

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 III

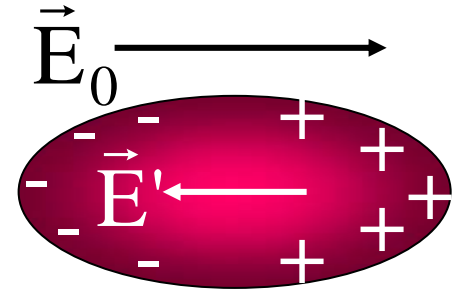
ĐIÊN MÔI

0 Trong điện môi không có điện tích tự do, các điện tích hầu như cố định tại chỗ, chúng chỉ có thể dịch chuyển khoảng cách rất nhỏ quanh vị trí cố định.

1. Sự phân cực của chất điện môi

1.1. *Hiện tượng phân cực điện môi*: Trên thanh điện môi B xuất hiện các điện tích trong điện trường

- Trên thanh điện môi điện tích xuất hiện ở đầu định xứ tại đó \rightarrow gọi là **điện tích liên kết**



. **Điện tích liên kết sinh ra điện trường phụ E'**

Điện trường trong điện môi: $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$

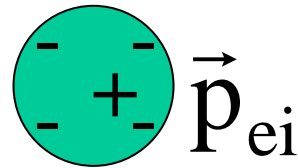
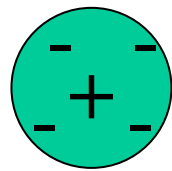
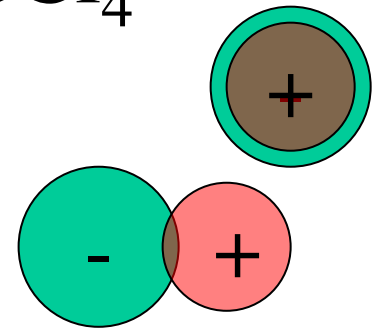
1.2. *Phân tử không phân cực và phân tử phân cực*

a. **Phân tử không phân cực**: Tâm điện tích âm và tâm điện tích dương trùng nhau

Phân tử **không phân cực**: H_2 , N_2 , CCl_4

Phân cực trong điện trường ngoài:

$$\vec{p}_e = \epsilon_0 \alpha \vec{E} \quad \alpha \text{ độ phân cực}$$

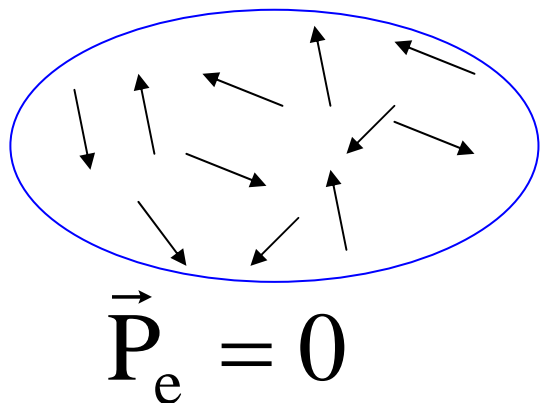


b. Phân tử **phân cực**: Khi chưa có điện trường ngoài tâm của hai loại điện tích đã không trùng nhau $\rightarrow \vec{p}_e$ H_2O , NH_3 , CH_3Cl , $NaCl$ v.v..

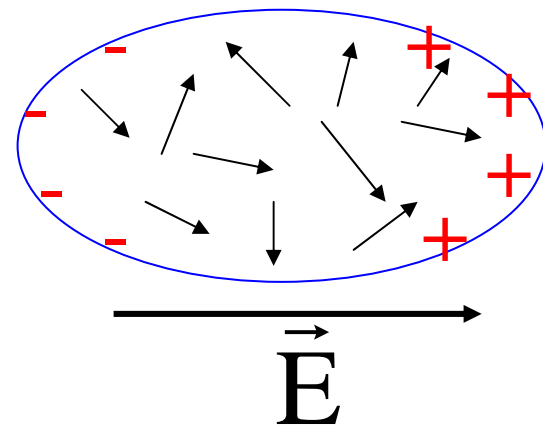
/ Điện trường ngoài không ảnh hưởng đến độ lớn của \vec{p}_e mà chỉ có thể làm **định hướng** nó theo tác dụng của điện trường

