

BÀI TẬP CHƯƠNG 8. ĐIỆN MÔI

Tóm tắt lý thuyết:

- Liên hệ giữa cường độ điện trường và cảm ứng điện:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$$

- Vector phân cực điện môi: $\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}$

$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 (1 + \chi) \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$, trong đó $\epsilon = 1 + \chi$, χ gọi là hệ số phân cực điện môi.

- Mật độ điện tích liên kết trên mặt chất điện môi đặt trong điện trường: $\sigma' = P_n = \chi \epsilon_0 E_n$

Trong đó P_n và E_n là hình chiếu của vector phân cực điện môi và vector cường độ điện trường lên phương pháp tuyến ngoài của mặt có điện tích xuất hiện.

- Dạng toán liên quan đến tụ điện:

+ Mối quan hệ giữa hiệu điện thế U , cường độ điện trường E , khoảng cách giữa các bản tụ d : $U = Ed$.

+ Cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng mang điện đều: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon}$

+ Mật độ điện mặt trên hai bản tụ tích điện đều: $\sigma = \epsilon_0 \epsilon E$

+ Mật độ điện tích liên kết: $\sigma' = P_n = \chi \epsilon_0 E_n = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E_n$

+ Điện dung của tụ điện phẳng: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$

Các bài tập cần làm: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.8.

Bài 3.1. Xác định mật độ điện tích liên kết trên mặt một tấm mica dày 0,02 cm đặt vào giữa và áp sát vào hai bản của một tụ điện phẳng được tích điện đến hiệu điện thế $U = 400$ V.

Bài giải:

Cần nhớ, đây là xác định mật độ điện tích liên kết trên mặt một tấm điện môi (mica), ta nhớ đến công thức:

$$\sigma' = P_n = \chi \epsilon_0 E_n = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E_n$$

Đối với tụ điện, chúng ta chú ý, điện trường gây ra bởi 2 bản tụ là điện trường đều, hướng vuông góc với các bản tụ, từ phía bản dương sang bản âm. Cho nên:

$$E_n = E = \frac{U}{d}$$

Nên ta có:

$$\sigma' = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E_n = (\epsilon - 1) \epsilon_0 \frac{U}{d} = (7,5 - 1) \cdot 8,86 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{400}{0,02 \cdot 10^{-2}} = 1,15 \cdot 10^{-4} \text{ (C / m}^2\text{)}$$

Chú ý: hằng số điện môi của mica có sách ghi là từ 5,7 đến 7, có sách ghi bằng 6, có sách ghi bằng 7,5.

Bài 3.3. Một tụ điện phẳng có chứa điện môi ($\epsilon = 6$) khoảng cách giữa hai bản là 0,4 cm, hiệu điện thế giữa hai bản là 1200 V. 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:

$$\varepsilon = 6, d = 4 \text{ cm} = 4.10^{-2} \text{ m}, U = 1200 \text{ V}.$$

$$1. E = ?$$

$$2. \sigma = ?$$

$$3. \sigma' = ?$$

Bài giải:

1. Đối với tụ điện bất kỳ, cường độ điện trường giữa các bản tụ (tức là cường độ điện trường trong chất điện môi) là:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1200}{4.10^{-3}} = 3.10^5 \text{ (V / m)}$$

ở đây rất có thể chúng ta sẽ làm nhầm như sau:

Cường độ điện trường trong chất điện môi là $E = \frac{E_0}{\varepsilon}$, trong đó $E_0 = \frac{U}{d}$, tức là chúng ta

coi điện trường ngoài E_0 là điện trường giữa 2 bản phẳng, nhưng nên nhớ, trong phần lý thuyết E_0 là điện trường giữa 2 bản phẳng lúc chưa đặt điện môi, có nghĩa là điện trường của 1 tụ điện không khí. Còn trong trường hợp này, đây là một tụ điện có chứa điện môi $\varepsilon = 6$ nên cường độ điện trường giữa 2 bản tụ lúc này chính là cường độ điện trường trong lòng chất điện môi.

Để làm rõ hơn, tiếp tục chúng ta sẽ tính E_0 , tức là độ lớn của điện trường do các **điện tích tự do gây** ra (tức là điện tích trên các bản tụ), theo lý thuyết: $E_0 = \varepsilon E = 6.3.10^5 = 18.10^5 \text{ (V / m)}$

Ta tính luôn cả cường độ điện trường E' gây ra do các **điện tích liên kết** trên bề mặt của chất điện môi: $E' = E_0 - E = 18.10^5 - 3.10^5 = 15.10^5 \text{ (V / m)}$ (đúng theo lý thuyết)

2. Mật độ điện mặt trên 2 bản tụ điện được suy ra từ công thức sau:

$$\sigma = \varepsilon_0 E_0 = 8,86.10^{-12}.18.10^5 = 1,59.10^{-5} \text{ (C / m}^2\text{)}$$

3. Mật độ điện mặt trên chất điện môi cũng được tính từ công thức tương tự:

$$\sigma' = \varepsilon_0 E' = 8,86.10^{-12}.15.10^5 = 1,33.10^{-5} \text{ (C / m}^2\text{)}$$

