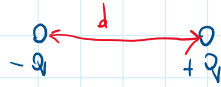


DIELEKTRYK W POLU ELEKTRYCZNYM

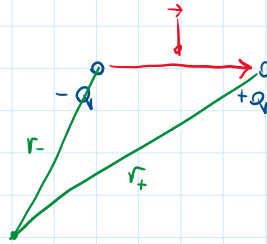
- w środku jest pole elektryczne
- $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{ind}$
 - \vec{E}_0 pole wypadkowe
 - \vec{E}_{ind} pole indukowane, zazwyczaj przeciwne pole zewnętrzne

DIPOL



MOMENT DIPOLOWY

- wektorowa wielkość
- $\vec{p} = Q\vec{d} = Q(\vec{r}_+ - \vec{r}_-)$



DIPOL W POLU ELEKTRYCZNYM

- $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$ ← moment siły

DIPOLE - RODZAJE

- trwałe
- chwilowe
- indukowane* ← nie ma momentu dipolowego bo momentu przyłożenia pola elektrycznego

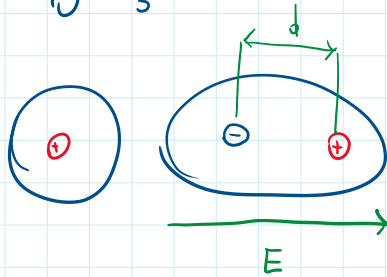
WYPADKOWY MOMENT DIPOLOWY

- układ N dipoli: $\vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N q_i \vec{d}_i$

- układ N dipoli: $\vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N q_i \vec{d}_i$
- $\vec{p} = 0$ zazwyczaj gdy na zewnątrz nie ma pola
- $\vec{p} \neq 0$ po pojawieniu się pola \vec{E}

POLARYZACJA

- rozdzielenie lub względne przesunięcie ładunków elektrycznych o przeciwnych znakach
- Polaryzacja elektronowa ← prawie natychmiast po przyłożeniu pola
 $\tau = 10^{-18} - 10^{-13} \text{ s}$



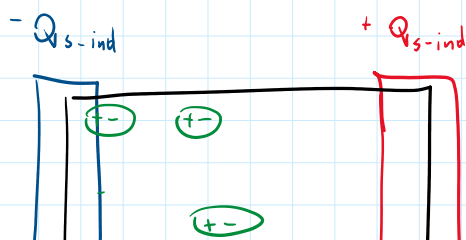
- Polaryzacja jonowa
 $\tau = 10^{-13} - 10^{-12} \text{ s}$

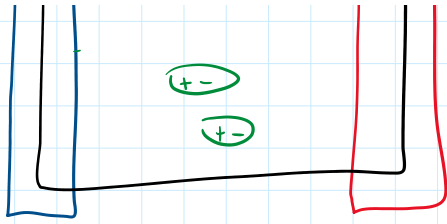


- Polaryzacja orientacyjna
 $\tau = 10^{-10} - 10^{-2} \text{ s}$



ŹRÓDŁO ŁADUNKU INDUKOWANEGO





OZNACZENIA

- G_{pol} , $Q_{\text{s-pol}}$ → od polaryzacji
- G_{ind} , $Q_{\text{s-ind}}$ → ładunki indukowane
- G_{bound} , $Q_{\text{s-bound}}$ → ładunki związane

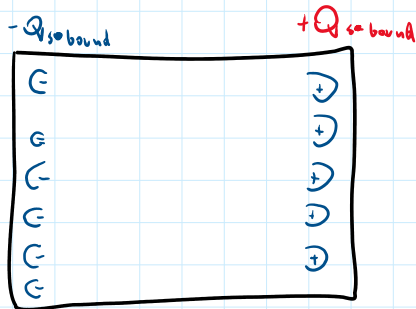
WEKTOR POLARYZACJI

$$\vec{P} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_i}{V} \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^3} \right] \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right]$$

