



Czy woda przewodzi prąd elektryczny?

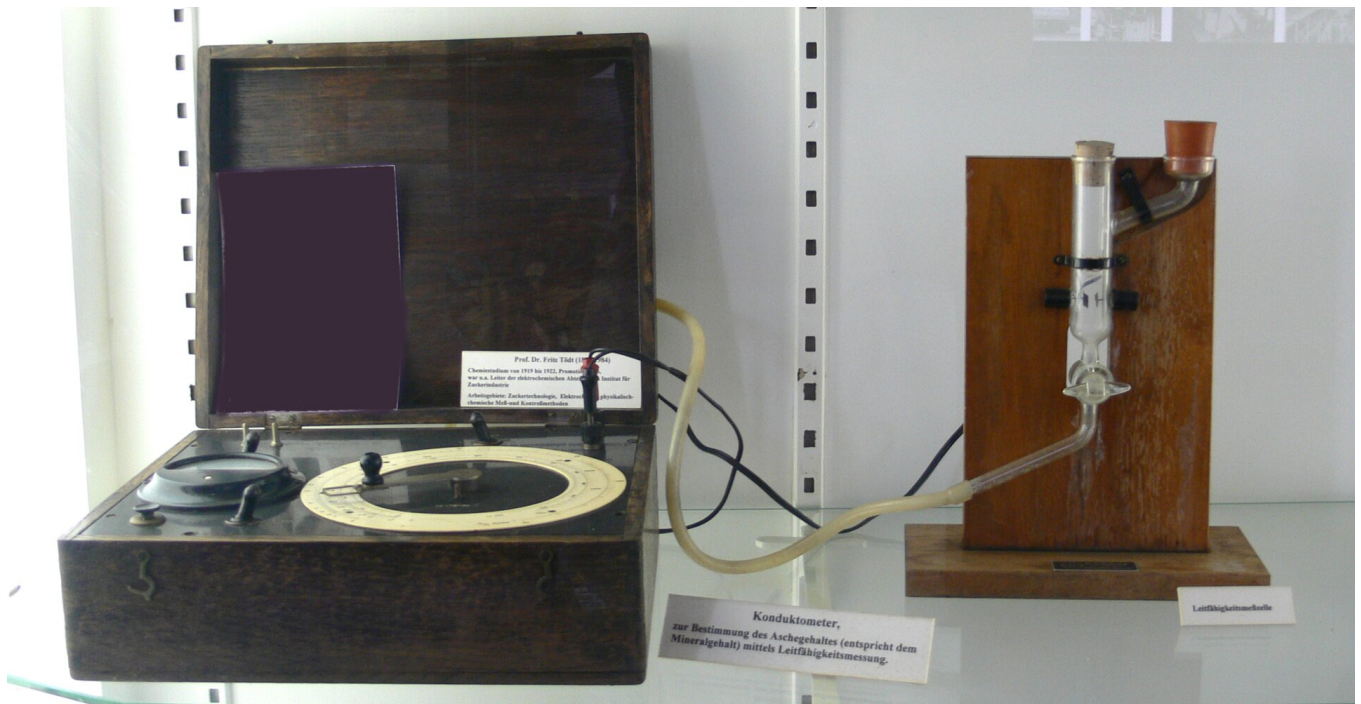
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy woda przewodzi prąd elektryczny?

Czy to nie ciekawe?

Woda jest istotnym składnikiem naszego otoczenia, jest także składnikiem niezbędnym do życia. Wydaje się, że dobrze znamy podstawowe właściwości wody: jest dobrym rozpuszczalnikiem, 1 litr wody ma masę 1 kg, znamy temperaturę wrzenia i krzepnięcia. Powszechnie uważana jest za dobry przewodnik prądu elektrycznego. Czy woda zawsze przewodzi prąd elektryczny?



Rys. a. Zabytkowy konduktometr do pomiaru przewodności elektrycznej cieczy z Muzeum Cukru w Berlinie.

