



Wrocław  
University  
of Science  
and Technology

# Fizyka

## semestr letni

### 2020/2021

**Grupa B: Piątek, 15:00 - 16:30**

**Grupa A: Piątek, 16:40 - 18:10**

**sala wirtualna**

**– zajęcia online**

**Sylwia Majchrowska**

**[sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl](mailto:sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl)**

**<https://majsylw.netlify.app/teaching/>**

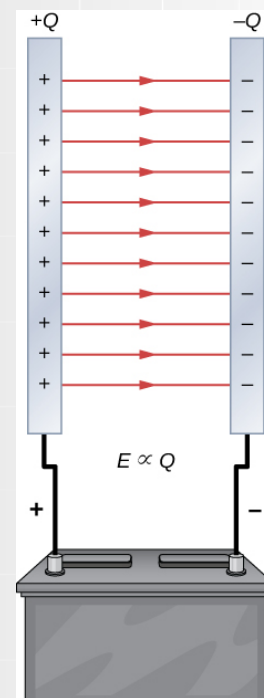
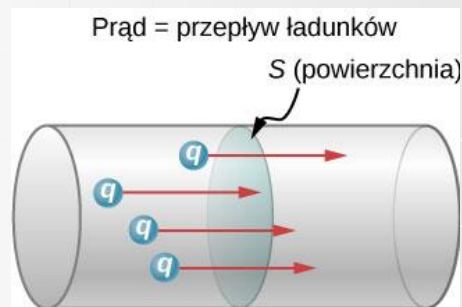
**pokój 213, budynek L-1**



# Prąd elektryczny

Na dzisiejszej lekcji omówimy przepływ prądu elektrycznego przez materiał, gdzie prąd elektryczny zdefiniujemy jako miarę przepływającego ładunku. Zajmiemy się także właściwością materiału zwaną rezystywnością. Rezystywność jest miarą tego, jak bardzo materiał utrudnia ładunkom przepływ. Pokażemy również, jak rezystywność zależy od temperatury. Zasadniczo dobre przewodniki, takie jak miedź, złoto czy srebro, mają niską rezystywność. Są też materiały zwane nadprzewodnikami, które mają zerową rezystywność w bardzo niskich temperaturach.

Opowiem też o kondensatorach, których używa się do magazynowania energii elektrycznej i uwalniania jej w odpowiednim momencie. W połączeniu z innymi elementami obwodów kondensatory często tworzą filtr, który przepuszcza niektóre sygnały elektryczne, a blokuje inne. To dlatego uważane są za jedne z podstawowych części układów elektrycznych.

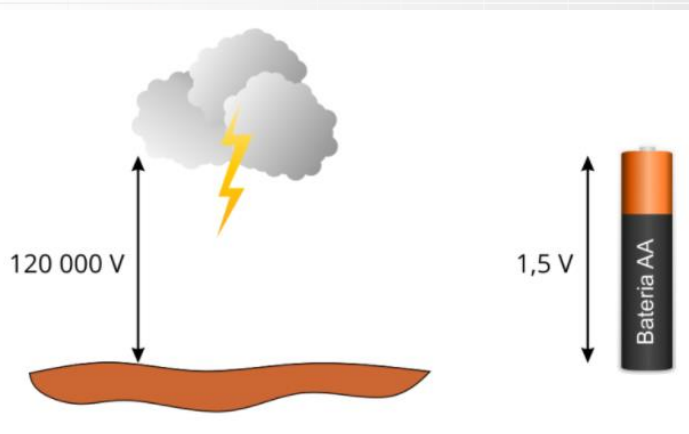




# Różnica potencjałów

**Potencjał pola grawitacyjnego określa ilość energii (w dżulach) przypadającą na 1 kg masy. W elektryce działa to podobnie. Potencjał elektryczny oznacza się dużą literą  $V$  i określa on ilość energii (również w dżulach) przypadającą na 1 kulomb ładunku**

Symbol  $V$  oznacza wolty, a te jak wiesz są jednostką potencjału elektrycznego. Czy zatem widoczna na baterii wartość dotyczy potencjału bieguna dodatniego? A może bieguna ujemnego? Blisko, ale nie do końca. Jest to tak naprawdę wartość wskazująca różnicę potencjałów obu biegunów i nazywa się ją potocznie napięciem elektrycznym.



Producent baterii nie jest w stanie określić jaki potencjał ma każdy z biegunów baterii. Wie on natomiast ile energii chce użytkownikowi baterii dostarczyć i umie policzyć sobie, o ile wyższy musi być jeden potencjał od drugiego, by tę ilość energii wygenerować. Nie ma tutaj znaczenia, czy potencjały biegunów baterii mają kolejno 0 V i 9 V, czy może 5000 V i 5009 V. W elektryce sama wartość potencjałów nie mówi nam nic, za to kolosalne znaczenie ma ich różnica.