1.3. Giải thích hiện tượng phân cực

Điện môi gồm các phân tử phân cực $\vec{P}_e \neq 0$



Phân cực trong
điện trường
ngoài



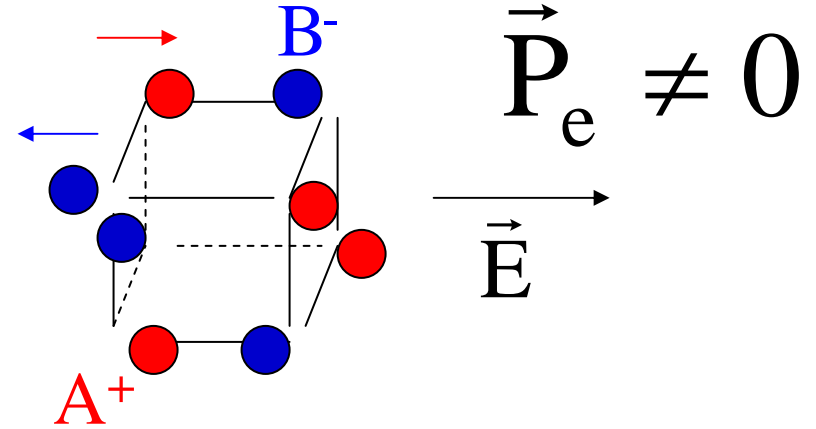
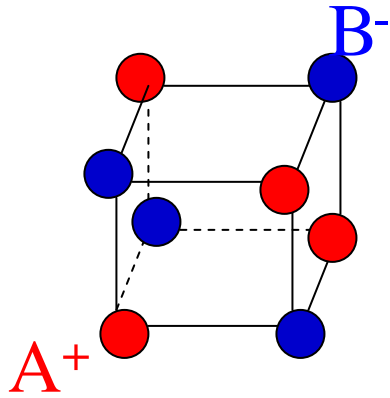
Điện môi gồm các phân tử không phân cực:

Dưới tác dụng của điện trường ngoài các phân tử bị phân cực thành các lưỡng cực điện

Véc tơ phân cực = tổng hợp của các véc tơ phân cực của các phân tử.

Trên mặt giới hạn xuất hiện điện tích liên kết

Điện môi là **tinh thể ion**: hai mạng ion $+$, $-$ dịch đi với nhau dưới tác dụng của điện trường



2. Véc tơ phân cực điện môi

Định nghĩa: Đại lượng đo bằng tổng các mômen lưỡng cực điện của một đơn vị thể tích:

$$\vec{P}_e = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_{ei}}{\Delta V}$$

\vec{p}_e như nhau \Rightarrow

$$\vec{P}_e = \frac{n\vec{p}_e}{\Delta V} = n_0\vec{p}_e$$

$$\vec{P}_e = n_0\vec{p}_e = n_0\varepsilon_0\alpha\vec{E}$$

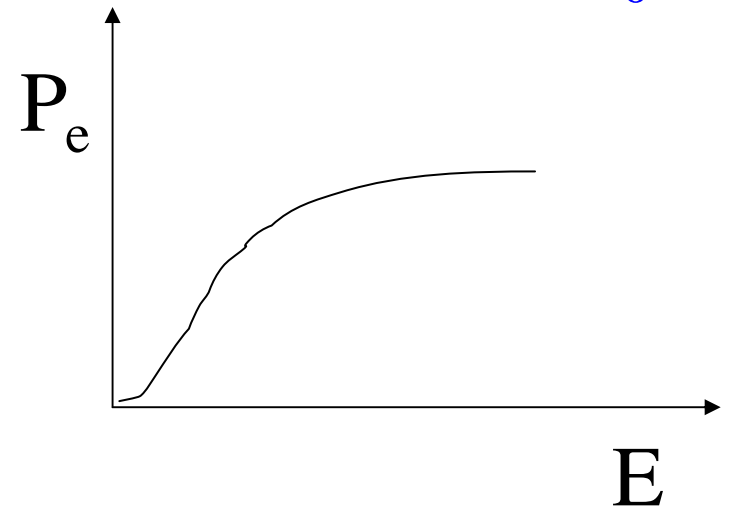
$$\vec{P}_e = \varepsilon_0\chi_e\vec{E}$$

Hệ số phân cực điện môi χ_e không thứ nguyên, không phụ thuộc vào E.

