

POJEMNOŚĆ ELEKTRYCZNA

Pojemność:

- naładowanego przewodnika

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

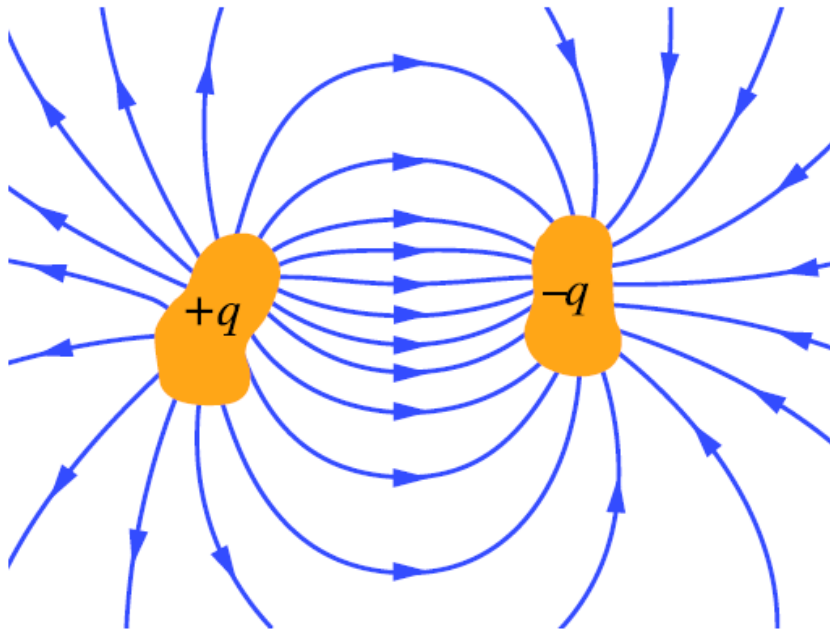
$$\left[F = \frac{C}{V} \right]$$

- naładowana kula o promieniu R

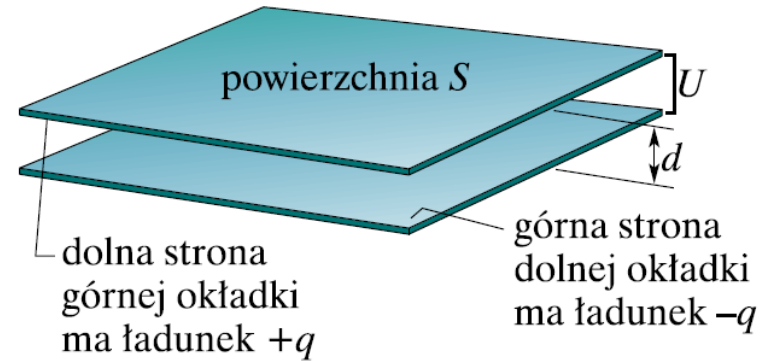
$$V = k \frac{Q}{R}$$

$$C = \dots$$

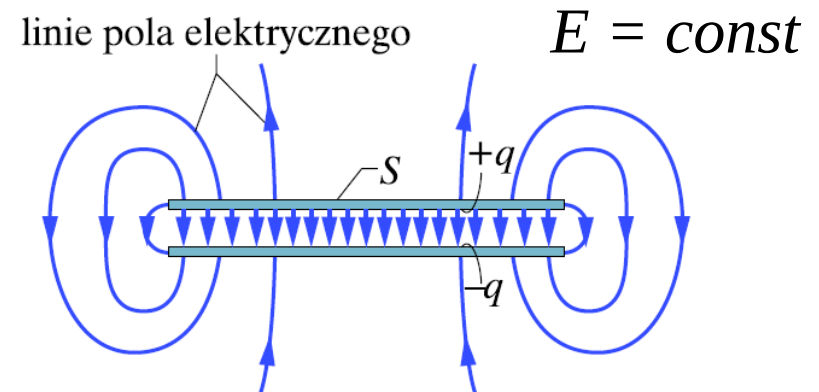
Pojemność elektryczna - kondensator



Dwa przewodniki, odizolowane elektrycznie od siebie i od otoczenia, tworzą *kondensator*. Jeśli kondensator jest naładowany, to przewodniki, zwane *okładkami* mają ładunki o takich samych wartościach q , ale o przeciwnych znakach



a)



b)

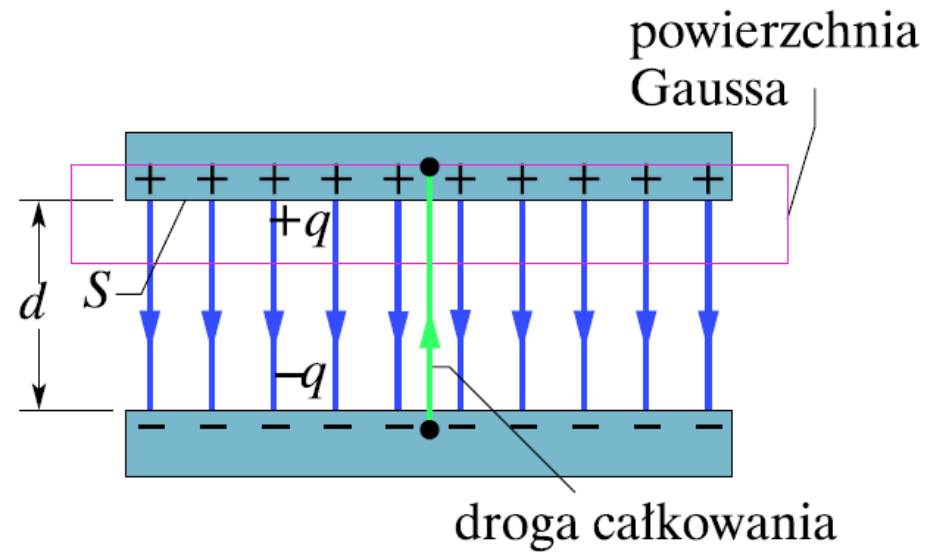
Kondensator płaski

$$U = V_1 - V_2$$

Kondensator płaski

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

energia



z tw. Gaussa: $D_{zew}S + D_{wew}S = Q$ ale $D_{zew} = 0$ $E = const$

$$D = \epsilon E$$

$\vec{E}$ oraz $d\vec{S}$ są równoległe

$$C = \frac{\epsilon ES}{\frac{W}{q}} = \frac{\epsilon ES}{\frac{Eqd}{q}}$$

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

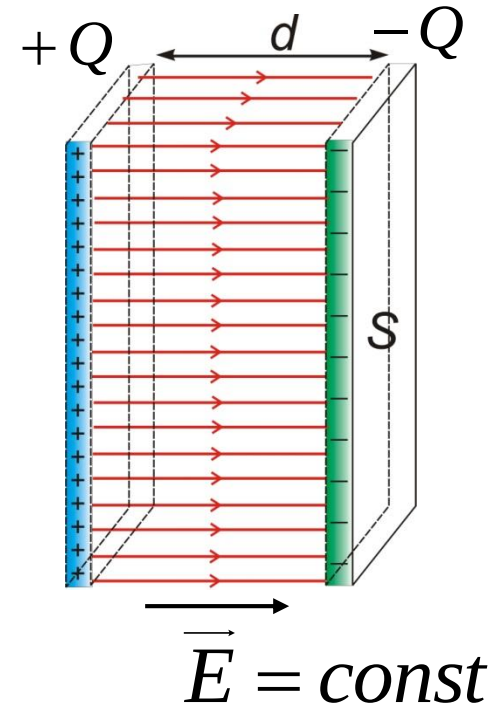
Wartość natężenia pola elekt. $E = F/q$

$$E = \frac{U}{d}$$

energia $dW = U dQ = \frac{Q}{C} dQ$

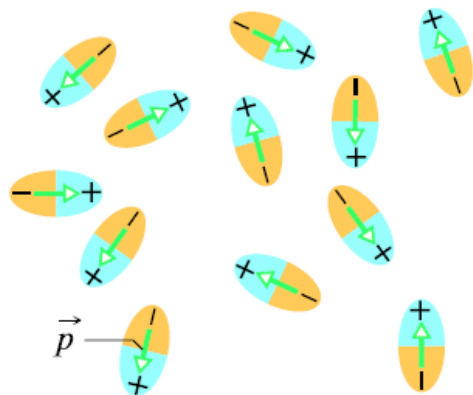
$$W = \int \frac{Q}{C} dQ = \frac{Q^2}{2C}$$

