

BÀI TẬP LUẬN VỀ ĐIỆN TRƯỜNG

Dạng 1: XÁC ĐỊNH q

Công thức chính: $E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}$

Trong đó: $k = 9 \cdot 10^9 (N \cdot m^2 / C^2)$; E là cường độ điện trường (V/m); q là điện tích (C); r là khoảng cách (m).

Lưu ý: $E \sim \frac{1}{r^2}$ và tỉ lệ nghịch với hằng số điện môi ϵ .

Bài 1: Tìm vị trí có cường độ điện trường cho trước

Một điện tích $q = 2 \cdot 10^{-6} (C)$ đặt trong không khí, tìm vị trí ở đó cường độ điện trường là $E = 600 V/m$.

Giải chi tiết:

- Trong không khí, ta có $\epsilon = 1$.
- Từ công thức: $E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{k|q|}{E}$
- Thay số: $r^2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |2 \cdot 10^{-6}|}{600} = 30$
- Suy ra: $r = \sqrt{30} \approx 5,48 (m)$.

Đáp số: Điểm đó cách điện tích một khoảng $5,48 m$.

Bài 2: Tính cường độ điện trường trong điện môi

Một điện tích $q = 10^{-8} C$ gây ra tại vị trí cách nó $1 cm$ trong môi trường có $\epsilon = 2$ một điện trường bằng bao nhiêu?

Giải chi tiết:

- Đổi đơn vị: $r = 1 cm = 0,01 m$.
- Áp dụng công thức: $E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}$
- Thay số: $E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-8}}{2 \cdot (0,01)^2} = \frac{90}{2 \cdot 10^{-4}} = 450.000 (V/m)$.

Đáp số: $E = 450.000 V/m$.

Bài 3: Xác định dấu và độ lớn của điện tích

Tại điểm M cách điện tích q một khoảng $0,4 m$ trong không khí có cường độ điện trường là $E = 12000 V/m$ và hướng về phía q . A/ Tìm dấu và độ lớn q . B/ Nếu đặt trong môi trường có $\epsilon = 2$ thì cường độ điện trường tại M tăng hay giảm bao nhiêu lần?

Giải chi tiết:

- Câu A:** - Vì vectơ cường độ điện trường \vec{E} hướng về phía điện tích q nên q là điện tích âm ($q < 0$).
- Độ lớn của q : Từ công thức $E = k \frac{|q|}{r^2}$ [cite: 3], ta có: $|q| = \frac{E \cdot r^2}{k} = \frac{12000 \cdot 0,4^2}{9 \cdot 10^9} \approx 2,13 \cdot 10^{-7} (C)$. - Vậy $q \approx -2,13 \cdot 10^{-7} (C)$.
- Câu B:** - Khi đặt trong môi trường có $\epsilon = 2$, cường độ điện trường là $E' = \frac{k|q|}{\epsilon \cdot r^2} = \frac{E}{\epsilon}$ - Vì $\epsilon = 2$ nên cường độ điện trường tại M **giảm 2 lần**

Bài 4: Tính cường độ điện trường và lực điện

Quả cầu nhỏ mang điện tích $Q = 10^{-5}C$ đặt trong chân không. A/ Xác định \vec{E} tại điểm A cách tâm O quả cầu $R = 10cm$. B/ Xác định lực \vec{F} do điện trường của Q tác dụng lên $q = -10^{-7}C$ đặt tại A.

Giải chi tiết:

- **Câu A:** - Đổi $R = 10cm = 0,1m$. - Độ lớn: $E = k \frac{|Q|}{R^2} = 9.10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{0,1^2} = 9.10^6 (V/m)$. - Phương và chiều: Vì $Q > 0$ nên \vec{E} có phương đường thẳng OA, chiều hướng ra xa tâm O ($O \rightarrow A$)
- **Câu B:** - Độ lớn lực điện: $F = |q| \cdot E = 10^{-7} \cdot 9.10^6 = 0,9 (N)$. - Hướng: Vì $q < 0$ nên lực \vec{F} ngược hướng với \vec{E}

Bài 5: Lực điện trường trong điện trường đều

Điện tích $q = -3.10^{-6}C$ đặt tại M trong điện trường có phương thẳng đứng, chiều từ trên xuống, $E = 12000V/m$ [cite: 20]. Tìm phương, chiều và độ lớn lực tác dụng.

