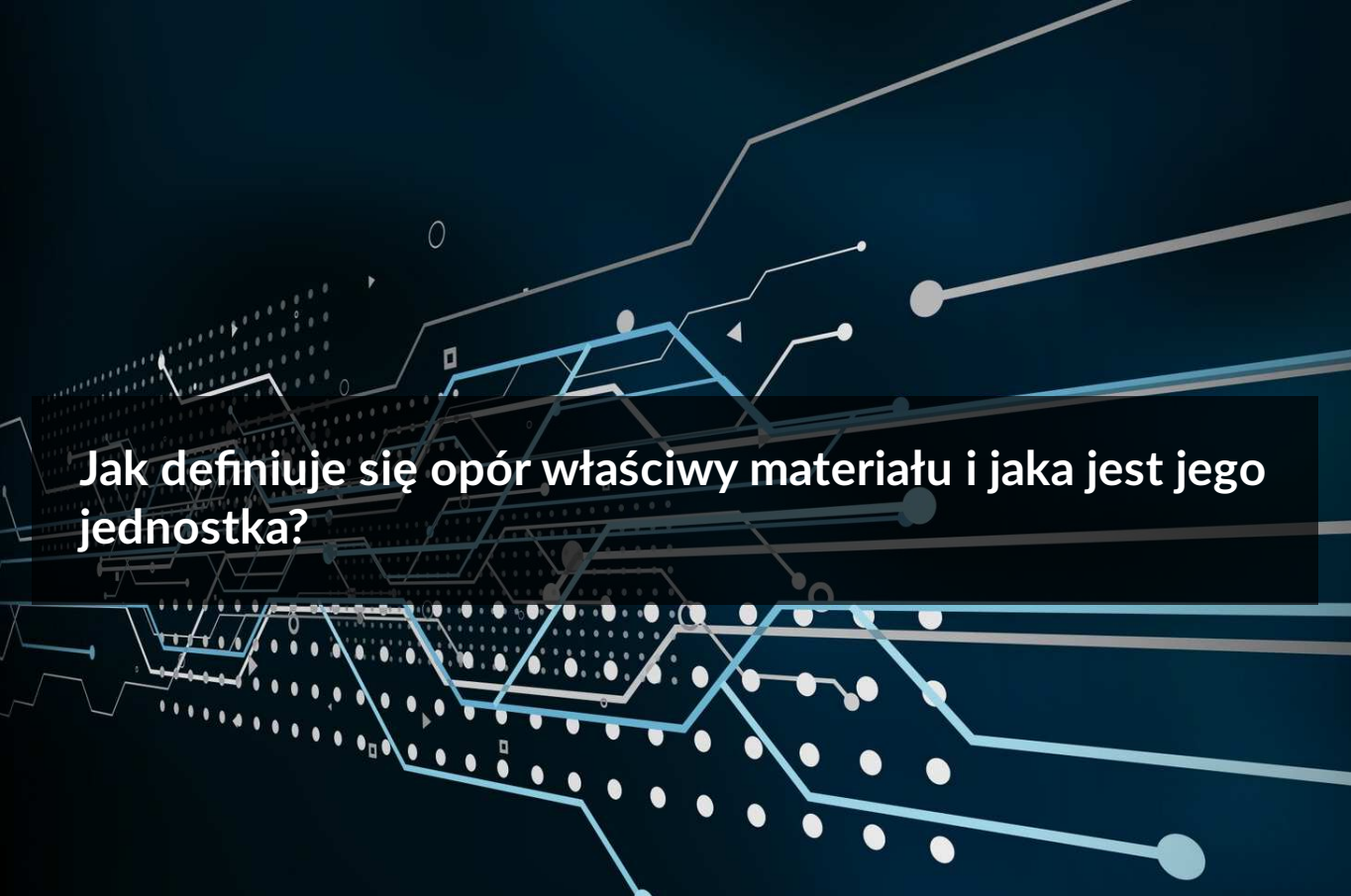




Jak definiuje się opór właściwy materiału i jaka jest jego jednostka?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak definiuje się opór właściwy materiału i jaka jest jego jednostka?

Źródło: dostępny w internecie: <https://lovepik.com/image-605724391/blue-big-data-internet-banner-poster-background.html> [dostęp 11.07.2022].

Czy to nie ciekawe?

