

I. LÝ THUYẾT


1. Lý thuyết tụ điện:

1.1. Tụ điện:

a/ Định nghĩa: là hệ gồm hai vật dẫn đặt ngăn cách nhau bởi một lớp cách điện. Mỗi vật dẫn là một bản tụ.

- **Tụ điện phẳng:** Gồm hai bản kim loại phẳng có kích thước lớn, đặt đối diện và song song và cách điện với nhau.

- **Nhiệm vụ của tụ điện:** trong mạch điện tụ điện được dùng để tích điện và phóng điện.

- **Ký hiệu tụ điện:** Trong mạch điện tụ điện được kí hiệu: 

b/ Cách tích điện cho tụ điện: Để tích điện cho tụ điện, người ta nối hai bản tụ điện với hai cực của một nguồn điện một chiều. Sau khi tụ được nạp điện, điện tích của hai bản tụ có độ lớn bằng nhau nhưng mang điện trái dấu (do hiện tượng nhiễm điện do hưởng ứng). Khi nhắc đến điện tích của tụ điện, người ta nhắc đến độ lớn điện tích trên mỗi bản tụ.

1.2. Điện dung của tụ điện:

a/ Định nghĩa điện dung của tụ điện: Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định. Kí hiệu là C

- **Biểu thức:** $C = \frac{Q}{U}$ Trong đó: $\begin{cases} Q: \text{là điện tích trên tụ điện (C)} \\ U: \text{là hiệu điện thế giữa hai bản tụ (V)} \end{cases}$

- **Đơn vị:** $\frac{C}{V}$ hay fara (F)

- **Định nghĩa Fara:** là điện dung của một tụ điện mà nếu đặt một hiệu điện thế 1V giữa hai bản tụ thì nó tích điện điện tích 1C.

* **Chú ý:** $1 \text{ F} = 10^3 \text{ mF} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF}$.

b/ Công thức điện dung của tụ phẳng: $C = \frac{\epsilon S}{9.10^9 4\pi.d}$

Trong đó: $\begin{cases} S: \text{là diện tích phần đối diện của hai bản tụ điện (m}^2\text{)} \\ d: \text{là khoảng cách giữa hai bản tụ (m)} \\ \epsilon \text{ hằng số điện môi của lớp điện môi} \end{cases}$

- Mỗi tụ điện đều có một hiệu điện thế giới hạn. Nếu đặt vào tụ điện một hiệu điện thế lớn hơn U_{Max} thì tụ sẽ bị hỏng (tụ bị đánh thủng)

Trên tụ thường ghi hai giá trị (C, U_{Max} và khoảng nhiệt độ hoạt động của tụ điện)

1.3. Năng lượng điện trường trong tụ điện:

a/ **Năng lượng điện trường trong tụ điện:** Khi tụ điện được tích điện, tụ điện sẽ chứa một lượng năng lượng là năng lượng điện trường của tụ điện (bằng công mà nguồn điện thực hiện di chuyển các điện tích từ nguồn điện đến tụ điện).

- **Biểu thức:** $W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{\epsilon.E^2}{9.10^9.8\pi}V (J)$

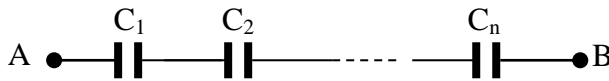
Trong đó: $\left\{ \begin{array}{l} Q: \text{ là điện tích trên tụ điện (C)} \\ U: \text{ là hiệu điện thế giữa hai bản tụ (V)} \\ C: \text{ là điện dung của tụ điện (F)} \\ V: \text{ Thể tích khoảng không gian giữa hai bản tụ (m}^3\text{)} \end{array} \right.$

b/ **Mật độ năng lượng điện trường:** là năng lượng điện trường trong một đơn vị thể tích.

- **Biểu thức:** $w = \frac{\epsilon.E^2}{9.10^9.8\pi} (J/m^3).$

1.4. Ghép tụ điện:

a/ **Ghép nối tiếp:** Hệ tụ điện được ghép như hình dưới gọi là bộ tụ điện ghép nối tiếp.

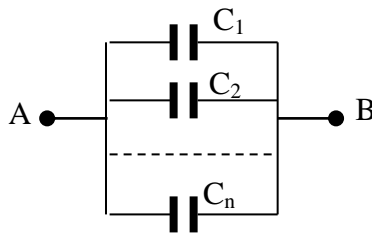


- Hiệu điện thế: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$

- Điện tích: $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

- Điện dung của bộ tụ: $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$

b/ **Ghép song song:** Hệ tụ điện được ghép như hình dưới gọi là bộ tụ điện ghép song song.



- Hiệu điện thế: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$

- Điện tích: $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$

- Điện dung của bộ tụ: $C_b = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

1.5. Chú ý khi giải bài tập:

- a) Nối tụ vào nguồn thì U không đổi. Ngắt tụ ra khỏi nguồn thì Q không đổi.
- b) Đặt vào tụ một tấm điện môi ϵ' thì hệ gồm hai tụ ghép nối tiếp, tụ 1 (ϵ, d_1) và tụ 2 (ϵ', d_2) với $d_1 + d_2 = d$

_ Nhung tụ vào chất điện môi ϵ' thì hệ gồm hai tụ ghép song song, tụ 1 (ϵ, x_1) và tụ 2 (ϵ', x_2) với $x_1 + x_2 = x$



c) Với các bài toán ghép tụ cần chú ý:

_ Khi ghép các tụ **chưa tích điện** trước thì:

+ Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \dots$; $Q_b = Q_1 + Q_2 + \dots$; $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

+ Ghép nối tiếp : $U_b = U_1 + U_2 + \dots$; $Q_b = Q_1 = Q_2 = \dots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

_ Khi ghép các tụ đã tích điện trước thì:

+ Ghép song song: $U'_b = U'_1 = U'_2 = \dots$ (sau khi ghép); $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

+ Ghép nối tiếp : $U'_b = U'_1 + U'_2 + \dots$ (sau khi ghép) $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

+ Định luật bảo toàn điện tích cho hệ cô lập: $\sum Q_i = const$

_ Với tụ cầu cân bằng thì $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ và mạch tương đương là $[(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)]$



d) Nếu mạch điện gồm tụ điện , nguồn điện, điện trở mắc với nhau thì:

_ Nếu trong mạch có dòng điện thì khi giải cần:

- * Tính cường độ dòng điện trong các đoạn mạch.
- * Tính hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch chứa tụ điện (bằng các định luật Ôm).
- * Suy ra điện tích trên từng tụ điện.

Nếu trong mạch không có dòng điện thì khi giải cần:

- * Viết phương trình điện tích trên từng đoạn mạch.
- * Viết phương trình điện tích cho từng bản tụ nối với một nút mạch.
- * Suy ra hiệu điện thế, điện tích trên từng tụ điện.

e) Để xác định điện lượng dịch chuyển qua một đoạn mạch cần:

- * Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch lúc đầu Q.
- * Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với đầu nối trên của đoạn mạch lúc sau: Q'

* Suy ra điện lượng dịch chuyển qua đoạn mạch nói trên : $\Delta Q = |Q - Q'|$

f) Cần chú ý đến giới hạn hoạt động của tụ điện khi xác định hiệu điện thế cực đại đặt vào tụ hoặc tính điện trường đánh thủng của tụ: $U_{gh} = E_{gh} \cdot d$. Với bộ tụ thì $(U_b)_{gh} = \min\{(U_{gh})_i\}$

g) Năng lượng bộ tụ bằng tổng năng lượng của các tụ ghép thành bộ tụ:

$$W_b = \sum W_i = W_1 + W_2 + \dots$$

h) Trong điện trường của tụ điện, các điện tích thường chuyển động theo quỹ đạo là đường cong nên để giải các bài toán về chuyển động của các điện tích ta thường sử dụng " phương pháp tọa độ ".

2. Chia dạng bài tập:

Dạng 1: Bài toán về tính điện tích, điện dung, hiệu điện thế và năng lượng của tụ điện.

Dạng 2: Bài toán ghép tụ điện chưa tích điện.

Dạng 3: Bài toán ghép tụ điện đã tích điện – Điện lượng di chuyển trong một đoạn mạch.

Dạng 4: Bài toán giới hạn hoạt động của tụ điện.

Dạng 5: Bài toán về năng lượng điện trường của tụ điện – Mật độ năng lượng điện trường

Dạng 6: Bài toán chuyển động của điện tích trong tụ điện.

II. BÀI TẬP TỤ ĐIỆN

1. Một số dạng bài tập có lời giải:

1.1. Dạng 1: Bài toán về tính điện tích, điện dung, hiệu điện thế và năng lượng điện của tụ điện của tụ điện:

Phương pháp chung:

- Áp dụng công thức: $C = \frac{Q}{U}$

- Công thức điện dung của tụ phẳng: $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d}$

- Vãn nối tụ với nguồn: $U = \text{const}$

- Ngắt tụ khỏi nguồn: $Q = \text{const}$

- Năng lượng của tụ điện: $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$

Bài toán 1: Một tụ điện có điện dung 500pF được mắc vào hai cực của một máy phát điện có hiệu điện thế 220V. Tính điện tích của tụ điện?

Lời giải:

Điện tích của tụ điện:

$$Q = U \cdot C = 500 \cdot 10^{-12} \cdot 220 = 0,11 \text{ (}\mu\text{C)}$$

Vậy điện tích của tụ điện là 0,11 (μC)

Bài toán 2: Một tụ điện điện dung 24nF tích điện đến hiệu điện thế 450V thì có bao nhiêu electron mới di chuyển đến bản âm của tụ điện?

Lời giải:

Điện tích của tụ điện:

$$Q = U \cdot C = 24 \cdot 10^{-9} \cdot 450 = 10,8 \text{ (}\mu\text{C)}$$

Số electron mới di chuyển đến bản âm của tụ điện:

$$N_e = \frac{Q}{|q_e|} = \frac{10,8 \cdot 10^{-6}}{|-1,6 \cdot 10^{-19}|} = 6,75 \cdot 10^{13} \text{ (e)}$$

Vậy có 6,75.10¹³ (e) mới di chuyển đến bản âm của tụ điện.

Bài toán 3: Tụ điện phẳng gồm hai bản tụ hình vuông cách a = 20 cm đặt cách nhau 1 cm. Chất điện môi giữa hai bản là thủy tinh có ε = 6. Hiệu điện thế giữa hai bản U = 50 V.

- Tính điện dung của tụ điện.
- Tính điện tích của tụ điện.
- Tính năng lượng của tụ điện, tụ điện có dùng để làm nguồn điện được không ?

Lời giải:

a/ Điện dung của tụ điện:

$$C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 4\pi \cdot d} = \frac{\epsilon a^2}{9 \cdot 10^9 4\pi \cdot d} = \frac{6 \cdot 0,2^2}{9 \cdot 10^9 4\pi \cdot 0,01} = 212,4 \text{ (pF)}$$

b/ Điện tích của tụ điện:

$$Q = U \cdot C = 212,4 \cdot 50 = 10,6 \text{ (nC)}$$

c/ Năng lượng điện trường của tụ:

$$W = \frac{1}{2} QU = \frac{50 \cdot 10,6}{2} = 266 \text{ (nJ)}$$

Khi tụ điện phóng điện, tụ điện sẽ tạo ra dòng điện. Tuy nhiên, thời gian phóng điện của tụ rất ngắn, nên tụ không thể dùng làm nguồn điện được. Dòng điện do nguồn điện sinh ra cần ổn định trong một thời gian khá dài.

Bài toán 4: Một tụ điện phẳng không khí, điện dung 500 pF, tích điện cho tụ điện ở hiệu điện thế 300V.