$$W = E_p = \frac{CU^2}{2}$$

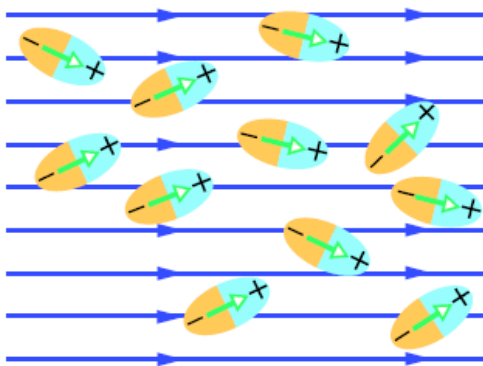


Dielektryki

polarne i niepolarne

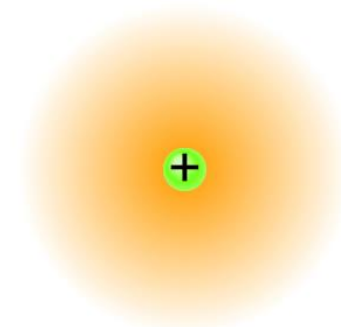


a)

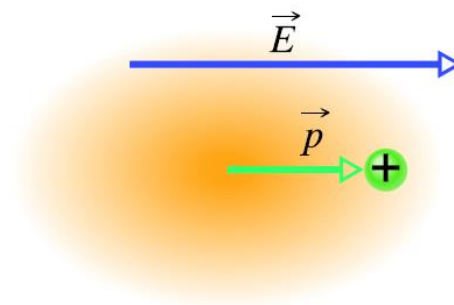


b)

Cząsteczki dielektryka polarnego
np. woda (trwałe elektryczne momenty
dipolowe)



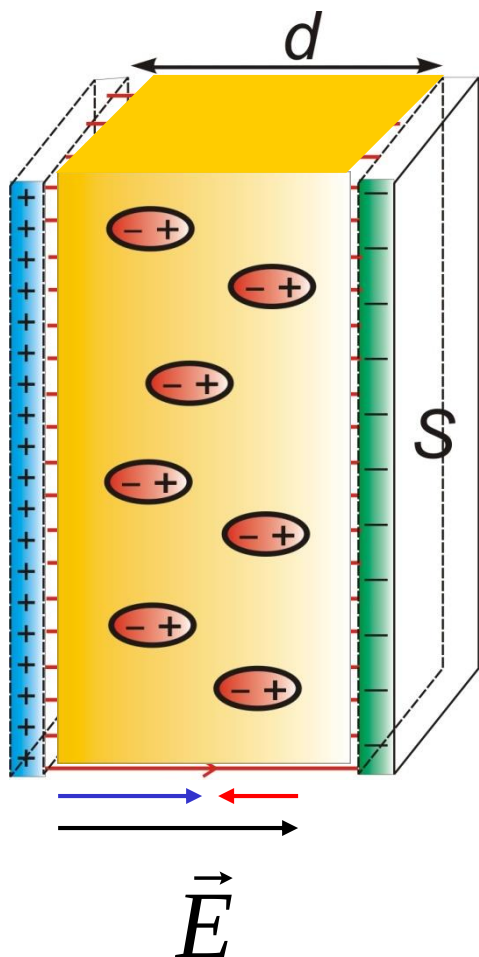
a)



b)

Cząsteczka dielektryka niepolarnego

Kondensator z dielektrykiem



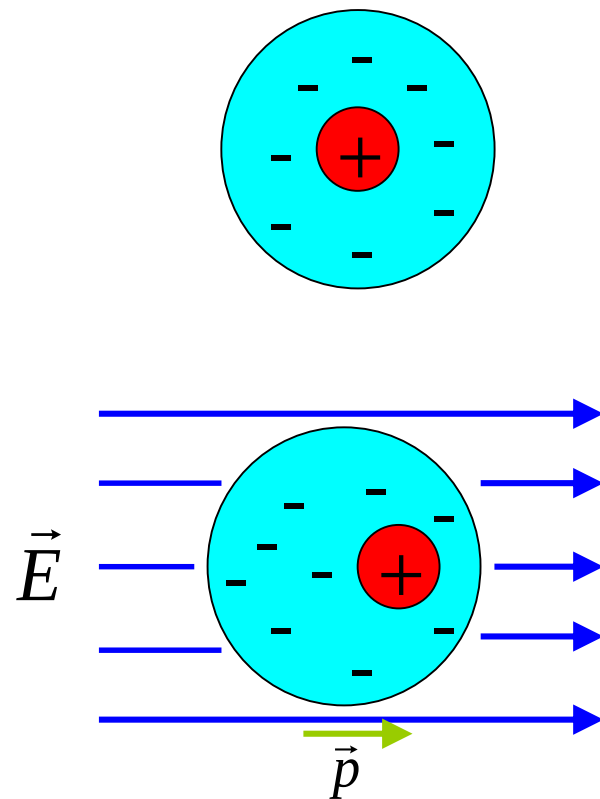
Zarówno dla dielektryków niepolarnych jak i polarnych wewnątrz dielektryka następuje osłabienie zewnętrznego pola elektrycznego

moment dipolowy indukowany pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego

$$E_1 = E - E_D$$

$$C_1 > C$$

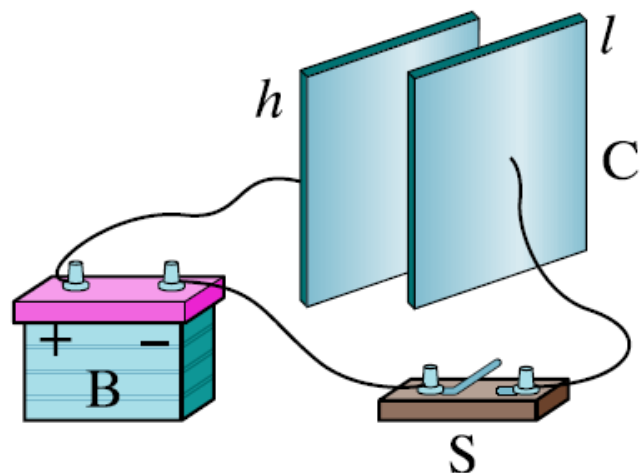
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$



Przenikalność dielektryczna względna (stała dielektryczna)

Nazwa ciała	ϵ_r
Ciała stałe	
Azbest	3
Bursztyn	2,8
Bakelit	4,8-5,3
Celuloza	5,9
Drewno suche	2-8
Ebonit	2,5-3,5
Granit	7-9
Guma	2,4-3,2
Igelit	4,7
Kwarc	4,5
Marmur	8,3
Mika	7,4-7,85
Parafina	2-2,5
Porcelana	6-8
Plexiglas	3-3,7
Szkło zwykłe	5-7
Sól kamienna	5,6
Siarka	3,5
Papier kondens.	4-5,8
Tytanian baru	1200-8000

