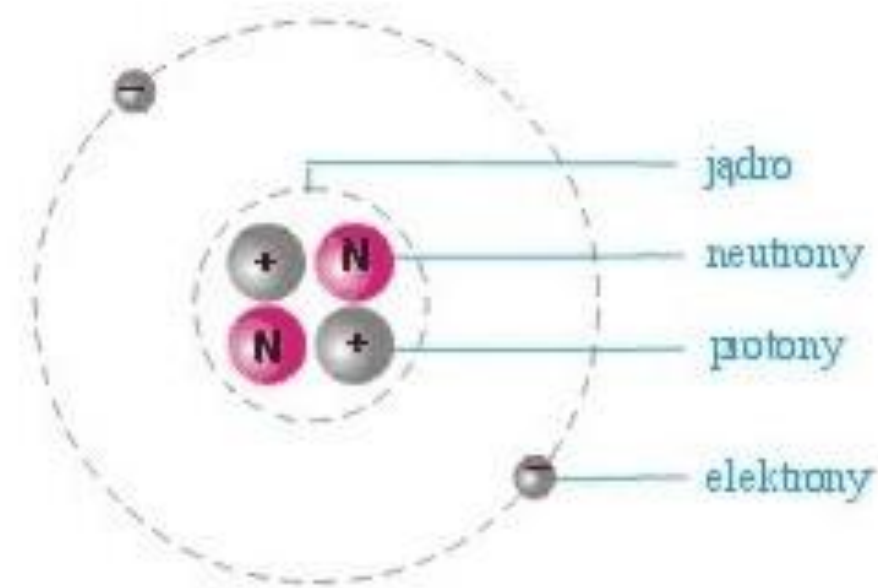


BUDOWA MATERII (ATOMU)

Protony, neutrony, elektrony

W **ciałach stałych** nośnikami energii elektrycznej są elektrony.

W **cieczach i gazach** nośnikami energii elektrycznej są elektrony oraz jony.



Ładunek protonu i elektronu

$e = 1,603 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ - ładunek elementarny

Przewodnictwo elektryczne

Przewodniki

Izolatory

Półprzewodniki

Nadprzewodniki

ELEKTROSTATYKA

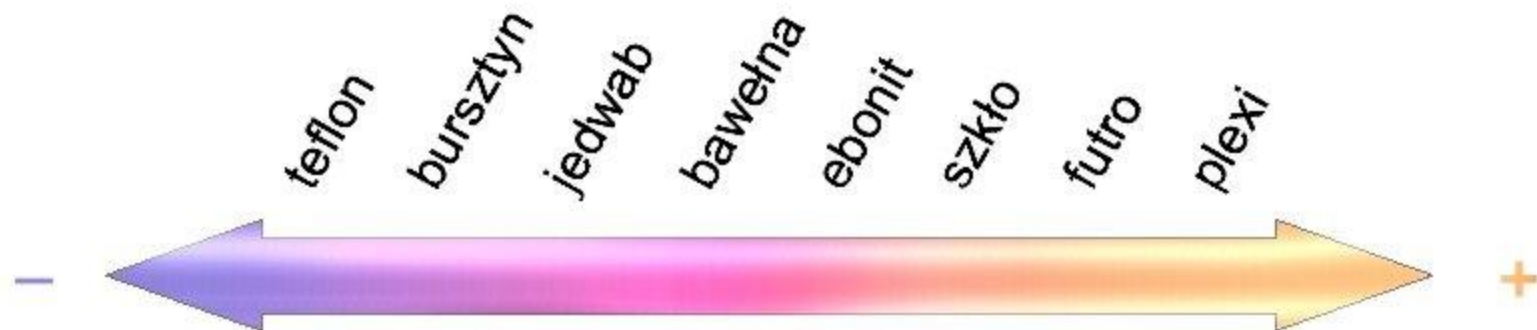
Prawo zachowania ładunku:

Ładunek nie powstaje z niczego i nie ginie bezpowrotnie

$$Q = \text{const} \text{ [C]}$$

Elektryzowanie ciał:

- *przez pocieranie*
- *zetknięcie z ciałem naelektryzowanym*
- *indukcję (wpływ)*



