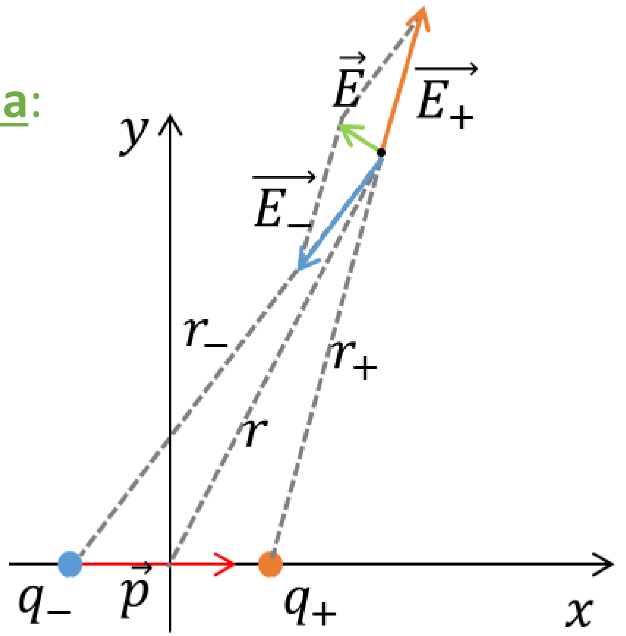
DIPOL ELEKTRYCZNY

Dipol elektryczny – układ dwóch jednakowych ładunków o przeciwnych znakach znajdujących się w pewnej odległości od siebie.

Natężenie pola elektrycznego w odległości r od dipola:

$$\vec{E} = \overrightarrow{E_+} + \overrightarrow{E_-}$$



Elektryczny moment dipolowy:

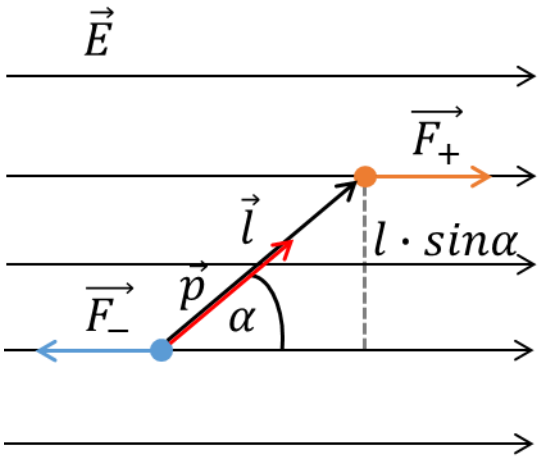
$$\vec{p} = q \cdot \vec{l}$$

Gdzie:

$\vec{l}$ – ramie dipola, wektor łączący oba ładunki i skierowany w kierunku ładunku dodatniego $[m]$.

DIPOL W ZEWNĘTRZNYM POLU ELEKTRYCZNYM

Na dipol w polu elektrycznym działa moment pary sił:



$$\vec{M} = \overrightarrow{M_+} + \overrightarrow{M_-}$$

$$\overrightarrow{M_+} = \vec{r} \times \overrightarrow{F_+}$$

$$\overrightarrow{M_+} = \overrightarrow{M_-}$$

$$M_+ = M_- = \frac{l}{2} \cdot q \cdot E \cdot sin\alpha$$

$$M = 2 \cdot \frac{l}{2} \cdot q \cdot E \cdot sin\alpha$$

$$M = l \cdot q \cdot E \cdot sin\alpha = p \cdot E \cdot sin\alpha$$

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$$

ELEKTROSTATYKA C.D.

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Moment sił będzie powodował obrót dipola tak, by jego oś ustawiona była wzdłuż linii sił pola elektrycznego (wektor momentu dipolowego $\vec{p}$ równoległy do wektora $\vec{E}$)!