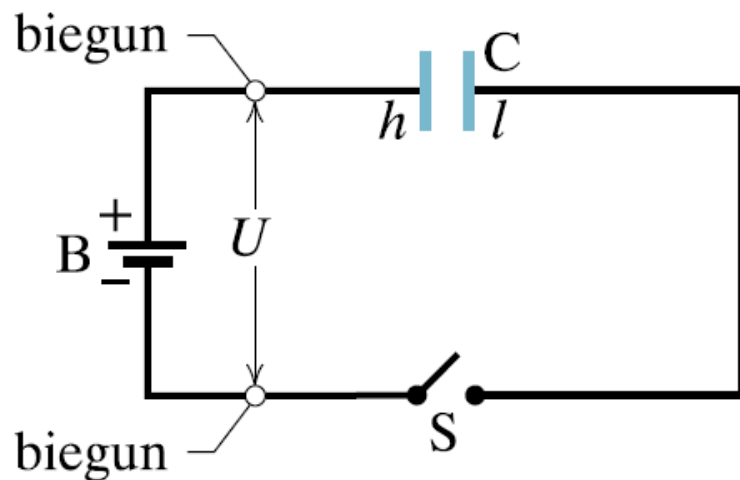
Ciecze	
Benzen	2,3
Alkohol etylowy	24,3
Chloroform	4,8
Gliceryna	5,2
Nitrobenzen	35,7
Nafta	2,0
Olej transformatorowy	2,3-4,5
Terpentyna	2,3
Woda destylowana	80,4
Gazy	
Powietrze	1,00059
Etylen	1,00145
Hel	1,00007
Chlorowodór	1,003
Metan	1,00094
Próżnia	1,0000



a)

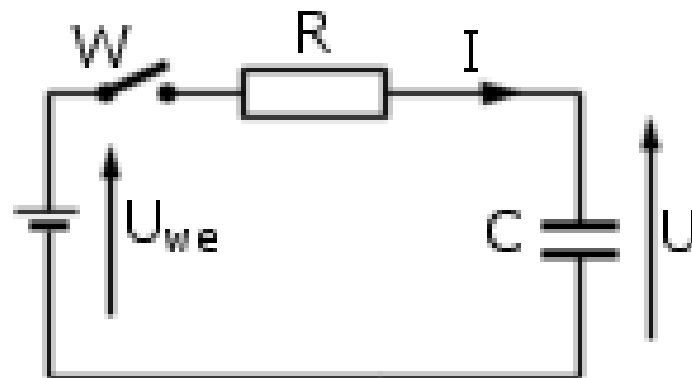
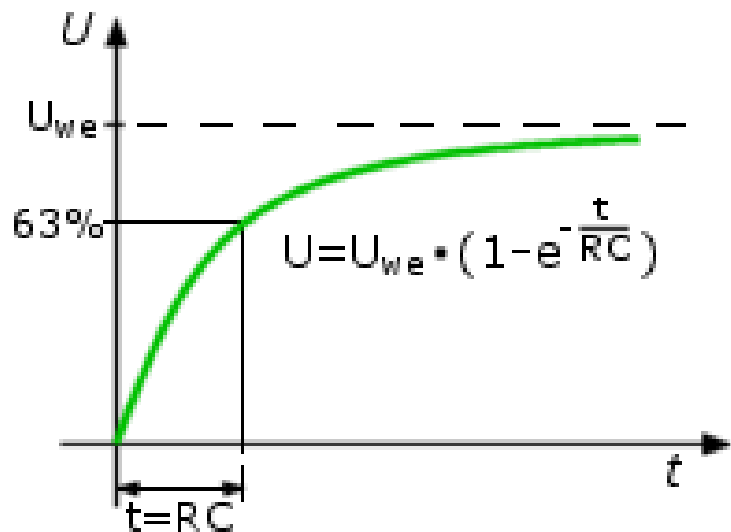
Obwód elektryczny z kondensatorem

a) Źródło B, klucz S oraz okładki h i l kondensatora C tworzą po połączeniu obwód. b) Schemat z *elementami obwodu* przedstawionymi za pomocą ich symboli

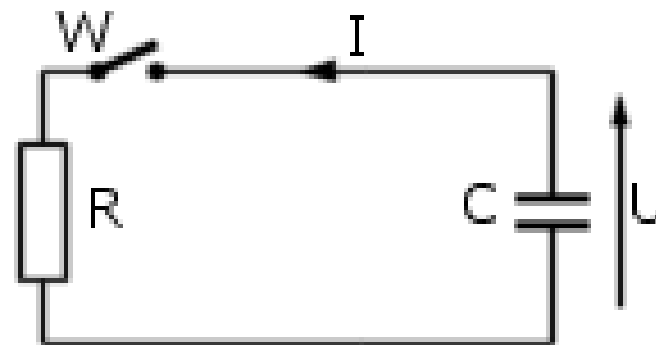
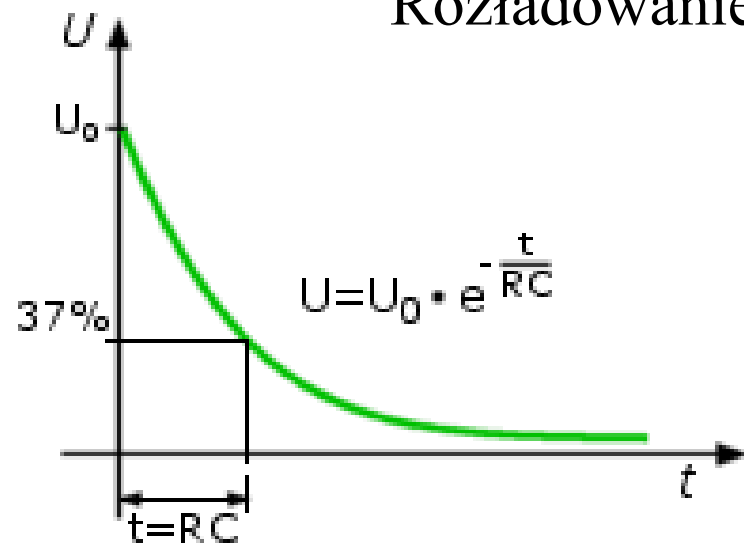


b)

Ładowanie kondensatora

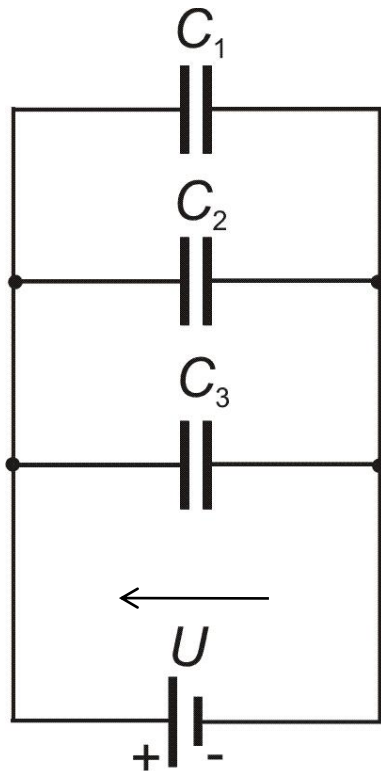


Rozładowanie kondensatora



Łączenie kondensatorów

(a) Połączenie równoległe



$$U_1 = U_2 = U_3 = U \quad \text{Napięcia}$$

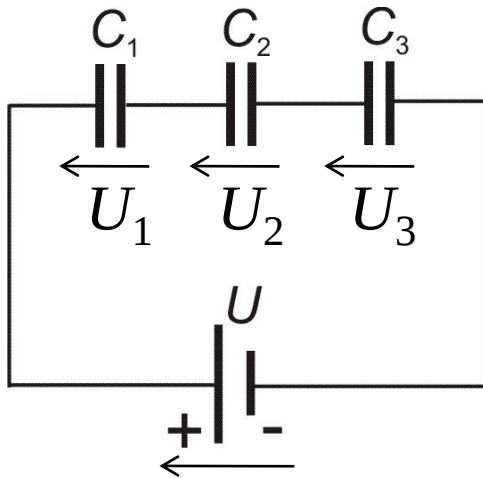
$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q \quad \text{Ładunki}$$

$$Q_1 = C_1 U \quad Q = CU$$

Pojemność zastępcza:

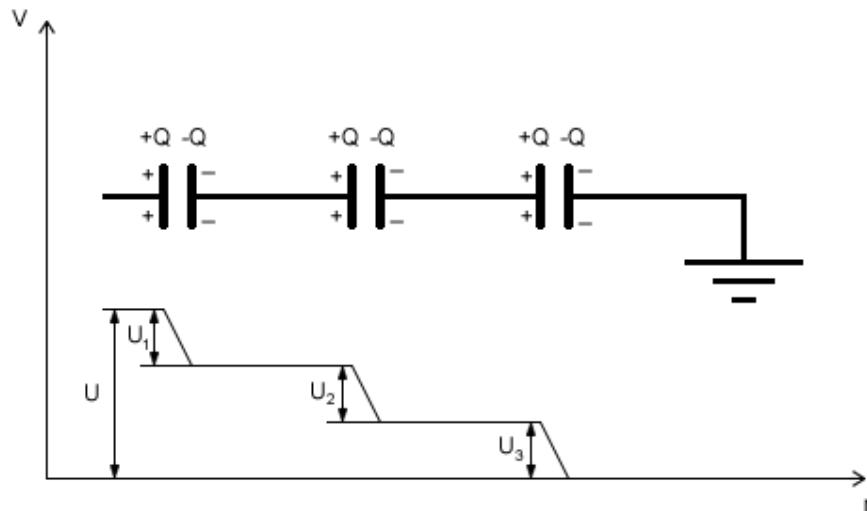
$$C = \sum_{j=1}^n C_j$$

(b) Połączenie szeregowe



$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

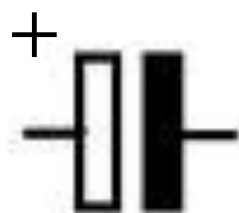


$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C}$$

Pojemność zastępcza

$$\frac{1}{C} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$$

KONDENSATORY



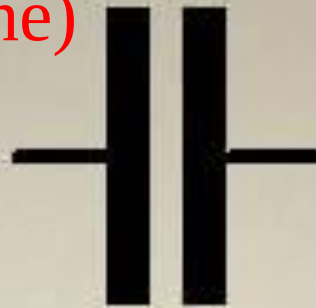
kondensator
elektrolityczny



kondensator
stały

Kondensatory stałe

(np. foliowe i ceramiczne)



220nF



470nF



100nF



100nF

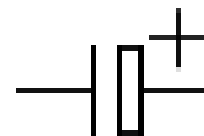


15nF 470pF



Kondensatory spolaryzowane (elektrolityczne)