Przykład

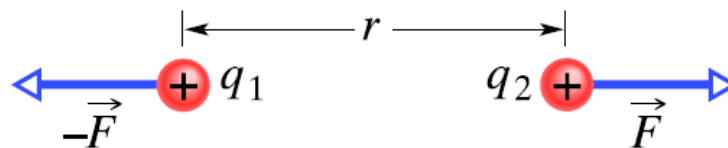
ebonit (-) $\Leftrightarrow$ futro (+)

jedwab (-) $\Leftrightarrow$ szkło (+)

Szereg tryboelektryczny

Prawo Coulomba

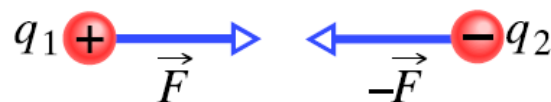
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



a) odpychanie



b) odpychanie



c) przyciąganie

stała elektrostatyczna dla próżni $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

$$e = 1,603 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

dla ośrodka

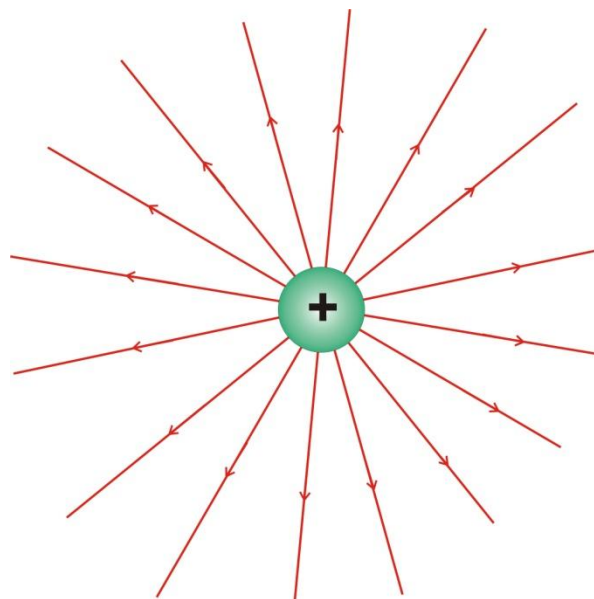
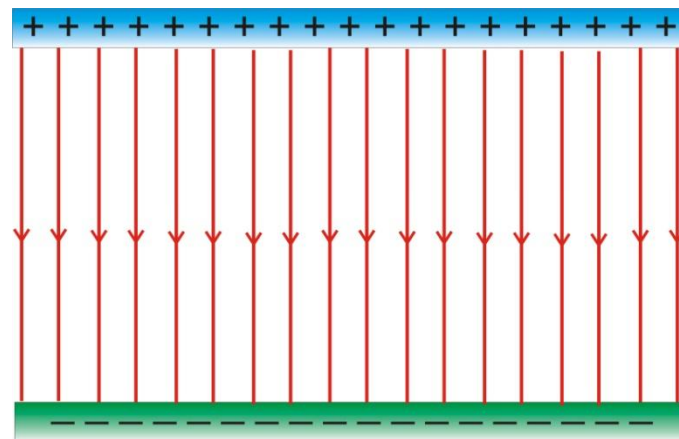
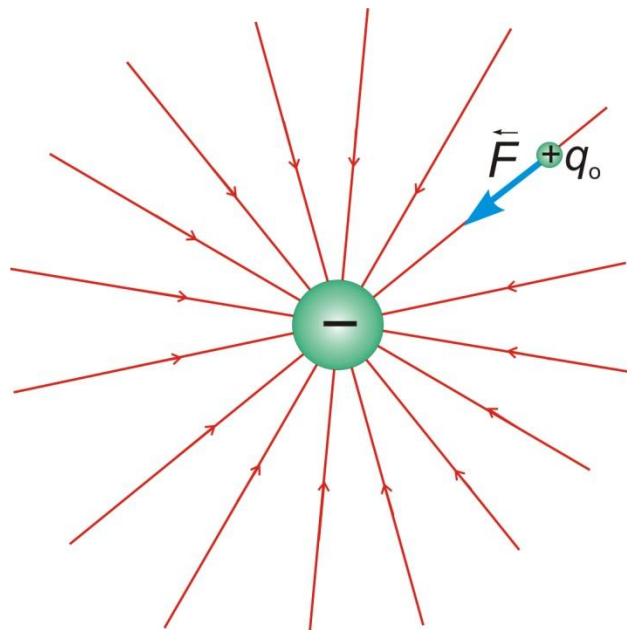
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

