

# BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯỜNG

Tác giả: PGS. TS Đỗ Ngọc Uẩn

Viện Vật lý kỹ thuật

Trường ĐH Bách khoa Hà nội

## Chương II

# VẬT DẪN

Kim loại: hạt dẫn là các điện tử tự do

# 1. Điều kiện cân bằng tĩnh điện, Tính chất của vật dẫn mang điện

## 1.1. Điều kiện cân bằng tĩnh điện:

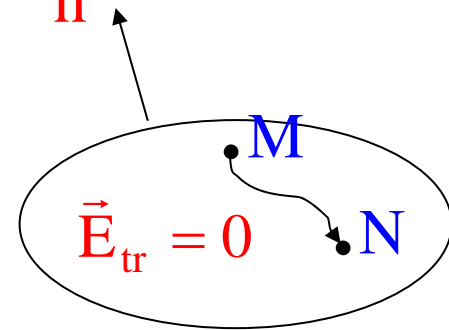
- Véc tơ cường độ điện trường trong vật dẫn bằng không:  $\vec{E}_{tr} = 0$

. Thành phần tiếp tuyến của véc tơ cường độ điện trường trên bề mặt vật dẫn bằng không:

$$\vec{E}_t = 0 \quad \vec{E} = \vec{E}_n$$

## 1.2. Tính chất của vật dẫn mang điện

- Vật dẫn là vật đẳng thế



$$V_M - V_N = \int_M^N \vec{E} d\vec{s} = \int_M^N \vec{E}_t d\vec{s} = 0$$

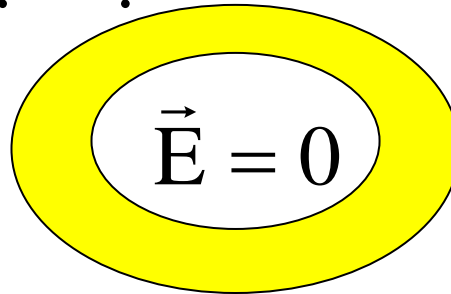
Điện tích chỉ phân bố trên bề mặt của vật dẫn bên trong vật dẫn điện tích bằng 0

$$\sum q_i = \oint \vec{D} d\vec{S} = 0 \quad \text{vì} \quad \vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} = 0$$

Véc tơ cường độ điện trường luôn vuông góc với bề mặt vật dẫn.

### 1.3 Ứng dụng

#### Lồng Faraday



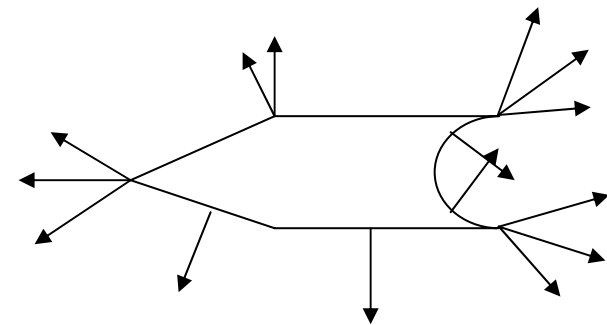
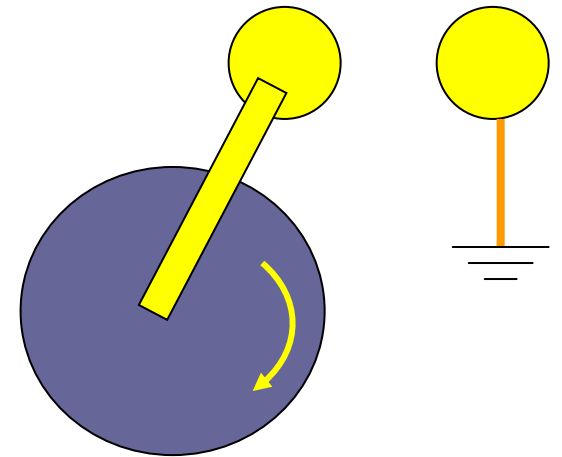
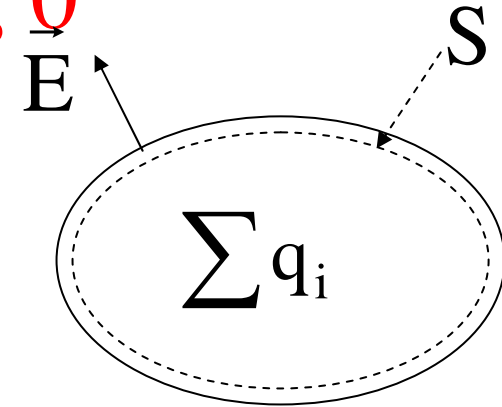
### Máy phát tĩnh điện Wandegraf

Hiệu ứng mũi nhọn, gió điện:

Giải phóng điện tích trên máy

bay, phóng điện bảo vệ máy

điện, cột thu lôi

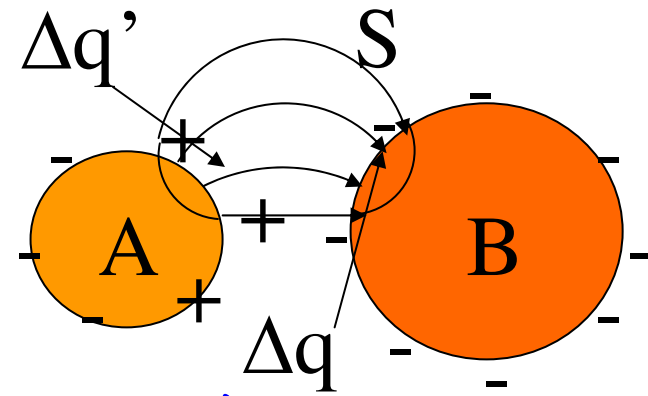


## 2. Hiện tượng điện hưởng

A lúc đầu không tích điện

B tích điện âm được đưa gần A

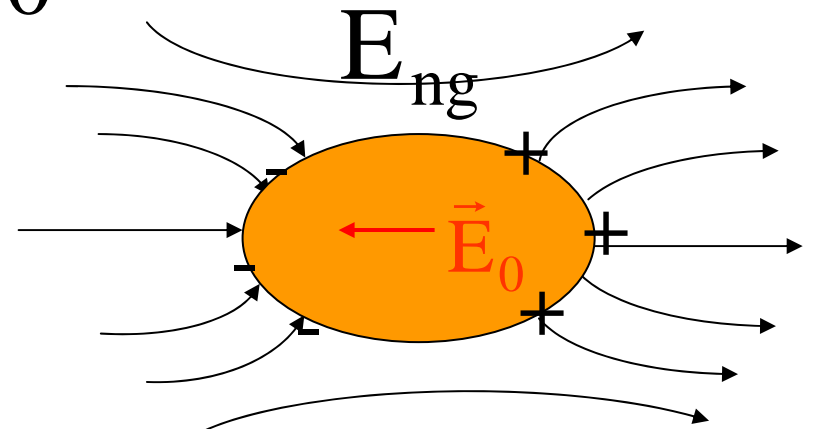
...là hiện tượng các điện tích cảm ứng xuất hiện trên vật dẫn (lúc đầu không tích điện) khi đặt trong điện trường ngoài



$$\Phi_e = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \Delta q + \Delta q' = 0 \quad \vec{E}_{tr} = \vec{E}_{ng} + \vec{E}_0 = 0$$

$$\Delta q' = -\Delta q$$

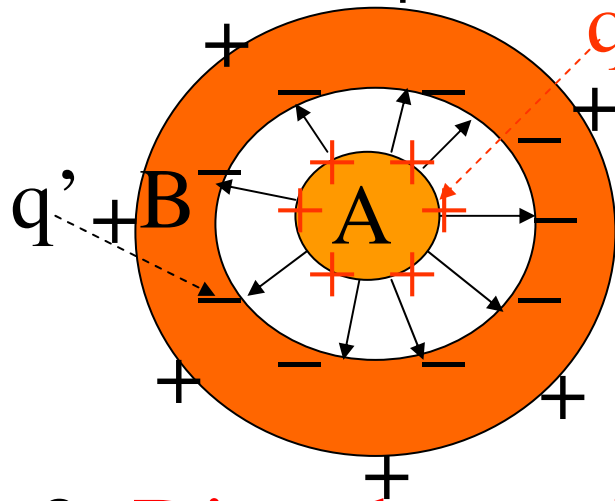
$$|\Delta q| = |\Delta q'|$$



**ĐL về các phtử tương ứng:** điện tích cảm ứng trên các phtử tương ứng có giá trị bằng nhau

Điện hưởng **một phần** và điện hưởng **toàn phần**

A mang điện tích, B chịu điện hưởng



Điện hưởng toàn phần  $q' = q$

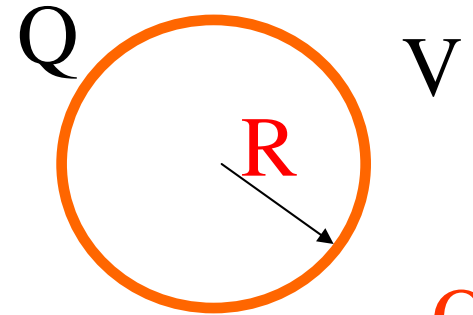
Điện hưởng một phần  $q' < q$

### 3. Điện dung của vật dẫn cô lập

$$Q \sim V \Rightarrow Q = CV$$

C - Hệ số tỷ lệ gọi là **điện dung**

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



$V=1 \Rightarrow C=Q$  có giá trị **bằng điện tích cần truyền cho vật để điện thế của nó tăng thêm 1 đơn vị**

$$1\text{Fara} = \frac{1\text{Culong}}{1\text{Von}}$$

Cầu KL bán kính R, Q=1, V=1, **C=1F**

$$\Rightarrow R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,86 \cdot 10^{-12}} = 9 \cdot 10^9 \text{ (m)} \quad V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

. Gấp 1500 lần bán kính trái đất!

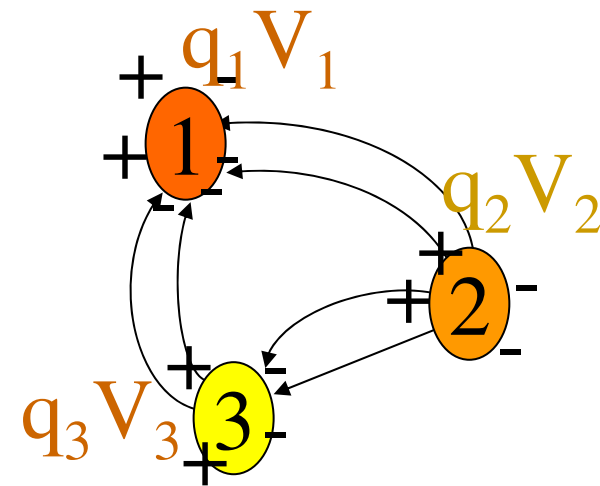
## 4. Hệ vật dẫn tích điện cân bằng, tụ điện

### 4.1. Điện dung và hệ số điện hưởng

Hệ ba vật dẫn 1, 2, 3:

Điện tích  $q_1, q_2, q_3$

Điện thế tương ứng:  $V_1, V_2, V_3$



$C_{ik}$  đối xứng

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

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

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

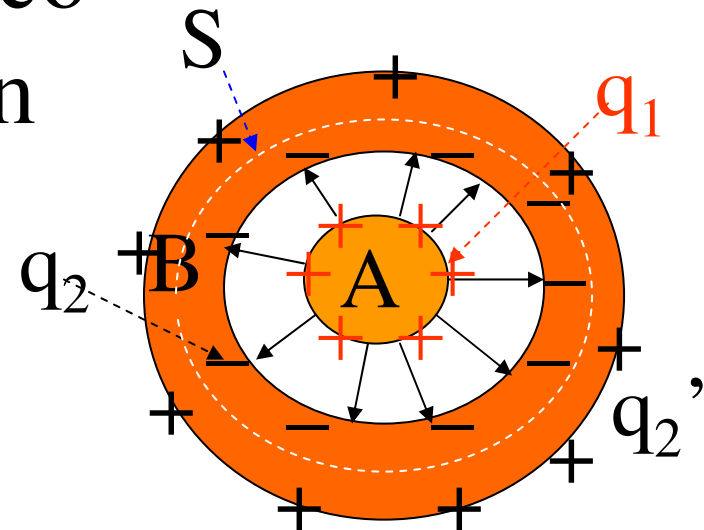
$$C_{ik} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{vmatrix}$$

$C_{i=k}$  Điện dung;  $C_{i \neq k}$  hệ số điện hưởng có tính tương hỗ nên  $C_{ik} = C_{ki}$ . Nếu có  $n$  vật dẫn thì  $i, k = 1, 2, \dots, n$ .

4.2. **Tụ điện**: Gồm hai vật dẫn có tương tác điện hưởng toàn phần

a. **Tính chất I**:  $q_1 + q_2 = 0$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q_1 + q_2 = 0$$





$$q_1 = C(V_1 - V_2)$$

$$q_2 = -C(V_1 - V_2)$$

b. Tính chất II:

**C** là điện dung của tụ điện;  $q_1 > 0$ ,  $C > 0 \Rightarrow V_1 > V_2$

**Chứng minh:** Nối vỏ ngoài B với đất  $q_2' = 0$  :

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

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

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

$$-q_1 = C_{21}V_1 + C_{22}V_2$$

$$(C_{11} + C_{21})V_1 + (C_{12} + C_{22})V_2 = 0$$

$$C_{11} = -C_{21} \quad \text{và} \quad C_{22} = -C_{12}$$

$$C_{11} = C_{22} = C \quad \text{và} \quad C_{21} = C_{12} = -C$$

U hiệu điện

c. Tính chất III:  $q = q_1 = -q_2$

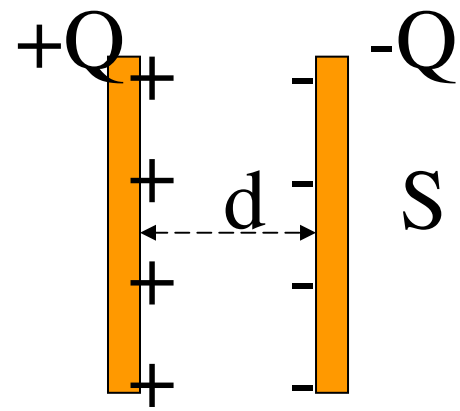
thế giữa 2

$$q = C(V_1 - V_2) = CU$$

bản cực tụ

## a. Tụ điện phẳng

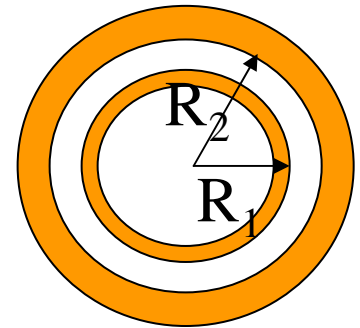
$$U = V_1 - V_2 = E \cdot d = \frac{\sigma \cdot d}{\epsilon_0 \epsilon}$$
$$U = \frac{\sigma \cdot d \cdot S}{\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 \epsilon S} \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$



## b. Tụ điện cầu

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

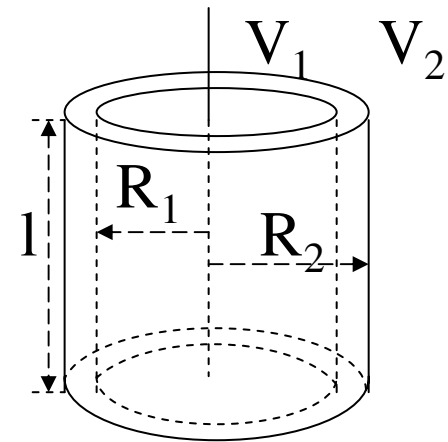
$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon 4\pi R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$



## c. Tụ điện trụ

$$U = V_1 - V_2 = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon 2\pi l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$



$$\ln \frac{R_2}{R_1} = \ln \left( 1 + \frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) \approx \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \frac{d}{R}$$

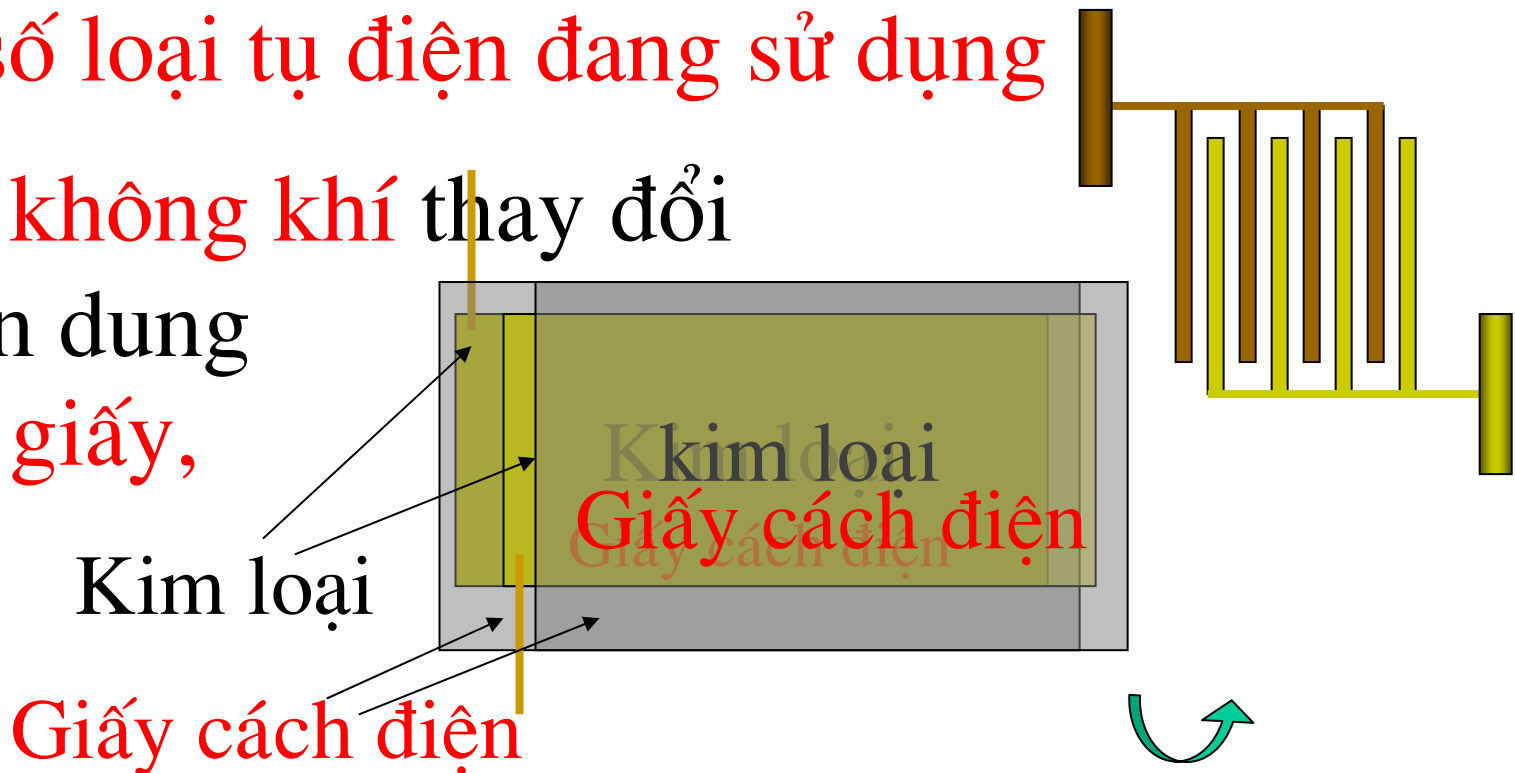
$$\Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 \epsilon 2\pi l R}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

