

Prąd elektryczny – model Drudego i reguła Ohma

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

σ – przewodność elektryczna właściwa
 \vec{j} – gęstość prądu
 \vec{E} – wektor natężenia pola elektrycznego

na pierwszy rzut oka –
sprzeczność (stała siła, ale
przecież prędkość też stała!)

$$\vec{j} = \frac{nd}{2v_{\text{term}}} \frac{e^2 \vec{E}}{m}$$

n – gęstość elektronów
 d – droga między zderzeniami
 v_{term} – prędkość termiczna elektronów

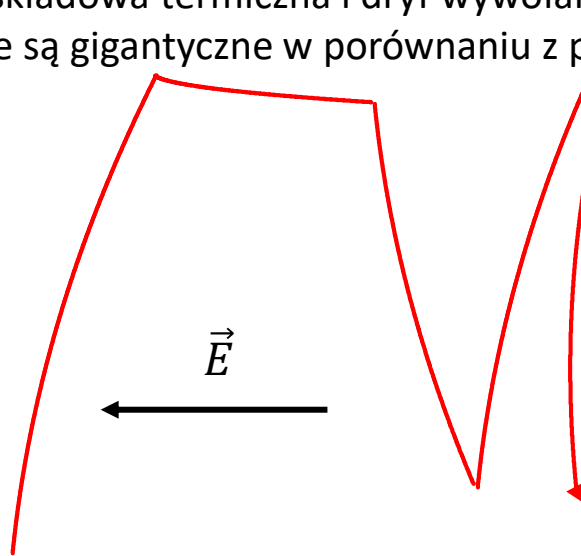


Paul Drude
1863-1906, Niemiec

W klasycznym modelu Drudego wszystkie elektrony zderzają się z jonami sieci.

Ruch elektronów w metalu – ruch pod wpływem stałej siły, od zderzenia do zderzenia.

Na ruch składa się składowa termiczna i dryf wywołany polem elektrycznym.
Prędkości termiczne są gigantyczne w porównaniu z prędkością dryfu (1000000 m/s
względem mm/s!).



uwaga!
szkic nie w skali!
wpływ pola \vec{E} jest tu dramatycznie wzmocniony!

Prąd elektryczny – opór

$$I = \frac{U}{R} \quad U = RI \quad \text{tzw. makroskopowe prawo Ohma}$$

R – współczynnik proporcjonalności, opór elektryczny

jednostka: om, Ω

zależy od geometrii przewodnika oraz jego przewodności

dla „walcowego” przewodnika:

$$R = \frac{l}{\sigma A} = \frac{l\rho}{A}$$

σ – przewodność elektryczna właściwa (konduktywność), jednostka S/m
[S = simens = 1/ Ω , jednostka przewodności elektrycznej]

$\rho = 1/\sigma$ – opór elektryczny właściwy (rezystywność), jednostka Ωm

przykładowe wartości ρ [Ωm]:

Ag – $1,6 \times 10^{-8}$

Cu – $1,7 \times 10^{-8}$

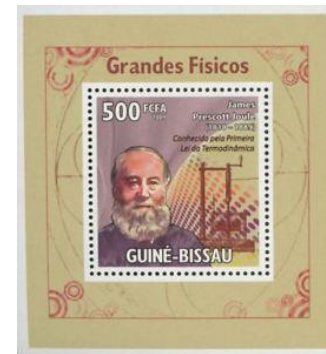
Au – $2,4 \times 10^{-8}$

Al – $2,8 \times 10^{-8}$

Fe – 10×10^{-8}

czysta woda – $2,5 \times 10^5$

szkło – 10^{10} – 10^{14}

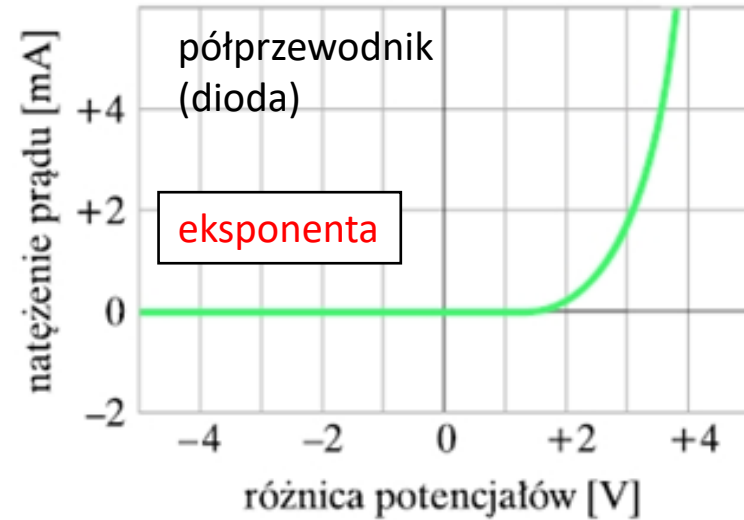
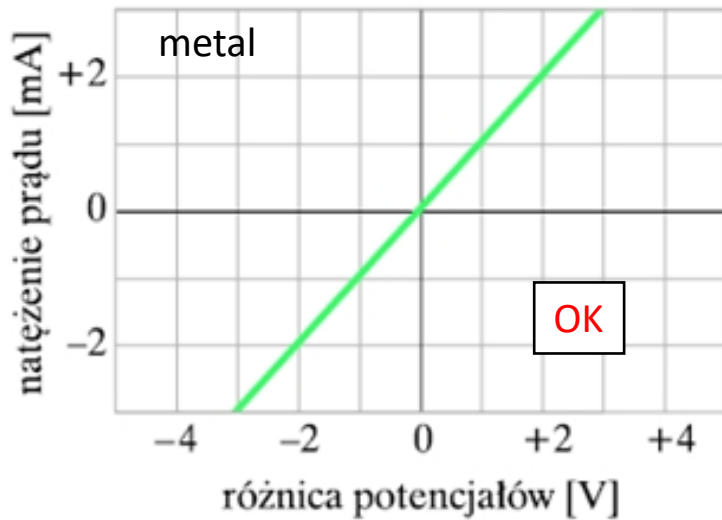


James Joule 1818-1889, UK



Reguła Ohma

Przykład problemu z prawem Ohma:



Zatem:

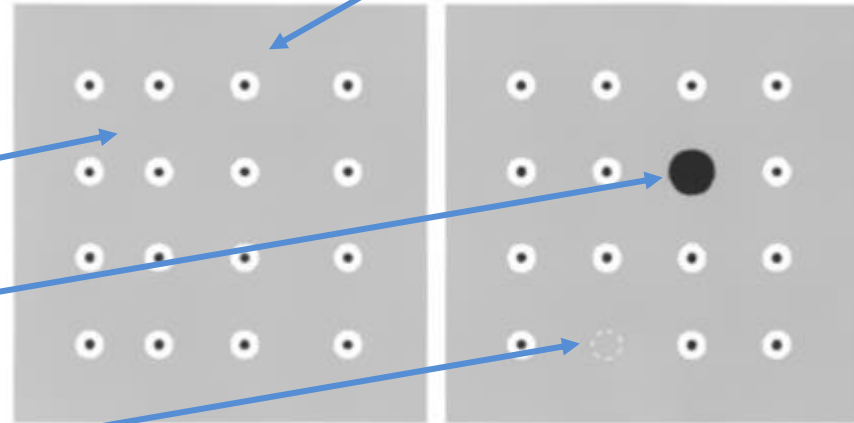
„reguła Ohma”

Na czym rozpraszają się elektrony?

Proszę zwrócić uwagę na odległości między jonami.

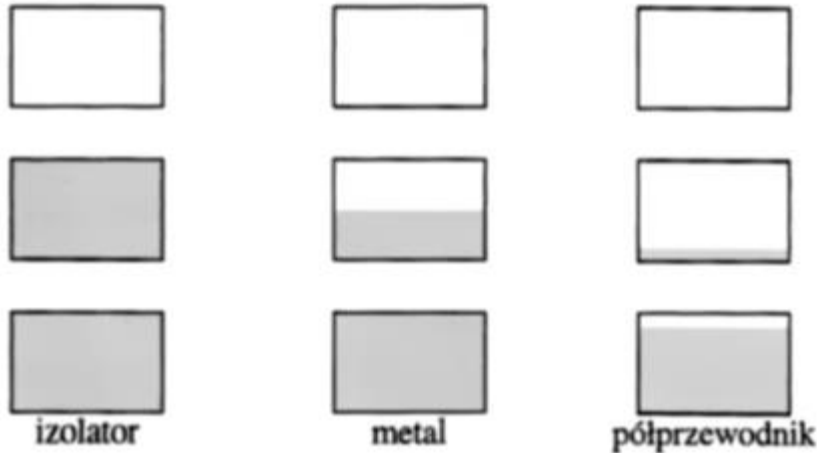
w rzeczywistości rozpraszanie elektronów, prowadzące do istnienia oporu elektrycznego, zachodzi na:

- fononach
- domieszkach
- nie obsadzonych węzłach sieci



Przewodnictwo – struktura pasmowa

Struktura pasmowa:

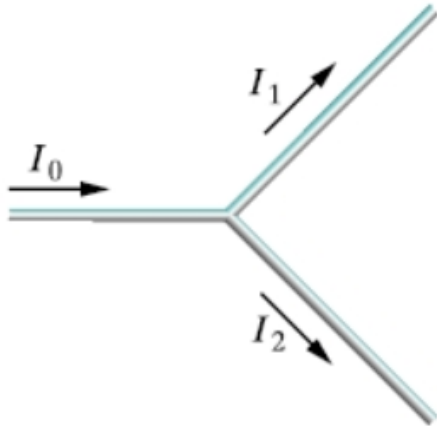


o tym czy kryształ jest izolatorem, metalem, czy półprzewodnikiem decyduje *stopień zapełnienia pasma*

Opis zależności temperaturowej oporu elektrycznego **metali** jest dość skomplikowany. Dla niezbyt niskich temperatur zachodzi:

$$\rho(T) = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))$$

Pierwsze prawo Kirchhoffa



$$\sum_i^n I_i = 0$$

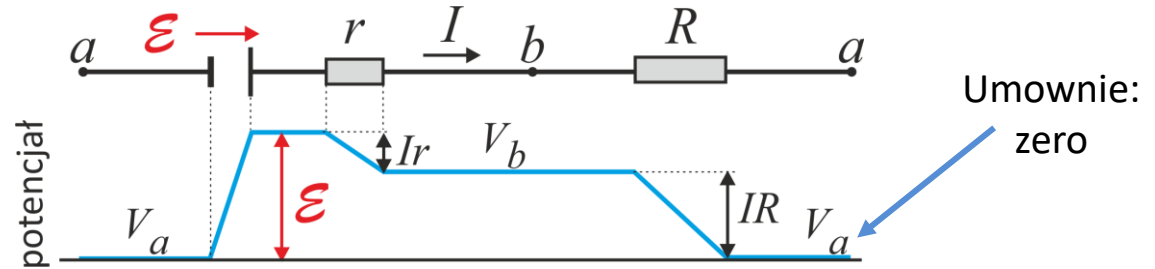
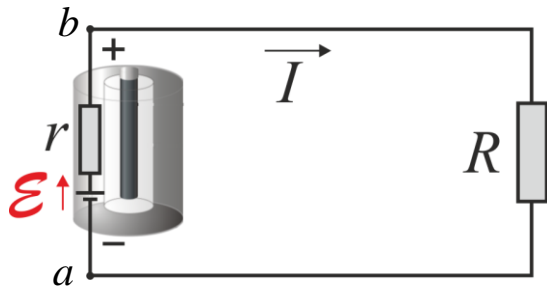


Gustav Kirchhoff
1824-1887, Niemiec

Reguły:

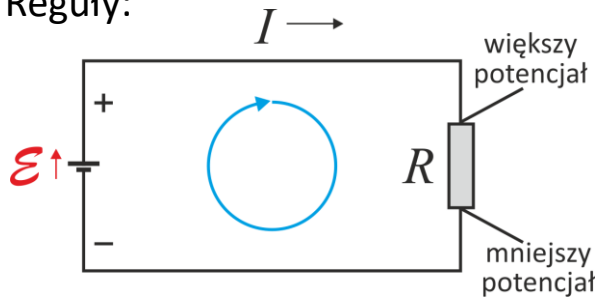
w I prawie Kirchhoffa mamy sumę algebraiczną; należy przyjąć spójną konwencję dotyczącą znaku natężenia prądów wpływających do węzła i wypływających z węzła

Drugie prawo Kirchhoffa



$$\sum_i U_i = 0$$

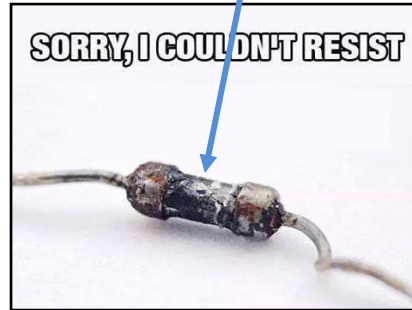
Reguły:



1. wybieramy kierunek obchodzenia oczka (dowolnie, ale konsekwentnie; nie wpływa na wynik)
2. jeśli przechodząc przez opornik wstępnie wybrany kierunek przepływu prądu jest zgodny z kierunkiem obchodzenia oczka, to napięcie $IR < 0$.
3. jeśli przechodząc przez źródło prądu trafiamy najpierw na „minus”, to siła elektromotoryczna $\mathcal{E} > 0$

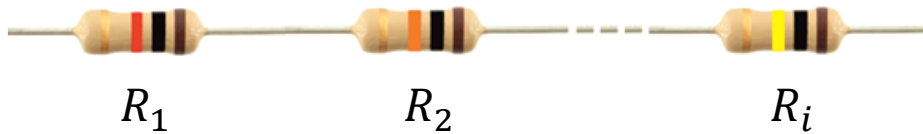
Łączenie oporów

Z praw Kirchhoffa – opór zastępczy układów oporników;
układy – w celu dobrania oporności lub rozdzielania wydzielanej
mocy.



Dwie elementarne konfiguracje:

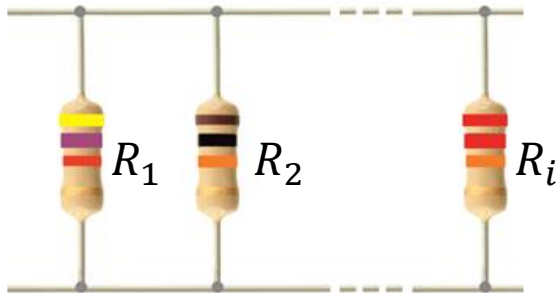
szeregowa



$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

(z II prawa)

równoległa



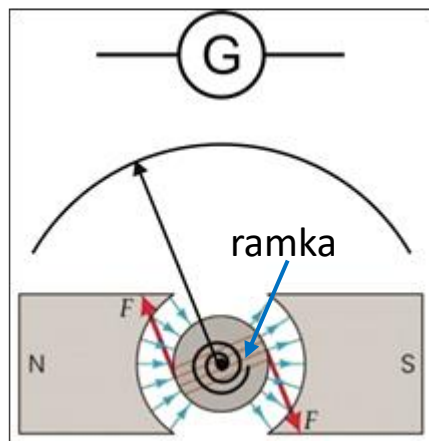
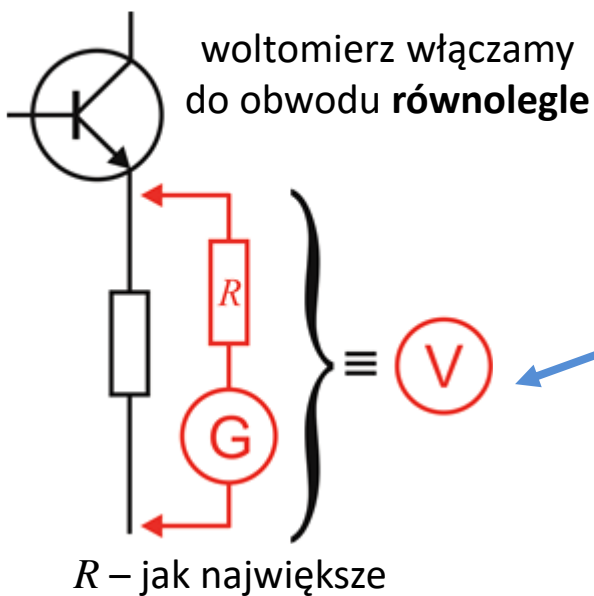
$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

(z I prawa)

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

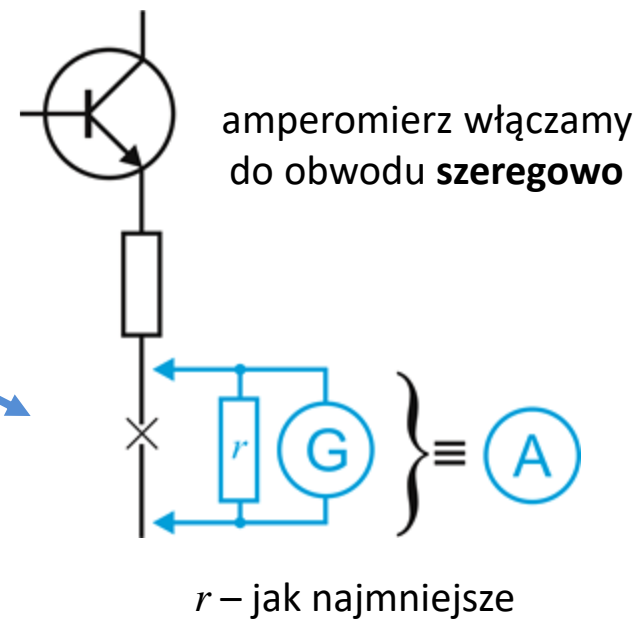
Pomiar napięcia i natężenia prądu oraz oporu

pomiar napięcia:



„galwanometr”
moment siły $M \sim I$ w ramce

pomiar natężenia prądu:



pomiar oporu:

1. albo z prawa Ohma
2. albo z użyciem źródła prądowego

