

Przewodnik w polu elektrostatycznym

*Jeśli ciało znajduje się w polu elektrostatycznym,
to na wszystkie jego ładunki działają siły elektryczne.*

Ciała stałe możemy podzielić na trzy grupy:

- *przewodniki (metale, grafit ...),*
- *półprzewodniki (krzem, german ...),*
- *izolatory (tworzywa sztuczne, szkło ...).*

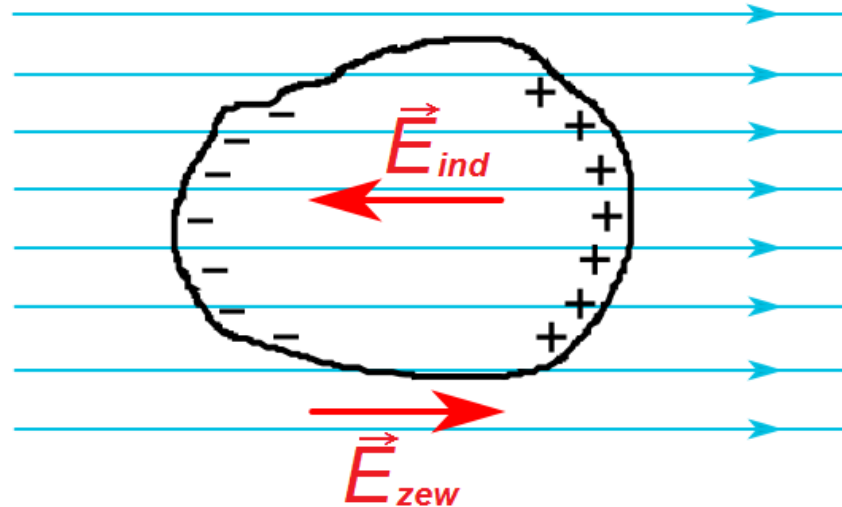
Przewodniki to ciała, w których elektrony odrywają się od macierzystych atomów, tworząc gaz elektronowy.

Przewodniki zbudowane są z jonów dodatnich powstałych po oderwaniu się od atomów elektronów. Jony dodatnie drgają w węzłach sieci krystalicznej, a elektrony, które nazywamy swobodnymi, poruszają się chaotycznie w całej objętości przewodnika.

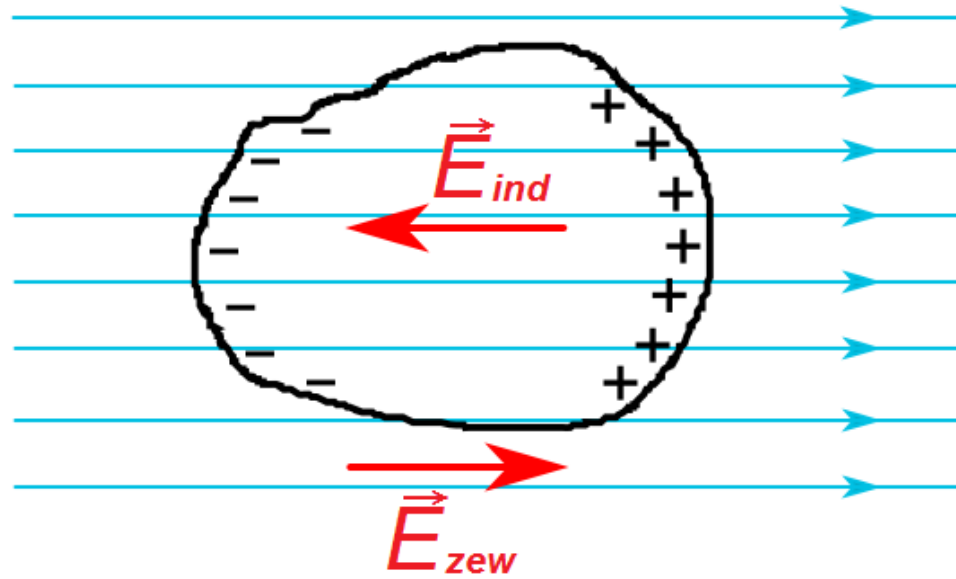
Izolatory to ciała, w których elektrony są mocno związane z jądrami i nie mogą się uwolnić.

W półprzewodnikach liczba swobodnych elektronów rośnie ze wzrostem temperatury, a więc w zależności od warunków zewnętrznych ich właściwości elektryczne ulegają zmianie.