Twoje cele

Pracując z tym e-materiałem:

- dowiesz się, jaki warunek musi spełniać materia, aby przewodzić prąd elektryczny,
- poznasz niektóre właściwości wody,
- wymienisz czynniki wpływające na przewodnictwo wody,
- zastosujesz zdobytą wiedzę przy rozwiązywaniu problemów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Prądem elektrycznym nazywamy uporządkowany ruch nośników elektrycznych pod wpływem pola elektrycznego. Nośnikami są cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym mające możliwość swobodnego ruchu w całej objętości ciała; w metalach są nimi elektrony, w półprzewodnikach - elektrony i dziury, a w elektrolitach i gazach - jony.

Wielkościami fizycznymi charakteryzującymi zdolność materiału do przewodzenia prądu elektrycznego są: **opór elektryczny właściwy** i **przewodnictwo właściwe**. Im mniejszy opór elektryczny właściwy (a większe przewodnictwo właściwe), tym materiały lepiej przewodzą prąd elektryczny. Więcej informacji na temat tych wielkości znajdziesz w e-materiale „Jak definiuje się opór właściwy materiału i jaka jest jego jednostka?”.

Przykładowe wartości oporu właściwego różnych materiałów podane są w Tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowe wartości oporu elektrycznego właściwego.

Material	Opór elektryczny właściwy (Ωm)
srebro	$1,59 \cdot 10^{-8}$
miedź	$1,72 \cdot 10^{-8}$
aluminium	$2,8 \cdot 10^{-8}$
żelazo	$10 \cdot 10^{-8}$
german	0,46
krzem	640
szkło	$10^{10} - 10^{14}$
mięśnie	1,35
tkanka tłuszczowa	5
kwas siarkowy	0,96
drewno	$10^3 - 10^4$

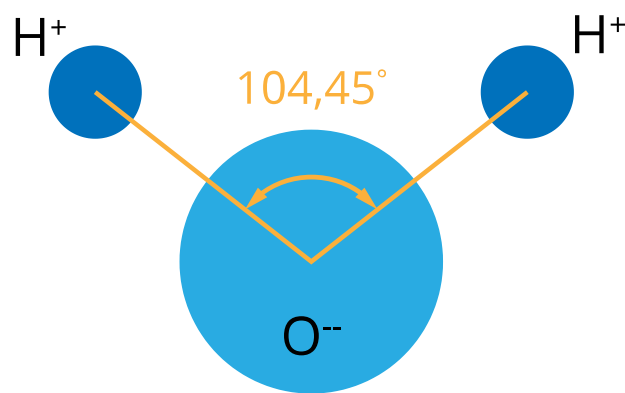
Istotnym czynnikiem decydującym o oporze elektrycznym materiału jest ilość nośników prądu w jednostce objętości. W metalach jeden atom dostarcza jeden lub dwa swobodne elektrony. Daje to około 10^{28} nośników na metr sześcienny, w półprzewodnikach samoistnych, które dość słabo przewodzą prąd, ilość nośników wynosi od 10^{12} do 10^{16} na metr sześcienny.

Drugim czynnikiem wpływającym na opór elektryczny jest łatwość przemieszczania się nośników prądu, opisywana wielkością nazywaną **ruchliwością nośników**. Ruchliwość jonów jest znacznie mniejsza niż ruchliwość dużo mniejszych elektronów.

Jak na tym tle wypada woda, uważana powszechnie za dobry przewodnik prądu?

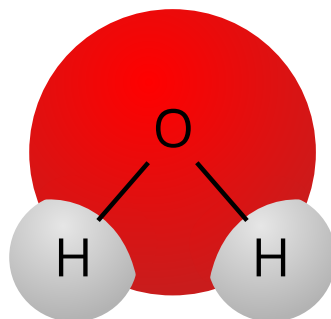
Zanim odpowiemy na to pytanie, należałoby się zastanowić, co to jest woda? I z jakimi rodzajami wody mamy do czynienia?

Cząsteczka wody składa się z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu (Rys. 1a., Rys. 1b.).



