

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

www.mientayvn.com/chat_box_li.html

Chương 10

VẬT DẪN

§10.1 VẬT DẪN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN

1 – Khái niệm về vật dẫn cân bằng tĩnh điện:

Vật dẫn là vật có các hạt mang điện tự do. Các hạt mang điện này có thể chuyển động khắp mọi điểm trong toàn bộ vật dẫn.

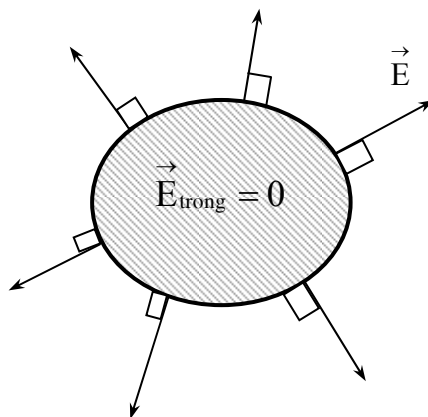
Nguyên tử kim loại luôn có các electron ở lớp ngoài cùng, liên kết yếu với hạt nhân nên dễ dàng thoát khỏi nguyên tử và trở thành *electron tự do*. Các electron tự do này có thể chuyển động len lỏi khắp nơi trong mạng tinh thể kim loại. Do đó kim loại là một vật dẫn điển hình. Trong phạm vi hẹp, *khi nói đến vật dẫn, ta hiểu muốn nói đến các vật bằng kim loại.*

Khi tích điện cho vật dẫn hoặc đặt vật dẫn trong điện trường tĩnh, các điện tích sẽ dịch chuyển trong vật dẫn và nhanh chóng đạt đến trạng thái *ổn định, không chuyển động có hướng nữa* – ta nói vật dẫn đang ở trạng thái *cân bằng tĩnh điện*.

2 – Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện:

a) Trong lòng vật dẫn không có điện

trường: $\vec{E}_{\text{trong}} = 0$. Thật vậy, khi đạt trạng thái cân bằng tĩnh điện, các điện tích tự do trong vật dẫn không chuyển động có hướng nữa, muốn vậy, lực điện trường phải bằng không. Mà $\vec{F} = q\vec{E} = 0$, suy ra $\vec{E} = 0$. Tính chất này được ứng dụng để làm *màn chắn tĩnh điện* (hộp hoặc lưới kim loại) để bảo vệ thiết bị khỏi bị tác động của điện trường ngoài.



b) Mặt ngoài của vật dẫn, vector cường độ điện trường luôn vuông góc với bề mặt vật dẫn. Thật vậy, tại mọi điểm, ta luôn có: $\vec{E} = \vec{E}_t + \vec{E}_n$. Nếu \vec{E} không

Hình 10.1: Vector cường độ điện trường bên trong và trên bề mặt ngoài vật dẫn cân bằng tĩnh điện

vuông góc với mặt ngoài vật dẫn thì thành phần tiếp tuyến $\vec{E}_t \neq 0$. Khi đó điện tích tự do trên mặt vật dẫn sẽ chịu tác dụng của lực tiếp tuyến $\vec{F}_t = q\vec{E}_t$ khiến nó di chuyển có hướng trên mặt vật dẫn. Điều này là vô lý, vì vật dẫn đang ở trạng

thái cân bằng tĩnh điện. Vậy thành phần tiếp tuyến \vec{E}_t triệt tiêu, suy ra vectơ \vec{E} phải vuông góc bề mặt vật dẫn.

c) Toàn vật dẫn là một khối đẳng thế. Thật vậy, xét hai điểm bất kỳ trong vật dẫn,

$$\text{ta luôn có: } V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = \int_{(1)}^{(2)} 0 \cdot d\vec{\ell} = 0. \text{ Vậy } V_1 = V_2.$$

d) Nếu vật dẫn tích điện thì điện tích không phân bố trong lòng mà phân bố ở mặt ngoài của vật dẫn. Thật vậy, tưởng tượng có một mặt (S) bất kỳ trong lòng vật dẫn, theo định lý O – G, ta có:

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q_{\text{trong}(S)}. \text{ Mà } E = 0 \text{ nên } D = 0. \text{ Do}$$

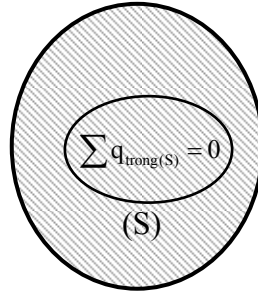
đó $\sum q_{\text{trong}(S)} = 0$. Điều này luôn đúng với mọi mặt kín (S) nằm trong lòng vật dẫn. Muốn vậy, trong lòng vật dẫn phải không tích điện.