W przewodniku umieszczonym w polu elektrostatycznym na jony dodatnie, jak i elektrony swobodne działają siły elektryczne. Jony nie mogą opuścić swoich położeń, elektrony swobodne natomiast poruszają się zgodnie z działającą na nie siłą.



Uporządkowany ruch elektronów trwa dotąd, dopóki przeciwne pole wytworzone wewnątrz przewodnika przez przemieszczone ładunki nie zrównoważy pola zewnętrznego i wyindukowanego wewnątrz przewodnika nie będą jednakowe.

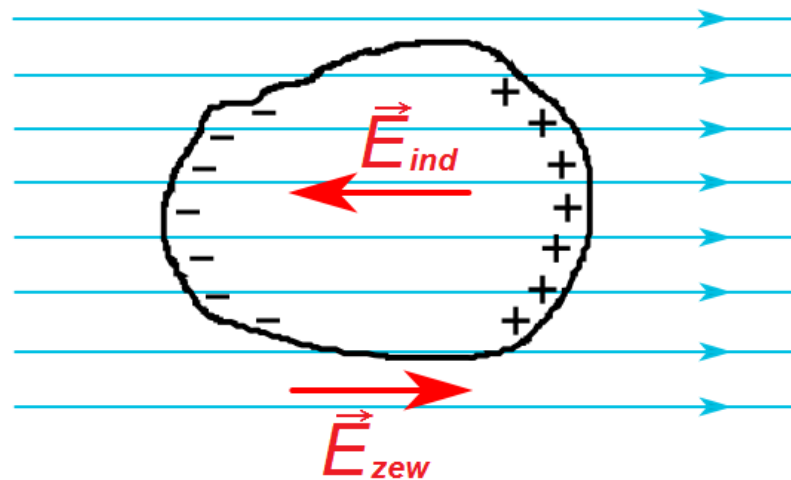


$$\vec{E}_{ind} = -\vec{E}_{zew}$$

Całkowite pole wewnątrz przewodnika jest równe zero:

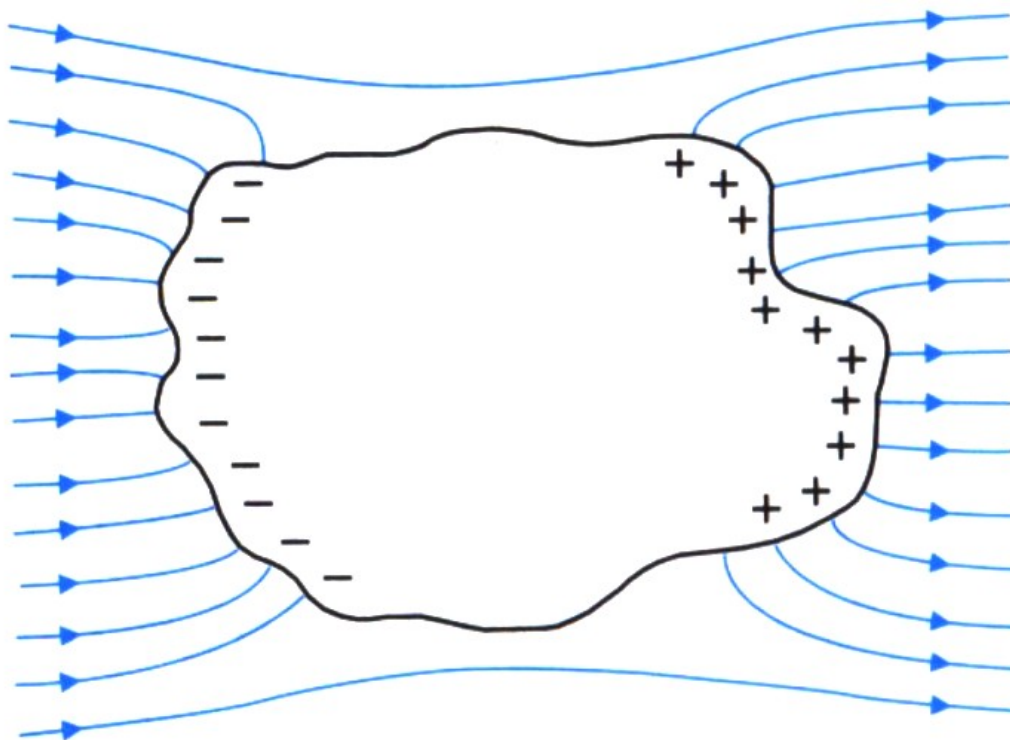
$$\vec{E}_{zew} + \vec{E}_{ind} = 0$$

Powierzchnia przewodnika jest powierzchnią ekwipotencjalną, pomimo że powierzchnia ta jest naładowana z jednej strony dodatnio, a z drugiej ujemnie.