Praca potrzebna na obrót dipola:

$$W = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha} M \cdot d\alpha = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\alpha} p \cdot E \cdot sin\alpha \cdot d\alpha = (-p \cdot E \cdot cos\alpha) \begin{matrix} \alpha \\ \frac{\pi}{2} \end{matrix}$$

$$W = -p \cdot E \cdot \left(cos\alpha - cos\frac{\pi}{2}\right) = -p \cdot E \cdot cos\alpha$$

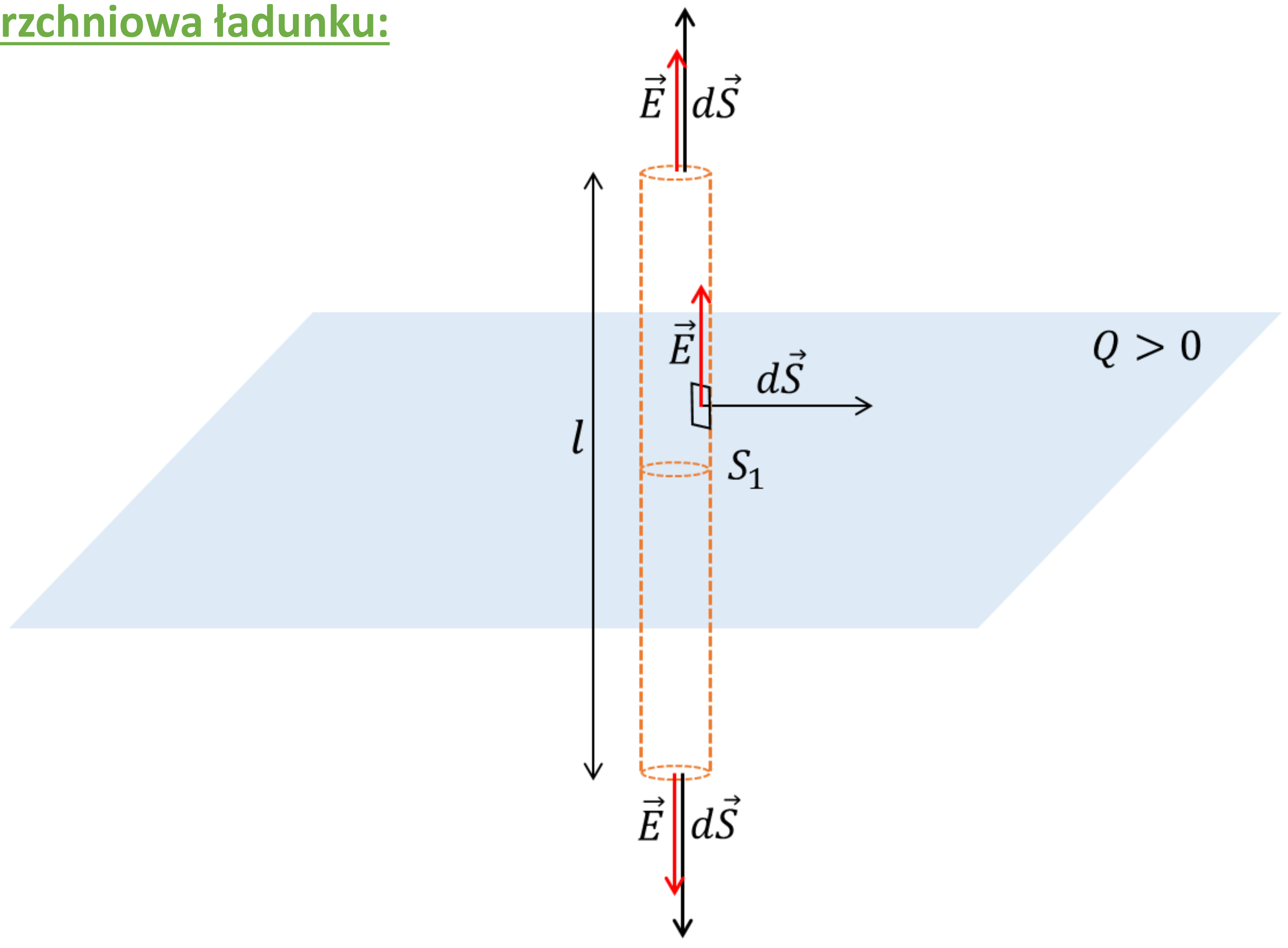
$$W = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

