

HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP ĐỊNH HƯỚNG TUẦN 5

Bài toán trong chương này chủ yếu liên quan tới tụ điện và chất điện môi. Các bài toán sẽ chủ yếu tập trung hỏi về những đại lượng liên quan tới tụ điện và chất điện môi như:

- Hiệu điện thế giữa hai bản tụ
- Hằng số điện môi
- Điện trường trong chất điện môi
- Mật độ điện mặt trên hai bản tụ, mật độ điện tích liên kết trên bề mặt chất điện môi.
- Điện dung của tụ điện – hệ tụ điện tương đương
- Năng lượng điện trường

DẠNG TOÁN: BÀI TOÁN TỤ ĐIỆN PHẪNG

1. Nhận xét:

- Bài toán này thường liên quan tới các công thức sau:
 - o Mọi liên hệ giữa U, E, d : $U = E.d$
 - o Cường độ điện trường gây bởi mặt phẳng mang điện đều: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}$
 - o Mật độ điện mặt trên hai bản tụ điện tích điện đều: $\sigma = E \cdot \varepsilon_0\varepsilon$
 - o Mật độ điện tích liên kết: $\sigma' = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 E_n = \varepsilon_0\chi E_n$ (Em Không (0) Xinh Em Ngát → để ghi nhớ công thức)
 - o Điện dung của tụ điện phẳng: $C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}$

2. Hướng giải:

Bước 1: Liệt kê các đại lượng đã biết, các đại lượng cần tìm (Tóm tắt)

Bước 2: Tìm hệ thức liên hệ giữa các đại lượng với nhau.

Bước 3: Xác định đại lượng cần tìm

3. Bài tập minh họa:

Bài 3-3: Một tụ điện phẳng chứa điện môi ($\varepsilon = 6$) khoảng cách giữa hai bản là 0.4 cm, hiệu điện thế giữa hai bản là 1200V. Tính:

1. Cường độ điện trường trong chất điện môi
2. Mật độ điện mặt trên hai bản tụ điện
3. Mật độ điện mặt trên chất điện môi

Tóm tắt:

Tụ phẳng: $\varepsilon = 6$; $d = 0.4$ cm

$U_{tụ} = 1200$ V

Xác định E, σ, σ'

Giải:

- Câu 1 yêu cầu xác định E → đọc đề bài thấy hai đại lượng d và U đã biết → giữa E, d, U có mối liên hệ: $U = E.d$ → dễ dàng xác định $E = 300kV/m$
- Câu 2 yêu cầu xác định mật độ điện mặt trên hai bản tụ điện σ → cần phải xác định E (câu 1) và ε (đề bài) → từ công thức $\sigma = E \cdot \varepsilon_0\varepsilon$ ta dễ dàng xác định $\sigma = 1,59 \cdot 10^{-5} C/m^2$
- Câu 3 yêu cầu xác định mật độ điện mặt trên chất điện môi (mật độ điện tích liên kết) σ' → cần phải xác định ε_0, χ, E_n (chú ý $E_n = E, \chi = \varepsilon - 1$) → áp dụng công thức $\sigma' = \varepsilon_0\chi E_n = 1,33 \cdot 10^{-5}$

$^5\text{C/m}^2$. Đối với câu này có thể sử dụng công thức: $\sigma' = \frac{\epsilon-1}{\epsilon}\sigma$

Bài 3-3: Giữa hai bản tụ điện phẳng có một bản thủy tinh ($\epsilon = 6$). Diện tích mỗi bản tụ bằng 100 cm^2 . Các bản tụ điện hút nhau với một lực bằng $4,9 \cdot 10^{-3}\text{ N}$. Tính mật độ liên kết trên mặt thủy tinh.

Tóm tắt:

Tụ phẳng: $\epsilon = 6, S = 100\text{ cm}^2$

$F = 4,9 \cdot 10^{-3}\text{ N}$

Xác định σ'

Giải:

- Để xác định σ' ta phải xác định ϵ_0, χ, E_n (chú ý $E_n = E, \chi = \epsilon - 1$) \rightarrow chắc chắn E phải liên hệ với lực hút giữa hai bản tụ F
- Phân tích: tồn tại lực F giữa hai bản tụ như vậy phải có nguồn năng lượng sinh ra lực F đó \rightarrow năng lượng điện trường: $W = w \cdot S \cdot d$. Năng lượng này sẽ bằng công dịch chuyển hai bản tụ sát vào nhau $A = F \cdot d \rightarrow F = w \cdot S = \frac{\epsilon_0 \epsilon S E^2}{2} \rightarrow E = \sqrt{\frac{2F}{\epsilon_0 \epsilon S}}$
- Thay E vào công thức σ' ta có: $\sigma' = 6 \cdot 10^{-6}\text{ C/m}^2$

Bài 3-8: Trong một tụ điện phẳng có khoảng cách giữa hai bản là d , người ta đặt một tấm điện môi $d_1 < d$ song song với các bản của tụ điện. Xác định điện dung của tụ điện trên. Cho biết hằng số điện môi là ϵ , diện tích tấm đó bằng diện tích bản tụ và bằng S .