• Điện dung  $C$  của tụ điện bất kỳ  $\sim$  thuận  $\epsilon$  &  $S$   
và  $\sim$  nghịch  $d$ .

d. Một số loại tụ điện đang sử dụng

• Tụ điện không khí thay đổi  
điện dung

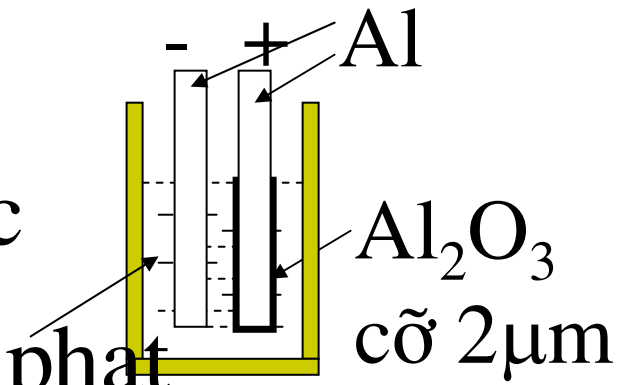
• Tụ điện giấy,  
tụ dầu



## •Tụ điện hoá (điện phân)

$C \sim 100\mu\text{F}$ ,  $U \sim 40\text{V}$ , Phân cực

Dung dịch loãng bicabonat phot phat



## 5. Năng lượng điện trường

### 5.1. Năng lượng tương tác của một hệ điện tích điểm

Hệ 2 điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$r_{12} = r_{21} = r \Rightarrow W = \frac{1}{2} q_1 \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_{21}} + \frac{1}{2} q_2 \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_{12}}$$

$$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$$

Hệ  $n$  điện tích điểm  $q_1, q_2, \dots, q_n$

$$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2 + \dots + q_n V_n) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i$$

## 5. 2. Năng lượng điện của một vật dẫn cô lập tích điện

Chia vật dẫn thành các điểm điện tích  $dq$

$$W = \frac{1}{2} \int dq V = \frac{1}{2} V \int dq = \frac{1}{2} q V$$

$$W = \frac{1}{2} q V = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

## 5. 3. Năng lượng của tụ điện

Hệ  $n$  vật dẫn có  $q_1, q_2, \dots, q_n$  và điện thế tương ứng  $V_1, V_2, \dots, V_n$

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i$$

Tụ điện - hệ 2 vật dẫn

$$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$$

$$q_1 = -q_2 \quad W = \frac{1}{2} q (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} qU$$

$$W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} CU^2$$

## 5.4. Năng lượng điện trường

Tụ điện có thể tích khoảng giữa 2 bản  $\Delta V = S \cdot d$

$$W = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} U^2 \frac{d}{d} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 \Delta V \quad C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Mật độ năng lượng điện trường:

$$\bar{w}_e = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2$$

- Điện trường mang năng lượng: năng lượng này định xứ trong không gian điện trường.

Mật độ năng lượng điện trường tại một điểm:

$$\varpi_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \frac{1}{2} \frac{D^2}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{1}{2} DE$$

Năng lượng điện trường trong không gian V

$$W = \int_V \varpi_e dV = \frac{1}{2} \int_V DE dV$$