POLE JEDNORODNIE NAŁADOWANEJ NIESKOŃCZONEJ PŁASZCZYZNY

Gęstość powierzchniowa ładunku:

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{q}{S_1}$$

$$q = \sigma \cdot S_1$$



ELEKTROSTATYKA C.D.

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sigma \cdot S_1}{\varepsilon_0}$$

Dla pobocznicy walca:

$$\vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

Dla podstaw walca:

$$\vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot dS$$

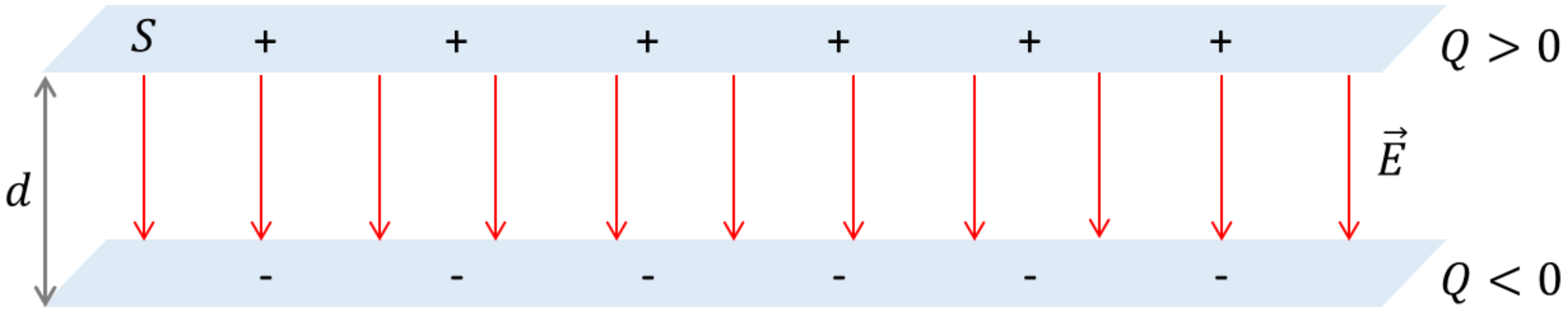
$$\oint_S E \cdot dS = \frac{\sigma \cdot S_1}{\varepsilon_0}$$

$$E \cdot 2S_1 = \frac{\sigma \cdot S_1}{\varepsilon_0}$$

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

Dla nieskończonej płaszczyzny wektor natężenia pola $\vec{E}$ nie zależy od odległości od płaszczyzny!

POLE MIĘDZY DWOMA PRZECIWNIE NAŁADOWANYMI PŁASZCZYZNAMI



ELEKTROSTATYKA C.D.

$$\vec{E} = \overrightarrow{E_+} + \overrightarrow{E_-}$$

$$E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

Między płaszczyznami kierunki i zwroty wektorów $\overrightarrow{E_+}$ oraz $\overrightarrow{E_-}$ są identyczne!

$$E_{wew} = E_+ + E_- = 2 \cdot \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Na zewnątrz układu zwroty wektorów $\overrightarrow{E_+}$ oraz $\overrightarrow{E_-}$ są przeciwne!

$$E_{zew} = E_+ - E_- = 0$$

NAPIĘCIE MIĘDZY DWOMA PRZECIWNIE NAŁADOWANYMI PŁASZCZYZNAMI

$$E_{wew} = -\frac{\Delta V}{d} = -\frac{U}{d}$$

$$U = -E_{wew} \cdot d = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot d = -\frac{\sigma \cdot d}{\varepsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$U = -\frac{Q \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot S}$$

KONDENSATORY

Kondensator – układ dwóch przewodników, który na skutek przyłożonej różnicy potencjałów może gromadzić ładunek elektryczny.

