

Vật dẫn & Điện môi

Lê Quang Nguyễn
www4.hcmut.edu.vn/~leqnguyen
nguyenquangle@zenbe.com

Nội dung

1. Vật dẫn
 - a. Vật dẫn cân bằng
 - b. Tụ điện
 - c. Năng lượng điện trường
2. Điện môi
 - a. Sự phân cực điện môi
 - b. Điện trường trong điện môi
 - c. Định luật Gauss trong điện môi
 - d. Điều kiện liên tục trên mặt phân cách
 - e. Các tính chất khác

1a. Vật dẫn cân bằng – Định nghĩa

- Ngay khi vật dẫn được tích điện, các electron được thêm vào sẽ chuyển động ra xa nhau do lực đẩy tĩnh điện.
- Sau đó chúng sẽ ngừng chuyển động khi các electron bị đẩy đến bề mặt vật dẫn.
- **Vật dẫn ở trạng thái cân bằng khi các electron ngừng chuyển động định hướng**, hay nói cách khác, khi trong vật dẫn không còn dòng điện nữa.

1a. Vật dẫn cân bằng – Tính chất

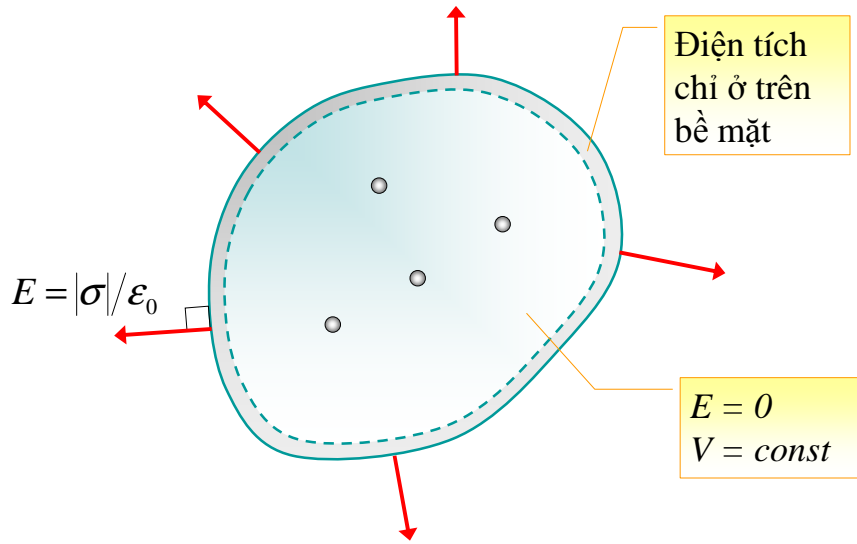
- Điện trường trong vật dẫn cân bằng thì bằng không.
- Điện trường trên bề mặt vuông góc với bề mặt và có độ lớn cho bởi

$$E = |\sigma| / \epsilon_0$$

σ là mật độ điện tích trên bề mặt.

- Tất cả các điện tích dư đều nằm trên mặt ngoài của vật dẫn.
- Vật dẫn cân bằng là một vật đẳng thế.

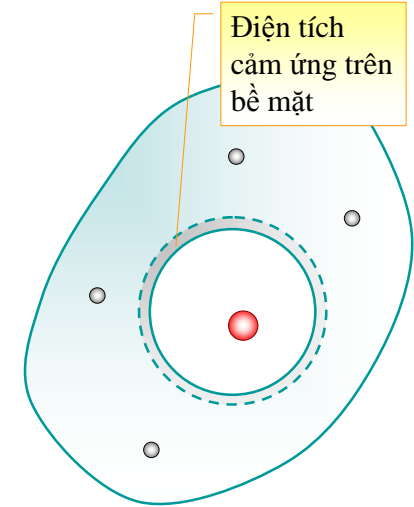
1a. Vật dẫn cân bằng – Minh họa



1a. Vật dẫn cân bằng – Vật dẫn rỗng

- Vật dẫn rỗng cân bằng cũng có các tính chất của vật dẫn đặc.
- Tuy nhiên, nếu đặt điện tích trong phần rỗng thì sẽ có một lớp điện tích cảm ứng trên bề mặt phần rỗng.
- Điện trường trên bề mặt phần rỗng cũng vuông góc với nó và có độ lớn

$$E = |\sigma|/\epsilon_0$$

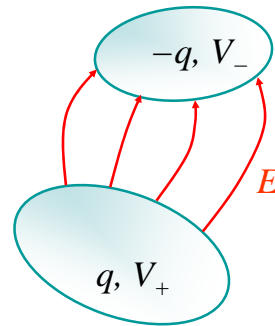


1b. Tụ điện – Định nghĩa

- Tụ điện là hệ gồm hai vật dẫn tích điện bằng nhau và ngược dấu.
- Gọi q là điện tích của bản dương và $\Delta V = V_+ - V_- > 0$ là hiệu điện thế giữa hai bản, ta có:

$$q = C\Delta V$$

- C là điện dung của tụ điện, đo bằng Farad (F).



