực hút nên $q_0 < 0$.

- Độ lớn:

$$F_{03} = F_3 \Rightarrow k \frac{|q_0 q|}{\left(\frac{2}{3}a \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{3}k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow q_0 = -\frac{\sqrt{3}}{3}q \approx 3,46.10^{-7} \text{ C}$$

Ví dụ 4: Hai điện tích $q_1 = 2.10^{-8}\text{C}$ và $q_2 = -8.10^{-8}\text{C}$ 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).

Hướng dẫn:

a. + Gọi F_{13}, F_{23} lần lượt là lực do q_1, q_2 tác dụng lên q_3

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

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

+ Độ lớn:

$$F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{CA^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{CB^2}$$

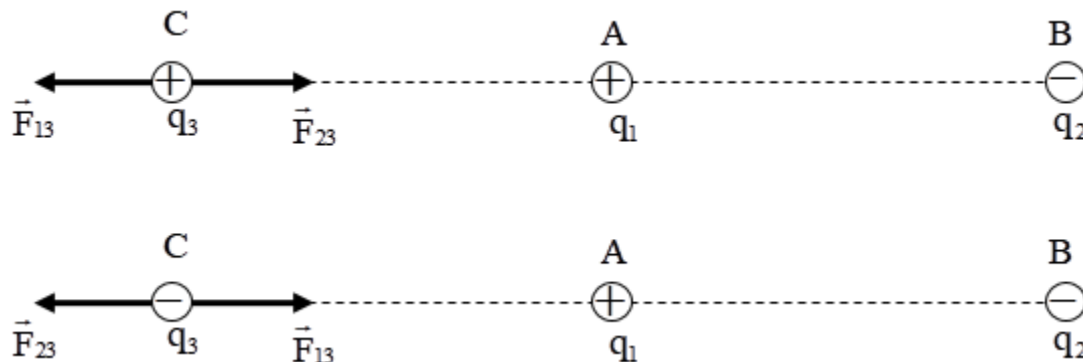
$$\Rightarrow \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \frac{1}{2} \Rightarrow CB = 2CA \quad (1)$$

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

$$\Rightarrow \begin{cases} CA = 8\text{cm} \\ CB = 16\text{cm} \end{cases}$$

Từ (1) và (2)

Dấu và độ lớn của q_3 tùy ý.



b. Hệ cân bằng

+ Gọi F_{21}, F_{31} lần lượt là lực do q_2, q_3 tác dụng lên q_1

- Để q_1 cân bằng: $F_{21} = F_{31} \Rightarrow F_{21} + F_{31} = 0 \Rightarrow F_{21} = -F_{31} \Rightarrow F_{21} \uparrow \downarrow F_{31}$ (3)

+ Vì $q_1 > 0$ và $q_2 < 0$ nên $F_{21} \uparrow \uparrow AB$ (4)

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

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

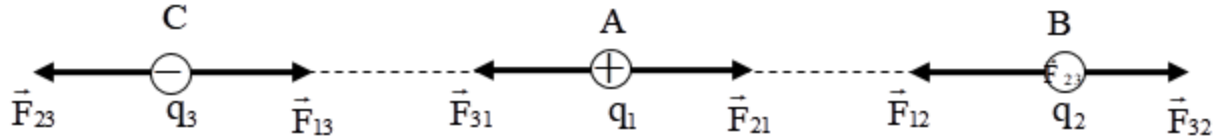
+ Độ lớn:

$$F_{31} = F_{21} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2}$$

$$\Rightarrow |q_3| = \frac{AC^2}{AB^2} |q_2| \Rightarrow q_3 = -8.10^{-8} \text{ C}$$

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

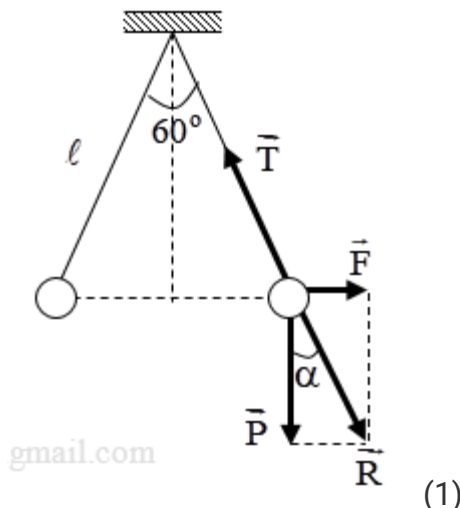
- Vì $\Rightarrow F_{32} + F_{12} = 0 \Rightarrow$ điện tích q_2 cũng cân bằng



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 $m = 5 \text{ g}$, 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° . Tính độ lớn điện tích mà ta đã truyền cho quả cầu. Lấy $g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$.