V - objętość

$$\vec{P} = \frac{N \cdot \vec{p}_{\text{av}}}{V} = n \cdot \vec{p}_{\text{av}}$$

↑
śr. moment dipolowy molekuly
↑
liczba molekuł na jednostkę



$$\vec{P} \cdot \hat{n} = Q_{\text{s-bound}}$$

$$P = Q_{\text{s-bound}}$$

PODATNOŚĆ ELEKTRYCZNA

$$\vec{P} \sim \vec{E} \rightarrow \vec{P} \sim \epsilon_0 \vec{E} \rightarrow \vec{P} = \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$$

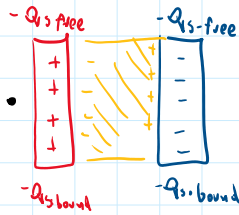
$$\chi_e = \frac{\vec{P}}{\epsilon_0 \vec{E}}$$

- podatność el. χ_e → stała proporcjonalności, stopień polaryzacji materiału w odpowiedzi na pde \vec{E}

WEKTOR INDUKCJI

$$\bullet E = \frac{Q_{s, \text{free}}}{\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 E = Q_{s, \text{free}}$$



$$E = E_0 - E_{\text{ind}}$$

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

$$\vec{D} = \left[\frac{C}{m^2} \right]$$

$$\epsilon_0 \vec{E} = Q_{s, \text{free}} - Q_{s, \text{bound}}$$

$$Q_{s, \text{free}} = \epsilon_0 E + Q_{s, \text{ind}}$$

$$Q_{s, \text{free}} = \epsilon_0 E + P$$

$$\bullet \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \rightarrow \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$$

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

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

DIELEKTRYKI

$$\bullet \epsilon_r = (1 + \chi_e) \quad \chi_e = (\epsilon_r - 1)$$

$$\bullet \text{ dla próżni: } \chi_e = 0 \rightarrow \vec{P} = 0, \epsilon_r = 1$$

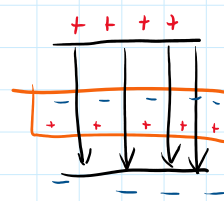
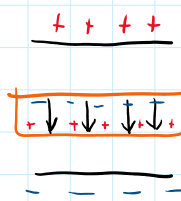
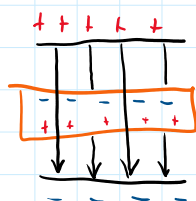
$$\bullet \text{ dla dielektryków: } \chi_e > 0 \quad \vec{P} \neq 0 \quad \epsilon_r > 1$$

D, E, P

$\bullet E \rightarrow$ źródłem są wszystkie ładunki swobodne i związane

$\bullet P \rightarrow$ ładunki związane; makroskopowe przybliżenie zjawisk polaryzacyjnych w dielektryku

$Q - \text{const}$



$$\epsilon_0 \vec{E}$$

$$+$$

$$\vec{P}$$

$$=$$

$$\vec{D}$$

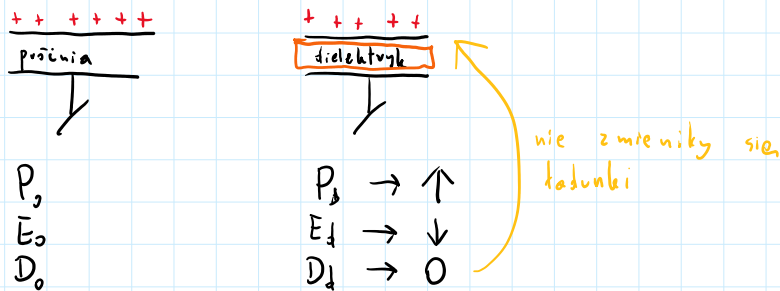
$$\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \vec{D}$$