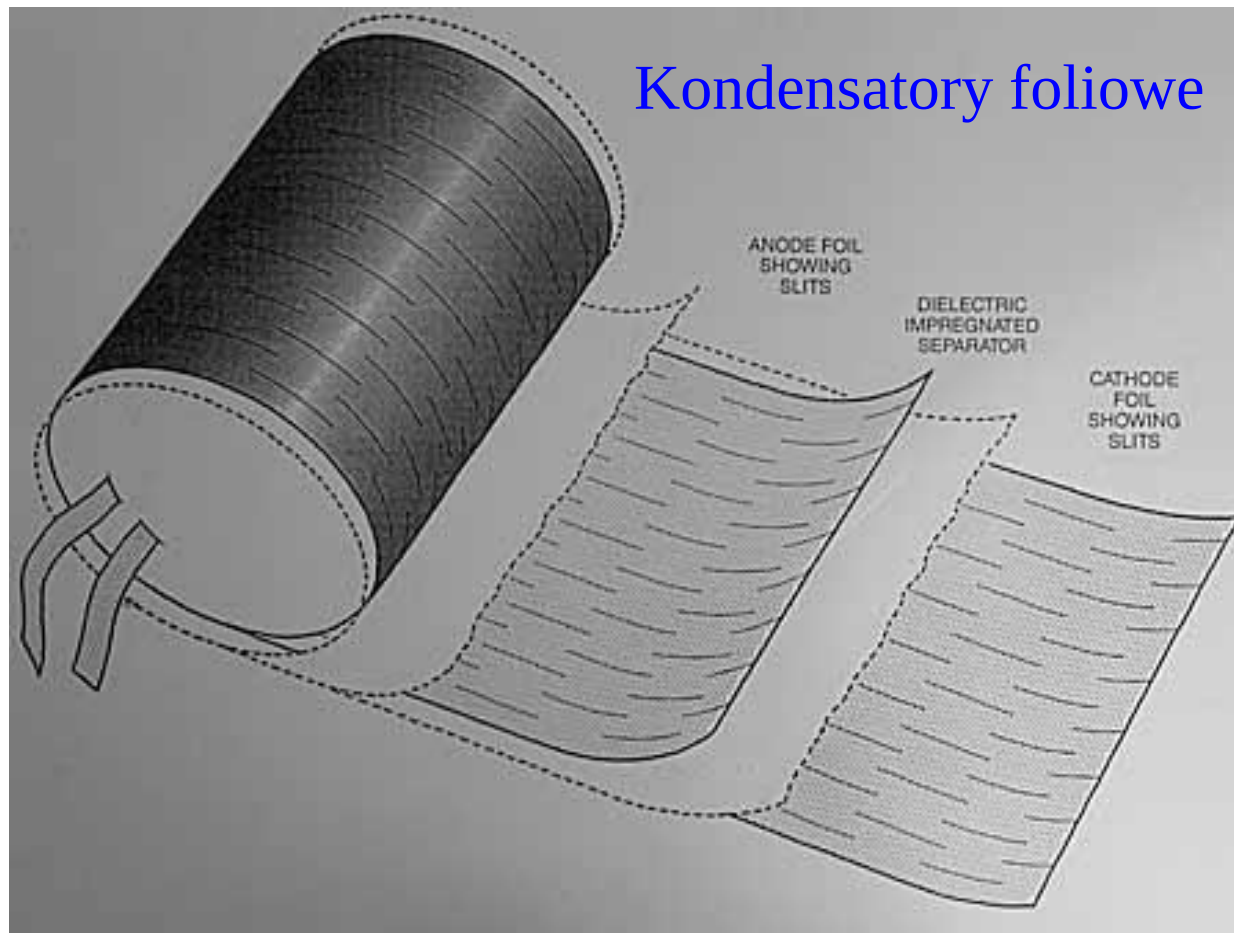
aluminiowe – mokre i suche



JAMICON®



KONDENSATORY STAŁE



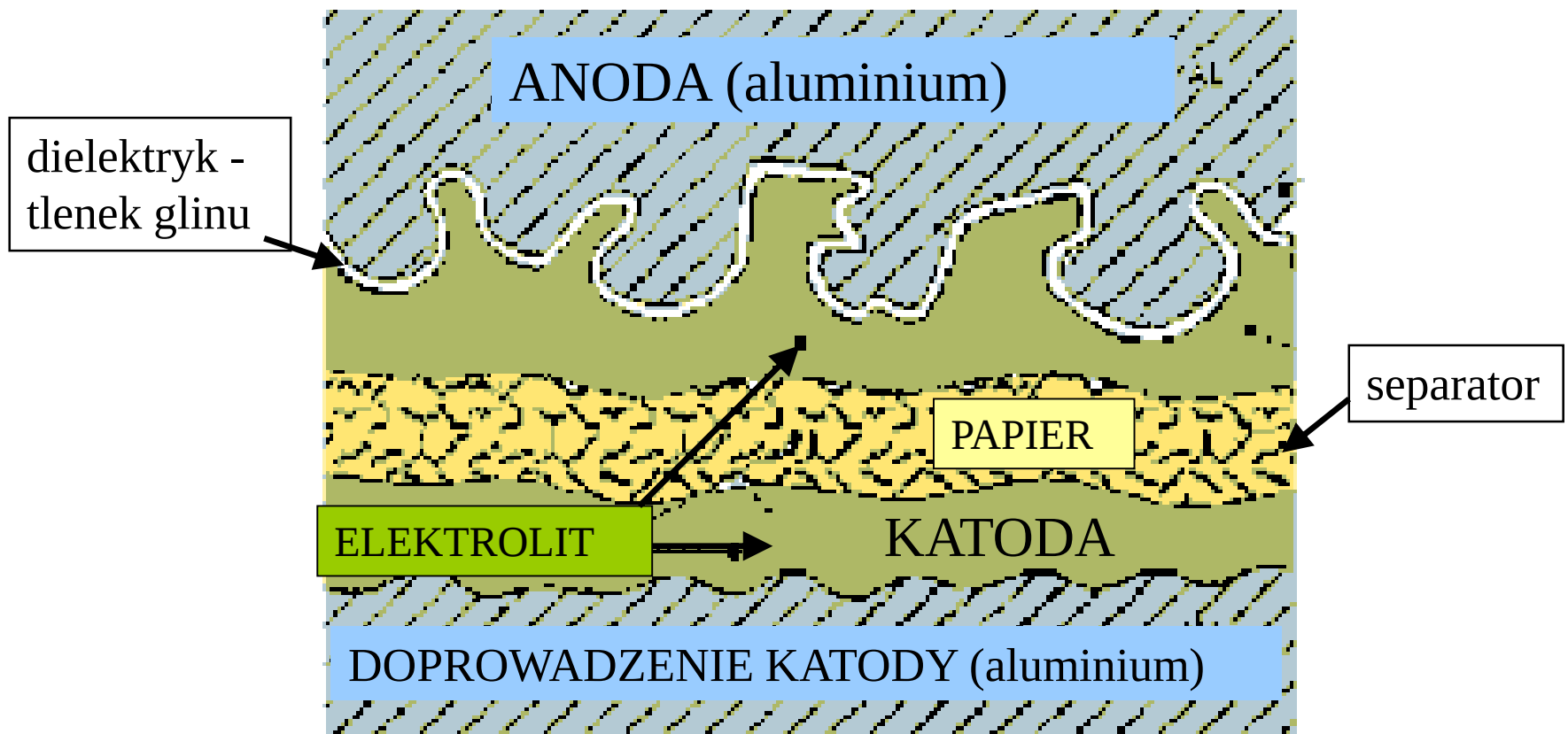
Poliestrowe (KT i MKT), polipropylenowe (KP, MKP),
poliwęglanowe (KC, MKC), polistyrenowe (styroflexowe) (KSF).
Elektrody mogą być napylone na tę folię (pierwsza litera M) lub
wykonane w postaci osobnej folii metalowej, (pierwsza litera K).

Kondensatory ceramiczne

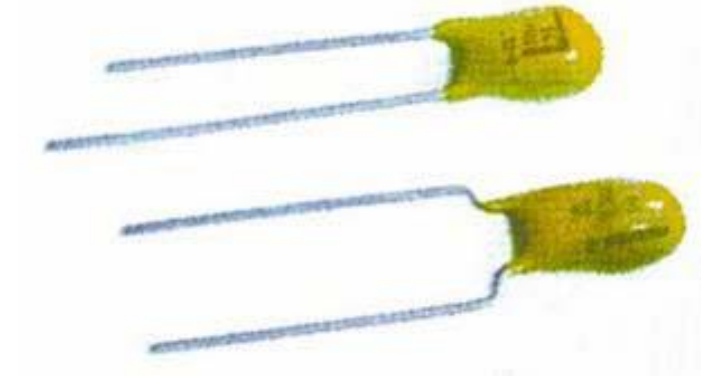


Ten typ kondensatorów produkowany jest z użyciem dielektryka o przenikalności względnej w granicach 10...600. Kondensatory te charakteryzują się małymi stratami i są produkowane ze ściśle określonym współczynnikiem temperaturowym.

Kondensator aluminiowy z ciekłym elektrolitem (mokry)



Tantalowe – mokre i suche



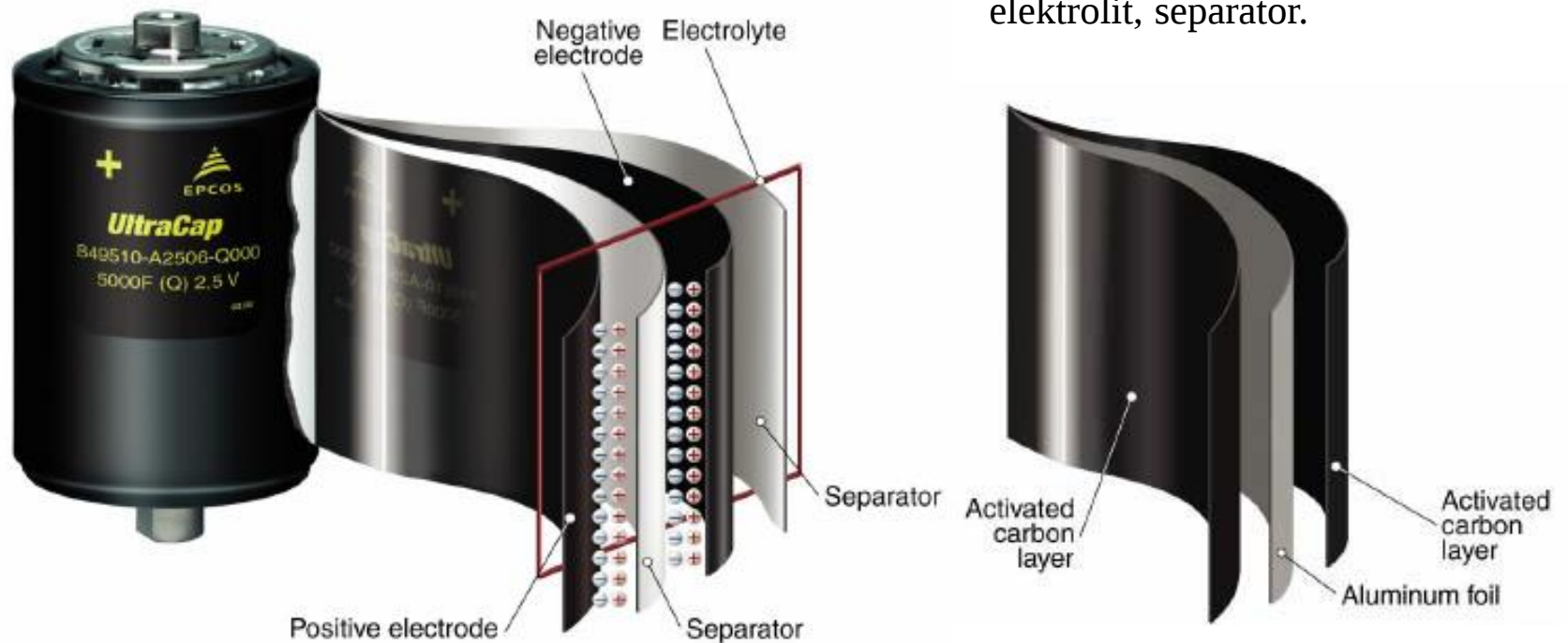
Budowa kondensatora tantalowego suchego

Okładzina I (anoda): drut tantalowy z cząsteczkami tantalowymi.