Hướng dẫn:



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

+ Khi quả cầu cân bằng ta có: $T \rightarrow P \rightarrow F \rightarrow 0 \Leftrightarrow T \rightarrow R \rightarrow 0$

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

Ta có: $\tan 30^\circ = F/P$

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

$$\begin{cases} F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \\ |q_1| = |q_2| = |q| \end{cases} \Rightarrow F = k \frac{q^2}{\ell^2} \Rightarrow |q| = 1,79 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

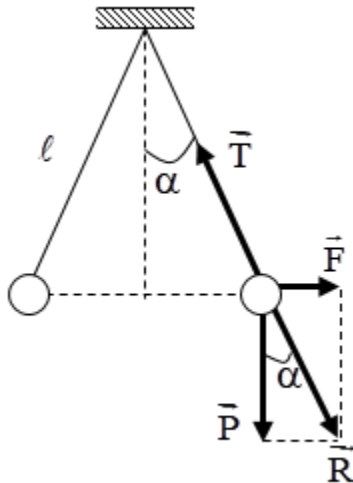
+ Mà:

+ Vậy tổng độ lớn điện tích đã truyền cho hai quả cầu là: $Q = 2|q| = 3,58 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

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 $r = 6,35 \text{ cm}$. 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:



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

+ Khi quả cầu cân bằng thì:

$$\underbrace{(\vec{F}_d + \vec{P})}_{\vec{R}} + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0$$

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

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

+ Nhận thấy:

$$\ell^2 \gg \left(\frac{r}{2}\right)^2 \Rightarrow \ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2 \approx \ell^2$$

$$\Rightarrow \sqrt{\ell^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2} \approx \ell \Rightarrow F \approx \frac{Pr}{2\ell}$$

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

+ 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:

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

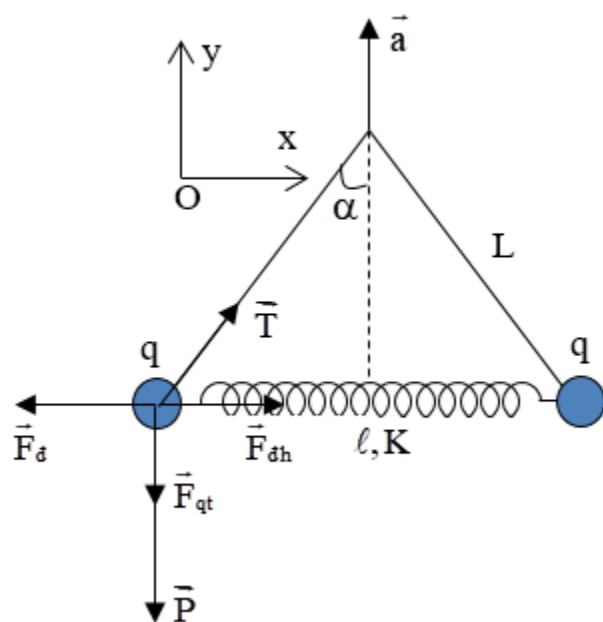
$$\Rightarrow k \frac{q^2}{4.(r')^3} = \frac{P}{2\ell} \quad (2)$$

+ Từ (1) và (2) ta có:

$$4(r')^3 = r^3 \Rightarrow r' = \sqrt[3]{4} r \approx 4 \text{ (cm)}$$

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 l_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 $a = g/2$ thì lò xo có chiều dài l (với $l_0 < l < 2L$). Tính q .