Rys. 1a. Schemat budowy cząsteczki wody. Atom tlenu - O jest połączony z dwoma atomami wodoru H.

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



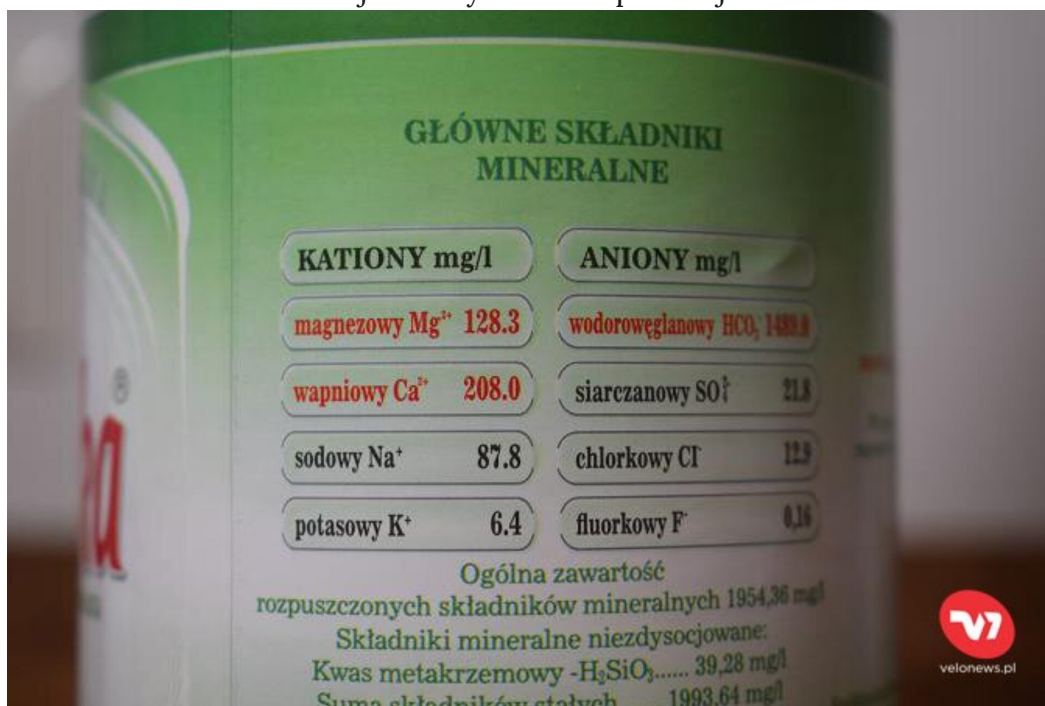
Rys. 2b. Schemat budowy cząsteczki wody. Atom tlenu - O jest połączony z dwoma atomami wodoru H.

W wiązaniach między atomem tlenu i wodoru wiążąca para elektronów jest przesunięta w stronę atomu tlenu. Ponieważ atomy wodoru ułożone są po jednej stronie atomów tlenu, cząsteczka wody ma rozsunięte ładunki elektryczne – jest dipolem elektrycznym. Tym właściwościom cząsteczek woda zawdzięcza swoje zdolności do rozpuszczania innych substancji. Cząsteczki wody są jednak elektrycznie obojętne i jako takie nie są nośnikami prądu.

Czysta chemicznie woda nie ma zatem praktycznie nośników prądu. Owszem, część cząsteczek wody ulega dysocjacji – rozpada się na jony OH^- i H^+ . Jednak ich ilość to jedynie 10^{19} na metr sześcienny. Tak mała liczba nośników prądu, przy niewielkiej ruchliwości powoduje, że **opór elektryczny właściwy** czystej wody osiąga wartość do około $2 \cdot 10^5 \Omega \text{m}$. (Porównaj z danymi w Tabeli 1.)

Woda, z którą mamy do czynienia na co dzień, nie jest czysta chemicznie. Zawiera dosyć dużo rozpuszczonych substancji, które zazwyczaj ulegają w wodzie dysocjacji. Na przykład woda z naturalnych źródeł, przepływając przez grunt i skały, rozpuszcza zawarte w nich minerały.