Vậy: khi tích điện cho vật dẫn thì điện tích chỉ phân bố một lớp rất mỏng trên mặt ngoài của vật dẫn (bề dày cỡ vài nguyên tử).

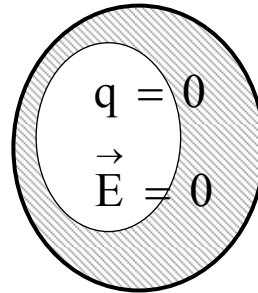
Từ các tính chất trên suy ra, một vật dẫn rỗng ở trạng thái cân bằng tĩnh điện thì ở phần rỗng và thành trong của vật dẫn rỗng cũng không có điện trường và điện tích. Nếu ta cho quả cầu kim loại đã tích điện chạm vào thành trong của một vật dẫn rỗng thì điện tích của quả cầu kim loại sẽ truyền hết ra mặt ngoài của vật dẫn rỗng. Kết quả này được dùng làm nguyên tắc tích điện cho một vật và do đó nâng điện thế của vật lên rất cao.

3 – Hiệu ứng mũi nhọn :

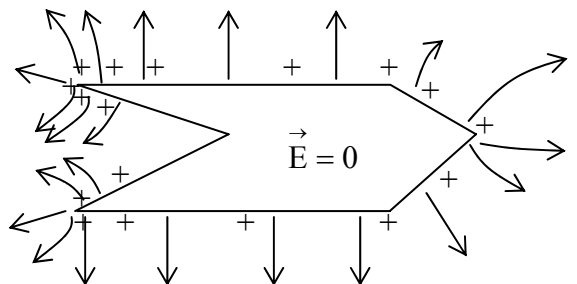
Lý thuyết và thực nghiệm đã chứng tỏ sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn chỉ phụ thuộc vào hình dạng của bề mặt vật dẫn. Trên những vật dẫn có dạng mặt cầu, mặt trụ dài vô hạn, mặt phẳng rộng vô hạn thì điện tích phân bố đều, vì lí do đối xứng. Đối với những vật dẫn có hình dạng bất kì thì điện tích phân bố không đều, tập trung nhiều tại các chỗ lồi ra; tại các chỗ lõm, mật độ điện tích hầu như bằng không; đặc biệt, tại các mũi



Hình 10.2: Trong lòng vật dẫn không có điện tích



Hình 10.3: Phần rỗng và thành trong không có điện tích và điện trường



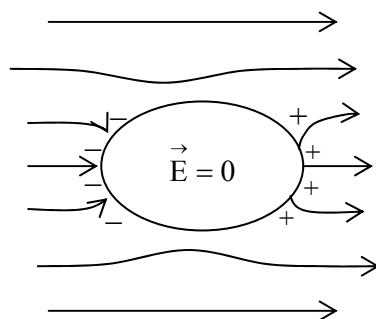
Hình 10.4: Điện tích tập trung tại các mũi nhọn

nhọn, mật độ điện tích rất lớn. Vì thế, lân cận các mũi nhọn, điện trường rất mạnh. Dưới tác dụng của điện trường này, một số ion và electron có sẵn trong khí quyển sẽ chuyển động và mau chóng thu được động năng lớn. Chúng va chạm với các phân tử khí, gây ra hiện tượng ion hóa, sinh ra rất nhiều hạt mang điện. Các hạt mang điện trái dấu với điện tích của mũi nhọn sẽ bị mũi nhọn hút vào, và do đó điện tích của mũi nhọn giảm dần. Các hạt mang điện trái dấu với điện tích của mũi nhọn sẽ bị đẩy ra xa mũi nhọn và chúng kéo theo các phân tử khí chuyển động, tạo thành luồng *gió điện*. Hiện tượng mũi nhọn bị mất dần điện tích và tạo thành gió điện được gọi là *hiệu ứng mũi nhọn*.

Các thiết bị điện làm việc ở điện thế cao cần hạn chế các chỗ lồi nhọn ra để tránh hiện tượng *dò điện* do hiệu ứng mũi nhọn. Ngược lại, trong nhiều trường hợp, hiệu ứng mũi nhọn dùng để phóng nhanh các điện tích ra ngoài khí quyển – cột thu lôi là một ứng dụng điển hình.

4 – Hiện tượng điện hưởng:

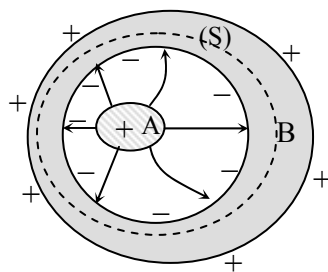
Khi đặt một vật dẫn (chưa tích điện) trong điện trường ngoài, lực điện trường sẽ tác dụng lên các điện tích tự do trong vật dẫn, làm chúng phân bố lại sao cho điện trường trong lòng vật dẫn luôn triệt tiêu. Kết quả trên bề mặt vật dẫn xuất hiện các điện tích trái dấu – gọi là các *điện tích cảm ứng*. Phía bề mặt vật dẫn đối diện với hướng đường sức điện trường ngoài sẽ xuất hiện các điện tích âm; còn phía kia xuất hiện các điện tích dương.



Hình 10.5: *Hiện tượng điện hưởng*

Hiện tượng xuất hiện các điện tích cảm ứng trên vật dẫn khi đặt vật dẫn trong điện trường ngoài được gọi là hiện tượng điện hưởng (hay hưởng ứng điện).

Nếu ta thiết kế sao cho vật dẫn B bao bọc hoàn toàn vật mang điện A như hình 10.6 thì mọi đường sức điện trường của A đều đến B, khi đó ta có hiện tượng *điện hưởng toàn phần*. Trái lại là điện hưởng một phần.



Hình 10.6: *Điện hưởng toàn phần.*

Trong hiện tượng điện hưởng toàn phần, điện tích cảm ứng xuất hiện ở mặt trong của vật dẫn B luôn bằng và trái dấu với điện tích của vật A và điện tích cảm ứng xuất hiện ở mặt ngoài của vật dẫn B luôn bằng và cùng dấu với điện tích của vật A. Để chứng minh điều này ta chọn mặt kín (S) nằm trong phần đặc của vật B và bao kín phần rỗng, khi đó thông lượng điện cảm gởi qua (S) bằng không, vì trong phần đặc của B không có điện trường. Theo định lí O – G suy ra, tổng điện tích chứa trong (S) cũng bằng không. Gọi Q là điện tích của vật A, q là điện tích ở mặt trong và q' là điện tích ở mặt ngoài của B thì $Q + q = 0$ hay $q = -Q$. Do lúc đầu vật dẫn B không tích điện nên điện nên $q + q' = 0$ hay $q' = -q = Q$.

Vậy: trong hiện tượng điện hưởng toàn phần, độ lớn của điện tích cảm ứng luôn bằng với độ lớn của điện tích trên vật mang điện.

5 – Điện dung của vật dẫn cô lập:

Một vật dẫn được gọi là cô lập về điện nếu gần nó không có vật nào khác có thể gây ảnh hưởng đến sự phân bố điện tích trên bề mặt của nó.

Lý thuyết và thực nghiệm đều chứng tỏ, khi điện tích Q của vật dẫn cô lập tăng lên thì điện thế V của nó cũng tăng theo (qui ước gốc điện thế ở vô cùng),

nhưng tỉ số Q/V là không đổi. Ta gọi đại lượng:
$$C = \frac{Q}{V} \quad (10.1)$$

là điện dung của vật dẫn cô lập.

Điện dung của vật dẫn cô lập là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của vật dẫn, có giá trị bằng điện tích mà vật tích được khi điện thế của nó là một đơn vị điện thế.

Điện dung của vật dẫn phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và bản chất của môi trường cách điện bao quanh vật dẫn. Trong hệ SI, đơn vị đo điện dung là fara (F).

Từ (9.82) và (10.1) suy ra điện dung của một quả cầu kim loại cô lập, bán

kính a là:
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{a}{k} \quad (10.2)$$

(10.2) chứng tỏ điện dung 1F là rất lớn. Vì một quả cầu có điện dung 1(F) thì bán kính của nó phải là $a = k = 9.10^9$ (m), lớn hơn bán kính trái đất cả ngàn lần (!). Do đó trên thực tế người ta dùng các ước số của fara:

$$1 \mu\text{F (micrô fara)} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF (nanô fara)} = 10^{-9} \text{ F}$$

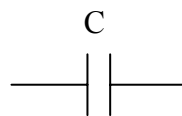
$$1 \text{ pF (picô fara)} = 10^{-12} \text{ F}$$

§10.2 TỤ ĐIỆN

1 – Định nghĩa:

Tụ điện là hệ thống gồm hai vật dẫn đặt gần nhau, sao cho giữa chúng luôn xảy ra hiện tượng điện hưởng toàn phần. Hai vật dẫn đó được gọi là hai bản (hay hai cốt) của tụ điện.

Nếu ta nối hai bản của tụ điện vào hai cực của một nguồn điện thì điện tích trên hai bản tụ luôn có giá trị bằng nhau nhưng trái dấu. Ta gọi *điện tích trên bản dương là điện tích của tụ điện*. Bản tích điện dương luôn có điện thế cao hơn bản tích điện âm. Ta gọi $U = V_+ - V_-$ là hiệu điện thế của tụ điện.



Hình 10.7: kí hiệu tụ điện

2 – Điện dung của tụ điện:

Điện dung C của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định, có giá trị bằng điện tích của tụ khi hiệu điện thế giữa hai bản tụ là $1V$:
$$C = \frac{Q}{U} \tag{10.3}$$

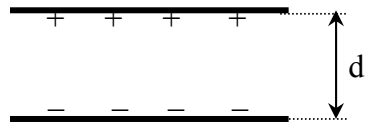
trong đó U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ, Q là điện tích của tụ.

Điện dung của tụ điện phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, khoảng cách giữa hai bản tụ điện và bản chất của môi trường giữa hai bản tụ điện.

Căn cứ vào hình dạng của các bản tụ điện, người ta chia làm ba loại tụ điện: tụ điện phẳng, tụ điện cầu và tụ điện trụ. Căn cứ vào bản chất môi trường giữa hai bản tụ, ta có tụ điện không khí, tụ điện giấy, tụ điện sứ, tụ điện mica, ...

Dưới đây sẽ tính điện dung của một số loại tụ điện thông dụng.

a) *Tụ điện phẳng*: Là tụ điện mà hai bản tụ là hai tấm kim loại phẳng có cùng diện tích S , đặt cách nhau một khoảng d rất nhỏ so với kích thước của mỗi bản.



Hình 10.8: Tụ điện phẳng

Nếu tích điện cho tụ điện thì điện trường trong khoảng giữa hai bản tụ điện là điện trường đều, có cường độ xác định theo (9.89) và hiệu điện thế giữa hai bản

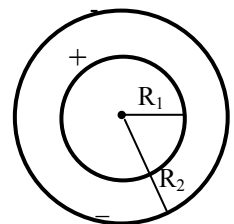
tụ điện có biểu thức (9.91): $U = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} d$. Mà $\sigma = \frac{Q}{S}$.

Vậy : điện dung của tụ điện phẳng là:
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \tag{10.4}$$

Trong đó ϵ_0 là hằng số điện và ϵ là hệ số điện môi của chất điện môi lấp đầy hai bản tụ điện.

Công thức (10.4) cho thấy điện dung của tụ điện phẳng càng lớn khi hai bản tụ càng lớn và càng gần nhau. Trên thực tế, để giảm kích thước của tụ điện phẳng, người ta đặt giữa hai bản tụ một lớp điện môi rồi cuộn chặt hai bản lại thành một khối hình trụ.

b) *Tụ điện cầu*: Là tụ điện mà hai bản tụ là hai mặt cầu kim loại đồng tâm, bán kính R_1 và R_2 gần bằng nhau.



Hình 10.9: Tụ điện cầu

Nếu ta tích điện cho tụ điện thì điện trường trong khoảng giữa hai bản tụ chỉ do điện tích của bản bên trong gây ra (vì điện tích của bản ngoài không gây ra điện trường trong lòng nó). Do đó điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai mặt cầu có biểu thức tính tương tự như

(9.83) : $V = \frac{kQ}{\epsilon r}$. Suy ra, hiệu điện thế giữa hai bản tụ

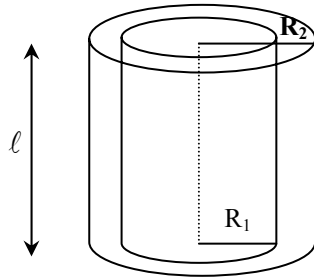
$$\text{là: } U = V_1 - V_2 = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{Q(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}$$

$$\text{Vậy : điện dung của tụ điện cầu là: } C = \frac{Q}{U} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (10.5)$$

Công thức (10.5) cho thấy điện dung của tụ điện cầu càng lớn khi bán kính các mặt cầu càng lớn và xấp xỉ bằng nhau.

c) Tụ điện trụ: Là tụ điện mà hai bản tụ là hai mặt trụ đồng trục, bán kính R_1 và R_2 gần bằng nhau, có chiều cao là ℓ .

Nếu ta tích điện cho tụ điện thì điện trường trong khoảng giữa hai bản tụ chỉ có tính đối xứng quanh trục của hình trụ. Chọn mặt kín Gauss là mặt trụ đồng trục với hai bản tụ, có bán kính r ($R_1 \leq r \leq R_2$), có hai đáy vuông góc với trục của hai bản tụ và có chiều cao ℓ . Thông lượng điện cảm gởi qua mặt kín Gauss là:



Hình 10.10: Tụ điện trụ

$$\Phi_D = \int_{\text{xungquanh}} \vec{D} d\vec{S} + \int_{\text{haiday}} \vec{D} d\vec{S} = \int_{\text{xungquanh}} D dS + 0 = D.S_G = \epsilon\epsilon_0 E.2\pi r \ell$$

Tổng điện tích chứa trong mặt Gauss chính là điện tích Q của bản trong. Theo định lý O – G ta suy ra cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản tụ điện trụ là:

$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r \ell} \quad (10.6)$$

$$\text{Mà } E = -\frac{dV}{dn} = -\frac{dV}{dr} \Rightarrow -dV = E dr = \frac{Q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell} \cdot \frac{dr}{r}$$

Suy ra hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là (giả sử bản trong tích điện dương):

$$U = V_1 - V_2 = -\int_{V_1}^{V_2} dV = -\int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell} \frac{dr}{r} = \frac{Q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (10.7)$$

$$\text{Vậy điện dung của tụ điện trụ là: } C = \frac{Q}{U} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell}{\ln(R_2 / R_1)} \quad (10.8)$$

Các công thức (10.4), (10.5) và (10.9) đều chứng tỏ *điện dung của các loại tụ điện tỉ lệ thuận với hệ số điện môi của môi trường lấp đầy khoảng không gian giữa hai bản tụ và tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai bản tụ*. Tuy nhiên ta không thể tăng điện dung của tụ bằng cách giảm khoảng cách giữa hai bản tụ mãi được. Vì khi đó điện trường giữa hai bản tụ rất mạnh sẽ làm chất điện môi trở nên dẫn điện và điện tích trên hai bản tụ sẽ phóng qua lớp điện môi. Ta nói tụ *điện đã*

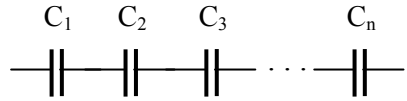
bị đánh thủng. Muốn tụ có điện dung lớn mà kích thước lại nhỏ, cần chọn điện môi có ϵ lớn và hiệu điện thế đánh thủng cao.

3 – Ghép tụ điện:

Việc chế tạo các tụ điện có điện dung lớn, chịu được hiệu điện thế cao là rất khó, nên người ta tìm cách ghép các tụ với nhau nhằm thỏa mãn nhu cầu sử dụng. Có hai cách ghép cơ bản : ghép nối tiếp và ghép song song.

a) Ghép nối tiếp:

Sơ đồ ghép như hình (10.11). Khi nối hệ thống với nguồn điện có hiệu điện thế U thì các bản của mỗi tụ điện tích xuất hiện các điện tích trái dấu do hiện tượng điện hưởng toàn phần. Ta thấy hai bản nối liền nhau bất kì luôn tạo thành một hệ cô lập. Từ định luật bảo toàn điện tích suy ra, điện tích trên hai bản kề nhau luôn bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.



