



Połączenie szeregowe odbiorników

Połączenie szeregowe odbiorników

Jeszcze do niedawna powszechne były lampki choinkowe, które czasami przestawały świecić, pozornie bez powodu. Najczęściej wystarczyła wymiana przepalonej żarówki, aby cały łańcuch zaczął znów działać. Jeśli chcesz się dowiedzieć, dlaczego tak się dzieje, zapoznaj się z tym materiałem. Poznasz również dwa podstawowe sposoby łączenia odbiorników energii elektrycznej i to, jak płynie prąd w każdym z tych połączeń.



Komora zasilania lampy błyskowej. Połączenie szeregowe się m.in. w urządzeniach zasilanych więcej, niż jedną baterią. Szeregowe połączenie ze sobą ogniw zapewnia źródło o znacznie wyższym napięciu, niż oferuje pojedynczy „paluszek”

Źródło: Jarosław Zachwieja, licencja: CC BY 3.0.

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

- rodzaje źródeł prądu;
- określenie napięcia elektrycznego;
- symbole podstawowych elementów obwodu elektrycznego;
- czym różni się opór elektryczny od oporu właściwego;

- zależność między natężeniem prądu w przewodniku i przyłożonym napięciem;
- obsługę woltomierza oraz amperomierza;
- wpływ parametrów geometrycznych na opór elektryczny przewodnika.

Nauczysz się

- rozpoznawać połączenie szeregowe odbiorników (na schematach i w praktyce);
- posługiwać się zależnościami między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym w połączeniu szeregowym odbiorników;
- rozwiązywać problemy i zadania dotyczące połączenia szeregowego.

Połączenia szeregowe i równoległe

Wspomniane lampki choinkowe są jednym z przykładów połączenia szeregowego odbiorników prądu. Uszkodzenie (przepalenie) jednego z elementów obwodu, np. żarówki, sprawia, że obwód zostaje otwarty, co skutkuje brakiem przepływu prądu. Na ogół w domowych instalacjach elektrycznych stosuje się połączenia równoległe. Wykonaj poniższe ćwiczenie i przekonaj się, jaka jest między nimi różnica.

Ćwiczenie 1



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

Zdanie	Prawda	Fałsz
W połączeniu równoległym żarówki świecą jaśniej (mocniej) niż w połączeniu szeregowym przy tym samym napięciu.	☐	☐
Gdy usuniemy jedną żarówkę połączoną równolegle z innymi, pozostałe świecą nadal.	☐	☐
W połączeniu szeregowym usunięcie jednej żarówki nie wywołuje żadnych zmian.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

W połączeniu szeregowym odłączenie jednej żarówki sprawia, że pozostałe również przestają świecić. Natomiast jeśli odłączymy jedną żarówkę w połączeniu równoległym, pozostałe żarówki nadal będą świecić.

Przyjrzyjmy się dokładniej wartościom napięcia i natężenia prądu płynącego w połączeniu szeregowym.

Doświadczenie 1

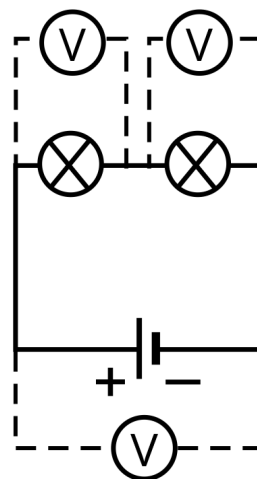
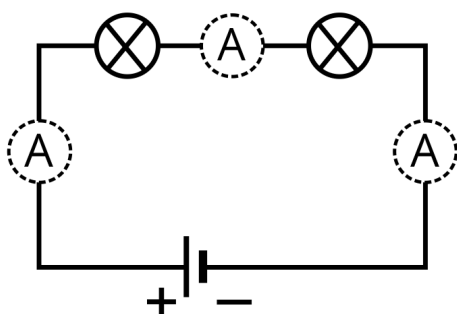
Badanie wartości napięcia i natężenia w obwodzie z opornikami.

Co będzie potrzebne

- przewody elektryczne
- bateria (źródło prądu)
- dwie żarówki lub oporniki
- amperomierz
- woltomierz

Instrukcja

1. Połącz baterię oraz żarówki w jeden obwód za pomocą przewodów. Ważne jest, aby połączenie było szeregowe.
2. Za pomocą amperomierza zmierz natężenie prądu w kilku miejscach w obwodzie (np. przed żarówkami, pomiędzy nimi, za żarówkami).
3. Za pomocą woltomierza zmierz napięcie elektryczne na żarówkach oraz na źródle.



Schematy połączenia obwodu. Przerywanymi liniami zaznaczono miejsca, w których można podłączyć mierniki aby uzyskać prawidłowe wyniki.

Źródło: Magdalena Furmaniak, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

Natężenie prądu między dowolnie wybranymi punktami w obwodzie elektrycznym się nie zmieniało. Napięcie elektryczne w żarówkach było różne, ale łącznie odpowiadało napięciu wytwarzanemu przez źródło. Czyli napięcie w połączeniu szeregowym rozdziela się na odbiorniki.

Wyniki doświadczenia powyżej odnoszą się wyłącznie do obwodów połączonych szeregowo (tak jak np. na rysunkach w przykładach i ćwiczeniach poniżej).

Stwierdziliśmy, że napięcie w połączeniu szeregowym rozdziela się na odbiorniki:

$$U = U_1 + U_2. (1)$$

W obwodzie płynie prąd o natężeniu I . Uwzględnijmy zależność między napięciem a natężeniem:

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

Do równania (1) podstawiamy zależność (2). Otrzymujemy:

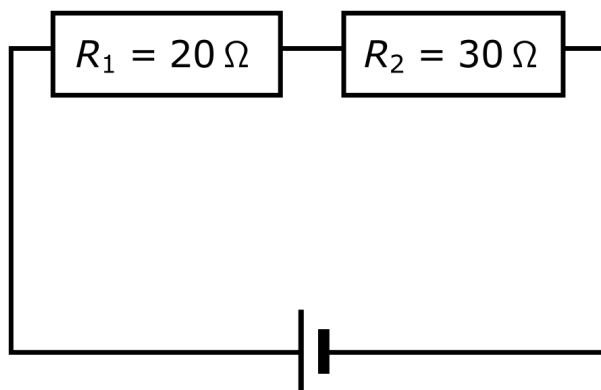
$$I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2. (3)$$

Równanie (3) dzielimy przez I i uzyskujemy wzór na opór całkowity:

$$R = R_1 + R_2. (4)$$

Za pomocą wzoru (4) możemy obliczyć opór całkowity w obwodzie. Aby obliczyć opór całkowity w połączeniu szeregowym, dodajemy do siebie opory wszystkich odbiorników. Opór całkowity nazywany jest też **oporem zastępczym**, ponieważ jeśli zamiast oporników R_1 i R_2 włączymy jeden, ale odpowiadający sumie tych oporów, to natężenie prądu w obwodzie nie ulegnie zmianie.

Ćwiczenie 2



Połączenie szeregowe oporników o oporach $R_1 = 20\ \Omega$ i $R_2 = 30\ \Omega$

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

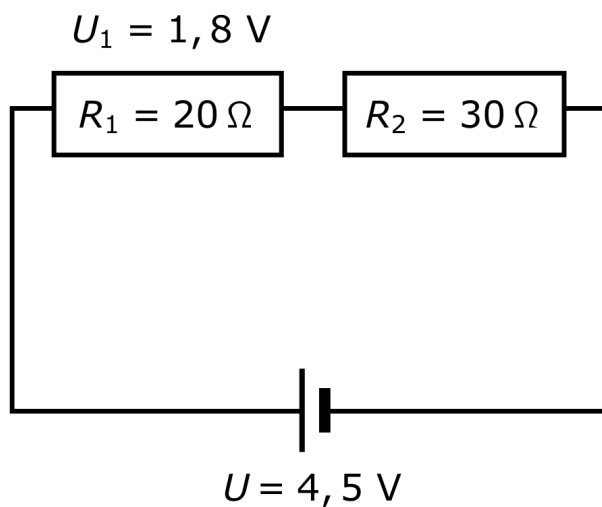
Określ, ile wynosi opór zastępczy oporników połączonych, jak na powyższym schemacie .
Uzupełnij lukę w odpowiedzi, wpisując poprawną wartość.

Odpowiedź: Opór zastępczy tych oporników wynosi Ω .

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Korzystając ze schematu obwodu elektrycznego, oblicz napięcie między końcami opornika o oporze 30Ω .



Jaka jest wartość napięcia na 30-omowym oporniku?

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Zaznacz prawidłową odpowiedź.



☐ 6,3 V

☐ 4,5 V

☐ 1,8 V

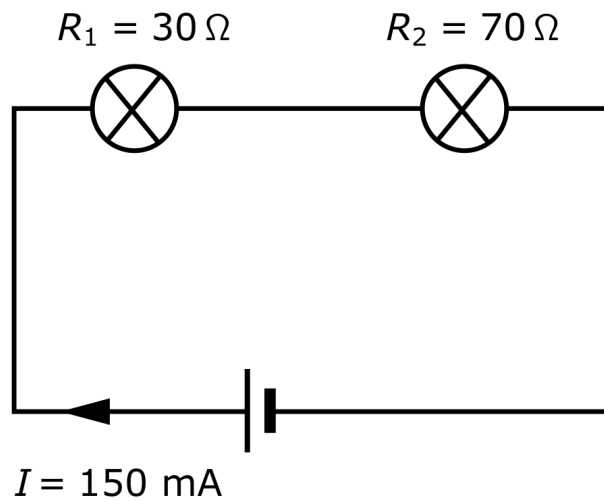
☐ 2,7 V

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Połączenie szeregowe – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Dwie żarówki o oporze $R_1 = 30\Omega$ i $R_2 = 70\Omega$ połączono szeregowo do źródła napięcia tak, że płynął przez nie prąd o natężeniu 150 mA. Oblicz napięcie przyłożone do poszczególnych żarówek i napięcie wytwarzane przez źródło.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Rozwiązanie:

Natężenie prądu płynącego przez poszczególne żarówki jest jednakowe i wynosi 150 mA. Zgodnie z prawem Ohma (po przekształceniu wzoru):

$$U = I \cdot R,$$

czyli:

$$U_1 = I \cdot R_1 \text{ i } U_2 = I \cdot R_2,$$

$$U_{\text{całk}} = U_1 + U_2.$$

Dane:

$$R_1 = 30\ \Omega,$$

$$R_2 = 70\ \Omega,$$

$$I = 150\ \text{mA} = 0,15\ \text{A}.$$

Szukane:

$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U_1 = 0,15\ \text{A} \cdot 30\ \Omega = 4,5\ \text{V},$$

$$U_2 = 0,15 \text{ A} \cdot 70 \Omega = 10,5 \text{ V},$$
$$U_{\text{całk}} = 4,5 \text{ V} + 10,5 \text{ V} = 15 \text{ V}.$$

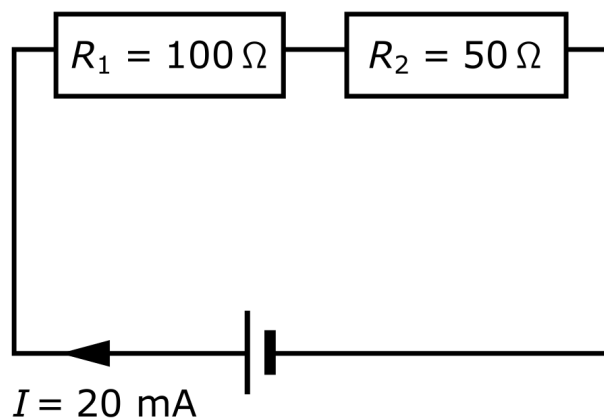
Odpowiedź:

Do pierwszej żarówki przyłożone jest napięcie równe 4,5 V, do drugiej – 10,5 V.

Napięcie wytwarzane przez źródło prądu wynosi 15 V.

Ćwiczenie 4

Dwa odbiorniki o oporach $R_1 = 100\ \Omega$ i $R_2 = 50\ \Omega$ połączono szeregowo tak, że płynął przez nie prąd o natężeniu $I = 20\ \text{mA}$. Oblicz wartości napięcia na każdym odbiorniku oraz napięcie wytwarzane przez źródło prądu.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Uzupełnij luki, wpisując poprawne wartości.



Dane:

$$R_1 = \boxed{}\ \Omega$$

$$R_2 = \boxed{}\ \Omega$$

$$I = \boxed{}\ \text{mA} = \boxed{}\ \text{A}$$

Szukane:

$$U = ?$$

$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$

Wzory:

$$U = I \cdot R$$

$$U = U_1 + U_2$$

Obliczenia:

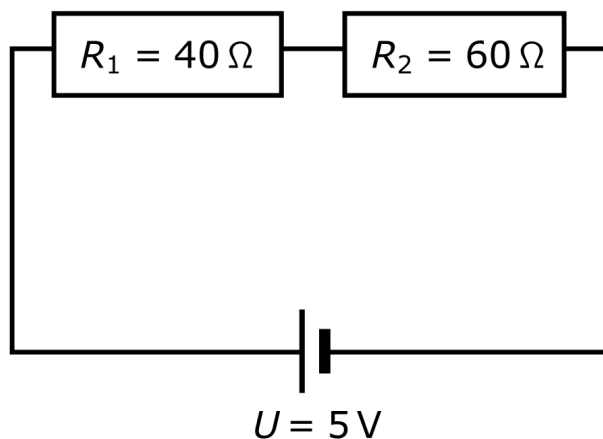
$$U_1 = \boxed{}\ \text{A} \cdot \boxed{}\ \Omega = \boxed{}\ \text{V}$$

$$U_2 = \boxed{}\ \text{A} \cdot \boxed{}\ \Omega = \boxed{}\ \text{V}$$

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

Przykład 2

Oporniki o oporach $R_1 = 40\Omega$ i $R_2 = 60\Omega$ połączono szeregowo i podłączono do układu o napięciu 5 V . Oblicz natężenie prądu płynącego w obwodzie.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Dane:

$$R_1 = 40\Omega,$$

$$R_2 = 60\Omega,$$

$$U = 5\text{ V}.$$

Szukane:

$$I = ?$$

Wzory:

$$U = I \cdot R / : R,$$

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

$$R = R_1 + R_2.$$

Obliczenia:

$$R = 40\Omega + 60\Omega = 100\Omega,$$

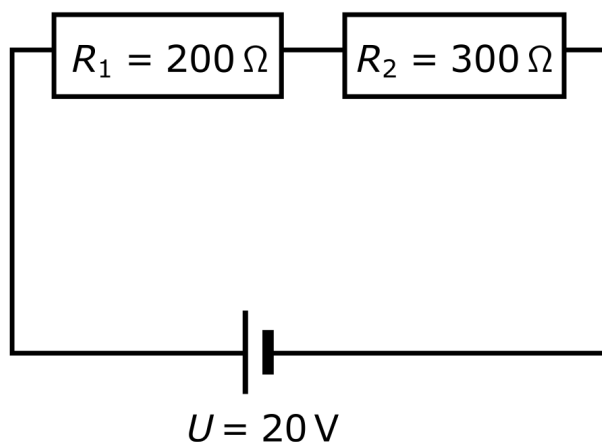
$$I = \frac{5\text{ V}}{100\Omega} = 0,05\text{ A}.$$

Odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu $0,05\text{ A}$.

Ćwiczenie 5

Oporniki o oporach $R_1 = 200\ \Omega$ i $R_2 = 300\ \Omega$ połączono szeregowo i do układu przyłączono napięcie $U = 20\text{ V}$. Oblicz natężenie prądu w obwodzie.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Uzupełnij luki, wpisując poprawne wartości.



Zależności:

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

$$R = R_1 + R_2$$

Dane:

$$R_1 = \boxed{}\ \Omega$$

$$R_2 = \boxed{}\ \Omega$$

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

Szukane:

$$I = ?$$

Obliczenia

$$R = \boxed{}\ \Omega + \boxed{}\ \Omega = \boxed{}\ \Omega$$

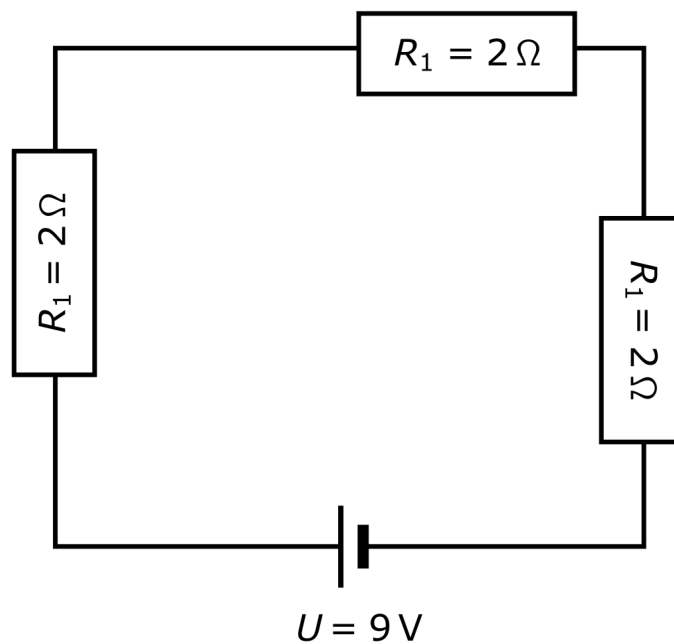
$$I = \boxed{}\text{ V} : \boxed{}\ \Omega = \boxed{}\text{ A}$$

Odpowiedź: W obwodzie płynie prąd o natężeniu $\boxed{}\text{ A}$.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3

W obwodzie elektrycznym znajdują się trzy oporniki o oporze 2Ω każdy oraz bateria o napięciu 9 V . Wszystkie oporniki oraz bateria są połączone szeregowo. Oblicz natężenie prądu w obwodzie oraz napięcie między końcami poszczególnych oporników.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Wzory:

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

$$R = 3 \cdot R_1,$$

$$U = 3 \cdot U_1.$$

Dane:

$$R_1 = 2\Omega,$$

$$U = 9\text{ V}$$

Szukane:

$$U_1 = ?$$

$$I = ?$$

Obliczenia:

$$R = 3 \cdot 2\Omega = 6\Omega,$$

$$I = \frac{9V}{6\Omega} = 1,5A,$$

$$U_1 = 1,5A \cdot 2\Omega = 3V.$$

Odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu $1,5A$, a napięcie między końcami każdego opornika wynosi $3V$.

Ćwiczenie 6

Sto jednakowych lampek choinkowych połączono szeregowo i podłączono pod napięcie $230V$. Opór każdej żarówki wynosi $R = 2\Omega$.

Uzupełnij puste miejsca, wpisując odpowiednie liczby.

Natężenie prądu w obwodzie jest równe A.

Napięcie między końcami każdej żarówki wynosi V.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- W połączeniu szeregowym przez zamknięty obwód elektryczny płynie prąd o natężeniu I . Jest ono jednakowe w każdym miejscu obwodu szeregowego.
- Napięcie między końcami układu szeregowego oporników jest równe sumie napięć między końcami każdego z nich.
- Opór całkowity (zastępczy) w połączeniu szeregowym jest sumą oporów poszczególnych odbiorników: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

Polecenie 1

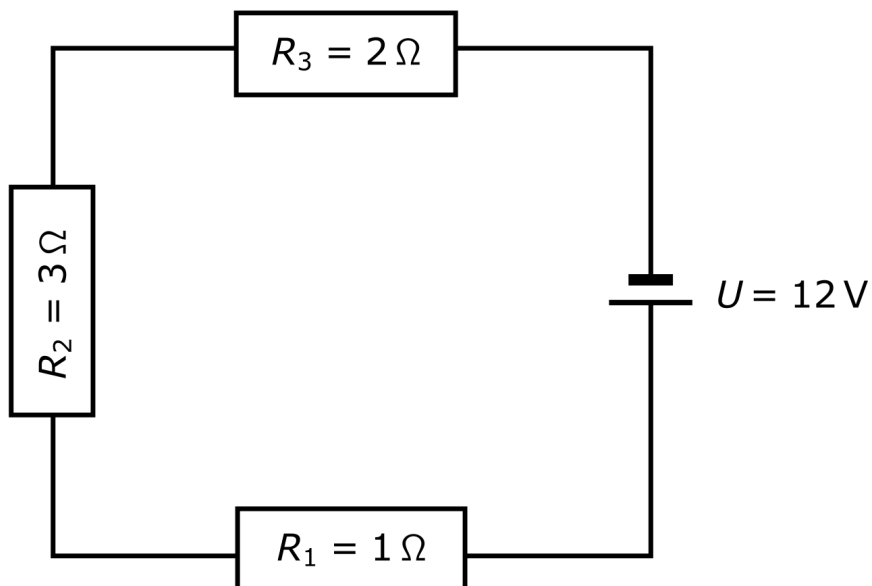
Poszukaj w domu zestawu oświetlenia choinkowego.

1. Sprawdź, jak połączono lampki (szeregowo czy równolegle). Opisz i uzasadnij swoją metodę badawczą.
2. Na opakowaniu (lub urządzeniu sterującym lampkami) poszukaj informacji, do jakiego maksymalnego napięcia można podłączyć oświetlenie choinkowe i jakie może być maksymalne natężenie płynącego w nich prądu. Następnie zanotuj te wielkości i oblicz opór całkowity.
3. Sprawdź na opakowaniu, z ilu żarówek składa się łańcuch. Oblicz opór jednej żarówki przy założeniu, że lampki połączone są szeregowo.

Ćwiczenie 7



Na rysunku przedstawiono schemat połączenia trzech oporników.



Jaki będzie opór zastępczy takiego układu?

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Uzupełnij luki w zdaniach podanymi wartościami. Kliknij w lukę, aby rozwinąć listę i wybierz poprawną odpowiedź w każdym przypadku.

Łączny opór oporników wynosi . Natężenie prądu płynącego w tym obwodzie jest równe .

- 2 V
- 6 Ω
- 12 A
- 6 A
- 6 V
- 2 A
- 2 Ω
- 4 A

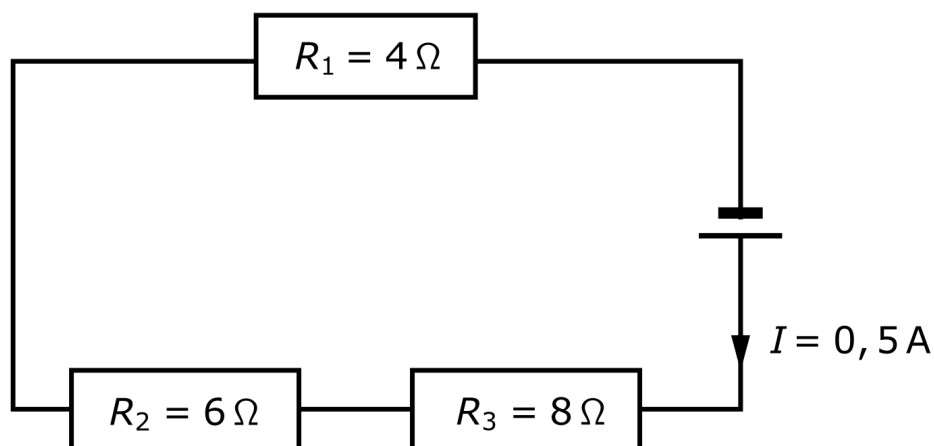
Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 8



Na rysunku przedstawiono schemat połączenia trzech oporników.



Jakie będzie napięcie na każdym z oporników?

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Oceń, czy poniższe zdania są prawdziwe czy fałszywe. Zaznacz zdanie prawdziwe.

☐ Napięcie na kolejnych odbiornikach wynosi: $U_1 = 8\text{ V}$, $U_2 = 12\text{ V}$, $U_3 = 16\text{ V}$

☐ Napięcie wytwarzane przez baterię jest równe $U = 36\text{ V}$

☐ Napięcie na kolejnych odbiornikach wynosi: $U_1 = 2\text{ V}$, $U_2 = 3\text{ V}$, $U_3 = 4\text{ V}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9



Oporniki o oporach $R_1 = 400\Omega$ i $R_2 = 200\Omega$ połączono szeregowo i podłączono pod napięcie $U = 30\text{ V}$. Ile wynosi opór całkowity obwodu i natężenie prądu? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $R = 200\Omega, I = 50\text{ mA}$

☐ $R = 200\Omega, I = 500\text{ mA}$

☐ $R = 600\Omega, I = 500\text{ mA}$

☐ $R = 600\Omega, I = 50\text{ mA}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10



W obwodzie elektrycznym znajduje się dwadzieścia żarówek o oporze $R_1 = 3\Omega$ każda oraz bateria o napięciu $U = 12\text{ V}$. Żarówki połączone są szeregowo.

Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe. Zaznacz wszystkie stwierdzenia prawdziwe.

☐ Napięcie na każdej żarówce ma taką samą wartość

☐ Napięcie na każdej żarówce jest równe 4 V

☐ Natężenie prądu w obwodzie wynosi $0,2\text{ A}$

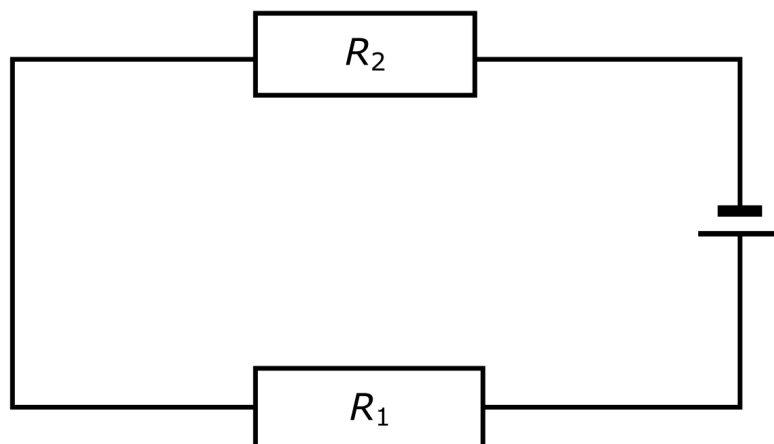
☐ Opór całkowity wynosi 60Ω

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 11



Na rysunku przedstawiono schemat połączenia dwóch oporników $R_1 < R_2$.



Jak połączone są te dwa oporniki?

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Oceń prawdziwość każdego zdania. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Oporniki R_1 i R_2 są połączone szeregowo	☐	☐
Napięcia na opornikach R_1 i R_2 spełniają zależność $U_1 < U_2$	☐	☐
Natężenia prądu I_1 oraz I_2 płynące przez oporniki R_1 i R_2 spełniają zależność $I_1 < I_2$	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.