1b. Tụ điện – Ví dụ

Tụ điện phẳng	Tụ điện trụ	Tụ điện cầu	Quả cầu cô lập
$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ A: diện tích; d: khoảng cách giữa hai bản	$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln(b/a)}$ l: chiều cao; a, b: bán kính trong và ngoài	$C = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a}$ a, b: bán kính trong và ngoài	$C = 4\pi\epsilon_0 a$ a: bán kính quả cầu

1c. Năng lượng điện trường

- Năng lượng tụ điện phẳng:

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

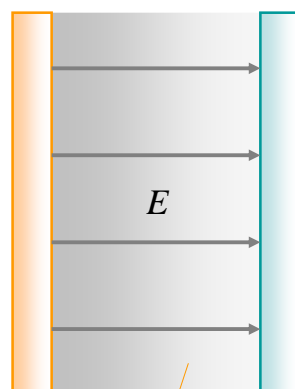
- Ta có:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \Delta V = Ed$$

- Suy ra:

$$U_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{A}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \Omega$$

- trong đó $\Omega = Ad$ là thể tích phần giới hạn giữa tụ điện.



$$\Omega = Ad$$

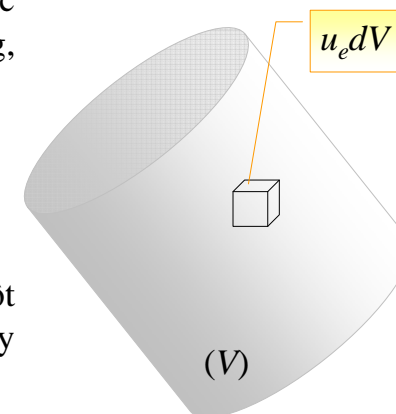
1c. Năng lượng điện trường (tt)

- Năng lượng tĩnh điện được “cất giữ” trong điện trường, với mật độ xác định bởi:

$$u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

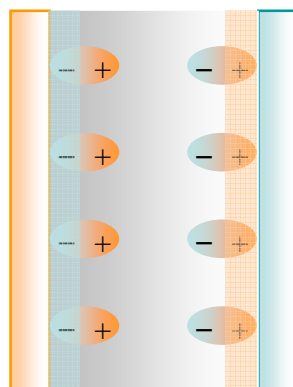
- Như vậy năng lượng của một điện trường bất kỳ lấp đầy một không gian (V) là:

$$U_e = \int_{(V)} \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 dV$$



2a. Sự phân cực điện môi

- Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài, các dipole trong đó sẽ định hướng theo chiều điện trường – đó là hiện tượng phân cực điện môi.
- Khi phân cực, trên bề mặt điện môi sẽ xuất hiện các lớp *điện tích liên kết*.



2a. Sự phân cực điện môi – Vector phân cực

- Khi phân cực momen dipole trung bình của điện môi khác không. **Momen dipole trung bình tính trên một đơn vị thể tích gọi là vector phân cực P .**
- Với các điện môi *đẳng hướng* vector phân cực tỷ lệ với điện trường trong điện môi:

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$$

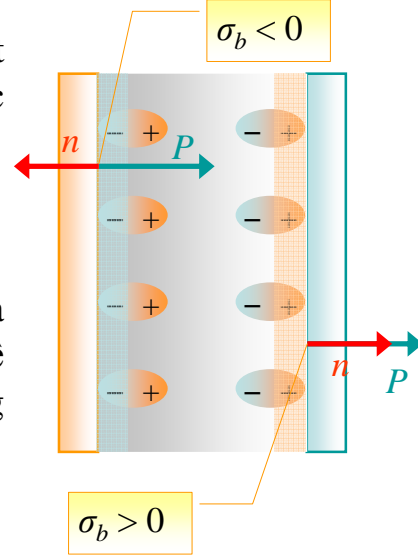
- $\chi > 0$ là độ cảm điện (không có thứ nguyên).