Giải chi tiết:

- Độ lớn lực điện: $F = |q| \cdot E = 3.10^{-6} \cdot 12000 = 0,036 (N)$.
- Vì $q < 0$, lực điện \vec{F} luôn ngược chiều với vectơ cường độ điện trường \vec{E} .
- **Kết luận:** Lực \vec{F} có phương thẳng đứng, chiều từ **dưới lên trên** (ngược chiều \vec{E}).

Bài 6: Tính Q và E từ lực điện

Điện tích điểm $q = 5.10^{-9}C$ đặt cách Q một đoạn $R = 10cm$ trong không khí, chịu tác dụng lực $F = 4,5.10^{-4}N$ [cite: 22]. Tính E do Q gây ra tại q và độ lớn của Q

Giải chi tiết:

- Cường độ điện trường tại vị trí đặt q : $E = \frac{F}{q} = \frac{4,5.10^{-4}}{5.10^{-9}} = 9.10^4 (V/m)$
- Độ lớn của điện tích Q : Từ $E = k \frac{|Q|}{R^2} \Rightarrow |Q| = \frac{E \cdot R^2}{k} = \frac{9.10^4 \cdot 0,1^2}{9.10^9} = 10^{-7} (C)$.

Bài 7: (*) Điện trường của quả cầu tích điện mặt

Quả cầu bán kính $r = 5cm$ mang điện tích dương, mật độ điện mặt $\sigma = 8,84.10^{-5}C/m^2$. Tính cường độ điện trường ở nơi cách bề mặt quả cầu $50cm$.

Giải chi tiết:

- Tổng điện tích trên mặt quả cầu: $Q = \sigma \cdot S = \sigma \cdot (4\pi r^2)$.
- Khoảng cách từ điểm tính E đến tâm quả cầu: $R = r + h = 5cm + 50cm = 55cm = 0,55m$.
- Áp dụng công thức điện tích điểm cho quả cầu: $E = k \frac{Q}{R^2} = k \frac{\sigma \cdot 4\pi r^2}{R^2}$.
- Thay số: $E = 9.10^9 \cdot \frac{8,84.10^{-5} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (0,05)^2}{0,55^2} \approx 82677 (V/m)$.

Bài 8: (*) Chứng minh hệ thức cường độ điện trường

Cho A, B nằm trên cùng một đường sức điện của điện tích điểm Q, M là trung điểm AB. Chứng minh:

$$\frac{2}{\sqrt{E_M}} = \frac{1}{\sqrt{E_A}} + \frac{1}{\sqrt{E_B}}$$

Giải chi tiết:

- Gọi r_A, r_B, r_M lần lượt là khoảng cách từ Q đến A, B và M.
- Vì M là trung điểm AB nên: $r_M = \frac{r_A + r_B}{2} \Rightarrow 2r_M = r_A + r_B$ (1)
- Cường độ điện trường tại một điểm: $E = k \frac{|Q|}{r^2} \Rightarrow r = \frac{\sqrt{k|Q|}}{\sqrt{E}}$
- Thay r_A, r_B, r_M vào (1): $2 \cdot \frac{\sqrt{k|Q|}}{\sqrt{E_M}} = \frac{\sqrt{k|Q|}}{\sqrt{E_A}} + \frac{\sqrt{k|Q|}}{\sqrt{E_B}}$.
- Rút gọn $\sqrt{k|Q|}$ ở cả hai vế, ta được: $\frac{2}{\sqrt{E_M}} = \frac{1}{\sqrt{E_A}} + \frac{1}{\sqrt{E_B}}$ (đpcm).

