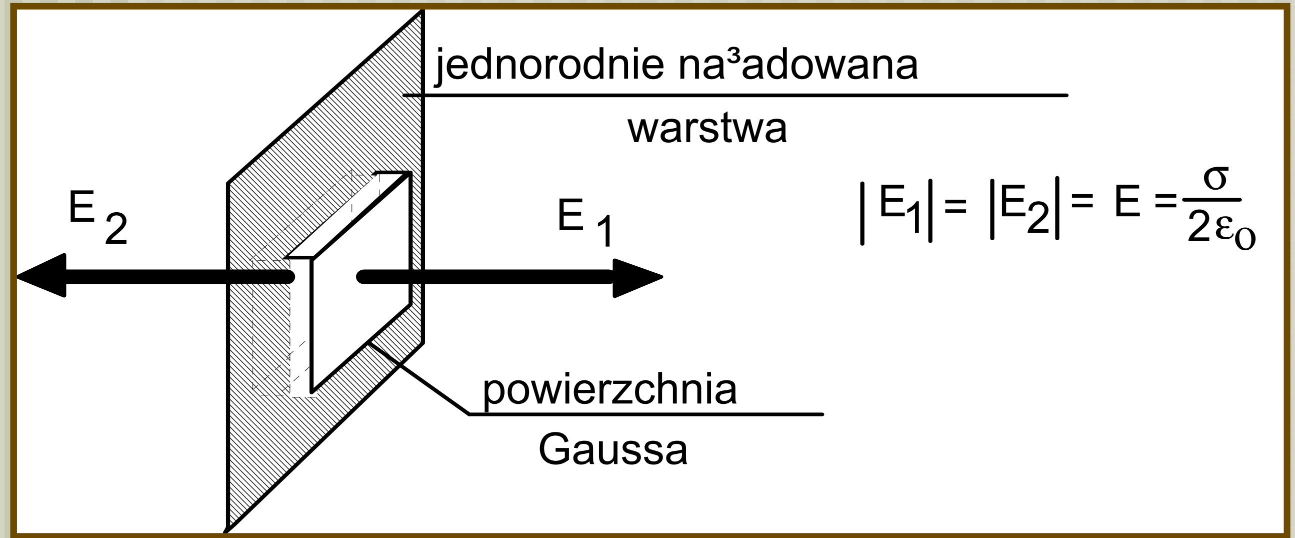
Sydney, Australia, July 2001

Pole elektryczne w dielektrykach

- Pole elektryczne w pobliżu naładowanych warstw płaskich
- Pojemność elektryczna
- Kondensator płaski z dielektrykiem
- Polaryzacja elektryczna

L.R. Jaroszewicz

Pole elektryczne w pobliżu naładowanych warstw płaskich



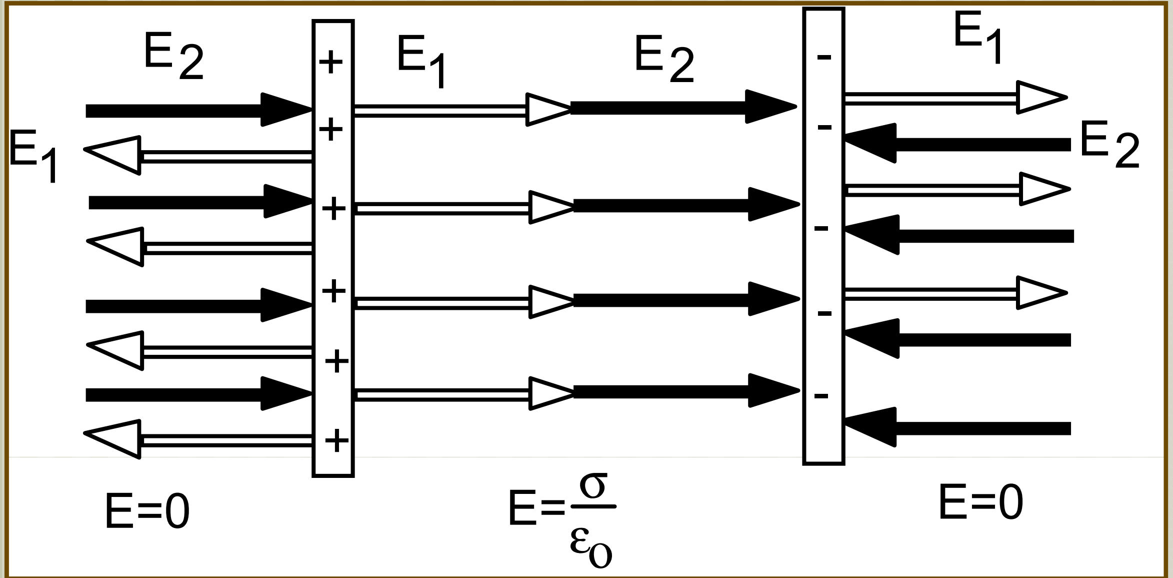
Z prawa Gaussa dla wybranego prostopadłościanu na bocznych powierzchniach strumień jest zerowy zatem:

$$ES + ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_o}$$

Ostatecznie w całej przestrzeni:

$$E = \frac{\sigma}{2\,\varepsilon_o}$$

Układ dwu warstw o przeciwnych ładunkach



$$E = 2\frac{\sigma}{2\,\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Dielektryk – ośrodek o pewnej przenikalności elektrycznej:

$$\varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r$$

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Jeżeli pomiędzy warstwami znajduje się dielektryk o przenikalności ε to:

$$E = \sigma / \varepsilon_o \varepsilon_r \quad \text{lub} \quad \sigma = \varepsilon_o \varepsilon_r E = D$$

Równanie materiałowe (konstytutywne): $\vec{D} = \varepsilon_0\,\varepsilon_r\,\vec{E}$

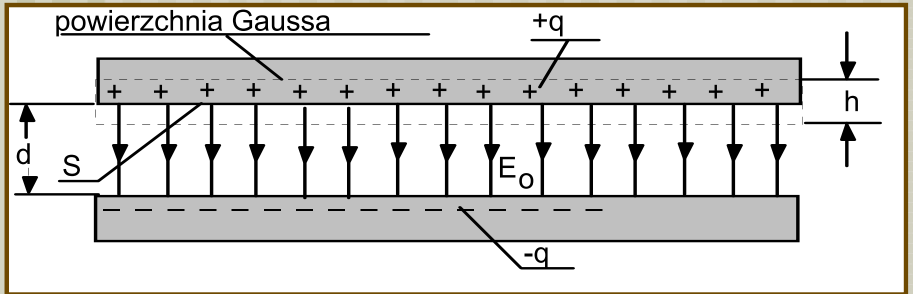
Prawo Gaussa: $\int_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q$

Pojemność elektryczna

Pojemnością C nazywamy stosunek nagromadzonego ładunku do różnicy potencjałów U

$$C = \frac{Q}{U}$$

[C]=F (farad) [mikrofarad (μF), nanofarad (nF), pikofarad (pF)]



$$\varepsilon_o \Phi_E = \varepsilon_o \int \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_o E_o S = q$$

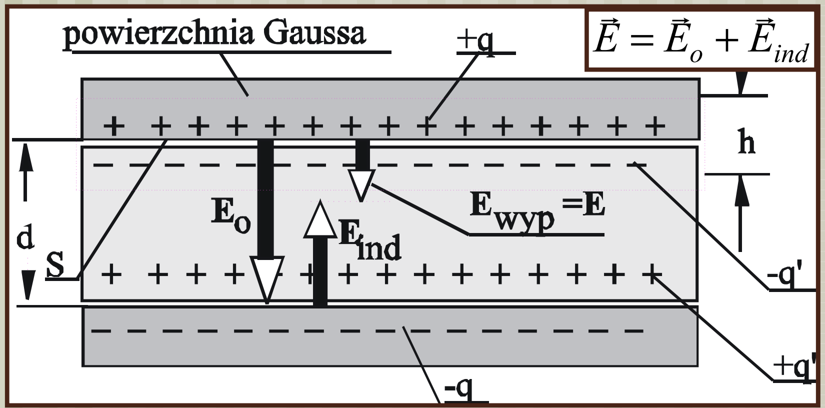
Praca -> $q_0 U = F\, d = q_0 E_0 d$; $U = E_0 d$