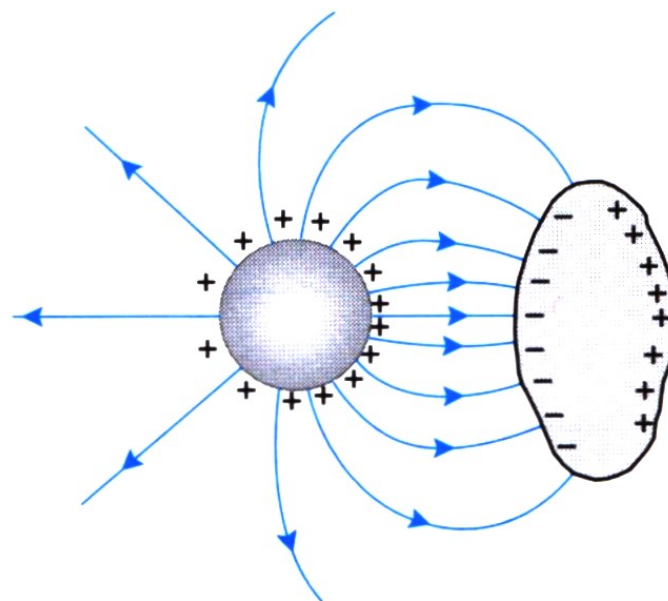
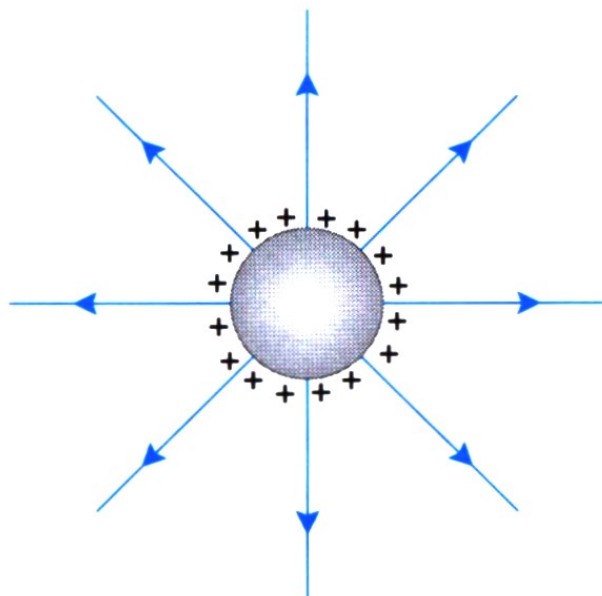


Jest tak dlatego, że potencjał dowolnego punktu powierzchni jest, zgodnie z zasadą superpozycji, sumą potencjału pola zewnętrznego i potencjałów pochodzących od wszystkich ładunków na przewodniku.

Jeśli w polu jednorodnym umieścimy przewodnik elektrycznie obojętny to spowoduje on zakłócenie pola wynikające z powstania ładunków indukowanych na jej powierzchni.



Naładowana metalowa kula wytwarza pole centralne. Jeżeli w jej pobliżu umieścimy metalowy przedmiot to natychmiast nastąpi rozsuniecie ładunków w tym przedmiocie (elektryzowanie przez indukcję). Wytworzone przez przedmiot pole spowoduje zmianę rozmieszczenia ładunku na powierzchni kuli. Pole wytworzone przez kulę przestaje być centralne. To samo zdarzy się gdy przedmiot będzie naładowany.



Jeśli do odizolowanego przewodnika będzie dostarczany ładunek elektryczny, to zwiększać się będzie również potencjał elektryczny V tego przewodnika.

Potencjał jest proporcjonalny do dostarczonego ładunku

$$V \sim Q$$

*więc stosunek tego ładunku do potencjału przewodnika jest stały i nazywany jest **pojemnością elektryczną C** tego przewodnika:*

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

C – pojemność elektryczna
 Q – ładunek elektryczny
 V – potencjał przewodnika

*Jednostką pojemności elektrycznej jest **farad F**.*

$$1 F = \frac{1 C}{1 V}$$

1 farad to pojemność takiego przewodnika, do którego dostarczenie ładunku 1 kulomba powoduje wzrost potencjału 1 wolt.