# Kondensatory i pojemność elektryczna

Kondensator (ang. capacitor) to urządzenie wykorzystywane do magazynowania ładunku elektrycznego i energii elektrycznej. Składa się z przynajmniej dwóch powierzchni przewodzących umieszczonych w pewnej odległości od siebie. Powierzchnie te czasem nazywa się elektrodami lub, precyzyjniej, okładkami kondensatora. Przestrzeń pomiędzy przewodnikami może wypełniać próżnia – wtedy kondensator nazywany jest próżniowym – zazwyczaj jednak znajduje się tam materiał izolujący zwany dielektrykiem (ang. dielectric) lub izolatorem (ang. insulator). Ilość energii, jaką można zgromadzić w kondensatorze, określa wielkość nazywana pojemnością elektryczną (ang. capacitance).

Pojemność elektryczną kondensatora definiuje się jako stosunek maksymalnego ładunku  $Q$ , który może zgromadzić się w kondensatorze, do napięcia  $U$  przyłożonego do okładek. Innymi słowy, pojemność elektryczna jest maksymalnym ładunkiem przypadającym na 1V napięcia.

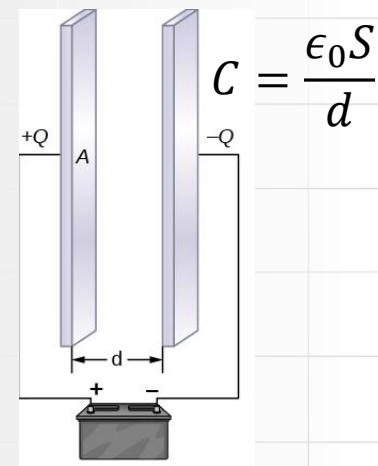
$$C = \frac{Q}{U} \quad \left[ 1F = \frac{1C}{1V} \right]$$

Jednostką pojemności elektrycznej w układzie SI jest farad (F).

Energia  $E_C$  zgromadzona w kondensatorze jest energią potencjalną elektrostatyczną, a więc związaną z ładunkiem  $Q$  oraz napięciem  $U$  pomiędzy okładkami. Naładowany kondensator magazynuje energię w polu elektrycznym między okładkami:  $E_C = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU$

Kondensatory mają rozmaite zastosowania: od redukowania szumu w odbiornikach radiowych do magazynowania energii w defibrylatorach. Typowe kondensatory używane komercyjnie składają się z dwóch powierzchni przewodzących umieszczonych w niewielkiej odległości od siebie. Kondensator jako całość pozostaje obojętny elektrycznie, ale na okładkach wytwarzają się ładunki  $+Q$  i  $-Q$ .

Natężenie pola elektrycznego w przestrzeni między okładkami wynosi  $E = \sigma / \epsilon_0$ , gdzie  $\sigma$  oznacza gęstość powierzchniową ładunku na okładce (a więc  $\sigma$  to ładunek  $Q$  podzielony przez powierzchnię  $S$  okładki)



Kondensator płaski





# Przykład 1.1

## Pojemność elektryczna i ładunek zgromadzony w kondensatorze płaskim

- a) Ile wynosi pojemność elektryczna pustego kondensatora płaskiego o metalowych okładkach o powierzchni  $1\text{m}^2$  umieszczonych w odległości  $1\text{mm}$  od siebie?
- b) Jaki ładunek zgromadzi się na kondensatorze po przyłożeniu napięcia  $3 \cdot 10^3\text{V}$ ?

$$C = \frac{Q}{U}, \sigma = \frac{Q}{S}, E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, U = Ed = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{Qd/\epsilon_0 S} = \frac{\epsilon_0 S}{d} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} * \frac{1\text{m}^2}{10^{-3}\text{m}} = 8.85 \cdot 10^{-9}\text{F}$$

$$Q = CU = 8.85 \cdot 10^{-9}\text{F} * 3 \cdot 10^3\text{V} = 26.6 \cdot 10^{-6}\text{C}$$

Obliczona wielkość ładunku jedynie nieznacznie przekracza wartości typowe dla zastosowań elektrostatycznych. Ze względu na to, że powietrze traci właściwości dielektryczne w polu elektrycznym o natężeniu około  $3\text{MV/m}$ , w analizowanym kondensatorze nie można zgromadzić większego ładunku przez zwiększenie napięcia.



# Przykład 1.2

## Pojemność elektryczna defibrylatora

Defibrylator uwalnia energię  $4 \cdot 10^2 \text{ J}$ , rozładowując kondensator, na którym napięcie wynosi początkowo  $10^4 \text{ V}$ . Ile wynosi jego pojemność elektryczna?

$$E_c = \frac{1}{2} C U^2$$

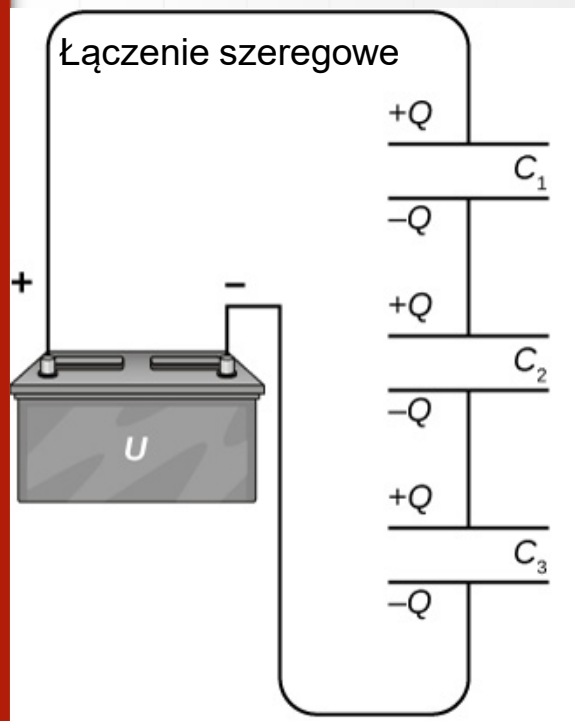
$$C = \frac{2E_c}{U^2} = 2 * \frac{4 * 10^2 \text{ J}}{(10^4 \text{ V})^2} = 8 \mu\text{F}$$