Właściwości materiałów związane z przewodzeniem prądu elektrycznego są bardzo różne. Wprowadzono więc wielkość fizyczną charakteryzującą ciała pod tym względem i nadano jej nazwę **oporu właściwego**. Jego rozpiętość liczbowa w przyrodzie jest ogromna: od $10^{-8} \Omega\text{m}$ (a nawet od $0 \Omega\text{m}$ uwzględniając nadprzewodniki) do $10^{17} \Omega\text{m}$. Zapraszamy do zapoznania się ze szczegółami.



Rys. a. Szkło wykonane ze stopionego kwarcu ma jeden z najwyższych oporów właściwych rzędu $10^{17} \Omega\text{m}$.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/es/photos/cristal-de-roca-claro-a-blanco-1603423/> [dostęp 11.07.2022].

Twoje cele

- dowiesz się, co to jest opór właściwy materiału i jak się go definiuje,
- poznasz jednostkę oporu właściwego,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów pojęciowych, rachunkowych i doświadczalnych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Gdy do końców jakiegokolwiek ciała przyłożymy napięcie elektryczne U , przepłynie przez nie prąd. Natężenie tego prądu I może być bardzo duże lub praktycznie niezauważalne. Wielkość charakteryzującą reakcję ciała na przyłożone napięcie, czyli relację między tym napięciem a płynącym prądem nazywamy **oporem elektrycznym** albo **rezystancją** i definiujemy wzorem:

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

Wzór ten oznacza, że jeżeli po przyłożeniu stałego napięcia do elementu, płynący przezeń prąd ma dużą wartość natężenia, opór elektryczny tego elementu jest mały. I odwrotnie: małe natężenie prądu w odpowiedzi na przyłożenie napięcia oznacza, że element „stawia duży opór elektryczny”.

Opór elektryczny każdego przewodzącego ciała stałego zależy zarówno od materiału, z którego zostało ono wykonane, jak i od jego kształtu. Na przykład, im większe jest pole przekroju poprzecznego przewodnika, tym więcej elektronów przepłynie w jednostce czasu, a więc tym mniejszy będzie jego opór elektryczny. Z kolei im dłuższy jest przewodnik, tym większe są straty energii każdego elektronu przy przemieszczaniu się z jednego końca przewodnika na drugi, a więc tym większy jest jego opór elektryczny. Więcej na ten temat znajdziesz w e-materiale nr 570 „Badanie zależności oporu od wymiarów przewodnika”.

Powyższe zależności można wyrazić wzorem:

$$R \sim \frac{l}{S},$$

gdzie R oznacza opór przewodnika, l jego długość, a S pole przekroju poprzecznego.

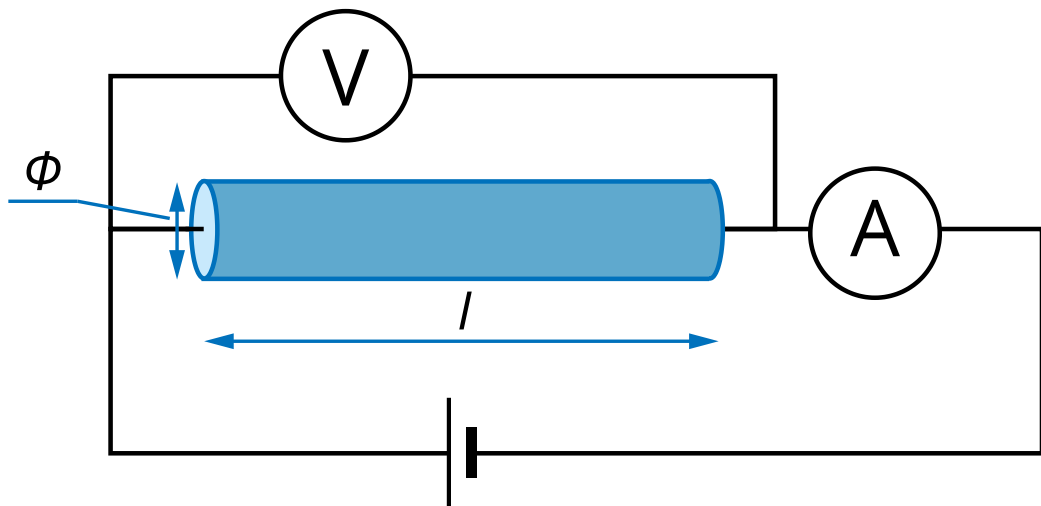
Współczynnik proporcjonalności w tym wzorze jest własnością materiału, z którego wykonano przewodnik i nazywa się **oporem właściwym** lub **rezystywnością**. Zwykle oznacza się go grecką literą ρ . Powyższy wzór można więc zapisać w postaci:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Wzór ten definiuje **opór właściwy** materiału i może zostać przekształcony do postaci:

$$\rho = R \frac{S}{l},$$

która może posłużyć do doświadczalnego wyznaczania tej wielkości fizycznej dla badanego materiału.



Rys. 1. By określić opór właściwy materiału musimy zmierzyć jego długość l , średnicę przekroju ϕ , a także zmierzyć natężenie prądu A płynącego przez niego po przyłożeniu do jego końców napięcia U .

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

Na podstawie tego wzoru łatwo też wyznaczyć jednostkę **oporu właściwego**. Jest nią $\Omega \cdot m$.

Tabela rezystywności niektórych substancji (w temp. 20 °C)

materiał	rezystywność [$\Omega \cdot m$]
srebro	$1,59 \cdot 10^{-8}$
miedź	$1,68 \cdot 10^{-8}$
złoto	$2,44 \cdot 10^{-8}$
glin	$2,82 \cdot 10^{-8}$
wolfram	$5,60 \cdot 10^{-8}$
cynk	$5,90 \cdot 10^{-8}$
kobalt	$6,24 \cdot 10^{-8}$
nikiel	$6,99 \cdot 10^{-8}$
kadm	$7,27 \cdot 10^{-8}$

materiał	rezystywność [$\Omega \cdot m$]
żelazo	$10,0 \cdot 10^{-8}$
platyna	$10,6 \cdot 10^{-8}$
cyna	$10,9 \cdot 10^{-8}$
ołów	$22,0 \cdot 10^{-8}$
szkło zwyczajne	$5 \cdot 10^{11}$
porcelana	$3 \cdot 10^{12}$
guma	około 10^{13}
ebonit	10^{15}
siarka	10^{15}
szkło kwarcowe	10^{17}

Odwrotnością oporu właściwego jest **przewodnictwo elektryczne właściwe**, zwane także **konduktywnością** danego materiału, oznaczana zwykle literą σ :

$$\sigma = \frac{1}{\rho}.$$

Jest to wielkość proporcjonalna do ładunku, koncentracji oraz ruchliwości nośników prądu i dlatego często używa się jej w chemii do wyznaczania składu jonowego roztworów.

Powyższe rozważania odnoszą się do materiałów, które są jednorodne i **izotropowe**, czyli ich własności związane z przepływem prądu są takie same w całej objętości i we wszystkich kierunkach.

Słowniczek

izotropowość materiału

(*gr.: isos 'równy, jednakowy'; trópos 'zwrot, obrót'; ang.: isotropy*) niezależność właściwości fizycznych materiału od kierunku, w którym są mierzone.

konduktywność (przewodnictwo elektryczne właściwe)

(*ang.: conductivity*) odwrotność rezystywności, wielkość charakteryzująca przewodnictwo elektryczne materiału.

opór elektryczny (rezystancja)

(*ang.: resistance*) współczynnik proporcjonalności określający relację pomiędzy napięciem przyłożonym na końcach elementu a natężeniem przepływającego prądu

prądu, dla obwodów prądu stałego.

opór właściwy (rezystywność)

(*ang.: specific resistance*) właściwość materiału opisująca przewodzenie prądu elektrycznego, wyrażana w jednostkach om·metr ($\Omega\cdot\text{m}$).

Film samouczek

Jak definiuje się opór właściwy materiału i jaka jest jego jednostka?

Poniższy film wyjaśnia pojęcie oporu właściwego i przedstawia jego jednostkę.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DYpQxv3pi>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Przeprowadź małe śledztwo i odkryj, jaki związek z tematem powyższego filmu ma niemiecki inżynier Werner Siemens.

Polecenie 2

Jak zmieni się opór przewodnika, jeśli w jego lewej połowie podwoimy pole przekroju poprzecznego, a w prawej - dwukrotnie zmniejszymy?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dwa przewodniki o tych samych wymiarach wykonano z różnych materiałów, jeden z miedzi, a drugi z żelaza. Ile razy opór przewodnika miedzianego jest mniejszy niż żelaznego? Potrzebne dane odczytaj z tabeli, a wynik zaokrąglaj do jednej cyfry znaczącej.