Typowa woda mineralna ma skład jak na rysunkach poniżej.



GLÓWNE SKŁADNIKI MINERALNE

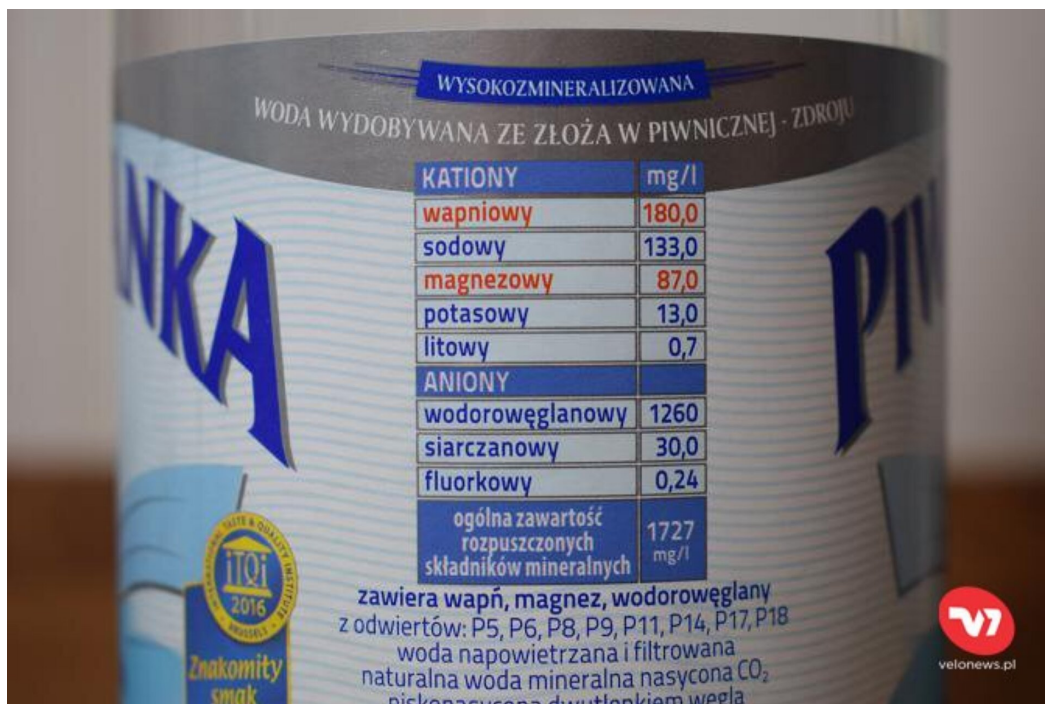
KATIONY mg/l	ANIONY mg/l
magnezowy Mg^{2+} 128.3	wodorowęglanowy HCO_3^- 1489.9
wapniowy Ca^{2+} 208.0	siarczanowy SO_4^{2-} 21.3
sodowy Na^+ 87.8	chlorkowy Cl^- 12.3
potasowy K^+ 6.4	fluorkowy F^- 0.16

Ogólna zawartość rozpuszczonych składników mineralnych 1954,36 mg/l

Składniki mineralne niezdisocjowane:
Kwas metakrzemowy - H_2SiO_3 39,28 mg/l
Suma składników stałych 1993,64 mg/l

