



CHƯƠNG 7 ĐIỆN MÔI

Nguyễn Xuân Thấu -BMVL

HÀ NỘI

2017



2

- Là những chất trong điều kiện bình thường hầu như không dẫn điện
- Theo Vật lý cổ điển, là những chất không có các hạt mang điện tích tự do
- Các chất khí không bị ion hóa, một số chất lỏng (benzen, nước cất, dầu mỏ, dầu thực vật...) và các chất rắn (thủy tinh, đồ sứ, mica...)
- Điện trở suất cỡ 10^6 đến $10^{15} \Omega.m$, trong khi điện trở suất của kim loại cỡ 10^{-8} đến $10^{-6} \Omega.m$

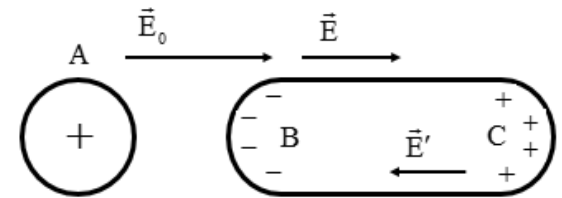


1. SỰ PHÂN CỰC CỦA CHẤT ĐIỆN MÔI

1.1. Hiện tượng phân cực điện môi

Hiện tượng xuất hiện các điện tích trên thanh điện môi khi nó đặt trong điện trường ngoài được gọi là hiện tượng phân cực điện môi.

Đối với các thanh đồng chất đẳng hướng thì trong lòng thanh không xuất hiện điện tích, còn đối với thanh điện môi không đồng chất và đẳng hướng thì trong lòng thanh có xuất hiện điện tích.



Có vẻ giống điện hưởng nhưng các điện tích trên các mặt giới hạn của chất điện môi là điện tích liên kết.

Các điện tích liên kết gây ra điện trường phụ

Điện trường tổng hợp trong chất điện môi:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$



1. SỰ PHÂN CỰC CỦA CHẤT ĐIỆN MÔI

1.2. Giải thích hiện tượng phân cực điện môi

Khi xét tương tác giữa các electron của mỗi nguyên tử, phân tử với điện tích hay điện trường ngoài, ta coi tác dụng của các electron tương đương như một điện tích điểm tổng cộng $-q$ đứng yên tại một vị trí trung bình nào đó – gọi là **tâm của các điện tích âm**.

Tương tự, tác dụng của hạt nhân tương đương như một điện tích $+q$ đặt tại **tâm của các điện tích dương**.

Khi chưa có điện trường ngoài, tâm của các điện tích dương và tâm của các điện tích âm **có thể trùng nhau hoặc lệch nhau**.

Phân tử có thể được coi gần đúng như một lưỡng cực điện có mô men lưỡng cực điện

$$\vec{p}_e = q\vec{l}$$

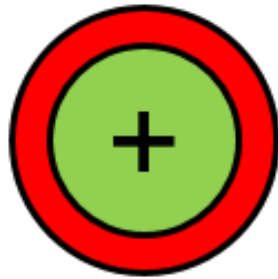


1. SỰ PHÂN CỰC CỦA CHẤT ĐIỆN MÔI

1.2. Giải thích hiện tượng phân cực điện môi

Nếu tâm của các điện tích dương và tâm của các điện tích âm **trùng nhau** thì phân tử gọi là **không phân cực**.

Ví dụ: H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , CCl_4



Trong điện trường ngoài các điện tích dương và âm bị điện trường ngoài tác dụng, dịch chuyển ngược chiều, phân tử trở thành 1 lưỡng cực điện có mômen điện khác 0.

$$\vec{p}_e = \epsilon_0 \alpha \vec{E}_0$$

α – độ phân cực của phân tử

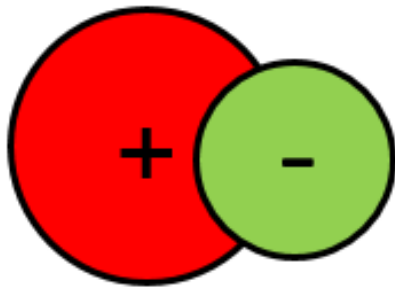


1. SỰ PHÂN CỰC CỦA CHẤT ĐIỆN MÔI

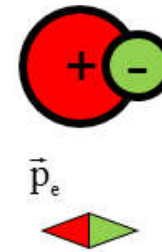
1.2. Giải thích hiện tượng phân cực điện môi

Nếu tâm của các điện tích dương và tâm của các điện tích âm **không trùng nhau** thì phân tử gọi là phân cực.

Ví dụ: H_2O , NH_3 , NaCl ...



Khi không có điện trường phân tử đã là một lưỡng cực điện có mômen điện khác không.