Dạng 2: CHỒNG CHẤT ĐIỆN TRƯỜNG

Nguyên lý: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$

Sử dụng quy tắc hình bình hành: $E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha$

- $\vec{E}_1 \uparrow \uparrow \vec{E}_2 \Rightarrow E = E_1 + E_2$
- $\vec{E}_1 \uparrow \downarrow \vec{E}_2 \Rightarrow E = |E_1 - E_2|$
- $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2 \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

Bài 1: Tính điện trường tại nhiều vị trí

Cho hai điện tích $Q_1 = 4.10^{-10}C$, $Q_2 = -4.10^{-10}C$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 2cm$. Xác định \vec{E} tại:

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

Giải chi tiết:

a) **Tại trung điểm H** ($r_1 = r_2 = 1cm = 0,01m$):

- $E_1 = k \frac{|Q_1|}{r_1^2} = 9.10^9 \frac{4.10^{-10}}{0,01^2} = 36.000 V/m$.
- $E_2 = k \frac{|Q_2|}{r_2^2} = 36.000 V/m$.
- Tại H: \vec{E}_1 hướng ra xa A (A dương), \vec{E}_2 hướng về B (B âm). Do đó \vec{E}_1, \vec{E}_2 cùng chiều ($A \rightarrow B$).
- $E_H = E_1 + E_2 = 36.000 + 36.000 = 72.000 (V/m)$.

b) **Tại M** ($r_1 = 1cm, r_2 = 3cm$):

- M nằm ngoài đoạn AB về phía A.
- $E_1 = 9.10^9 \frac{4.10^{-10}}{0,01^2} = 36.000 V/m$ (hướng ra xa A \rightarrow ra xa B).
- $E_2 = 9.10^9 \frac{4.10^{-10}}{0,03^2} = 4.000 V/m$ (hướng về B).
- Hai vectơ ngược chiều: $E_M = |E_1 - E_2| = 32.000 (V/m)$.

c) **Tại N (Tam giác đều, $r = 2cm$, góc 60°):**

- $E_1 = E_2 = 9.10^9 \frac{4.10^{-10}}{0,02^2} = 9.000 V/m$.
- Góc hợp bởi \vec{E}_1 (đẩy) và \vec{E}_2 (hút) là 120° .
- Tổng hợp hình thoi có góc 120° : $E_N = E_1 = 9.000 (V/m)$.
- Phương song song AB, chiều cùng chiều AB.

Bài 2: Tam giác vuông cân

$Q_1 = 10^{-8}C$, $Q_2 = -10^{-8}C$ tại A, B cách nhau 10cm. a) Xác định \vec{E} tại C hợp với A, B thành tam giác vuông cân tại C. b) Giải câu a nếu Q_1, Q_2 cùng dấu.

Giải chi tiết:

Tam giác vuông cân tại C có cạnh huyền $AB = 10cm \Rightarrow AC = BC = \frac{10}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2}cm$.

a) Q_1, Q_2 trái dấu:

- $E_1 = E_2 = k \frac{|Q|}{r^2} = 9.10^9 \frac{10^{-8}}{(0,05\sqrt{2})^2} = 9.10^9 \frac{10^{-8}}{50.10^{-4}} = 18.000 V/m$.
- Tại C: \vec{E}_1 hướng ra xa A, \vec{E}_2 hướng về B. Vì tam giác vuông tại C nên $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$.
- $E_C = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_1\sqrt{2} = 18.000\sqrt{2} \approx 25.455 V/m$.
- (Lưu ý: Đáp án trong file ghi $18.10^3 V/m$ có thể do đề bài gốc xét tam giác đều hoặc dữ kiện khác, nhưng với tam giác vuông cân thì kết quả phải có $\sqrt{2}$).

b) Q_1, Q_2 cùng dấu:

- Độ lớn E_1, E_2 không đổi. Hai vectơ đều hướng ra xa điện tích.
- Góc giữa hai vectơ vẫn là 90° .
- Độ lớn tổng hợp vẫn là $E_C = 18.000\sqrt{2} V/m$. Chỉ khác phương chiều.

Bài 3: Đường trung trực

$q_1 = 8.10^{-8}C$, $q_2 = -8.10^{-8}C$, $AB = 4cm$. Xác định \vec{E} tại C trên trung trực AB, cách AB 2cm. Tính lực lên $q_0 = -2.10^{-9}C$ tại C.

Giải chi tiết:

- Gọi H là trung điểm AB ($HA = 2cm$). C nằm trên trung trực, cách đoạn AB 2cm $\Rightarrow CH = 2cm$.
- Khoảng cách $r = AC = BC = \sqrt{CH^2 + HA^2} = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2}cm$.
- $E_1 = E_2 = k \frac{8.10^{-8}}{(0,02\sqrt{2})^2} = 9.10^9 \frac{8.10^{-8}}{8.10^{-4}} = 9.10^5 V/m$.
- Tam giác AHC vuông cân $\Rightarrow \widehat{CAH} = 45^\circ$. Tam giác ABC vuông cân tại C.
- Vectơ \vec{E}_1 (đẩy), \vec{E}_2 (hút). Góc hợp bởi \vec{E}_1, \vec{E}_2 là 90° .
- Tổng hợp: $E_C = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 9\sqrt{2}.10^5 V/m$.
- Lực điện: $F = |q_0|E_C = 2.10^{-9} \cdot 9\sqrt{2}.10^5 = 18\sqrt{2}.10^{-4} \approx 25,4.10^{-4} N$.

Bài 4: Tìm điện tích để E song song cạnh đáy

Tam giác ABC vuông tại A, $AB = 4\text{cm}$, $AC = 3\text{cm}$. Tại A đặt $q_1 = -2,7 \cdot 10^{-9}\text{C}$. Tại B đặt q_2 . Biết \vec{E} tại C song song AB. Tìm q_2 và E_C . **Giải chi tiết:**

- **Phân tích vectơ:** Tại C có \vec{E}_A do q_1 (tại A) và \vec{E}_B do q_2 (tại B).
- $q_1 < 0$ nên \vec{E}_A hướng từ C \rightarrow A (thẳng đứng xuống dọc AC).
- Để vectơ tổng hợp $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ có phương song song AB (nằm ngang), thì \vec{E}_B phải có thành phần thẳng đứng hướng lên để triệt tiêu \vec{E}_A . $\Rightarrow \vec{E}_B$ hướng xéo lên $\Rightarrow q_2 > 0$ (dây).
- **Điều kiện triệt tiêu phương đứng:** Chiều lên phương AC: $E_A = E_B \cdot \cos(\hat{C}) \Rightarrow E_A = E_B \cdot \frac{AC}{BC}$.
- **Tính toán:** $BC = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{cm}$. $E_A = k \frac{|q_1|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2,7 \cdot 10^{-9}}{0,03^2} = 27.000\text{ V/m}$.
- Từ phương trình hình chiếu: $27.000 = E_B \cdot \frac{3}{5} \Rightarrow E_B = 45.000\text{ V/m}$.
- Tìm q_2 : $E_B = k \frac{|q_2|}{BC^2} \Rightarrow 45.000 = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_2|}{0,05^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{45.000 \cdot 0,0025}{9 \cdot 10^9} = 12,5 \cdot 10^{-9}\text{C}$.
- **Tính E tổng hợp (thành phần ngang):** $E_C = E_B \cdot \sin(\hat{C}) = E_B \cdot \frac{AB}{BC} = 45.000 \cdot \frac{4}{5} = 36.000\text{ V/m}$.

Bài 6: Hình vuông

Tại 3 đỉnh A, B, C của hình vuông ABCD cạnh $a = 3\text{cm}$ đặt 3 điện tích $q_1 = q_2 = q_3 = 2 \cdot 10^{-9}\text{C}$. Xác định \vec{E} tại đỉnh D.

Giải chi tiết:

- Khoảng cách: $r_{AD} = r_{CD} = a = 0,03\text{m}$; $r_{BD} = a\sqrt{2} = 0,03\sqrt{2}\text{m}$.
- Cường độ điện trường do q_1, q_3 gây ra tại D: $E_1 = E_3 = k \frac{q}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,03^2} = 20.000\text{ V/m}$.
- Tổng hợp $\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$. Vì $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_3$: $E_{13} = E_1\sqrt{2} = 20.000\sqrt{2}\text{ V/m}$. Vectơ \vec{E}_{13} nằm trên đường chéo BD.
- Cường độ điện trường do q_2 gây ra tại D: $E_2 = k \frac{q}{(a\sqrt{2})^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,0018} = 10.000\text{ V/m}$.
- Vì \vec{E}_2 cũng nằm trên đường chéo BD và cùng chiều với \vec{E}_{13} : $E_D = E_{13} + E_2 = 20.000\sqrt{2} + 10.000 \approx 38.284\text{ V/m}$.