$$U = -\int_l \vec{E} d\vec{l}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 E_0 S}{E_0 d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}; \; E = \frac{U}{d} = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$$

$$\varepsilon_o = \frac{qd}{US} = \frac{Cd}{S}$$

Kondensator płaski z dielektrykiem



$$C = \frac{\varepsilon S}{d} = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_o S}{d}$$

Zatem dla dielektryka: $\varepsilon_r = \dfrac{C}{C_o}$

$$q = CU = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_o SU}{d} = \varepsilon_r q_o$$

Natężenia pól: $\varepsilon_o = \dfrac{Cd}{S}$

$$\frac{E_o}{E} = \frac{U_o}{U_d} = \varepsilon_r ;\ E = \frac{E_o}{\varepsilon_r} = \frac{q}{\varepsilon_r \varepsilon_o S}$$

ale

$$\varepsilon_O \oint \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_O ES = q - q'$$

$$E = \frac{q}{\varepsilon_o S} - \frac{q'}{\varepsilon_o S}$$

$$\frac{q}{\varepsilon_r \varepsilon_o S} = \frac{q}{\varepsilon_o S} - \frac{q'}{\varepsilon_o S};\quad skąd\quad q' = q\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}\right)$$

$$\frac{q}{S} = \varepsilon_o\left(\frac{q}{\varepsilon_r \varepsilon_o S}\right) + \frac{q'}{S};\ czyli \quad \sigma = \varepsilon_o E + \frac{q'}{S}$$

Stąd równanie materiałowe:

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

gdzie

$$P = \frac{q'}{S} = \frac{q'd}{Sd} = \frac{q'd}{U}$$

Polaryzacja elektryczna

W dielektrykach ładunki nie mają możliwości swobodnego przemieszczania się. Polaryzacja dielektryka to indukcja ładunku na powierzchni dielektryka pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

Polaryzacja skierowana (np. H_2O, NH_3, HCl, CH_3Cl)**:** pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego cząsteczki dielektryka dążą do zajęcia takiego położenia, aby kierunek wektorów ich momentów dipolowych był zgodny z kierunkiem zewnętrznego pola.

Polaryzacja elektronowa (np. H_2, Cl_2, CCl_4, węglowodory): cząsteczki niespolaryzowane uzyskują w polu elektrycznym momenty dipolowe indukowane w wyniku odkształcenia orbit elektronowych.

Polaryzacja jonowa (np. NaCl, CsCl): rozsunięcie jonów pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

Wektor polaryzacji

Wektor polaryzacji – wskaźnik ilościowy polaryzacji:

$$\vec{P} = \lim_{V \to 0} \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{N} \vec{p}_{ei}$$

N - liczba dipoli zawartych w objętości *V* dielektryka, p_{ei} - moment elektryczny i-tego dipola.

Dla dielektryka jednorodnego o N_o cząsteczkach niespolaryzowanych

$$\vec{P} = N_o \vec{p}_e$$

gdzie

$$\vec{p}_e = \varepsilon_o \alpha \vec{E}$$

Moment dipolowy indukowany w cząstkach niespolaryzowanych

α – współczynnik polaryzowalności

$$\vec{P} = N_o \varepsilon_o \alpha \vec{E} = \varepsilon_o \chi \vec{E}$$

χ - podatność dielektryczna substancji

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

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

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

$$\varepsilon_r = 1 + \chi$$

Stała dielektryczna równa się podatności dielektrycznej zwiększonej o 1.

Sydney, Australia, July 2001