Dielektryk: warstwa tlenku tantalum Ta_2O_5 , przenikalność $\epsilon_r = 27$.

Okładzina II (katoda): elektrolit suchy MnO_2 , warstwa grafitowa (węglowa), warstwa srebra + drutowe wyprowadzenie.

Super kondensatory

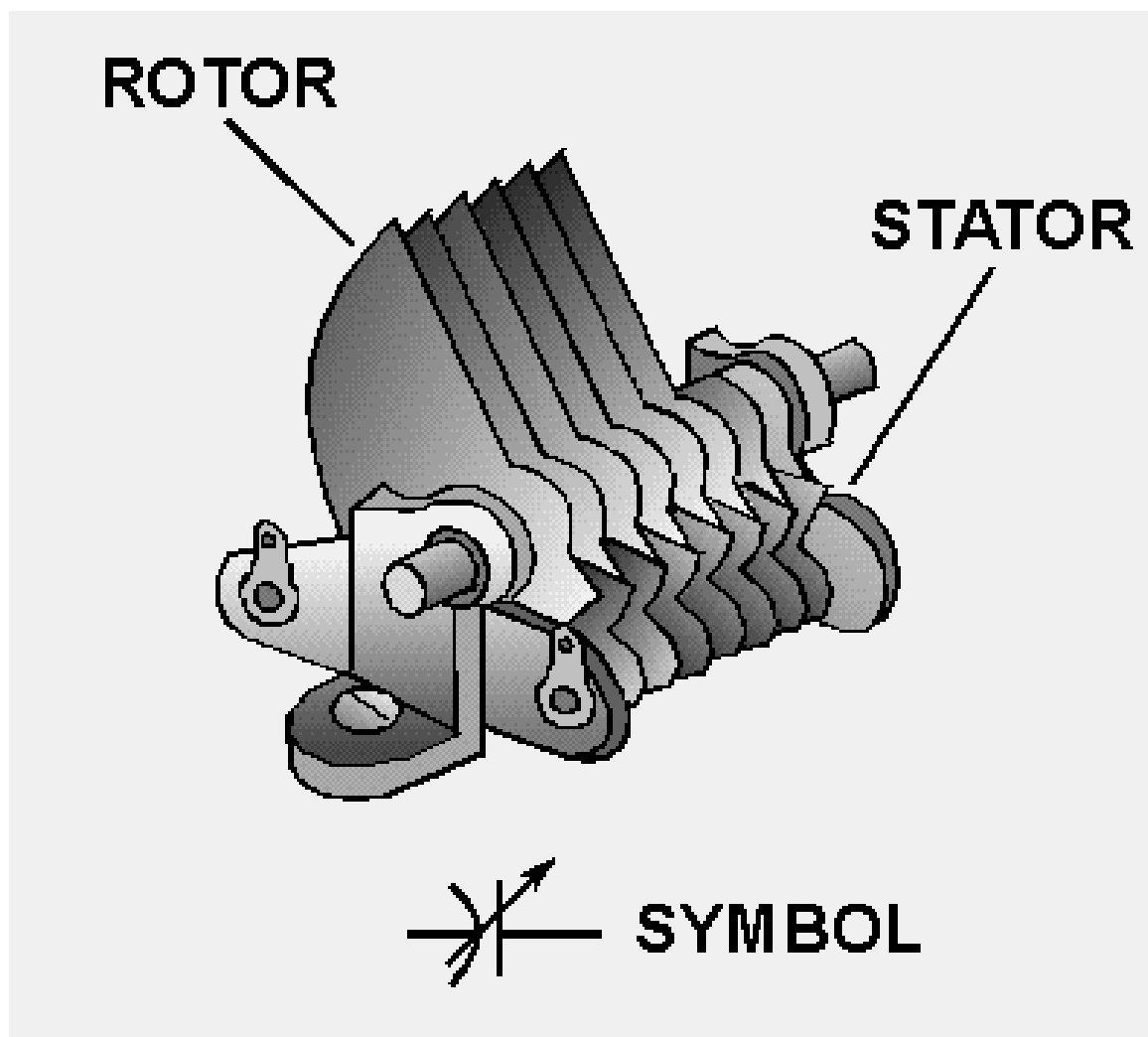


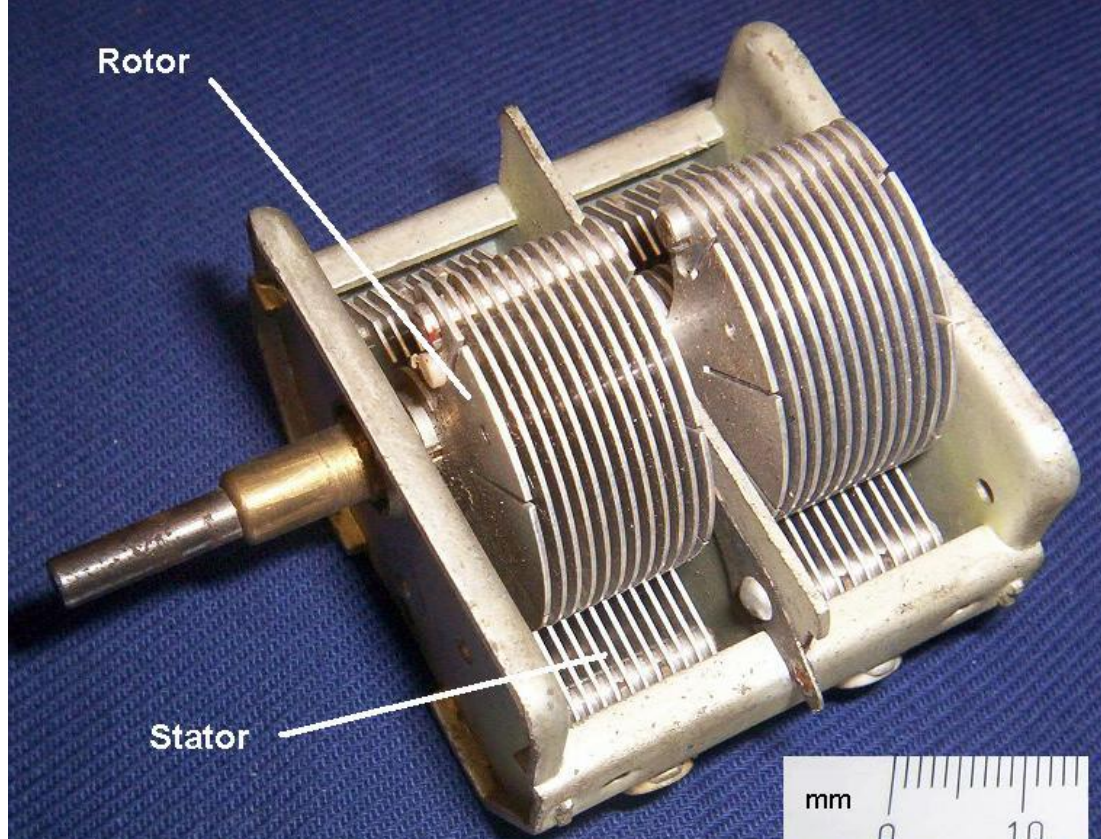
zakres pojemności 0,047F do 1000F, napięć do 6,3V,

własności:

b. mała rezystancja wewnętrzna, duża gęstość mocy, szybkie ładowanie dużym prądem, duży prąd rozładowania, szeroki zakres temperatur pracy

