

HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP ĐỊNH HƯỚNG TUẦN 4

DẠNG TOÁN: Xác định vận tốc của electron chuyển động dọc theo đường sức của điện trường

1. Nhận xét:

- Công của lực điện trường đã chuyển hóa thành động năng của electron
- Công liên hệ với cường độ điện trường $E \rightarrow$ tùy từng loại tụ điện thì E sẽ có dạng khác nhau:
 - o Tụ điện hình trụ: $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon x}$
 - o Tụ điện hình cầu: $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$
- Điện dung C có mối liên hệ trực tiếp tới q, λ
 - o Tụ điện hình trụ: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(\frac{R}{r})} = \frac{q}{U} = \frac{\lambda l}{U}$
 - o Tụ điện hình cầu: $C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1} = \frac{q}{U}$

2. Hướng giải:

Bước 1: Thiết lập mối liên hệ giữa $dA = -qEdx$

Bước 2: Từ công thức tính điện dung C ta xác định đại lượng q, λ

Bước 3: Tính tích phân từ vị trí 1 đến vị trí 2.

Bước 4: Xác định vận tốc từ công thức: $|A| = \frac{mv^2}{2}$

3. Bài tập minh họa:

Bài 2-10: Cho tụ điện hình trụ bán kính hai bản là $r = 1.5$ cm, $R = 3.5$ cm. Hiệu điện thế giữa hai bản tụ $U_{tt} = 2300$ V. Tính vận tốc của electron chuyển động dọc theo đường sức điện trường từ khoảng cách 2.5 cm đến 3 cm. Biết vận tốc ban đầu bằng không.

Tóm tắt:

Tụ hình trụ: $r = 1.5$ cm – $R = 3.5$ cm

$U_{tt} = 2300$ V

$R_1 = 2.5$ cm $\rightarrow R_2 = 3.5$ cm

$v_0 = 0$ m/s

Xác định v

Giải:

Bước 1: Thiết lập mối liên hệ giữa $dA = -qEdx$ (điện tích q ở trong bài chính là điện tích của electron e)

$$dA = -eEdx = -\frac{e\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon x} dx$$

Bước 2: Từ công thức tính điện dung C ta có:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(\frac{R}{r})} = \frac{q}{U} = \frac{\lambda l}{U} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U}{\ln(\frac{R}{r})}$$

Bước 3: Thay λ vào biểu thức trong bước 1 và lấy tích phân từ R_1 đến R_2 :

$$A = \int_{R_1}^{R_2} -\frac{eU}{x \ln(\frac{R}{r})} dx = \frac{eU \ln(\frac{R_1}{R_2})}{\ln(R/r)}$$

Bước 4: Xác định giá trị vận tốc v : $|A| = \frac{mv^2}{2}$

$$v = \sqrt{\left| \frac{2eU \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right)}{m \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \right|} \approx 1,32 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Bài 2-12: Cho một tụ điện cầu bán kính hai bản $R_1 = 1 \text{ cm}$, $R_2 = 3 \text{ cm}$, hiệu điện thế giữa hai bản là $U = 2300 \text{ V}$. Tính vận tốc của electron chuyển động dọc theo đường sức điện trường trường từ một điểm cách tâm một khoảng $r_1 = 3 \text{ cm}$ đến điểm cách tâm một khoảng $r_2 = 2 \text{ cm}$. Biết vận tốc ban đầu bằng 0.

Tóm tắt:

Tụ cầu: $R_1 = 1 \text{ cm}$, $R_2 = 3 \text{ cm}$

$U = 2300 \text{ V}$

$r_1 = 3 \text{ cm} \rightarrow r_2 = 2 \text{ cm}$.

Xác định v

Giải:

Bước 1: Thiết lập mối liên hệ giữa $dA = -qEdx$ (điện tích q ở trong bài chính là điện tích của electron e)

$$dA = -eEdx = -\frac{eq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} dx$$

Bước 2: Từ công thức tính điện dung C ta có:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1} = \frac{q}{U} \Rightarrow q = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2 U}{R_2 - R_1}$$

Bước 3: Thay q vào biểu thức trong bước 1 và lấy tích phân từ R_1 đến R_2 :

$$A = \int_{r_1}^{r_2} -\frac{eR_1 R_2 U}{(R_2 - R_1)x^2} dx = \frac{eR_1 R_2 U}{(R_2 - R_1)x} \Big|_{r_1}^{r_2} = \frac{mv^2}{2}$$