Đối với điện môi có phân tử phân cực với điện trường ngoài yếu:

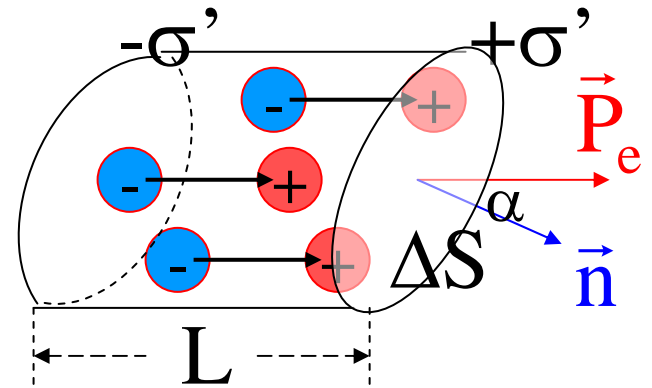
$$\chi_e = n_0\alpha = \frac{n_0 p_e^2}{3\varepsilon_0 kT}$$

Khi E lớn P_e tiến tới bão hoà vì các véc tơ phân cực đều song theo điện trường.



2.2. Liên hệ giữa véc tơ phân cực điện môi với mật độ điện mặt của các điện tích liên kết

$$P_e = |\vec{P}_e| = \frac{\left| \sum_{i=1}^n \vec{p}_{ei} \right|}{\Delta V}$$



$$\left| \sum_{i=1}^n \vec{p}_{ei} \right| = \sigma' \Delta S L$$

$$\Delta V = \Delta S \cdot L \cos \alpha$$

$$P_e = \frac{\sigma'}{\cos \alpha}$$

$$\sigma' = P_e \cdot \cos \alpha = P_{en}$$

Mật độ điện tích σ' của các điện tích liên kết trên mặt giới hạn của khối ĐM có trị số bằng hình chiếu của **véc tơ phân cực** điện môi lên **pháp tuyến** mặt đó

3. Điện trường tổng hợp trong điện môi

3.1. Điện môi trong điện trường E_0

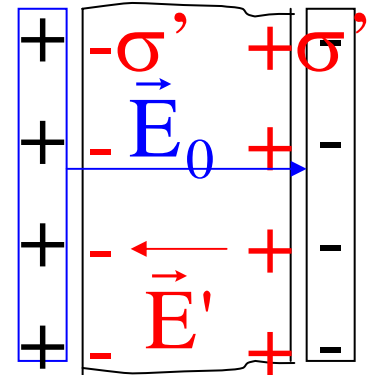
σ' xuất hiện trên bề mặt

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' \quad E = E_0 - E'$$

$$\sigma' = P_{en} = \epsilon_0 \chi_e E_n = \epsilon_0 \chi_e E$$

$$E' = \sigma' / \epsilon_0 = \chi_e E \quad E = E_0 - \chi_e E$$

$$E = E_0 / (1 + \chi_e) = E_0 / \epsilon$$



$$1 + \chi_e = \epsilon$$

Cường độ điện trường trong điện môi giảm đi ϵ so với trong chân không

3.2. Liên hệ giữa véc tơ cảm ứng điện và véc tơ phân cực điện môi

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad \varepsilon = 1 + \chi_e$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 (1 + \chi_e) \vec{E}$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \varepsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}_e$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$$