Hướng dẫn:



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

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

+ Chiều lên Oxy:

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

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

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

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

B. Bài tập

Bài 1: Hai điện tích $q_1 = -2.10^{-8}\text{C}$, $q_2 = 1,8.10^{-7}\text{C}$ đặt trong không khí tại A và B, $AB = \ell = 8\text{cm}$. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi:

a) C ở đâu để q_3 nằm cân bằng?

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

Lời giải:

a) Vị trí của C để q_3 nằm cân bằng

– Các lực điện tác dụng lên q_3 : $F_{\vec{r}_3}, F_{\vec{r}_2}$.

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

$$F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2}$$

chiều và cùng độ lớn:

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

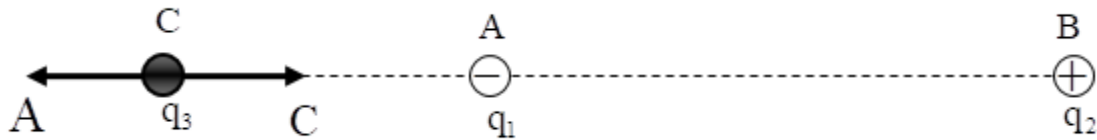
Từ đó:

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

+ $BC = 3AC = 3(BC - AB)$

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

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

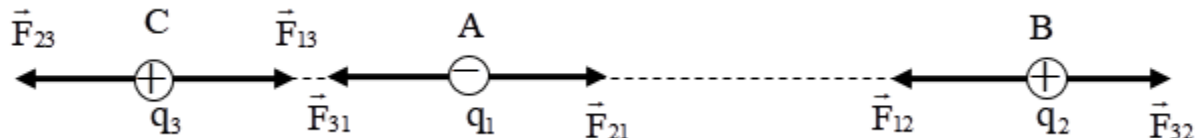
– Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì:

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

$$\rightarrow |q_3| = |q_2| \left(\frac{AC}{AB} \right)^2 = 1,8.10^{-7} \left(\frac{4}{8} \right)^2 = 0,45.10^{-7} \text{ C}$$

Vì $q_1 < 0$; $q_2 > 0 \Rightarrow q_3 < 0$: $q_3 = 0,45.10^{-7} \text{ C}$.

Vậy: Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì $q_3 = +0,45.10^{-7} \text{ C}$.



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?

Lời giải:

+ Gọi F_{10}, F_{20} lần lượt là lực do q_1, q_2 tác dụng lên q_0

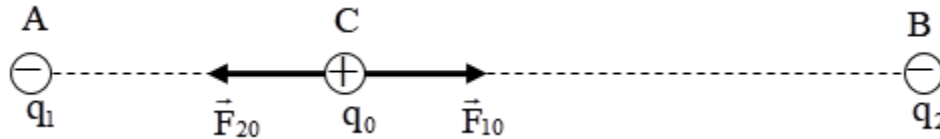
+ Gọi C là vị trí đặt điện tích q_0 .

+ Điều kiện cân bằng của q_0 : $F_{10} + F_{20} = 0 \Rightarrow F_{10} = -F_{20} \Rightarrow$ 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: Hai điện tích $q_1 = -2.10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = -1,8.10^{-7} \text{ C}$ đặt tại A và B trong không khí, $AB = 8 \text{ cm}$. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi:

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

Lời giải:

a) Gọi F_{13} , 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 : $F_{13} + F_{23} = 0 \Rightarrow F_{13} = -F_{23} \Rightarrow$ điểm C phải thuộc AB

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

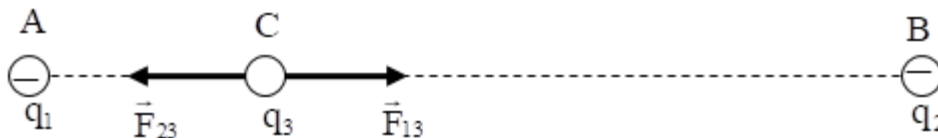
+ Dấu của q_3 là tùy ý.