- a. Tính điện tích của tụ.
b. Sau đó tụ khởi nguồn điện rồi tăng khoảng cách giữa hai bản tụ lên gấp đôi. Tính điện dung C_1 , điện tích Q_1 và hiệu điện thế U_1 của tụ điện lúc đó?
c. Ngắt tụ điện khỏi nguồn rồi nhúng tụ điện vào chất điện môi lỏng có $\epsilon = 2$. Tính điện dung C_2 , điện tích Q_2 và hiệu điện thế U_2 của tụ điện lúc đó?
d. Vẫn nối tụ điện với nguồn. Nhúng tụ vào chất điện môi lỏng có $\epsilon = 2$. Tính C_3 , Q_3 , U_3 của tụ điện.

Lời giải:

a/ Điện tích tụ:

$$Q = C.U = 500.300 = 150 \text{ (nC)}$$

b/ Ngắt tụ khỏi nguồn Q không đổi

$$\Rightarrow Q_1 = Q = 150 \text{ (nC)}$$

- Điện dung của tụ điện $C \sim \frac{1}{d}$

\Rightarrow Khi khoảng cách hai bản tụ tăng gấp đôi $\Rightarrow C_1 = C/2 = 250 \text{ (pF)}$

- Hiệu điện thế trên tụ điện:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2Q}{C} = 2U = 600 \text{ (V)}$$

c/ Ngắt tụ khỏi nguồn Q không đổi

$$\Rightarrow Q_2 = Q = 150 \text{ (nC)}$$

- Điện dung của tụ điện $C \sim \epsilon$

\Rightarrow Khi nhúng tụ điện vào chất điện môi lỏng có $\epsilon = 2 \Rightarrow C_1 = 2C = 1000 \text{ (pF)}$

- Hiệu điện thế trên tụ điện:

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{2C} = \frac{U}{2} = 150 \text{ (V)}$$

d/ Vẫn nối tụ với nguồn U không đổi

$$\Rightarrow U_3 = U = 150 \text{ (nC)}$$

- Điện dung của tụ điện $C \sim \epsilon$

\Rightarrow Khi nhúng tụ điện vào chất điện môi lỏng có $\epsilon = 2 \Rightarrow C_1 = 2C = 1000 \text{ (pF)}$

- Điện tích của tụ điện:

$$Q_2 = U_3 C_3 = 2UC = 2Q = 300 \text{ (nC)}$$

1.2. Dạng 2: Bài toán ghép các tụ điện chưa tích điện:

Phương pháp chung:

- Gọi điện dung, điện tích và hiệu điện thế của bộ tụ là C , Q , U .

- Đặc điểm của bộ tụ ghép song song:

$$\begin{cases} U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \\ Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \\ C_b = C_1 + C_2 + \dots + C_n \end{cases}$$

- Đặc điểm của bộ tụ ghép nối tiếp:

$$\begin{cases} U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n \\ \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \end{cases}$$

- Nếu trong bài toán có nhiều tụ được mắc hỗn hợp, ta cần tìm ra được cách mắc tụ điện của mạch đó rồi mới tính toán.

- Khi tụ bị đánh thủng, nó trở thành vật dẫn.

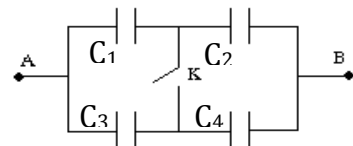
- Sau khi ngắt tụ khỏi nguồn và vẫn giữ tụ điện đó cô lập thì điện tích của tụ không đổi.

*** Nghiên cứu về sự thay đổi điện dung của tụ điện phẳng**

+ Khi đưa một tấm điện môi vào bên trong tụ điện phẳng thì chính tấm đó là một tụ phẳng và trong phần cặp phần điện tích đối diện còn lại tạo thành một tụ điện phẳng. Toàn bộ sẽ tạo thành một mạch tụ mà ta dễ dàng tính điện dung. Điện dung của mạch chính là điện dung của tụ khi thay đổi điện môi.

+ Trong tụ điện xoay có sự thay đổi điện dung là do sự thay đổi điện tích đối diện của các tấm. Nếu là có n tấm thì sẽ có $(n-1)$ tụ phẳng mắc song song.

Bài toán 1: Cho bộ tụ mắc như hình vẽ: $C_1 = 1 \mu\text{F}$; $C_2 = 3 \mu\text{F}$; $C_3 = 6 \mu\text{F}$; $C_4 = 4 \mu\text{F}$; $U_{AB} = 20 \text{ V}$. Tính điện dung của bộ tụ, điện tích và hiệu điện thế trên mỗi tụ khi



a/ K hở

b/ K đóng

Lời giải:

a/ Khi K hở mạch gồm: $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)$

$$\Rightarrow C_b = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = 3,15 (\mu\text{F})$$

- Điện tích của các tụ:

$$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} U_{12} = C_{12} U_{AB} = 15 (\mu\text{C})$$

$$Q_3 = Q_4 = Q_{34} = C_{34} U_{34} = C_{34} U_{AB} = 48 (\mu\text{C})$$

- Hiệu điện thế mỗi tụ:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 15 \text{ (V)}$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = 5 \text{ (V)}$$

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 8 \text{ (V)}$$

$$U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = 12 \text{ (V)}$$

b/ Khi K đóng mạch gồm: $(C_1 // C_3)$ nt $(C_2 // C_4)$

- Điện dung của bộ tụ:

$$C_{13} = C_1 + C_3 = 7 \text{ (}\mu\text{F)}$$

$$C_{24} = C_2 + C_4 = 7 \text{ (}\mu\text{F)}$$

$$C_{13} = C_1 + C_3 = 7 \text{ (}\mu\text{F)}$$

$$\Rightarrow C_b = \frac{C_{13}C_{24}}{C_{13}+C_{24}} = 3,5 \text{ (}\mu\text{F)}$$

- Điện tích: $Q_{13} = Q_{24} = Q_{td} = C_b U_{AB} = 70 \text{ (}\mu\text{C)}$

- Hiệu điện thế mỗi tụ:

$$U_1 = U_3 = U_{13} = \frac{Q_{13}}{C_{13}} = 10 \text{ (V)}$$

$$U_2 = U_4 = U_{24} = \frac{Q_{24}}{C_{24}} = 10 \text{ (V)}$$

- Điện tích của mỗi tụ:

$$Q_1 = C_1 U_1 = 10 \text{ (}\mu\text{C)}$$

$$Q_2 = C_2 U_2 = 30 \text{ (}\mu\text{C)}$$

$$Q_3 = C_3 U_3 = 60 \text{ (}\mu\text{C)}$$

$$Q_4 = C_4 U_4 = 40 \text{ (}\mu\text{C)}$$

Bài toán 2: Một bộ gồm n tụ điện giống nhau được nối tiếp với nhau và tích điện đến hiệu điện thế U. Khi đó giữa các bản tụ được lấp đầy một chất điện môi lỏng có hằng số điện môi ϵ . Sau đó có k tụ điện điện môi chảy ra ngoài. Hiệu điện thế trên bộ tụ sẽ bị thay đổi như thế nào nếu sau khi tích điện cho bộ tụ thì các tụ được tách ra khỏi nguồn điện.

Lời giải:

• Gọi C là điện dung của mỗi tụ ban đầu khi điện môi chưa bị chảy ra ngoài, điện dung

của bộ tụ:

$$C_1 = \frac{C}{n}$$

$$\Rightarrow \text{Điện tích của bộ tụ: } Q = \frac{C}{n} U$$

- khi có k tụ có điện môi chảy ra ngoài:

- Điện dung tương đương của k tụ: $C' = \frac{C}{\epsilon k}$

- Điện dung của các tụ còn nguyên điện môi: $C'' = \frac{C}{n-k}$

⇒ Điện dung của bộ tụ mới:

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C''} = \frac{\epsilon k}{C} + \frac{n-k}{C}$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{C}{n+k(\epsilon-1)}$$

Dù điện môi bị chảy ở k tụ nhưng điện tích của bộ tụ vẫn không đổi, nên hiệu điện thế của bộ tụ lúc này:

$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = U \frac{n+k(\epsilon-1)}{n}$$

Độ thay đổi hiệu điện thế: $\Delta U = U_2 - U_1 = U \frac{k(\epsilon-1)}{n}$

Bài toán 3: Tụ điện phẳng không khí, bản tụ hình tròn bán kính $R = 48\text{cm}$ cách nhau đoạn $d = 4\text{cm}$. Nối tụ với hiệu điện thế $U = 100\text{V}$.

- Tìm điện dung và điện tích của tụ, cường độ điện trường giữa hai bản tụ?
- Ngắt tụ khỏi nguồn rồi đưa vào khoảng giữa hai bản một tấm kim loại chiều dày $\ell = 2\text{cm}$. Tìm điện dung và hiệu điện thế của tụ? kết quả thế nào nếu tấm kim loại rất mỏng? ($\ell = 0$).
- Thay tấm kim loại bằng tấm điện môi chiều dày $\ell = 2\text{cm}$ và hằng số điện môi $\epsilon = 7$. Tìm điện dung và hiệu điện thế của tụ?

Lời giải:

a) Điện dung, điện tích, cường độ điện trường :

- Điện dung của tụ phẳng trong không khí :

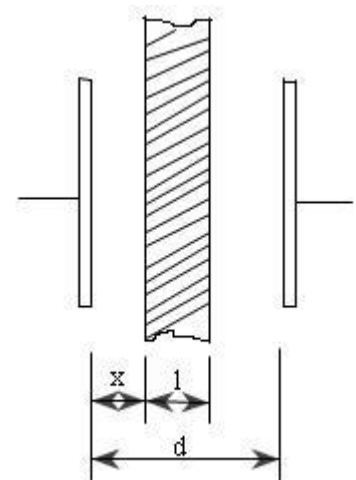
$$C_0 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d} = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\pi R^2}{d} = \frac{\pi R^2}{4kd} = 160\text{pF}$$

- Điện tích của tụ :

$$Q = C_0 \cdot U = 16\text{nC}$$

- Độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản tụ

$$E = U/d = 2500\text{V/m}$$



b) Tụ điện có tấm kim loại :

- Ngắt tụ khỏi nguồn rồi đưa vào một tấm kim loại.

Gọi khoảng cách giữa một mặt của tấm kim loại đến bản tụ gần nó là x.

- Mỗi mặt kim loại và một bản tụ tạo thành một tụ điện. Hệ thống tương đương với hai tụ điện C_1 và C_2 mà khoảng cách giữa các bản mỗi tụ là x và $(d - \ell - x)$.

Ta có:

$$C_1 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{x}$$
$$C_2 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{(d - \ell - x)}$$

- Gọi điện dung tương đương của tụ là C_b

Ta có :

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_b = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - \ell} \Rightarrow C_b = \frac{d}{d - \ell} C_0 = 320 \text{ (pF)}$$

- Do ta ngắt tụ khỏi nguồn trước khi đưa tấm kim loại vào nên điện tích của tụ điện là không đổi: $Q' = Q = 16 \cdot 10^{-9} \text{ (C)}$

Hiệu điện thế của tụ :
$$U' = Q'/C_b = \frac{Q}{\frac{d}{d - \ell} C_0} = \frac{d - \ell}{d} \cdot U = 50V$$

Nếu tấm kim loại rất mỏng $\ell = 0 \Rightarrow C = C_0$

Điện dung và hiệu điện thế của tụ có giá trị tính được như trong câu a)

c) Tụ điện có tấm điện môi

- Thay tấm kính kim loại bằng tấm điện môi.