$$\vec{P}_e = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

Chỉ dùng trong môi trường
đồng chất đẳng hướng

4. Điện môi đặc biệt

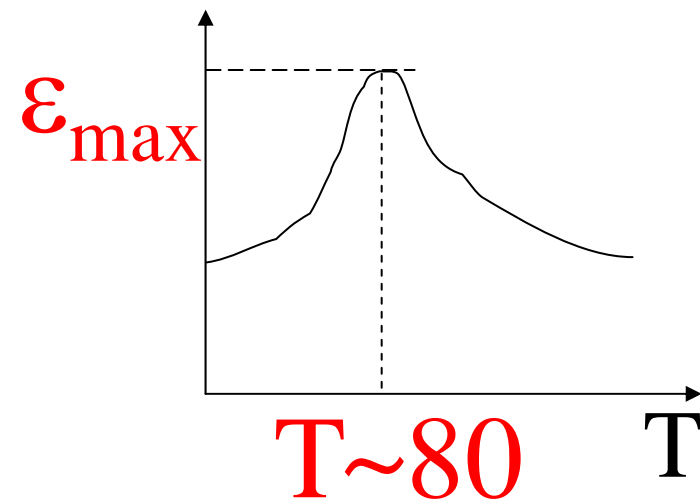
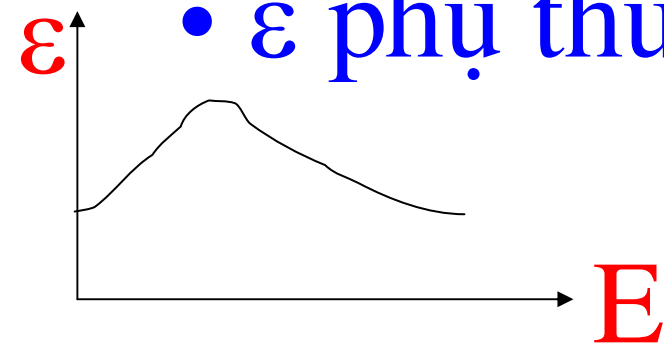
4.1. *Xéc nhét điện*: phát hiện năm 1930-34

Có tính chất đặc biệt: miền phân cực tự nhiên, mỗi miền này có véc tơ phân cực tự phát khi $E=0$

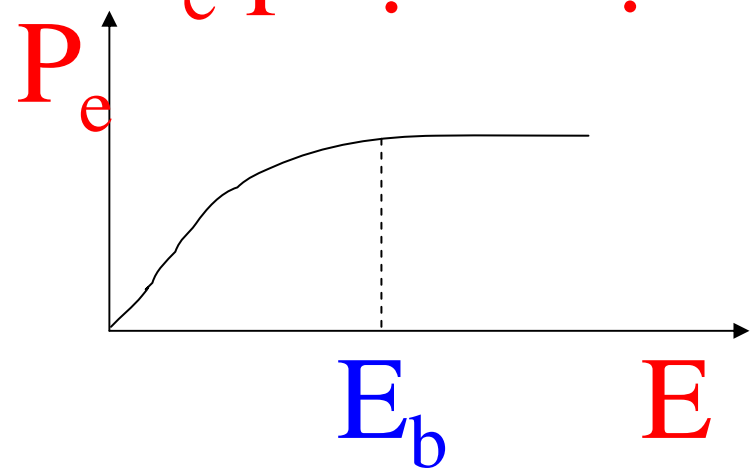
• Nhiệt độ Qui-ri T_C : $T < T_C$ xéc nhét, $T > T_C$ thuận điện (như các điện môi bình thường)

• ϵ lớn khi T thấp, ϵ_{\max} đạt tới 10000,

• ϵ phụ thuộc vào E



- P_e phụ thuộc vào E : P tăng tới bão hoà

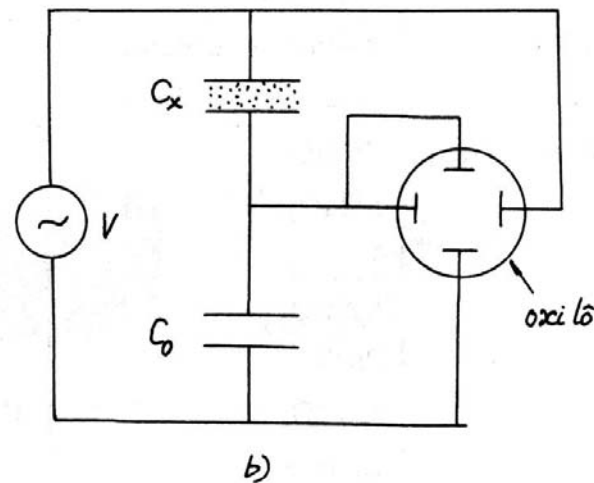
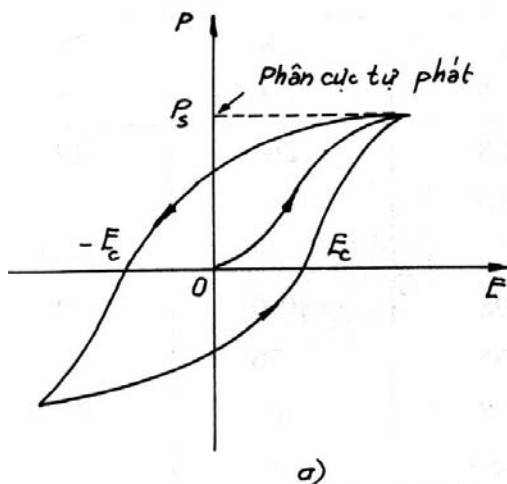