Bài 7: Hai điện tích bằng nhau

Hai điện tích $q_1 = q_2 = q > 0$ đặt tại A, B. Điểm M nằm trên trung trực AB, nhìn AB dưới góc 60° . Xác định \vec{E} tại M.

Giải chi tiết:

- Gọi α là góc hợp bởi \vec{E}_1 và \vec{E}_2 . Theo đề bài $\widehat{AMB} = 60^\circ$. Vì q_1, q_2 dương nên các vectơ \vec{E}_1, \vec{E}_2 hướng ra xa A, B. Góc đối đỉnh giữa chúng tại M cũng là $\alpha = 60^\circ$.
- Do tính đối xứng $E_1 = E_2$.
- Công thức tổng hợp: $E_M = 2E_1 \cos(\alpha/2) = 2E_1 \cos(30^\circ) = E_1\sqrt{3}$.
- Thay $E_1 = k \frac{q}{r^2}$: $E_M = \frac{kq\sqrt{3}}{r^2}$.

Bài 8: Tam giác đều

Tam giác ABC đều cạnh $a = 10\text{cm}$. $q_1 = 10^{-8}\text{C}$ tại A, $q_2 = -10^{-8}\text{C}$ tại B. Xác định \vec{E} tại C.

Giải chi tiết:

- Độ lớn: $E_1 = E_2 = k \frac{10^{-8}}{0,1^2} = 9.000\text{ V/m}$.
- \vec{E}_1 hướng $A \rightarrow C$ (đẩy), \vec{E}_2 hướng $C \rightarrow B$ (hút).
- Góc giữa \vec{E}_1 và \vec{E}_2 là góc ngoài của tam giác đều: $\alpha = 120^\circ$.
- Do $E_1 = E_2$ và $\alpha = 120^\circ$ nên hình bình hành là hình thoi có góc 120° : $E_C = E_1 = 9.000\text{ V/m}$.
- Vectơ \vec{E}_C song song với AB và hướng từ A sang B.

Bài 9: Tổng hợp điện trường song song

Hai điện tích $q_1 = q_2 = 10^{-8}\text{C}$ đặt tại A, B cách nhau 10cm . M cách A 6cm , cách B 4cm . Xác định \vec{E} tại M.

Giải chi tiết:

- Kiểm tra vị trí: $MA + MB = 6 + 4 = 10\text{cm} = AB \Rightarrow M$ nằm trong đoạn AB.
- $E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = 9.10^9 \frac{10^{-8}}{0,06^2} = 25.000\text{ V/m}$ (hướng $A \rightarrow M$).
- $E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = 9.10^9 \frac{10^{-8}}{0,04^2} = 56.250\text{ V/m}$ (hướng $B \rightarrow M$).
- Tại M, \vec{E}_1 và \vec{E}_2 ngược chiều nhau.
- $E_M = |E_1 - E_2| = |25.000 - 56.250| = 31.250\text{ V/m}$.
- Vectơ \vec{E}_M hướng theo chiều \vec{E}_2 (hướng về phía A).

Dạng 3: ĐIỆN TRƯỜNG BỊ TRIỆT TIÊU

Phương pháp giải: Để cường độ điện trường tại điểm M bị triệt tiêu ($\vec{E}_M = 0$), ta phải có:

$$\vec{E}_{total} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots = 0$$

Đối với hệ 2 điện tích điểm q_1, q_2 :

$$\vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 \updownarrow \vec{E}_2 \text{ (cùng phương, ngược chiều)} \\ E_1 = E_2 \text{ (cùng độ lớn)} \end{cases}$$

Quy tắc xác định vị trí M:

- Nếu q_1, q_2 **trái dấu**: M nằm **ngoài** khoảng AB, về phía điện tích có độ lớn nhỏ hơn. ($r_1 - r_2 = \pm AB$).
- Nếu q_1, q_2 **cùng dấu**: M nằm **trong** khoảng AB ($r_1 + r_2 = AB$).
- Công thức tỉ lệ khoảng cách: $\frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}}$

Bài 11: Hai điện tích trái dấu

Hai điện tích điểm $q_1 = -4.10^{-8}C$ và $q_2 = 16.10^{-8}C$ đặt tại A và B trong không khí với $AB = 10cm$. Tìm điểm M tại đó $\vec{E} = 0$.