# Łączenie szeregowe i równoległe kondensatorów



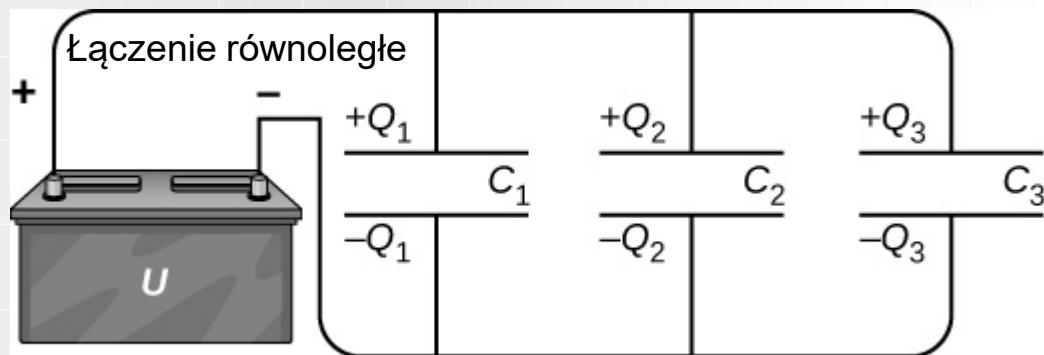
Połączenie szeregowe dwóch lub większej liczby kondensatorów jest tożsame z pojedynczym kondensatorem (zastępczym), którego pojemność nazywamy pojemnością zastępczą (ang. equivalent capacitance)).

Dla kondensatorów połączonych szeregowo odwrotność pojemności zastępczej jest równa sumie odwrotności pojemności kondensatorów składowych

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

Dla kondensatorów połączonych równoległe pojemność zastępcza jest sumą pojemności wszystkich kondensatorów

$$C_z = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$





# Przykład 1.3

## Układ kondensatorów

Obliczmy pojemność zastępczą  $C$  układu kondensatorów przedstawionego na rysunku, jeśli ich pojemności wynoszą  $C_1=12\mu\text{F}$ ,  $C_2=2\mu\text{F}$  i  $C_3=4\mu\text{F}$ . Obliczmy także ładunek i napięcie na każdym z kondensatorów, jeśli układ podłączony jest do napięcia 12V.

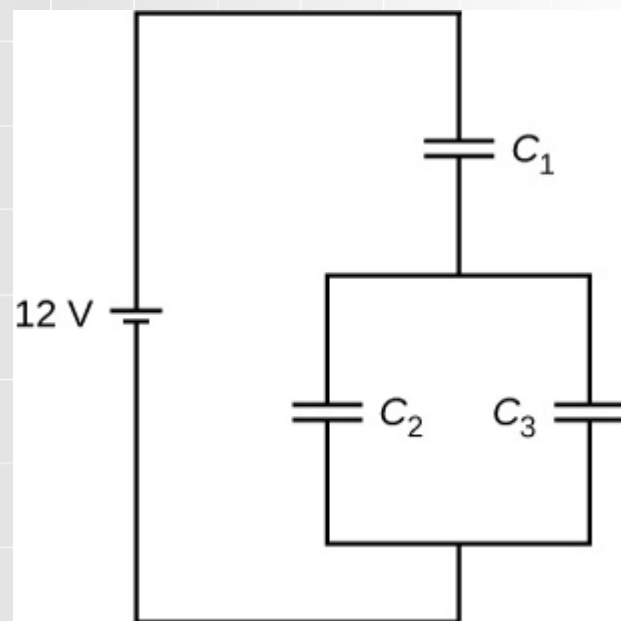
$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{1}{4}$$
$$\rightarrow C_z = 4\mu\text{F}$$

$$12V = U_1 + U_{23} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_{23}}{C_{23}}; Q_1 = Q_{23}$$