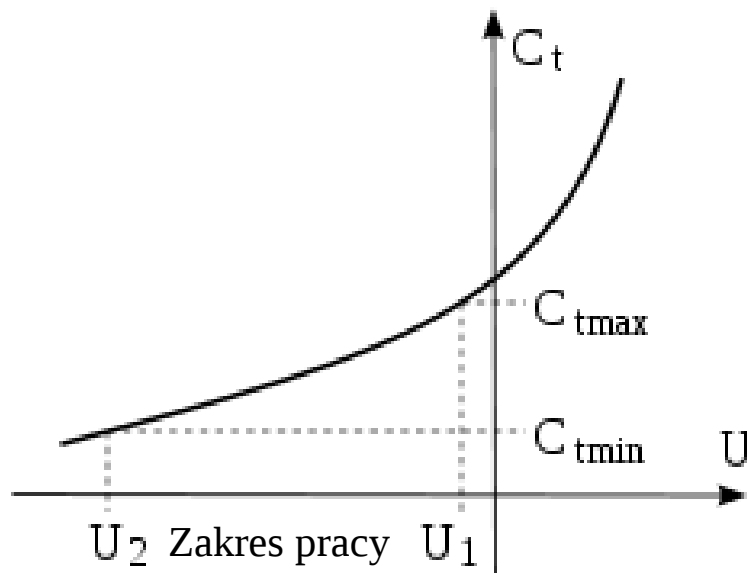
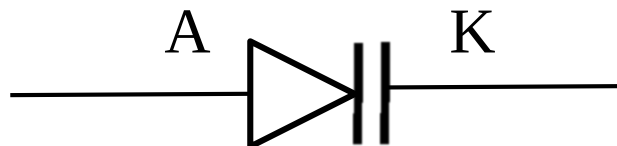
Kondensatory powietrzne (strojeniowe)





Diody pojemnościowe (warikapy)

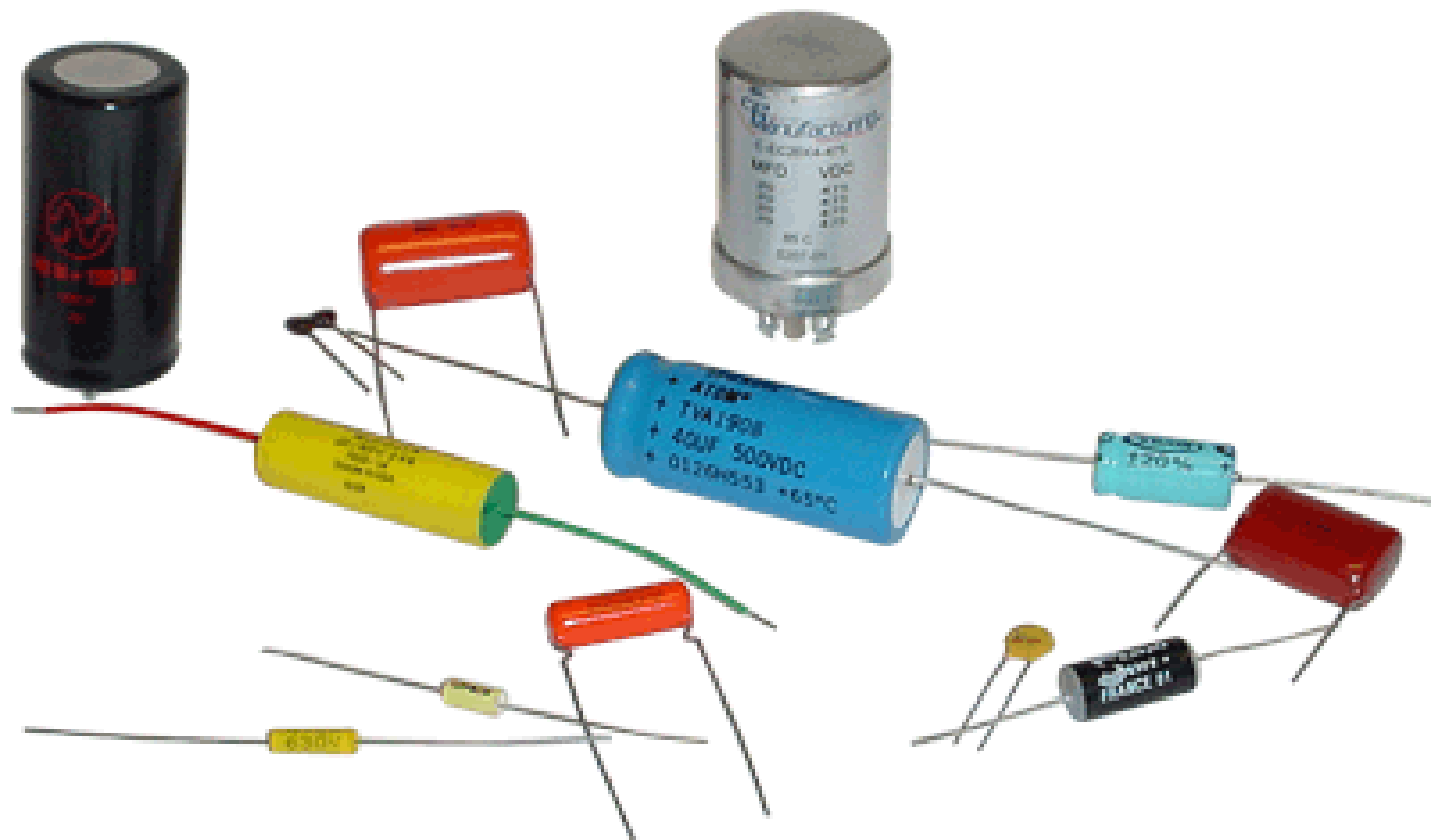
Symbol diody pojemnościowej (A - anoda, K - katoda)



Parametry podawane na kondensatorach



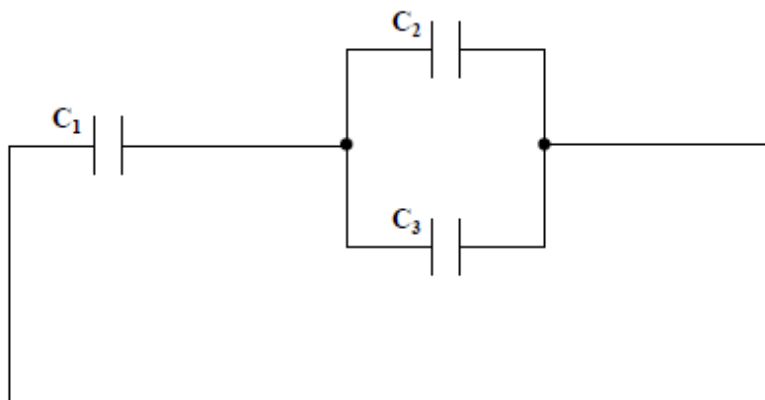
- Pojemność
- Dopuszczalne napięcie
- Temperatura (w niektórych)