- Từ kết quả ở câu b) ta thấy: có thể áp vào hai mặt bên mặt điện môi hai tấm kim loại thật mỏng mà điện dung của hệ không đổi. Hệ thống tương đương với ba tụ điện ghép nối tiếp : tụ C_1 có điện môi không khí, khoảng cách hai bản tụ là x ; tụ C_2 có điện môi ϵ khoảng cách hai bản tụ là ℓ ; tụ C_3 có điện môi không khí, khoảng cách hai bản tụ là $(d - \ell - x)$:

$$C_1 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{x}$$
$$C_2 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{\epsilon S}{\ell}$$
$$C_3 = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{(d - \ell - x)}$$

- Gọi điện dung tương đương của tụ là C

Ta có :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi k} \cdot \frac{S}{d - \ell(1 - \frac{1}{\epsilon})} \Rightarrow C = \frac{d}{d - \ell(1 - \frac{1}{\epsilon})} C_0 = 280 \text{ (pF)}$$

Hiệu điện thế của tụ :

$$U'' = Q/C = \frac{d - \ell(1 - \frac{1}{\epsilon})}{d} \cdot U \approx 57V$$

1.3. Dạng 3: Bài toán ghép tụ điện đã tích điện - Điện lượng di chuyển trong một đoạn mạch:

Phương pháp chung:

- Nếu ban đầu các tụ đã được tích điện với nhau, các kết quả về điện tích (đối với bộ tụ ghép không tích điện trước) không được áp dụng.

- Bài toán về bộ tụ ghép trong trường hợp này được giải quyết dựa vào hai loại phương trình:

+ Phương trình về hiệu điện thế:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (\text{ghép nối tiếp})$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (\text{ghép song song})$$

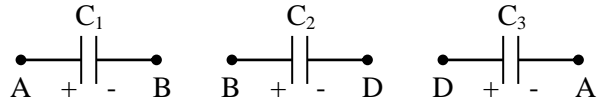
+ Phương trình bảo toàn điện tích của hệ cô lập: $\sum Q_i = \text{const}$

- Điện lượng di chuyển qua một đoạn mạch được xác định bởi: $\Delta Q = |\sum Q_2 - \sum Q_1|$

$\sum Q_2$: tổng điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch lúc sau.

$\sum Q_1$: tổng điện tích trên các bản tụ nối trên lúc trước.

Bài toán 1: Ba tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 3\mu\text{F}$, $C_3 = 6\mu\text{F}$ được tích điện tới

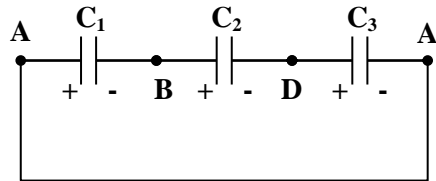


cùng hiệu điện thế $U = 90\text{V}$, dấu của điện tích trên các bản như hình vẽ. Sau đó các tụ được ngắt ra khỏi nguồn và nối với nhau thành mạch kín, các điểm cùng tên trên hình vẽ được nối với nhau. Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ.

Lời giải:

+ Giả sử khi ghép thành mạch kín, dấu điện tích trên các bản không đổi.

$$U_{AB} + U_{BD} + U_{DA} = U_1' + U_2' + U_3' = 0$$



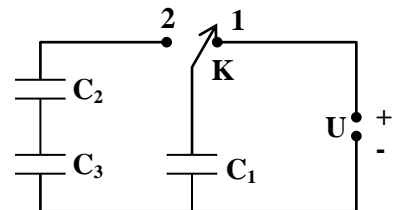
+ Bảo toàn điện tích:

$$* \text{ Bản B: } -Q_1' + Q_2' = -Q_1 + Q_2$$

$$* \text{ Bản D: } -Q_2' + Q_3' = -Q_2 + Q_3$$

+ Giải hệ trên, $U_1' = -90\text{V}$, $U_2' = 30\text{V}$, $U_3' = 60\text{V}$.

Bài toán 2: Cho ba tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$, $U = 110\text{V}$. Ban đầu K ở (1), tìm Q_1 . Đảo K sang vị trí (2), tìm Q , U mỗi tụ.



Lời giải:

a. K ở (1):

+ Điện tích trên tụ C_1 : $Q_1 = C_1U = 110 \mu\text{C} = 1,1 \cdot 10^{-4}\text{C}$

b. K chuyển sang (2):

+ Ban đầu hai tụ C_2, C_3 chưa tích điện, coi hai tụ này như bộ tụ C_{23} :

$$C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = 1,2 \mu\text{F}$$

+ Khi K chuyển sang (2), tụ C_1 ghép song song với C_{23} ban đầu chưa tích điện, ta có:

$$U_1' = U_{23} = U', \quad q_{23} + q_1' = q_1$$

$$\Rightarrow (C_{23} + C_1)U' = q_1 \Rightarrow U' = 50\text{V} \Rightarrow U_1' = U_{23} = 50\text{V}.$$

$$\Rightarrow q_1' = 50 \mu\text{C}; \quad q_2 = q_3 = q_{23} = 60 \mu\text{C} \Rightarrow U_2 = q_2/C_2 = 30\text{V}; \Rightarrow U_3 = 20\text{V}.$$

Bài toán 3: Các tụ C_1, C_2, \dots, C_n được tích đến cùng hiệu điện thế U . Sau đó các tụ được mắc nối tiếp nhau để tạo thành mạch kín, các bản trái dấu được nối với nhau.

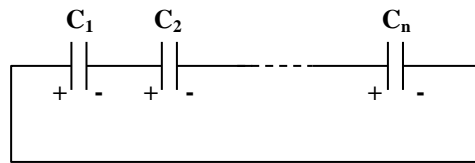
Tính hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ.

Lời giải:

+ Giả sử sau khi nối, dấu điện tích trên các bản tụ vẫn như cũ.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$\begin{cases} -Q_1 + Q_2 = -Q_1' + Q_2' \\ -Q_2 + Q_3 = -Q_2' + Q_3' \\ \dots\dots\dots \\ -Q_n + Q_1 = -Q_n' + Q_1' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 - Q_1' = Q_2 - Q_2' \\ Q_2 - Q_2' = Q_3 - Q_3' \\ \dots\dots\dots \\ Q_n - Q_n' = Q_1 - Q_1' \end{cases}$$



$$\Rightarrow Q_1 - Q_1' = Q_2 - Q_2' = \dots = Q_n - Q_n'$$

+ Thay vào, ta có: $C_1(U - U_1') = C_2(U - U_2')$

$$\Rightarrow U_1' = U + \frac{C_2}{C_1}(U_2' - U) = U + \frac{C_2 U_2'}{C_1} - \frac{C_2 U}{C_1}$$

+ Tương tự: $U_1' = U + \frac{C_2 U_2'}{C_1} - \frac{C_2 U}{C_1} = U + \frac{C_3 U_3'}{C_1} - \frac{C_3 U}{C_1} = \dots = U + \frac{C_n U_n'}{C_1} - \frac{C_n U}{C_1}$

$$\Rightarrow \begin{cases} U_1' = U + \frac{C_i U_i'}{C_1} - \frac{C_i U}{C_1} \\ U_2' = U + \frac{C_i U_i'}{C_2} - \frac{C_i U}{C_2} \\ \dots\dots\dots \\ U_n' = U + \frac{C_i U_i'}{C_n} - \frac{C_i U}{C_n} \end{cases}$$

+ Cộng theo vế, để ý công thức công hiệu điện thế ta được:

$$U_1' + U_2' + \dots + U_n' = 0 \Rightarrow nU + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}\right) C_i U_i' - \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}\right) C_i U = 0$$

$$+ \text{Đặt } \frac{1}{C_0} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right) \Rightarrow nU + \frac{C_i U_i'}{C_0} - \frac{C_i U}{C_0} = 0$$

$$\Rightarrow U_i' = U - \frac{nUC_0}{C_i} = U \left(1 - \frac{nC_0}{C_i} \right)$$

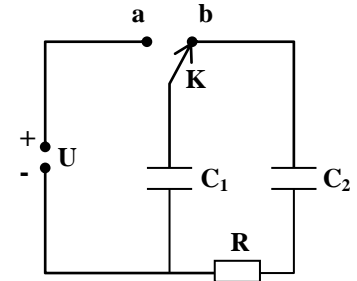
Bài toán 4: Trong hình bên, $U = 60V$ (không đổi). $C_1 = 20\mu F$. $C_2 = 10\mu F$.

a. ban đầu các tụ chưa tích điện. Khóa K ở vị trí b, chuyển sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R.

b. Sau đó chuyển K sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R trong lần nạp điện thứ 2 này.

c. Tính tổng điện lượng qua R sau n lần tích điện như trên

d. Tính điện tích của C_2 sau một số rất lớn lần tích điện như trên.



Lời giải:

a. Khi K sang a, tụ C_1 tích điện: $Q_1 = C_1 U = 1200\mu C$.

+ Khi K trở lại b: $Q_1 = Q_1' + Q_2' = U'(C_1 + C_2)$
 $\Rightarrow U' = 40V \Rightarrow Q_2' = C_2 U' = 400\mu C = 4 \cdot 10^{-4} C$

+ Điện lượng qua R: $\Delta Q_1 = Q_2' = 4 \cdot 10^{-4} C$

b. Bảo toàn điện tích cho lần nạp 2: $Q_1 + Q_2' = Q_1'' + Q_2''$
 $\Rightarrow U'' = 160/3 (V) \Rightarrow Q_2'' = C_2 U'' = 10 \cdot 160/3 (\mu C) = 533\mu C$

+ Điện lượng qua R: $\Delta Q_2 = Q_2'' - Q_2' = 400/3 (\mu C)$

c. Lần 1: $Q_2' = C_2 U' = C_2 \cdot \frac{Q_1}{C_1 + C_2} = Q_1 \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}$

Lần 2: $Q_2'' = C_2 U''$

$$= C_2 \cdot \frac{Q_1 + Q_2'}{C_1 + C_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left(Q_1 + Q_1 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) = Q_1 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left(1 + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)$$

Lần 3: $Q_2''' = C_2 U''' = C_2 \cdot \frac{Q_1 + Q_2''}{C_1 + C_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left[Q_1 + Q_1 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left(1 + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) \right] =$

$$= Q_1 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left[1 + \frac{C_2}{C_1 + C_2} + \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 \right]$$

Lần thứ n: $Q_2^{(n)} = Q_1 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \left[1 + \frac{C_2}{C_1 + C_2} + \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 + \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^3 + \dots + \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^{(n-1)} \right] =$

$$= 1200 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^3} + \dots + \frac{1}{3^{n-1}} \right) = 400 \cdot \frac{\left(\frac{1}{3}\right)^n - 1}{\frac{1}{3} - 1} = 400 \cdot \frac{1 - \frac{1}{3^n}}{\frac{2}{3}} = 600 \cdot \left(1 - \frac{1}{3^n} \right) \mu\text{C}$$

+ Vậy tổng điện tích qua R trong n lần nạp bằng: $Q_2^{(n)} = 600 \cdot \left(1 - \frac{1}{3^n} \right) \mu\text{C}$

d. Điện tích của C_2 khi n rất lớn là:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Q_2^{(n)} = 600 \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{3^n} \right) = 600 \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-4} \text{C}$$

1.4. Dạng 4: Bài toán giới hạn hoạt động của tụ điện:

Phương pháp chung:

+) Trường hợp một tụ điện: $E \leq E_{gh}$, $U = Ed$, $\Rightarrow U \leq E_{gh}d \Rightarrow U_{gh} = E_{gh}d$.

+) Trường hợp bộ tụ ghép:

*) Xác định U_{gh} đối với mỗi tụ.

