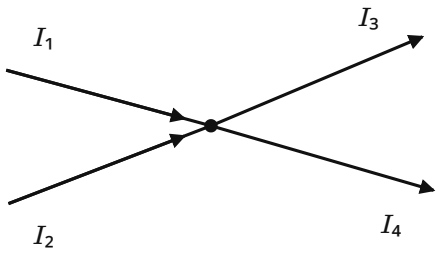
## Natężenie i napięcie

natężenie prądu ····· $I = \frac{q}{t}$

q to ładunek, który przepłynął przez przekrój w czasie t > 0. Wzór daje natężenie średnie w tym przedziale; dla prądu stałego również wartość chwilową.




$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

**Pierwsze prawo Kirchhoffa: prądy w węźle.**

napięcie ····· $U = \frac{W}{q}$

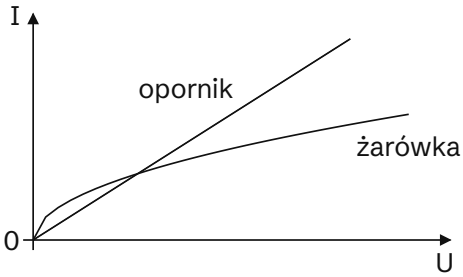
## Prawo Ohma i opór

prawo Ohma ★ ····· $I = \frac{U}{R}$

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia między jego końcami, jeśli opór przewodnika się nie zmienia (tak jest np. dla metalu w stałej temperaturze). Dioda czy żarówka tego prawa nie spełniają.

opór przewodnika ····· $R = \rho\frac{l}{S}$

Jednorodny przewodnik o stałym przekroju; $\rho$ odpowiada jego temperaturze.




**Charakterystyka prądowo-napięciowa: opornik i żarówka.** Dla opornika (przewodnika spełniającego prawo Ohma) wykres I(U) jest prostą przechodzącą przez początek układu, a jej nachylenie to 1/R. Włókno żarówki nagrzewa się i jego opór rośnie, więc wykres się zagina: prawo Ohma tu nie obowiązuje.

zależność oporu od temperatury $R = R_0\,(1 + \alpha\Delta T)$

Opór metali rośnie z temperaturą. Wzór to przybliżenie liniowe: dobrze działa, dopóki zmiana temperatury ΔT = T − $T_0$ jest niewielka. Opór półprzewodników zwykle maleje z temperaturą, a zależność bywa nieliniowa; model liniowy można stosować lokalnie, jeśli opisuje dany materiał i przedział temperatur.

opór zastępczy, łączenie szeregowe

$$R_z = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

opór zastępczy, łączenie równoległe

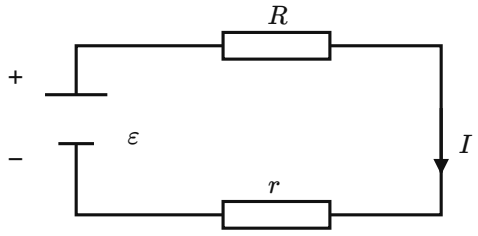
$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

## Ogniwo

prawo Ohma dla obwodu zamkniętego ★

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_w}$$

Warunki [1]




$\varepsilon - I(R + r) = 0$

**Drugie prawo Kirchhoffa: zamknięte oczko obwodu.** $\varepsilon$: siła elektromotoryczna źródła, r: jego opór wewnętrzny, R: opór zewnętrzny. Obieg jest zgodny z prądem I: przy źródle wzrost $\varepsilon$, na oporach spadki IR i Ir. $\varepsilon$ − I(R + r) = 0. Dla źródła idealnego r = 0.

napięcie na zaciskach ogniwa ····· $\varepsilon = U + IR_w$

$$U = \varepsilon - IR_w$$

Warunki [1]

## Praca i moc prądu

praca ····· $W = UIt$

U i I są stałe w rozpatrywanym przedziale t, więc moc U·I też jest stała.

moc ★ ····· $P = \frac{W}{t} = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$

Postacie $I^2R$ i $U^2/R$ dotyczą elementu oporowego spełniającego U = IR. Iloraz W/t oznacza moc średnią; przy stałej mocy jest równy mocy w każdej chwili.

**[1]** Gdy ogniwo rozładowuje się, zasilając obwód zewnętrzny (I > 0), napięcie na zaciskach jest mniejsze od SEM o spadek Ir na oporze wewnętrznym. Przy ładowaniu prąd płynie w przeciwną stronę, a napięcie jest większe od SEM: U = $\varepsilon$ + Ir.

## Symbole i jednostki

| symbol | znaczenie | jednostka |
|---|---|---|
| $I$ | natężenie prądu | $\mathrm{A}$ |
| $l$ | długość przewodnika | $\mathrm{m}$ |
| $P$ | moc | $\mathrm{W}$ |
| $q$ | ładunek | $\mathrm{C}$ |
| $R$ | opór | $\Omega$ |
| $R_0$ | opór w temperaturze początkowej | $\Omega$ |
| $R_w$ | opór wewnętrzny ogniwa | $\Omega$ |
| $S$ | pole przekroju przewodnika | $\mathrm{m}^2$ |

| symbol | znaczenie | jednostka |
|---|---|---|
| $t$ | czas | $\mathrm{s}$ |
| $\Delta T$ | przyrost temperatury | $\mathrm{K}$ |
| $U$ | napięcie | $\mathrm{V}$ |
| $W$ | praca | $\mathrm{J}$ |
| $\alpha$ | temperaturowy współczynnik oporu | $1/\mathrm{K}$ |
| $\varepsilon$ | siła elektromotoryczna ogniwa (SEM) | $\mathrm{V}$ |
| $\rho$ | opór właściwy | $\Omega \cdot \mathrm{m}$ |