

Praktyczne zastosowania II prawa Kirchhoffa

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film edukacyjny](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Praktyczne zastosowania II prawa Kirchhoffa

Źródło: dostępny w internecie: <https://lovepik.com/image-605724391/blue-big-data-internet-banner-poster-background.html> [dostęp 12.07.2022 r.].

Czy to nie ciekawe?

Jeśli znasz już II prawo Kirchhoffa, ten e-materiał będzie dla Ciebie ciekawym rozszerzeniem jego zastosowań na przypadki stosowane praktycznie w elektrotechnice i elektronice. Poza tym, przekonasz się, jak łatwo korzystać z tego prawa podczas rozwiązywania zadań i problemów dotyczących obwodów prądu stałego.

Twoje cele

W tym materiale:

- przypomnisz sobie II prawo Kirchhoffa,
- pogłębisz zrozumienie zasad zastosowania tego prawa,
- przeanalizujesz sytuacje z życia codziennego, w których zastosowanie ma II prawo Kirchhoffa,
- zastosujesz zdobyte umiejętności do rozwiązywania zadań i problemów.

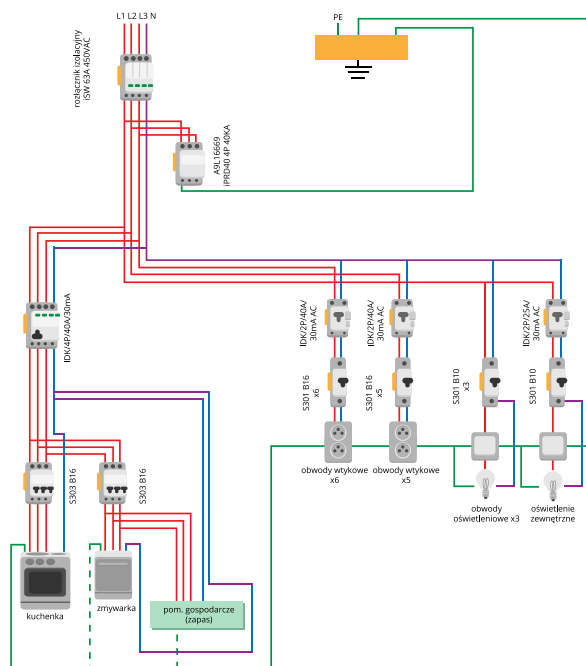
Przeczytaj

Warto przeczytać

Przed przeczytaniem tego e-materiału, warto zapoznać się z dwoma innymi: „Poznajemy II prawo Kirchhoffa” oraz „Analiza dodawania i odejmowania napięć w obwodzie, czyli zastosowanie II prawa Kirchhoffa”. Ten jest bowiem ich rozszerzeniem, w którym omawiamy zastosowanie przytoczonego prawa w praktyce, w kilku wybranych sytuacjach.

Domowa sieć elektryczna

Instalacja elektryczna o napięciu 230 V, zakładana u odbiorców końcowych (w domach, biurach itp.), składa się z przyłącza oraz najczęściej kilku obwodów, wyposażonych w bezpieczniki i zasilających grupę odbiorników (np.: oświetlenie, gniazdka). Każdy z odbiorników wymaga zasilania napięciem o tej samej wartości, dlatego wszystkie połączenia w takiej sieci są równoległe (patrz – Rys. 1.).



Rys. 1. Przykładowy schemat domowej instalacji elektrycznej.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

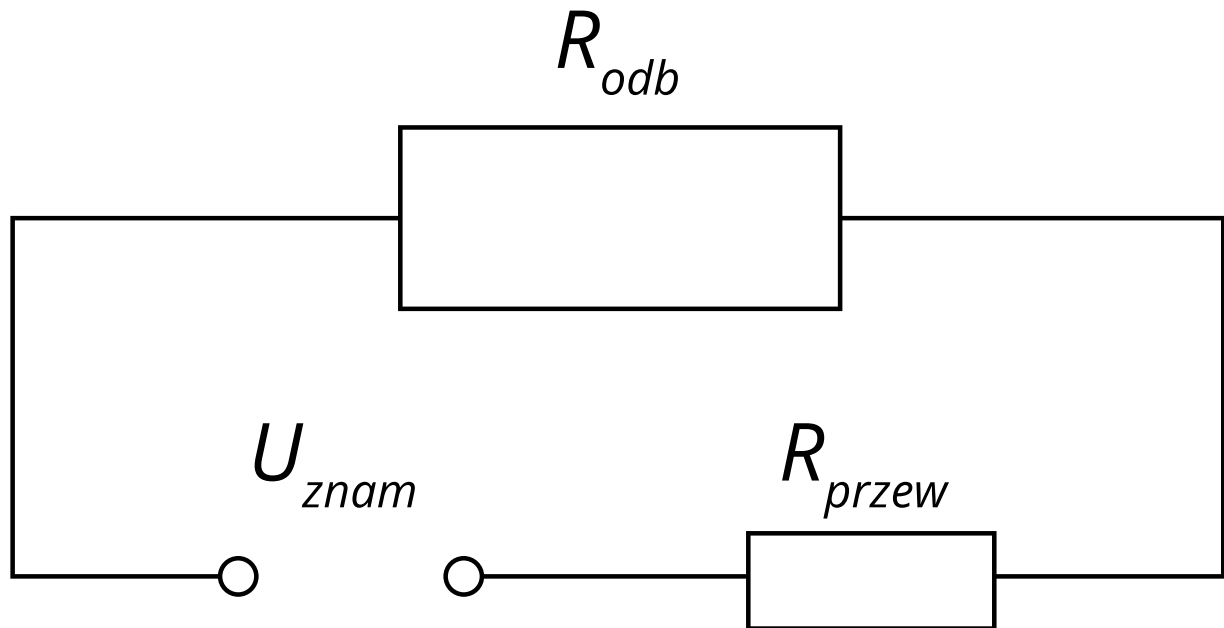
W instalacji stosuje się **prąd przemienny**, ale jeśli zawiera ona tylko elementy posiadające opór elektryczny (bez elementów indukcyjnych i pojemnościowych), można do niej zastosować prawa fizyki dotyczące prądu stałego.

Urządzenia, które podłącza się do takiej instalacji, mają moc od kilku do kilku tysięcy watów, czyli opór elektryczny – od kilkudziesięciu kiloomów do kilkudziesięciu omów. Z powodu konieczności ograniczenia natężenia płynącego prądu, łączny opór włączonych urządzeń powinien być większy od około 10 Ω .

Opór przewodów, którymi rozprawdza się napięcie zwykle nie przekracza wartości $1\ \Omega$. Występujący na nich spadek napięcia zmienia jednak warunki zasilania urządzeń końcowych i trzeba to wziąć pod uwagę. Rozpatrując schemat obrazujący tę sytuację (Rys. 2.), możemy napisać równanie II prawa Kirchhoffa w postaci:

$$U_{\text{znam}} = U_{\text{przew}} + U_{\text{odb}} \quad (1)$$

gdzie: U_{znam} - napięcie znamionowe (maksymalne napięcie prądu elektrycznego jakie może być podane w sposób trwały na element), U_{przew} - napięcie przewodowe (napięcie pomiędzy przewodami doprowadzającymi), U_{odb} - napięcie na odbiorniku.



Rys. 2. Schemat ilustrujący spadek napięcia na przewodach doprowadzających o łącznym oporze R_{przew} , powodujący zmniejszenie napięcia zasilającego odbiornik o oporze R_{odb}

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Korzystając z prawa Ohma, mamy:

$$\frac{U_{\text{przew}}}{R_{\text{przew}}} = \frac{U_{\text{odb}}}{R_{\text{odb}}} \quad (2)$$

czyli

$$U_{\text{znam}} = U_{\text{odb}} \frac{R_{\text{przew}}}{R_{\text{odb}}} + U_{\text{odb}} \quad (3)$$

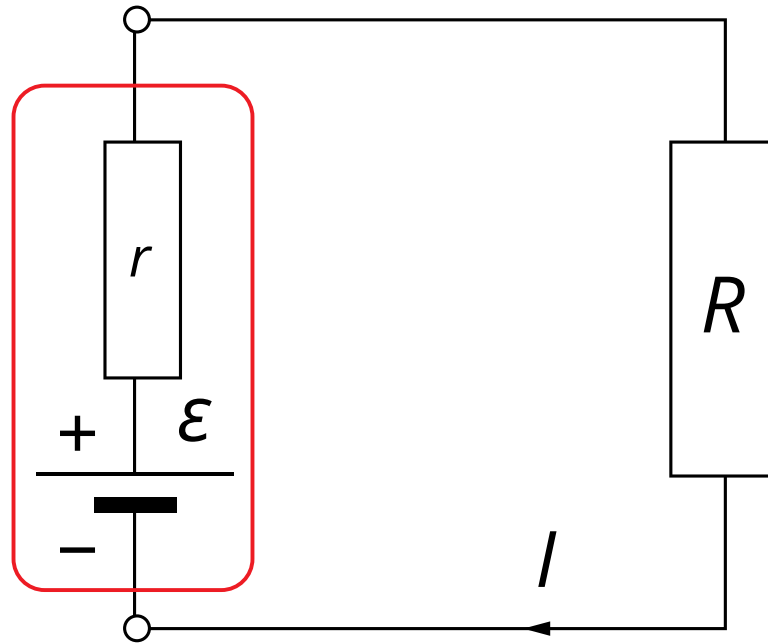
Wstawiając, podane powyżej, szacunkowe wartości oporów dochodzimy do wniosku, że rzeczywiste napięcie, którym zasilany jest odbiornik może być nawet o 9% niższe, niż znamionowe, gdyż:

$$U_{\text{odb}} = U_{\text{znam}} \frac{R_{\text{odb}}}{R_{\text{odb}} + R_{\text{przew}}} = 230\text{ V} \frac{10\ \Omega}{10\ \Omega + 1\ \Omega} \approx 209\text{ V} \quad (4)$$

Zasilanie obwodów elektrycznych rzeczywistymi źródłami napięcia

Do zasilania obwodów elektrycznych służą baterie, zasilacze i inne źródła napięcia. Jednak w każdym z tych przypadków, z przepływem prądu przez te źródła wiążą się straty energii elektrycznej. Do celów obliczeniowych możemy je zastąpić połączonym szeregowo ze źródłem opornikiem, nazywanym oporem wewnętrznym.

Gdy bieguny źródła są rozwarne, panuje na nich napięcie równe jego [sile elektromotorycznej](#). Gdy do źródła podłączymy odbiornik zewnętrzny o oporze R tak, jak na Rys. 3., napięcie to będzie mniejsze oraz zależne od natężenia płynącego prądu.



Rys. 3. Odbiornik o oporze R podłączony do źródła o sile elektromotorycznej ε i oporze wewnętrznym r .
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Korzystając z II prawa Kirchhoffa, napięcie na zaciskach źródła i jednocześnie na oporze zewnętrznym możemy wyrazić wzorem:

$$\mathcal{E} = Ir + IR, \quad U(R) = IR \quad (5)$$

Napięcie to jest wobec tego następującą funkcją oporu zewnętrznego:

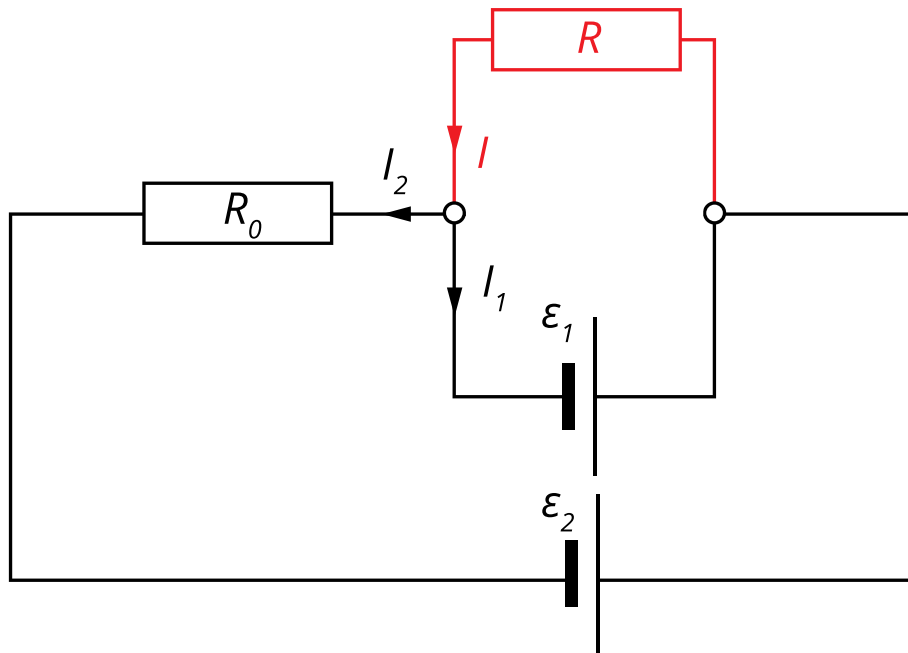
$$U(R) = \mathcal{E} \frac{R}{r + R} \quad (6)$$

Więcej na ten temat możesz znaleźć w e-materiale „Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego”.

Aby uzyskać niezmiennie napięcie zasilające obwód elektryczny, stosuje się stabilizatory napięcia, wykorzystujące [diodę Zenera](#) lub inne układy elektroniczne.

Wzorcowe źródło napięcia

Jednym z rozwiązań zapewniających ściśle określoną wartość napięcia zasilającego jest układ elektryczny przedstawiony na Rys. 4.



Rys. 4. Schemat elektryczny wzorcowego źródła napięcia.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wartość opornika R_0 można tak dobrać, by napięcie zasilające opornik zewnętrzny R było równe sile elektromotorycznej $\mathcal{E}_1$. Aby obliczyć tę wartość, napiszmy równania pierwszego i drugiego prawa Kirchhoffa:

$$I = I_1 + I_2 \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_1 = IR + I_1 r_1 \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_2 = IR + I_2 R_0 \quad (9)$$

Przez r_1 oznaczyliśmy opór wewnętrzny źródła 1, a przez R_0 - opór wewnętrzny źródła 2.

Jeżeli napięcie na oporniku R ma być równe $\mathcal{E}_1$, spadek napięcia na oporze wewnętrznym r_1 musi wynosić zero, czyli $I_1 = 0$. Otrzymujemy więc:

$$\mathcal{E}_1 = IR \quad (10)$$

$$\mathcal{E}_2 = IR + IR_0 \quad (11)$$

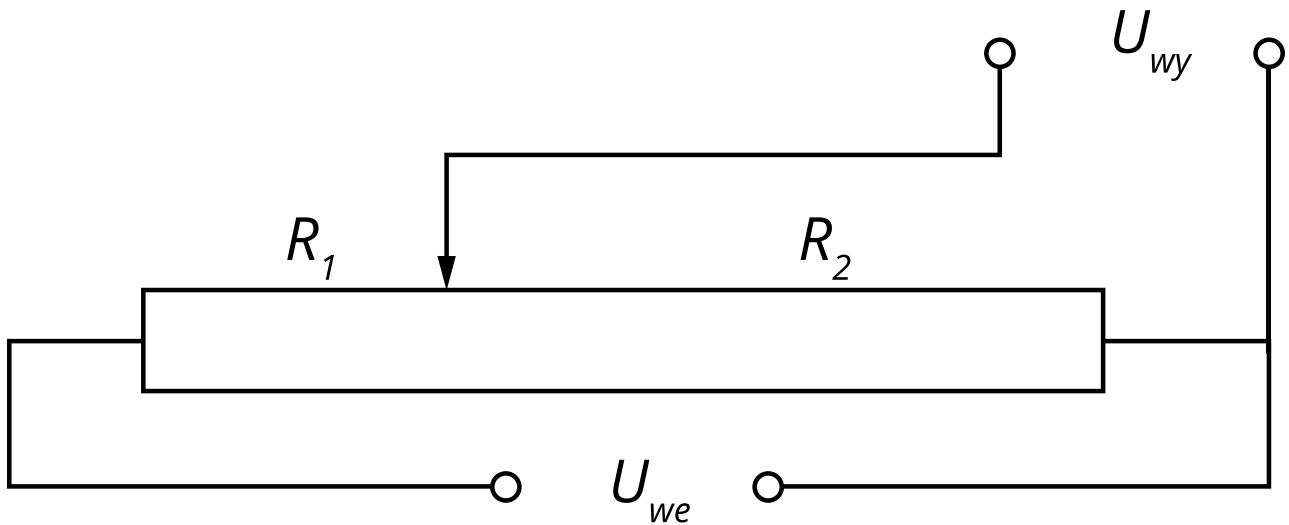
stąd:

$$R_0 = R \left(\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} - 1 \right) \quad (12)$$

W tej sytuacji, prąd zasilający opornik zewnętrzny R pochodzi wyłącznie ze źródła 2, którego SEM musi być większa, niż SEM źródła 1.

Dzielnik napięcia i potencjometr

Dzielnik napięcia to układ oporników podłączonych do źródła. Jego zadaniem jest zmniejszenie napięcia źródła w celu zasilenia obwodu zewnętrznego. Potencjometr, to dzielnik, w którym wartość tych oporników można regulować. Przykład pokazano na Rys. 5.



Rys. 5. Schemat elektryczny regulowanego dzielnika napięcia (potencjometru).

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ruchomy styk dzieli opornik na dwie części: pierwszą o wartości R_1 , na której panuje napięcie U_1 i drugą, o wartości R_2 , na której panuje napięcie U_2 , podawane na zaciski wyjściowe urządzenia. Aby obliczyć wartość U_{wy} , oznaczmy wartość natężenia prądu płynącego przez opornik jako I i zastosujmy II prawo Kirchhoffa:

$$U_{we} = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 \quad (13)$$

$$U_{wy} = IR_2 \quad (14)$$

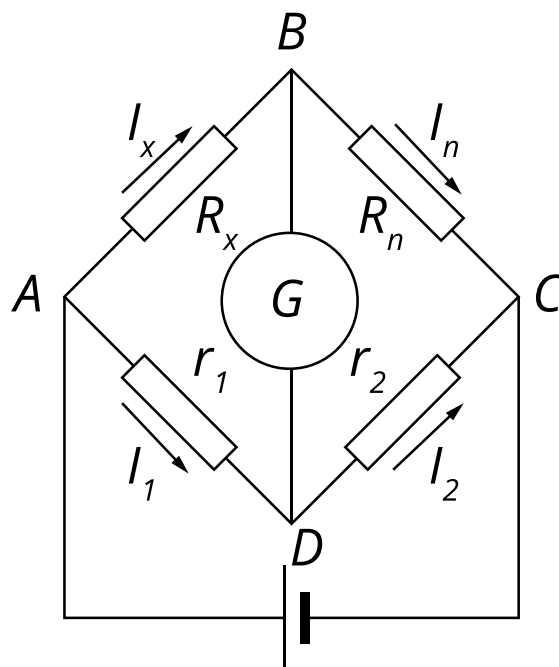
Wyznaczając I z równania (14) i wstawiając do (13) otrzymujemy:

$$U_{wy} = U_{we} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (15)$$

Potencjometry są powszechnie używane do płynnej regulacji napięcia. Zazwyczaj zależność oporu od położenia suwaka jest logarytmiczna. Okazuje się, że odbiór dźwięków przez ucho ludzkie również zależy logarytmicznie od głośności, więc wrażenie słuchowe jest proporcjonalne do położenia suwaka regulacyjnego.

Mostek Wheatstone'a

Mostek Wheatstone'a (Rys. 6) używany był w przeszłości do precyzyjnego pomiaru badanego oporu R_x . Wielkość oporów R_1 i R_2 jest znana, a wartość oporu R_n zmienia się tak, by doprowadzić do równowagi mostka, czyli do sytuacji, w której przez galwanometr G nie płynie prąd. Potencjał w punkcie B jest wtedy równy potencjałowi w punkcie D .



Rys. 6. Schemat elektryczny mostka Wheatstone'a .

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wykorzystując II prawo Kirchhoffa możemy stwierdzić, że w takiej sytuacji napięcia na opornikach R_x i R_1 muszą mieć takie same wartości. Podobnie napięcia na opornikach R_n i R_2 . Wartości natężeń prądów spełniają wtedy warunki: $I_x = I_n$ oraz $I_1 = I_2$.

Wykorzystując te zależności, możemy napisać:

$$I_x R_x = I_1 R_1 \quad (16)$$

$$I_n R_n = I_2 R_2 \quad (17)$$

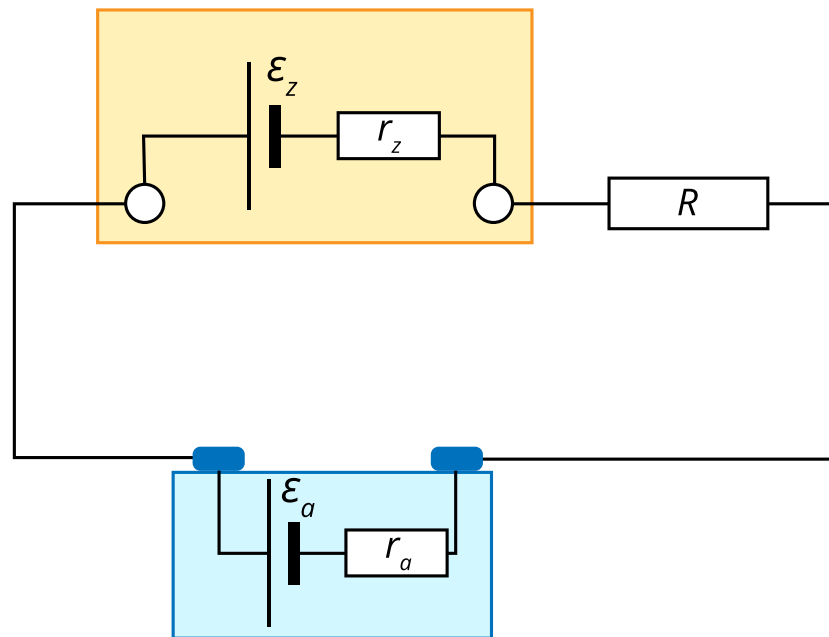
Dzieląc te równania stronami i korzystając w równości natężeń prądów otrzymujemy:

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2} \quad (18)$$

Dokładność współczesnych cyfrowych mierników elektrycznych jest tak duża, że stosowanie mostka Wheatstone'a do precyzyjnego pomiaru wartości oporu nie jest obecnie konieczne.

Ładowanie akumulatorów

Gdy chcemy naładować akumulator, łączymy jego bieguny z zaciskami zasilacza prądu stałego na zasadzie „plus z plusem”, „minus z minusem”. Najczęściej w obwodzie musi się też znaleźć opornik ograniczający wartość natężenia prądu. Schemat połączeń wygląda więc tak, jak na Rys. 7.



Rys. 7. Schemat obwodu do ładowania akumulatora.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

SEM zasilacza musi być oczywiście większa, niż SEM akumulatora. Jeżeli chcemy, by natężenie prądu w tym obwodzie nie było większe niż I , musimy obliczyć, jaka powinna być wartość oporu R . Wykorzystując II prawo Kirchhoffa, otrzymujemy równanie:

$$\mathcal{E}_z - \mathcal{E}_a = Ir_z + Ir_a + IR \quad (19)$$

stąd

$$R = \frac{\mathcal{E}_z - \mathcal{E}_a}{I} - (r_z + r_a) \quad (20)$$

Jeżeli znamy **pojemność akumulatora** (Q), możemy obliczyć czas potrzebny do jego całkowitego naładowania, od stanu całkowitego rozładowania:

$$t [h] = \frac{Q [Ah]}{I [A]} \quad (21)$$

W powyższym wzorze podaliśmy jednostki wielkości fizycznych, jakie stosuje się w tym przypadku.

Słowniczek

dioda Zenera

(ang.: *Zener diode*) rodzaj diody półprzewodnikowej, charakteryzującej się napięciem przebicia niezależnym od natężenia płynącego prądu, przy połączeniu w kierunku zaporowym. Zjawisko to jest wykorzystywane do stabilizowania napięcia w układach elektronicznych.

prąd przemienny

(*ang.: alternating current, AC*) prąd zmieniający się w sposób powtarzalny, płynący na przemian raz w jedną raz w drugą stronę tak, że średnia wartość jego natężenia jest równa zero. Najczęściej spotykana jest jego odmiana o przebiegu sinusoidalnym.

pojemność akumulatora

(*ang.: battery capacity*) wartość ładunku, jaką może zgromadzić akumulator, wyrażana w Ah (amperogodzinach). $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$.

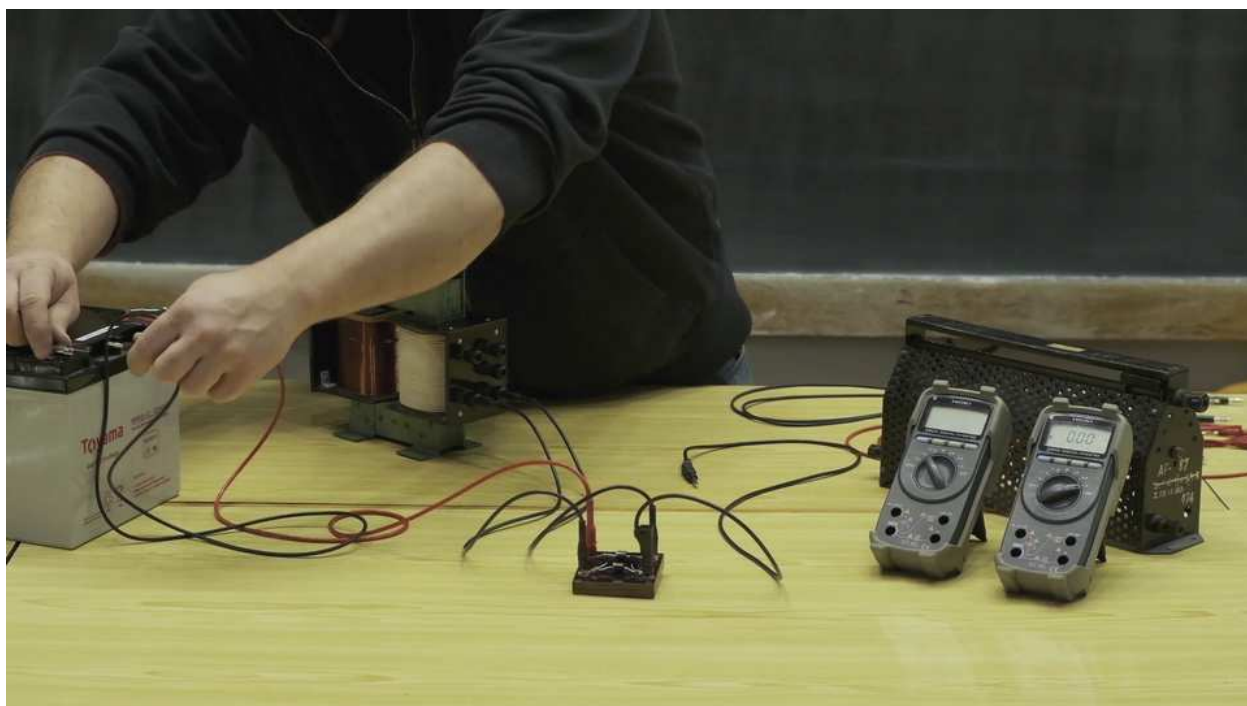
siła elektromotoryczna

(*ang.: electromotive force*) napięcie wytwarzane przez źródło, powodujące przepływ prądu w obwodzie, liczbowo równe elektrycznej energii potencjalnej nadawanej ładunkowi jednostkowemu przez źródło (równe napięciu panującemu na zaciskach źródła, do którego nie podłączono obwodu zewnętrznego).

Film edukacyjny

Praktyczne zastosowania II prawa Kirchhoffa

Film przedstawia doświadczenie przeprowadzone w szkolnej pracowni fizycznej. Jego celem jest dobranie opornika zabezpieczającego obwód ładowania akumulatora. Drugie prawo Kirchhoffa stosuje się zarówno do określenia oporów wewnętrznych akumulatora i zasilacza, jak i do obliczenia wartości oporu zabezpieczającego.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RtkJmSbibl9ED>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Oblicz wartość oporu zabezpieczającego R , którego użyto na filmie.

Odtwórz odpowiednią sekwencję filmu, na której podane są niezbędne dane.

Polecenie 2

Czy obliczony opór będzie prawidłowy, jeśli siła elektromotoryczna akumulatora będzie tak mała, że praktycznie równa zero?

Polecenie 3

W żadnym z pomiarów przeprowadzonych na filmie nie wspomniano o niepewności pomiarowej. Podobnie, nie wyznaczono niepewności pomiarowej oporu R zabezpieczającego ładowanie. Podaj argumenty przemawiające za słusznością takiego postępowania.

Symulacja interaktywna

Zabezpieczanie obwodu ładowania ogniwa

Do ładowania ogniwa, np. w telefonie, potrzebny jest zasilacz – to oczywiste. Ale potrzebny jest także układ, który dobierze właściwe natężenie prądu ładowania. Współcześnie są to oddzielne moduły, wyposażone w odpowiednią elektronikę oraz logikę, nadzorującą proces ładowania i sterującą nim.

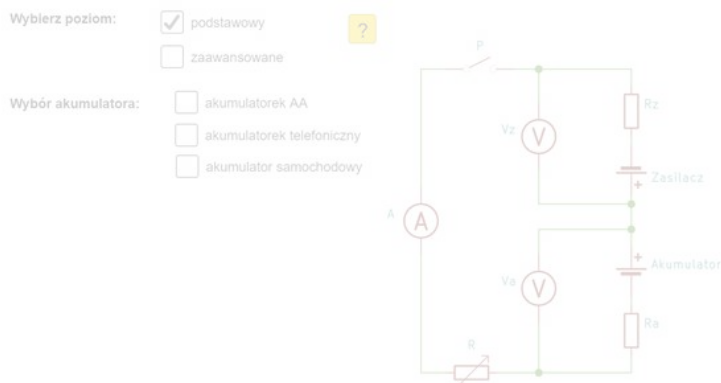
Najprostszym takim „modułem” jest regulowany opornik wstawiony w obwód ładowania – jego rolą jest regulowanie natężenia prądu. Zaś „logiczny nadzór” nad procesem sprawuje człowiek znający parametry ładowanego ogniwa.

Wciel się w tę rolę i przekonaj się, że ładowanie ogniw różnych typów, za pomocą różnych zasilaczy, wymaga dobrania różnych wartości tego oporu.

Na dodatek, ogniwa jednego typu mogą być rozładowane w różnym stopniu – mają wtedy różne siły elektromotoryczne, czasami o połowę niższe od nominalnej. Bywa też, że ogniwa jednego typu mają różne opory wewnętrzne – to z kolei jest najczęściej związane z historią tego ogniwa: w jakich warunkach pracowało, ile razy było ładowane i w jakich warunkach, w tym ... jak silnym prądem.

Ważne!

W symulacji odtworzono, możliwie wiernie, opisane tu różnice pomiędzy ogniwami tego samego typu. Miej więc na uwadze, że po wybraniu typu ogniwa (np. akumulator samochodowy) pracujesz z określonym egzemplarzem. Gdy ponownie wybierzesz akumulator samochodowy, to otrzymasz do naładowania inny egzemplarz, o innych wartościach siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DSgiHJQH8>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 1

Jak myślisz, jaki wpływ będzie miał opór wewnętrzny akumulatora na energię wykorzystywaną do jego naładowania?

Polecenie 2

Wyobraź sobie sytuację, że bieguny baterii połączysz bezpośrednio, powiedzmy przy pomocy drutu, skutecznie je zwierając, wtedy bateria zacznie się nagrzewać. Jak sądzisz, dlaczego tak się dzieje?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



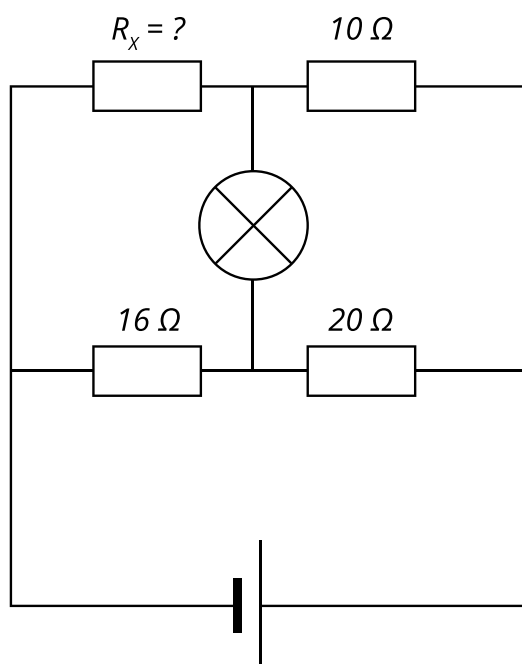
Założmy, że zasilanie sieci energetycznej niskiego napięcia jest idealne i zawsze dostarcza napięcie równe 230 V. Czy w takim przypadku, napięcie u odbiorców końcowych może mieć inną wartość? Dlaczego?

- ☐ Nie. Skoro wszystkie odbiorniki są połączone równolegle, na każdym musi panować napięcie 230 V.
- ☐ Tak. Przy połączeniu równoległym włączenie odbiornika o dużej mocy powoduje spadek napięcia na pozostałych odbiornikach.
- ☐ Tak. Po podłączeniu odbiornika o dużej mocy może nastąpić spadek napięcia na przewodach zasilających i zmniejszenia napięcia na wszystkich odbiornikach.

Ćwiczenie 2



Oblicz wartość opornika R_x na rysunku poniżej (skorzystaj z opisu schematu), jeśli wiadomo, że żarówka nie świeci się.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

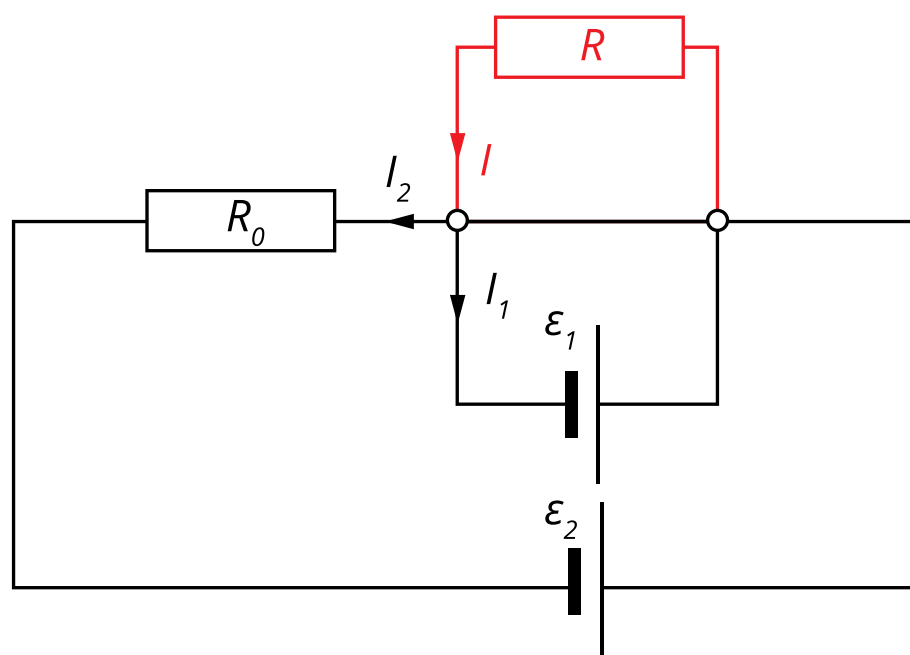
$R_x =$ Ω

Ćwiczenie 3



Zagadka. Uczniowie przeczytali fragment podręcznika, dotyczący wzorcowego źródła prądu zasilającego odbiornik R (patrz rys. poniżej lub skorzystaj z opisu schematu) zawsze takim samym napięciem, równym , pod warunkiem dobrania wartości oporu R_0 według równania:

$$R_0 = R \left(\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} - 1 \right)$$



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

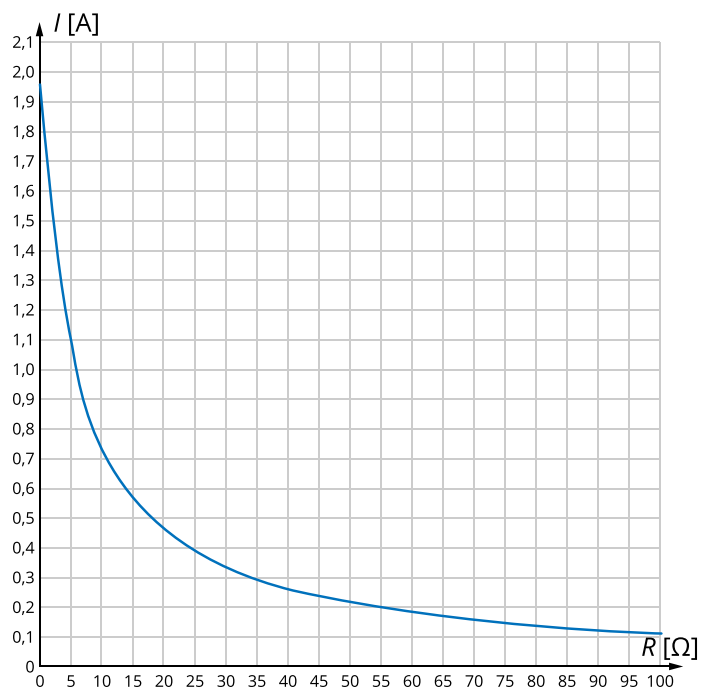
Na podstawie II prawa Kirchhoffa, wyprowadzono w podręczniku następujące wzory:

$$\mathcal{E}_1 = IR$$

$$\mathcal{E}_2 = IR + IR_0$$

Uczniowie postanowili sprawdzić, jak zmienia się natężenie prądu I płynącego przez zewnętrzny opornik, w zależności od wartości jego oporu R . Jeden z nich wziął pod uwagę wzór $\mathcal{E}_2 = IR + IR_0$, wstawił dane liczbowe posiadanych elementów obwodu i na podstawie poniższej zależności stworzył wykres pokazany obok.

$$I(R) = \frac{\mathcal{E}_2}{R + R_0} = \frac{12\text{ V}}{R + 6\ \Omega}$$



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Drugi uczeń stwierdzi, że natężenia prądu nie może być ograniczone wartością 2A. Rozstrzygnij, który z nich miał rację i dlaczego. Porównaj swoją odpowiedź z naszą.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij tabelę wzorami znajdującymi się poniżej, dotyczącymi baterii składającej się z dwóch źródeł.

Rodzaje źródeł	Wzór opisuje	Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
Takie same źródła	SEM		
Takie same źródła	opór wewnętrzny		
Różne źródła	SEM		
Różne źródła	opór wewnętrzny		

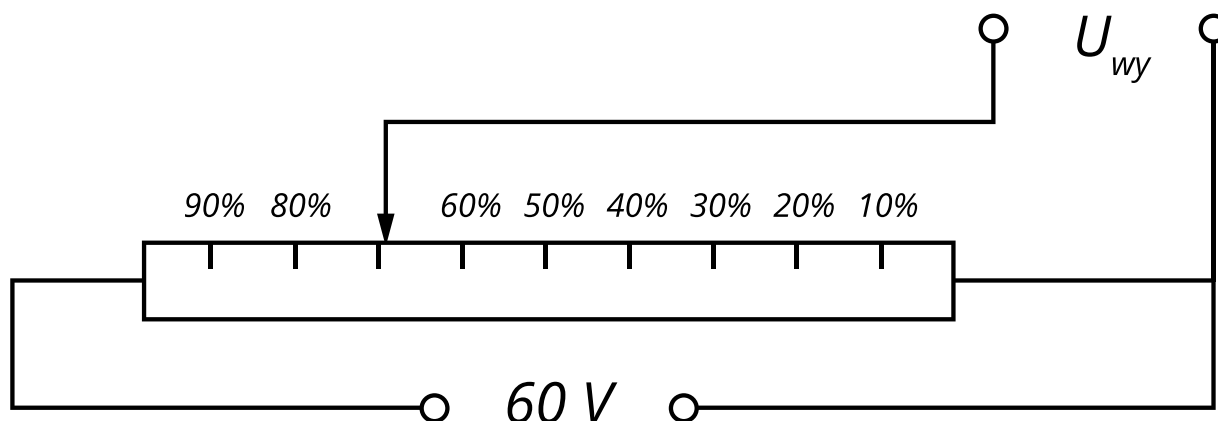
$r_w = \frac{r}{2}$ $SEM = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ $\frac{1}{r_w} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$ $SEM = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 + \mathcal{E}_2 r_1}{r_1 + r_2}$

$SEM = 2\mathcal{E}$ $r_w = 2r$ $SEM = \mathcal{E}$ $r_w = r_1 + r_2$

Ćwiczenie 5



Jakie powinno być położenie suwaka tradycyjnego potencjometru przedstawionego na rysunku, aby napięcie wyjściowe było równe 12 V? Opór elementu jest proporcjonalny do jego długości.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Odpowiedź: %

Ćwiczenie 6



n - jednakowych źródeł napięcia o sile elektromotorycznej $\mathcal{E}$ i oporze wewnętrznym r połączono szeregowo w celu zasilania odbiornika o oporze R . Jakie może być największe natężenie prądu płynącego w takim obwodzie, dla różnych liczb (n) podłączonych baterii? Umieść odpowiednie wielkości fizyczne we właściwych miejscach schematu wzoru.

$$I_{\max} = \boxed{} \cdot \boxed{}$$

$\frac{1}{\mathcal{E}}$

$\mathcal{E}$

r

$\frac{1}{R}$

$\frac{1}{n}$

R

$\frac{1}{r}$

n

Ćwiczenie 7



Bateria telefonu komórkowego została naładowana w ciągu godziny ładowarką o maksymalnej mocy wyjściowej równej 18 W i SEM wynoszącej 6V. Na jaki czas rozmów wystarczy jej energii, zanim całkowicie się rozładuje, jeśli średnie natężenie prądu pobieranego przez telefon wynosi 400 mA? Do obliczeń przyjmij, że SEM baterii wynosi 5 V a jej opór wewnętrzny 0,1 Ω .

$\approx$ h

Ćwiczenie 8



Jak należy połączyć dwie jednakowe baterie, aby natężenie prądu płynącego przez zasilany nimi odbiornik było największe? Przeanalizuj problem i porównaj swoją odpowiedź z naszą propozycją.

Dla nauczyciela

**Imię i nazwisko
autora:**

Tomasz Sobiepan

Przedmiot:

Fizyka

Temat zajęć:

Praktyczne zastosowania II prawa Kirchhoffa

**Grupa
docelowa:**

III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres
rozszerzony

Cele kształcenia – wymagania ogólne

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem
praw i zależności fizycznych.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się
kalkulatorem;

7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub
wykresów, rysunków schematycznych lub
blokowych informacje kluczowe dla opisywanego
zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje
w różnych postaciach.

VIII. Prąd elektryczny. Uczeń:

12) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć
w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników
energii (II prawo Kirchhoffa).

**Podstawa
programowa:**

**Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE
z 2018 r.:**

**Kształtowane
kompetencje
kluczowe:**

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje cyfrowe,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

**Cele
operacyjne:**

Uczeń:

1. opisuje II prawo Kirchhoffa,
2. umiejętnie wykorzystuje to prawo w praktyce,
3. analizuje rozkład potencjałów i napięć w obwodzie elektrycznym,
4. stosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań.

**Strategie
nauczania**

gamifikacja

**Metody
nauczania**

gra dydaktyczna

Formy zajęć:

praca w grupach

**Środki
dydaktyczne:**

film edukacyjny, zestaw zadań

**Materiały
pomocnicze:**

e-materiał: „Praktyczne zastosowania II prawa Kirchhoffa”

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca:

Zaciekawienie uczniów wg części „Czy to nie ciekawe?”. Podanie zasad gry i nagród.

Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji.

Zapoznanie się przez uczniów przed lekcją w częścią „Warto przeczytać” i z filmem edukacyjnym.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel dzieli uczniów na 3-4 drużyny i rozpoczyna „teleturniej”.

Zasady gry: nauczyciel odczytuje i wyświetla zadanie. Drużyny rozwiązują je na czas i zgłaszają się, gdy są gotowe. Drużyna która zgłosi się jako pierwsza i przedstawi jedno poprawne rozwiązanie, otrzymuje 10 pkt.

Następnie głos mają pozostałe drużyny, w kolejności zgłaszania się. Za każde wskazanie błędu w rozwiązaniu lub i innego sposobu, drużyna otrzymuje 5 pkt. Za każdym razem grupę musi reprezentować inny uczeń. Za osiągnięcie wyniku 100 pkt nauczyciel powinien „ufundować” nagrodę specjalną.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel prosi uczniów o podsumowanie tego, czego nauczyli się podczas lekcji (krótkie wypowiedzi ustne lub pisemne).

Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają które osiągnęli a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań, których nauczyciel nie zdążył podać na lekcji.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Film edukacyjny oraz symulacja interaktywna mogą też służyć do samodzielnej nauki lub powtórzenia wiadomości.