2a. Sự phân cực điện môi – Điện tích liên kết

- Mật độ điện tích liên kết trên bề mặt điện môi xác định bởi:

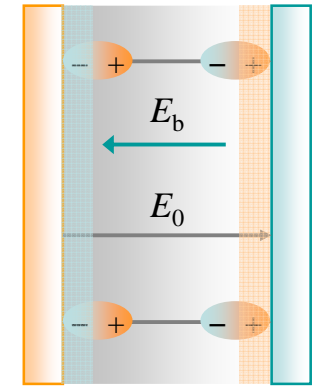
$$\sigma_b = \vec{P} \cdot \vec{n}$$

- P , n là vector phân cực và đơn vị pháp tuyến trên bề mặt; n được chọn hướng ra ngoài bề mặt.

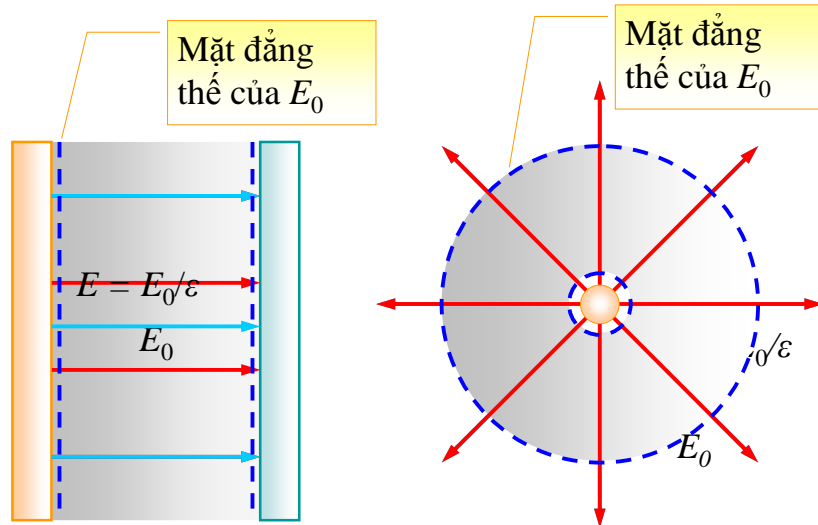


2b. Điện trường trong điện môi

- Các điện tích liên kết tạo ra điện trường ngược chiều, làm cho điện trường trong điện môi nhỏ hơn điện trường trong chân không.
- Nếu điện môi đẳng hướng lấp đầy khoảng không gian giữa hai mặt đẳng thế của điện trường ngoài thì điện trường giảm đi ϵ lần.
- $\epsilon = \chi + 1$, là hằng số điện môi.



2b. Điện trường trong điện môi – Ví dụ



2c. Định luật Gauss trong điện môi

- Vector cảm ứng điện được định nghĩa là:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

- E là điện trường trong điện môi.
- Với điện môi đẳng hướng:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \epsilon_0 \chi \vec{E} = \epsilon_0 (1 + \chi) \vec{E}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$$

2c. Định luật Gauss trong điện môi (tt)

- Định luật Gauss trong điện môi:

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot \vec{n} dS = Q_{in}$$

- Q_{in} là **điện tích tự do** trong (S), không cần xét đến các điện tích liên kết.
- Dạng vi phân:

$$\text{div} \vec{D} = \rho$$

- ρ là mật độ **điện tích tự do**.

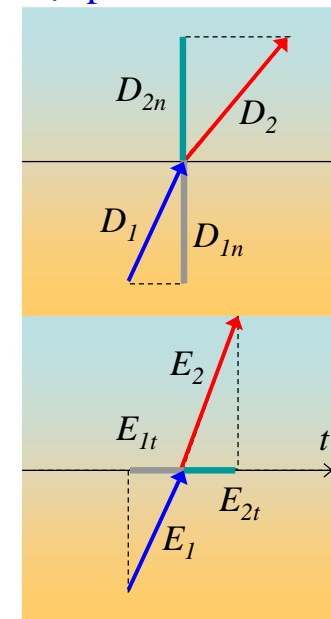
2d. Điều kiện liên tục trên mặt phân cách

- Thành phần pháp tuyến của vector cảm ứng điện biến đổi liên tục.

$$D_{1n} = D_{2n}$$

- Thành phần tiếp tuyến của vector cường độ điện trường biến đổi liên tục.

$$E_{1t} = E_{2t}$$



2e. Các tính chất khác

- Khi khoảng giữa hai bản tụ điện được lấp đầy bởi một điện môi đẳng hướng thì điện dung của tụ điện tăng lên ϵ lần.
- Mật độ năng lượng điện trường trong điện môi tăng lên ϵ lần

$$u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 = \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D}$$