*) Đối với bộ tụ ta có: $(U_{bộ})_{gh} = \min \{ (U_{gh})_i \}$.

Bài toán 1: Hai tụ $C_1 = 5 \cdot 10^{-10} \text{F}$, $C_2 = 15 \cdot 10^{-10} \text{F}$ mắc nối tiếp, khoảng giữa hai bản mỗi tụ lấp đầy điện môi có chiều dày $d = 2 \text{mm}$ và điện trường giới hạn 1800V/mm . Hỏi bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn bao nhiêu?

Lời giải:

$$\text{Hai tụ mắc nối tiếp: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{3}{1}, U_1 + U_2 = U \Rightarrow \begin{cases} U_1 = \frac{3}{4}U \\ U_2 = \frac{1}{4}U \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ: } U_{gh} = E_{gh} \cdot d = 1800 \cdot 2 = 3600 \text{V} \quad (2)$$

Từ (1) và (2): để bộ tụ không bị đánh thủng thì $U_1 \leq U_{gh}$

$$\Rightarrow U \leq 4800 \text{V}.$$

Vậy bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn là 4800V .

Bài toán 2: Ba tụ $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$ có hiệu điện thế giới hạn $U_1 = 1000 \text{V}$, $U_2 = 200 \text{V}$, $U_3 = 500 \text{V}$ mắc thành bộ. Cách mắc nào có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất? Tính điện dung và hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lúc này.

Lời giải:

Có tất cả 5 cách mắc ba tụ trên thành bộ.

- Cách 1: C_1 nt C_2 nt C_3

Để bộ tụ không bị đánh thủng thì hiệu điện thế mỗi tụ thỏa mãn:
$$\begin{cases} U_1 \leq 1000V \\ U_2 \leq 200V \\ U_3 \leq 500V \end{cases}$$

Ta tính được hiệu điện thế của bộ: $U \leq 733,3V$

Tương tự:

- Cách 2: C_1 nt ($C_2 // C_3$) $\Rightarrow U \leq 1200V$
- Cách 3: C_2 nt ($C_1 // C_3$) $\Rightarrow U \leq 500V$
- Cách 4: C_3 nt ($C_1 // C_2$) $\Rightarrow U \leq 400V$
- Cách 5: $C_1 // C_2 // C_3 \Rightarrow U \leq 200V$

\Rightarrow Cách 2 cho bộ tụ chịu được hiệu điện thế lớn nhất là 1200V, khi đó $C_{bộ} = \frac{5}{6} \mu F$.

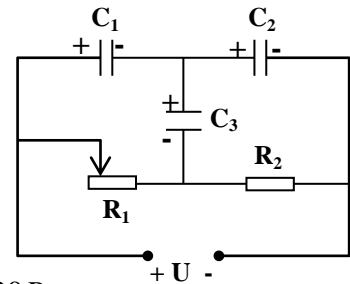
Bài toán 3: $C_1 = C_2 = C_3 = C$, R_1 là biến trở, $R_2 = 600\Omega$, $U = 120V$.

- a. Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1 . Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$.
- b. Biết hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ là 70V. Hỏi R_1 có thể thay đổi trong khoảng giá trị nào?

Lời giải:

a) Các điện trở: R_1 nt R_2 , cường độ dòng điện

qua mỗi điện trở:
$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120}{R_1 + 600}$$



+) Hiệu điện thế giữa hai đầu R_1 : $U_{R1} = I \cdot R_1 = \frac{UR_1}{R_1 + R_2} = \frac{120R_1}{R_1 + 600}$

+) Hiệu điện thế giữa hai đầu R_2 : $U_{R2} = I \cdot R_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2} = \frac{72000}{R_1 + 600}$

+) Gọi hiệu điện thế mỗi tụ C_1, C_2, C_3 lần lượt là U_1, U_2, U_3 và giả sử dấu điện tích trên các bản tụ như hình vẽ, ta có các liên hệ:

$$\begin{cases} U_1 + U_2 = U = 120V & (1) \\ U_1 + U_3 = U_{R1} = \frac{UR_1}{R_1 + R_2} = \frac{120R_1}{R_1 + 600} & (2) \\ -Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 & (3) \end{cases}$$

+) Thay $C_1 = C_2 = C_3 = C$ vào (3), được:

$$-U_1 + U_2 + U_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad U_2 + U_3 = U_1 \quad (3')$$

Từ (1), (2), (3') ta tìm được:

$$\begin{cases} U_1 = 40 \cdot \frac{2R_1 + 600}{R_1 + 600} \\ U_2 = 40 \cdot \frac{R_1 + 1200}{R_1 + 600} \\ U_3 = 40 \cdot \frac{R_1 - 600}{R_1 + 600} \end{cases}$$

+) Áp dụng: $R_1 = 400\Omega$ ta được: $U_1 = 56V$; $U_2 = 64V$; $U_3 = -8V$.

+) Nhận thấy $U_3 < 0$, nên điện tích trên C_3 phải có dấu phân bố ngược lại so với giả thiết ban đầu, hiệu điện thế của C_3 là $8V$.

b) So sánh U_1, U_2, U_3 , để thấy $U_1, U_2 > U_3$

Để các tụ không bị đánh thủng thì $U_1, U_2 \leq 70V$ (4)

+) $U_1 \geq U_2 \Rightarrow R_1 \geq 600\Omega$

Điều kiện (4) trở thành: $U_1 \leq 70V \Rightarrow U_1 = 40 \cdot \frac{2R_1 + 600}{R_1 + 600} \leq 70V$

$$\Rightarrow R_1 \leq 1800\Omega$$

$$\Rightarrow 600\Omega \leq R_1 \leq 1800\Omega \quad (5)$$

+) $U_1 < U_2 \Rightarrow R_1 < 600\Omega$

Điều kiện (4) trở thành: $U_2 \leq 70V \Rightarrow R_1 \geq 200\Omega$

1.5. Dạng 5: Bài toán về năng lượng điện trường của tụ điện – Mật độ năng lượng của tụ điện:

Phương pháp chung:

+) Áp dụng các công thức về năng lượng của tụ điện: $W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$.

+) Năng lượng của bộ tụ: $W_{bộ} = \sum w_i$.

+) Trường hợp của tụ điện phẳng, có thể tính được mật độ năng lượng điện trường

trong tụ điện: $\frac{w}{V} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$.

Bài toán 1: Một tụ điện có điện dung $C = 6\mu F$ được mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế $U = 100V$. Sau khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, điện tích của tụ điện phóng qua lớp điện môi trong tụ đến khi tụ điện mất hoàn toàn điện tích. Tính nhiệt lượng tỏa ra ở điện môi trong thời gian phóng điện?

Lời giải:

Sau khi ngắt tụ khỏi nguồn, nhiệt lượng tỏa ra ở điện môi trong thời gian phóng điện bằng năng lượng mà tụ đã tích được:

$$W = \frac{CU^2}{2} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ (J)}$$

Bài toán 2: Một tụ điện có điện dung $C = 5\mu\text{F}$ được tích điện, điện tích của tụ điện $Q = 10^{-3}\text{C}$. Nối tụ điện vào bộ ác quy được cấp một hiệu điện thế $U = 80\text{V}$; bản tích điện dương nối với cực dương, bản tích điện âm nối với cực âm của ác quy. Hỏi khi đó năng lượng của bộ ác quy tăng lên hay giảm đi một lượng bao nhiêu?

Lời giải:

- Năng lượng ban đầu của tụ điện:

$$W_1 = \frac{Q^2}{2C} = 0,1 \text{ (J)}$$

- Năng lượng của tụ sau khi nối với ác quy:

$$W_2 = \frac{CU^2}{2} = 0,016 \text{ (J)}$$

- Năng lượng của bộ ác quy tăng lên một lượng là:

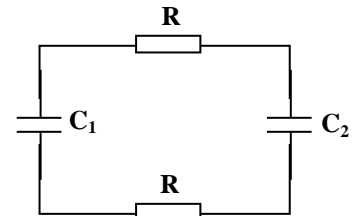
$$\Delta W = W_1 - W_2 = 0,084 \text{ (J)}$$

Bài toán 3: Hai tụ điện phẳng không khí giống nhau, diện tích mỗi bản tụ là $S = 80\text{cm}^2$, khoảng cách giữa hai bản là $d_1 = 1,2\text{mm}$ cùng tích điện nhờ nguồn có hiệu điện thế $U_0 = 1000\text{V}$. Sau đó hai tụ điện này được nối với nhau bằng hai điện trở có giá trị $R = 25\text{k}\Omega$, các bản tụ tích điện cùng dấu được nối với nhau. Bây giờ hai bản mỗi tụ được đưa ra cách xa nhau $d_2 = 3,6\text{mm}$ trong thời gian $t = 2,5\text{s}$ theo hai cách:

a) Đồng thời tách ra xa hai bản của hai tụ.

b) Tách hai bản của một tụ trước sau đó đến lượt tụ kia.

Hỏi cách nào tốn nhiều công hơn và tốn hơn bao nhiêu?



Lời giải:

+) Điện dung mỗi tụ trước khi tách các bản tụ ra xa nhau: $C_0 = \frac{S}{4\pi kd_1} \approx 5,9 \cdot 10^{-11} \text{ F}$

và sau khi tăng khoảng cách giữa các bản tụ: $C = \frac{S}{4\pi kd_2} = \frac{C_0}{3} \approx 1,97 \cdot 10^{-11} \text{ F}$

+) Điện tích ban đầu của mỗi tụ: $Q_0 = C_0 \cdot U = 5,9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

a) Đồng thời tách các bản của hai tụ:

+) Hiệu điện thế hai tụ bằng nhau và điện dung hai tụ trong khoảng thời gian này cũng bằng nhau nên điện tích các tụ không đổi.

+) Công dùng để dịch chuyển các bản của tụ C_1 bằng độ biến thiên năng lượng của C_1 :

$$A_1 = \Delta W_1$$

+) Công để dịch chuyển các bản của hai tụ: $A = A_1 + A_2 = 2 \Delta W_1$

$$A = 2 \left(\frac{Q_0^2}{2C} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right) = Q_0^2 \left(\frac{3}{C_0} - \frac{1}{C_0} \right) = \frac{2Q_0^2}{C_0}$$

a) Tách lần lượt hai bản của từng tụ:

- Tách hai bản của tụ C_1 trước: Hiệu điện thế và điện tích các tụ sau khi tách là $U_1, U_2,$

$$Q_1, Q_2$$

Ta có:
$$\begin{cases} U_1 = U_2 \\ Q_1 + Q_2 = 2Q_0 \end{cases} \Rightarrow (C_1 + C_2)U_1 = 2Q_0 \Rightarrow U_1 = U_2 = \frac{2Q_0}{C_1 + C_2}$$

+) Điện tích của các tụ C_1, C_2 :

$$Q_1 = C_1 U_1 = \frac{C_0}{3} \frac{2Q_0}{C_1 + C_2} = \frac{C_0}{3} \frac{2Q_0}{\frac{C_0}{3} + C_0} = \frac{Q_0}{2}; \quad Q_2 = C_0 \cdot U_2 = C_0 \cdot \frac{2Q_0}{C_1 + C_2} = \frac{2Q_0 C_0}{\frac{C_0}{3} + C_0} = \frac{3Q_0}{2}$$

+) Độ biến thiên điện tích trên C_2 : $\Delta q = \frac{2Q_0}{2} - Q_0 = \frac{Q_0}{2}$

\Rightarrow Cường độ dòng điện trung bình qua các điện trở: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q_0}{2t}$

+) Nhiệt lượng tỏa ra trên mỗi điện trở: $q = I^2 R t = R \frac{Q_0^2}{4t^2} t = \frac{RQ_0^2}{4t}$

+) Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có: $W_1 + W_2 + A_1 = W_1' + W_2' + 2q$

$$\begin{aligned} \Rightarrow A_1 &= (W_1' - W_1) + (W_2' - W_2) + 2q = \left(\frac{Q_1^2}{2C} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right) + \left(\frac{Q_2^2}{2C_0} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right) + \frac{RQ_0^2}{2t} \\ &= \frac{3Q_1^2 + Q_2^2 - 2Q_0^2}{2C_0} + \frac{RQ_0^2}{2t} = \frac{Q_0^2}{2C_0} + \frac{RQ_0^2}{2t} \end{aligned}$$

- Sau đó tách các bản của tụ C_2 :

Sau khi tách xong, điện dung hai tụ lại bằng nhau và bằng $C_0/3$, do đó điện tích các tụ lại bằng nhau và bằng Q_0 ban đầu. Do đó điện lượng qua các điện trở R bằng lúc trước và bằng $\Delta q = \frac{Q_0}{2}$ nhưng ngược chiều.