$$\epsilon_r > 1$$

Dla próżni $\epsilon_r = 1$

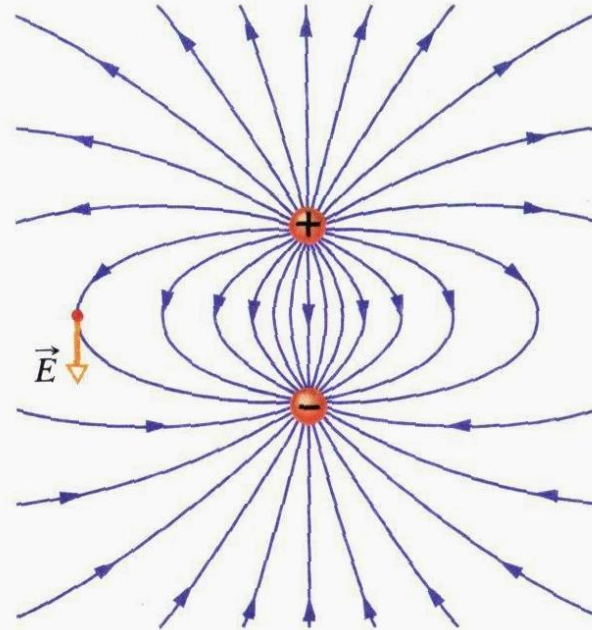
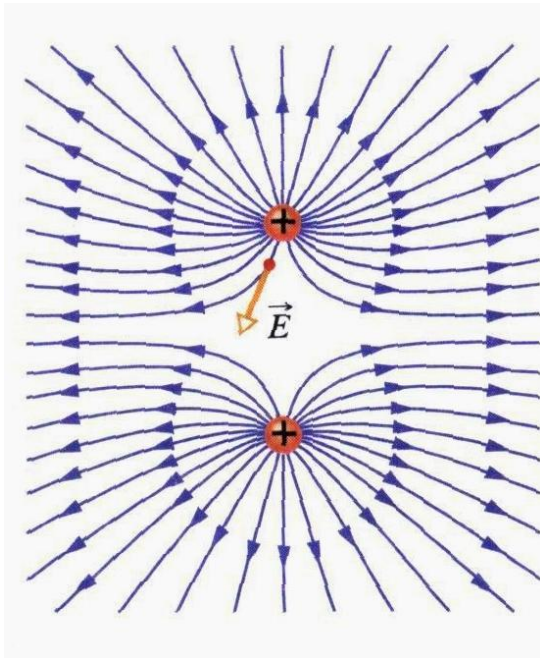
Pole elektrostatyczne