Łączenie kondensatorów - przykłady

Zadanie 1. Oblicz pojemność zastępczą układu kondensatorów



$$C = ?$$

$$C_A = C_2 + C_3$$

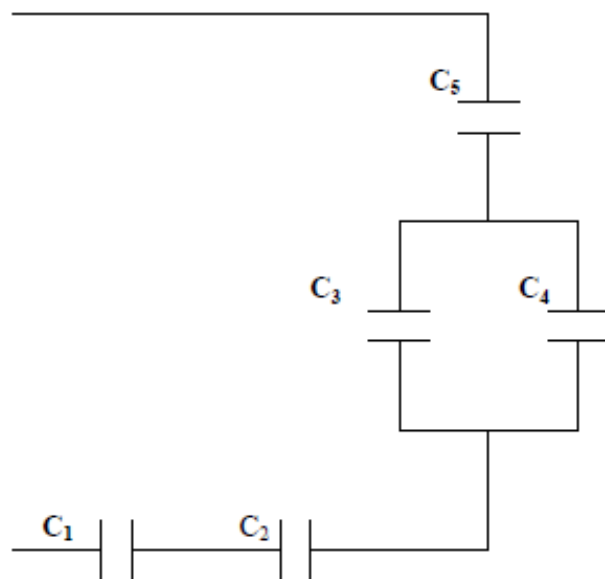
$$C = \frac{C_1 \cdot C_A}{C_1 + C_A}$$

$$C = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3}$$

Zadanie 2:

Oblicz pojemność zastępczą układu.

$$C_1 = 100\mu F \quad C_2 = 400\mu F \quad C_3 = 500\mu F \quad C_4 = 1000\mu F \quad C_5 = 3000\mu F$$



$$C_{1,2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100\mu F \cdot 400\mu F}{500\mu F} = 80\mu F$$

$$C_{3,4} = C_3 + C_4 = 500\mu F + 1000\mu F = 1500\mu F$$

$$C_{3,4,5} = \frac{C_{3,4} \cdot C_5}{C_{3,4} + C_5} = \frac{1500\mu F \cdot 3000\mu F}{4500\mu F} = 1000\mu F$$

$$C = \frac{C_{12} C_{345}}{C_{12} + C_{345}}$$

Zadanie

Trzy kondensatory o pojemności $C_1 = 6 \mu\text{F}$, $C_2 = 18 \mu\text{F}$, $C_3 = 9 \mu\text{F}$ połączono w szereg do napięcia $U = 6000 \text{ V}$. Obliczyć ładunek i napięcie na poszczególnych kondensatorach.

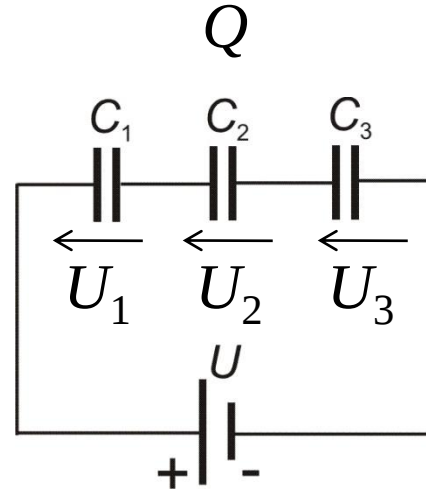
Dane :

$$C_1 = 6 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_2 = 18 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_3 = 9 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U = 6000 \text{ V}$$



W pierwszej kolejności obliczamy pojemność zastępczą układu szeregowego

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

$$C = 3 \mu\text{F} = \underline{3 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

Następnie obliczamy całkowity ładunek Q , równy ładunkom na poszczególnych kondensatorach, oraz poszczególne napięcia:

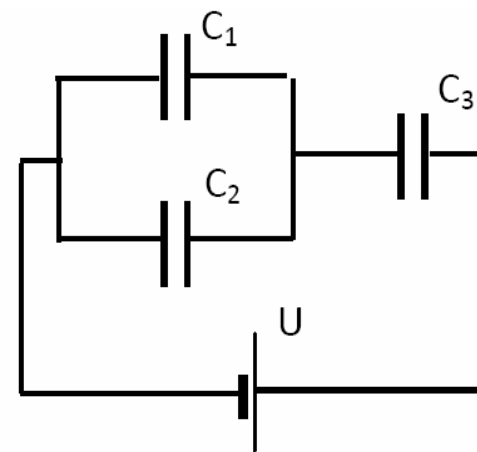
$$Q = CU = 3 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 6000 \text{ V} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}$$

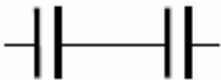
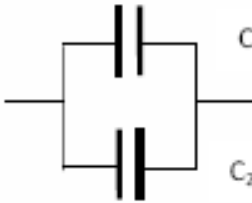
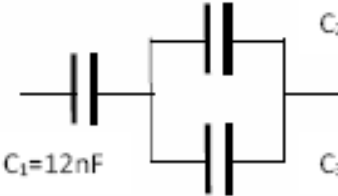
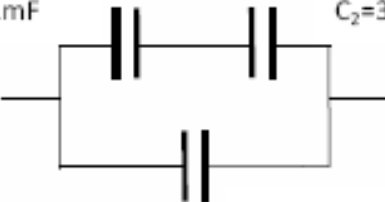
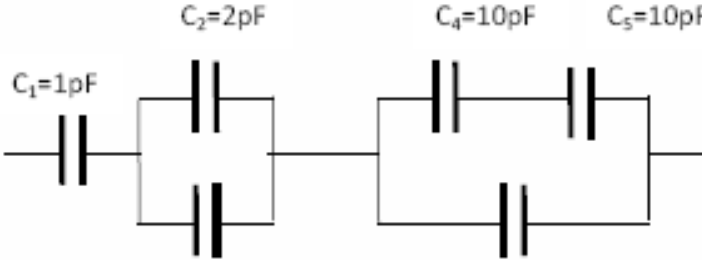
$$U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

Trzy kondensatory o pojemności $C_1 = 4 \mu\text{F}$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$ i $C_3 = 3 \mu\text{F}$ połączono jak na rysunku i podłączono do napięcia $U = 12 \text{ V}$. Obliczyć ładunek, napięcie i energię zgromadzoną na każdym kondensatorze.



Oblicz napięcie, ładunek i energię każdego kondensatora w obwodach (odpowiedzi na końcu)

a.  $C_1=2\mu\text{F}$ $C_2=6\mu\text{F}$ pod napięciem $U=10\text{ V}$	b.  $C_1=1\mu\text{F}$ $C_2=2\mu\text{F}$ pod napięciem $U=100\text{ V}$
c.  $C_1=12\text{nF}$ $C_2=2\text{nF}$ $C_3=2\text{nF}$ pod napięciem $U=10\text{ V}$	d.  $C_1=1\text{mF}$ $C_2=3\text{mF}$ $C_3=0,25\text{mF}$ pod napięciem $U=10\text{ V}$
e.  $C_1=1\text{pF}$ $C_2=2\text{pF}$ $C_4=10\text{pF}$ $C_5=10\text{pF}$ $C_3=2\text{pF}$ $C_6=15\text{pF}$ pod napięciem $U=10\text{ V}$	

a.

kondensator	pojemność [μF]	napięcie [V]	ładunek [μC]	energia [μJ]
C_1	2	7,5	15	56,25
C_2	6	2,5	15	18,75

b.

kondensator	pojemność [μF]	napięcie [V]	ładunek [μC]	energia [μJ]
C_1	1	100	100	5000
C_2	2	100	200	10000

c.

kondensator	pojemność [nF]	napięcie [V]	ładunek [nC]	energia [nJ]
C_1	12	2,5	30	37,50
C_2	2	7,5	15	56,25
C_3	2	7,5	15	56,25

d.

kondensator	pojemność [mF]	napięcie [V]	ładunek [mC]	energia [mJ]
C_1	1	7,5	7,5	28,125
C_2	3	2,5	7,5	9,375
C_3	0,25	10	2,5	12,500

e.

kondensator	pojemność [pF]	napięcie [V]	ładunek [pC]	energia [pJ]
C_1	1	7,69	7,69	29,568
C_2	2	1,92	3,85	3,696
C_3	2	1,92	3,85	3,696
C_4	10	0,19	1,95	0,185
C_5	10	0,19	1,95	0,185
C_6	15	0,39	5,85	1,140