UWAGI

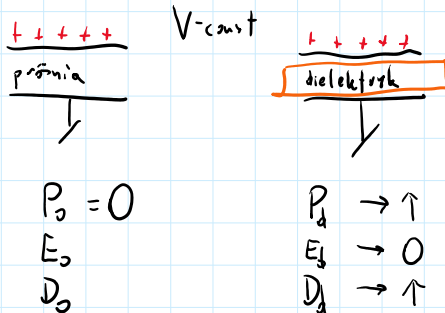
- wszystko, o czym była mowa dotyczy materiałów liniowych ($\chi_e \rightarrow \text{const}$)
- materiały jednorodne izotropowe
- pominięto wpływ f zmian pola, $\epsilon(T)$

UKŁAD ZE STAŁYM ŁADUNKIEM

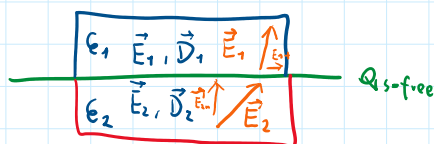
$Q = \text{const}$



UKŁ. ZE STAŁYM NAPIĘCIEM



POLE ELEKTRYCZNE NA GRANICY

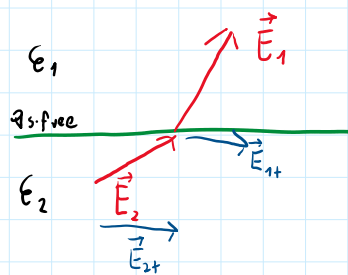


$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{1n} + \vec{E}_{1t}$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{2n} + \vec{E}_{2t}$$

$$\epsilon_1 \quad \nearrow \vec{E}_1$$

$$\vec{E}_{1t} = \vec{E}_{2t}$$

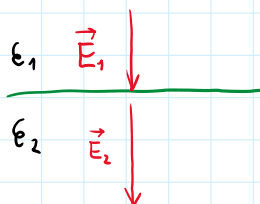


$$\vec{E}_{1t} = \vec{E}_{2t}$$

$$\frac{D_{1t}}{\epsilon_1} = \frac{D_{2t}}{\epsilon_2}$$

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

$$\epsilon_1 \cdot \vec{E}_{1n} - \epsilon_2 \cdot \vec{E}_{2n} = q_s$$



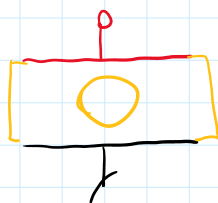
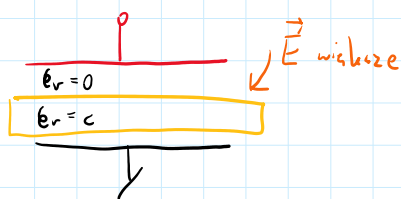
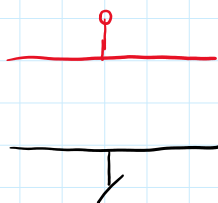
$$\epsilon_1 \cdot E_1 = \epsilon_2 \cdot E_2$$

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{E_2}{E_1}$$

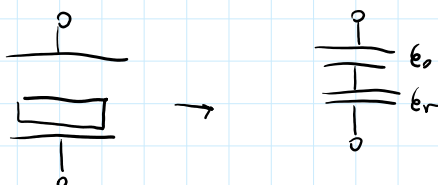
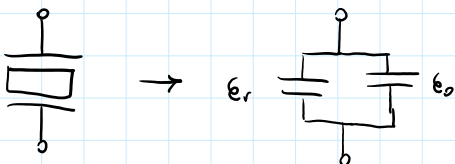
$$\frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{r1}}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2}} = \frac{E_2}{E_1}$$

$$\frac{\epsilon_{r1}}{\epsilon_{r2}} = \frac{E_2}{E_1}$$

• przykłady



KONDENSATOR Z DIELEKTRYKIEM



next: energia pola, podsumowanie elektrostatyki