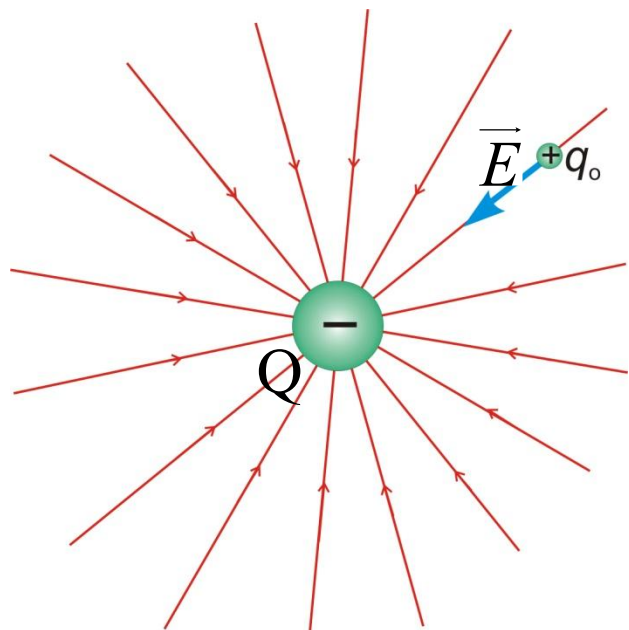
Natężenie pola elektrostatycznego

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad [\text{N/C}]$$

Dipol



Natężenie pola elektrostatycznego ładunku centralnego



$$E = \frac{F}{q_0} = \dots\dots$$

$$F = k \frac{Qq_0}{r^2}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

2.2 Energia potencjalna pola elektrostatycznego

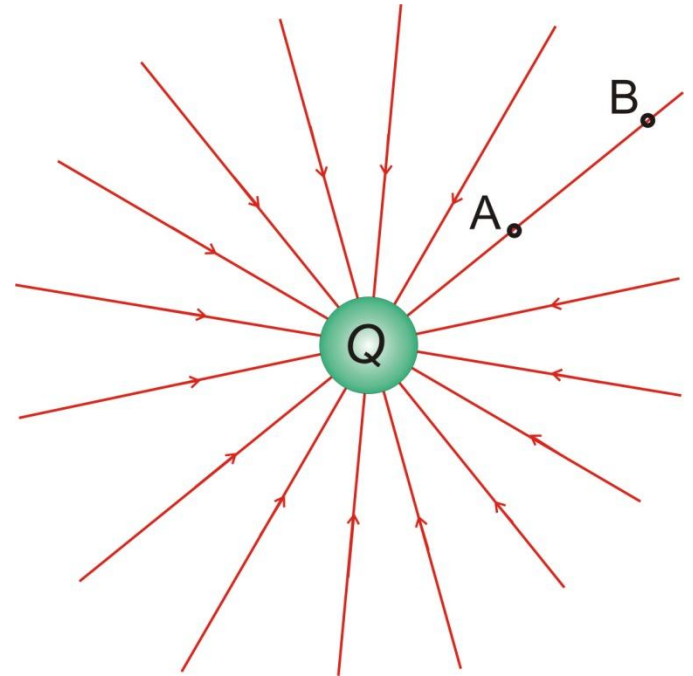
Praca

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_A^B F \cdot dr \cdot \cos \phi$$

$$W_{A \rightarrow B} = kqQ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Energia potencjalna

$$E_p = W_{\infty \rightarrow B} = -\frac{kqQ}{r}$$



Potencjał i napięcie elektryczne

$$V_A = \frac{E_p}{q} \quad [V = J/C]$$

dla pola centralnego

$$V_A = k \frac{Q}{r}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) \quad U_{AB} = V_A - V_B \quad [V]$$

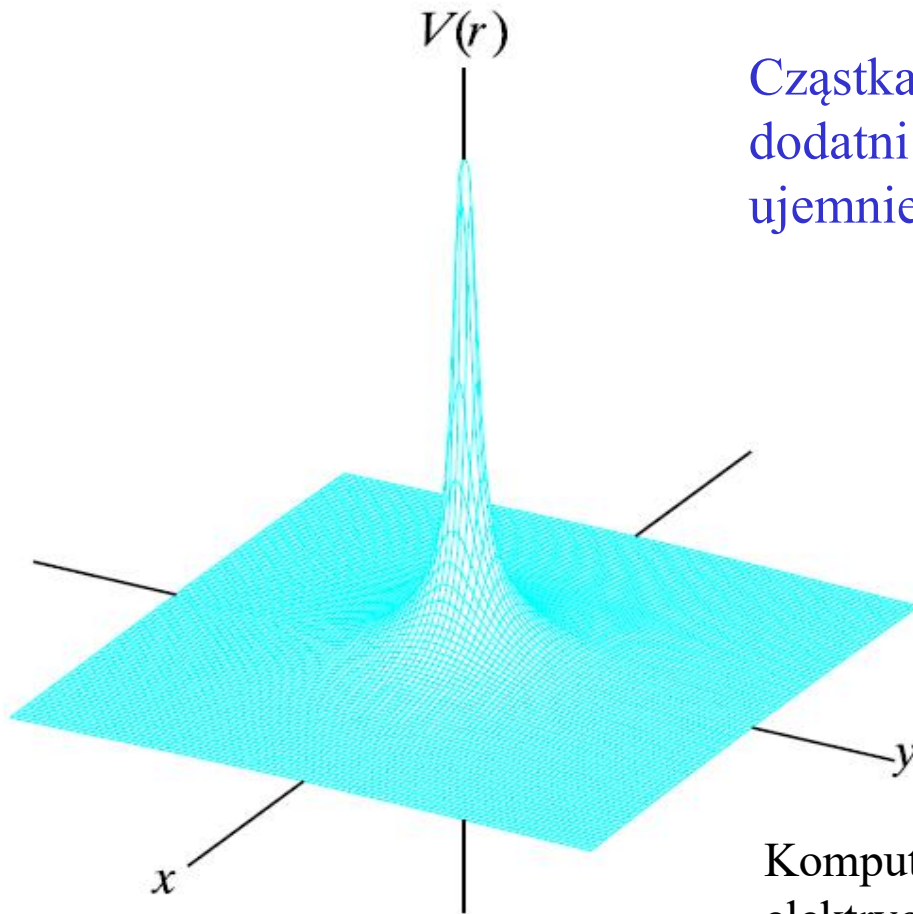
$$W_{A \rightarrow B} = qU_{AB}$$

Nowa jednostka energii: $1eV = e(1V) = (1,6 \cdot 10^{-19} C)(1J/C) = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