Bước 4: Xác định giá trị vận tốc v : $|A| = \frac{mv^2}{2}$

$$v = \sqrt{\frac{2|e|UR_1 R_2 (r_1 - r_2)}{m(R_2 - R_1)r_1 r_2}} \approx 1,42 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

4. Các dạng toán mở rộng:

- Xác định công dịch chuyển điện tích q bất kì
- Xác định điện dung của tụ: trụ, cầu, phẳng

DẠNG TOÁN: Xác định điện thế, cường độ điện trường của mặt cầu

1. Nhận xét:

- Đối với mặt cầu kim loại:
 - o Điện trường bên trong: $E_{in} = 0$
 - o Điện trường bên ngoài: $E_{out} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$
 - o Điện thế bên trong: $V_{in} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \text{const}$
 - o Điện thế bên ngoài: $V_{out} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} = \text{const}$
- Đối với hệ hai quả cầu: điện thế của mỗi quả cầu là tổng điện thế gây bởi chính nó và quả cầu còn lại.

2. Hướng giải:

Bước 1: Xác định vị trí tương đối của điểm đang khảo sát: nằm trong hay nằm ngoài mặt cầu

Bước 2: Áp dụng các công thức cơ bản để xác định E, V

3. Bài tập minh họa:

Bài 2-1: Cho hai mặt cầu kim loại đồng tâm bán kính $R_1 = 4 \text{ cm}, R_2 = 2 \text{ cm}$ mang điện tích $Q_1 = - 2/3.10^{-9} \text{ C}, Q_2 = 9.10^{-9} \text{ C}$. Tính cường độ điện trường và điện thế tại những điểm cách tâm mặt cầu những khoảng 1 cm, 2 cm, 3cm, 4 cm, 5 cm.

Tóm tắt:

Hai mặt cầu kim loại đồng tâm: $R_1 = 4 \text{ cm}, R_2 = 2 \text{ cm}$

$Q_1 = - 2/3.10^{-9} \text{ C}, Q_2 = 9.10^{-9} \text{ C}$

Vị trí: 1 cm, 2 cm, 3cm, 4 cm, 5 cm.

Xác định E, V

Giải:

Bước 1: Xác định vị trí tương đối của điểm đang khảo sát: $R_1 = 4 \text{ cm}, R_2 = 2 \text{ cm}$

Vị trí	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Tính chất	Nằm trong cả hai quả cầu 1 và 2	Nằm trên bề mặt quả cầu 2 và nằm trong quả cầu 1	Nằm ngoài quả cầu 2 và nằm trong quả cầu 1	Nằm trên bề mặt quả cầu 1 và nằm ngoài quả cầu 2	Nằm ngoài cả hai quả cầu 1 và 2

Bước 2: Áp dụng các công thức cơ bản ứng với từng trường hợp để xác định E, V

Vị trí	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Điện trường	0	202087 V/m	89826 V/m	46779 V/m	29938 V/m
Điện thế	3892 V	3892 V	2545 V	1871 V	1496 V

Bài 2-3: Hai quả cầu kim loại bán kính r bằng nhau và bằng 2.5 cm đặt cách nhau 1m, điện thế của một quả cầu là 1200 V, của quả cầu kia là -1200 V. Tính điện tích của mỗi quả cầu.

Tóm tắt:

$r_1 = r_2 = r = 2.5 \text{ cm}$

$V_1 = 1200 \text{ V}; V_2 = -1200 \text{ V}$

Xác định Q_1, Q_2

Nhận xét:

- Về bản chất đây là bài toán liên quan đến công thức tính điện thế quả cầu. Chú ý là điện thế mỗi quả cầu chính bằng điện thế gây bởi chính nó và quả cầu còn lại.
- Vì điện thế liên quan trực tiếp tới điện tích gây ra nó nên khi biết điện thế của mỗi quả ta có thể xác định giá trị điện tích của mỗi quả cầu.

Giải:

Bước 1: Xác định vị trí tương đối của điểm đang khảo sát:

- Điện thế của quả cầu 1 \rightarrow vị trí nằm trên quả cầu 1 và nằm ngoài quả cầu 2
- Điện thế của quả cầu 2 \rightarrow vị trí nằm trên quả cầu 2 và nằm ngoài quả cầu 1

Bước 2: Áp dụng công thức cơ bản liên quan tới điện thế ta có:

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{d} \right) \text{ và } V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{Q_1}{d} + \frac{Q_2}{r} \right)$$

Như vậy ta thu được hệ phương trình hai ẩn Q_1 và Q_2 , giải hệ phương trình này ta sẽ xác định được giá trị của Q_1 và Q_2 lần lượt là $3,42.10^{-9} \text{ C}$ và $- 3,42.10^{-9} \text{ C}$.

