

Cách tính điện dung, năng lượng của tụ điện

A. Phương pháp & Ví dụ

Vận dụng công thức:

$$C = \frac{Q}{U}$$

- Điện dung của tụ điện:

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{CU^2}{2}$$

- Năng lượng của tụ điện:

Ví dụ 1: Đặt vào hai đầu tụ điện một hiệu điện thế 10V thì tụ tích được một điện lượng là $20 \cdot 10^{-9}$ C. Điện dung của tụ là:

Hướng dẫn:

$$C = \frac{Q}{U} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 2 \text{ nF}.$$

Ta có:

Ví dụ 2: Để tụ tích một điện lượng 10 nC thì đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế là 2V. Để tụ đó tích được một điện lượng là 2,5 nC thì phải đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế:

Hướng dẫn:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{10^{-9}}{2} \text{ F}.$$

Ta có điện dung của tụ là

Để tụ đó tích được một điện lượng là 2,5 nC thì phải đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế:

$$U' = \frac{Q'}{C} = \frac{2,5 \cdot 10^{-9}}{0,5 \cdot 10^{-9}} = 5 \text{ V}.$$

Ví dụ 3: Một tụ điện được tích điện bằng một hiệu điện thế là 10V thì năng lượng của tụ là 10mJ. Nếu muốn năng lượng của tụ là 22,5mJ thì phải đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế:

Hướng dẫn:

Điện dung của tụ là

$$W = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U^2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ F}.$$

Nếu muốn $W = 22,5 \cdot 10^{-3}$ J thì

$$U = \sqrt{\frac{2W}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-4}}} = 15 \text{ (V)}.$$

Ví dụ 4: Một tụ điện có điện dung $C_1 = 0,2 \text{ } \mu\text{F}$ khoảng cách giữa hai bản là $d_1 = 5 \text{ cm}$ được nạp điện đến hiệu điện thế $U = 100 \text{ V}$.

a) Tính năng lượng của tụ điện.

b) Ngắt tụ ra khỏi nguồn điện. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ khi dịch 2 bản lại gần còn cách nhau $d_2 = 1 \text{ cm}$.

Hướng dẫn:

a) Năng lượng của tụ điện:

$$W = \frac{C_1 U_1^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 10^{-3} \text{ J}$$

b) Điện dung của tụ điện:

$$C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

+ Điện dung của tụ điện lúc sau:

$$C_2 = C_1 \frac{d_1}{d_2} = 0,2 \cdot 5 = 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

+ Điện tích của tụ lúc đầu: $Q_1 = C_1 U_1 = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

+ Vì ngắt tụ ra khỏi nguồn nên điện tích không đổi, do đó: $Q_2 = Q_1$

$$W = \frac{Q_2^2}{2C_2} = \frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{2 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

+ Năng lượng lúc sau:

+ Độ biến thiên năng lượng: $\Delta W = W_2 - W_1 = -8 \cdot 10^{-4} \text{ J} < 0 \Rightarrow$ năng lượng giảm

Ví dụ 5: Tụ phẳng không khí $d = 1,5 \text{ cm}$ nối với nguồn $U = 39 \text{ kV}$ (không đổi).

a) Tụ có hư không nếu biết điện trường giới hạn của không khí là 30 kV/cm ?

b) Sau đó đặt tấm thủy tinh có $\epsilon = 7$, $l = 0,3 \text{ cm}$ và điện trường giới hạn 100 kV/cm vào khoảng giữa, song song 2 bản. Tụ có hư không?

Hướng dẫn:

– Điện trường giữa hai bản tụ là:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{39}{1,5} = 26 \text{ kV/cm}$$

a) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 30 kV/cm : Vì $E < E_{\text{gh}}$ nên tụ không bị hư.

b) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 100 kV/cm : Khi có tấm thủy tinh, điện dung của tụ tăng lên, điện tích ở các bản tụ tăng lên làm cho điện trường trong khoảng không khí cũng tăng lên.

Gọi E_1 là cường độ điện trường trong phần không khí; E_2 là cường độ điện trường trong phần thủy tinh. Ta có:

$$U = E_1(d - l) + E_2 l \text{ và } E_2 = \frac{E_1}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{U}{d - 1 + \frac{1}{\epsilon}} = \frac{39}{1,2 + \frac{0,3}{7}} = 31,4 \text{ kV/cm}$$

Vì $E_1 > E_{gh} = 30 \text{ kV/cm}$ nên không khí bị đâm xuyên và trở nên dẫn điện, khi đó hiệu điện thế U của nguồn đặt trực tiếp vào tấm thủy tinh, điện trường trong tấm thủy tinh là:

$$E_2' = \frac{U}{1} = \frac{39}{0,3} = 130 \text{ kV/cm}$$

$> E_{gh} = 100 \text{ kV/cm}$ nên thủy tinh bị đâm xuyên, tụ điện bị hư.

B. Bài tập

Bài 1: Một tụ điện có điện dung $2\mu\text{F}$. Khi đặt một hiệu điện thế 4V vào hai bản tụ thì tụ điện tích được điện lượng bằng bao nhiêu?

Lời giải:

Ta có: $Q = CU = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

Bài 2: Nếu đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế 4V thì tụ tích được điện lượng là $2\mu\text{C}$. Nếu đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế 10V thì tụ tích được điện lượng bằng bao nhiêu?

Lời giải:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

Ta có: . Khi đặt vào hai đầu tụ một hiệu điện thế 10V thì tụ tích được điện lượng là: $Q = CU' = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.

Bài 3: Hai đầu tụ có điện dung là $20 \mu\text{F}$ thì hiệu điện thế là 5V thì năng lượng tích được bằng bao nhiêu?

Lời giải:

Năng lượng tích được là

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 25}{2} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

Bài 4: Giữa hai bản tụ phẳng cách nhau 1 cm có một hiệu điện thế 10V . Cường độ điện trường trong lòng tụ bằng bao nhiêu?

Lời giải:

Ta có:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{10}{0,01} = 1000 \text{ V/m} = 1 \text{ kV/m}.$$

Bài 5: Một tụ điện có điện dung $5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$. Điện tích của tụ điện bằng $86 \mu\text{C}$. Hiệu điện thế trên hai bản tụ điện bằng bao nhiêu?

Lời giải:

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{86 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = 17,2 \text{ V}.$$

Ta có:

