



CHƯƠNG 6 VẬT DẪN

Nguyễn Xuân Thấu -BMVL

HÀ NỘI

2017



NỘI DUNG

- I. Vật dẫn cân bằng tĩnh điện**
- II. Hiện tượng điện hưởng**
- III. Điện dung của vật dẫn cô lập**
- IV. Hệ vật dẫn cân bằng, Tụ điện**
- V. Năng lượng điện trường**



I. VẬT DẪN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN

1. Khái niệm về vật dẫn, vật dẫn cân bằng tĩnh điện:

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

Trong phạm vi hẹp, ***vật dẫn là các vật kim loại.***

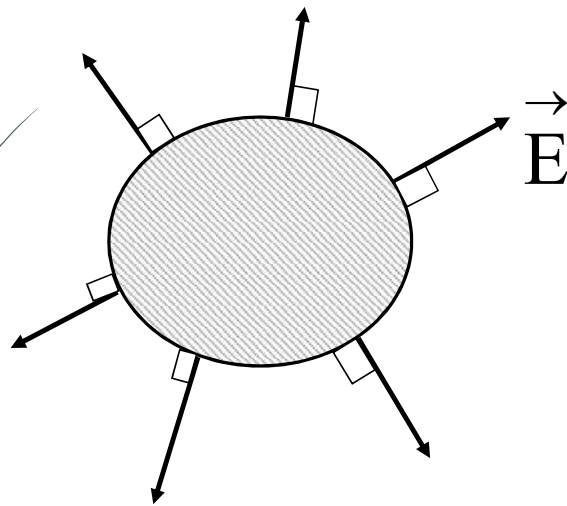
Khi tích điện cho vật dẫn hoặc đặt vật dẫn trong điện trường tĩnh, các điện tích sẽ dịch chuyển trong vật dẫn và nhanh chóng đạt đến trạng thái ổn định, không chuyển động có hướng nữa – ta nói vật dẫn đang ở trạng thái cân bằng tĩnh điện



I. VẬT DẪN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN

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

- Trong lòng vật dẫn không có điện trường ($E_{\text{trong}} = 0$).
- Toàn vật dẫn là một khối đẳng thế.
- Mặt ngoài của vật dẫn, vector cường độ điện trường luôn vuông góc với bề mặt vật dẫn
- Nếu vật dẫn tích điện thì điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật dẫn và tập trung tại các mũi nhọn.



Hệ quả: vật dẫn rỗng ở trạng thái cân bằng tĩnh điện thì ở phần rỗng và thành trong của vật không có điện trường và điện tích.



I. VẬT DẪN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN

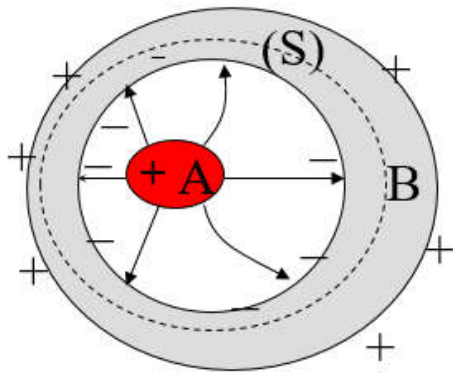
3. Hiệu ứng mũi nhọn:

- Sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn phụ thuộc vào hình dạng của bề mặt vật dẫn. Những vật dẫn có dạng **mặt cầu, mặt trụ dài vô hạn, mặt phẳng rộng vô hạn** thì điện tích phân bố đều.
- Những vật dẫn có hình dạng bất kì thì điện tích tập trung nhiều tại các chỗ lồi ra. **Tại các mũi nhọn, mật độ điện tích rất lớn**, tạo nên điện trường rất mạnh gây ra **gió điện**. *Hiện tượng mũi nhọn bị mất dần điện tích và tạo thành gió điện được gọi là hiệu ứng mũi nhọn.*



II. 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)



Điện hưởng toàn phần

Mọi đường sức của A đều tới B

Độ lớn của điện tích cảm ứng luôn bằng với độ lớn của điện tích trên vật mang điện



III. 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.

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

7

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

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

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

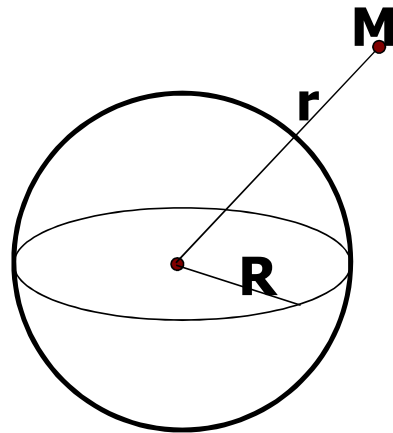
$$1 \text{ pF (picô fara)} = 10^{-12} \text{ F}$$

Đơn vị đo điện dung là F (fara)



III. ĐIỆN DUNG CỦA VẬT DẪN CÔ LẬP

Tính điện dung của một vật dẫn hình cầu, cô lập về điện



Tích điện Q cho quả cầu thì điện thế tại M bên ngoài quả cầu là:

$$V = \frac{kQ}{\epsilon r}$$

Suy ra, điện dung của quả cầu là:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon R}{k}$$

Quả cầu có điện dung 1F thì phải có bán kính $9 \cdot 10^9 \text{m}$!



IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

1. Hệ số điện dung – Hệ số điện hưởng:

Xét 3 vật dẫn có điện tích tương ứng là q_1, q_2, q_3

$$q_1 = C_{11}V_1 + C_{12}V_2 + C_{13}V_3$$

$$q_2 = C_{21}V_1 + C_{22}V_2 + C_{23}V_3$$

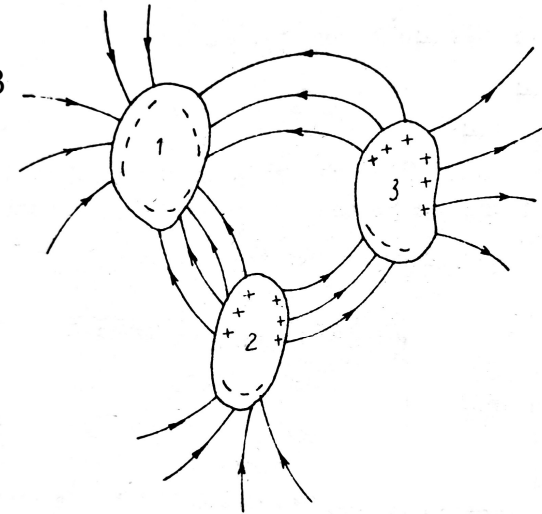
$$q_3 = C_{31}V_1 + C_{32}V_2 + C_{33}V_3$$

Ma trận: $C_{ij} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}$

Ma trận điện dung

Hệ số C_{ii} gọi là hệ số điện dung

Hệ số $C_{ij} = C_{ji}$ ($i \neq j$) gọi là hệ số điện hưởng

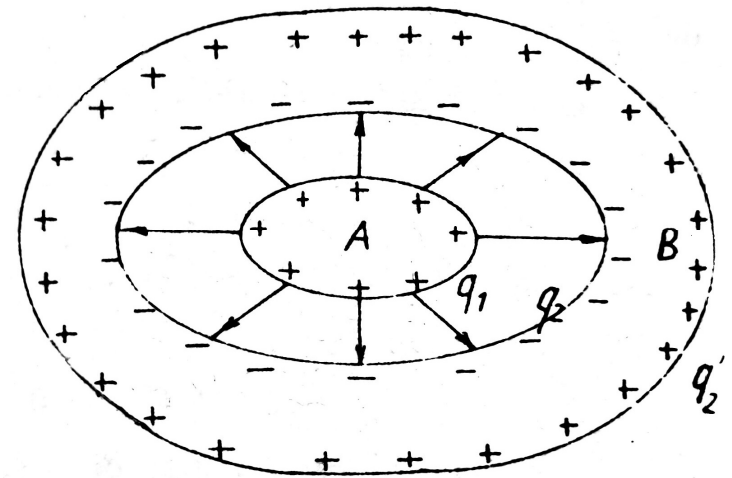




IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

2. Tụ điện

Hệ 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.



- Tính chất của tụ điện:

+ Tổng đại số điện tích trên hai bản tụ bằng không

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = q_1 + q_2 = 0 \Leftrightarrow q_1 + q_2 = 0$$



IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

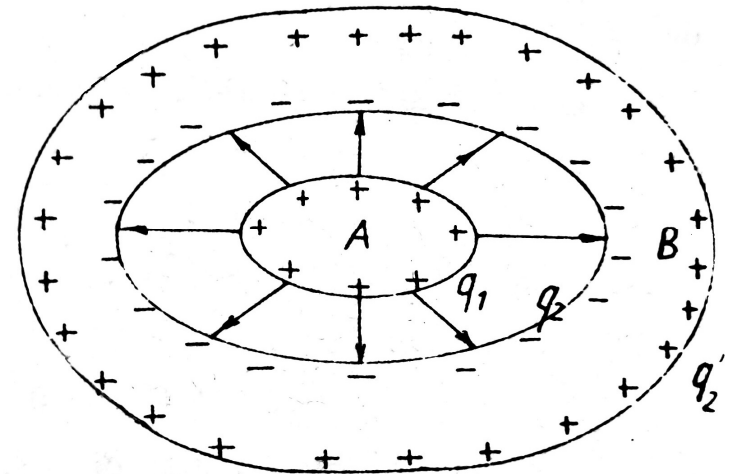
2. Tụ điện

- Tính chất của tụ điện:

+ Hệ số điện dung:

$$q_1 = C_{11}V_1 + C_{12}V_2 = C(V_1 - V_2)$$

$$q_2 = C_{21}V_1 + C_{22}V_2 = -C(V_1 - V_2)$$



Với $C_{11}=C_{22} = C$; $C_{12}=C_{21} = - C$; **C** là điện dung của tụ điện

$q_1 = - q_2 = -Q > 0$; **Q** là điện tích của tụ điện

$U = V_1 - V_2$ là hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện



IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

3. 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, đo bằng thương số giữa điện tích của tụ điện với hiệu điện thế giữa hai bản tụ.

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

Tụ phẳng

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

Tụ cầu

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Tụ Trụ

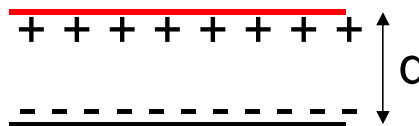
$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$



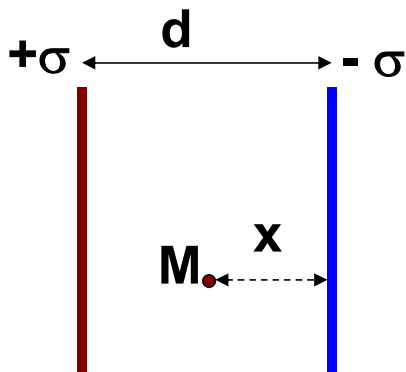
IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

3. Điện dung của tụ điện:

Chứng minh công thức tính điện dung của tụ điện phẳng

 Ta biết rằng, hiệu điện thế giữa 2 bản tụ điện là:

$$U = V_M - V_N = Ed = \frac{\sigma d}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{Qd}{\epsilon \epsilon_0 S}$$



Vậy điện dung của tụ điện phẳng là:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$



IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

3. Điện dung của tụ điện:

Chứng minh công thức tính điện dung của tụ điện trụ

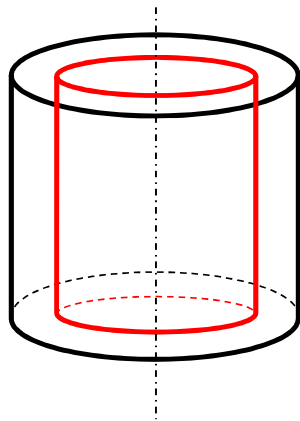
Ta biết, điện thế tại điểm M giữa 2 bản tụ điện là:

$$V_M = \frac{2kQ}{\epsilon h} \ln \frac{R_2}{r}$$

Suy ra, hiệu điện thế giữa 2 bản tụ điện là:

$$U = V_+ - V_- = \frac{2kQ}{\epsilon h} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

Vậy điện dung tụ điện trụ là:
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon h}{2k \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

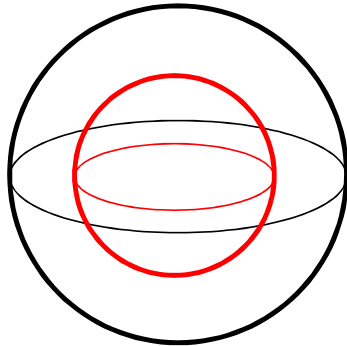




IV. HỆ VẬT DẪN CÂN BẰNG, TỤ ĐIỆN

3. Điện dung của tụ điện:

Chứng minh công thức tính điện dung của tụ điện cầu



Ta biết, điện thế tại điểm M giữa 2 bản tụ điện là:

$$V_M = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{R_2} = kQ\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_2}\right)$$

Suy ra, hiệu điện thế giữa 2 bản tụ điện là:

$$U = V_+ - V_- = kQ\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = kQ \frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}$$

Vậy điện dung của tụ điện cầu là:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{R_1 R_2}{k(R_2 - R_1)} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$



V. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

1. Năng lượng của tụ điện:

a. Năng lượng tương tác của hệ điện tích điểm:

Xét hệ 2 điện tích q_1 và q_2 có thế năng tương tác

$$W = k \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = \frac{1}{2} \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{12}} + \frac{1}{2} \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{21}} \quad (\text{vì } r_{12} = r_{21} = r)$$
$$= \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$$

Tổng quát: với n điện tích điểm thì thế năng tương tác

$$W = \frac{1}{2} \sum_i q_i V_i$$



V. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

1. Năng lượng của tụ điện:

b. Năng lượng của vật dẫn cô lập:

Chia vật dẫn thành các điện tích điểm dq , thì năng lượng của vật là:

$$W = \frac{1}{2} \int_{\text{vật}} V dq = \frac{1}{2} V \int_{\text{vật}} dq = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

c. Năng lượng của tụ điện:

Tụ điện là hệ hai vật dẫn có điện tích trái dấu, năng lượng của tụ điện bằng

$$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2) = \frac{1}{2} Q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2} QU = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CU^2$$



V. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

2. Năng lượng điện trường:

Xét năng lượng của một tụ điện phẳng:

$$W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}(\epsilon\epsilon_0 ES).(Ed) = \frac{1}{2}\epsilon\epsilon_0 E^2 Sd = \frac{1}{2}\epsilon\epsilon_0 E^2 V$$

Năng lượng của tụ điện định xứ trong vùng không gian có điện trường. Vậy ***nơi 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.***

Đặt: $\omega_E = \frac{1}{2}\epsilon\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}DE$ là mật độ năng lượng điện trường.

Thì năng lượng điện trường đều trong thể tích V là: $W = \omega_E V$

Tổng quát:
$$W = \int_{(V)} \omega_E dV$$



Phần bài tập: Các bài tập tối thiểu yêu cầu sinh viên ôn tập
(Sách BTVLĐC tập 2):
2.1, 2.2, 2.8, 2.9, 2.11.



HẾT