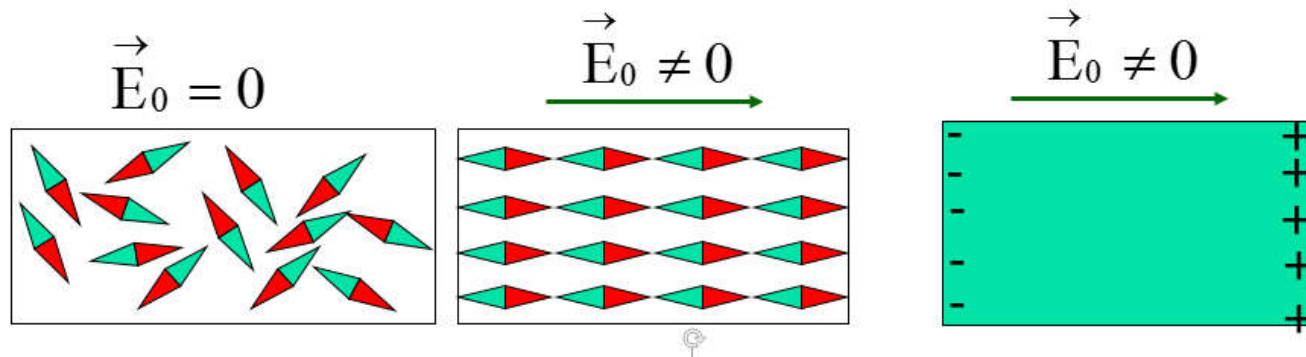
Khi đặt trong điện trường, các mômen lưỡng cực được định hướng theo điện trường ngoài.



1. SỰ PHÂN CỰC CỦA CHẤT ĐIỆN MÔI

1.2. Giải thích hiện tượng phân cực điện môi

Kết quả, trong lòng chất điện môi các điện tích trái dấu của các lưỡng cực phân tử vẫn trung hòa nhau, nhưng ở hai mặt giới hạn, xuất hiện các điện tích trái dấu – **điện tích liên kết**.



Điện trường ngoài càng mạnh, sự phân cực càng rõ rệt.

Khi cắt bỏ điện trường ngoài thì hiện tượng phân cực điện môi cũng mất theo ngay.



2. VEC-TƠ PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI

2.1. Định nghĩa

Để đặc trưng cho mức độ phân cực của điện môi, người ta dùng đại lượng vật lý là **vec-tơ phân cực điện môi**, ký hiệu là: \vec{P}_e

đo bằng tổng các mômen điện của các phân tử có trong một đơn vị thể tích của khối điện môi.

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

+ Vector phân cực điện môi là một đại lượng vĩ mô, được coi như một mômen lưỡng cực điện ứng với một đơn vị thể tích của chất điện môi.

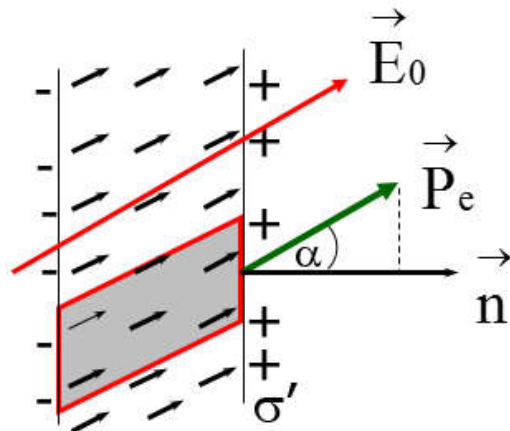
+ Đơn vị đo của vector phân cực điện môi là C/m² (trùng với đơn vị đo mật độ điện tích mặt).



2. VEC-TƠ PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI

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

Vì véc-tơ phân cực điện môi \vec{P}_e và mật độ điện mặt của các điện tích liên kết trên mặt giới hạn của khối điện môi đều đặc trưng cho mức độ phân cực điện môi nên chúng có liên hệ với nhau.



Xét một khối điện môi đồng chất, đẳng hướng, đặt trong điện trường ngoài \vec{E}_0

Xét một hình trụ đủ nhỏ, có 2 đáy nằm trên 2 mặt tấm điện môi, các đường sinh song song với véc-tơ cường độ điện trường \vec{E}_0

Khi đó hình trụ coi như một lưỡng cực điện có mômen điện:

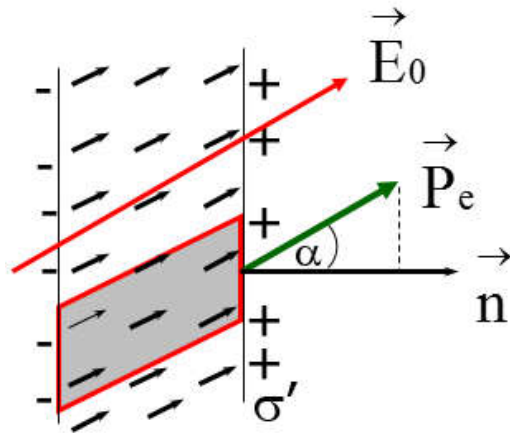
$$\vec{p} = \sum \vec{p}_{ei} = q \vec{l} = \sigma' \Delta S \vec{l}$$



2. VEC-TƠ PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI

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

Mà, vectơ phân cực của khối điện môi trong hình trụ đó :



$$\vec{P}_e = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_{ei}}{\Delta V} = \frac{\vec{p}}{V} = \frac{\sigma' \Delta S l}{\Delta S l \cos \alpha}$$

Suy ra: $|\vec{P}_e| = \frac{\sigma'}{\cos \alpha}$

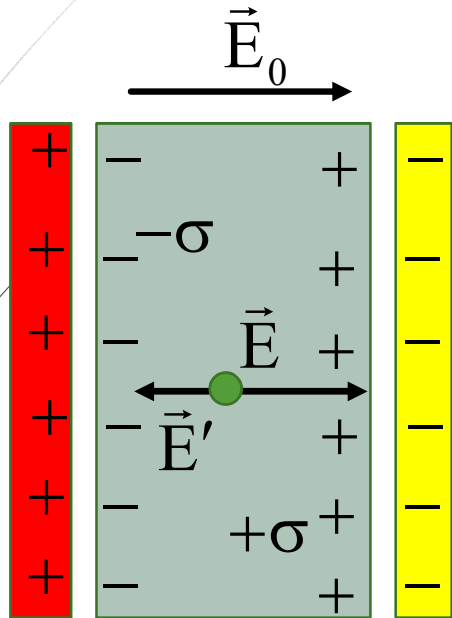
Hay: $\sigma' = P_e \cos \alpha = P_{en}$

Vậy: Mật độ điện tích liên kết bằng hình chiếu của vectơ phân cực lên pháp tuyến của mặt giới hạn.



3. ĐIỆN TRƯỜNG TỔNG HỢP TRONG ĐIỆN MÔI

3.1. Điện trường trong lòng chất điện môi



Gọi \vec{E}_0 là điện trường gây bởi 2 mặt phẳng mang điện được lấp đầy chất điện môi cần nghiên cứu.

Trên mặt giới hạn của chất điện môi xuất hiện các điện tích trái dấu có mật độ lần lượt là $-\sigma$ và $+\sigma$. Các điện tích này gây ra điện trường phụ \vec{E}' ngược chiều với \vec{E}_0

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

E' là cường độ điện trường gây bởi 2 mặt phẳng song song vô hạn:

$$E' = \sigma' / \epsilon_0 = P_{en} / \epsilon_0$$

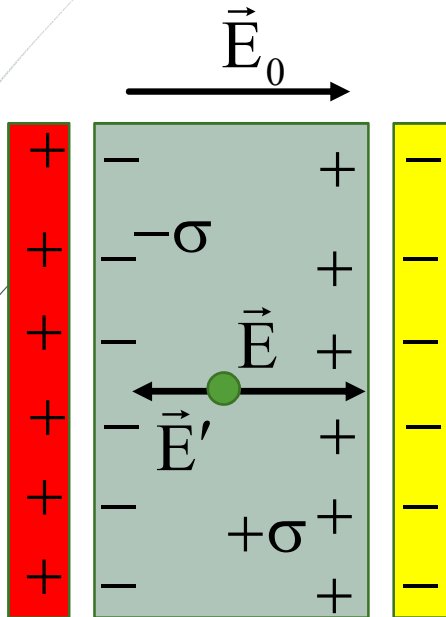
Đối với chất điện môi đồng chất, đẳng hướng: $\vec{P}_e = \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$ (χ_e gọi là độ cảm điện)

$$E' = \epsilon_0 \chi_e E_n / \epsilon_0 = \epsilon_0 \chi_e E / \epsilon_0 = \chi_e E$$



3. ĐIỆN TRƯỜNG TỔNG HỢP TRONG ĐIỆN MÔI

3.1. Điện trường trong lòng chất điện môi



$$\Rightarrow E = E_0 - \chi_e E \Rightarrow E = \frac{E_0}{1 + \chi_e} = \frac{E_0}{\epsilon}$$

Vậy: cường độ điện trường trong lòng chất điện môi giảm đi ϵ lần so với cường độ điện trường trong chân không.



