

PODSTAWY FIZYKI - WYKŁAD 7

PRZEWODNIKI

PRĄD

OPÓR

OBWODY Z PRĄDEM STAŁYM

Piotr Niezurawski

pniez@fuw.edu.pl

Wydział Fizyki

Uniwersytet Warszawski

<http://www.fuw.edu.pl/~pniez/bioinformatyka/>

Najważniejsze pojęcia

Przewodnik

Ustalanie się stany równowagi, pole \vec{E} wewnątrz przewodnika.

Wewnątrz $\vec{E} = 0$, jeśli nie ingerujemy w rozkład ładunków, ale $\vec{E} \neq 0$ jeśli ingerujemy.

Prąd

$$I = \frac{Q}{t}$$

Ruch elektronów w stałym polu elektrycznym, **różnica potencjału** U .

Opór elektryczny R

$$U = RI$$

Prawo Ohma - w powyższym związku $R = \text{const.}$

Bateria „paluszek” contra piorun

Oblicz całkowity ładunek, który przepłynął podczas rozładowywania baterii (AA, 1,5 V) przez 5 dni ze średnim natężeniem 20 mA.

Porównaj z ładunkiem przepływającym podczas wyładowania atmosferycznego o średnim natężeniu 10 kA, które trwało 1 ms.

LEP

W akceleratorze LEP elektrony poruszały się po okręgu o obwodzie 27 km z prędkością bliską prędkości światła $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. W jednej paczce było około $60 \cdot 10^{10}$ elektronów. W ramach wiązki elektronowej jednocześnie krążyły 4 paczki. Oblicz średni prąd wiązki elektronowej. Ładunek elektronu jest równy $-e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Elektroliza

Przez roztwór soli srebra (^{108}Ag) przepuszczano prąd o natężeniu $I = 2 \text{ A}$ przez czas $T = 7 \text{ h}$. Metalowe łyżki, zanurzone w roztworze, podłączono jako katodę. Łyżek było $n = 15$, a każda miała powierzchnię $S = 70 \text{ cm}^2$. Gęstość srebra jest równa $\rho_S = 10490 \text{ kg/m}^3$, a jego wartościowość 1 (Ag^{+1}). Ładunek elektronu jest równy $1e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; liczba Avogadro $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}/\text{mol}$.

- a) Zastanów się, co powinno dopływać do łyżeczek.
- b) Oblicz ładunek, jaki dopłynął ze źródła prądu do łyżeczek.
- c) Oblicz liczbę atomów srebra, które osadziły się na łyżeczkach.
- d) Oblicz grubość warstwy srebra na łyżeczkach.
- e) Ile warstw atomowych ma powłoka?

Prędkość elektronów

Oszacuj średnią prędkość elektronów w miedzianym bezpieczniku o średnicy D przy maksymalnym dopuszczalnym prądzie I_{\max} . Gęstość i masa molowa miedzi wynoszą odpowiednio $\rho = 9 \text{ g/cm}^3$ oraz $\mu = 63 \text{ g/mol}$; liczba Avogadro $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}/\text{mol}$; ładunek elektronu $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Przyjmij jednorodny rozkład prądu. Załóż, że każdy atom miedzi oddaje jeden elektron do pasma przewodnictwa. Obliczenia przeprowadź dla trzech przypadków:

$I_{\max} [\text{A}]$	1	10	100
$D [\text{mm}]$	0,042	0,25	1,2

Obwody ze stałym prądem

Idealizacja - w obwodach, w przypadku prądów stałych wyróżniamy:

- **źródła** stałego napięcia (różnicy potencjału), ozn. E , o zerowym oporze,
- **przewody** o zerowym oporze (spadek napięcia na przewodzie $U = 0$),
- **oporniki** (rezystory) o stałym oporze, ozn. R .

Prawa Kirchhoffa

Z zasady zachowania ładunku elektrycznego wynika

I prawo Kirchhoffa: suma prądów dopływających do węzła równa jest sumie prądów wypływających

$$\sum_i I_i = 0$$

Z zasady zachowania energii wynika

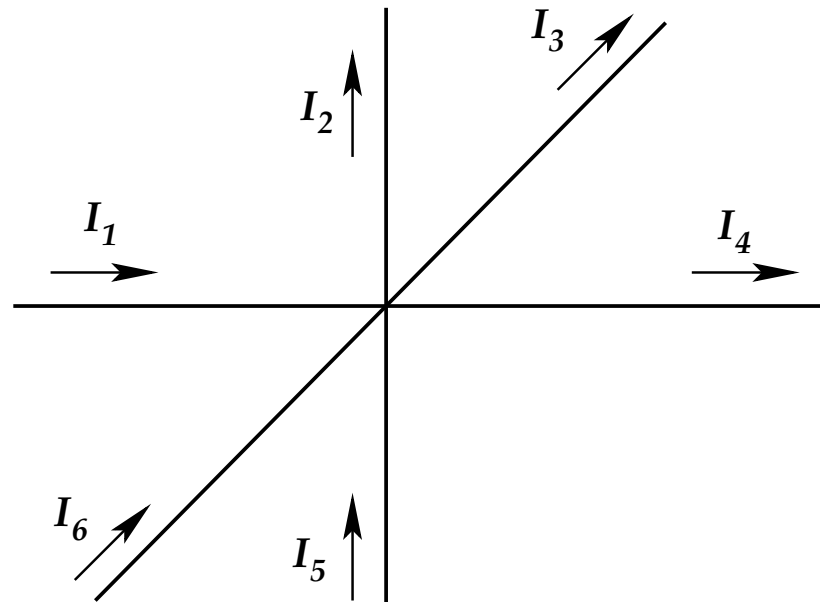
II prawo Kirchhoffa: suma zmian napięcia (różnic potencjału) w zamkniętym fragmencie obwodu (*oczku*) jest równa zero

$$\sum_i U_i = 0$$

I prawo Kirchhoffa

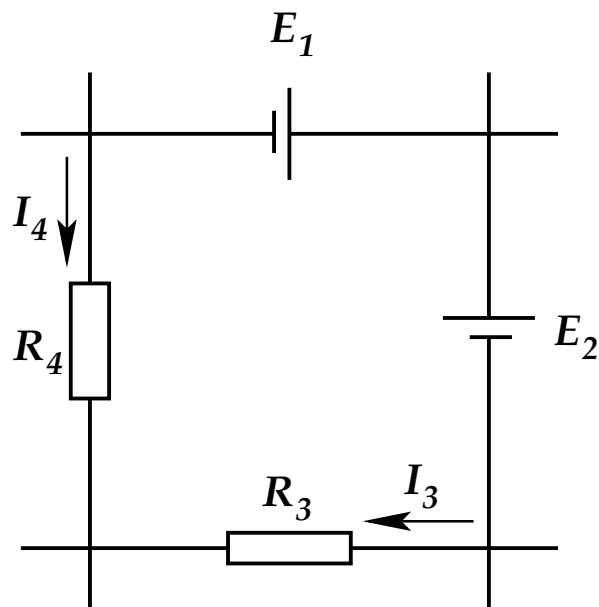
I prawo Kirchhoffa: suma prądów dopływających do węzła równa jest sumie prądów wypływających

$$\sum_i I_i = 0$$



$$I_1 + I_6 + I_5 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

II prawo Kirchhoffa: $\sum_i U_i = 0$ dla każdego oczka



Krażenie **zgodne** z ruchem wskazówek

zegara:

$$+E_1 - E_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = 0$$

źródło:

$+E$, gdy spolaryzowane zgodnie z wybranym zwrotem krażenia;

$-E$, gdy spolaryzowane przeciwnie;

opornik:

$-IR$, gdy umowny zwrot prądu jest zgodny z wybranym zwrotem krażenia;

$+IR$, gdy umowny zwrot prądu jest przeciwny.

Jaka moc wydziela się na oporniku?

Moc P to

$$P \equiv \frac{\Delta W}{\Delta t},$$

gdzie ΔW to ilość energii, która została przekazana z jednego wyróżnionego układu do innego układu w czasie Δt .

W oporniku, na którym napięcie zmniejsza się o U , ładunek Δq traci energię

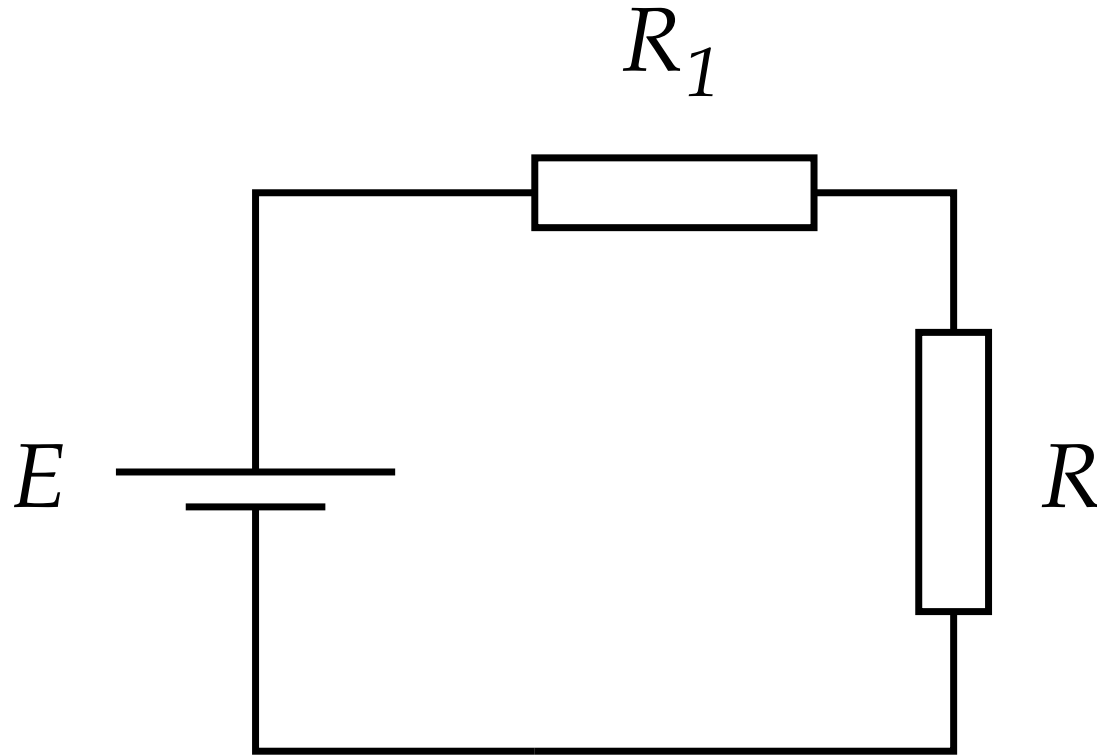
$$\Delta W = \Delta q U$$

Moc

$$P = \frac{\Delta q U}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Zastosowania - Dzielnik napięcia

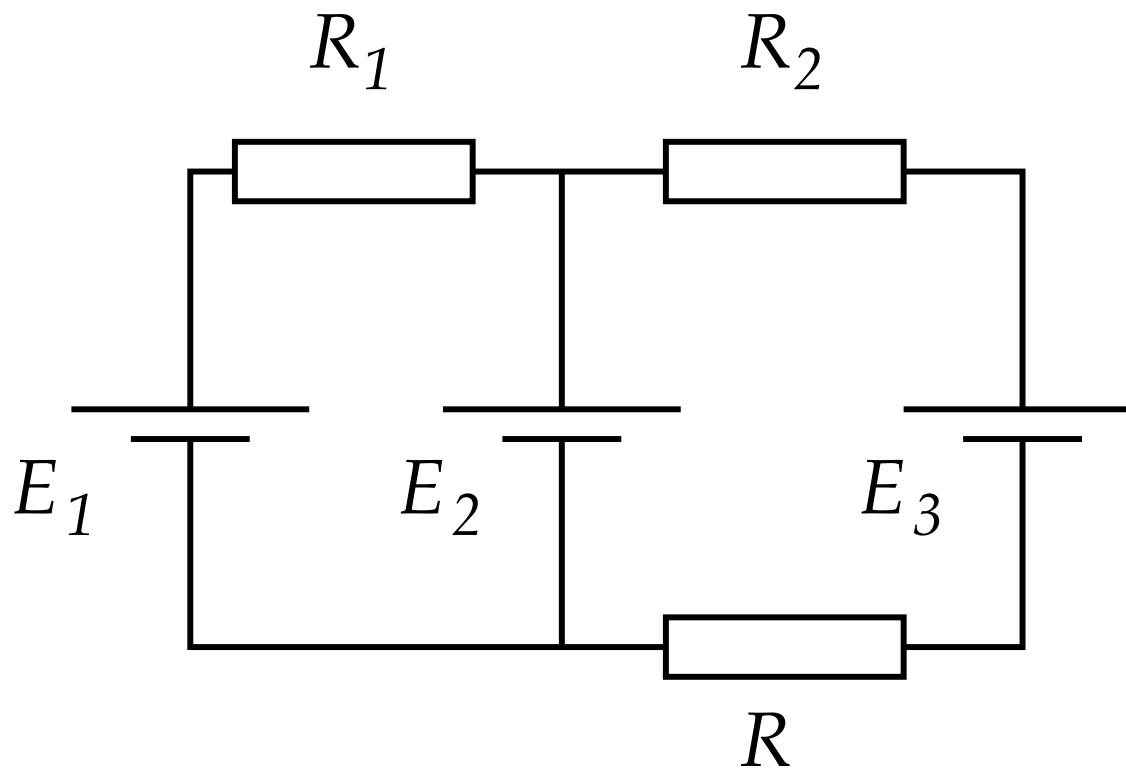
Oblicz spadek napięcia oraz moc wydzielaną na oporze R w tzw. dzielniku napięcia



Przyjmij, że $R = 1 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 9 \text{ k}\Omega$, $E = 1 \text{ V}$.

Zastosowania - Razem, a jakby osobno

Oblicz spadek napięcia oraz moc wydzielaną na oporze R w tym obwodzie



Przyjmij, że $R = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$, $E_2 = 5 \text{ V}$, $E_3 = 3 \text{ V}$.