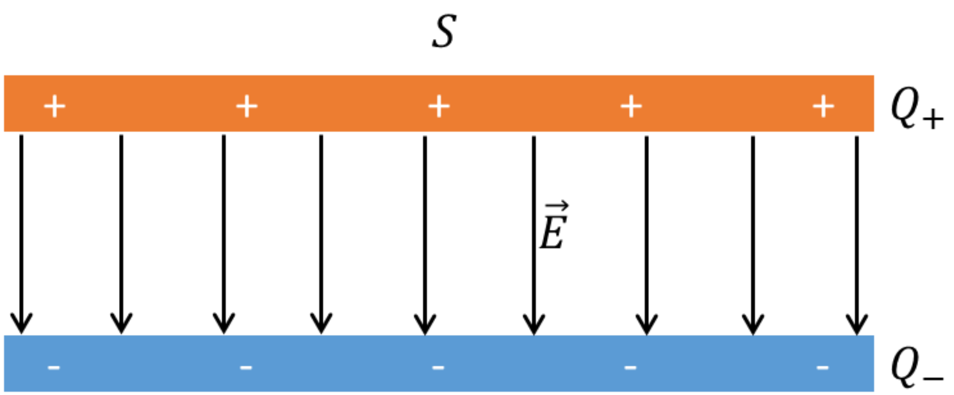
Pojemność elektryczna – stosunek ładunku kondensatora do różnicy potencjałów między okładkami.

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

Q jest ładunkiem na każdej z okładek, a nie wypadkowym ładunkiem kondensatora (ładunek wypadkowy wynosi 0)!

Jednostką pojemności jest farad $[F] = \left[\frac{C}{V}\right]$.

KONDENSATOR PŁASKI



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

$$U = \frac{Q \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot S}$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

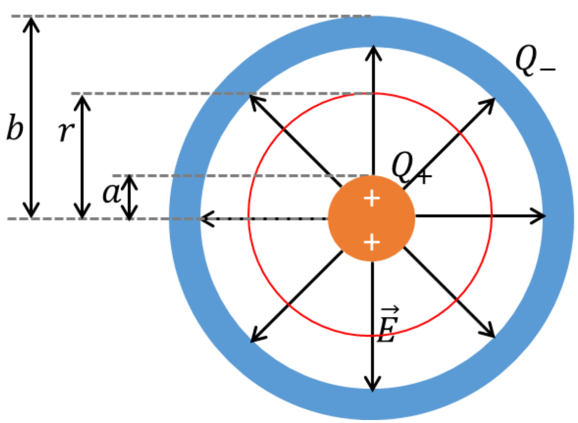
Pojemność zależy od kształtu i rozmiaru okładek oraz od ich wzajemnego położenia!

KONDENSATOR WALCOWY

Kondensator walcowy – kondensator zbudowany z współosiowych powierzchni walcowych o promieniach a i b oraz wysokości l.

powierzchnia Gaussa = walec
o promieniu $a < r < b$
i wysokości l

Z prawa Gaussa:



$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E \cdot 2\pi r \cdot l = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \cdot r \cdot l}$$

$$U = \int_{-}^{+} E \cdot dx = -\int_{b}^{a} E \cdot dr = -\int_{b}^{a} \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \cdot r \cdot l} \cdot dr = -\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \cdot l} \int_{b}^{a} \frac{dr}{r}$$

ELEKTROSTATYKA C.D.

$$U = -\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \cdot l}\int_b^a \frac{dr}{r} = \left(-\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \cdot l} \cdot lnr\right)\Bigg|_b^a = \frac{Q \cdot ln\frac{b}{a}}{2\pi\varepsilon_0 \cdot l}$$

$$C = \frac{Q}{U} = Q \cdot \frac{2\pi\varepsilon_0 \cdot l}{Q \cdot ln\frac{b}{a}}$$