Ngoài ra chúng ta có thể biến đổi để sử dụng công thức sau: $\sigma' = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \sigma$

$$\text{Thật vậy: } E = E_0 - E' = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} - \frac{\sigma'}{\varepsilon_0}$$

$$\text{Mặt khác: } E = \frac{E_0}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \text{ nên ta có: } \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} - \frac{\sigma'}{\varepsilon_0} \rightarrow \sigma' = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \sigma$$

Bài 3.4. Cho một tụ điện phẳng, môi trường giữa hai bản ban đầu là không khí ($\varepsilon_1 = 1$), diện tích mỗi bản là $0,01 \text{ m}^2$, khoảng cách giữa hai bản là $0,5 \text{ cm}$, hai bản được nối với một hiệu điện thế 300 V . Sau đó bỏ nguồn đi rồi lấp đầy khoảng không gian giữa hai bản bằng một chất điện môi có $\varepsilon_2 = 3$.

1. Tính hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện sau khi lấp đầy điện môi;

2. Tính điện tích trên mỗi bản.

Bài giải:

Đây là bài toán khá điển hình về tụ điện. Lúc đầu, đây là một tụ không khí và được tích điện bằng một hiệu điện thế 300 vôn, sau khi các bản tụ đã tích điện xong thì ngắt nguồn và cho điện môi vào giữa các bản tụ, khi đó điện tích không đổi, nhưng điện dung thay đổi thành ra hiệu điện thế giữa hai bản tụ sẽ thay đổi.

$$\text{Điện dung của tụ điện không khí là: } C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} = \frac{8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 0,01}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 1,772 \cdot 10^{-11} \text{ (F)}$$

$$\text{Suy ra: } Q = C_1 U_1 = 1,772 \cdot 10^{-11} \cdot 300 = 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ (C)}$$

Điện dung của tụ điện sau khi lấp đầy chất điện môi là:

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d} = \frac{8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 0,01}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ (F)}$$

$$\text{Khi đó } U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{5,3 \cdot 10^{-9}}{5,3 \cdot 10^{-11}} = 100 \text{ (V)}$$

Bài 3.5. Cho một tụ điện phẳng, khoảng cách giữa hai bản là 0,01 m. Giữa hai bản đổ đầy dầu có hằng số điện môi $\epsilon = 4,5$. Hỏi cần phải đặt vào các bản một hiệu điện thế bằng bao nhiêu để mật độ điện tích liên kết trên dầu bằng $6,2 \cdot 10^{-10} \text{ C/cm}^2$.

Bài giải:

$$d = 0,01 \text{ m}, \epsilon = 4,5, \sigma' = 6,2 \cdot 10^{-10} \text{ C/cm}^2 = 6,2 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$$

$$U = ?$$

$$\text{Cường độ điện trường giữa hai bản tụ: } E = \frac{U}{d}$$

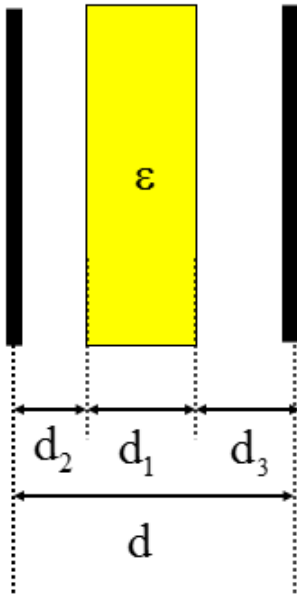
Mật độ điện tích liên kết được tính theo công thức:

$$\sigma' = \epsilon_0 (E_0 - E) = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U}{d}$$

$$\text{Suy ra: } U = \frac{\sigma' d}{\epsilon_0 (\epsilon - 1)} = \frac{6,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01}{8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 3,5} = 2000 \text{ (V)}$$

Bài 3.8. Trong một tụ điện phẳng có khoảng cách giữa các bản là d , người ta đặt một tấm điện môi dày $d_1 < d$ song song với các bản của tụ điện. Xác định điện dung của tụ điện trên. Cho biết hằng số điện môi của tấm điện môi là ϵ , diện tích của tấm đó bằng diện tích các bản của tụ điện và bằng S .

Bài giải:



Đây có thể coi như bài toán 3 tụ điện mắc nối tiếp, trong đó tụ 1 có bề dày d_1 , có chất điện môi ϵ . Hai tụ 2 và 3 lần lượt có bề dày d_2 và d_3 , là tụ không khí:

Ta có:

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}, C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}, C_3 = \frac{\epsilon_0 S}{d_3}$$

Đối với bộ tụ mắc nối tiếp ta có:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_b} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{\epsilon_0 S} \left(\frac{d_1}{\epsilon} + d_2 + d_3 \right) = \frac{1}{\epsilon_0 S} \left(\frac{d_1}{\epsilon} + d - d_1 \right) = \\ &= \frac{\epsilon d - (\epsilon - 1)d_1}{\epsilon_0 \epsilon S} \end{aligned}$$

Ta suy ra:
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{\epsilon d - (\epsilon - 1)d_1}$$