

Vật dẫn & Điện môi

Lê Quang Nguyên
www4.hcmut.edu.vn/~leqnguyen
nguyenquangle59@yahoo.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

cuu duong than cong . com

1a. Vật dẫn cân bằng – Định nghĩa

- Khi vật dẫn được tích điện, các electron sẽ đẩy nhau và chuyển động
- Cho tới khi đến bề mặt vật dẫn.
- Vật dẫn ở trạng thái cân bằng khi các electron ngừng chuyển động định hướng,
- hay khi dòng điện trong vật dẫn bằng không.

1a. Vật dẫn cân bằng – Tính chất

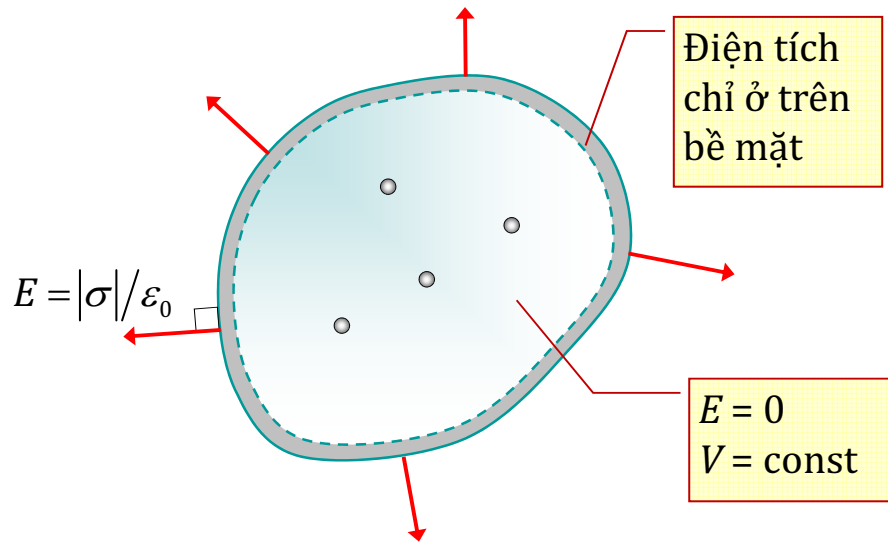
- Điện trường trong vật dẫn bằng không.
- Điện trường trên bề mặt vuông góc với bề mặt và có độ lớn

$$E = \frac{|\sigma|}{\epsilon_0}$$

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.

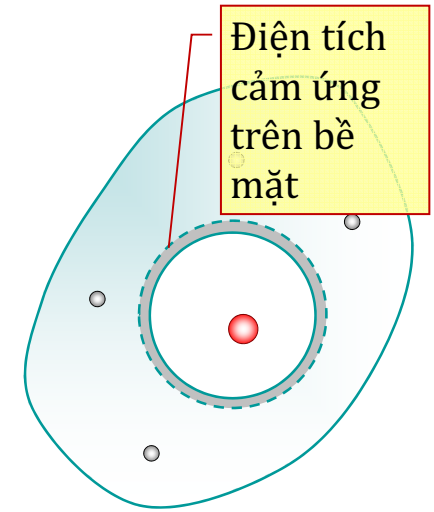
1a. Vật dẫn cân bằng – Minh họa



1b. Vật dẫn rỗng

- Vật dẫn rỗng cân bằng cũng có các tính chất của vật dẫn đặc.
- Nếu đưa điện tích vào phần rỗng thì trên bề mặt phần rỗng có một lớp điện tích cảm ứng.
- Điện trường trên bề mặt phần rỗng cũng \perp với nó và có độ lớn:

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



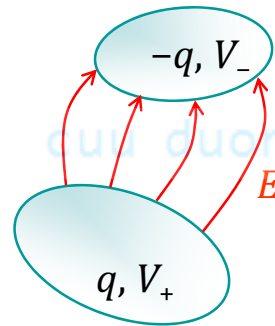
cuu duong than cong . com

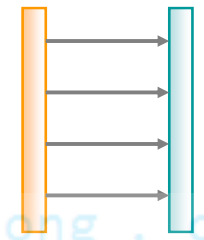
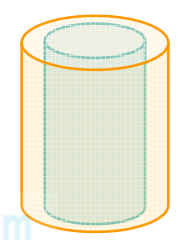
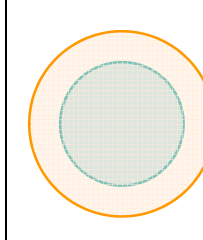
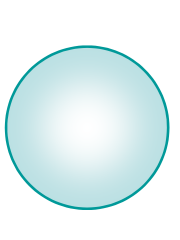
1c. Tụ điện – Định nghĩa

- 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 thế giữa hai bản:

$$q = C\Delta V$$

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



Phẳng	Trụ	Cầu	Quả cầu
			
$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ A: diện tích bản; 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

1d. Năng lượng điện trường

- Năng lượng tụ điện phẳng:

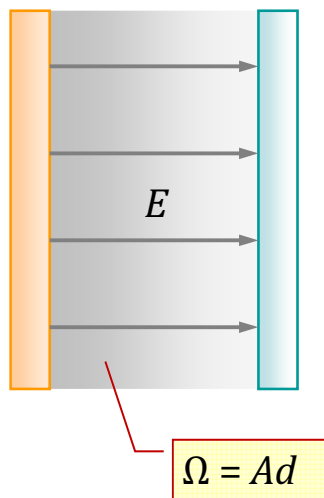
$$U_e = \frac{1}{2} q \Delta V = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

- Ta có:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad \Delta V = Ed$$

- Suy ra:

$$U_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{A}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \Omega$$



cuu duong than cong . com

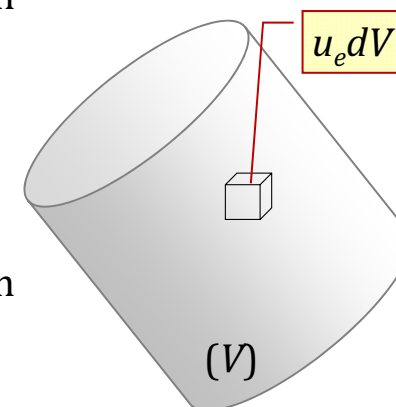
1d. Năng lượng điện trường (tt)

- Năng lượng điện trường có mật độ:

$$u_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$$

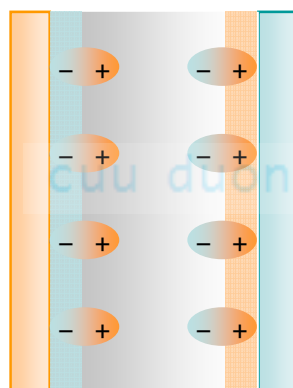
- Năng lượng điện trường trong (V):

$$U_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \int_{(V)} E^2 dV$$



2a. Sự phân cực điện môi

- Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài, các dipole trong điện môi 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

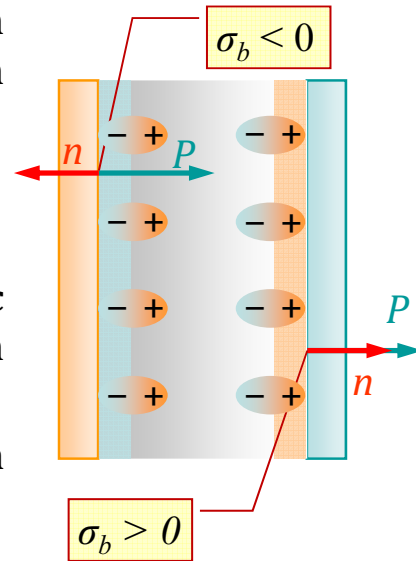
- Khi phân cực momen dipole trung bình của điện môi khác không.
 - Momen dipole trung bình tính trên một đơn vị thể tích gọi là **vector phân cực P**.
 - Với các điện môi **đẳng hướng** vector phân cực tỷ lệ với điện trường trong điện môi:
- $$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E}$$
- $\chi > 0$ là **độ 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:

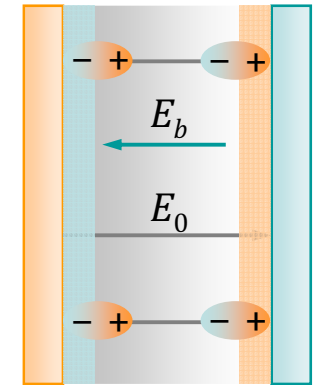
$$\sigma_b = \vec{P} \cdot \vec{n}$$

- 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

- Điện tích liên kết tạo ra điện trường ngược chiều, làm cho điện trường trong điện môi nhỏ đi.
- Nếu điện môi đẳng hướng lấp đầy khoảng giữa hai mặt đẳng thế của điện trường ngoài,
- thì điện trường trong điện môi giảm ϵ lần.

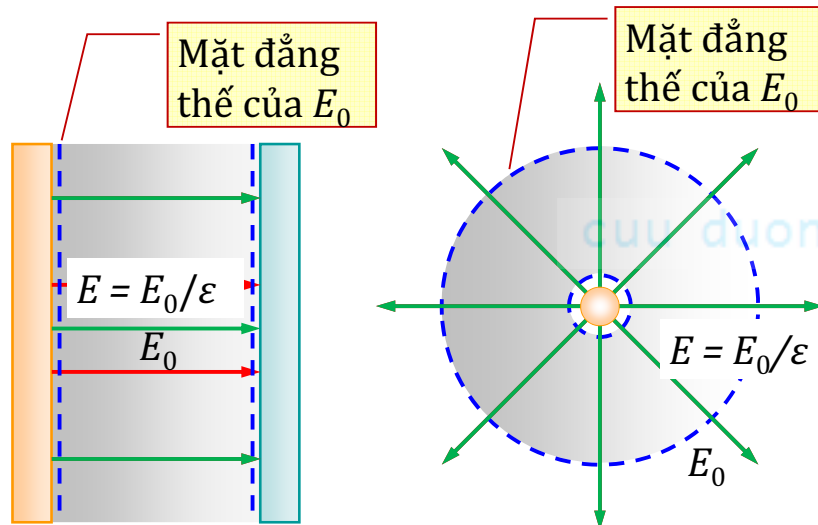


$$\epsilon = \chi + 1$$

hằng số điện môi

cuu duong than cong . com

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:

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

- Q_S là **điện tích tự do** toàn phần 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.

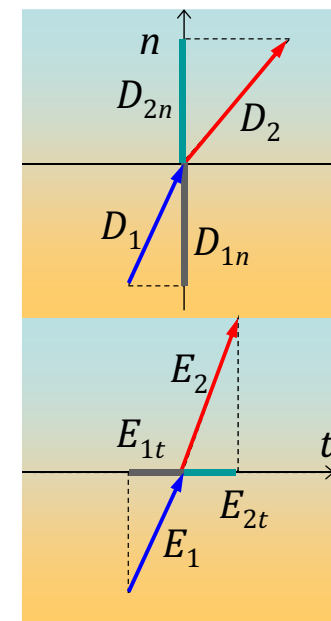
2d. Điều kiện trên mặt phân cách

- Ở gần mặt phân cách hai điện môi,
- thành phần pháp tuyến của D thay đổi liên tục:

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

- thành phần tiếp tuyến của E thay 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, **điện dung của tụ điện tăng lên ϵ lần**.
- Mật độ năng lượng điện trường trong điện môi:**

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