+ 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 F_{31} , F_{32} lần lượt là lực do q_3 , q_2 tác dụng lên q_1

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{q_3}{AC^2} = \frac{q_2}{AB^2}$$

+ Ta có: $F_{31} = F_{21}$

$$\Rightarrow q_3 = |q_2| \frac{AC^2}{AB^2} = 1,8.10^{-7} \cdot \frac{2^2}{8^2} = 1,125.10^{-7} \text{ C}$$

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{q_3}{CB^2} = \frac{q_1}{AB^2}$$

Ta có: $F_{32} = F_{12}$

$$\Rightarrow q_3 = |q_1| \frac{CB^2}{AB^2} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{6^2}{8^2} = 1,125 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

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

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

Lời giải:

a) Gọi F_{10} , F_{20} lần lượt là lực do q_1 , q_2 tác dụng lên q_0

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

+ Vì q_1 và q_2 trái dấu nên từ ta suy ra C phải nằm ngoài AB

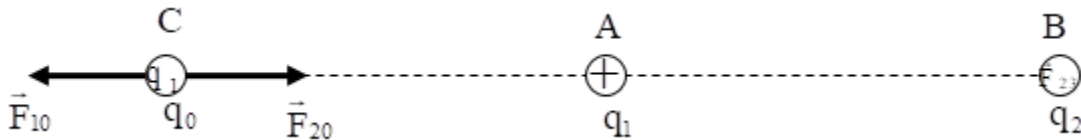
+ Dấu của q_0 là tùy ý.

+ 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 F_{01} , F_{02} lần lượt là lực do q_0 , q_2 tác dụng lên q_1

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{q_0}{AC^2} = \frac{q_2}{AB^2}$$

Ta có: $F_{01} = F_{21}$

$$\Rightarrow q_0 = -|q_2| \frac{AC^2}{AB^2} = -8 \cdot 10^{-8} \frac{8^2}{16^2} = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{q_0}{CB^2} = \frac{q_1}{AB^2}$$

Ta có: $F_{02} = F_{12}$

$$\Rightarrow q_0 = -|q_1| \frac{CB^2}{AB^2} = -2 \cdot 10^{-8} \frac{16^2}{8^2} = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

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

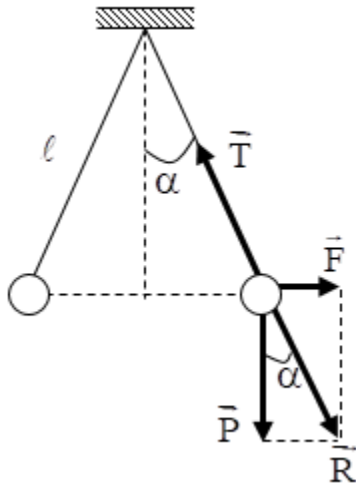
Bài 5: Người ta treo 2 quả cầu nhỏ có khối lượng bằng nhau $m = 0,01 \text{ g}$ bằng những sợi dây có chiều dài bằng nhau $\ell = 50 \text{ cm}$ (khối lượng không đáng kể). Khi hai quả cầu nhiễm

điện bằng nhau về độ lớn và cùng dấu, chúng đẩy nhau và cách nhau $r = 6 \text{ cm}$. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

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 Acsimet.

Lời 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:

$$\underbrace{(\vec{F}_d + \vec{P})}_{\vec{R}} + \vec{T} = 0 \Leftrightarrow \vec{R} + \vec{T} = 0$$

$\Rightarrow \vec{R}$ 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: $F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{Pr}{2\ell}$.

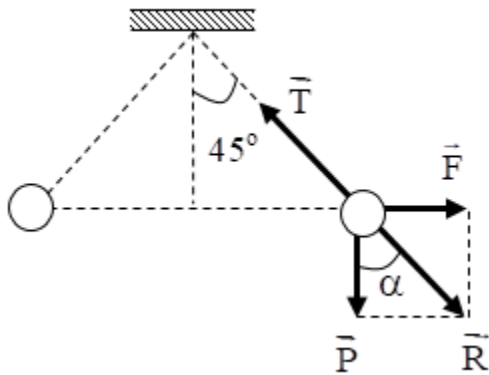
Nên khi nhúng cả hệ thống vào trong rượu etylic thì:

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

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

Bài 6: Hai quả cầu nhỏ giống nhau bằng kim loại có khối lượng $m = 5 \text{ g}$, 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° . Tính điện tích mà ta đã truyền cho quả cầu. Lấy $g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$.

Lời giải:



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

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

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

+ 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: $Q = 2|q| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$