Giải chi tiết:

- Vì q_1 và q_2 trái dấu ($q_1 < 0, q_2 > 0$) nên điểm M nằm trên đường thẳng AB nhưng ở **ngoài** đoạn AB.
- Vì $|q_1| < |q_2|$ ($4.10^{-8} < 16.10^{-8}$) nên điểm M nằm gần q_1 hơn (nằm về phía A).
- Ta có phương trình về độ lớn cường độ điện trường bằng nhau:

$$k \frac{|q_1|}{MA^2} = k \frac{|q_2|}{MB^2} \Rightarrow \frac{MB}{MA} = \sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}} = \sqrt{\frac{16.10^{-8}}{4.10^{-8}}} = \sqrt{4} = 2$$
$$\Rightarrow MB = 2MA \quad (1)$$

- Vì M nằm ngoài AB về phía A nên: $MB - MA = AB = 10cm \quad (2)$
- Từ (1) và (2), thay $MB = 2MA$ vào (2):

$$2MA - MA = 10 \Rightarrow MA = 10cm$$

$$\Rightarrow MB = 20cm$$

Kết luận: Điểm M nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, cách A 10cm và cách B 20cm.

Bài 12: Hai điện tích cùng dấu

Cho hai điện tích điểm $q_1 = 36.10^{-6}C$ và $q_2 = 4.10^{-6}C$ đặt tại A và B trong không khí với $AB = 100cm$. Tìm điểm C tại đó $\vec{E} = 0$.

Giải chi tiết:

- Vì q_1 và q_2 cùng dấu dương nên điểm C nằm **trong** đoạn AB (giữa A và B).
- Ta có tỉ lệ khoảng cách:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{CA}{CB} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{36.10^{-6}}{4.10^{-6}}} = \sqrt{9} = 3$$
$$\Rightarrow CA = 3CB \quad (1)$$

- Vì C nằm giữa A và B: $CA + CB = AB = 100cm \quad (2)$
- Thay (1) vào (2):

$$3CB + CB = 100 \Rightarrow 4CB = 100 \Rightarrow CB = 25cm$$

$$\Rightarrow CA = 3 \times 25 = 75cm$$

Kết luận: Điểm C nằm trên đoạn AB, cách A 75cm và cách B 25cm.

Bài 13: Cân bằng điện trường trong hình vuông

Cho hình vuông ABCD cạnh a trong không khí. Tại A và C đặt các điện tích điểm $q_1 = q_3 = q > 0$. Hỏi phải đặt tại B điện tích q_2 bằng bao nhiêu để cường độ điện trường tổng hợp tại D bằng 0 ($\vec{E}_D = 0$).

Giải chi tiết:

- **Phân tích lực:** Tại D chịu tác dụng của điện trường do A (q), C (q) và B (q_2) gây ra.
- Vectơ tổng hợp của A và C ($\vec{E}_{AC} = \vec{E}_A + \vec{E}_C$): - Độ lớn: $E_A = E_C = k\frac{q}{a^2}$. - Vì $\vec{E}_A \perp \vec{E}_C$ nên $E_{AC} = \sqrt{E_A^2 + E_C^2} = E_A\sqrt{2} = k\frac{q\sqrt{2}}{a^2}$. - Hướng: Theo đường chéo DB, hướng ra xa B (vì $q > 0$).
- Để $\vec{E}_D = 0$, điện trường do B gây ra (\vec{E}_B) phải triệt tiêu \vec{E}_{AC} :