$$Q_1 = 48\mu\text{C}$$

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 4V$$

$$U_2 = U_3 = 12V - 4V = 8V$$





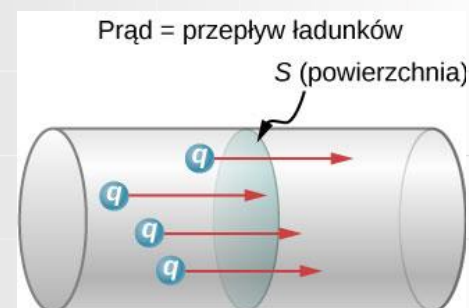
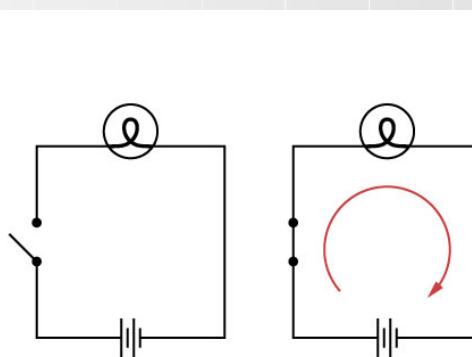
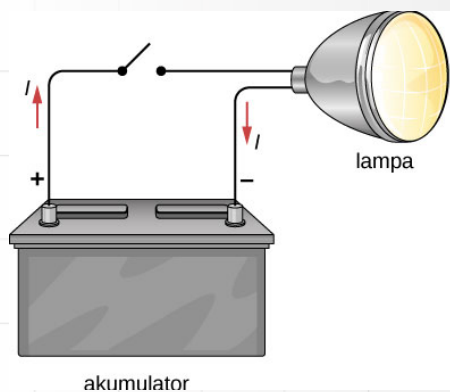


# Natężenie prądu

Natężenie prądu elektrycznego definiuje się jako prędkość przepływu ładunków. Gdy jest ono duże, takie jak niezbędne do pracy lodówki, wiele ładunków przepływa przez przewód w krótkim czasie. Jeśli natężenie prądu jest małe, jak w przypadku kalkulatora, niewiele ładunków przepływa przez obwód w długim czasie.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \left[ 1 A = \frac{1 C}{1 s} \right]$$

Jednostką natężenia prądu w układzie SI jest amper (ang. ampere) oznaczany jako A, nazwany na cześć francuskiego fizyka André-Marie Ampère'a. We wzorze  $I = \Delta Q / \Delta t$ , 1A jest zdefiniowany jako ładunek 1C przepływający przez daną powierzchnię w czasie 1s.



Gdy obwód jest zamknięty, nieprzerwana ścieżka pozwala na przepływ prądu przez przewody podłączone do elektrod baterii.

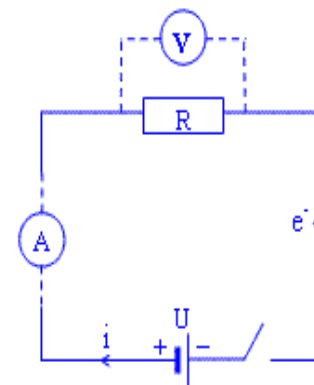
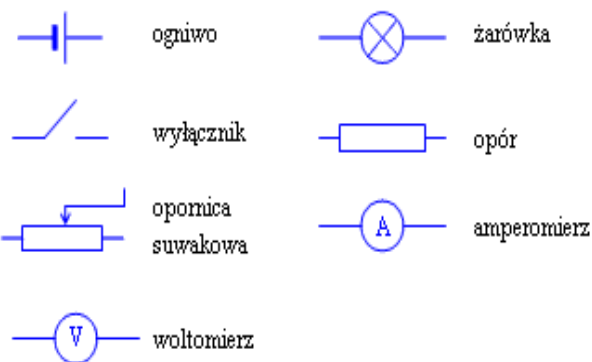


# Obwód elektryczny

Obwód elektryczny – układ elementów tworzących drogę zamkniętą dla prądu elektrycznego. Obwód elektryczny tworzą: źródła prądowe i napięciowe, przewody elektryczne, wyłączniki oraz odbiornik. Odzworowaniem graficznym obwodu jest schemat.

## Prawo Ohma

$$R = \frac{U}{I} \left[ 1\Omega = \frac{1V}{1A} \right]$$



Podstawowy podział obwodów elektrycznych obejmuje dwa następujące rodzaje:

- **obwody liniowe** w których wszystkie elementy spełniają prawo Ohma,
- **obwody nieliniowe** w których dla niektórych elementów zależność pomiędzy prądem a napięciem jest funkcją nieliniową.

Ze względu na czasową zależność natężenia prądu od czasu obwody dzieli się na:

- **obwody prądu stałego,**
- **obwody prądu przemiennego.**

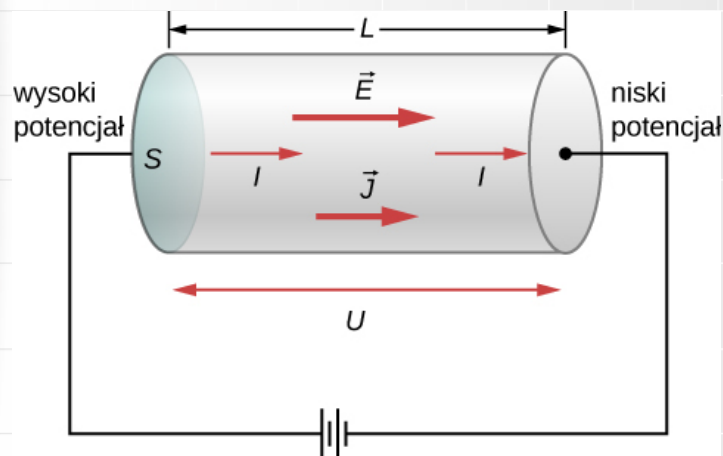
Płynący w obwodzie elektrycznym prąd może przenosić informację wówczas podział obejmuje zależności czasowo-napięciowe:

- **obwody cyfrowe** wartości napięcia mogą w takich obwodach przyjmować tylko określone poziomy, są skwantowane,
- **obwody analogowe** gdzie wartości prądu i napięcia mogą przyjmować ciągłe spektrum wartości.