3. ĐIỆN TRƯỜNG TỔNG HỢP TRONG ĐIỆN MÔI

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

Theo định nghĩa:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}; \quad \epsilon = 1 + \chi_e$$

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

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}_e \quad (*)$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} \\ \vec{P}_e = \epsilon_0 \chi_e \vec{E} \end{array} \right\} \text{ Hai công thức này chỉ đúng trong trường hợp các môi } \\ \text{ trường là đồng chất và đẳng hướng.}$$

Trong trường hợp điện môi không đồng chất và không đẳng hướng, véc-tơ phân cực điện môi \vec{P}_e không tỷ lệ với véc-tơ cường độ điện trường \vec{E} nên véc-tơ điện cảm \vec{D} không cùng phương chiều với véc-tơ \vec{E} . Khi đó véc-tơ \vec{D} phải được tính theo công thức (*)



3. ĐIỆN TRƯỜNG TỔNG HỢP TRONG ĐIỆN MÔI

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

Chất điện môi	ϵ	Chất điện môi	ϵ
Chân không	1	Parafin	2,2 – 2,3
Không khí	1,0006	Cao su mềm	2,6 – 3
Dầu hỏa	2,1	Mica	4 – 5,5
Nhựa thông	3,5	Thủy tinh	4 – 10
Ebônit	2,7 – 3	Sứ	6,3 – 7,5



4. ĐIỆN MÔI ĐẶC BIỆT

4.1. Điện môi Seignette

Muối seignette có công thức $\text{NaK}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (*bi tactrat K, Na ngâm nước*) hoặc BaTiO_3 (*titanat bari*)

Đặc tính của điện môi seignette:

Hệ số điện môi của séc nhét phụ thuộc vào nhiệt độ, có giá trị rất lớn.

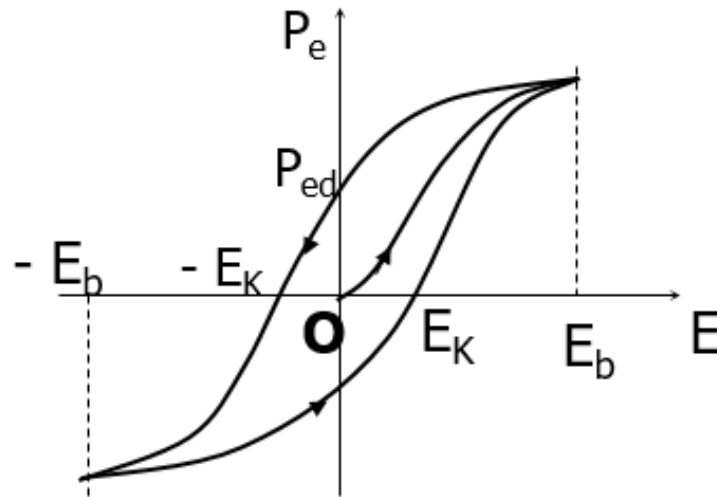
Vectơ phân cực P_e không tỉ lệ bậc nhất với cường độ điện trường trong lòng chất điện môi.

Giá trị của P_e phụ thuộc cường độ điện trường E và trạng thái phân cực trước đó của điện môi.



4. ĐIỆN MÔI ĐẶC BIỆT

4.1. Điện môi Seignette



Khi tăng nhiệt độ tới quá một nhiệt độ T_C (gọi là nhiệt độ Curie), Seignette mất hết các tính chất đặc biệt, trở thành điện môi bình thường.



4. ĐIỆN MÔI ĐẶC BIỆT

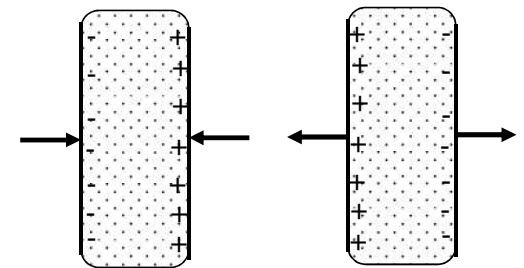
4.2. Hiệu ứng áp điện

Năm 1880 nhà vật lý Pierre Curie và Jacques Curie đã phát hiện ra hiện tượng : khi kéo giãn hoặc nén tinh thể điện môi theo các phương đặc biệt trong tinh thể thì trên các mặt giới hạn của tinh thể có xuất hiện các điện tích trái dấu. Hiện tượng đó được gọi là *hiệu ứng áp điện thuận*.

Ngược lại, nếu ta áp lên hai mặt tinh thể một hiệu điện thế thì nó sẽ bị dãn hoặc nén. Đó là *hiệu ứng áp điện nghịch*

Hiệu ứng áp điện thuận được ứng dụng để biến các dao động cơ thành các dao động điện.

Hiệu ứng áp điện nghịch được ứng dụng để chế tạo các máy phát sóng siêu âm.





Bài tập cần làm 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.8.



HẾT