potencjał dla ładunku punktowego

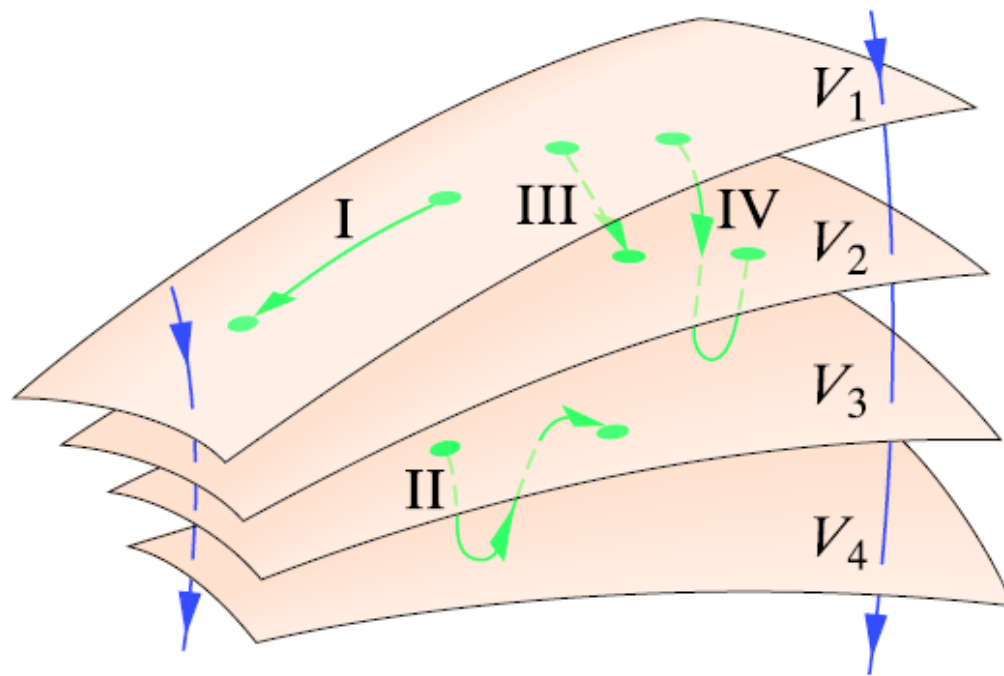
$$V = k \frac{q}{r}$$

Cząstka naładowana dodatnio wytwarza dodatni potencjał elektryczny. Naładowana ujemnie - ujemny



Komputerowy wykres potencjału elektrycznego $V(r)$ dla dodatniego ładunku punktowego

Powierzchnie ekwipotencjalne



tory I i II

$$W = 0$$

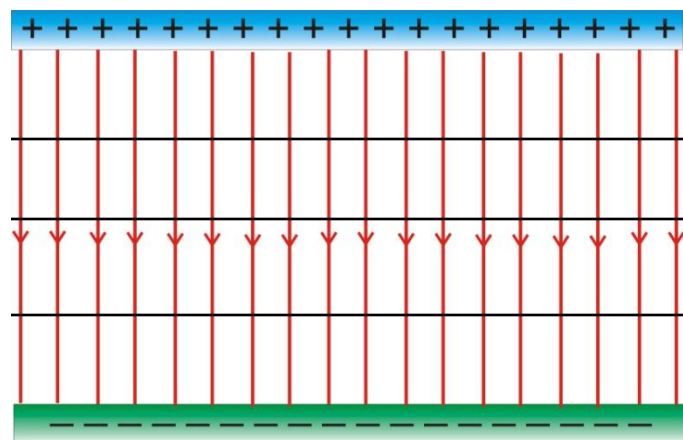
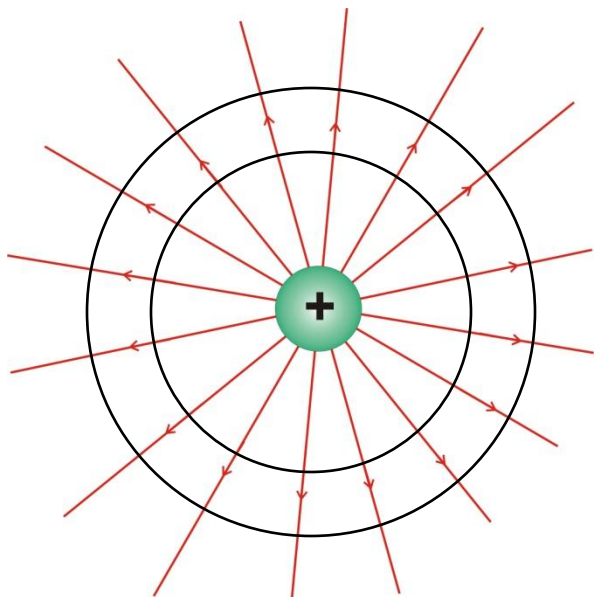
tory III i IV