Nhiệt lượng tỏa ra trên hai điện trở: $2q = \frac{RQ_0^2}{2t}$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho quá trình dịch chuyển thứ hai này:

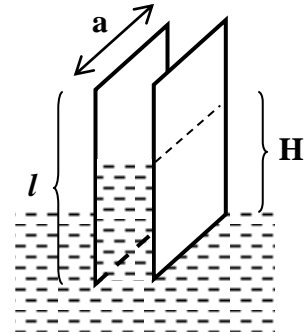
$$\begin{aligned} W_1' + W_2' + A_2 &= W_1'' + W_2'' + 2q \\ \Rightarrow A_2 &= (W_1'' - W_1') + (W_2'' - W_2') + 2q \\ &= \left(\frac{Q_0^2}{2C} - \frac{Q_1^2}{2C} \right) + \left(\frac{Q_0^2}{2C} - \frac{Q_2^2}{2C_0} \right) + \frac{RQ_0^2}{2t} = \frac{3Q_0^2}{2C_0} + \frac{RQ_0^2}{2t} \end{aligned}$$

+) Vậy tổng công đã thực hiện: $A' = A_1 + A_2 = \frac{2Q_0^2}{C_0} + \frac{RQ_0^2}{t}$

+) Rõ ràng $A' > A$: $\Delta A = A' - A = \frac{RQ_0^2}{t} = 34,8 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

+) Công thực hiện theo cách 2 tốn hơn cách 1, và tốn hơn một lượng đúng bằng nhiệt lượng tỏa ra trên các điện trở R. Điều này phù hợp với quan điểm của định luật bảo toàn năng lượng.

Bài toán 4: Tụ phẳng không khí có các bản hình chữ nhật cách nhau một đoạn d. Mép dưới các bản chạm vào mặt điện môi lỏng ϵ có khối lượng riêng D. Nối tụ với nguồn U, điện môi dâng lên một đoạn H giữa 2 bản. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn. Tính H?



Lời giải:

*) Khi không có điện môi lỏng:

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

+) Năng lượng của tụ: $W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} U^2 = \frac{\epsilon_0 a \cdot l}{2d} U^2$

+) Với a, l: các kích thước của bản tụ (hình vẽ).

+) Hai mép dưới của các bản tụ tiếp xúc với điện môi lỏng, điện trường ở mép tụ đã làm phân cực điện môi, các phân tử điện môi trở thành lưỡng cực điện và bị hút lên bởi điện trường giữa hai bản tụ. Công của lực điện bằng độ biến thiên năng lượng của tụ và bằng thế năng hấp dẫn của cột chất lỏng.

+) Khi điện môi dâng lên một đoạn H:

+) Lúc này tụ gồm hai phần ghép song song:

+) Phần trên là tụ điện không khí, điện dung: $C_1 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} = \frac{\epsilon_0 a(l-H)}{d}$;

+) Phần dưới là tụ có điện môi lỏng, điện dung: $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S_2}{d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 aH}{d}$

+) Điện dung tương đương củ tụ: $C' = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 a}{d} [l + H(\epsilon - 1)]$

+) Tụ có năng lượng: $W' = \frac{1}{2} C' U^2 = \frac{\epsilon_0 a}{2d} [l + H(\epsilon - 1)] U^2$;

+) Độ chênh lệch năng lượng của tụ khi có điện môi lỏng dâng lên và khi điện môi là

không khí: $\Delta W = W' - W = \frac{\epsilon_0 a}{2d} . U^2 [l + H(\epsilon - 1) - l] = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 a H}{2d} . U^2$

+) Phần năng lượng do nguồn cung cấp thêm cho tụ ΔW dùng để kéo cột điện môi lên độ cao H, ta có phương trình:

$\Delta W = W_t$; Với W_t là thế năng trọng trường của cột điện môi H,

$W_t = mgz = V.D.g. \frac{H}{2} = aHd.D.g. \frac{H}{2} = \frac{1}{2} . adDgH^2$

$\Rightarrow \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 a H}{2d} . U^2 = \frac{1}{2} . adDgH^2 \Rightarrow H = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2}{Dgd^2}$

+) Vậy cột điện môi dâng lên có độ cao $H = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2}{Dgd^2}$;

Nếu $\frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2}{Dgd^2} \geq l$ thì độ cao của cột điện môi $H = l$

1.6. Dạng 6: Bài toán chuyển động của điện tích trong tụ điện:

Phương pháp chung:

* Gia tốc: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$

- Độ lớn của gia tốc: $a = \frac{|q|E}{m}$

* Chuyển động thẳng biến đổi đều:

- Các phương trình động học: $v = v_0 + at$

$S = v_0t + \frac{at^2}{2}$

$v^2 - v_0^2 = 2a.S$

* Chuyển động cong: Chọn hệ trục tọa độ 0xy có $Ox \perp \vec{E}; Oy // \vec{E}$

$+\vec{v}_0 \perp \vec{E}$

- Phương trình chuyển động:

$\begin{cases} x = v_0t \\ y = \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$ với $a = \frac{|q|U}{md}$

- Phương trình quỹ đạo;

$$y = \frac{a}{2v_0^2} x^2$$

+ \vec{v}_0 xiên góc với \vec{E}

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha t \\ y = \frac{1}{2} at^2 + v_0 \sin \alpha t \end{cases}$$

- Phương trình quỹ đạo: $y = \tan \alpha \cdot x + \frac{a}{(v_0 \cos \alpha)^2} x^2$

Bài toán 1: Giữa hai bản kim loại đặt song song nằm ngang tích điện trái dấu có một hiệu điện thế $U_1 = 1000V$ khoảng cách giữa hai bản là $d = 1cm$. Ở chính giữa hai bản có một giọt thủy ngân nhỏ tích điện dương nằm lơ lửng. Đột nhiên hiệu điện thế giảm xuống chỉ còn $U_2 = 995V$. Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi xuống bản dương?

Lời giải:

- Khi hiệu điện thế của hai bản là U_1 điện tích nằm lơ lửng:

$$F_d = P \Leftrightarrow \frac{U_1}{d} |q| = mg \Leftrightarrow m = \frac{U_1}{gd} |q|$$

- Khi hiệu điện thế của hai bản là U_2 điện tích chuyển động nhanh dần đều về phía bản âm với gia tốc:

$$a = \frac{mg - \frac{U_2}{d} |q|}{m} = \frac{\frac{U_1}{d} |q| - \frac{U_2}{d} |q|}{\frac{U_1}{gd} |q|} = g \left(1 - \frac{U_2}{U_1}\right) = 0,5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Thời gian giọt thủy ngân rơi xuống bản dương:

$$x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} d \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a}} = 0,45s$$

Bài toán 2: Một electron bay từ bản âm sang bản dương của một tụ điện phẳng. Điện trường trong khoảng hai bản tụ có cường độ $E = 6.10^4V/m$. Khoảng cách giữa hai bản tụ $d = 5cm$.

- a. Tính gia tốc của electron.
- b. tính thời gian bay của electron biết vận tốc ban đầu bằng 0.
- c. Tính vận tốc tức thời của electron khi chạm bản dương.

Lời giải:

a. Gia tốc của electron:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|e|E}{m} = 1.05.10^{16} \text{ m/s}^2$$

b. thời gian bay của electron:

$$d = x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

c. Vận tốc của electron khi chạm bản dương:

$$v = at = 3,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Bài toán 3: Một electron bay vào trong một điện trường theo hướng ngược với hướng đường sức với vận tốc 2000km/s. Vận tốc của electron ở cuối đoạn đường sẽ là bao nhiêu nếu hiệu điện thế ở cuối đoạn đường đó là 15V.

Lời giải:

Áp dụng định lý động năng:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = |e|U \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2|e|U}{m}} = 3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Bài toán 4: Một electron bay trong điện trường giữa hai bản của một tụ điện đã tích điện và đặt cách nhau 2cm với vận tốc $3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ theo song song với các bản của tụ điện. Hiệu điện thế giữa hai bản phải là bao nhiêu để electron lệch đi 2,5mm khi đi được đoạn đường 5cm trong điện trường.

Lời giải:

- Gia tốc của electron:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|e|E}{m} = \frac{|e|U}{md} \Rightarrow U = \frac{amd}{|e|} \quad (1)$$

- Khi bay vào điện trường giữa hai bản tụ, electron chuyển động như một vật bị ném ngang:

$$h = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow a = \frac{2h}{t^2} = \frac{2h}{\left(\frac{s}{v}\right)^2} = \frac{2hv^2}{s^2} \quad (2)$$

Từ (1) và (2):

$$U = \frac{2mhv^2}{|e|s^2} = 200 \text{ V}$$

2. Bài tập vận dụng tự giải:

Câu hỏi trắc nghiệm:

Câu 1: Một tụ điện điện dung $5\mu\text{F}$ được tích điện đến điện tích bằng $86\mu\text{C}$. Tính hiệu điện thế trên hai bản tụ: A. $17,2\text{V}$ B. $27,2\text{V}$ C. $37,2\text{V}$ D. $47,2\text{V}$

Câu 2: Một tụ điện điện dung 24nF tích điện đến hiệu điện thế 450V thì có bao nhiêu electron mới di chuyển đến bản âm của tụ điện:

- A. $575 \cdot 10^{11}$ electron B. $675 \cdot 10^{11}$ electron
C. $775 \cdot 10^{11}$ electron D. $875 \cdot 10^{11}$ electron

Câu 3: Bộ tụ điện trong chiếc đèn chụp ảnh có điện dung $750\mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế 330V . Xác định năng lượng mà đèn tiêu thụ trong mỗi lần đèn lóe sáng: A. $20,8\text{J}$ B. $30,8\text{J}$ C. $40,8\text{J}$ D. $50,8\text{J}$

Câu 4: Bộ tụ điện trong chiếc đèn chụp ảnh có điện dung $750\mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế 330V . Mỗi lần đèn lóe sáng tụ điện phóng điện trong thời gian 5ms . Tính công suất phóng điện của tụ điện:

- A. $5,17\text{kW}$ B. $6,17\text{kW}$ C. $7,17\text{kW}$ D. $8,17\text{kW}$

Câu 5: Một tụ điện có điện dung 500pF mắc vào hai cực của một máy phát điện có hiệu điện thế 220V . Tính điện tích của tụ điện:

- A. $0,31\mu\text{C}$ B. $0,21\mu\text{C}$ C. $0,11\mu\text{C}$ D. $0,01\mu\text{C}$