$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}_e$$

$E > E_b \Rightarrow P_e$ bão hoà

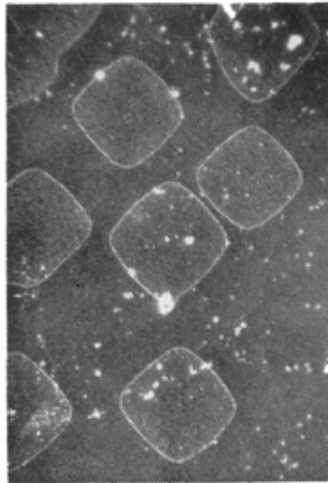
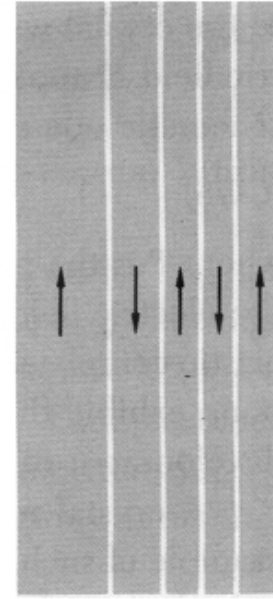
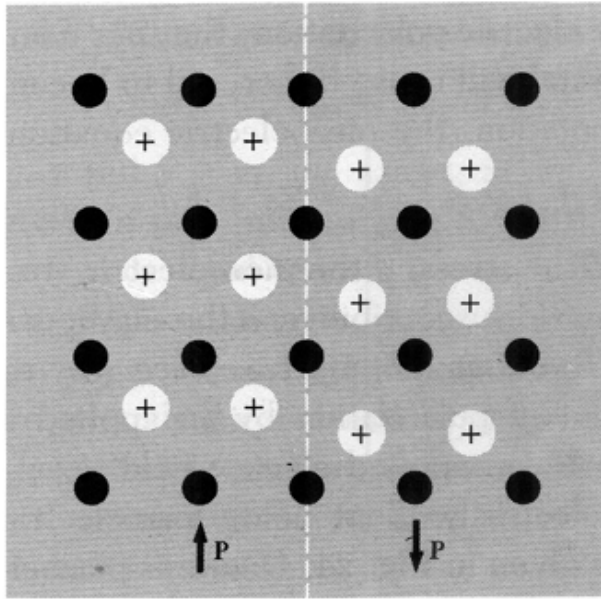
$\Rightarrow D \sim E$

- Đường cong điện trở: chỉ có ở Xéc nhét điện không có ở điện môi thường

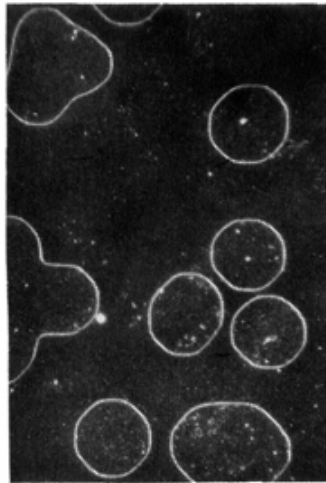


Hình 10.12. Đường cong điện trở (a) và sơ đồ vẽ đường cong trở (b): C_x - mẫu mắc nối tiếp với C_0 (trống), điện áp tác dụng lên mẫu đưa ra trực E , điện áp trên C_0 tỷ lệ với p của mẫu và được đưa ra trực p .

