

Połączenie równoległe odbiorników

Wstęp do tematu: Połączenie równoległe odbiorników. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię oświetlenia sali konferencyjnej, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: określenie rozgałęzienia i węzła; rozumowanie prowadzące do sformułowania Pierwszego prawa Kirchhoffa wraz z rysunkiem węzła sieci; sformułowanie pierwszego prawa Kirchhoffa; rysunek przedstawiający obwód elektryczny z połączonymi równoległe opornikami służący do wyprowadzenia wzoru na opór zastępczy w łączeniu równoległym; wyprowadzenie wzoru na opór zastępczy; przykład rozwiązania zadania dotyczącego obliczania wartości oporu zastępczego; dwa ćwiczenia interaktywne, określenie pojęcia opornika zastępczego i jego oporu.

Zasób zawiera: trzy przykłady rozwiązania zadań tekstowych obliczeniowych z wykorzystaniem schematów obwodów elektrycznych i trzy ćwiczenia interaktywne w postaci wypełniania pustych miejsc w rozwiązaniach zadań tekstowych obliczeniowych.

Zasób zawiera zestaw czterech ćwiczeń interaktywnych (prawda/ fałsz, wyboru odpowiedzi) z możliwością sprawdzenia.

Połączenie równoległe odbiorników

Jeśli w samochodzie przepali się jeden z reflektorów, to czy pozostałe światła będą działać bez zarzutu? Jeśli chcesz poznać odpowiedź na to pytanie, czytaj dalej.



System połączeń równoległych stosuje się m.in. w układach oświetleniowych. Ma on liczne zalety, m.in. zapewnia każdej lampie takie samo napięcie niezależnie od ich liczby, a awaria jednej żarówki nie powoduje przerwania obwodu.

Źródło: Sebastian Ziebell, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com>, licencja: CC BY-ND 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- definicja natężenia prądu i jego jednostka;
- prawo Ohma;
- definicja oporu elektrycznego i jego jednostka.

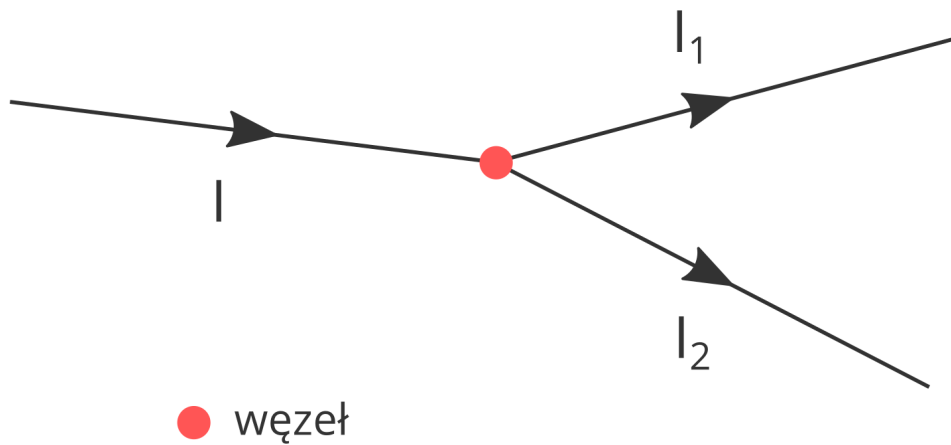
Ich opracowanie znajdziesz materiałach [Prąd elektryczny i jego natężenie](#) oraz [Prawo Ohma i opór elektryczny](#).

Nauczysz się

- rozpoznawać połączenie równoległe odbiorników (na schematach i w praktyce);
- posługiwać się zależnościami między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym w połączeniu równoległym odbiorników;
- rozwiązywać problemy i zadania dotyczące połączenia równoległego odbiorników prądu elektrycznego.

Połączenie równoległe – podstawy teoretyczne

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik podłączony do stałego źródła napięcia ma jednakową wartość w każdym miejscu przewodnika. Co się jednak stanie, jeśli nastąpi rozgałęzienie przewodnika, czyli gdy będzie on doprowadzał prąd do urządzeń połączonych równolegle? Czy natężenie prądu również będzie miało identyczną wartość?



Przez przewodnik płynie prąd o natężeniu I . Za węzłem przewodnik rozgałęzia się na dwie części, natężenie prądu rozdziela się na I_1 i I_2

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Punkt, w którym następuje rozgałęzienie, nazywany jest **węzłem**. Przepływ prądu oznacza, że do węzła dopływa jakiś ładunek w jednostce czasu. Natężenie prądu dopływającego do węzła jest równe I , a ładunek $q = I \cdot t$. Z węzła wychodzą dwa przewody, w których natężenia prądu są różne. Oznaczmy je I_1 oraz I_2 , przy czym ładunki wypływające w jednostce czasu z węzła muszą w sumie być równe ładunkowi q wpływającemu do węzła (zasada zachowania ładunku). Wynika z tego, że suma natężeń prądów wypływających z węzła jest równa natężeniu prądu dopływającego do tego węzła, czyli:

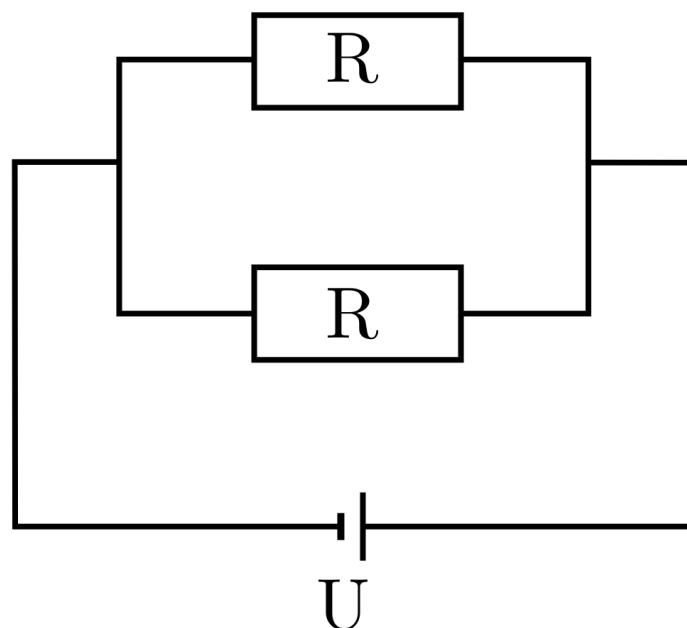
$$I = I_1 + I_2$$

Tę zależność nazywamy pierwszym prawem [Kirchhoffa](#).

Prawo: pierwsze prawo Kirchhoffa

Suma natężeń prądów wpływających do dowolnego węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła.

Jeśli odbiorniki są połączone równoległe, oznacza to, że są one połączone za pomocą przewodów z dwóch stron, a napięcie jest przyłożone do pary połączonych końcówek. Napięcie zmierzone między końcami oporników jest jednakowe i równe napięciu elektrycznemu źródła. To samo dotyczy natężenia prądu.

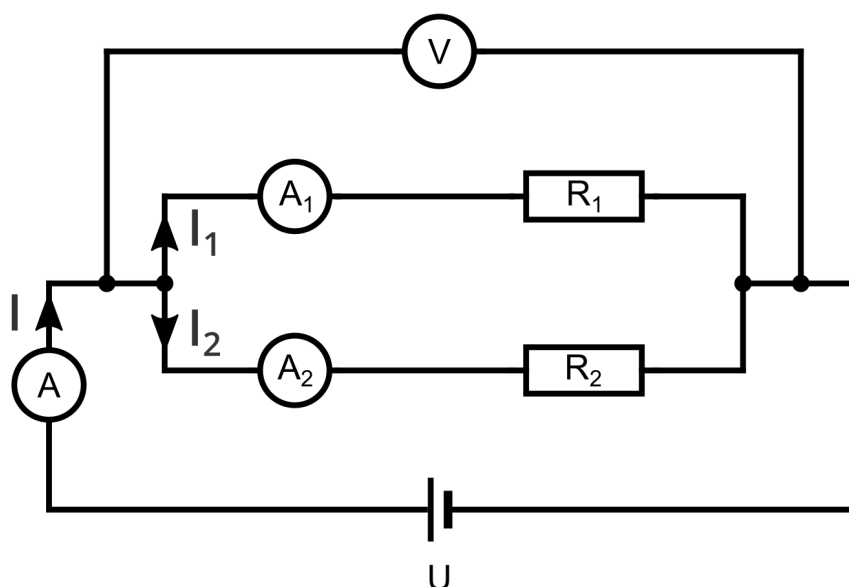


Schemat połączenia równoległego oporników.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Oporniki połączone równolegle można zastąpić jednym równoważnym opornikiem, do którego końców przyłożone zostanie napięcie U i przez który będzie przepływał prąd o natężeniu I . Natężenie tego prądu będzie równe sumie natężeń prądów w opornikach połączonych równolegle.

Aby wyznaczyć wartość oporu zastępczego, posłużymy się schematem i poznanymi zależnościami między napięciem, natężeniem a oporem elektrycznym.



Wyznaczanie wartości oporu zastępczego odbiorników prądu elektrycznego.

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Korzystamy z pierwszego prawa Kirchhoffa:

$$(1) I = I_1 + I_2$$

Uwzględniamy zależność między napięciem U a natężeniem I i otrzymujemy:

$$(2) U = I \cdot R$$

Przekształcamy wzór (2), aby wyznaczyć natężenie:

$$(3) I = \frac{U}{R}$$

Do równania (1) podstawiamy zależność (3):

$$(4) \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

Równanie (4) dzielimy przez napięcie U :

$$(5) \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Ze wzoru (5) wynika, że suma odwrotności oporów poszczególnych elementów jest równa odwrotności oporu zastępczego.

Przykład 1

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 2 \Omega$ i $R_2 = 3 \Omega$ połączone równolegle. Oblicz opór zastępczy tych oporników.

Zależność:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Dane:

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{3\Omega}$$

Ułamki sprowadzamy do wspólnego mianownika:

$$\frac{1}{R} = \frac{3}{6\Omega} + \frac{2}{6\Omega}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{5}{6\Omega}$$

Aby obliczyć opór zastępczy, należy skorzystać z proporcji:

$$5 \cdot R = 1 \cdot 6 \Omega \quad | : 5$$

$$R = 1,2 \Omega$$

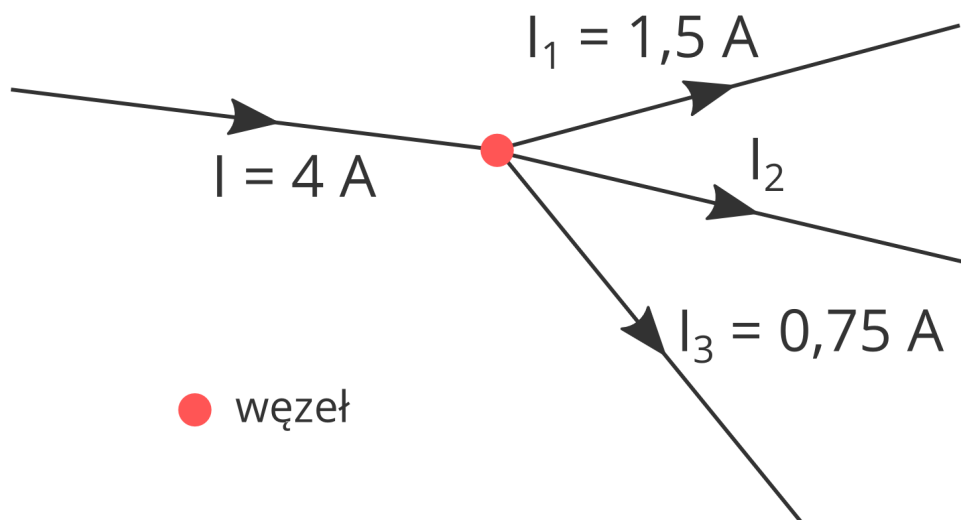
Odpowiedź:

Opór zastępczy układu oporników wynosi $1,2 \Omega$.

Ćwiczenie 1



Korzystając z poniższego schematu obwodu elektrycznego, oblicz natężenie I_2 .



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

3,25 A

4,75 A

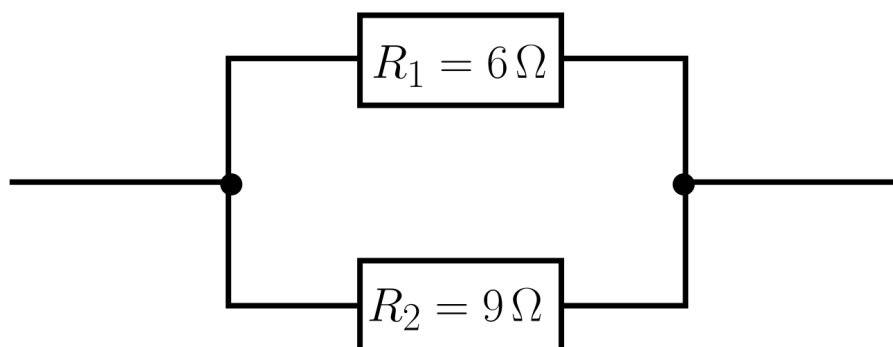
6,25 A

1,75 A

Ćwiczenie 2



Korzystając z poniższego schematu obwodu elektrycznego, oblicz opór zastępczy.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

15 Ω

3,6 Ω

0,28 Ω

7,5 Ω

Połączenie równoległe – rozwiązywanie zadań

Przykład 2

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 20 \Omega$ i $R_2 = 30 \Omega$ połączono równoległe. Oblicz natężenie prądu płynącego przez każdy opornik, jeśli podłączono je do źródła stałego napięcia równego 6 V.

Wzór:

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

Dane:

$$R_1 = 20 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$U = 6 \text{ V}$$

Szukane:

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

Obliczenia:

$$I_1 = \frac{6 \text{ V}}{20 \Omega} = 0,3 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{6 \text{ V}}{30 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

Odpowiedź:

Przez opornik R_1 płynął prąd o natężeniu 0,3 A, a przez opornik R_2 – prąd o natężeniu 0,2 A.

Ćwiczenie 3



Dwa oporniki o oporach $R_1 = 120 \Omega$ i $R_2 = 480 \Omega$ połączono równolegle i przyłożono napięcie $U = 24 \text{ V}$. Oblicz natężenie prądu płynącego przez każdy opornik. Uzupełnij poniższe luki, wpisując odpowiednie wartości.

Zależności:

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

Dane:

$$R_1 = \text{[]} \Omega$$

$$R_2 = \text{[]} \Omega$$

$$U = \text{[]} \text{ V}$$

Szukane:

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

Obliczenia:

$$I_1 = \text{[]} \text{ V} : \text{[]} \Omega = \text{[]} \text{ A}$$

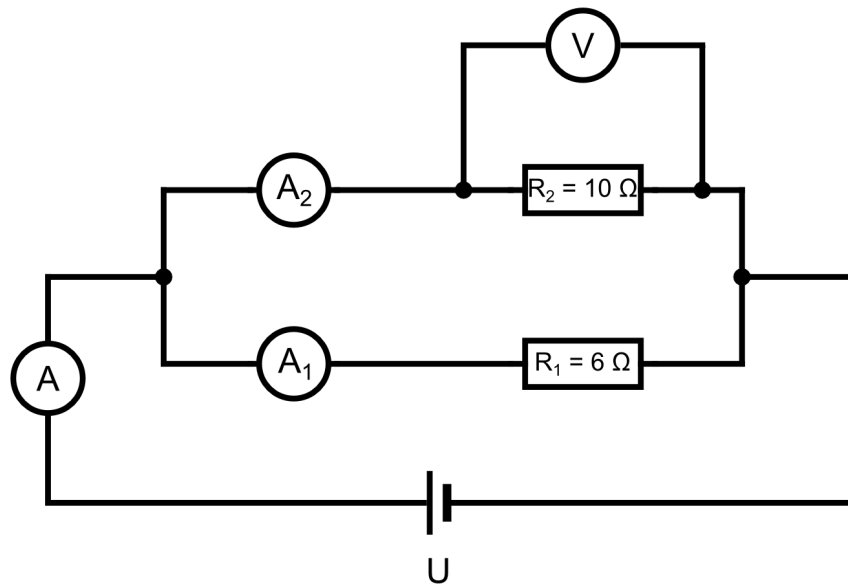
$$I_2 = \text{[]} \text{ V} : \text{[]} \Omega = \text{[]} \text{ A}$$

Odpowiedź:

Natężenia prądu są równe [] A i [] A.

Przykład 3

Na podstawie danych zawartych na schemacie oblicz, jakie będą wskazania mierników w obwodzie elektrycznym. Amperomierz A_1 wskazuje 0,5 A.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Wzór:

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

Dane:

$$R_1 = 6 \Omega$$

$$R_2 = 10 \Omega$$

$$I_1 = 0,5 \text{ A}$$

Szukane:

$$I = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U = 0,5 \text{ A} \cdot 6 \Omega = 3 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{3 \text{ V}}{10 \Omega} = 0,3 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = 0,5 \text{ A} + 0,3 \text{ A} = 0,8 \text{ A}$$

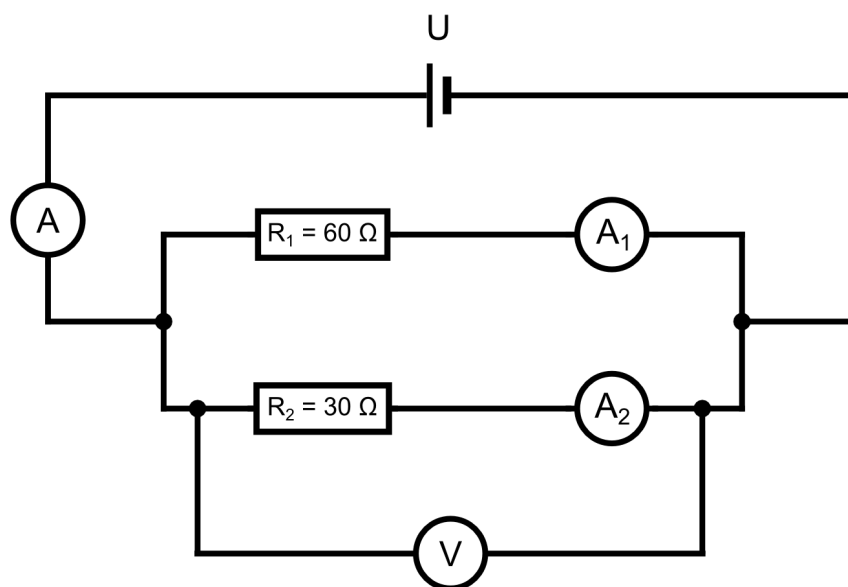
Odpowiedź:

Woltomierz wskazuje 3 V, amperomierz A_2 – 0,3 A, natomiast amperomierz A_1 – 0,8 A.

Ćwiczenie 4



Na podstawie danych zawartych na schemacie obwodu elektrycznego, oblicz wskazania mierników. Amperomierz A_2 wskazuje 0,1 A.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Zaznacz poprawne odpowiedzi.

Amperomierz A wskazuje wartość 0,6 A.

Woltomierz wskazuje wartość 3 V.

Woltomierz wskazuje wartość 6 V.

Amperomierz A wskazuje wartość 0,15 A.

Amperomierz A_1 wskazuje wartość 0,5 A.

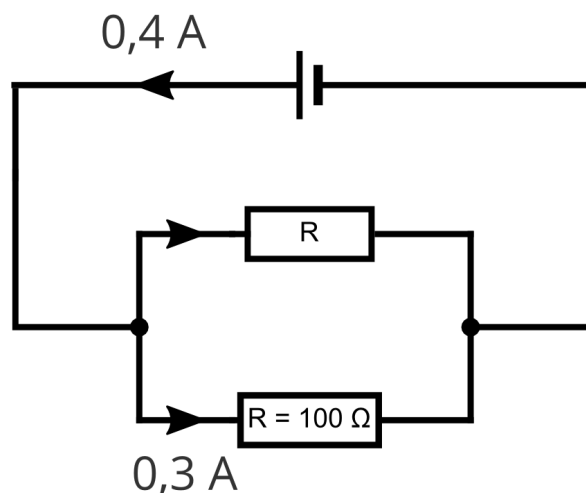
Amperomierz A_1 wskazuje wartość 0,05 A.

Przykład 4

Na podstawie schematu obwodu elektrycznego oblicz:

1. napięcie wytwarzane przez baterię;
2. natężenie prądu płynącego przez opornik;

3. opór opornika R .