1F jest bardzo dużą pojemnością (np. Ziemia ma pojemność dużo mniejszą niż 1 F), dlatego podając pojemność, najczęściej używa się odpowiednich przedrostków:

$$1 \text{ mF (milifarad)} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \text{ } \mu\text{F (mikrofarad)} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF (nanofarad)} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF (pikofarad)} = 10^{-12} \text{ F}$$

Pojemność elektryczna kuli

Powierzchnia przewodzącej kuli o naładowanej ładunkiem Q jest powierzchnią ekwipotencjalną, a jej potencjał

$$V = k \cdot \frac{Q}{R}$$

Podstawiając powyższe wyrażenie do wzoru na pojemność, otrzymamy:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{k \cdot \frac{Q}{R}} = \frac{R}{k}$$

$$C = \frac{R}{k}$$

*pojemność kuli jest
wprost proporcjonalna
do jej promienia*

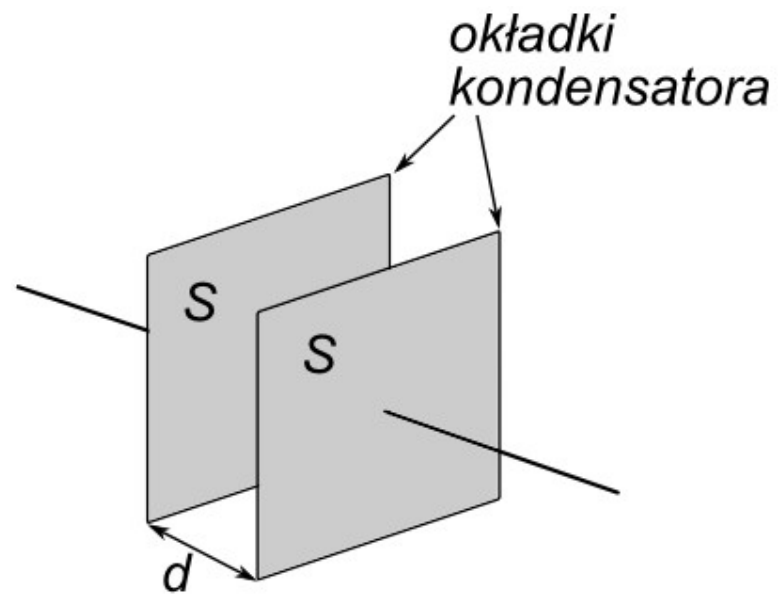
Pojemność elektryczna ciała jest wielkością stałą pod warunkiem, że w pobliżu nie zmienia się ułożenie innych uziemionych przewodników.

Umieszczenie w pobliżu naładowanego ciała innego przewodnika uziemionego powoduje wzrost pojemności tego ciała.

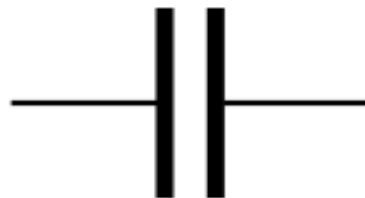
*Układ przewodników, w którym obecność jednego wpływa na pojemność drugiego przewodnika, nazywamy **kondensatorem**.*

*Przewodniki tworzące kondensator nazywamy **okładkami kondensatora**.*

Kondensator



Symbol kondensatora:

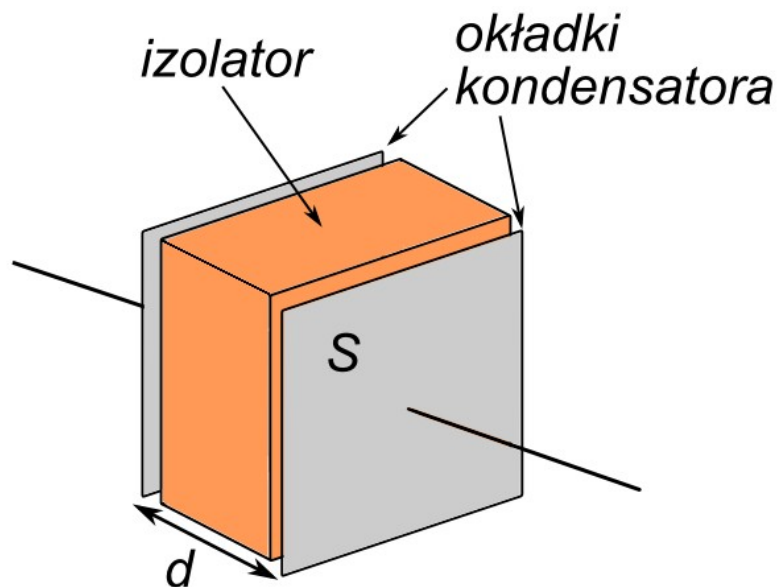


Pojemność kondensatora

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

Pojemnością kondensatora nazywamy stosunek ładunku Q , zgromadzonego na jednej jego okładce do różnicy *potencjałów* U (napięcia elektrycznego) między okładkami.

Przykładem najprostszego kondensatora jest układ płytek równoległych przedzielonych płytką wykonaną z izolatora. Kondensator taki nazywa się **kondensatorem płaskim**.



Pojemność kondensatora płaskiego zależy od powierzchni okładki i odległości między okładkami

$$C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

ϵ_r – względna przenikalność elektryczna izolatora

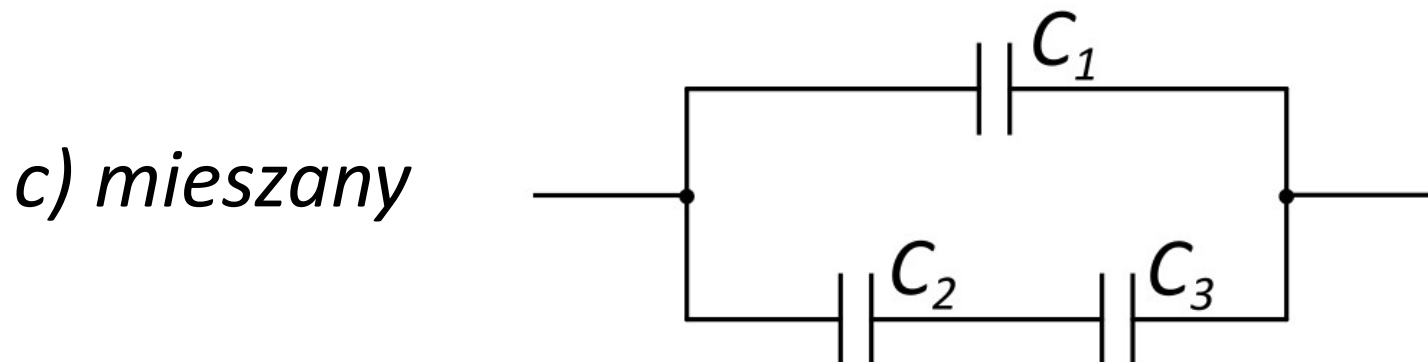
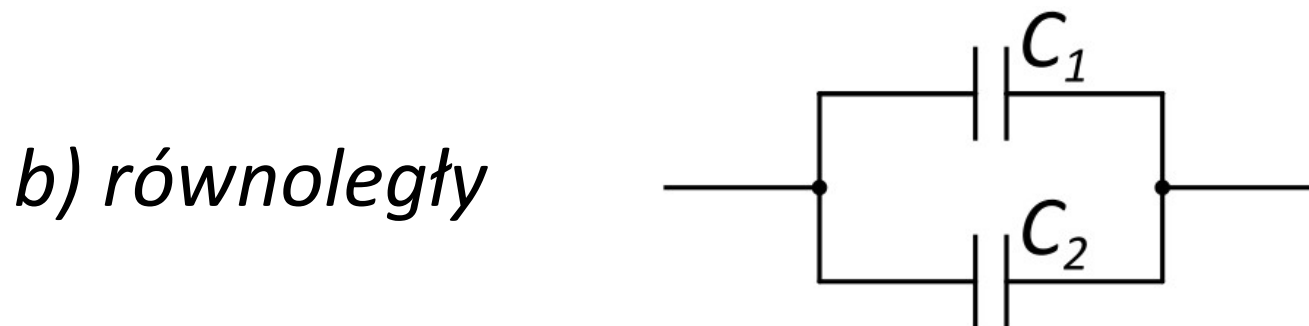
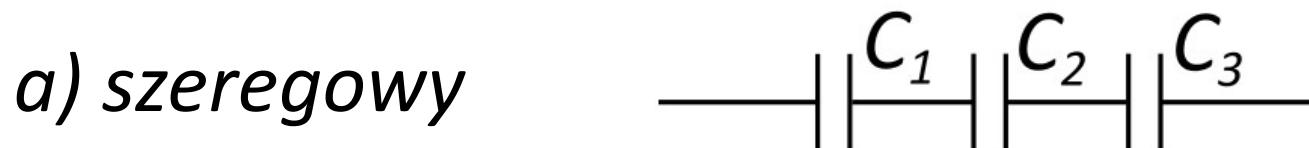
ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni

S – powierzchnia jednej okładki

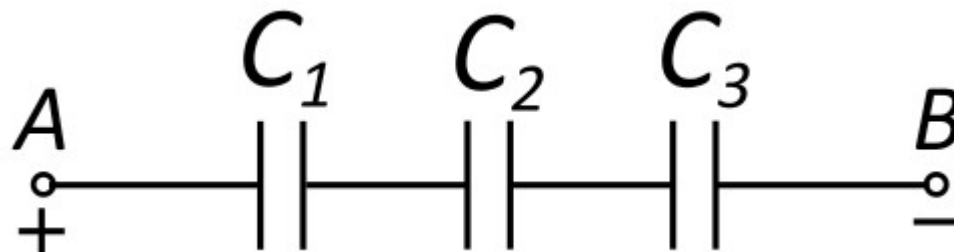
d – odległość między okładkami

W różnych urządzeniach elektronicznych zamiast pojedynczych kondensatorów stosuje się układy kondensatorów połączonych ze sobą.

Kondensatory mogą być łączone na trzy różne sposoby:



Łączenie szeregowe kondensatorów



Jeśli między punkty A i B przyłożymy napięcie U (tak jak na rysunku) to lewa okładka pierwszego kondensatora naładowuje się dodatnio.

Na pozostałych okładkach tworzą się przez indukcję ładunki odpowiednio $-Q$ i $+Q$. Na każdej z okładek bezwzględna wartość ładunku jest taka sama.

Ładunek zgromadzony w każdym z kondensatorów jest taki sam i równy ładunkowi układu:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

Różnica potencjałów U między punktami A i B rozkłada się na wszystkie kondensatory w taki sposób, że:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

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

czyli $U_1 = \frac{Q_1}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q_2}{C_2}, \quad U_3 = \frac{Q_3}{C_3},$

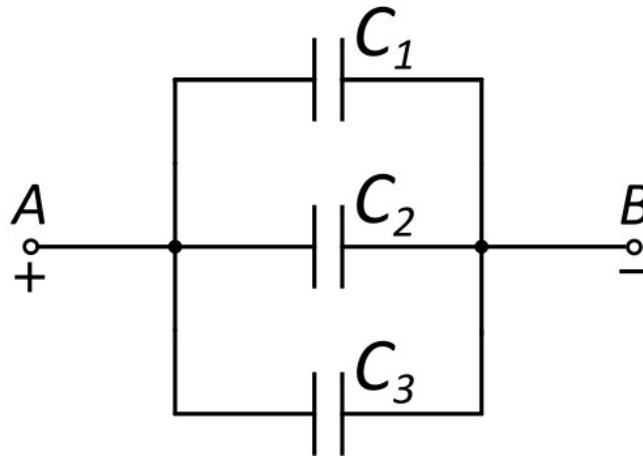
więc $\frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}, \quad Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Pojemność zastępczą (wypadkową) układu kondensatorów *połączonych szeregowo* oblicza się, korzystając ze wzoru:

$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Łączenie równoległe kondensatorów



W połączeniu równoległym różnica potencjałów między okładkami każdego z kondensatorów jest jednakowa:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Ładunek zgromadzony w takim układzie kondensatorów jest równy sumie ładunków zgromadzonych w każdym z kondensatorów z osobna:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Całkowity ładunek zgromadzony na kondensatorach jest równy:

ale
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

czyli
$$C = \frac{Q}{U} \rightarrow Q = C \cdot U$$

więc
$$Q_1 = C_1 \cdot U_1, \quad Q_2 = C_2 \cdot U_2, \quad Q_3 = C_3 \cdot U_3$$

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U \rightarrow C = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C \cdot U = C_1 \cdot U_1 + C_2 \cdot U_2 + C_3 \cdot U_3, \quad \text{ale } U = U_1 = U_2 = U_3$$

Pojemność zastępcza (wypadkowa) układu kondensatorów *połączonych równolegle* jest równa sumie pojemności wszystkich kondensatorów w układzie:

$$C_z = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$