$$W \neq 0$$

$$W_{III} = W_{IV}$$

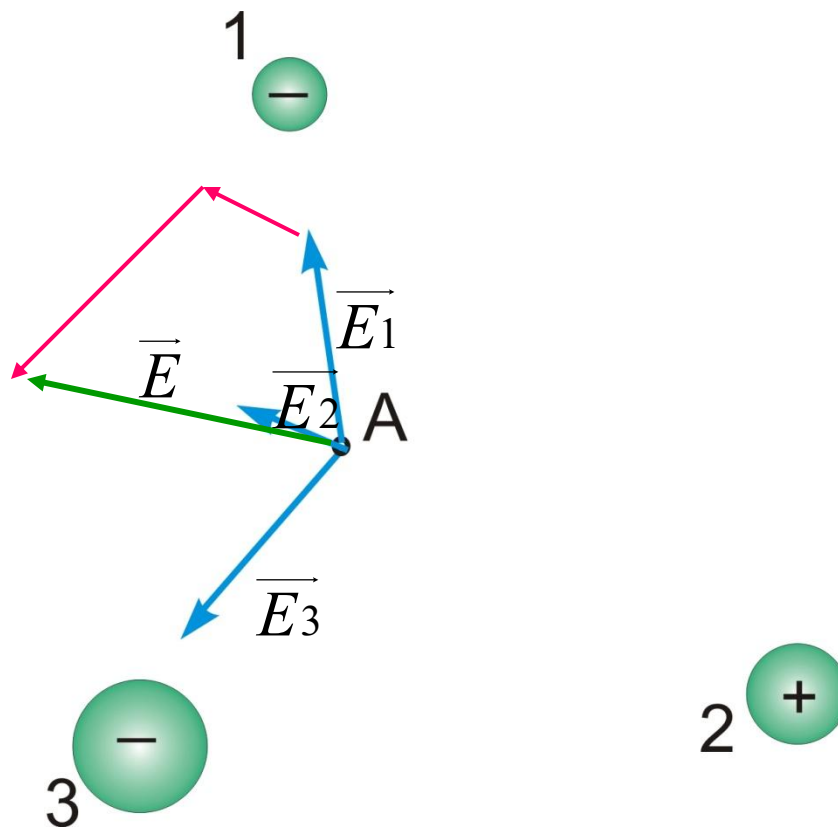
Fragmenty czterech powierzchni ekwipotencjalnych, odpowiadających potencjałom elektrycznym $V_1 = 100 \text{ V}$, $V_2 = 80 \text{ V}$, $V_3 = 60 \text{ V}$ i $V_4 = 40 \text{ V}$. Przedstawiono cztery tory, po których może się poruszać ładunek próbny. Zaznaczono też dwie linie pola elektrycznego