Tóm tắt:

Tụ phẳng: $d, d_1(\epsilon) (d_1 < d), S$

Xác định C

Giải:

- Đây là dạng toán tụ phẳng tương đương, ta có thể tưởng tượng như đây là một hệ hai tụ nối tiếp: gồm 1 tụ không khí ($d-d_1$) và một tụ điện môi (d_1):
- Hai tụ nối tiếp $\rightarrow \frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_1}$
- Áp dụng công thức $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ ta có:
 - o Tụ không khí: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d-d_1}$
 - o Tụ điện môi: $C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d_1}$
 - o Tụ tương đương: $\frac{1}{C_{td}} = \frac{d-d_1}{\epsilon_0 S} + \frac{d_1}{\epsilon_0 \epsilon S} \rightarrow C_{td} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{\epsilon d + (1-\epsilon)d_1}$

DẠNG TOÁN: BÀI TOÁN TỤ ĐIỆN CẦU

1. Nhận xét:

- Bài toán này thường liên quan tới các công thức sau:
 - o Cường độ điện trường gây bởi mặt cầu, khối cầu
 - o Điện dung của tụ điện cầu: $C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon Rr}{R-r}$
 - o Điện dung của tụ bán cầu: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon Rr}{R-r}$

2. Hướng giải:

Bước 1: Liệt kê các đại lượng đã biết, các đại lượng cần tìm (Tóm tắt)

Bước 2: Tìm hệ thức liên hệ giữa các đại lượng với nhau.

Bước 3: Xác định đại lượng cần tìm

3. Bài tập minh họa:

Bài 3-7: Một tụ điện cầu có một nửa chứa điện môi đồng chất với hằng số điện môi $\epsilon = 7$, nửa còn lại là không khí. Bán kính các cầu là $r = 5\text{cm}$, $R = 6\text{cm}$. Xác định điện dung C của tụ điện. Bỏ qua độ cong của đường sức điện trường tại mặt giới hạn chất điện môi.

Tóm tắt:

Tụ cầu: $r = 5\text{cm}$, $R = 6\text{cm}$

$\epsilon = 7$

Xác định C



Giải:

- Đối với bài toán này ta có thể coi đây là hệ hai tụ điện mắc song song: tụ bán cầu không khí (C_1) – tụ bán cầu điện môi (C_2).
- Điện dung tương đương là: $C_{td} = C_1 + C_2 \rightarrow$ ta có:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 Rr}{R-r} + \frac{2\pi\epsilon_0 \epsilon Rr}{R-r} = \frac{2\pi\epsilon_0 (\epsilon + 1) Rr}{R-r}$$

DẠNG TOÁN: BÀI TOÁN NĂNG LƯỢNG

1. Nhận xét:

- Bài toán này thường liên quan tới các công thức tính năng lượng:
 - o Mật độ năng lượng điện trường: $w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$
 - o Năng lượng điện trường: $W = wV = \int_V \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} dV$
- Đối với bài toán dạng này ta thường phải đi xác định E và vi phân dV và kết hợp phương pháp tích phân để giải bài toán

2. Hướng giải:

Bước 1: Xác định E (tùy theo hình dạng vật thể)

Bước 2: Xác định dV

Bước 3: Sử dụng tích phân để tính W

3. Bài tập minh họa:

Bài 3-10: Một điện tích q được phân bố đều trong khối thể tích của một quả cầu bán kính R . Tính:

1. Năng lượng điện trường bên trong quả cầu
2. Năng lượng điện trường bên ngoài quả cầu
3. Khi chia đôi quả cầu thành hai nửa quả cầu bằng nhau thì năng lượng điện trường thay đổi thế nào? Cho hằng số điện môi của môi trường bên trong cũng như bên ngoài quả cầu đều bằng ϵ

Tóm tắt:

Quả cầu tích điện khối: R , q

- Điện trường E bên trong quả cầu là: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{Qr}{R^3}$
- Điện trường E bên ngoài quả cầu là: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{Q}{r^2}$

Xác định năng lượng bên trong, bên ngoài

Giải:

Câu 1:

- Từ công thức tính năng lượng điện trường ta thấy phải đi xác định E , dV và miền lấy tích phân:
- Điện trường E bên trong quả cầu là: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{Qr}{R^3}$
- dV : là vi phân thể tích giới hạn bởi hai mặt cầu bán kính r và $r + dr \rightarrow dV = 4\pi r^2 dr$ (*)
- (*): $dV = \frac{4}{3}\pi(r + dr)^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(r^3 + 3r^2 dr + 3rd^2 r + d^3 r - r^3) \approx 4\pi r^2 dr$
- Năng lượng điện trường bên trong quả cầu là:

$$W = \int_V \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} dV = \int_0^R \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon R^6} r^4 dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{Q^2}{10R}$$

Câu 2:

- Năng lượng bên ngoài quả cầu sẽ là phần năng lượng nằm trong thể tích giới hạn bởi hai mặt cầu bán kính R và bán kính ∞ .
- Trong trường hợp này điện trường E bên ngoài quả cầu là: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{Q}{r^2}$
- Năng lượng điện trường bên ngoài quả cầu sẽ là:

$$W = \int_V \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} dV = \int_R^\infty \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon r^2} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{Q^2}{2R}$$

Câu 3: Khi chia đôi quả cầu thành hai nửa quả cầu bằng nhau thì năng lượng điện trường sẽ giảm đi (do chia đôi quả cầu phải tốn một công nào đó)