Câu 6: Tụ điện phẳng không khí có điện dung 5nF . Cường độ điện trường lớn nhất mà tụ có thể chịu được là $3 \cdot 10^5\text{V/m}$, khoảng cách giữa hai bản là 2mm . Điện tích lớn nhất có thể tích cho tụ là: A. $2\mu\text{C}$ B. $3\mu\text{C}$ C. $2,5\mu\text{C}$ D. $4\mu\text{C}$

Câu 7: Năng lượng điện trường trong tụ điện tỉ lệ với:

- A. hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện
B. điện tích trên tụ điện
C. bình phương hiệu điện thế hai bản tụ điện
D. hiệu điện thế hai bản tụ và điện tích trên tụ

Câu 8: Một tụ điện có điện dung 5nF , điện trường lớn nhất mà tụ có thể chịu được là $3 \cdot 10^5\text{V/m}$, khoảng cách giữa hai bản là 2mm . Hiệu điện thế lớn nhất giữa hai bản tụ là:

- A. 600V B. 400V C. 500V D. 800V

Câu 9: Một tụ điện có điện dung 2000pF mắc vào hai cực của nguồn điện hiệu điện thế 5000V . Tính điện tích của tụ điện:

- A. $10\mu\text{C}$ B. $20\mu\text{C}$ C. $30\mu\text{C}$ D. $40\mu\text{C}$

Câu 10: Một tụ điện có điện dung 2000pF mắc vào hai cực của nguồn điện hiệu điện thế 5000V . Tích điện cho tụ rồi ngắt khỏi nguồn, tăng điện dung tụ lên hai lần thì hiệu điện thế của tụ khi đó là:

A. 2500V B. 5000V C. 10 000V D. 1250V

Câu 11: Một tụ điện có thể chịu được điện trường giới hạn là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$, khoảng cách giữa hai bản tụ là 1mm, điện dung là $8,85 \cdot 10^{-11} \text{F}$. Hỏi hiệu điện thế tối đa có thể đặt vào hai bản tụ là bao nhiêu:

A. 3000V B. 300V C. 30 000V D. 1500V

Câu 12: Một tụ điện có thể chịu được điện trường giới hạn là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$, khoảng cách giữa hai bản tụ là 1mm, điện dung là $8,85 \cdot 10^{-11} \text{F}$. Hỏi điện tích cực đại mà tụ tích được: A. $26,55 \cdot 10^{-8} \text{C}$ B. $26,55 \cdot 10^{-9} \text{C}$ C. $26,55 \cdot 10^{-7} \text{C}$ D. $13,32 \cdot 10^{-8} \text{C}$

Câu 13: Tụ điện có điện dung $2 \mu\text{F}$ có khoảng cách giữa hai bản tụ là 1cm được tích điện với nguồn điện có hiệu điện thế 24V. Cường độ điện trường giữa hai bản tụ bằng: A. 24V/m B. 2400V/m C. 24 000V/m D. 2,4V/m

Câu 14: Tụ điện có điện dung $2 \mu\text{F}$ có khoảng cách giữa hai bản tụ là 1cm được tích điện với nguồn điện có hiệu điện thế 24V. Ngắt tụ khỏi nguồn và nối hai bản tụ bằng dây dẫn thì năng lượng tụ giải phóng ra là:

A. $5,76 \cdot 10^{-4} \text{J}$ B. $1,152 \cdot 10^{-3} \text{J}$ C. $2,304 \cdot 10^{-3} \text{J}$ D. $4,217 \cdot 10^{-3} \text{J}$

Câu 15: Một tụ điện có điện dung C, điện tích q, hiệu điện thế U. Tăng hiệu điện thế hai bản tụ lên gấp đôi thì điện tích của tụ:

A. không đổi B. tăng gấp đôi C. tăng gấp bốn D. giảm một nửa

Câu 16: Một tụ điện có điện dung C, điện tích q, hiệu điện thế U. Ngắt tụ khỏi nguồn, giảm điện dung xuống còn một nửa thì điện tích của tụ:

A. không đổi B. tăng gấp đôi C. Giảm còn một nửa D. giảm còn một phần tư

Câu 17: Một tụ điện có điện dung C, điện tích q, hiệu điện thế U. Ngắt tụ khỏi nguồn, giảm điện dung xuống còn một nửa thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ:

A. không đổi B. tăng gấp đôi C. Giảm còn một nửa D. giảm còn một phần tư

Câu 18: Một tụ điện có điện dung C, điện tích q, hiệu điện thế U. Ngắt tụ khỏi nguồn, giảm điện dung xuống còn một nửa thì năng lượng của tụ:

A. không đổi B. tăng gấp đôi C. Giảm còn một nửa D. giảm còn một phần tư

Câu 19: Một tụ điện phẳng có điện môi là không khí có điện dung là $2 \mu\text{F}$, khoảng cách giữa hai bản tụ là 1mm. Biết điện trường giới hạn đối với không khí là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$. Hiệu điện thế và điện tích cực đại của tụ là:

A. 1500V; 3mC B. 3000V; 6mC C. 6000V/ 9mC D. 4500V; 9mC

Câu 20: Một tụ điện phẳng có điện môi là không khí có điện dung là $2\mu\text{F}$, khoảng cách giữa hai bản tụ là 1mm. Biết điện trường giới hạn đối với không khí là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$. Năng lượng tối đa mà tụ tích trữ được là:

- A. 4,5J B. 9J C. 18J D. 13,5J

Câu 21: Một tụ điện phẳng mắc vào hai cực của một nguồn điện có hiệu điện thế 500V. Ngắt tụ khỏi nguồn rồi tăng khoảng cách lên hai lần. Hiệu điện thế của tụ điện khi đó: A. giảm hai lần B. tăng hai lần C. tăng 4 lần D. giảm 4 lần

Câu 22: Nối hai bản tụ điện phẳng với hai cực của acquy. Nếu dịch chuyển các bản xa nhau thì trong khi dịch chuyển có dòng điện đi qua acquy không:

- A. Không
B. lúc đầu có dòng điện đi từ cực âm sang cực dương của acquy sau đó dòng điện có chiều ngược lại
C. dòng điện đi từ cực âm sang cực dương
D. dòng điện đi từ cực dương sang cực âm

Câu 23: Nối hai bản tụ điện phẳng với hai cực của nguồn một chiều, sau đó ngắt tụ ra khỏi nguồn rồi đưa vào giữa hai bản một chất điện môi có hằng số điện môi ϵ thì điện dung C và hiệu điện thế giữa hai bản tụ sẽ:

- A. C tăng, U tăng B. C tăng, U giảm C. C giảm, U giảm D. C giảm, U tăng

Câu 24: Nối hai bản tụ điện phẳng với hai cực của nguồn một chiều, sau đó ngắt tụ ra khỏi nguồn rồi đưa vào giữa hai bản một chất điện môi có hằng số điện môi ϵ thì năng lượng W của tụ và cường độ điện trường E giữa hai bản tụ sẽ:

- A. W tăng; E tăng B. W tăng; E giảm
C. W giảm; E giảm D. W giảm; E tăng

Câu 25: Một tụ điện phẳng có điện dung 7nF chứa đầy điện môi có hằng số điện môi ϵ , diện tích mỗi bản là 15cm^2 và khoảng cách giữa hai bản bằng 10^{-5}m . Tính hằng số điện môi ϵ : A. 3,7 B. 3,9 C. 4,5 D. 5,3

Câu 26: Một tụ điện phẳng hai bản có dạng hình tròn bán kính 2cm đặt trong không khí cách nhau 2mm. Điện dung của tụ điện đó là:

- A. 1,2pF B. 1,8pF C. 8,7pF D. 5,6pF

Câu 27: Một tụ điện phẳng hai bản có dạng hình tròn bán kính 2cm đặt trong không khí cách nhau 2mm. Có thể đặt một hiệu điện thế lớn nhất là bao nhiêu vào hai bản tụ đó, biết điện trường nhỏ nhất có thể đánh thủng không khí là $3 \cdot 10^6 \text{V/m}$:

- A. 3000V B. 6000V C. 9000V D. 10 000V

Câu 28: Một tụ điện phẳng không khí mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế 200V, diện tích mỗi bản là 20cm^2 , hai bản cách nhau 4mm. Tính mật độ năng lượng điện trường trong tụ điện: A. $0,11\text{J/m}^3$ B. $0,27\text{J/m}^3$ C. $0,027\text{J/m}^3$ D. $0,011\text{J/m}^3$

Câu hỏi 29: Điện dung của tụ điện phẳng phụ thuộc vào:

- A. hình dạng, kích thước tụ và bản chất điện môi
- B. kích thước, vị trí tương đối của 2 bản và bản chất điện môi
- C. hình dạng, kích thước, vị trí tương đối của hai bản tụ
- D. hình dạng, kích thước, vị trí tương đối của hai bản tụ và bản chất điện môi

Câu 30: Hai bản tụ điện phẳng hình tròn bán kính 60cm, khoảng cách giữa hai bản là 2mm, giữa hai bản là không khí. Điện dung của tụ là:

- A. 5nF B. 0,5nF C. 50nF D. 5mF

Câu 31: Ba tụ điện giống nhau cùng điện dung C ghép song song với nhau thì điện dung của bộ tụ là: A. C B. 2C C. C/3 D. 3C

Câu 32: Ba tụ điện giống nhau cùng điện dung C ghép nối tiếp với nhau thì điện dung của bộ tụ là: A. C B. 2C C. C/3 D. 3C

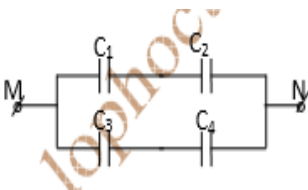
Câu 33: Bộ ba tụ điện $C_1 = C_2 = C_3/2$ ghép song song rồi nối vào nguồn có hiệu điện thế 45V thì điện tích của bộ tụ là $18 \cdot 10^{-4}\text{C}$. Tính điện dung của các tụ điện:

- A. $C_1 = C_2 = 5\mu\text{F}$; $C_3 = 10\mu\text{F}$ B. $C_1 = C_2 = 8\mu\text{F}$; $C_3 = 16\mu\text{F}$
- C. $C_1 = C_2 = 10\mu\text{F}$; $C_3 = 20\mu\text{F}$ D. $C_1 = C_2 = 15\mu\text{F}$; $C_3 = 30\mu\text{F}$

Câu 34: Hai tụ điện có điện dung $C_1 = 2\mu\text{F}$; $C_2 = 3\mu\text{F}$ mắc nối tiếp nhau. Tính điện dung của bộ tụ: A. $1,8\mu\text{F}$ B. $1,6\mu\text{F}$ C. $1,4\mu\text{F}$ D. $1,2\mu\text{F}$

Câu 35: Hai tụ điện có điện dung $C_1 = 2\mu\text{F}$; $C_2 = 3\mu\text{F}$ mắc nối tiếp nhau. Đặt vào bộ tụ hiệu điện thế một chiều 50V thì hiệu điện thế của các tụ là:

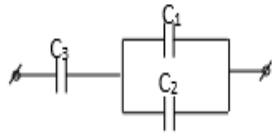
- A. $U_1 = 30\text{V}$; $U_2 = 20\text{V}$ B. $U_1 = 20\text{V}$; $U_2 = 30\text{V}$
- C. $U_1 = 10\text{V}$; $U_2 = 40\text{V}$ D. $U_1 = 250\text{V}$; $U_2 = 25\text{V}$



Câu 36: Bốn tụ điện mắc thành bộ theo sơ đồ như hình vẽ, $C_1 = 1\mu\text{F}$; $C_2 = C_3 = 3\mu\text{F}$. Khi nối hai điểm M, N với nguồn điện thì C_1 có điện tích $q_1 = 6\mu\text{C}$ và cả bộ tụ có điện tích $q = 15,6\mu\text{C}$. Hiệu điện thế đặt vào bộ tụ đó là: A. 4V B. 6V C. 8V

D. 10V **Câu 37:** Bốn tụ điện mắc thành bộ theo sơ đồ như hình vẽ ở trên, $C_1 = 1\mu\text{F}$; $C_2 = C_3 = 3\mu\text{F}$. Khi nối hai điểm M, N với nguồn điện thì C_1 có điện tích $q_1 = 6\mu\text{C}$ và cả bộ tụ có điện tích $q = 15,6\mu\text{C}$. Điện dung C_4 là:

- A. $1\mu\text{F}$ B. $2\mu\text{F}$ C. $3\mu\text{F}$ D. $4\mu\text{F}$



Câu 38: Ba tụ $C_1 = 3\text{nF}$, $C_2 = 2\text{nF}$, $C_3 = 20\text{nF}$ mắc như hình vẽ. Nối bộ tụ với hiệu điện thế 30V. Tính điện dung của cả bộ tụ:

- A. 2nF B. 3nF C. 4nF D. 5nF

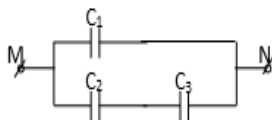
Câu 39: Ba tụ $C_1 = 3\text{nF}$, $C_2 = 2\text{nF}$, $C_3 = 20\text{nF}$ mắc như hình vẽ trên. Nối bộ tụ với hiệu điện thế 30V. Tụ C_1 bị đánh thủng. Tìm điện tích và hiệu điện thế trên tụ C_3 :

- A. $U_3 = 15\text{V}$; $q_3 = 300\text{nC}$ B. $U_3 = 30\text{V}$; $q_3 = 600\text{nC}$
C. $U_3 = 0\text{V}$; $q_3 = 600\text{nC}$ D. $U_3 = 25\text{V}$; $q_3 = 500\text{nC}$

Câu 40: Hai tụ điện điện dung $C_1 = 0,3\text{nF}$, $C_2 = 0,6\text{nF}$ ghép nối tiếp, khoảng cách giữa hai bản tụ của hai tụ như nhau bằng 2mm. Điện môi của mỗi tụ chỉ chịu được điện trường có cường độ lớn nhất là 10^4V/m . Hiệu điện thế giới hạn được phép đặt vào bộ tụ đó bằng: A. 20V B. 30V C. 40V D. 50V

Câu 41: Hai tụ điện $C_1 = 0,4\mu\text{F}$; $C_2 = 0,6\mu\text{F}$ ghép song song rồi mắc vào hiệu điện thế $U < 60\text{V}$ thì một trong hai tụ có điện tích $30\mu\text{C}$. Tính hiệu điện thế U và điện tích của tụ kia: A. 30V, $5\mu\text{C}$ B. 50V; $20\mu\text{C}$ C. 25V; $10\mu\text{C}$ D. 40V; $25\mu\text{C}$

Câu 42: Ba tụ điện ghép nối tiếp có $C_1 = 20\text{pF}$, $C_2 = 10\text{pF}$, $C_3 = 30\text{pF}$. Tính điện dung của bộ tụ đó: A. $3,45\text{pF}$ B. $4,45\text{pF}$ C. $5,45\text{pF}$ D. $6,45\text{pF}$



Câu 43: Một mạch điện như hình vẽ, $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = C_3 = 4\mu\text{F}$. Tính điện dung của bộ tụ:

- A. $3\mu\text{F}$ B. $5\mu\text{F}$ C. $7\mu\text{F}$ D. $12\mu\text{F}$

Câu 44: Một mạch điện như hình vẽ trên, $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = C_3 = 4\mu\text{F}$. Nối hai điểm M, N với hiệu điện thế 10V. Điện tích trên mỗi tụ điện là:

- A. $q_1 = 5\mu\text{C}$; $q_2 = q_3 = 20\mu\text{C}$ B. $q_1 = 30\mu\text{C}$; $q_2 = q_3 = 15\mu\text{C}$

C. $q_1 = 30 \mu\text{C}; q_2 = q_3 = 20 \mu\text{C}$ D. $q_1 = 15 \mu\text{C}; q_2 = q_3 = 10 \mu\text{C}$

Câu 45: Ba tụ điện có điện dung bằng nhau và bằng C. Để được bộ tụ có điện dung là C/3 ta phải ghép các tụ đó thành bộ:

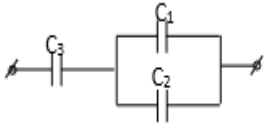
- A. 3 tụ nối tiếp nhau B. 3 tụ song song nhau
C. $(C_1 \text{ nt } C_2) // C_3$ D. $(C_1 // C_2) \text{ nt } C_3$

Câu 46: Ba tụ điện $C_1 = C_2 = C, C_3 = 2C$. Để được bộ tụ có điện dung là C thì các tụ phải ghép:

- A. 3 tụ nối tiếp nhau B. $(C_1 // C_2) \text{ nt } C_3$
C. 3 tụ song song nhau D. $(C_1 \text{ nt } C_2) // C_3$

Câu 47: Hai tụ giống nhau có điện dung C ghép nối tiếp nhau và nối vào nguồn một chiều hiệu điện thế U thì năng lượng của bộ tụ là W_t , khi chúng ghép song song và nối vào hiệu điện thế cũng là U thì năng lượng của bộ tụ là W_s , ta có:

- A. $W_t = W_s$ B. $W_s = 4W_t$ C. $W_s = 2W_t$ D. $W_t = 4W_s$



Câu 48: Ba tụ $C_1 = 3\text{nF}, C_2 = 2\text{nF}, C_3 = 20\text{nF}$ mắc như hình vẽ. Nối bộ tụ với hiệu điện thế 30V. Tính hiệu điện thế trên tụ C_2 :

- A. 12V B. 18V C. 24V D. 30V

Câu 49: Ba tụ $C_1 = 3\text{nF}, C_2 = 2\text{nF}, C_3 = 20\text{nF}$ mắc như hình vẽ trên. Nối bộ tụ với hiệu điện thế 30V. Tụ C_1 bị đánh thủng. Tìm điện tích và hiệu điện thế trên tụ C_1 :

- A. $U_1 = 15\text{V}; q_1 = 300\text{nC}$ B. $U_1 = 30\text{V}; q_1 = 600\text{nC}$
C. $U_1 = 0\text{V}; q_1 = 0\text{nC}$ D. $U_1 = 25\text{V}; q_1 = 500\text{nC}$

Câu 50: Ba tụ $C_1 = 3\text{nF}, C_2 = 2\text{nF}, C_3 = 20\text{nF}$ mắc như hình vẽ trên. Nối bộ tụ với hiệu điện thế 30V. Tụ C_1 bị đánh thủng. Tìm điện tích và hiệu điện thế trên tụ C_2 :

- A. $U_2 = 15\text{V}; q_2 = 300\text{nC}$ B. $U_2 = 30\text{V}; q_2 = 600\text{nC}$
C. $U_2 = 0\text{V}; q_2 = 0\text{nC}$ D. $U_2 = 25\text{V}; q_2 = 500\text{nC}$

Bài tập tự luận:

Bài 1: Một tụ điện có điện dung $C = 6 \mu\text{F}$ được mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế $U = 100\text{V}$. Sau khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, điện tích của tụ điện phóng qua lớp điện môi trong tụ đến khi tụ điện mất hoàn toàn điện tích. Tính nhiệt lượng tỏa ra ở điện môi trong thời gian phóng điện?

Bài 2: Bộ tụ điện trong chiếc đèn chụp ảnh có điện dung $750 \mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế 330V .

- Xác định năng lượng mà đèn tiêu thụ trong mỗi lần đèn lóe sáng?
- Mỗi lần đèn lóe sáng tụ điện phóng điện trong thời gian 5ms . Tính công suất phóng điện của tụ điện?

Bài 3: Một tụ điện có điện dung 2000 pF mắc vào hai cực của nguồn điện hiệu điện thế 5000V . Tích điện cho tụ rồi ngắt khỏi nguồn, tăng điện dung tụ lên hai lần thì hiệu điện thế của tụ khi đó là?

Bài 4: Một tụ điện phẳng có điện dung 7nF chứa đầy điện môi có hằng số điện môi ϵ , diện tích mỗi bản là 15cm^2 và khoảng cách giữa hai bản bằng 10^{-5} m . Tính hằng số điện môi ϵ ?

Bài 5: Một tụ điện phẳng không khí mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế 200V , diện tích mỗi bản là 20cm^2 , hai bản cách nhau 4mm . Tính năng lượng điện trường trong tụ điện và mật độ năng lượng (J/m^3)?

Bài 6: Một tụ điện phẳng bằng nhôm có kích thước $4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$. điện môi là dung dịch axêton có hằng số điện môi là 20 . khoảng cách giữa hai bản của tụ điện là $0,3 \text{ mm}$. Tính điện dung của tụ điện.

Bài 7: Tụ điện phẳng không khí điện dung 2 pF được tích điện ở hiệu điện thế 600V .

- Tính điện tích Q của tụ.
- Ngắt tụ khỏi nguồn, đưa hai đầu tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp đôi. Tính C_1 , Q_1 , U_1 của tụ.
- Vẫn nối tụ với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp đôi. Tính C_2 , Q_2 , U_2 của tụ.

Bài 8: Tụ điện phẳng gồm hai bản tụ hình vuông cạnh $a = 20 \text{ cm}$ đặt cách nhau 1 cm . Chất điện môi giữa hai bản là thủy tinh có $\epsilon = 6$. Hiệu điện thế giữa hai bản $U = 50 \text{ V}$.

- Tính điện dung của tụ điện.
- Tính điện tích của tụ điện.
- Tính năng lượng của tụ điện, tụ điện có dùng để làm nguồn điện được không ?

Bài 9: Một tụ điện $6 \mu\text{F}$ được tích điện dưới một hiệu điện thế 12V .

- Tính điện tích của mỗi bản tụ.
- Hỏi tụ điện tích lũy một năng lượng cực đại là bao nhiêu ?

c. Tính công trung bình mà nguồn điện thực hiện để đưa 1 e từ bản mang điện tích dương bản mang điện tích âm ?

Bài 10: Hai tụ điện có điện dung $C_1 = 400\text{nF}$ và $C_2 = 600\text{nF}$ ghép song song với nhau. Mắc bộ tụ điện đó vào nguồn điện có hiệu điện thế $U < 60\text{V}$ thì một trong hai tụ điện có điện tích bằng $3 \cdot 10^{-5}\text{C}$. Tính:

a/ Hiệu điện thế U ?

b/ Điện tích của tụ điện kia?

Bài 11: Bộ ba tụ điện $C_1 = C_2 = C_3/2$ ghép song song rồi nối vào nguồn có hiệu điện thế 45V thì điện tích của bộ tụ là $18 \cdot 10^{-4}\text{C}$. Tính điện dung của các tụ điện?

Bài 12: Bốn tụ điện mắc thành bộ $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)$, $C_1 = 1\mu\text{F}$; $C_2 = C_3 = 3\mu\text{F}$. Khi nối bộ tụ với nguồn điện thì C_1 có điện tích $q_1 = 6\mu\text{C}$ và cả bộ tụ có điện tích $q = 15,6\mu\text{C}$. Hiệu điện thế đặt vào bộ tụ đó và điện dung C_4 ?

Bài 13: Cho bộ 3 tụ điện $C_1 // (C_2 \text{ nt } C_3)$. Với $C_1 = 3\mu\text{F}$; $C_2 = C_3 = 4\mu\text{F}$. Nối bộ tụ với một nguồn có hiệu điện thế $U = 10\text{V}$. Hãy tính:

a/ Điện dung và điện tích của bộ tụ?

b/ Hiệu điện thế và điện tích trên mỗi tụ?