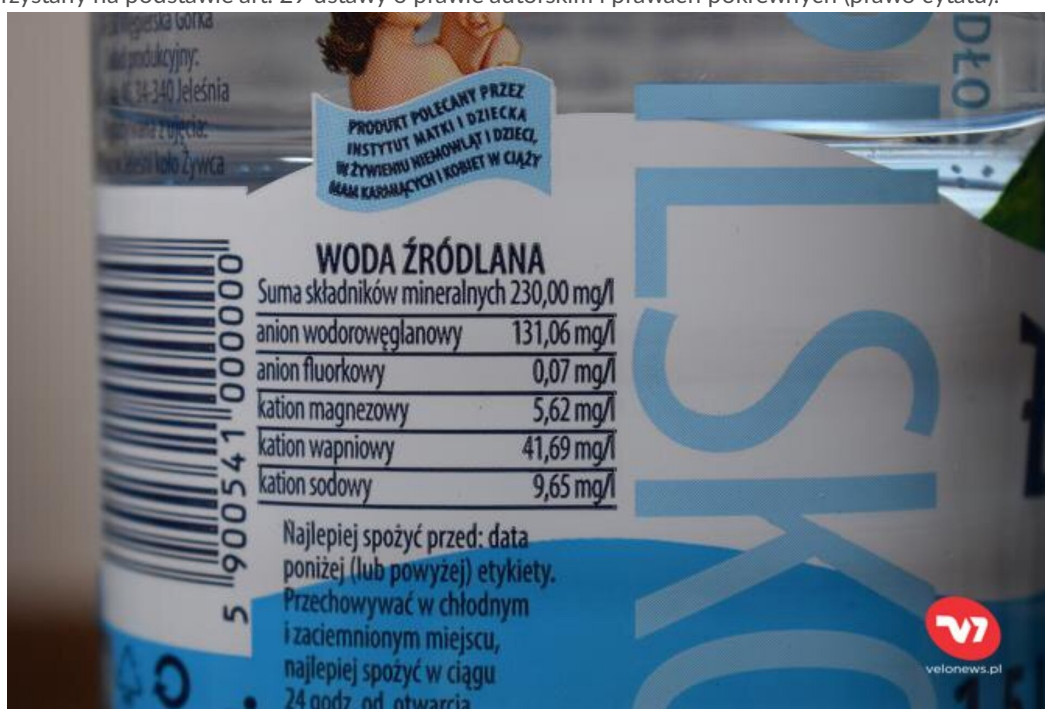
W prawym dolnym rogu znajduje się logo V7 z adresem velonews.pl.

Rys. 2a. Zawartość jonów w wodach mineralnych - Muszynianka.



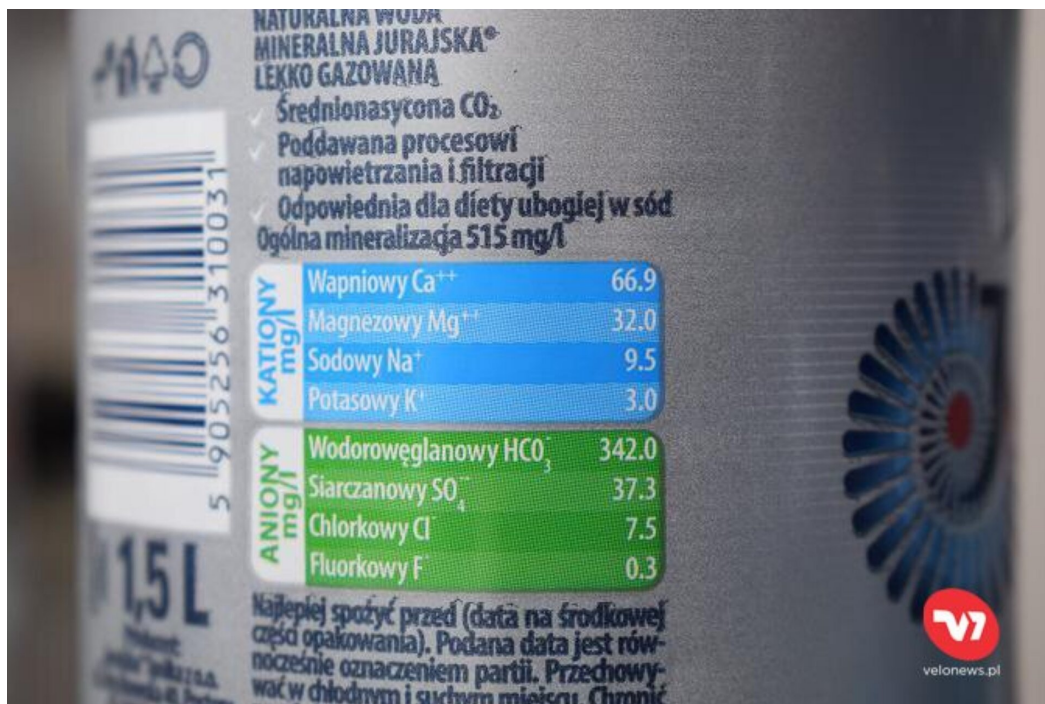
Rys. 2b. Zawartość jonów w wodach mineralnych - Piwniczanka.

