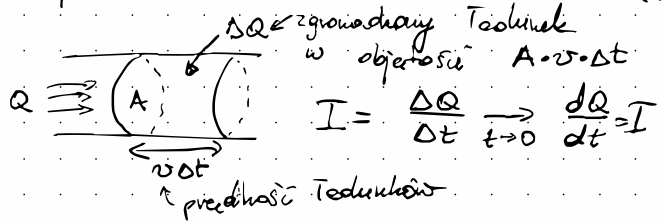



PSŁ PRZEWODNIKOWE

■ Podstawy

Natężenie prądu: To duży przepływ w jednostce czasu przez przekój poprzeczny przewodnika [jednostka: amper = A]



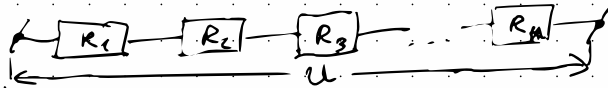
Napięcie: różnica potencjałów między dwoma punktami obwodu [jednostka: volt = V]

Opór elektryczny:  opornik
 [jednostka: ohm = Ω] Prawo Ohma: $U = R \cdot I$

na oporniku wydzielana się energia,
 Moc wydzielana na oporniku wynosi

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

• szeregowo łączenie oporników:



natężenie prądu na każdym z oporników jest takie samo (zachowanie ładunku),

$$\text{czyli } U = \sum_{i=1}^n U_i \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} = \sum_{i=1}^n \frac{U_i}{I} = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$\Rightarrow R_x = \sum_{i=1}^n R_i \quad (\text{opór zastępczy})$$

- równoległe łączenie oporników



Napięcie jest jednakowe na każdym oporniku,

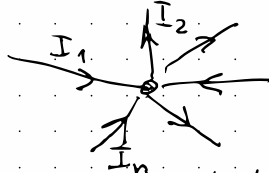
czyli
$$I = \sum_{i=1}^n I_i \Rightarrow \frac{1}{R_*} = \frac{I}{U} = \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{U} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$\Rightarrow R_* = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

■ Prawa Kirchoffa

1°) Prawo zachowania ładunku

- suma natężenia prądów dopływających i wypływających z węzła wynosi zero

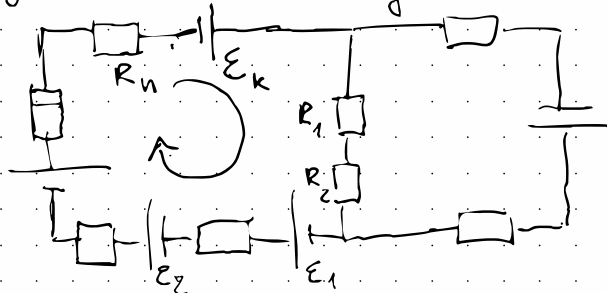


$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

(prądy dopływające traktujemy jako dodatnie, a odpływające jako ujemne)

2°) Prawo zachowania energii

- Suma spadków napięć na opornik w obwodzie zamkniętym jest równa sumie sił elektromotorycznych w zamkniętym oczku obwodu



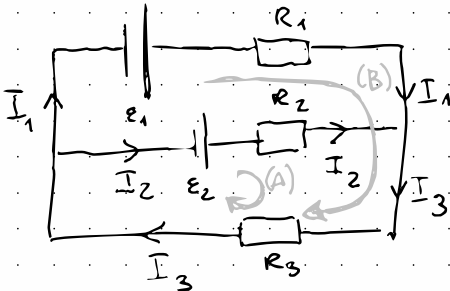
$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^k E_i$$

U_i

(spadek napięcia na i-tym opornie)

Siła elektromotoryczna - wynika z wywołującej przepływ prądu w obwodzie elektrycznym

Przykład:



$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 & \text{(pierwsze prawo Kirchhoffa)} \\ E_1 = I_1(r_1 + R_1) + I_3 R_3 & \text{(oczko B, II prawo Kirchhoffa)} \\ E_2 = I_2(r_2 + R_2) + I_3 R_3 & \text{(oczko A, II prawo Kirchhoffa)} \end{cases}$$

r_1, r_2 - opory wewnętrzne źródeł E_1 i E_2 .

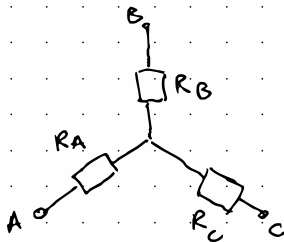
wzależności między
wartościami

$$\Rightarrow I_1 = \frac{E_1(R_2 + R_3 + r_2) - E_2 R_3}{(R_1 + r_1)(R_2 + r_2) + R_3(R_1 + r_1 + R_2 + r_2)}$$

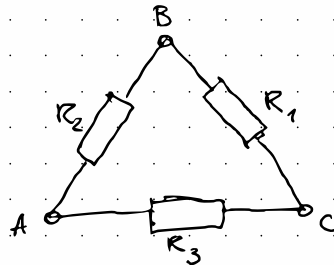
$$I_2 = \frac{E_2(R_1 + R_3 + r_1) - E_1 R_3}{(R_1 + r_1)(R_2 + r_2) + R_3(R_1 + r_1 + R_2 + r_2)}$$

$$I_3 = \frac{E_1(R_2 + r_2) + E_2(R_1 + r_1)}{(R_1 + r_1)(R_2 + r_2) + R_3(R_1 + r_1 + R_2 + r_2)}$$

Przejście gwiazda - trójkąt



\Leftrightarrow



$$R_1 = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A}$$

$$R_A = R_2 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_2 = R_A + R_C + \frac{R_A R_C}{R_B}$$

$$R_B = R_1 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_3 = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$$

$$R_C = R_1 R_2 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

■ Idealny amperomierz i woltomierz

Amperomierz:

- w wyidealizowanym przypadku składa się, że amperomierz ma zerowy opór wewnętrzny

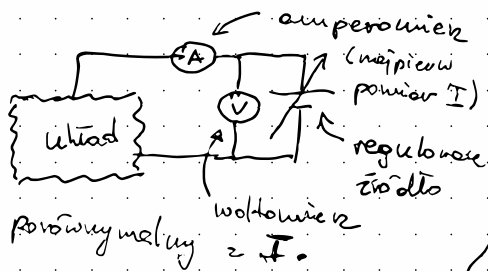
$$r_{wew.} = 0$$

- w rzeczywistości $r_{wew.} \neq 0$, ale jest małe i dla małych prądów możemy przyjąć, że $r_{wew.} = 0$, ale w przypadku dużych natężeń z prawa Ohma wiemy, że spadek napięcia $r_{wew.} I$ może być znaczący.

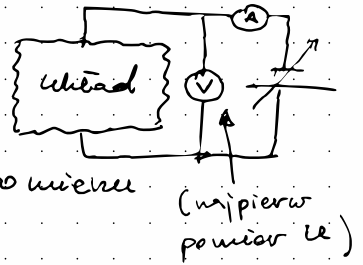
Woltomierz:

- w przypadku wyidealizowanego woltomierza posiada nieskończony opór wewnętrzny, czyli prąd przez niego płynący wynosi $I = 0$
- w rzeczywistości opór wewnętrzny jest duży, ale nie nieskończony tzn. częściowo prądy płynące w układzie płyną przez woltomierz. Jeżeli chcemy dokładnie zmierzyć małe natężenia musimy najpierw wpiąć amperomierz, a potem woltomierz.

• Gdy I - małe, wtedy opór wewnętrzny amperomierza jest nie istotny, ale prąd płynący przez woltomierz jest



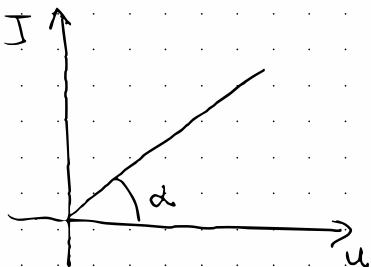
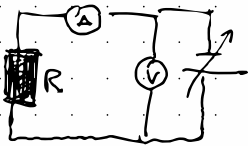
- Gody I - duze, wtedy prąd płynący przez woltomierz jest pomijalny, a spadek napięcia na amperomierzu znaczący.



■ Charakterystyka prądowo-napięciowa
 Ważną informacją o układzie elektrycznym jest jego charakterystyka prądowo-napięciowa, czyli wykres natężenia prądu w funkcji napięcia $U(I)$.

- dla opornika mamy:

dla metody U

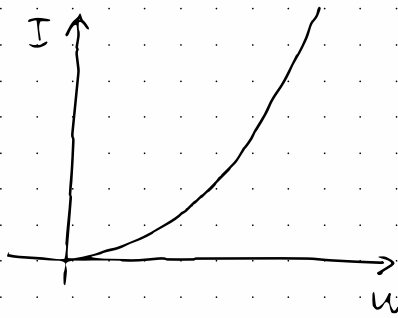


dla metody I



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{R} = G, \text{ gdzie}$$

G to przewodność (konduktancja), która jest miarą w siemensach [$S = \Omega^{-1}$].

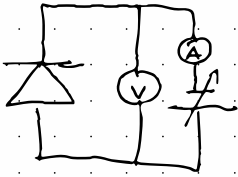


• dla diody sytuacja jest bardziej skomplikowana

$$I(U) = I_0 \left(e^{U/U_0(T)} - 1 \right)$$

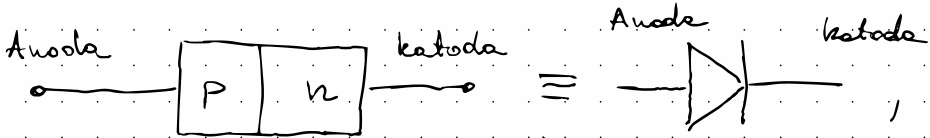
gdzie $U_0(T) \sim \frac{1}{T}$, gdzie

T - temperatura, I_0 - to tzw. prąd nasycenia.

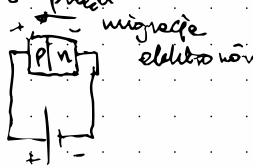
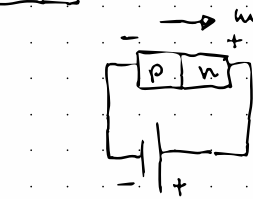


■ Budowa diody i jej własności

Dioda jest złącem półprzewodnikowym składającym się z dwóch odcisków z których jedna jest domieszkowana tak, że ma nadmiar elektronów (n - negative), a druga ma ich niedomiar (p - positive).



czyli

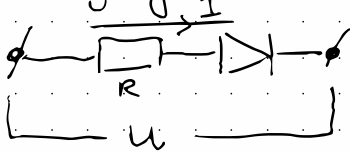


- powstaje "kondensator" i tym samym prąd nie płynie

- gęstości elektronów w diodzie się wyrównuje i prąd płynie.

- ilość nośników prądu w półprzewodniku rośnie z temperaturą, im wyższa temperatura tym półprzewodnik jest lepszym przewodnikiem (dla metali jest na odwrót)

■ Szeregowy układ opornik - dioda



Zachowanie Tredunka: $I = \text{const}$,
cyfry

$$U = IR + U_0 \ln\left(\frac{I}{I_0} + 1\right)$$

bo $I = I_0 e^{u/u_0} - I_0 \Rightarrow \frac{I}{I_0} + 1 = e^{u/u_0} \Rightarrow \frac{u}{u_0} = \ln\left(\frac{I}{I_0} + 1\right)$

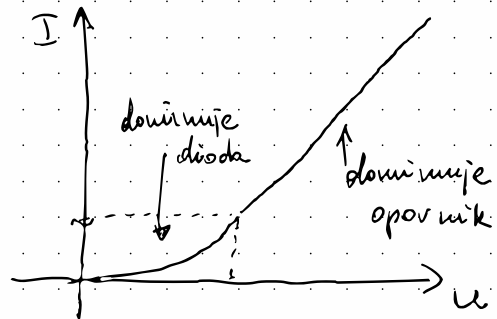
Zakładając, że $\frac{\Delta u}{\Delta I} \ll R$ dla dużych I , wtedy

$$\lim_{\Delta I \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta I} = \frac{du}{dI} = \frac{d}{dI} \left(U_0 \ln\left(\frac{I}{I_0} + 1\right) \right) =$$

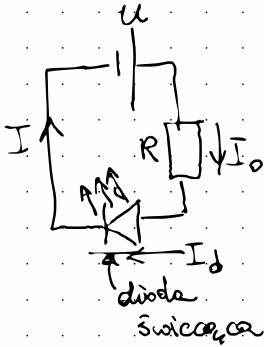
$$= \frac{U_0}{I + I_0} \approx \frac{U_0}{I} \ll R, \text{ czyli}$$

dla dużych I

gdy I duże dominuje opornik i mamy liniową charakterystykę prądowo-napięciową, a dla małych I dominuje dioda i wykres jest nieliniowy



Diada świecąca (LED)



w tym przypadku

$U = U_0 + U_d$ ← spadek napięcia na diodzie
↑ spadek napięcia na oporniku
zwiększony z tym, że tracone jest na niej więcej energii na świecenie

ponadto $I = I_0 = I_d$ (I prawo Kirchhoffa)

wtedy $U_0 = U - U_d \Rightarrow I = \frac{U - U_d}{R}$,

wartość U_d zależy od koloru diody.

Dla diody czerwonej $U_d \approx 1.8V$,

a dla diody niebieskiej $U_d \approx 3 - 3.3V$