$$\vec{E}_B + \vec{E}_{AC} = 0 \Rightarrow \vec{E}_B = -\vec{E}_{AC}$$

- **Về chiều:** \vec{E}_B phải ngược chiều \vec{E}_{AC} (hướng về phía B). Do đó, q_2 tại B phải là **điện tích âm** ($q_2 < 0$).
- **Về độ lớn:** $E_B = E_{AC}$ - Khoảng cách $BD = a\sqrt{2}$. - $E_B = k\frac{|q_2|}{(a\sqrt{2})^2} = k\frac{|q_2|}{2a^2}$. - Phương trình cân bằng:

$$k\frac{|q_2|}{2a^2} = k\frac{q\sqrt{2}}{a^2}$$
$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{2} = q\sqrt{2} \Rightarrow |q_2| = 2\sqrt{2}q$$

Kết luận: Vì $q_2 < 0$ nên $q_2 = -2\sqrt{2}q$.

Dạng 4: CÂN BẰNG ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

Phương pháp giải: Khi vật tích điện treo vào sợi dây và nằm cân bằng trong điện trường đều phương ngang:

- Các lực tác dụng: Trọng lực \vec{P} (thẳng đứng xuống), Lực điện $\vec{F} = q\vec{E}$ (phương ngang), Lực căng dây \vec{T} .
- Điều kiện cân bằng: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} = -\vec{T} = \vec{T}'$.
- Từ hình vẽ (tam giác lực vuông):

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q|E}{mg}$$
$$T = \frac{P}{\cos \alpha} = \sqrt{P^2 + F^2}$$

Bài 1: Tìm cường độ điện trường E

Một quả cầu kim loại nhỏ có khối lượng $m = 10g$ được tích điện $q = 10^{-5}C$ treo bằng một sợi dây mảnh trong không khí và đặt trong điện trường đều \vec{E} nằm ngang. Khi quả cầu cân bằng thì dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc $\alpha = 60^\circ$. Xác định E . Lấy $g = 10m/s^2$.

Giải chi tiết:

- Đổi đơn vị: $m = 10g = 0,01kg$.
- Tại vị trí cân bằng, ta có hệ thức liên hệ giữa góc lệch α và các lực:

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q|E}{mg}$$

- Suy ra biểu thức tính E :

$$E = \frac{mg \cdot \tan \alpha}{|q|}$$

- Thay số:

$$E = \frac{0,01 \cdot 10 \cdot \tan(60^\circ)}{10^{-5}}$$

$$E = \frac{0,1 \cdot \sqrt{3}}{10^{-5}} = \sqrt{3} \cdot 10^4 (V/m)$$

- Tính giá trị gần đúng: $E \approx 17.320 V/m$.

Đáp số: $E = \sqrt{3} \cdot 10^4 V/m$.

Bài 2: Tìm lực căng dây và điện tích

Một quả cầu có khối lượng $m = 1g$ treo trên sợi dây mảnh, cách điện. Quả cầu nằm trong điện trường đều nằm ngang có $E = 2kV/m$. Khi đó dây treo hợp với phương thẳng đứng 1 góc 60° . Tìm lực căng của dây và điện tích quả cầu? Lấy $g = 10m/s^2$.

Giải chi tiết:

- Đổi đơn vị: $m = 1g = 10^{-3}kg$; $E = 2kV/m = 2000 V/m$.
- **Tính lực căng dây T :** Dựa vào hình chiếu lên phương thẳng đứng (hoặc tam giác lực):

$$\cos \alpha = \frac{P}{T} \Rightarrow T = \frac{P}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$T = \frac{10^{-3} \cdot 10}{\cos(60^\circ)} = \frac{0,01}{0,5} = 0,02 (N)$$

- **Tính điện tích q :** Dựa vào công thức tang góc lệch:

$$\tan \alpha = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow |q| = \frac{mg \cdot \tan \alpha}{E}$$

$$|q| = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot \tan(60^\circ)}{2000} = \frac{0,01 \cdot \sqrt{3}}{2000}$$

$$|q| = \frac{\sqrt{3}}{200.000} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-5} \approx 8,66 \cdot 10^{-6} (C)$$

Đáp số: $T = 0,02N$; $|q| \approx 8,66 \cdot 10^{-6}C$.