Bài 2-4: Hai quả cầu kim loại có bán kính và khối lượng như nhau: $R = 1\text{cm}$, $m = 4 \cdot 10^{-5}\text{ kg}$ được treo ở đầu hai sợi dây có chiều dài bằng nhau sao cho mặt ngoài của chúng tiếp xúc với nhau. Sau khi truyền điện tích cho các quả cầu, chúng đẩy nhau và dây treo bị lệch đi một góc nào đó theo phương thẳng đứng. Sức căng của dây khi đó là $T = 4,9 \cdot 10^{-4}\text{ N}$. Tính điện thế của các quả cầu mang điện này biết rằng khoảng cách từ điểm treo đến tâm quả cầu là $l = 10\text{ cm}$. Các quả cầu đặt trong không khí.

Tóm tắt:

Hai quả cầu kim loại: $R = 1\text{cm}$, $m = 4 \cdot 10^{-5}\text{ kg}$

Ở vị trí cân bằng: góc lệch so với phương thẳng đứng α , $T = 4,9 \cdot 10^{-4}\text{ N}$

$l = 10\text{ cm}$

Xác định V_1, V_2

Nhận xét:

- Hai quả cầu sau khi tích điện sẽ có cùng điện tích Q
- Ở điều kiện cân bằng \rightarrow liệt kê các lực tác dụng lên quả cầu \rightarrow dễ thấy là đại lượng T và m cho trước nhằm mục đích xác định góc lệch $\alpha \rightarrow$ xác định đại lượng $F \rightarrow q \rightarrow$ xác định điện thế
- Điện thế trên mỗi quả cầu bằng tổng điện thế do chính điện tích của nó gây ra và điện thế của quả cầu kia gây ra.
- Khoảng cách l đã được cho trước \rightarrow kết hợp với hình vẽ ta thấy l cho trước với mục đích xác định khoảng cách x giữa hai quả cầu.
- Quả cầu đặt trong không khí nên hằng số điện môi $\epsilon = 1$

Giải:

- Xác định đại lượng q, x

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

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} = T \sin \alpha \Rightarrow q = \sqrt{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2 T \sin \alpha} \approx 2,05 \cdot 10^{-8}\text{ C}$$

$$x = 2l \sin \alpha \approx 0,1155\text{ m}$$

- Xác định điện thế quả cầu 2: vị trí nằm trên quả cầu 2 và nằm ngoài quả cầu 1

$$V_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon(x - R)} \approx 20000\text{ V}$$

- Xác định điện thế quả cầu 1: vị trí nằm trên quả cầu 1 và nằm ngoài quả cầu 2

$$V_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon(x - R)} \approx 20000\text{ V}$$

DẠNG TOÁN: Tính dung lượng tụ tương đương

1. Nhận xét:

- Tụ ghép nối song song: $C_{//} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
- Tụ ghép nối tiếp: $\frac{1}{C_{nt}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$

2. Hướng giải:

Bước 1: Xác định cấu trúc tụ tương đương: gồm các tụ nào nối tiếp, các tụ nào song song

Bước 2: Áp dụng công thức cơ bản để xác định điện dung tương đương

3. Bài tập minh họa:

Bài 2-14: Tính điện dung tương đương của các hệ tụ điện C_1, C_2, C_3 . Cho biết điện dung của mỗi tụ điện bằng $0,5\ \mu\text{F}$ trong hai trường hợp (a) và (b).

Tóm tắt:

$$C_1 = C_2 = C_3 = 0.5 \mu F$$

Xác định C_{td}

Giải:

Bước 1: Xác định cấu trúc tụ tương đương:

- Trường hợp a: $(C_1 \text{ nt } C_2) // C_3$
- Trường hợp b: $(C_1 // C_2) \text{ nt } C_3$

Bước 2: Áp dụng công thức cơ bản

- Trường hợp a: $C_{td} = C_{12} + C_3 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 = \frac{C_1 C_2 + C_3 C_2 + C_1 C_3}{C_1 + C_2}$
- Trường hợp b: $C_{td} = \frac{C_{12} C_3}{C_{12} + C_3} = \frac{(C_1 + C_2) C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$