# Rezystancja i rezystywność

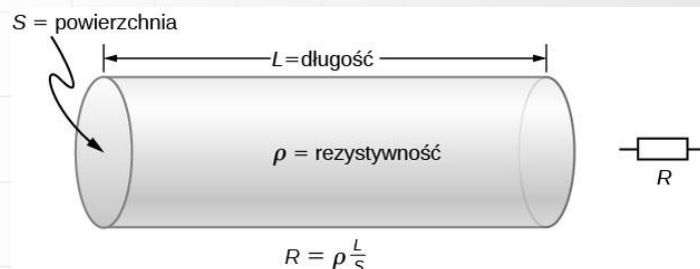
Rozważmy teraz rezystancję przewodu albo elementu obwodu elektrycznego. Określa ona, jak trudno jest przepłynąć prądowi przez przewód lub element, i zależy od rezystywności. Rezystywność to właściwość materiału wykorzystywanego do produkcji przewodów lub innych elementów elektrycznych, natomiast rezystancja to właściwość przewodu lub elementu.



Przewodność to wewnętrzna właściwość materiału. Kolejną jest rezystywność (ang. resistivity) elektryczna. Rezystywność materiału określa to, jak bardzo opiera się on przepływowi prądu elektrycznego. Oznacza się ją małą grecką literą  $\rho$ . Ta wielkość jest odwrotnością przewodności elektrycznej.

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Jednostką rezystywności w układzie SI jest  $\Omega\text{m}$ . Dla drutu (ciał liniowych) prawdziwa jest równość  $R = \frac{\rho l}{S}$ .

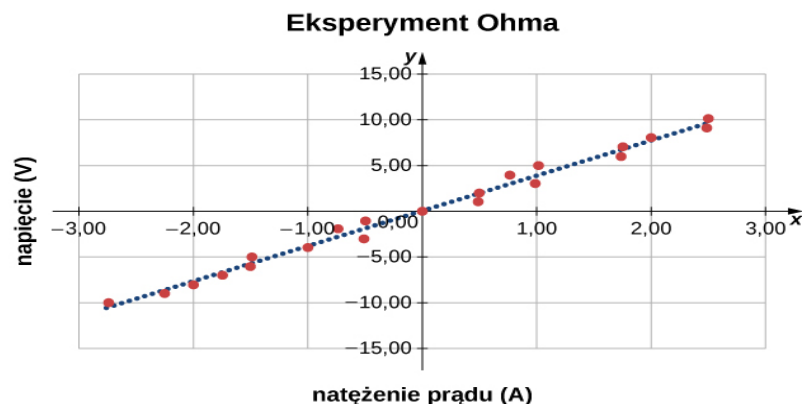




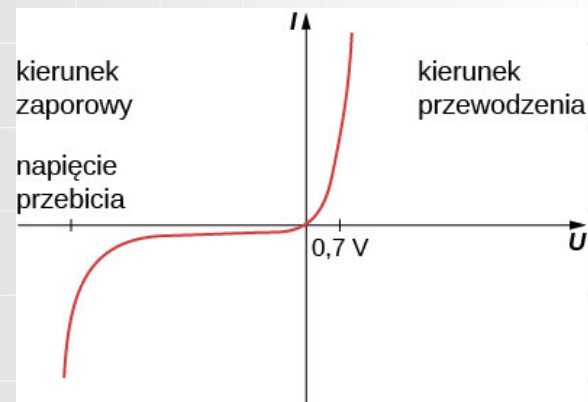
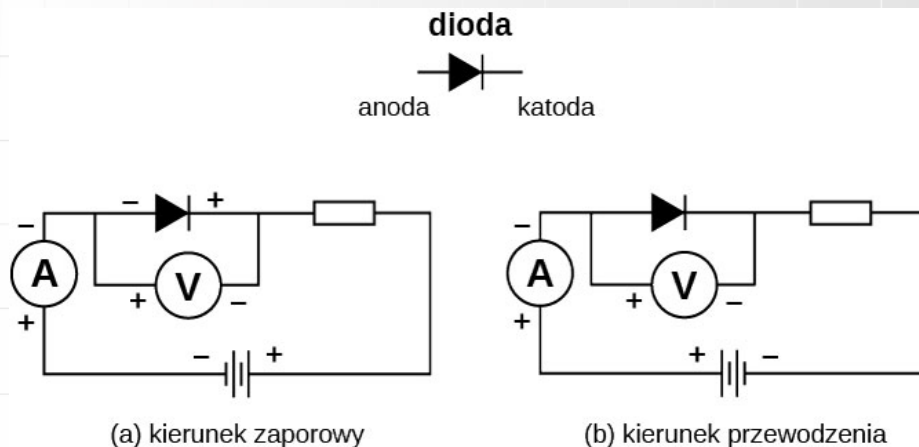
# Prawo Ohma

Rezystor umieszczono w obwodzie z baterią. Przyłożone napięcie zmienia się o 1V w zakresie od -10V do +10V. Wykres pokazuje zależność między napięciem a natężeniem prądu dla typowego eksperymentu.