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Zależności:

$$U = I_1 \cdot R_1$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$R = \frac{U}{I_2}$$

Dane:

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$I_1 = 0,3 \text{ A}$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

Szukane:

$$U = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$U = 0,3 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 30 \text{ V}$$

$$0,3 \text{ A} + I_2 = 0,4 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,4 \text{ A} - 0,3 \text{ A} = 0,1 \text{ A}$$

$$R = \frac{30 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 300 \Omega$$

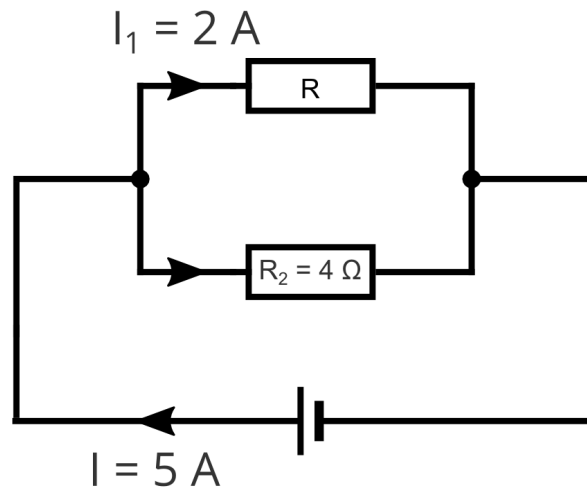
Odpowiedź:

Bateria wytwarza napięcie 30 V. Natężenie prądu płynącego przez opornik jest równe 0,1 A. Opór opornika wynosi 300 Ω .

Ćwiczenie 5



Na poniższym rysunku przedstawiono schemat obwodu elektrycznego.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Korzystając z danych umieszczonych na schemacie obwodu elektrycznego uzupełnij luki w zdaniach.

Oporniki są połączone . Natężenie prądu płynącego przez opornik R_2 jest równe . Bateria wytwarza napięcie . Opór opornika R wynosi . Opór zastępczy jest niż 2Ω .

3 A

mniejszy

6Ω

szeregowo

6 A

6 V

równoległe

większy

12Ω

12 V

Podsumowanie:

- Pierwsze prawo Kirchhoffa: suma natężeń prądów wpływających do węzła i suma natężeń prądów z niego wypływających są sobie równe:
$$I_{\text{wpływ. 1}} + I_{\text{wpływ. 2}} + \dots + I_{\text{wpływ. m}} = I_{\text{wyp. 1}} + I_{\text{wyp. 2}} + \dots + I_{\text{wyp. n}}$$
- Napięcie przyłożone do oporników połączonych równoległe i napięcie w poszczególnych opornikach mają taką samą wartość;
- Aby obliczyć odwrotność oporu całkowitego (zastępczego R) odbiorników połączonych równoległe należy dodać do siebie odwrotności oporu poszczególnych odbiorników (R_n).

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Zadania podsumowujące lekcję



Ćwiczenie 6

Uzupełnij luki w zdaniach, przeciągając w nie odpowiednie wyrażenia lub kliknij w lukę i wybierz odpowiedź z listy rozwijalnej.

Samochodowa instalacja elektryczna może być zasilana akumulatorem o napięciu 12 V (głównie auta osobowe) lub 24 V (niektóre auta ciężarowe). Żarówki znajdujące się w reflektorach są połączone .

Usunięcie lub przepalenie się jednej z nich do zgaśnięcia pozostałych.

może doprowadzić

równolegle

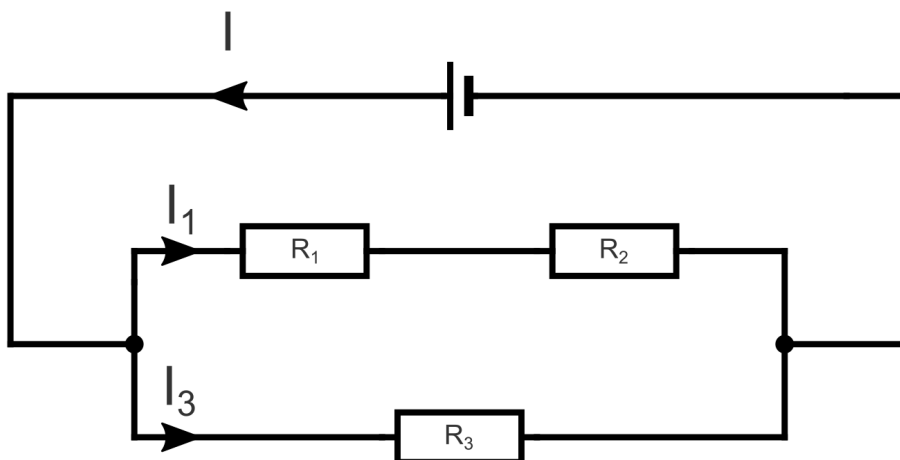
nie może doprowadzić

szeregowo

Ćwiczenie 7



Na poniższym rysunku przedstawiono schemat obwodu elektrycznego.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Oporniki R_1 i R_2 są połączone z opornikiem R_3 równolegle.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Napięcie przyłożone do końców opornika R_3 jest równe napięciu ogniwa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wszystkie oporniki są połączone równolegle.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dla tego obwodu prawdziwa jest zależność: $I_1 = I_3$.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 8



Opornik o oporach $R_1 = 12 \Omega$ i $R_2 = 6 \Omega$ połączono równolegle i podłączono pod napięcie $U = 24 \text{ V}$. Oblicz opór zastępczy R i natężenie prądu płynącego przez każdy opornik. Zaznacz poprawną odpowiedź.

$R = 18 \Omega, I_1 = 0,5 \text{ A}, I_2 = 0,25 \text{ A}$

$R = 4 \Omega, I_1 = 0,5 \text{ A}, I_2 = 0,25 \text{ A}$

$R = 4 \Omega, I_1 = 2 \text{ A}, I_2 = 4 \text{ A}$

$R = 18 \Omega, I_1 = 3 \text{ A}, I_2 = 4 \text{ A}$

Ćwiczenie 9



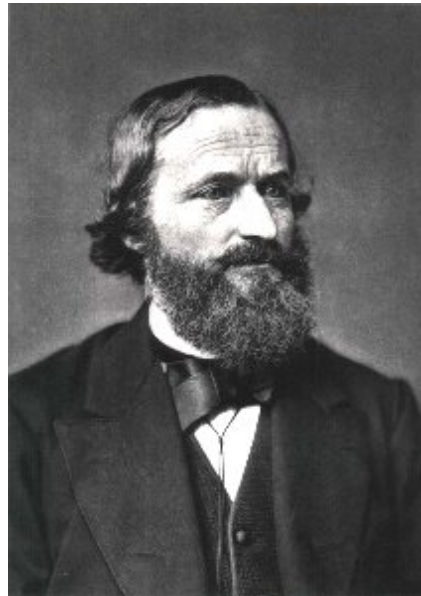
W obwodzie elektrycznym znajduje się dziesięć żarówek o oporze $R = 10 \Omega$ każda oraz bateria o napięciu $U = 4,5 \text{ V}$. Żarówki połączone są równolegle. Zaznacz prawidłowe stwierdzenia.

Natężenie prądu płynącego przez każdą żarówkę jest mniejsze niż $0,5 \text{ A}$.

Opór całkowity wynosi 100Ω .

Napięcie na każdej żarówce jest równe $4,5 \text{ V}$.

Biogram



Gustaw Robert Kirchhoff

Źródło: QWerk, dostępny w internecie: <http://commons.wikimedia.org>.

Gustaw Robert Kirchhoff

1824.03.12 Królewiec – 1887.10.17 Berlin

Niemiecki fizyk o szerokich zainteresowaniach badawczych. Współtwórca analizy spektralnej, czyli określania składu chemicznego (np. mieszaniny pierwiastków) za pomocą analizy światła emitowanego przez substancje o wysokiej temperaturze. W 1845 r. opublikował prawa dotyczące przepływu prądu elektrycznego i tym samym poszerzył odkrycia Georga Ohma.

Słownik

opornik zastępczy

opornik zastępujący oporniki połączone równolegle. Do końców opornika zastępczego przyłożone jest napięcie U ; płynie przez niego prąd o natężeniu I będący sumą natężeń prądów w opornikach połączonych równolegle. Opór zastępczy w połączeniu równoległym oblicza się za pomocą wzoru:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

gdzie R_n opór n -tego opornika, R – opór zastępczy.