Bài 14: Có 3 tụ điện có $C_1 = 3\text{nF}$; $C_2 = 2\text{nF}$; $C_3 = 20\text{nF}$ được mắc $C_3 \text{ nt } (C_1 // C_2)$. Nối bộ tụ với một nguồn điện một chiều hiệu điện thế 30V .

a/ Tính điện dung của bộ tụ, điện tích và hiệu điện thế trên các bản tụ?

b/ Tụ C_1 bị đánh thủng. Tìm điện tích và hiệu điện thế trên hai tụ còn lại?

c/ Tụ C_3 bị đánh thủng. Tìm điện tích và hiệu điện thế trên hai tụ còn lại?

Bài 15: Một bộ tụ gồm 5 tụ điện giống hệt nhau nối tiếp mỗi tụ có $C = 10\mu\text{F}$ được nối vào HĐ 100 V.

1) Hỏi năng lượng của bộ thay đổi ra sao nếu 1 tụ bị đánh thủng

2) Khi tụ trên bị đánh thủng thì năng lượng của bộ tụ bị tiêu hao do phóng điện. Tìm năng lượng tiêu hao đó.

Bài 16: Tính điện dung tương đương, điện tích, hiệu điện thế trong mỗi tụ điện ở các trường hợp sau:

a/ $C_1 // C_2 // C_3$ và $C_1 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 4\mu\text{F}$, $C_3 = 6\mu\text{F}$. $U_b = 100\text{V}$.

b/ $C_1 \text{ nt } C_2 \text{ nt } C_3$ và $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 1,5\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$. $U_b = 120\text{V}$.

c/ $C_1 // (C_2 \text{ nt } C_3)$ và $C_1 = 0,25\mu\text{F}$, $C_2 = 1\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$. $U_b = 12\text{V}$.

d/ $C_1 \text{ nt } (C_2 // C_3)$ và $C_1 = C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 1\mu\text{F}$, $U_b = 10\text{V}$.

Bài 17: Cho bộ 4 tụ điện giống

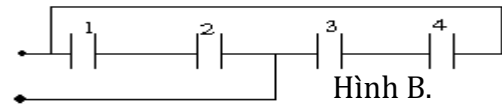
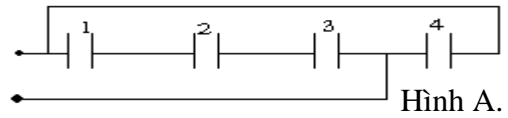
nhau ghép theo 2 cách như hình vẽ.

a. Cách nào có điện dung lớn hơn.

b. Nếu điện dung tụ khác nhau thì chúng

phải có liên hệ thế nào để $C_A = C_B$.

Điện dung của hai cách ghép bằng nhau).

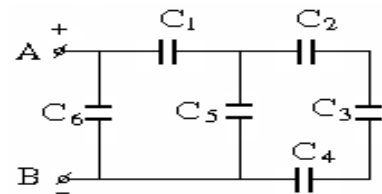


Bài 18: Cho bộ tụ được mắc như hình vẽ.

Trong đó $C_1 = C_2 = 2 \mu\text{F}$; $C_3 = 3 \mu\text{F}$; $C_4 = 6 \mu\text{F}$; $C_5 = C_6 = 5 \mu\text{F}$. $U_3 = 2 \text{ V}$. Tính:

a) Điện dung của bộ tụ.

b) Hiệu điện thế và điện tích trên từng tụ.

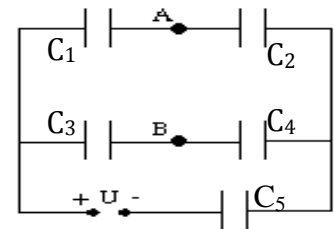


Bài 19: Trong hình trên $C_1 = 3$

μF , $C_2 = 6 \mu\text{F}$, $C_3 = C_4 = 4 \mu\text{F}$, C_5

$= 8 \mu\text{F}$. $U = 900 \text{ V}$. Tính hiệu

điện thế giữa A và B?



Bài 20: Ba tấm kim loại phẳng giống nhau đặt

song song với nhau như hình vẽ: Diện tích của mỗi

bản là $S = 100\text{cm}^2$. Khoảng cách giữa hai bản liên

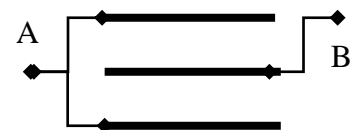
tiếp là $d = 0,5\text{cm}$. Nối A và B với nguồn $U = 100\text{V}$.

a) Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi bản

b) Ngắt A và B ra khỏi nguồn điện. Dịch chuyển bản B theo phương vuông góc

với các bản tụ điện một đoạn là x . Tính hiệu điện thế giữa A và B theo x . áp dụng

khi $x = d/2$



Bài 21: Bốn tấm kim loại phẳng giống nhau

như hình vẽ. Khoảng cách $BD = 2AB = 2DE$. B

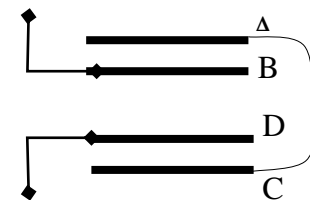
và D được nối với nguồn điện $U = 12\text{V}$, sau đó

ngắt nguồn đi. Tìm hiệu điện thế giữa B và D

nếu sau đó:

a) Nối A với B?

b) Không nối A với B nhưng lấp đầy khoảng giữa B và D bằng điện môi $\epsilon = 3$?



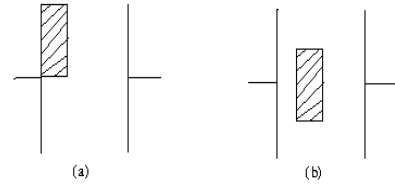
Bài 22: Tụ điện phẳng không khí $C = 2\text{pF}$. Nhúng chìm một nửa vào trong điện

môi lỏng $\epsilon = 3$. Tìm điện dung của tụ điện nếu khi nhúng, các bản đặt:

a) Thẳng đứng

b) Nằm ngang

Bài 23: Bốn tấm kim loại phẳng hình tròn đường kính 12 cm đặt song song cách đều theo thứ tự A, B, D, E, khoảng cách giữa hai tấm liên tiếp $d = 1\text{mm}$. Nối hai tấm A với D, rồi nối B và E với nguồn $U = 20\text{V}$. Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi tấm?



Bài 24: Cho một số tụ điện điện dung $C_0 = 3\mu\text{F}$. Nêu cách mắc dùng ít tụ nhất để điện dung của bộ tụ là $5\mu\text{F}$? Vẽ sơ đồ cách mắc này?

Bài 25: Một tụ điện nạp điện tới hiệu điện thế $U_1 = 100\text{V}$ được nối với với tụ điện thứ hai cùng điện dung nhưng được nạp điện tới hiệu điện thế $U_2 = 200\text{V}$. Tính hiệu điện thế giữa các bản của mỗi tụ điện trong hai trường hợp sau:

- 1) Các bản tích điện cùng dấu nối với nhau
- 2) Các bản tích điện trái dấu nối với nhau

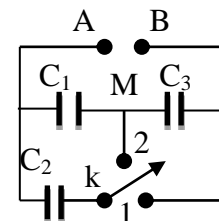
Bài 26: Một tụ điện phẳng điện dung $C = 0,12\mu\text{F}$ có lớp điện môi dày 0,2 mm có hằng số điện môi $\epsilon = 5$. Tụ được đặt dưới một hiệu điện thế $U = 100\text{V}$.

- a. Tính điện tích các bản của tụ điện, điện tích và năng lượng của tụ.
- b. Sau khi được tích điện, ngắt tụ khỏi nguồn rồi mắc vào hai bản của tụ điện $C_1 = 0,15\mu\text{F}$ chưa được tích điện. Tính điện tích của bộ tụ điện, hiệu điện thế và năng lượng của bộ tụ.

Bài 27: Đem tích điện cho tụ điện $C_1 = 1\mu\text{F}$ đến hiệu điện thế $U_1 = 20\text{V}$, cho tụ điện $C_2 = 2\mu\text{F}$ đến hiệu điện thế $U_2 = 9\text{V}$. Sau đó nối hai bản âm hai tụ với nhau, 2 bản dương nối với hai bản của tụ $C_3 = 3\mu\text{F}$ chưa tích điện.

- a. Tính điện tích và hiệu điện thế mỗi bản sau khi nối?
- b. Xác định chiều và số e di chuyển qua dây nối hai bản âm hai tụ C_1 và C_2 ?

Bài 28: Cho mạch điện như hình vẽ: $C_1 = C_2 = 3\mu\text{F}$; $C_3 = 6\mu\text{F}$; $U_{AB} = 18\text{V}$. Ban đầu khóa k ở vị trí 1 và trước khi mắc vào mạch các tụ chưa được tích điện. Tìm hiệu điện thế mỗi tụ khi khóa k ở vị trí ở vị trí 1 và khi khóa k đã chuyển sang vị trí 2?



Bài 29: Hai bản của một tụ điện phẳng có dạng hình tròn bán kính $R = 30\text{cm}$, khoảng cách giữa hai bản là $d = 5\text{mm}$, giữa hai bản là không khí.

a. Tính điện dung của tụ.

b. Biết rằng không khí chỉ cách điện khi cường độ điện trường tối đa là $3 \cdot 10^5 \text{V/m}$.

Hỏi:

1/ Hiệu điện thế giới hạn của tụ điện.

2/ Có thể tích cho tụ điện một điện tích lớn nhất là bao nhiêu để tụ không bị đánh thủng?

Bài 30: Có hai tụ điện phẳng điện dung $C_1 = 5 \mu\text{F}$; $U_{\text{gh1}} = 500\text{V}$; $C_2 = 10 \mu\text{F}$; $U_{\text{gh2}} = 1000\text{V}$. Ghép tụ thành bộ. Hỏi hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là bao nhiêu nếu:

a/ Bộ tụ được ghép nối tiếp?

b/ Bộ tụ được ghép song song?

Bài 31: Hai tụ điện điện dung $C_1 = 0,3\text{nF}$, $C_2 = 0,6\text{nF}$ ghép nối tiếp, khoảng cách giữa hai bản tụ của hai tụ như nhau bằng 2mm . Điện môi của mỗi tụ chỉ chịu được điện trường có cường độ lớn nhất là 10^4V/m . Hiệu điện thế giới hạn được phép đặt vào bộ tụ đó bằng? Năng lượng tối đa mà bộ tụ tích được?

Bài 32: Ba tụ $C_1 = 2\text{nF}$; $C_2 = 4\text{nF}$; $C_3 = 6\text{nF}$ mắc nối tiếp. Hiệu điện thế giới hạn của mỗi tụ là 500V . Hỏi bộ tụ có chịu được hiệu điện thế 1100V hay không?
Đs: không.

Bài 33: Tụ phẳng không khí, hai bản tụ có khoảng cách $d = 1\text{cm}$, chiều dài bản tụ $l = 5\text{cm}$, hiệu điện thế giữa hai bản $U = 91\text{V}$. Một e bay vào tụ điện theo phương song song với các bản với vận tốc đầu $v_0 = 2 \cdot 10^7 \text{m/s}$ và bay ra khỏi tụ điện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

a/ Viết phương trình quỹ đạo của e?

b/ Tính độ dịch chuyển của e theo phương vuông góc với các bản khi vừa ra khỏi tụ điện?

c/ Tính vận tốc e khi rời tụ điện?

d/ Tính công của lực điện khi e bay trong tụ điện?