I(A)	U(V)
-2,74	-10,00
-2,25	-9,00
-2,00	-8,00
-1,75	-7,00
-1,50	-6,00
-1,49	-5,00
-1,00	-4,00
-0,51	-3,00
-0,74	-2,00
-0,49	-1,00
+0,00	+0,00
+0,49	+1,00
+0,50	+2,00
+0,99	+3,00
+0,76	+4,00
+1,01	+5,00
+1,74	+6,00
+1,75	+7,00
+2,00	+8,00
+2,49	+9,00
+2,50	+10,00



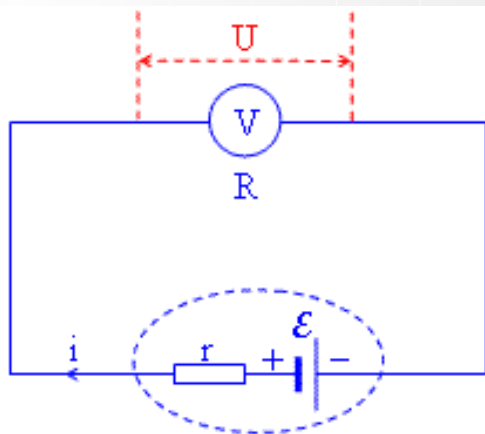
## Elementy nieliniowe nie spełniają prawa Ohma





# Siła elektromotoryczna ogniwa (SEM)

W obwodach elektrycznych umieszczamy różne elementy (żarówki, grzałki, silniki...), ale i źródła prądu w postaci jednego lub w określony sposób połączonych wielu ogniw tworząc obwód zamknięty. Poznamy teraz prawa dotyczące całego obwodu.



## Opór wewnętrzny ogniwa

Prąd elektryczny w obwodzie z ogniwem jest wynikiem reakcji chemicznych w ogniwie, które zamieniają energię chemiczną na elektryczną. Prąd ten napotyka dwa opory: zewnętrzny  $R$  i wewnętrzny  $r$ . Opór zewnętrzny stawiają prądowi odbiorniki prądu na zewnątrz ogniwa. Opór wewnętrzny stawia ogniwo. Opór ten wynika stąd, że prąd w ogniwie polega na ruchu w przeciwne strony jonów dodatnich i ujemnych, które w elektrolicie napotykają opór, zależny od rodzaju materiałów z których zbudowane są elektrody, wielkości elektrod, odległości ich od siebie, od rodzaju i stężenia elektrolitu, jego temperatury... itp. Wpływ na opór wewnętrzny mają ograniczone szybkości procesów chemicznych i niekorzystne reakcje uboczne.

Postulujemy, że pracę, równą ciepłu wydzielonemu w obwodzie, wykonała siła elektromotoryczna (SEM) ogniwa. To SEM zamieniła energię chemiczną na elektryczną. SEM jest to "napięcie" w ogniwie, czyli przyczyna, dzięki której zachodzą powyższe procesy. Jeśli zewrzymy bieguny ogniwa woltomierzem, to nie mierzymy ogniwa, tylko napięcie  $U$  na oporze zewnętrznym - w tym przypadku na oporze wewnętrznym woltomierza  $R$ . Możemy powiedzieć, że: SEM, to napięcie na biegunach ogniwa otwartego czyli wtedy, gdy podczas pomiaru napięcia przez woltomierz nie płynie prąd.

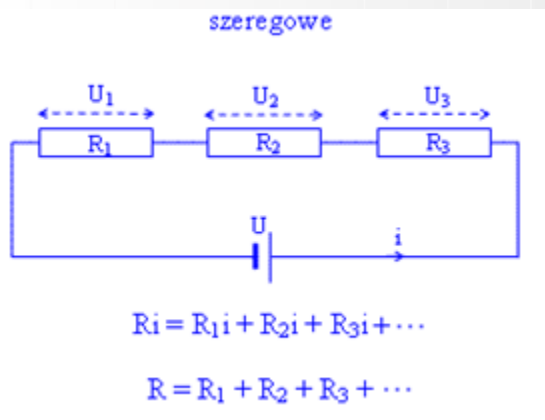
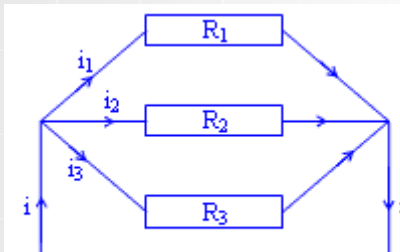


# Łączenie elementów obwodów

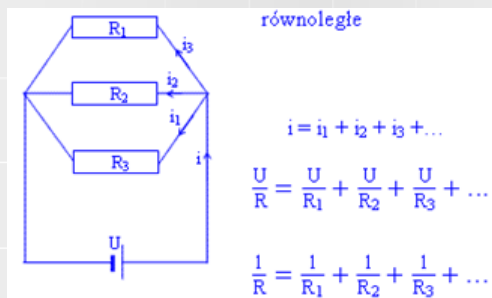
W obwodzie elektrycznym często mamy do czynienia z rozgałęzieniami i węzłami sieci.