Powierzchnie ekwipotencjalne



Zasada superpozycji

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$



$$V = -V_1 + V_2 - V_3$$

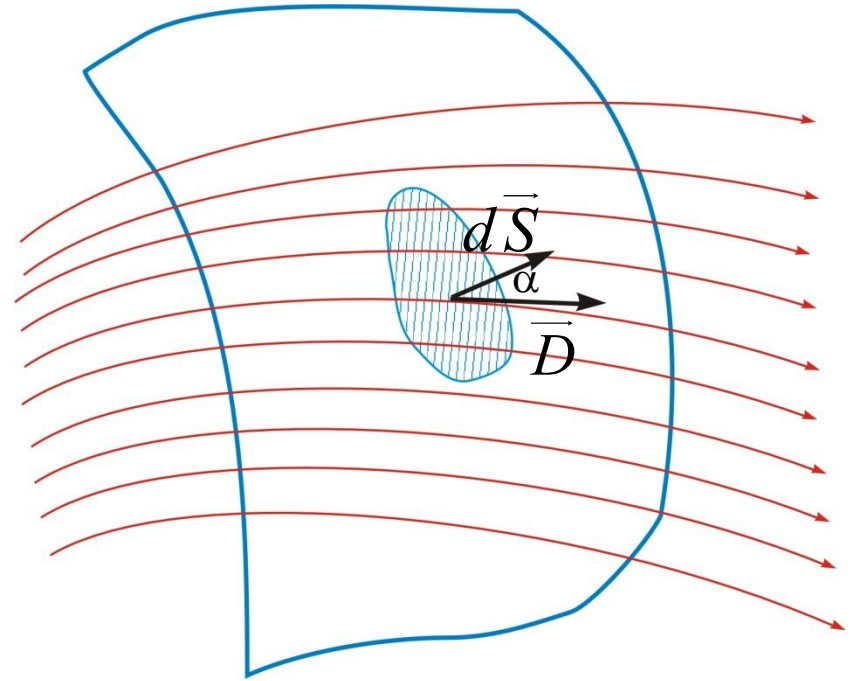
Strumień indukcji elektrycznej

indukcja elektryczna $\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right]$

strumień elementarny indukcji

$$d\phi = \vec{D} \cdot d\vec{S} = D dS \cos \alpha \quad [\text{C}]$$

strumień indukcji $\phi = \oint \vec{D} \cdot d\vec{S}$



Prawo Gaussa

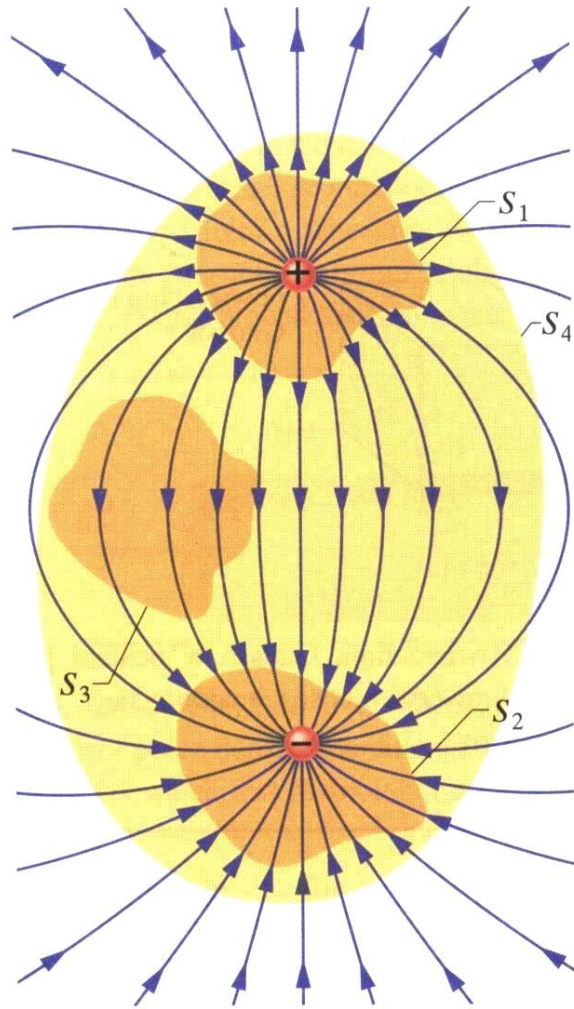
$$\varphi = \oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q \quad S - \text{powierzchnia zamknięta}$$

Strumień indukcji pola elektrycznego przechodzący przez dowolną powierzchnię zamkniętą jest równy sumie algebraicznej ładunków znajdujących się wewnątrz tej powierzchni.

Np. dla ładunku punkowego otoczonego powierzchnią kulistą:

$$D = \varepsilon E = \varepsilon k \frac{q}{r^2} \quad S = 4\pi r^2 \quad \vec{D} \text{ prostopadłe do powierzchni}$$
$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$$

$$\varphi = DS = \dots q$$



$$S_1: +\phi = +Q$$

$$S_2: -\phi = -Q$$

$$S_3: \phi = 0$$

$$S_4: \phi = 0$$