Źródło: dostępny w internecie: <https://velonews.pl/uploads/wysiwyg/images/13646/12b73358/7.jpg> [dostęp 8.07.2022],
Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).



Rys. 2c. Zawartość jonów w wodach mineralnych - Żywiec Zdrój.

Źródło: dostępny w internecie: <https://velonews.pl/uploads/wysiwyg/images/13640/86a91178/13.jpg> [dostęp 8.07.2022],
Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).



Rys. 2d. Zawartość jonów w wodach mineralnych - Jurajska.

Źródło: dostępny w internecie: <https://velonews.pl/uploads/wysiwyg/images/13641/07e6eaab/14.jpg> [dostęp 8.07.2022], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Jak można odczytać z etykiet, woda mineralna zawiera w jednym litrze od jednego do dwóch gramów rozpuszczonych substancji, z których większość rozpada się na jony. Jony zawarte w wodzie stają się nośnikami prądu, dzięki czemu opór elektryczny takiej wody wyraźnie spada w porównaniu z czystą chemicznie wodą, osiągając opór elektryczny właściwy do około 10 Ω m.

Jeszcze mniejszy opór właściwy osiąga woda morska, ze względu na duże stężenie soli mineralnych. Jej opór właściwy osiąga wartość około 0,1 Ω m. W Tabeli 2. zebrane są przykładowe wartości oporów różnych rodzajów wód i dla porównania opór elektryczny stężonych kwasów i zasad.

Tabela 2. Opór elektryczny właściwy różnych rodzajów wód oraz (dla porównania) stężonych kwasów i zasad.

Rodzaj wody	Opór elektryczny właściwy [Ω m]
stężone kwasy i zasady	0,008-0,01
wody przemysłowe	0,1-10
woda morska	0,2-0,4
woda w basenie	0,33 do 0,4
woda pitna i wody powierzchniowe	10 do 2000
woda destylowana	około 10^4
woda dejonizowana	około $1,8 \cdot 10^5$

Rodzaj wody	Opór elektryczny właściwy [Ωm]
wody zasilające kotły wysokociśnieniowe	$1-5 \cdot 10^5$

Jak widać z danych zebranych w tabeli, opór wody zmienia się w bardzo szerokim zakresie, w zależności od tego, skąd pochodzi i do czego ma być przeznaczona.

Pomiar oporu elektrycznego właściwego wody, a częściej **przewodności właściwej**, jest używany do oznaczania zawartości jonów w badanej próbce i stopnia jej zanieczyszczenia. Wykorzystuje się to w praktyce do monitorowania jakości wód chemicznych, gruntowych, powierzchniowych, głębinowych, w oczyszczalniach ścieków, wody używanej w szpitalach oraz wody mineralnej i wody pitnej (wodociągowej). Dla określenia zawartości w wodzie związków chemicznych nieprzewodzących prądu konieczne są dodatkowe badania.

Szczególnie istotna jest czystość wody stosowanej w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym. Dla wody stosowanej do produkcji leków i kosmetyków wymagana jest przewodność nie większa niż $4,3 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$ (mikrosimens na centymetr), co odpowiada oporowi elektrycznemu właściwemu $2,3 \cdot 10^3 \Omega\text{m}$. Jeszcze większej czystości wymaga się dla wody wykorzystywanej do rozpuszczania leków aplikowanych w postaci zastrzyków – jej przewodność nie powinna być większa niż $1,1 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$, co odpowiada oporowi właściwemu $9 \cdot 10^3 \Omega\text{m}$.

Przedstawione dane pokazują, że nie da się jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie: Czy woda przewodzi prąd elektryczny? Wszystko zależy od źródła wody. Wody występujące w naturze przewodzą prąd elektryczny, choć dużo gorzej niż metale. Przy wykorzystaniu przewodzenia roztworów wodnych w technologiach przemysłowych, na przykład w elektrolizie lub tworzeniu powłok galwanicznych, stosuje się duże przekroje poprzeczne naczyń, w których roztwór wodny przewodzi prąd. Czysta chemicznie woda praktycznie nie przewodzi prądu.

Słowniczek

ruchliwość nośników prądu

(*ang.: mobility of current carriers*) wielkość opisująca wpływ zewnętrznego pola elektrycznego na średnią prędkość dryfu nośników. Wyrażamy ją wzorem $\mu = \frac{u}{E}$, gdzie μ - ruchliwość u - średnia prędkość dryfu nośników, E - natężenie zewnętrznego pola elektrycznego.

przewodność elektryczna (konduktancja)

(*ang.: conductance*) odwrotność rezystancji (oporu elektrycznego). Jednostką rezystancji jest siemens: $1S = \frac{1}{\Omega}$.

opór elektryczny właściwy (rezystywność)

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

przewodnictwo właściwe (konduktywność)

(*ang.: conductivity*) odwrotność oporu właściwego, wielkość charakteryzująca przewodnictwo elektryczne materiału; jednostką jest siemens na metr (S/m).

Audiobook

Czy woda przewodzi prąd elektryczny?

Wysłuchaj informacji o przewodzeniu prądu przez wodę. Następnie wykonaj zaproponowane ćwiczenia i polecenia. W razie potrzeby odsłuchaj ponownie odpowiednie fragmenty audiobooka.

Polecenie 1

Dlaczego woda morska najlepiej przewodzi prąd elektryczny?

Polecenie 2

Czy czysta chemicznie woda ma jony?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



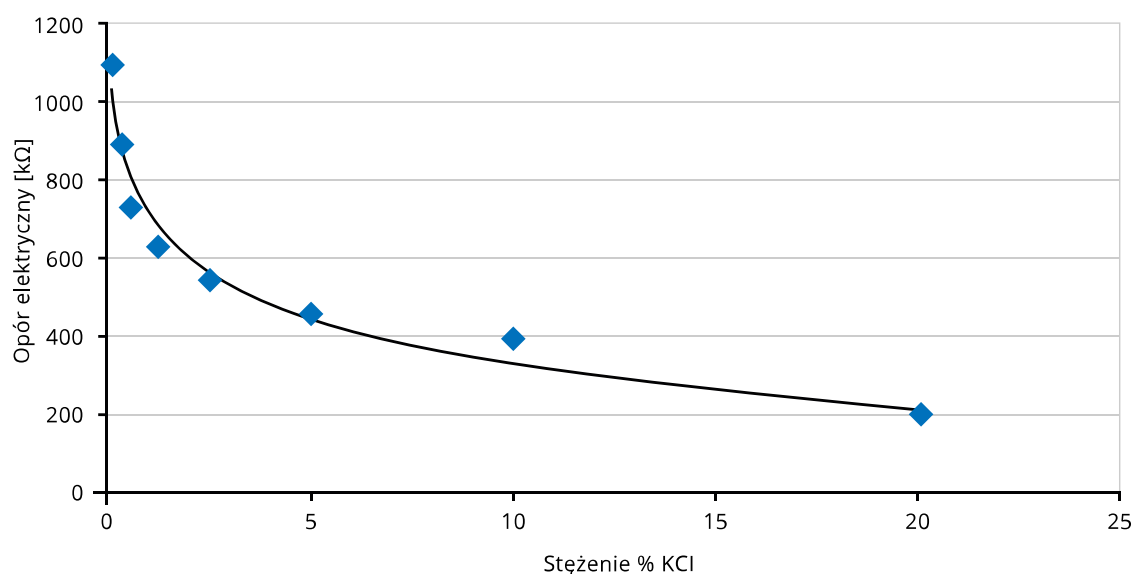
Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Opór elektryczny wody zmienia się wraz ze stężeniem rozpuszczonych soli. Wykres przedstawia ustaloną eksperymentalnie zależność oporu elektrycznego od stężenia chlorku potasu. Na podstawie wykresu oszacuj, ile razy zmniejszył się opór wody, po rozpuszczeniu chlorku potasu do uzyskania stężenia 5%.



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

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jarosław Krakowski
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Czy woda przewodzi prąd elektryczny?
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>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</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>1) opisuje przewodnictwo w metalach, elektrolitach i gazach; wyjaśnia procesy jonizacji w gazach, wskazuje rolę promieniowania, wysokiej temperatury i dużego natężenia pola.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia 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. poda, jaki warunek musi spełniać materia, aby przewodzić prąd elektryczny; 2. omówi właściwości wody; 3. wyjaśni, kiedy woda przewodzi prąd elektryczny; 4. zastosuje zdobytą wiedzę przy rozwiązywaniu problemów.
Strategie nauczania:	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przedmiotów przyrodniczych przez odkrywanie/dociekanie naukowe)
Metody nauczania:	wykład problemowy
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	zestawy zadań, tabele z wartościami oporów elektrycznych, butelki po wodach mineralnych
Materiały pomocnicze:	rzutnik multimedialny
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel zadaje pytania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jakie materiały mogą przewodzić prąd elektryczny i dlaczego? Oczekiwana odpowiedź: Materiałami przewodzącymi prąd są głównie metale dzięki temu, że mają swobodne elektrony, elektrolity – dzięki jonom oraz półprzewodniki, mające swobodne elektrony i dziury. • Jakie wielkości opisują zdolność materiału do przewodzenia prądu? Oczekiwana odpowiedź: Zdolność do przewodzenia prądu opisuje opór elektryczny właściwy. Jeśli będzie to odpowiedź opór elektryczny, to nauczyciel może dodać, że w celu porównania materiałów posługujemy się tzw. oporem właściwym. <p>Nauczyciel zapoznaje uczniów z pojęciem przewodności właściwej.</p>	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel zadaje pytanie: Czy woda przewodzi prąd elektryczny?

Uczniowie dyskutują na temat przewodności wody, ustalają pogląd, że woda, która nie zawiera zanieczyszczeń praktycznie nie ma nośników prądu i praktycznie go nie przewodzi.

Uczniowie analizują zawartość jonów w wodzie mineralnej i szacują (Ćwiczenie 6.), ile nośników prądu mogą dostarczyć zawarte jony. Dochodzą do wniosku, że woda mineralna zawiera około 10^{25} jonów w metrze sześciennym, czyli około 1000 razy mniej nośników prądu niż metale.

Nauczyciel zapoznaje uczniów z tabelą opisującą opór elektryczny różnego rodzaju wód. Jak widać z tabeli opór elektryczny wody istotnie zależy od ilości rozpuszczonych w wodzie substancji - im więcej rozpuszczonych substancji, tym mniejszy opór wody. Uczniowie analizują dane w tabeli po kątem możliwości zastosowania pomiaru oporu właściwego wody do określenia stopnia czystości wody. Ponieważ opór elektryczny wody zależy od zawartości w niej rozpuszczonych składników, pomiar oporu właściwego określi stopień czystości wody - im bardziej czysta woda, tym ma większy opór elektryczny właściwy - metoda ta jest stosowana w praktyce.

Faza podsumowująca:

Uczniowie, wykorzystując zdobytą wiedzę, rozwiązują zadania: 1, 3, 7 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości uczniowie rozwiązują zadania: 2, 4, 5, 8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Audiobook może być wykorzystany przy powtarzaniu wiadomości i przy realizacji innych tematów związanych z przewodzeniem prądu.