Węzły to miejsca, w których spotykają się gałęzie. W oparciu o zasadę zachowania ładunku powiemy, że suma ładunków wpływających do węzła sieci jest równa sumie ładunków wypływających z niego. Prąd elektryczny to przemieszczające się elektrony. Fizyk niemiecki Kirchhoff (1824 - 1887) nadał temu formę praw.

*Suma natężeń prądów wpływających do węzła sieci jest równa sumie prądów z niego wypływających* **I prawo Kirchhoffa**



*W obwodzie zamkniętym suma sił elektromotorycznych i napięć na oporach jest równa zero.* **II prawo Kirchhoffa**







# Praca i moc prądu elektrycznego

Moc elektryczną oddawaną lub pobieraną przez urządzenie można zapisać jako

$$P = IU$$

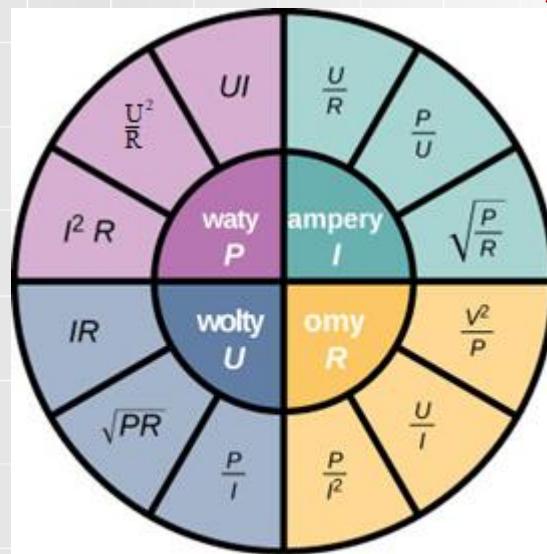
Moc wydzielana przez rezystor wynosi:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Oszczędność energii elektrycznej jest dość znacząca przy wymianie żarówki standardowej na żarówkę LED lub świetlówkę. Na żarówkach oznacza się ilość mocy pobieranej w watach oraz ilość emitowanego światła w lumenach. Lumen (lm) jest jednostką strumienia świetlnego w układzie SI i miarą całkowitego światła widzialnego wyemitowanego przez źródło. 60-watowa żarówka wolframowa może być zastąpiona przez 13- lub 15-watową świetlówkę albo 6- lub 8-watową żarówkę LED, ponieważ wszystkie trzy emitują światło o strumieniu równym ok. 800lm.

Moc znamionowa (ang. nominal power) – wartość znamionowa mocy, przy której urządzenie pracuje prawidłowo i zgodnie z normami lub zaleceniami producenta.

Elementy omowe spełniają prawo Ohma



$P$  = moc       $I$  = natężenie prądu  
 $U$  = napięcie       $R$  = rezystancja



# Słowniczek

## **dielektryk (ang. dielectric)**

– substancja izolująca używana do wypełniania przestrzeni pomiędzy okładkami kondensatora

## **gęstość energii (ang. energy density)**

– energia zgromadzona w kondensatorze podzielona przez objętość przestrzeni pomiędzy okładkami

## **kondensator (ang. capacitor)**

– urządzenie magazynujące ładunek i energię elektryczną

## **kondensator płaski (ang. parallel-plate capacitor)**

– układ dwóch identycznych, równoległych płyt przewodzących ustawionych w pewnej odległości od siebie

## **pojemność elektryczna (ang. capacitance)**

– ilość ładunku przypadająca na 1V napięcia

## **połączenie równoległe (ang. parallel combination)**

– sposób łączenia elementów obwodu elektrycznego, w którym wszystkie wejścia elementów są wspólnie podłączone do jednej strony obwodu, a wszystkie wyjścia wspólnie do drugiej strony obwodu

## **połączenie szeregowe (ang. series combination)**

– sposób łączenia elementów obwodu elektrycznego, w którym elementy włączone są do obwodu jeden za drugim

## **względna przenikalność elektryczna (ang. dielectric constant)**

– współczynnik pokazujący, ile razy zwiększa się pojemność elektryczna kondensatora po wsunięciu danego dielektryka między okładki



# Słowniczek

**amper (ang. ampere)**

– jednostka natężenia prądu w układzie SI;  $1A=1C/s$

**dioda (ang. diode)**

– nieomowy element obwodu elektrycznego, który pozwala na przepływ prądu tylko w jednym kierunku

**gęstość prądu (ang. current density)**

– stosunek przepływu ładunków przez przekrój poprzeczny do powierzchni tego przekroju