Tab. 1. Wartość rezystywności niektórych substancji (w temp. 20 °C)

materiał	rezystywność [$\Omega \cdot m$]
srebro	$1,59 \cdot 10^{-8}$
miedź	$1,68 \cdot 10^{-8}$
złoto	$2,44 \cdot 10^{-8}$
glin	$2,82 \cdot 10^{-8}$
wolfram	$5,60 \cdot 10^{-8}$
cynk	$5,90 \cdot 10^{-8}$
kobalt	$6,24 \cdot 10^{-8}$
nikiel	$6,99 \cdot 10^{-8}$
kadm	$7,27 \cdot 10^{-8}$
żelazo	$10,0 \cdot 10^{-8}$
platyna	$10,6 \cdot 10^{-8}$
cyna	$10,9 \cdot 10^{-8}$
ołów	$22,0 \cdot 10^{-8}$
szkło zwykcyjne	$5 \cdot 10^{11}$
porcelana	$3 \cdot 10^{12}$
guma	około 10^{13}
ebonit	10^{15}
siarka	10^{15}

Odpowiedź:

Ćwiczenie 2



Jaki jest opór elektryczny przewodu linii energetycznej o polu przekroju poprzecznego 140 mm^2 wykonanego z aluminium (glinu), przesyłającej prąd z Bełchatowa do Piotrkowa Trybunalskiego, na odległość 25 km? Potrzebne dane odczytaj z tabeli nr 1. Podaj dwie cyfry znaczące wyniku.

Odp.: Ω

Ćwiczenie 3



Metale mają bardzo mały opór właściwy, rzędu $10^{-8} \Omega \text{m}$, a izolatory bardzo duży, powyżej $10^{10} \Omega \text{m}$. Jaka jest przyczyna tej różnicy?



Tylko w metalach występują najmniejsze możliwe nośniki ładunku, czyli elektrony.



W metalach jest bardzo dużo elektronów swobodnych, które mogą być nośnikami prądu, a w izolatorach nie ma ich praktycznie wcale.



Metale mają budowę krystaliczną, a izolatory - nie.



W metalach zderzenia nośników ładunku ze strukturą atomową występują dużo rzadziej, niż w izolatorach, dlatego te drugie mają tak duży opór właściwy.

Ćwiczenie 4



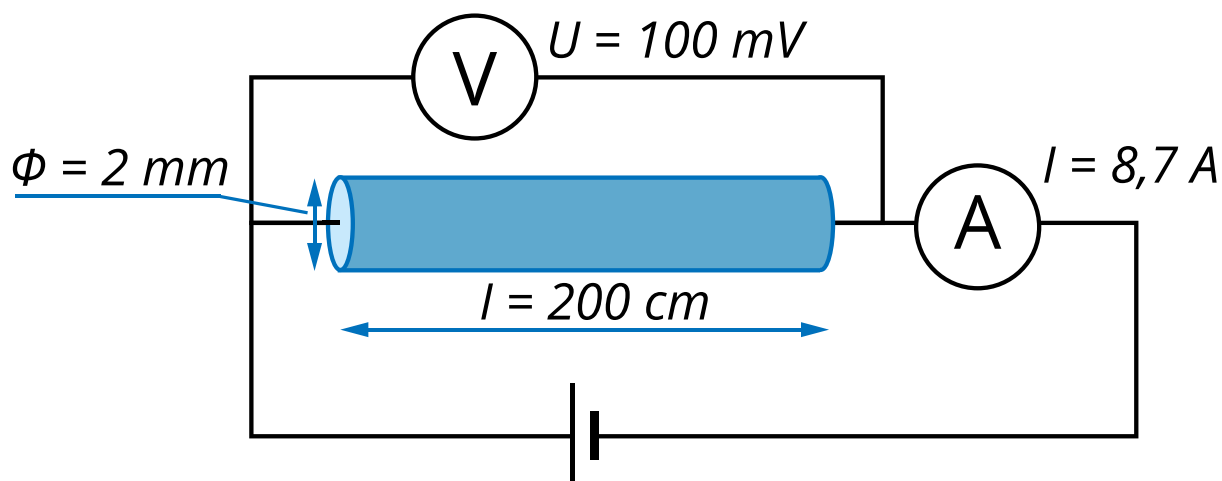
Jak wyrazić wymiar oporu właściwego w jednostkach podstawowych układu SI?