Hình 10.11: Ghép nối tiếp các tụ điện

Vậy: khi ghép nối tiếp thì điện tích của các tụ là bằng nhau :

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n \tag{10.9}$$

Dễ thấy, hiệu điện thế hai đầu bộ tụ ghép nối tiếp, bằng tổng hiệu điện thế giữa hai bản của mỗi tụ: $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$ (10.10)

Nếu ta thay thế bộ tụ trên bằng một tụ có vai trò tương đương, thì điện dung của tụ này là:

$$C_{td} = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{U_1 + U_2 + \dots + U_n}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_{td}} = \frac{U_1}{Q} + \frac{U_2}{Q} + \dots + \frac{U_n}{Q} = \frac{1}{Q_1/C_1} + \frac{1}{Q_2/C_2} + \dots + \frac{1}{Q_n/C_n}$$

Hay $\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$ (10.11)

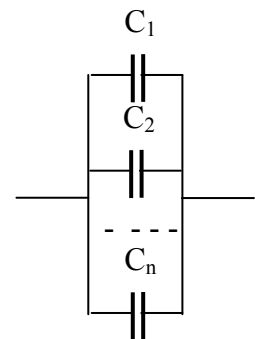
b) Ghép song song:

Sơ đồ ghép như hình (10.12). Dễ thấy, khi ghép song song thì điện tích của bộ tụ điện bằng tổng điện tích của mỗi tụ và hiệu điện thế hai đầu bộ tụ bằng hiệu điện thế của mỗi tụ.

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \tag{10.12}$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \tag{10.13}$$

Nếu ta thay thế bộ tụ trên bằng một tụ có vai trò tương đương thì điện dung của tụ đó là:



Hình 10.12: Ghép // các tụ điện

$$C_{td} = \frac{Q}{U} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{U} = \frac{Q_1}{U_1} + \frac{Q_2}{U_2} + \dots + \frac{Q_n}{U_n}$$

Hay
$$C_{td} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (10.14)$$

Nhận xét:

- Khi ghép nối tiếp, điện dung giảm. Nếu n tụ giống nhau thì điện dung giảm n lần
- Khi ghép // điện dung tăng. Nếu n tụ giống nhau thì điện dung tăng n lần.

§10.3 NĂNG LƯỢNG TỤ ĐIỆN – NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

1 – Năng lượng của tụ điện:

Giả sử ta dùng nguồn để nạp điện tích vào hai bản của một tụ điện có điện dung C. Nguồn điện sinh công để đưa các điện tích đến các bản tụ và công đó chuyển thành năng lượng của tụ điện. Để tính công này, ta giả sử ở thời điểm t, điện thế giữa hai bản tụ là u và điện tích của tụ là q. Trong thời gian dt tiếp theo, nguồn đưa thêm điện tích dq đến tụ. Vì dq rất nhỏ nên u coi như không đổi và công của nguồn là $dA = u dq = C u du$. Công toàn phần để nạp điện cho tụ đến khi hiệu

điện thế bằng U là:
$$A = \int_0^U dA = C \int_0^U u du = \frac{1}{2} C U^2$$

Công này chuyển hoá thành năng lượng W của tụ. Vậy năng lượng của tụ điện là:

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U = \frac{Q^2}{2C} \quad (10.15)$$

2 – Năng lượng điện trường:

Nếu ta xét tụ điện phẳng thì $U = Ed$; $Q = \sigma S = \epsilon \epsilon_0 ES$ (vì $E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$).

Do đó, năng lượng của tụ điện được viết dưới dạng:

$$W = \frac{1}{2} (\epsilon \epsilon_0 ES) \cdot (Ed) = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 S d = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 \cdot \tau \quad (10.16)$$

trong đó $\tau = Sd$ là thể tích của vùng không gian giữa hai bản tụ – cũng chính là vùng không gian có điện trường.

Như vậy năng lượng của tụ điện định xứ trong vùng không gian có điện trường. Nói cách khác, *ơi nào có điện trường thì nơi đó có năng lượng*. Điện trường có mang năng lượng – đó là một bằng chứng chứng tỏ *điện trường là một dạng vật chất*.

Ta có thể viết (10.16) dưới dạng:
$$W = \omega_E \tau \quad (10.17)$$

Trong đó đại lượng:
$$\omega_E = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 \tag{10.18}$$

là mật độ năng lượng điện trường.

Tổng quát, nếu điện trường không đều thì năng lượng điện trường trong thể tích τ là:
$$W = \int_{\tau} \omega_E d\tau = \int_{\tau} \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} d\tau \tag{10.19}$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 10

10.1 Đặt viên bi nhỏ tích điện dương vào tâm một vỏ cầu kim loại chưa nhiễm điện. Sau đó đưa sợi dây treo viên bi thứ hai mang điện dương lại gần vỏ cầu. Hỏi dây treo có bị lệch không? Tại sao? Nếu vỏ cầu được nối đất thì hiện tượng xảy ra như thế nào? Giải thích.

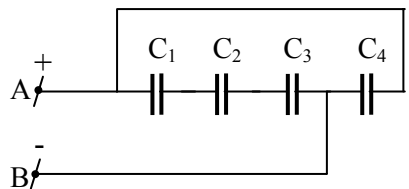
10.2 Tụ điện phẳng, không khí, diện tích mỗi bản là $S = 100\text{cm}^2$, khoảng cách hai bản là $d = 10\text{mm}$

- a) Tính điện dung của tụ điện.
- b) Người ta đưa một tấm kim loại bề dày $a = 8\text{mm}$, đồng dạng với hai bản tụ, vào khoảng giữa hai bản tụ. Tính điện dung của tụ khi đó.
- c) Nếu thay tấm kim loại trên bằng tấm điện môi có $\epsilon = 5$ thì điện dung của tụ là bao nhiêu?

10.3 Một tụ điện phẳng, không khí, diện tích mỗi bản là S , khoảng cách hai bản là d , được tích điện đến hiệu điện thế U_0 rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó người ta nhúng hai bản tụ vào một chất điện môi lỏng có hệ số điện môi ϵ , sao cho nó ngập đúng một nửa. Coi mặt phân cách giữa điện môi và không khí là phẳng và bỏ qua độ cong của đường sức tại mặt phân cách. Tính:

- a) Điện dung, điện tích và hiệu điện thế giữa hai bản của tụ điện.
- b) Cường độ điện trường trong phần không khí và điện môi.
- c) Điện tích trên phần chìm trong chất điện môi.
- d) Độ biến thiên năng lượng của tụ điện. Năng lượng mà tụ đã chuyển hoá thành dạng năng lượng nào?

10.4 Có 4 tụ điện giống nhau: $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 6\mu\text{F}$, được mắc vào nguồn $U = 22\text{V}$ như hình 10.13.



Hình 10.13

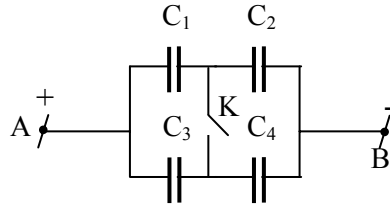
- a) Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi tụ.
- b) Có bao nhiêu cách ghép các tụ này vào nguồn trên? Tính điện dung tương đương và điện tích của mỗi tụ trong mỗi cách ghép?

10.5 Hai tụ điện $C_1 = 4\mu\text{F}$ và $C_2 = 6\mu\text{F}$ mắc nối tiếp vào nguồn $U = 20\text{V}$. Sau đó người ta tháo bỏ nguồn và nối các bản cùng dấu với nhau. Tính độ biến thiên năng lượng của bộ tụ.

10.6 Dùng nguồn $U = 20\text{V}$ lần lượt nạp điện cho hai tụ $C_1 = 4\mu\text{F}$ và $C_2 = 6\mu\text{F}$ rồi ngắt chúng khỏi nguồn. Tính điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ, khi:

- Nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau.
- Nối các bản khác dấu của hai tụ với nhau.

10.7 Tụ điện $C_1 = 10\mu\text{F}$ được tích điện ở hiệu điện thế $U_1 = 100\text{V}$; tụ C_2 được tích điện ở hiệu điện thế $U_2 = 40\text{V}$. Người ta nối các bản cùng dấu của hai tụ này với nhau thì hiệu điện thế giữa hai bản của tụ thứ hai là $U = 80\text{V}$. Tính C_2 .



Hình 10.14

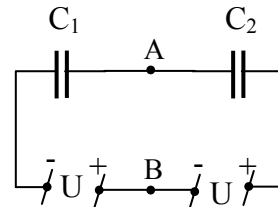
10.8 Cho bộ tụ điện mắc vào nguồn U như hình 10.14. Tính điện dung tương đương và điện tích của mỗi tụ (theo C_1, C_2, C_3, C_4 và U) khi K mở và khi K đóng. Từ đó tính số electron đã chuyển qua khoá K khi K đóng. Tìm điều kiện để không có điện tích nào chuyển qua K khi K đóng.

10.9 Một tụ điện có điện dung $C_0 = 20\mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế $U_0 = 400\text{V}$. Nối tụ điện C_0 với tụ thứ nhất $C_1 = C = 1\mu\text{F}$. sau đó ngắt C_1 khỏi C_0 rồi lại nối tụ thứ hai $C_2 = C = 1\mu\text{F}$ vào C_0 . Ngắt C_2 khỏi C_0 rồi lại nối tụ thứ ba, thứ tư, v.v... , đều có điện dung bằng $C = 1\mu\text{F}$, cho đến khi điện tích trên C_0 bằng không. Tính tổng hiệu điện thế của tất cả các tụ C_1, C_2, \dots

10.10 Tìm hiệu điện thế giữa hai điểm A, B trong sơ đồ hình (10.15).

Áp dụng: $C_1 = 3\mu\text{F}$; $C_2 = 2\mu\text{F}$; $U_1 = 6\text{V}$; $U_2 = 4\text{V}$

10.11 Một tụ điện phẳng không khí, kích thước mỗi bản là $20\text{ cm} \times 30\text{ cm}$, đặt cách nhau một khoảng $d = 2\text{ mm}$. Tính điện tích lớn nhất mà tụ tích được nếu điện trường đánh thủng đối với không khí là $E = 3 \cdot 10^4\text{ V/cm}$. Nếu lấp đầy tụ điện chất điện môi có $\epsilon = 5$ và điện trường đánh thủng là $E' = 4 \cdot 10^6\text{ V/m}$ thì điện tích lớn nhất mà tụ tích được là bao nhiêu?



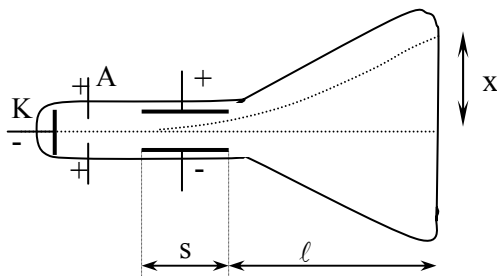
Hình 10.15

10.12 Giữa hai mặt phẳng vô hạn, song song, tích điện đều, mật độ bằng nhau nhưng trái dấu, cách nhau một khoảng $d = 1\text{ cm}$, đặt nằm ngang, có một hạt (M) khối lượng $m = 5 \cdot 10^{-14}\text{ kg}$, mang điện tích q . Khi không có lực điện trường, do sức cản không khí, hạt (M) rơi đều với vận tốc v_1 . Khi điện trường giữa hai mặt phẳng có hiệu điện thế $U = 600\text{V}$ thì hạt (M) rơi chậm đi với vận tốc $v_2 = v_1/2$. Tính điện tích q của hạt (M).

10.13 Một electron được bắn vào khoảng không gian giữa hai bản của một tụ điện phẳng không khí với động năng ban đầu $W_0 = 200\text{ eV}$, theo hướng hợp với bản

dương một góc $\alpha = 15^\circ$. Chiều dài mỗi bản tụ là $\ell = 5\text{cm}$, khoảng cách hai bản là $d = 1\text{cm}$. Xác định quỹ đạo của electron khi bay vào tụ điện và hiệu điện thế giữa hai bản tụ để electron rời tụ theo phương song song với hai bản.

10.14 Đèn hình TV là một ống phóng điện tử, có sơ đồ cấu tạo như hình (10.16). Electron được phát xạ nhiệt từ cathode K, được tăng tốc trong điện trường đều giữa anode A và K rồi đi vào tụ phẳng theo phương song song với hai bản. Thiết lập biểu thức tính vị trí x mà electron đập vào màn huỳnh quang theo các thông số: U_0 là hiệu điện thế giữa A và K; U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ; s là chiều dài bản tụ; d là khoảng cách giữa hai bản tụ và ℓ là khoảng cách từ tụ đến màn huỳnh quang.



Hình 10.16

Ap dụng: $s = 6\text{ cm}$, $d = 1,8\text{ cm}$, $U = 50\text{V}$, $U_0 = 728\text{V}$, $\ell = 15\text{cm}$

10.15 Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U_0 = 100\text{V}$, một electron bay vào chính giữa hai bản tụ điện phẳng theo phương song song với hai bản. Hai bản có chiều dài $\ell = 10\text{ cm}$, khoảng cách $d = 1\text{ cm}$. Tìm hiệu điện thế giữa hai bản tụ để electron không ra khỏi tụ điện.