

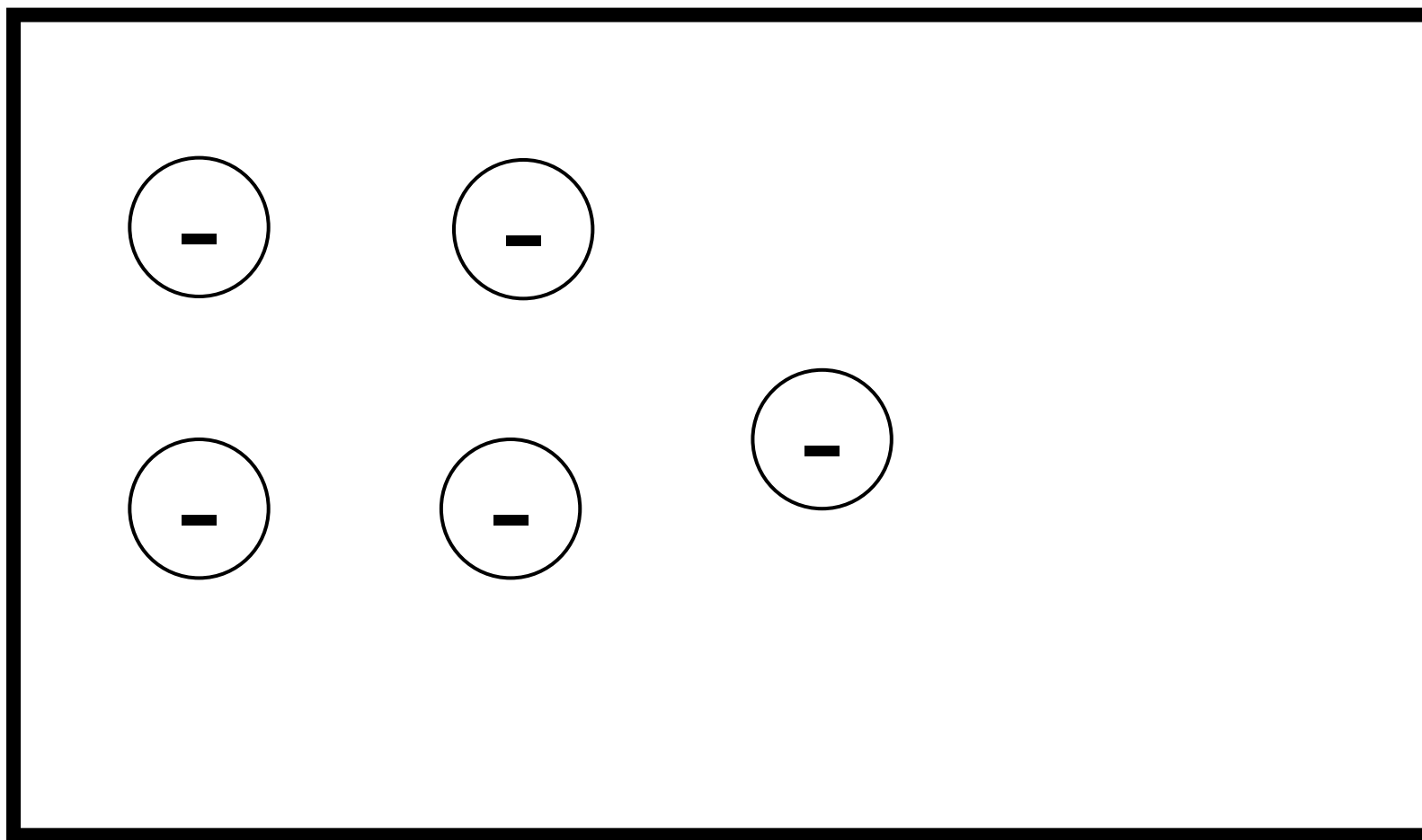


Uporządkowany ruch nośników ładunku elektrycznego, zachodzi pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego.

Prąd elektryczny

Katarzyna Gwóźdź

Ruch elektronów

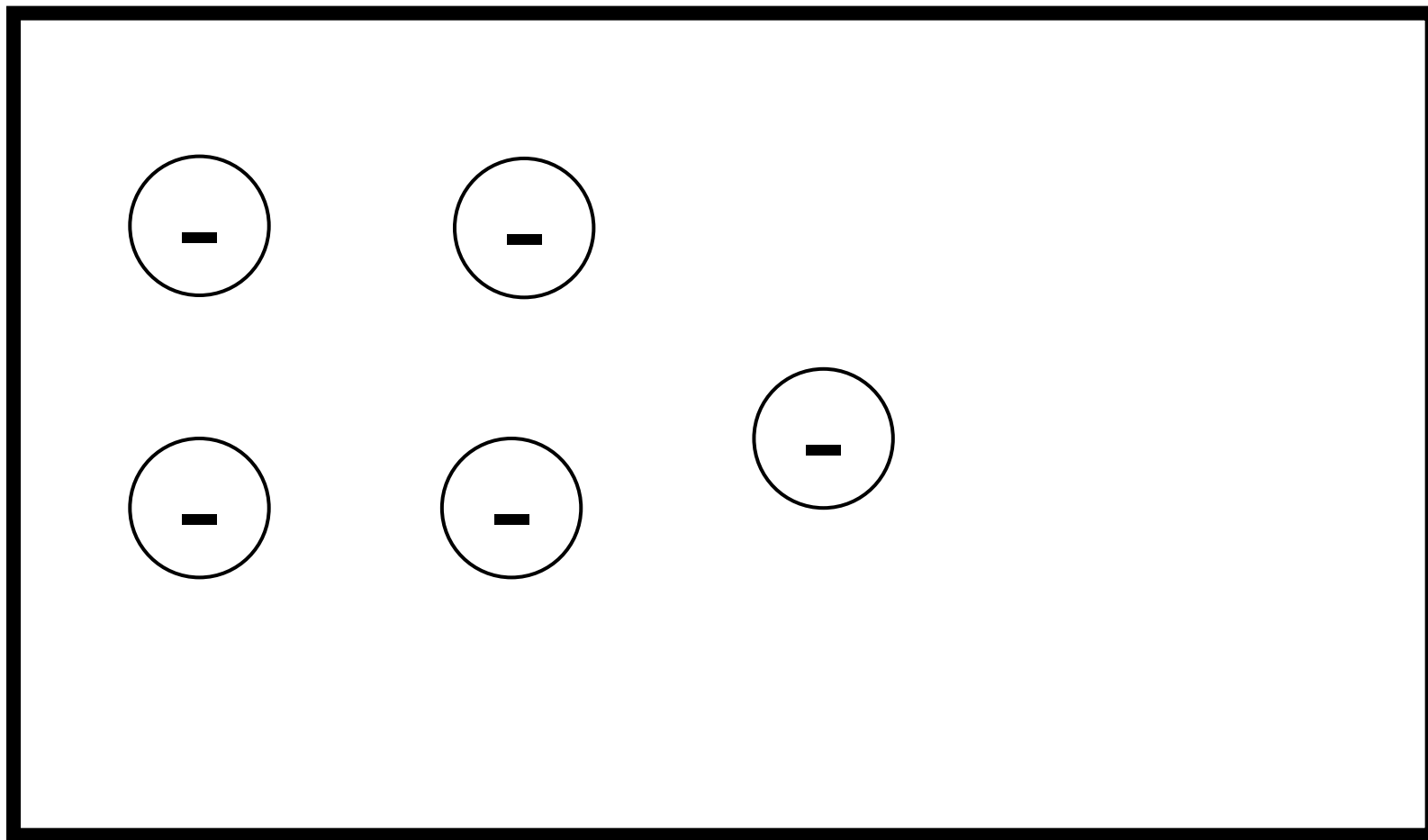
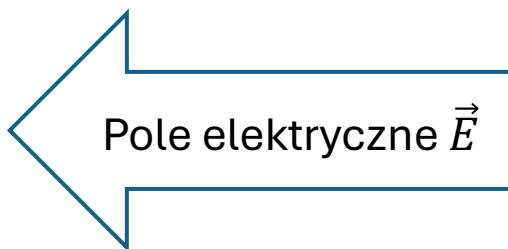


Ruch elektronów

Ruch chaotyczny

- Elektrony swobodne
- Brak wypadkowego przepływu nośników ładunku
- $v = 10^6 \frac{m}{s}$

Ruch elektronów



Ruch elektronów

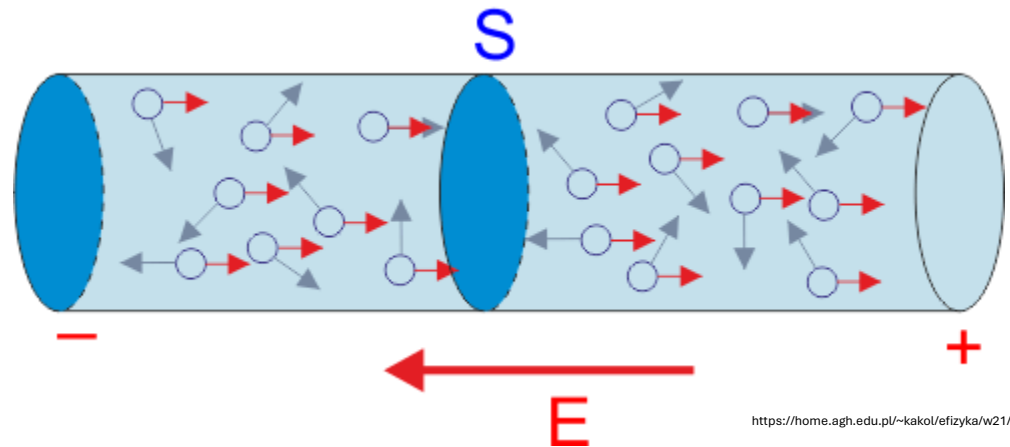
Ruch uporządkowany

- Elektrony swobodne
- Ukierunkowany przepływ nośników ładunku – **prąd elektryczny**
- $v_d = 10^{-3} \frac{m}{s}$ (Uwaga! Propagacja sygnału dużo szybsza)

Natężenie prądu elektrycznego

Natężenie prądu elektrycznego definiujemy jako ilość ładunku jaka przepływa przez przekrój poprzeczny przewodnika w jednostce czasu.

$$I = \frac{dq}{dt}$$



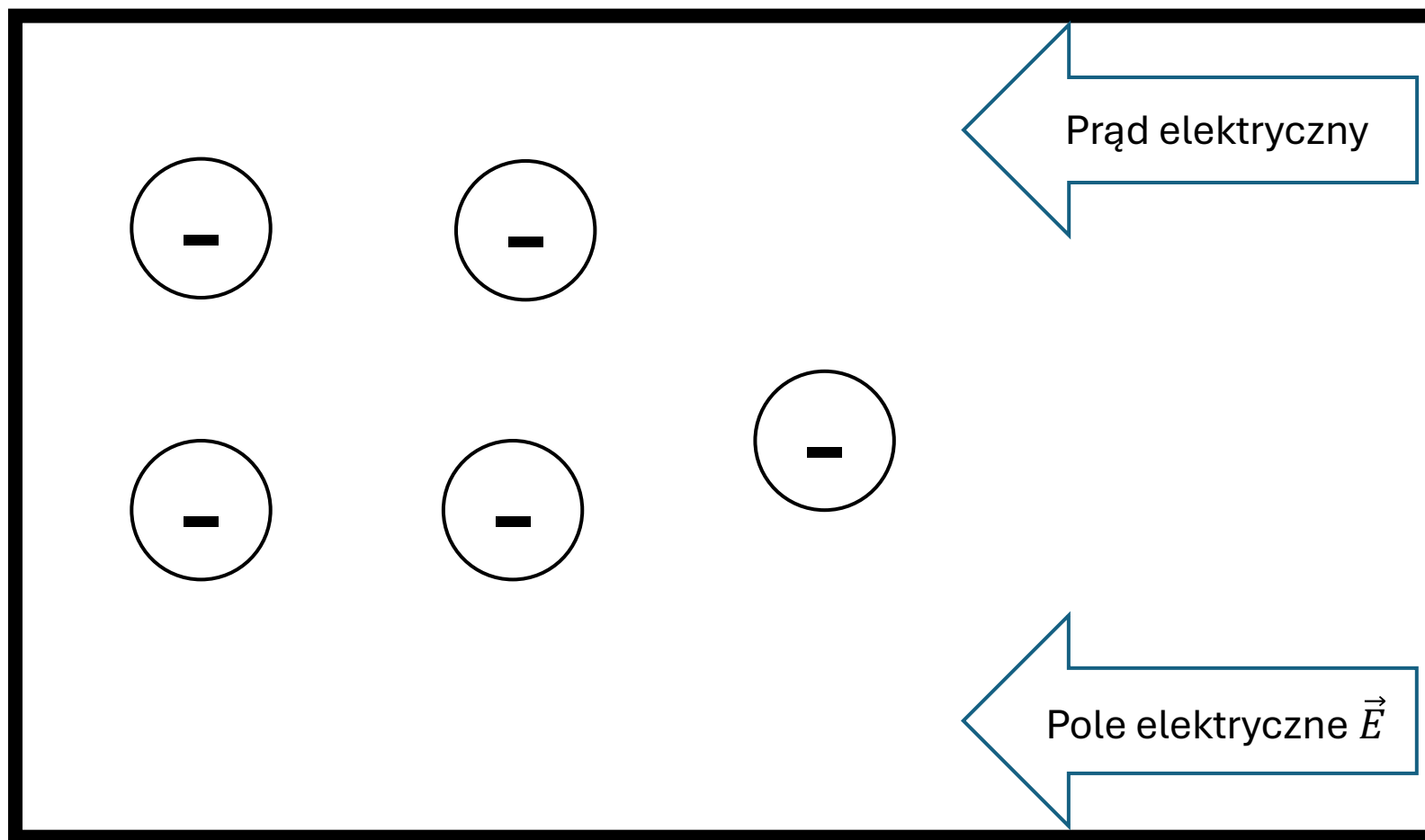
<https://home.agh.edu.pl/~kako/efizyka/w21/main21a.html>

$I [A]$ - natężenie prądu elektrycznego

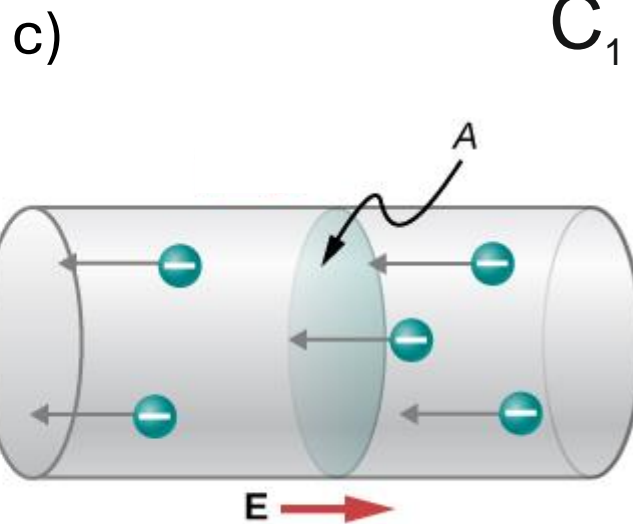
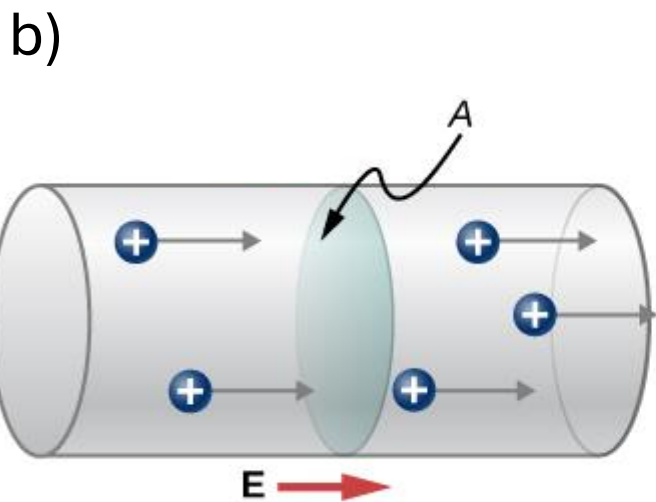
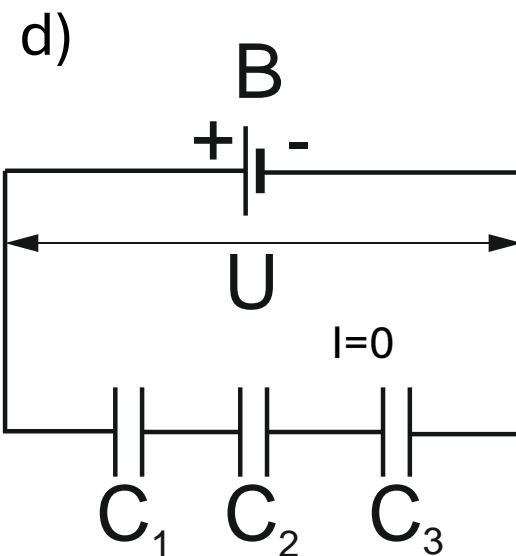
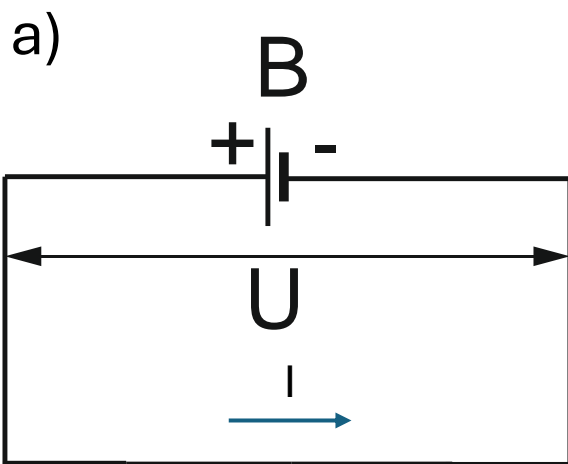
$q [C]$ - ładunek

t - czas

Kierunek prądu elektrycznego

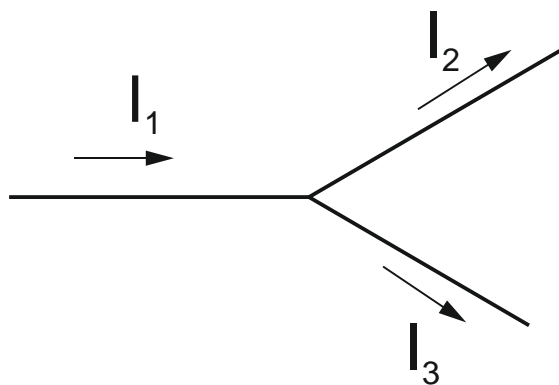


W którą stronę płynie prąd?



I prawo Kirchhoffa

Natężenie prądu wpływającego do węzła musi się równać natężeniu prądu wypływającego (ładunek jest zachowany).



$$I_1 = I_2 + I_3$$

Gęstość prądu elektrycznego

Wektor gęstości prądu ma taki sam kierunek jak prędkość poruszających się ładunków dodatnich.

$$I = \int \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{j} = (ne)\vec{v}_d$$

I [A]- natężenie prądu elektrycznego

\vec{j} [$\frac{A}{m^2}$] – gęstość prądu

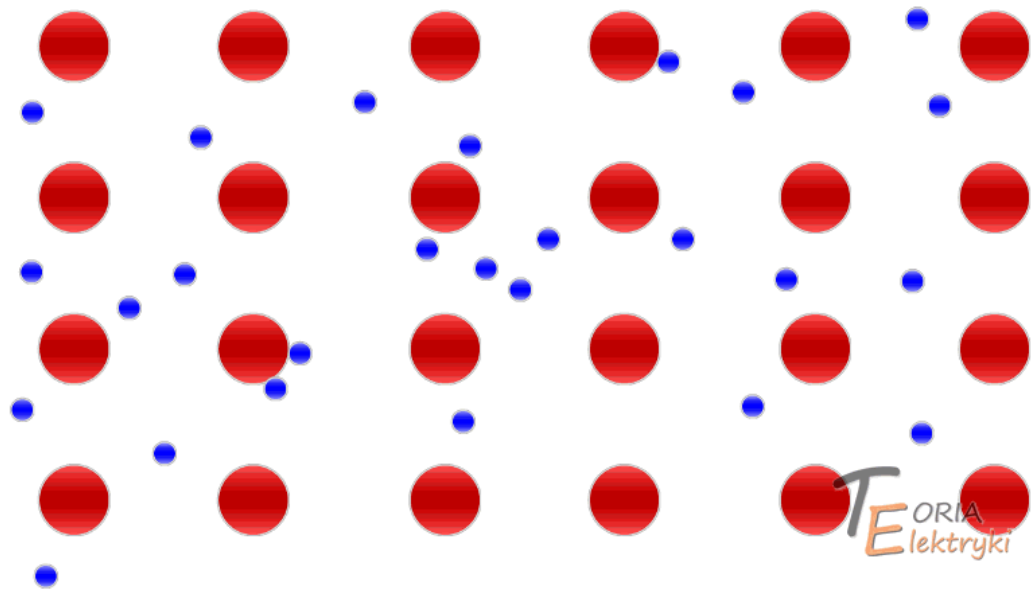
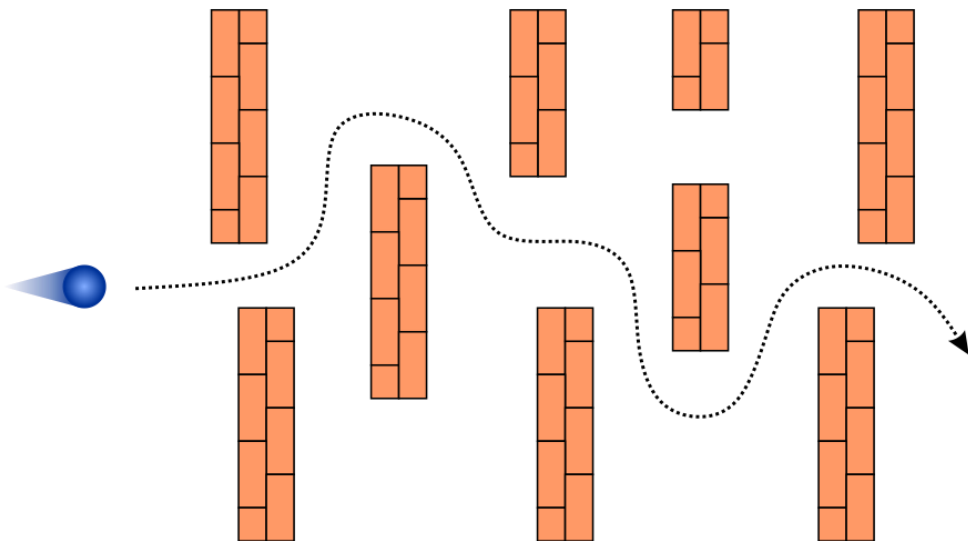
$d\vec{S}$ [m^2]- wektor prostopadły do elementu powierzchni o polu powierzchni dS

n – liczba nośników ładunku

$e = 1,6 \times 10^{-19} C$ – ładunek elektryczny elementarny (ładunek elektronu)

\vec{v}_d – prędkość unoszenia

Opór elektryczny



Opór elektryczny

Opór elektryczny definiuje jak trudno przepływać elektronom przez przewodnik.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

R [Ω]- opór elektryczny

ρ [Ωm] – opór elektryczny właściwy (rezystywność)

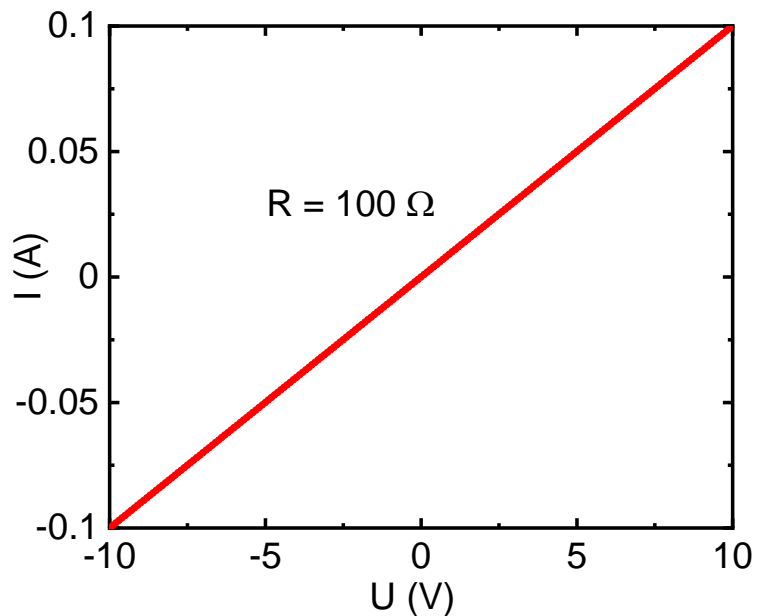
L – długość przewodnika

S – powierzchnia przekroju przewodnika

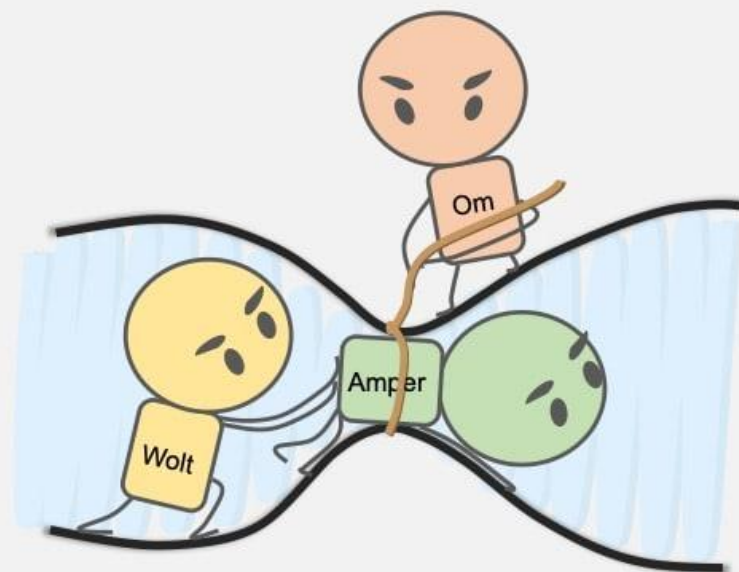
Prawo Ohma

Natężenie prądu elektrycznego jest proporcjonalne do przyłożonego napięcia. Proporcjonalność określa opór elektryczny.

$$U = IR$$



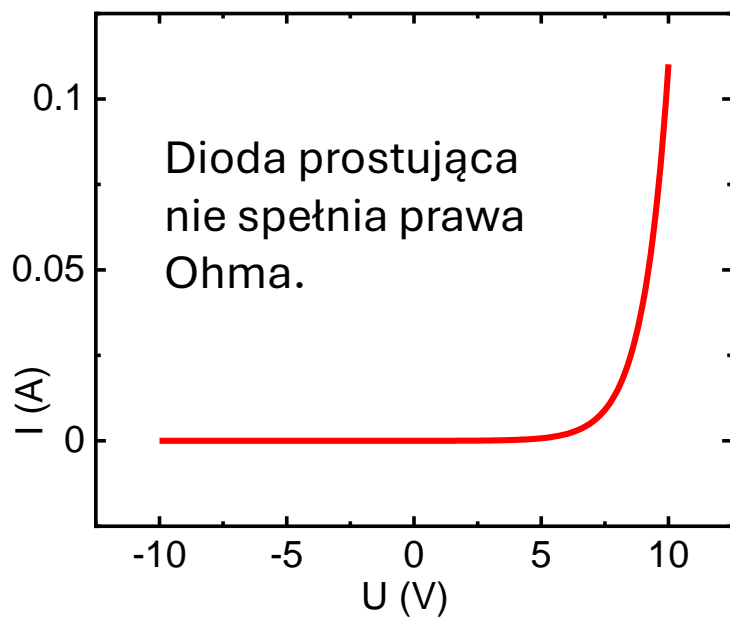
PRAWO OHMA na weselo



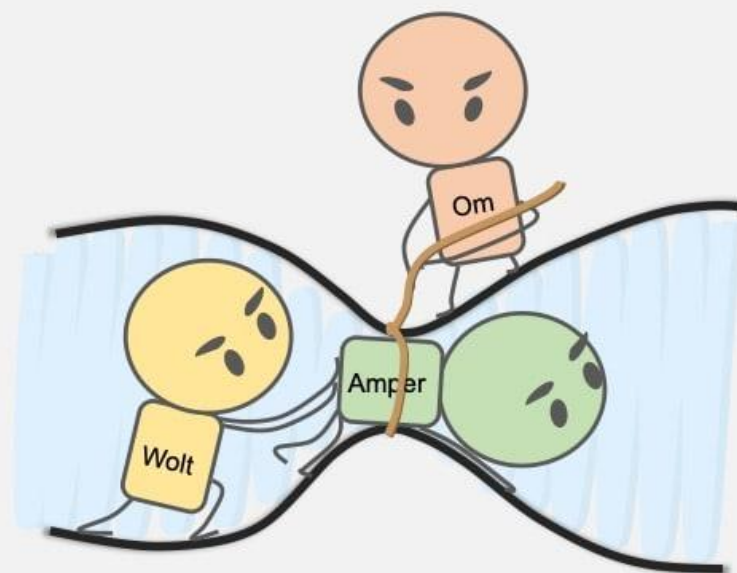
Prawo Ohma

Natężenie prądu elektrycznego jest proporcjonalne do przyłożonego napięcia. Proporcjonalność określa opór elektryczny.

$$U = IR$$



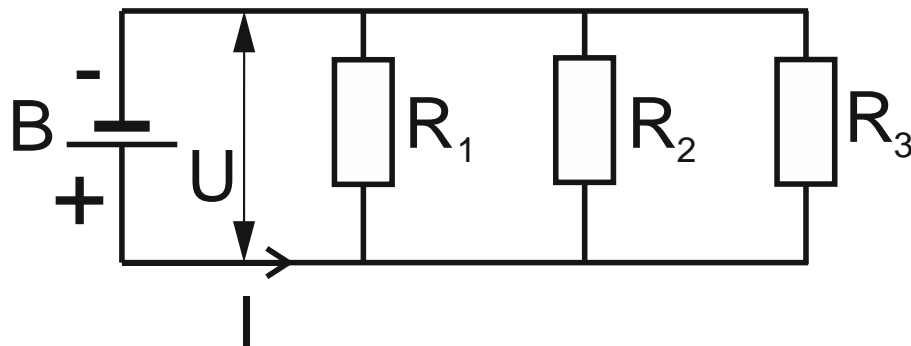
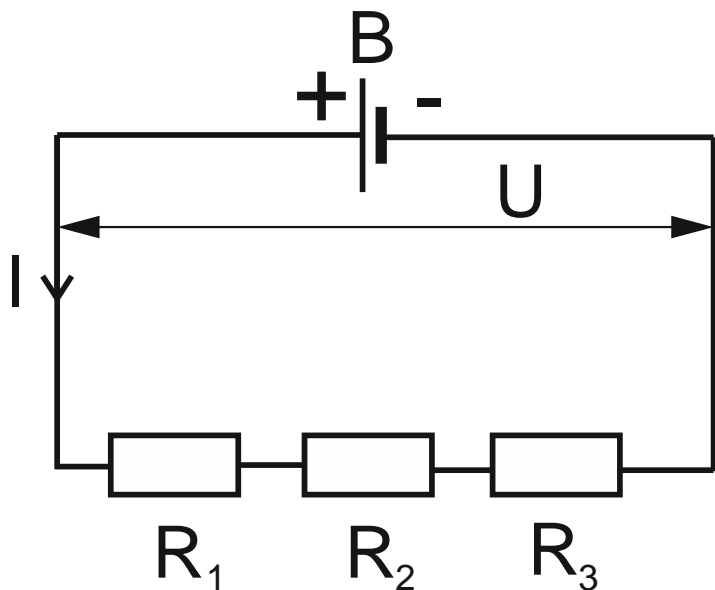
PRAWO OHMA na weselo



Łączenie oporników

Szeregowo

Równoległe

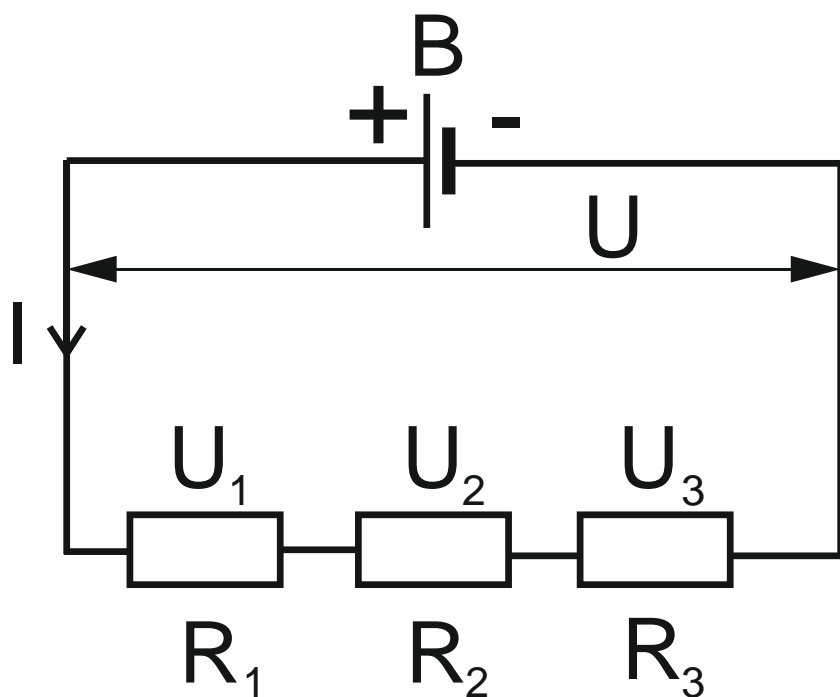


Łączenie oporników

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$



$$R_z = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I} = R_1 + R_2 + R_3$$

Łączenie oporników

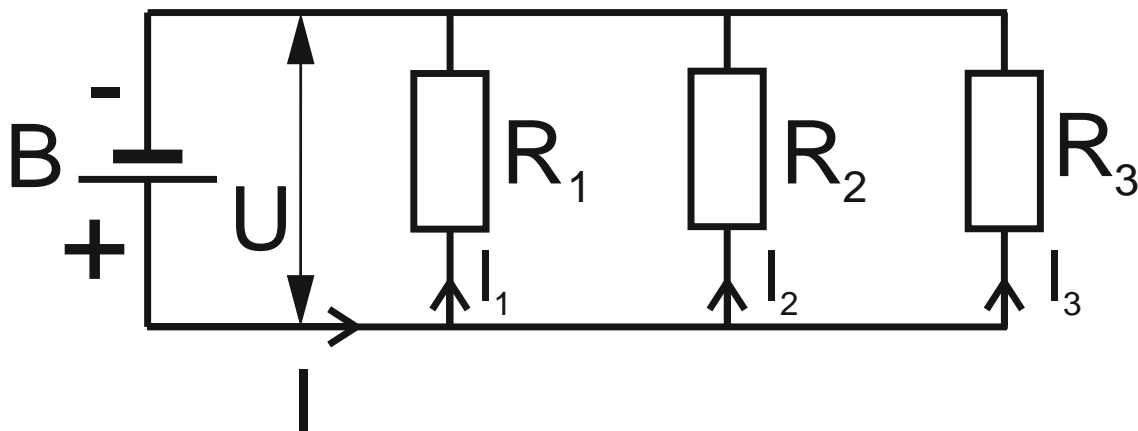
$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$R_z = \frac{U}{I} = \frac{U}{U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)}$$

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

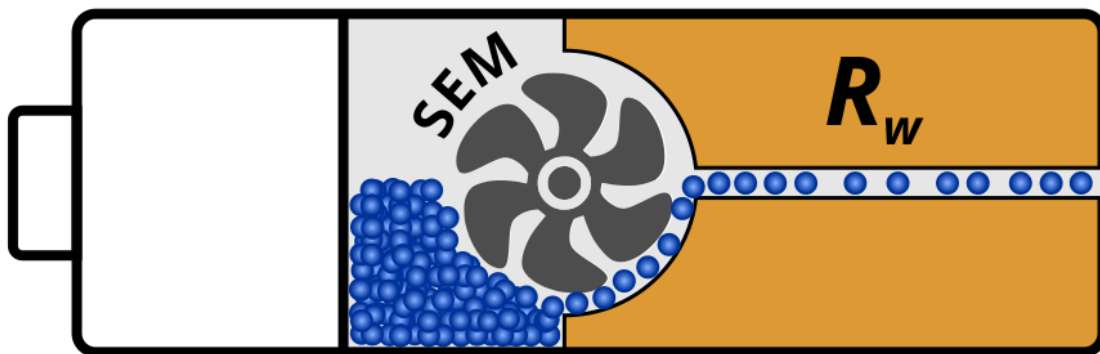
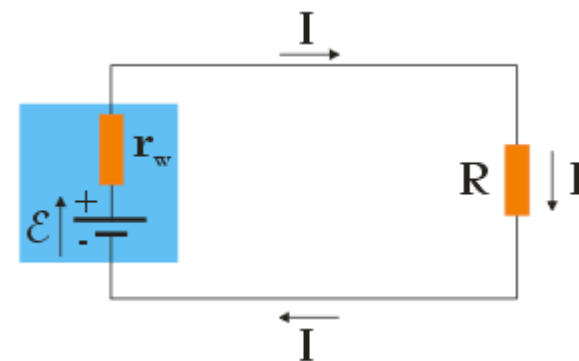


Siła elektromotoryczna (SEM)

Przyczyna przepływu prądu w obwodzie, utrzymuje stałe napięcie pomiędzy dwoma punktami obwodu.

$$\epsilon = \frac{dW}{dq}$$

$$U = \epsilon - Ir_w$$

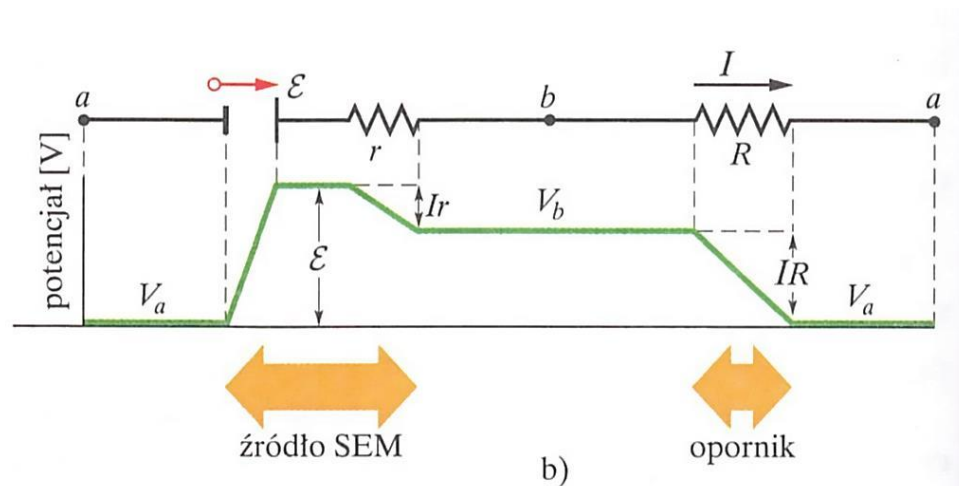
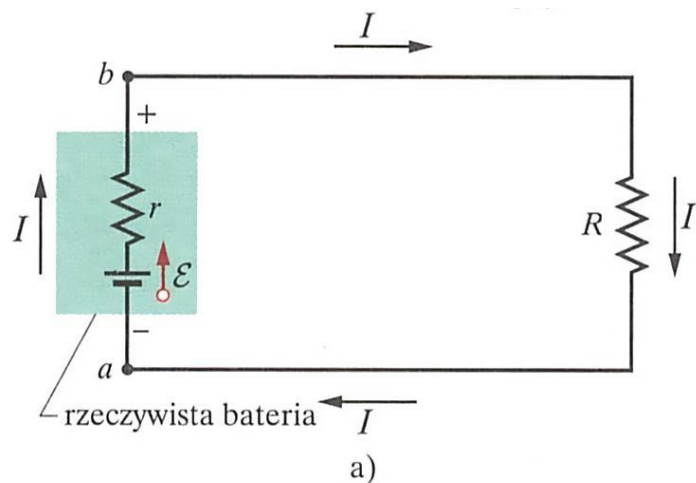


- Bateria
- Fotoogniwo
- Prądnica
- Termoogniwa

II prawo Kirchhoffa

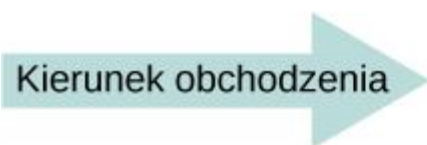
Algebraiczna suma zmian potencjałów napotykanych przy pełnym obejściu dowolnego oczka musi być równa zero.

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-2/pages/10-3-prawa-kirchhoffa>



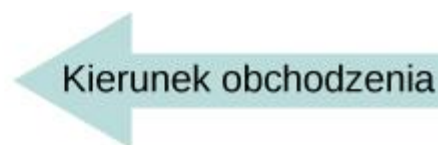
$$\mathcal{E} - Ir - IR = 0$$

II prawo Kirchhoffa - przykład



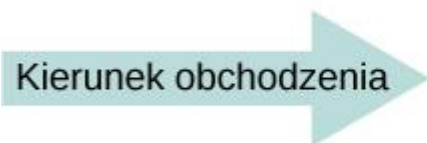
$$U = U_A - U_B = -IR$$

(a)



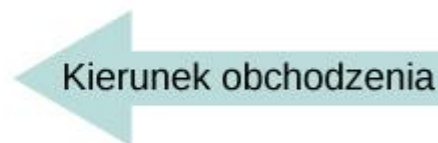
$$U = U_B - U_A = IR$$

(b)



$$U = U_A - U_B = \varepsilon$$

(c)



$$U = U_B - U_A = -\varepsilon$$

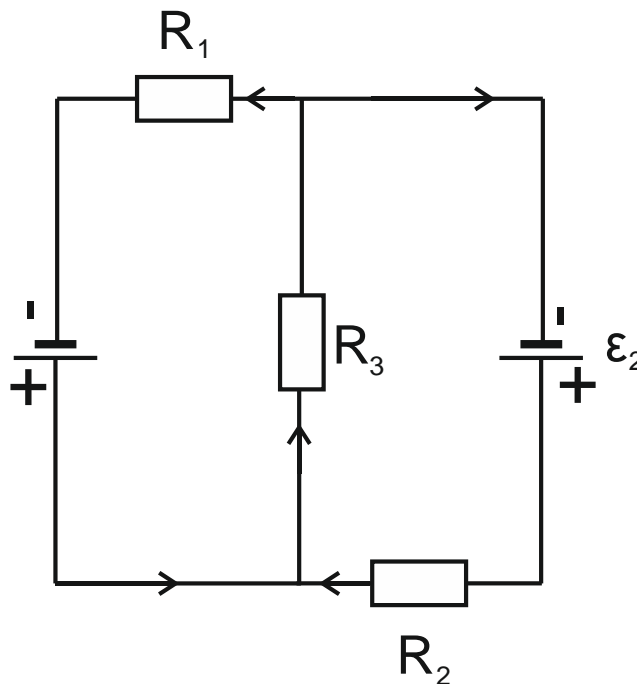
(d)

II prawo Kirchhoffa - przykład

Jakie są wartości napięcia i natężenia prądu na poszczególnych opornikach?

$$\epsilon_1 = 10 \text{ V} \quad \epsilon_2 = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 100 \Omega \quad R_2 = 200 \Omega \quad R_3 = 300 \Omega$$



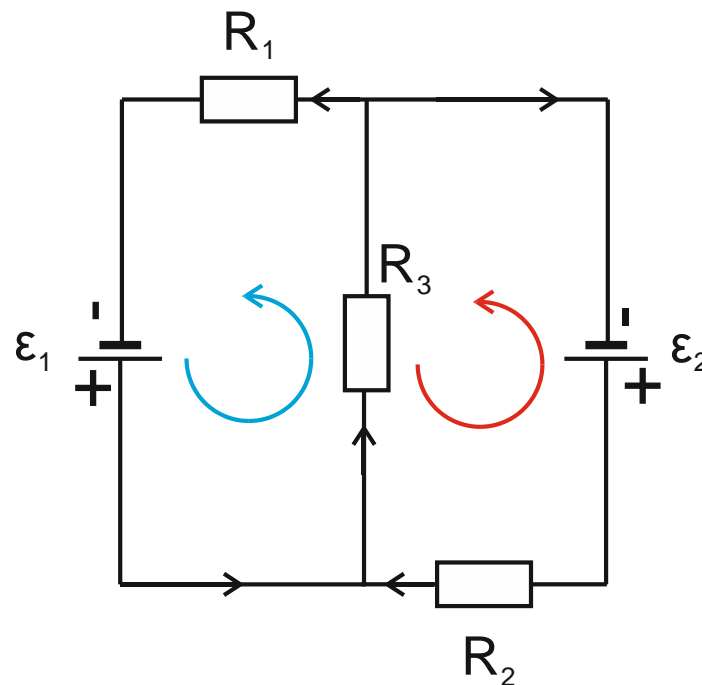
II prawo Kirchhoffa - przykład

$$\epsilon_1 = 10 \text{ V} \quad \epsilon_2 = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 100 \ \Omega \quad R_2 = 200 \ \Omega \quad R_3 = 300 \ \Omega$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_1 - I_3 R_3 - I_1 R_1 = 0 \\ -\epsilon_2 + I_3 R_3 + I_2 R_2 = 0 \\ I_1 + I_2 = I_3 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 * I_1 + 0 * I_2 + R_3 * I_3 = \epsilon_1 \\ 0 * I_1 + R_2 * I_2 + R_3 * I_3 = \epsilon_2 \\ 1 * I_1 + 1 * I_2 - 1 * I_3 = 0 \end{array} \right.$$



II prawo Kirchhoffa - przykład

$$\epsilon_1 = 10 \text{ V} \quad \epsilon_2 = 12 \text{ V}$$

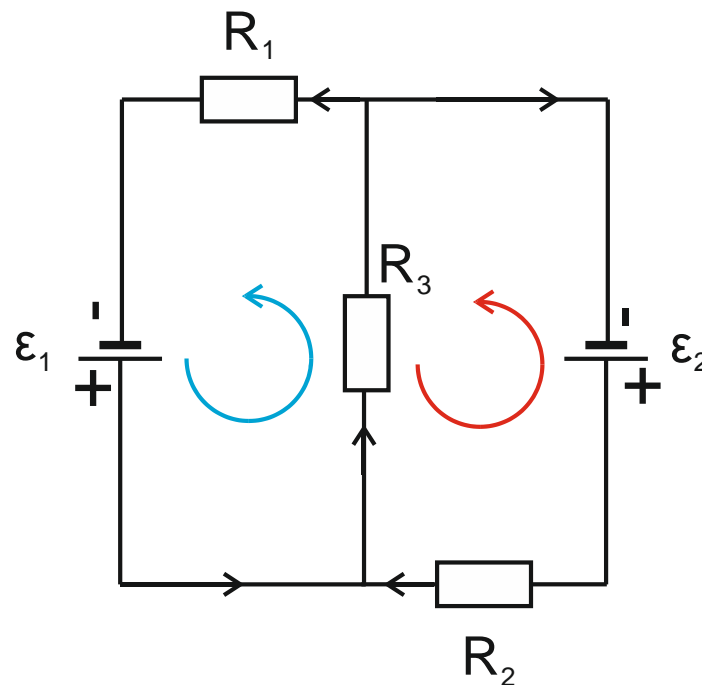
$$R_1 = 100 \ \Omega \quad R_2 = 200 \ \Omega \quad R_3 = 300 \ \Omega$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 * I_1 + 0 * I_2 + R_3 * I_3 = \epsilon_1 \\ 0 * I_1 + R_2 * I_2 + R_3 * I_3 = \epsilon_2 \\ 1 * I_1 + 1 * I_2 - 1 * I_3 = 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{bmatrix} R_1 & 0 & R_3 \\ 0 & R_2 & R_3 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

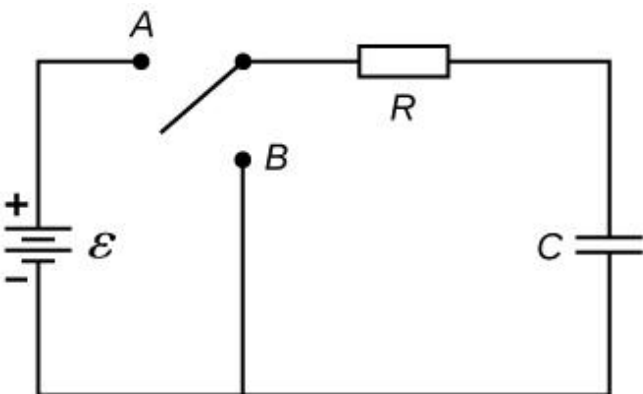
$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = 0,0127 \text{ A} \\ I_2 = 0,0164 \text{ A} \\ I_3 = 0,0291 \text{ A} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = 1,27 \text{ V} \\ U_2 = 3,28 \text{ V} \\ U_3 = 8,73 \text{ V} \end{array} \right.$$

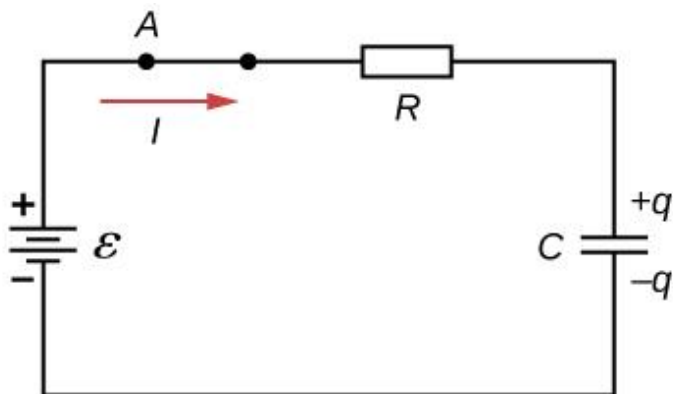


Obwód RC

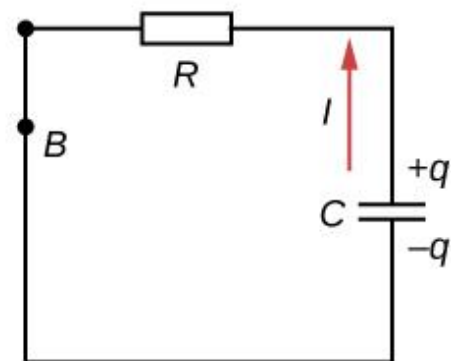
Obwód zawierający opornik i kondensator.



(a) Obwód wyjściowy



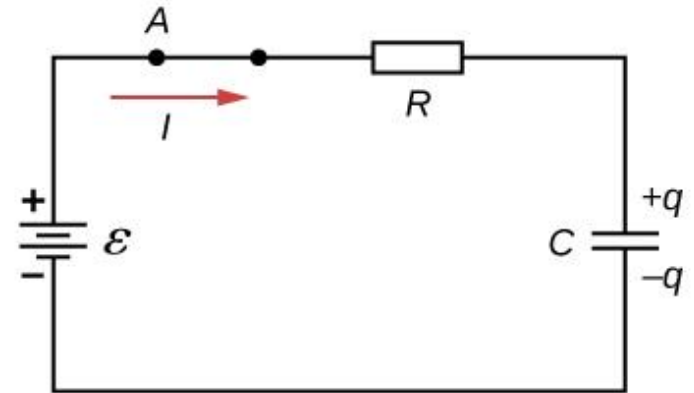
(b) Ładowanie kondensatora



(c) Rozładowywanie kondensatora

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-2/pages/10-5-obwody-r>

Obwód RC



(b) Ładowanie kondensatora (c) I

$$q(t) = C\epsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

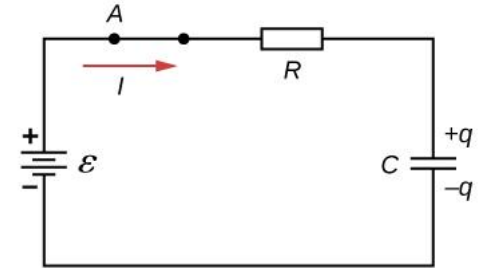
$RC = \tau$ – pojemnościowa stała czasowa [s]

$$Q_{\max} = C\epsilon$$

$$q(t) = Q_{\max}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

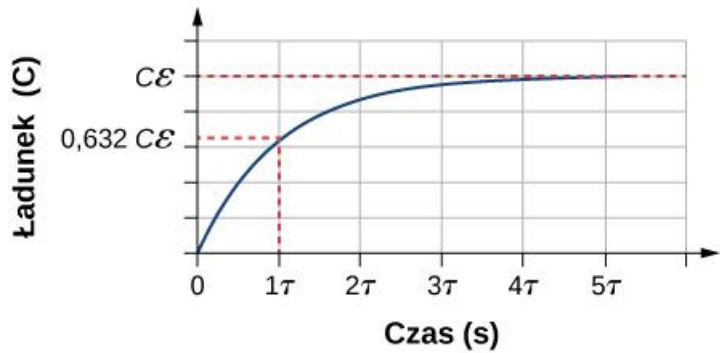
$$i(t) = I_0\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Obwód RC



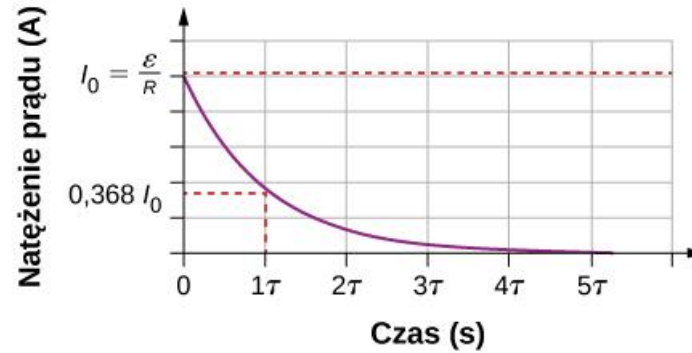
(b) Ładowanie kondensatora (c) I

Zależność $q(t)$ dla kondensatora



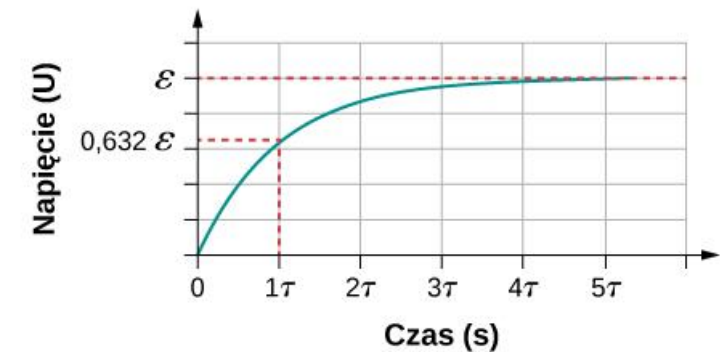
(a)

Zależność $I(t)$ dla opornika



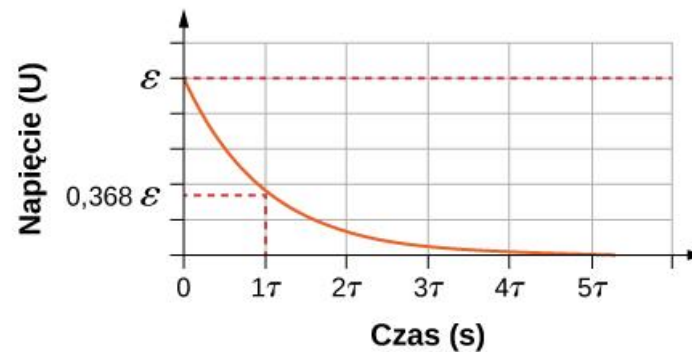
(b)

Zależność $U_c(t)$ na kondensatorze



(c)

Zależność $U_R(t)$ na oporniku

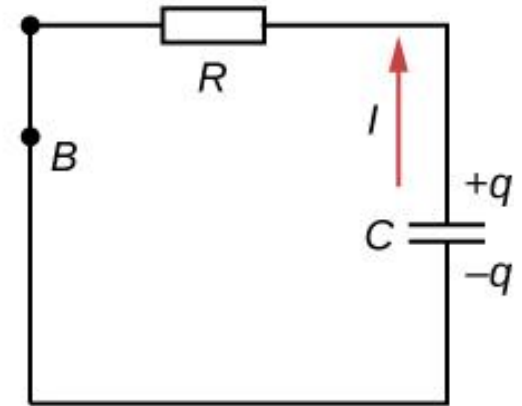


(d)

Obwód RC

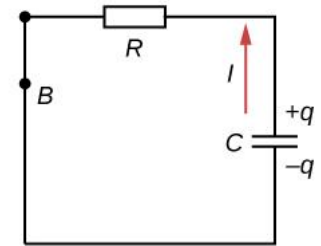
$$q(t) = C\epsilon(e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$i(t) = -I_0(e^{-\frac{t}{\tau}})$$



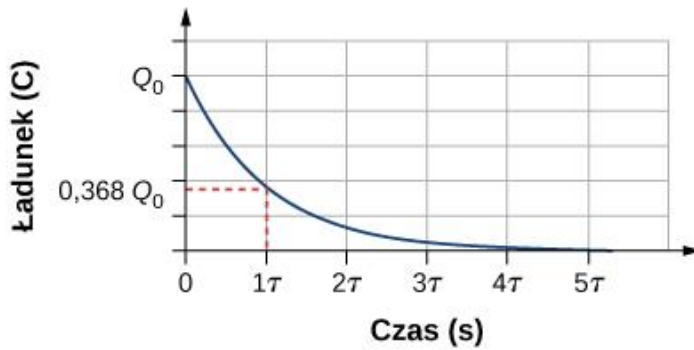
Rozładowywanie kondensatora

Obwód RC



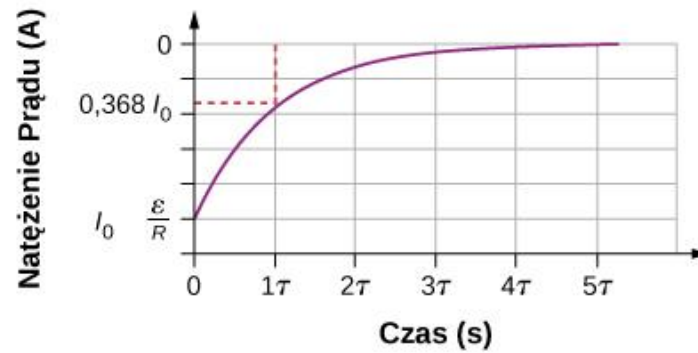
Rozładowywanie kondensatora

Zależność $q(t)$ dla kondensatora



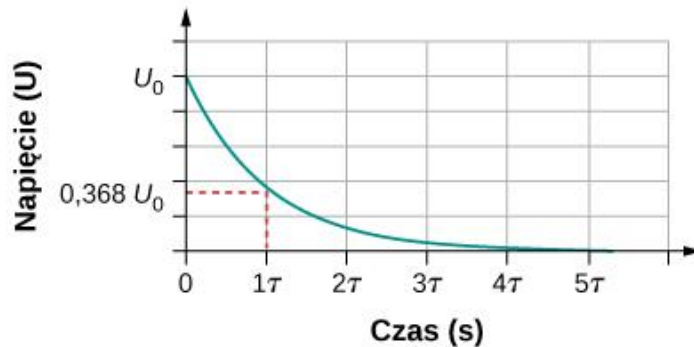
(a)

Zależność $I(t)$ dla opornika



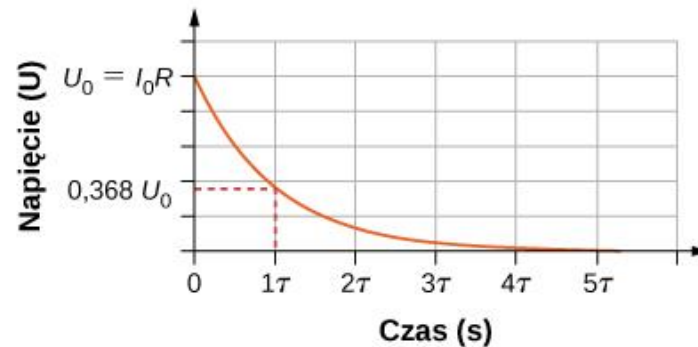
(b)

Zależność $U_c(t)$ na kondensatorze



(c)

Zależność $U_c(t)$ na oporniku

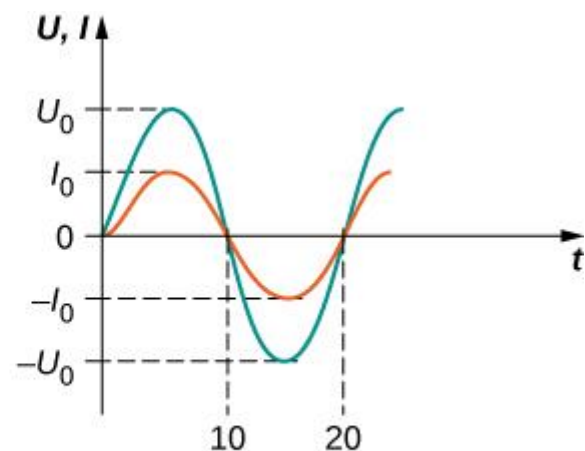


(d)

Prąd zmienny



(a)



(b)

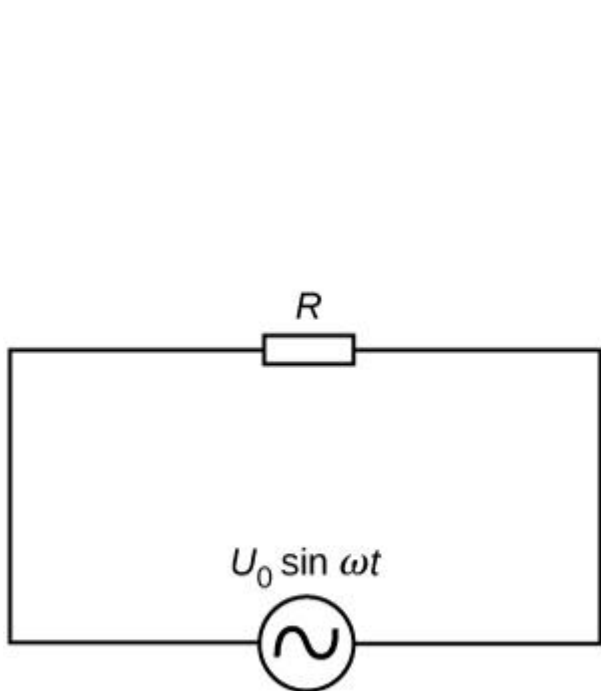
<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-2/pages/15-2-proste-obwody-pradu-zmiennego>

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

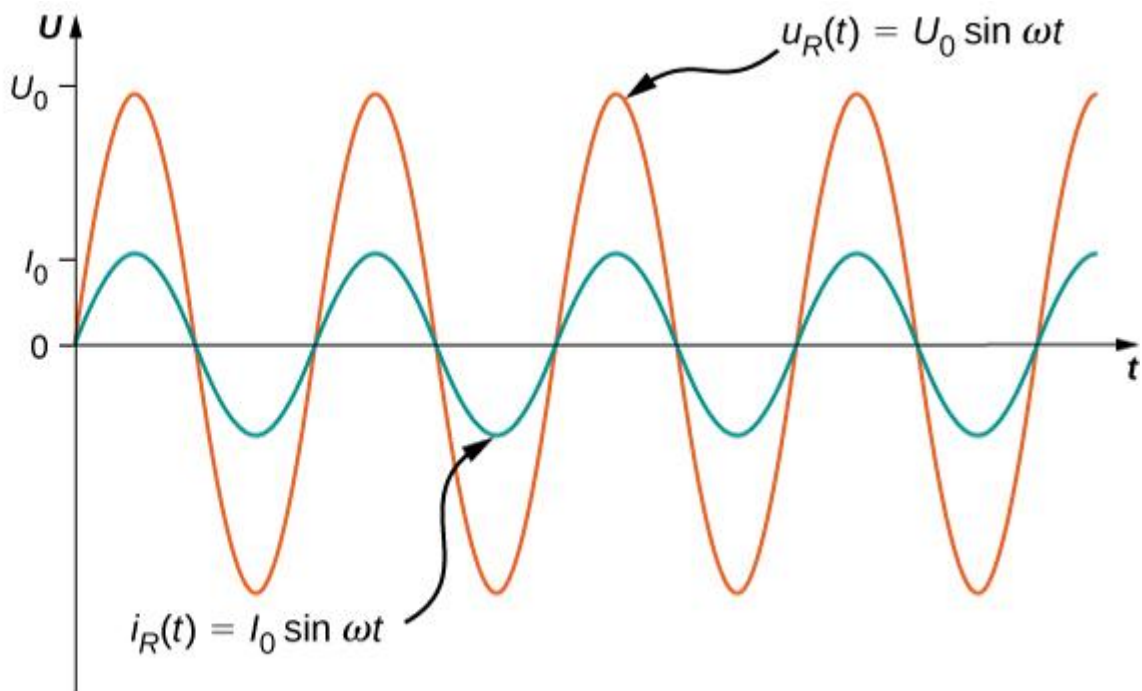
$$i(t) = I_0 \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Obwody prądu przemiennego



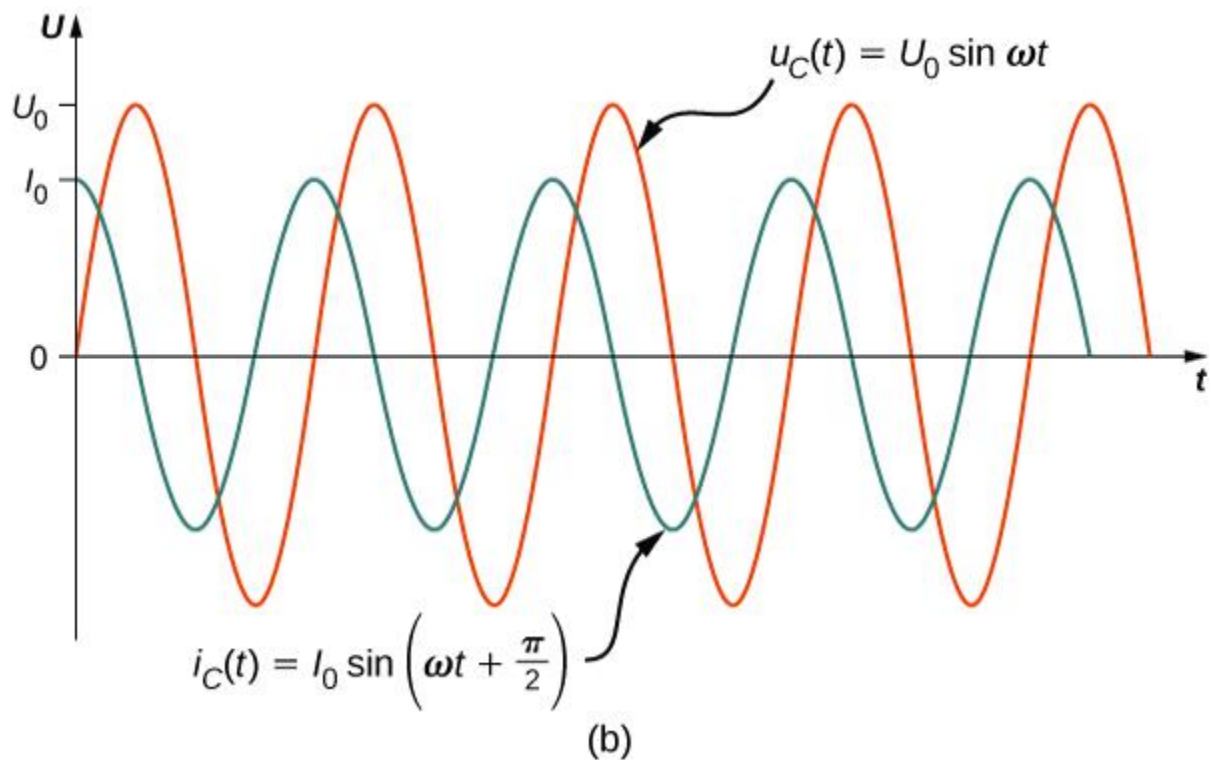
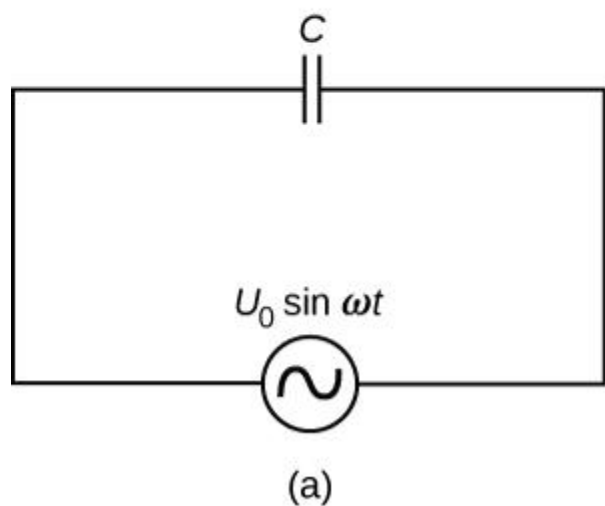
(a)



(b)

$$R = \frac{U_0}{I_0}$$

Obwody prądu przemiennego



$$\frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega C} = X_C - \text{reaktancja pojemnościowa}$$



Dziękuję za uwagę!