



Jak zdefiniować opór zastępczy?

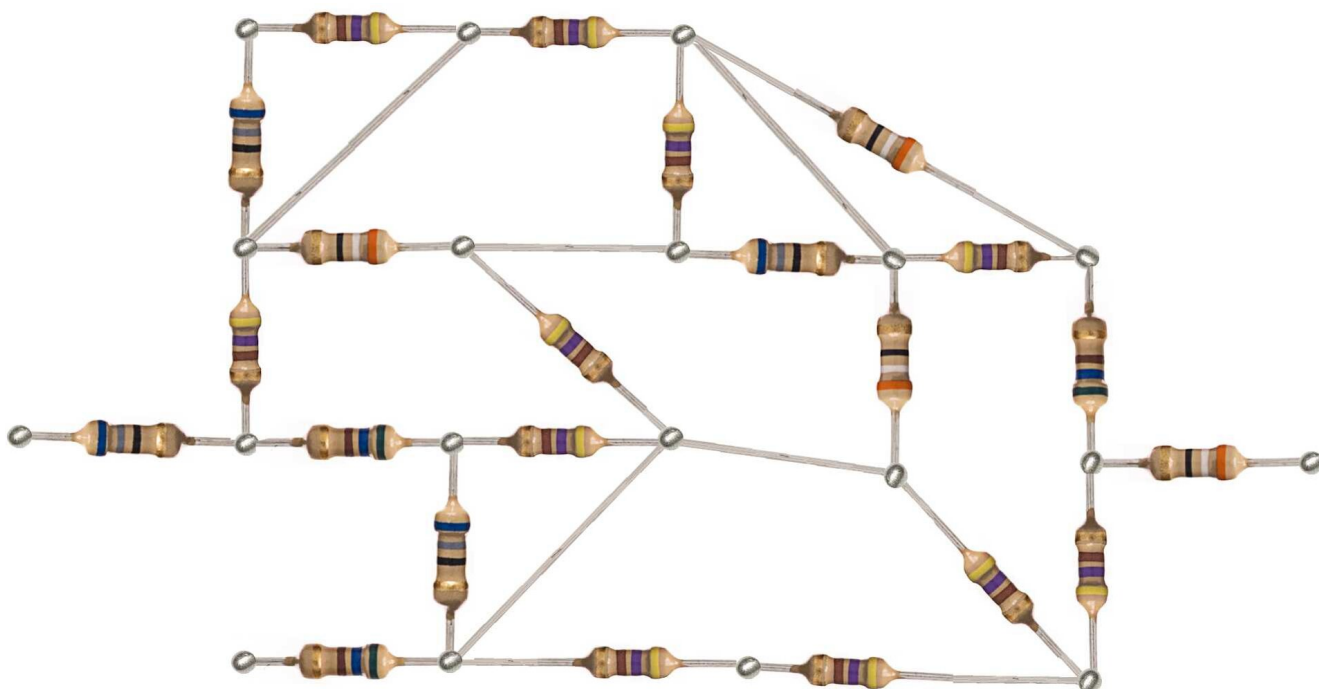
- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Jak zdefiniować opór zastępczy?

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

Czy to nie ciekawe?

Patrząc na niektóre schematy elektryczne można by pomyśleć: „ale skomplikowana plątanka oporników”. Na szczęście, każdy taki „węzeł gordyjski” da się rozwiązać, stosując pojęcie oporu zastępczego. W tym e-materiale dowiesz się, jak to zrobić. Zapraszamy!



Rys. a. Dostać coś takiego na sprawdzianie? Brrr...

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

Twoje cele

W tym materiale:

- poznasz definicję oporu zastępczego,
- zrozumiesz, jak wyznacza się go w wybranych przypadkach,
- przeanalizujesz różne sytuacje, w których można wykorzystać pojęcie oporu zastępczego,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań pojęciowych i rachunkowych.

Przeczytaj

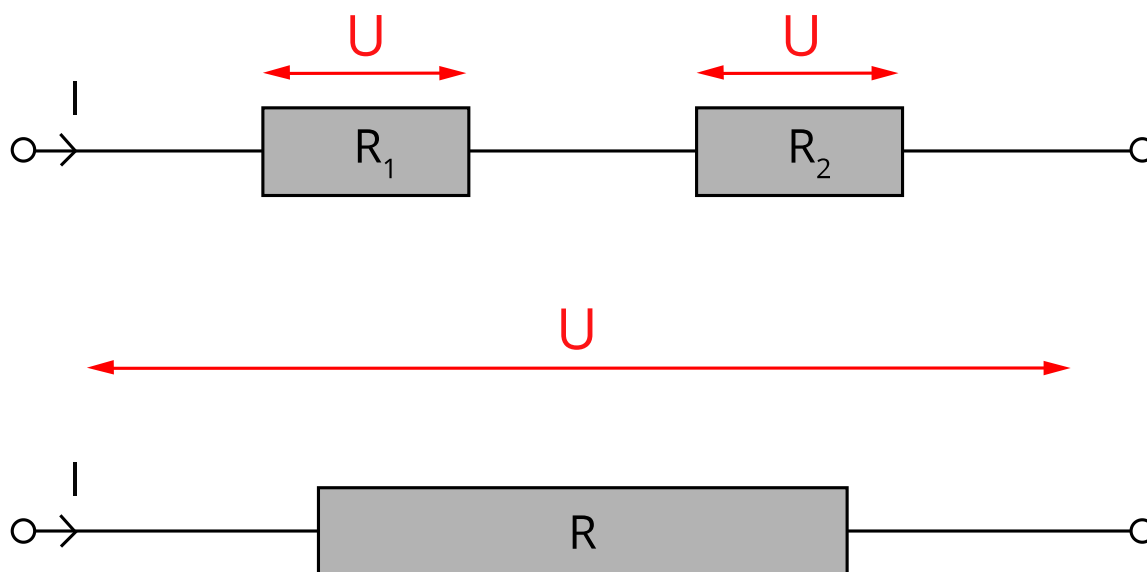
Warto przeczytać

Opór zastępczy, jak sama nazwa wskazuje, ma zastępować skomplikowany układ oporników jednym opornikiem o odpowiednio wyliczonej wartości. Zastępowanie jednych połączeń elementów innymi może się odbyć tylko wówczas, gdy parametry obwodu nie zmienią się. Innymi słowy, gdy na wejściu i wyjściu rozważanych układów zostaną zachowane te same napięcia i natężenia prądów.

Rozważmy dwa najprostsze sposoby połączeń oporników i wyznaczmy opór zastępczy w tych przypadkach.

Połączenie szeregowe

Rozważmy układ dwóch oporników przedstawiony na Rys. 1.



Rys. 1. Opór zastępczy dwóch oporników połączonych szeregowo.

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

Posługując się **prawami Kirchhoffa**, możemy stwierdzić:

1. przez oporniki R_1 i R_2 płynie ten sam prąd, o natężeniu I ,
2. spadek napięcia na układzie oporników (U) jest równy sumie spadków napięć na poszczególnych opornikach (U_1 i U_2), przy czym:

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2$$

Na podstawie **prawa Ohma**, obliczmy więc wartość oporu zastępczego R , który będzie miał te same parametry elektryczne, co zastępowany układ oporników (panuje na nim napięcie U , przepływa prąd o natężeniu I):

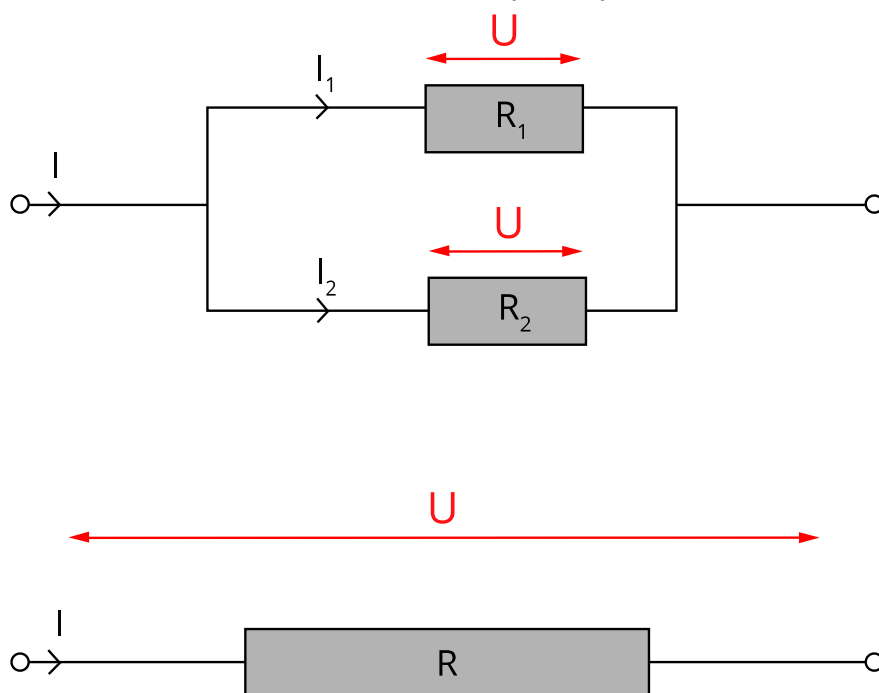
$$R = \frac{U}{I} = \frac{IR_1 + IR_2}{I} = R_1 + R_2 \quad (2)$$

Łatwo zauważyć, że wzór w tej samej postaci obowiązuje dla dowolnej liczby połączonych szeregowo oporników, czyli

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (3)$$

Połączenie równoległe

Rozważmy układ dwóch oporników przedstawiony na Rys. 2.



Rys. 2. Opór zastępczy dwóch oporników połączonych równoległe.

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

Posługując się prawami Kirchhoffa, możemy stwierdzić:

1. suma natężeń prądów przepływających przez oporniki R_1 i R_2 jest równa natężeniu prądu wpływającego do zastępowanego układu, czyli

$$I = I_1 + I_2 \quad (4)$$

2. napięcie panujące na obu opornikach jest takie samo (lewe strony mają taki sam potencjał, prawe strony mają taki sam potencjał), równe napięciu panującemu na całym układzie.

Na podstawie prawa Ohma, wykorzystując związek (4), obliczmy wartość oporu zastępczego R , który będzie miał te same parametry elektryczne, co zastępowany układ oporników:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} .$$

(5)

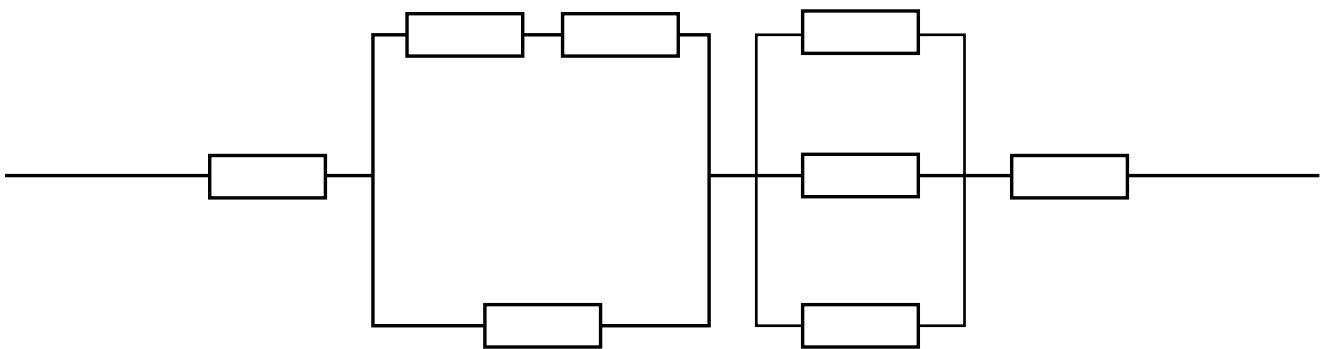
Łatwo zauważyć, że wzór w tej samej postaci obowiązuje dla dowolnej liczby połączonych równolegle oporników, czyli

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

(6)

Inne rodzaje połączeń oporników

Istnieją kombinacje połączeń szeregowych i równoległych oporników lub całych ich grup. Przykład pokazano na Rys. 3.

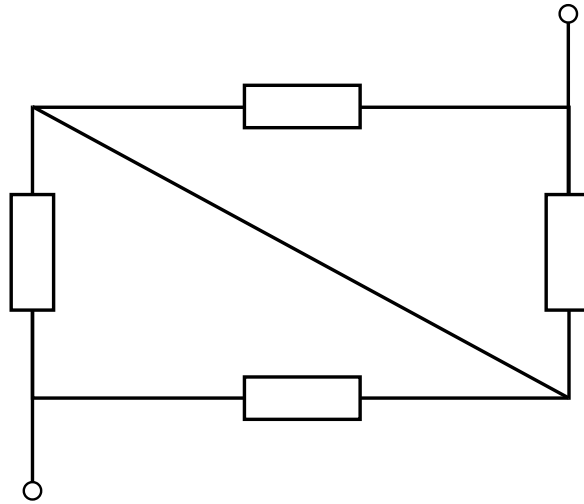


Rys. 3. Układ oporników, w którym oporniki lub ich grupy połączone są szeregowo lub równolegle.

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

W takich przypadkach można zastosować wzory, które wyprowadziliśmy powyżej.

Oporniki mogą być także połączone w taki sposób, że nie stanowi to połączenia ani szeregowego ani równoległego. Przykład pokazano na Rys. 4.



Rys. 4. Przykład obwodu, w którym żaden z oporników nie jest połączony z drugim ani szeregowo ani równolegle.

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

W każdym takim przypadku, można zastosować opisaną we wstępie definicję oporu zastępczego i korzystając z praw Kirchhoffa, wyznaczyć napięcie panujące na końcach badanego układu oraz natężenie prądu wypływającego lub wpływającego z niego.

Słowniczek

opór zastępczy

(ang. *equivalent resistance*) - opór wypadkowy danej sieci oporników. Jeśli sieć oporników w danym obwodzie zastąpimy pojedynczym opornikiem o oporze zastępczym, żadne napięcia i natężenia prądu w obwodzie nie ulegną zmianie.

prawo Ohma

(ang. (*Ohm's law*)) - podstawowe prawo obwodów elektrycznych głoszące, że natężenie prądu I płynącego przez przewodnik jest proporcjonalne do napięcia U przyłożonego do jego końców. Wzór na prawo Ohma to: $U = R \cdot I$.

prawa Kirchhoffa

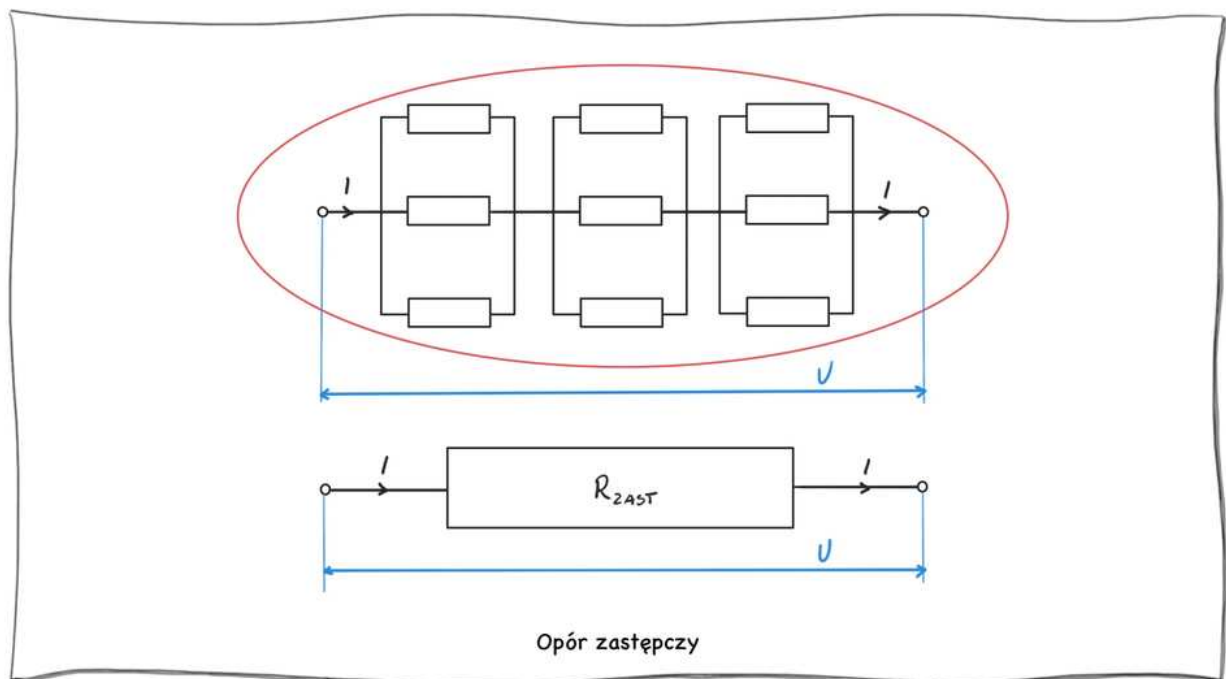
(ang. *Kirchhoff's circuit laws*) - umożliwiają określenie wartości i kierunków prądów w obwodach elektrycznych. I prawo mówi, że suma natężeń prądów wpływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła. II prawo mówi, że w zamkniętym obwodzie suma spadków napięć na oporach równa jest sumie sił elektromotorycznych występujących w tym obwodzie.

Film samouczek

Jak zdefiniować opór zastępczy?

Film samouczek przedstawia definicję oporu zastępczego układu oporników oraz pokazuje, jak ją zastosować w kilku typowych przypadkach. Po jego obejrzeniu, łatwo zrozumieć, jak skomplikowany układ oporników można zastąpić jednym oporem – zastępczym.

Trwa wczytywanie danych ..

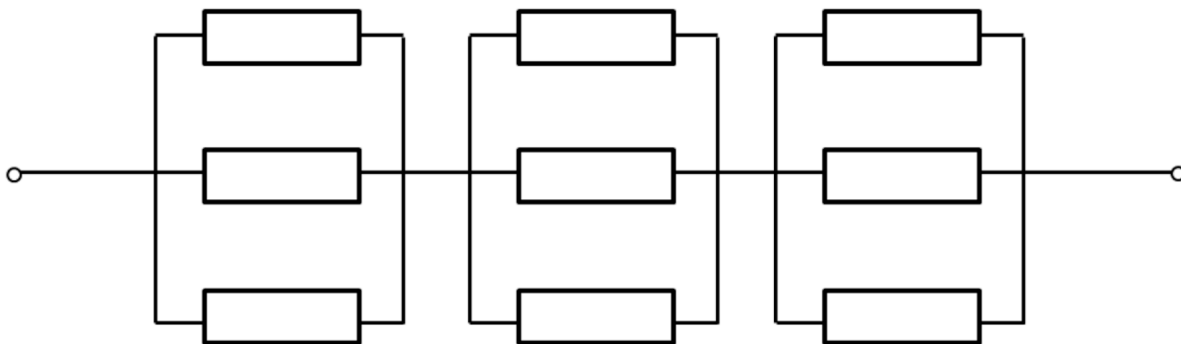


Film dostępny pod adresem </preview/resource/Ri0GBKU7CeUdQ>.

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

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1



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

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



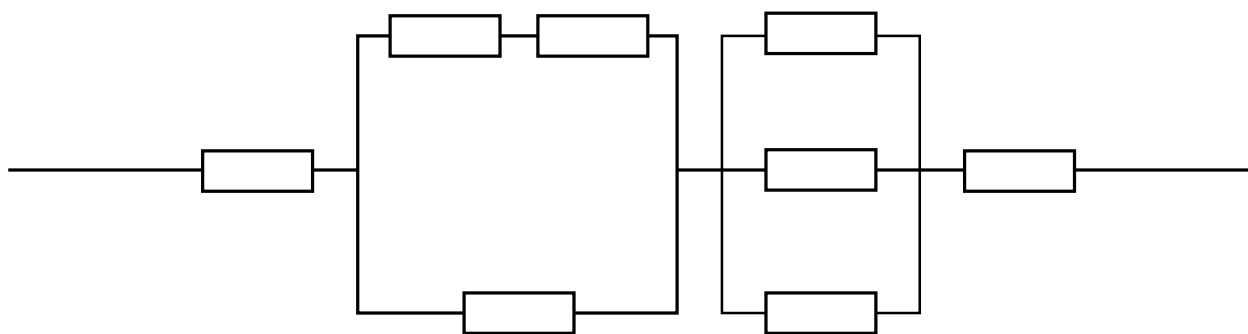
Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



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

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

Zaznacz wszystkie schematy, które mają opór zastępczy taki sam, jak pokazany na rysunku powyżej, schemat z części „Warto przeczytać”. Jeśli nie zaznaczono inaczej, wszystkie oporniki mają jednakową wartość, równą R .

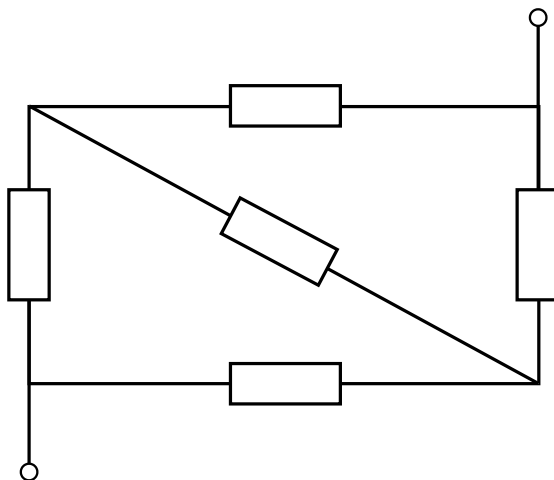
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

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

Ćwiczenie 5



Oblicz opór zastępczy pokazanego na rysunku układu oporników, zamieszczonego w części „Warto przeczytać”. Wartość każdego opornika wynosi $R = 10 \Omega$.

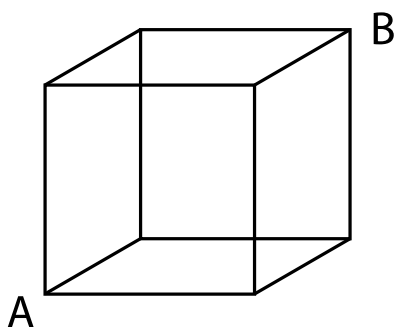


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>

Ćwiczenie 6



Z drutu oporowego zbudowano sześcian taki, jak na rysunku, którego każda krawędź ma opór $R = 12 \Omega$. Oblicz opór zastępczy pomiędzy punktami A i B .



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

Ćwiczenie 7

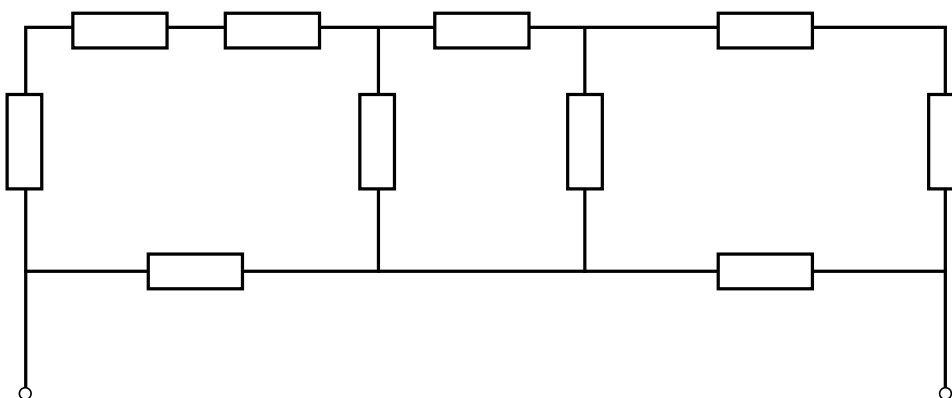


Jesteś w pracowni fizycznej, wyposażonej we wszelkie potrzebne urządzenia zasilające i pomiarowe. Masz przed sobą układ, składający się z kilkuset oporników połączonych szeregowo i równolegle. Do wykonania eksperymentu musisz znać jego opór zastępczy. Jak możesz go wyznaczyć? Porównaj swoją propozycję z zawartą w odpowiedzi.

Ćwiczenie 8



Gdy układ oporników, przedstawiony na rysunku poniżej, podłączono do źródła napięcia o sile elektromotorycznej 24 V i oporze wewnętrznym 0,1 Ω , napięcie na zaciskach źródła zmalało o 1 V. Oblicz opór zastępczy tego układu oporników.



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

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak zdefiniować opór zastępczy?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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.</p> <p>VIII. Prąd elektryczny. Uczeń:</p> <p>13) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. zdefiniuje opór zastępczy; 2. wyznaczy go w wybranych przypadkach; 3. przeanalizuje różne sytuacje, w których można wykorzystać pojęcie oporu zastępczego; 4. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań pojęciowych i rachunkowych.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	burza mózgów, decyzyjna, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	film samouczek, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: Jak zdefiniować opór zastępczy?
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Zaciekawienie uczniów wg części „Czy to nie ciekawe?”</p> <p>Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji.</p> <p>Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów (jak wygląda prawo Ohma, jak brzmią prawa Kirchhoffa) i nawiązanie do tej wiedzy: metodologia rozwiązywania skomplikowanych problemów poprzez podział ich na mniejsze.</p>	
Faza realizacyjna:	
<p>Nauczyciel przedstawia bardzo skomplikowany układ oporników (np. potrójny układ z części „warto przeczytać”) i zadaje pytanie: jak wyznaczyć opór elektryczny takiego układu?</p> <p>Odbywa się burza mózgów – uczniowie mogą zgłaszać dowolne pomysły lub skojarzenia związane z problemem, dotyczące zarówno procedury rozwiązywania problemu, jak praw fizyki znajdujących tu zastosowanie. Następnie, nauczyciel lub wybrany uczeń prowadzi dyskusję nad sposobem uporządkowania pomysłów tak, by problem podzielić na mniejsze pod-problemy (np. połączenie szeregowo, równoległe, grupowanie oporników, korzystanie z praw Kirchhoffa itp.). Powstaje tyle grup, ile pod-problemów. Uczniowie starają się je rozwiązać, a potem zaprezentować pozostałym. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i podpowiedzi.</p> <p>Jeżeli nie padło to wcześniej, nauczyciel prosi o intuicyjne zdefiniowanie pojęcia „opór zastępczy”. W oparciu o nie i o dokonania grup, powstaje rozwiązanie problemu, poprzez stopniowe upraszczanie obwodu.</p> <p>Następuje wyciągnięcie wniosków z dociekań na lekcji.</p>	

Faza podsumowująca:

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 zapoznanie się z e-materiałem oraz rozwiązanie zadań 1 - 5. Zadania 6-8 są nieobowiązkowe – rozszerzają wiedzę, a ich samodzielne rozwiązanie jest podstawą do uzyskania oceny celującej.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Film samouczek może zostać wykorzystany jako podsumowanie lekcji lub wprowadzenie do tematu. Może być także rozszerzeniem wiadomości na temat praw Kirchhoffa.