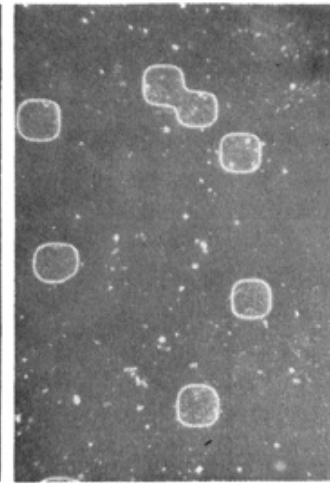
• Miền phân cực tự nhiên



550 V/cm



705 V/cm



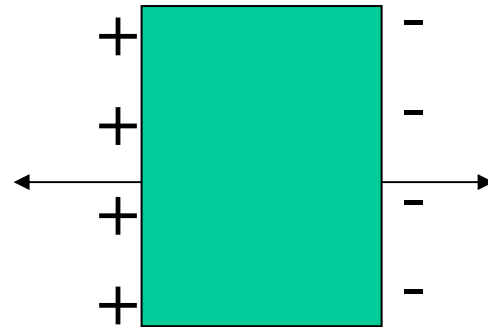
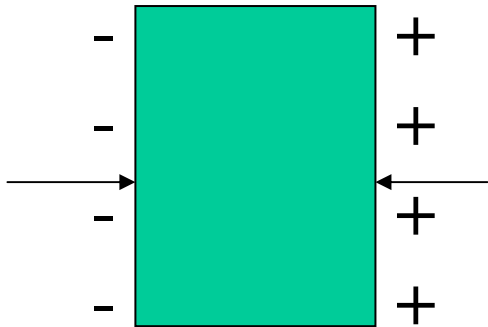
980 V/cm

0.01 cm

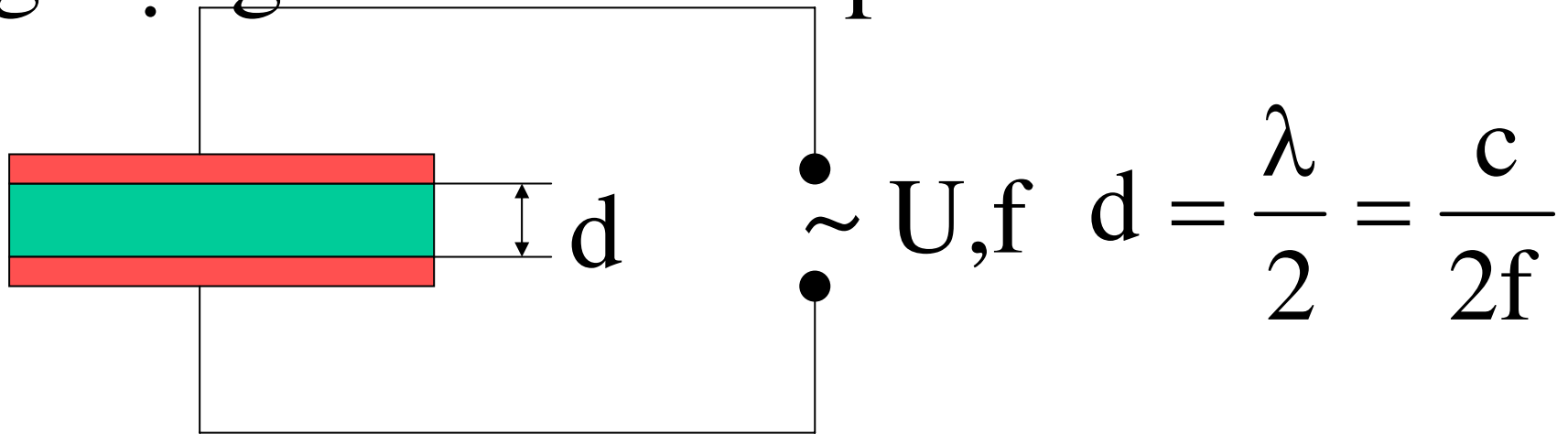


5. Hiệu ứng áp điện

5.1. *Hiệu ứng áp điện thuận*: Khi nén hoặc kéo giãn xéc nhét điện \rightarrow phân cực điện môi: xuất hiện điện tích trái dấu trên mặt



5.2. *Hiệu ứng áp điện nghịch*: Chịu tác dụng điện trường => biến dạng
ứng dụng: Đầu dò thu phát siêu âm



$$f = \frac{c}{2d} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ (mm/s)}}{2d \text{ (mm)}} \sim 2,5 \cdot \frac{10^6}{d} \text{ Hz}$$