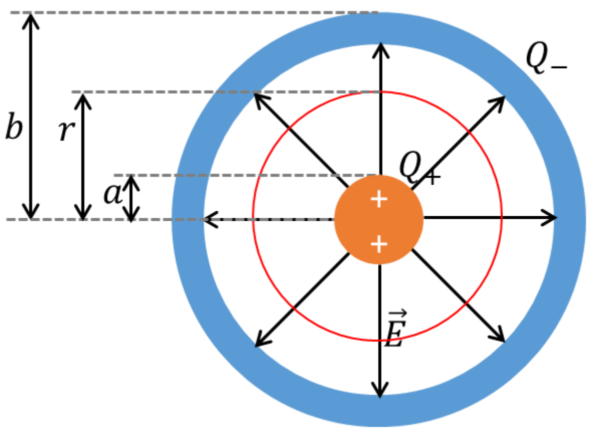
$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \cdot l}{ln\frac{b}{a}}$$

KONDENSATOR KULISTY

Kondensator kulisty – kondensator zbudowany z dwóch współśrodkowych powłok sferycznych o promieniach a i b.

powierzchnia Gaussa = sfera o promieniu $a < r < b$

Z prawa Gaussa:



$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E \cdot 4\pi \cdot r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot r^2}$$

$$U = \int_{-}^{+} E \cdot dx = -\int_b^a E \cdot dr = -\int_b^a \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot r^2} \cdot dr = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \int_b^a \frac{dr}{r^2}$$

ELEKTROSTATYKA C.D.

$$U = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_b^a \frac{dr}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_a^b \frac{dr}{r^2} = \left(-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r}\right)\Bigg|_a^b = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)$$

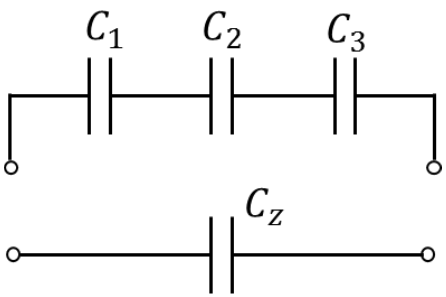
$$U = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{b-a}{a\cdot b}$$

$$C = \frac{Q}{U} = Q\cdot\frac{4\pi\varepsilon_0\cdot a\cdot b}{Q\cdot(b-a)}$$

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0\cdot a\cdot b}{(b-a)}$$

SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE ŁĄCZENIE KONDENSATORÓW

Połączenie szeregowe:



$$U_z = U_1 + U_2 + U_3$$

$$q_z = q_1 = q_2 = q_3 = q$$

$$U_z = \frac{q}{C_z} \qquad U_1 = \frac{q}{C_1} \qquad U_2 = \frac{q}{C_2} \qquad U_3 = \frac{q}{C_3}$$

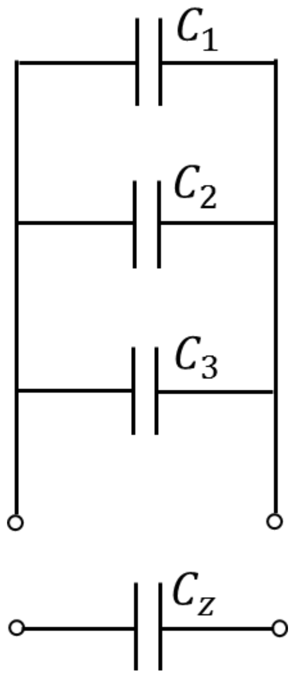
$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_z} = \frac{C_2 \cdot C_3 + C_1 \cdot C_3 + C_1 \cdot C_2}{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}$$

$$C_z = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}{C_2 \cdot C_3 + C_1 \cdot C_3 + C_1 \cdot C_2}$$

SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE ŁĄCZENIE KONDENSATORÓW

Połączenie równoległe:



$$U_z = U_1 = U_2 = U_3 = U$$

$$q_z = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q_z = C_z \cdot U \qquad q_1 = C_1 \cdot U \qquad q_2 = C_2 \cdot U \qquad q_3 = C_3 \cdot U$$

$$C_z \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U$$

$$C_z = C_1 + C_2 + C_3$$

KONDENSATOR Z DIELEKTRYKIEM

Dielektryki – materiały, w których ładunki elektryczne nie mogą swobodnie się przemieszczać, ale nie są też całkowicie nieruchome. Przesunięcia ładunków i zmiana orientacji układu ładunków w atomach dielektryków może zachodzić pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

Na powierzchni dielektryka umieszczonego w polu elektrycznym pojawiają się indukowane ładunki powierzchniowe, które są źródłem pola elektrycznego skierowanego przeciwnie do zewnętrznego pola!

Jeśli dielektryk umieścimy między okładkami kondensatora, to jego pojemność ulegnie zmianie!

$$\frac{C'}{C} = \varepsilon_r$$

Gdzie:
C' – pojemność kondensatora z dielektrykiem $[F]$,
C – pojemność kondensatora próżniowego $[F]$.

TRZY WEKTORY ELEKTRYCZNE

$\vec{E}$ – wektor natężenia pola elektrycznego $\left[\frac{N}{c}\right]$,
$\vec{P}$ – wektor polaryzacji = wektor przesunięcia elektrycznego $\left[\frac{c}{m^2}\right]$,
$\vec{D}$ – wektor indukcji elektrycznej $\left[\frac{c}{m^2}\right]$.

Dla atomu lub cząsteczki dielektryka możemy określić elektryczny moment dipolowy:

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

Dielektryki niepolarne – przy braku zewnętrznego pola środki ciężkości ładunków ujemnych (elektronów) i dodatnich (jąder) pokrywają się, $\vec{l} = 0$ i $\vec{p} = 0$ (cząsteczki symetryczne np. N_2, O_2).

Dielektryki polarne – nawet przy braku zewnętrznego pola $\vec{l} \neq 0$ i $\vec{p} \neq 0$ (cząsteczki niesymetryczne np. H_2O, HCl).

ELEKTROSTATYKA C.D.

Wektor polaryzacji – całkowity elektryczny moment dipolowy jednostkowej objętości dielektryka.

$$\vec{P} = \lim_{V \to 0} \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{p_i}$$

Równanie elektrostatyki dielektryków – związek pomiędzy trzema wektorami charakteryzującymi pole elektryczne.

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

ENERGIA POLA ELEKTRYCZNEGO

Praca potrzebna do przeniesienia ładunku Q między okładkami:

$$\Delta W = dq \cdot \Delta V = dq \cdot U$$

$$W = \int_0^Q dq \cdot U = \int_0^Q dq \cdot \frac{q}{C} = \frac{Q^2}{2C}$$

ELEKTROSTATYKA C.D.

Zasada działania defibrylatora opiera się na zgromadzeniu energii pola elektrycznego w kondensatorze magazynującym, a następnie jej kontrolowanej dystrybucji w klatce piersiowej. Podczas gwałtownego rozładowania kondensatora, przez ciało pacjenta przechodzi **impuls elektryczny trwający kilka ms** o natężeniu **prądu ok. 30 A**.

Energia dostarczona do tkanki miokardium:

$$W_d = W_s \cdot \frac{R}{R_i + R}$$

Gdzie:
$W_d, W_s -$ energie dostarczona do miokardium i zgromadzona w kondensatorze $[J]$,
$R_i, R\ -$ rezystancje tkanki i wewnętrzna urządzenia $[\Omega]$.

Cechy kondensatorów stosowanych w defibrylatorach:

- mały rozmiar
- bardzo mała masa
- duża ilość dopuszczalnych cykli ładowania i rozładowania