³

² ³

J N C m kg s A

Ćwiczenie 5



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

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

Uczniowie zamierzają dokonać pomiaru oporu właściwego miedzi. Zbudowany przez nich układ oraz odczyty urządzeń pomiarowych pokazano na rysunku. Jaki wynik otrzymali? Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

$\rho =$ $\cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$

Ćwiczenie 6



Woda destylowana ma opór właściwy około $5\,000 \Omega \text{m}$. Przedsiębiorstwo wodociągowe podało, że woda w kranie ma przewodnictwo właściwe $\sigma = 688 \mu\text{S/cm}$ (S, to jednostka przewodności o nazwie siemens, odwrotność oma). Porównaj opór właściwy wody z kranu z destylowaną i zastanów się nad przyczyną różnic.

Ćwiczenie 7



Opór elektryczny przewodu miedzianego o długości 2 m wynosi $168 \text{ m}\Omega$. Do przewodu tego dołączono z każdej strony po jednej stalowej końcówce o długości 10 cm i takiej samej średnicy, jak przewód. Ile wynosi teraz opór elektryczny całej konstrukcji? Potrzebne dane odczytaj z tabeli nr 1. Przyjmij, że opór właściwy stali jest dwa razy większy, niż żelaza. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: $\text{m}\Omega$

Ćwiczenie 8



Jak można wyznaczyć opór właściwy gazów?

- ☐ Trzeba ustalić wartość ciśnienia. Opór właściwy gazów zależy w dużym stopniu od ciśnienia: im większe ciśnienie, tym więcej zderzeń, tym większy opór właściwy gazu.
- ☐ Należy wyznaczyć doświadczalnie opór elektryczny porcji gazu oraz znać wymiary naczynia, w którym się on znajduje.
- ☐ Nie można.
- ☐ Tak samo, jak ciał stałych i cieczy.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Opór właściwy materiału
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VIII. Prąd elektryczny. Uczeń: 3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • 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. zdefiniuje opór właściwy materiału, 2. określi wartość oporu właściwego w wybranych materiałach, 3. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów pojęciowych, rachunkowych i doświadczalnych.
Strategie nauczania:	Formative feedback
Metody nauczania:	- wykład, - praca samodzielna uczniów.
Formy zajęć:	- praca w parach.
Środki dydaktyczne:	- film samouczek, - zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	E-materiał: Badanie zależności oporu od wymiarów przewodnika.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Zaciekawienie uczniów: wg części „Czy to nie ciekawe”. Prezentacja materiałów o skrajnie odmiennym oporze właściwym, np. szkła i przewodu aluminiowego. - Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji. - Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów i nawiązanie do tej wiedzy: co to jest napięcie, natężenie prądu, opór elektryczny.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel prosi uczniów, by w parach przypomnieli sobie z poprzedniej lekcji, jak opór elektryczny elementu zależy od jego rozmiarów.

Następnie, każdy uczeń indywidualnie, dla samego siebie, przydziela sobie liczbę punktów za to, ile zapamiętał z poprzedniej lekcji: 0 – nic, 1 – mało, 2 – dużo, 3 – wszystko.

Nauczyciel prowadzi krótki wykład w oparciu o część „**Warto przeczytać**”.

Uczniowie sprawdzają zrozumienie materiału rozwiązując w parach zadania: 1, 3, 6.

Uczniowie przygotowują się w parach do odpowiedzi ustnej na temat lekcji, wykorzystując według uznania:

- film samouczek,
- trening wypowiedzi skierowany do sąsiada w ławce,
- napisanie konspektu wypowiedzi.

Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela kształtującej informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

- Nauczyciel prosi jednego z uczniów o przedstawienie przygotowanej wypowiedzi, a następnie udziela mu informacji zwrotnej kształtującej.
- Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań nr: 2, 4, 5, 7, 8.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów do podsumowania wiadomości z lekcji lub do przygotowanie się do zajęć przeprowadzanych z wykorzystaniem strategii flipped classroom lub kształcenia wyprzedzającego.