**moc elektryczna (ang. electric power)**

– prędkość zmian energii elektrycznej w czasie w obwodzie elektrycznym

**natężenie prądu elektrycznego (ang. electric current)**

– prędkość przepływu ładunków,  $I=dQ/dt$

**nieomowy (ang. nonohmic)**

– rodzaj materiału, który nie spełnia prawa Ohma

**obwód (ang. circuit)**

– zamknięta ścieżka, przez którą płynie prąd elektryczny

**om (ang. ohm)**

– jednostka rezystancji elektrycznej,  $1\Omega=1V/A$

**omowy (ang. ohmic)**

– rodzaj materiału, który spełnia prawo Ohma, to znaczy, że spadek napięcia na elemencie równa się iloczynowi natężenia prądu oraz rezystancji

**prędkość dryfu (ang. drift velocity)**

– prędkość ładunku podczas chaotycznego ruchu w przewodniku, gdzie doświadcza wielu zderzeń, uśredniona wzdłuż długości drutu podzielonej przez czas, który zajmuje mu pokonanie tej odległości

**przewodność elektryczna (ang. electrical conductivity)**

– miara zdolności materiału do przewodzenia lub transmitowania elektryczności

**prawo Ohma (ang. Ohm's law)**

– empiryczna zależność mówiąca o proporcjonalności pomiędzy natężeniem prądu  $I$  a różnicą potencjałów  $U$ ; jest często zapisywane jako  $U=IR$ , gdzie  $R$  to rezystancja

**rezystancja (ang. resistance)**

– właściwość elektryczna, która utrudnia przepływ prądu elektrycznego; dla materiałów omowych jest to stosunek między napięciem a prądem,  $R=U/I$



# Słowniczek

**rezystywność (ang. resistivity)**

– właściwość materiałowa, niezależna od rozmiaru oraz kształtu, wprost proporcjonalna do rezystancji, oznaczana  $\rho$

**schemat (ang. schematic)**

– graficzna reprezentacja obwodu z wykorzystaniem standardowych oznaczeń komponentów oraz linii ciągłych jako przewodów je łączących

**umowny kierunek prądu (ang. conventional current)**

– prąd przepływa przez obwód od dodatniej elektrody baterii do ujemnej

**amperomierz (ang. ammeter)**

– przyrząd do pomiaru natężenia prądu

**drugie prawo Kirchhoffa – zasada oczka (ang. loop rule)**

– algebraiczna suma spadków potencjału w dowolnym oczku (pętli) obwodu musi być równa zero

**napięcie na biegunach (ang. terminal voltage)**

– różnica potencjałów mierzona między biegunami źródła, gdy obciążenie nie jest podłączone

**opór wewnętrzny (ang. internal resistance)**

– wartość wewnętrznego oporu źródła prądu podczas przepływu prądu przez źródło SEM

**opór równoważny (ang. equivalent resistance)**

– opór układu połączonych ze sobą oporników; może być traktowany jako opór pojedynczego opornika, zastępującego układ oporników połączonych szeregowo i/lub równolegle

**obwód RC (ang. RC circuit)**

– obwód elektryczny złożony z opornika i kondensatora

**pierwsze prawo Kirchhoffa – zasada węzła (ang. junction rule)**

– suma natężeń prądów wpływających do węzła musi być równa sumie natężeń prądów wypływających z niego

**różnica potencjałów (ang. potential difference)**

– różnica potencjałów elektrycznych między dwoma punktami w obwodzie elektrycznym, mierzona w woltach

**siła elektromotoryczna (SEM) (ang. electromotive force (emf))**

– energia unoszona przez jednostkowy ładunek ze źródła wytwarzającego prąd elektryczny

**spadek potencjału (ang. potential drop)**

– utrata elektrycznej energii potencjalnej podczas przepływu prądu przez opornik, drut lub inny element

**woltomierz (ang. voltmeter)**

– przyrząd do pomiaru napięcia (różnicy potencjałów)



# Praca domowa

## - wytyczne

1. Format: plik pdf lub skan/zdjęcie (upewnij się, że Twoje pismo jest czytelne!)
2. Czytaj uważnie polecenia i wykonuj zawarte w nich zadania.
3. Pamiętaj aby **podpisać** swoją pracę.
4. Do rozwiązania dołącz:
  1. Rysunek – szkic sytuacji przedstawionej w zadaniu lub wykres wraz z danymi z zadania.
  2. Obliczenia – razem z przekształceniami wzorów, jeśli jest to konieczne.
  3. Wnioski sformułowane na podstawie dokonanej analizy.
5. Pamiętaj aby przesłać rozwiązania w terminie na swoją przestrzeń na dysku gogle (lub na adres email prowadzącej).



Wrocław  
University  
of Science  
and Technology

# Terminy

	LUTY	MARZEC					KWIECIEŃ					MAJ					CZERWIEC				LIPIEC	
PN	22	1	8	15	22	29	5	12 Pn N	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5		
WT	23	2	9	16	23	30 Pt P	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6		
ŚR	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2 Cz P	9	16	23	30	7		
CZ	25	4	11	18 H1	25 H2	1	8 H3	15 H4	22 H5	29 H6	6 H7	13 H8	20 H9	27 H10	3	10	17	24	1	8		
PT	26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9		
SO	27	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10		
N	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11		
P - PARZYSTY N - NIEPARZYSTY	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P		

Lista dodatkowa nr 1 (omówienie 12.04.21)

H3: 9.04.21 godz. 12:00

Email: [sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl](mailto:sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl)