

Prawo Ohma i opór elektryczny

Wstęp do tematu: Prawo Ohma i jego zastosowanie. Opór elektryczny. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: nawiązanie do lekcji z badaniem wartości natężenia prądu od przyłożonego napięcia elektrycznego; wykres zależności $I(U)$; sformułowanie prawa Ohma wraz ze wzorem; ciekawostkę dotyczącą fizyka Ohma i prawa Ohma; informację, kiedy prawo Ohma nie jest spełnione; opis rozumowania (wraz z wykresem zależności $I(U)$ dla dwóch różnych przewodników) mającego na celu otrzymanie wyrażenia na opór elektryczny $R=U/I$; wprowadzenie jednostki oporu elektrycznego; ciekawostkę dotyczącą zależności oporu elektrycznego od rodzaju materiału i parametrów geometrycznych przewodnika.

Zasób zawiera: cztery przykłady rozwiązań zadań tekstowych obliczeniowych i cztery ćwiczenia interaktywne, w których należy uzupełnić puste miejsca w rozwiązaniu zadania tekstowego obliczeniowego.

Zasób zawiera: dwa sformułowania podsumowujące; trzy polecenia dla ucznia: dwa dotyczą wyszukania informacji, jedno dotyczy wykonania doświadczenia, mającego na celu sprawdzenie, czy prawo Ohma jest zawsze spełnione.

Zasób zawiera wyjaśnienie pojęć: miara oporu elektrycznego, opór właściwy

Zasób zawiera zestaw trzech ćwiczeń interaktywnych różnego typu (uzupełnienie pustych miejsc; wybór odpowiedzi; wybór wszystkich poprawnych odpowiedzi) z możliwością sprawdzenia prawidłowości rozwiązania.

Prawo Ohma i opór elektryczny

Natężenie prądu płynącego przez opornik jest wprost proporcjonalne do napięcia między końcami tego opornika. W tym materiale zajmiemy się bardziej szczegółowym opisem tej zależności. Wyjaśnimy czym jest opór, jaki ma związek ze wzajemną proporcjonalnością prądu i napięcia oraz odpowiemy na pytanie, od czego on zależy.



W sieciach energetycznych, napięcie jest kilkaset razy wyższe, niż w znanych nam gniazdkach elektrycznych. Ma to na celu zminimalizowanie strat energii powodowanych przez opór przewodów elektrycznych.

Źródło: Robert Anders, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com> [dostęp 24.05.2022], licencja: CC BY 2.0.

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

- opis ruchu elektronów w przewodniku, odbywający się pod wpływem przyłożonego napięcia;
- pojęcia napięcie elektryczne i natężenie prądu elektrycznego;
- jednostka natężenia prądu elektrycznego;
- jednostka napięcia elektrycznego;
- zasada działania amperomierza i woltomierza;
- źródła napięcia elektrycznego.

Ich opracowanie znajdziesz materiałach [Prąd elektryczny i jego natężenie](#) oraz [Napięcie elektryczne](#).

Nauczysz się

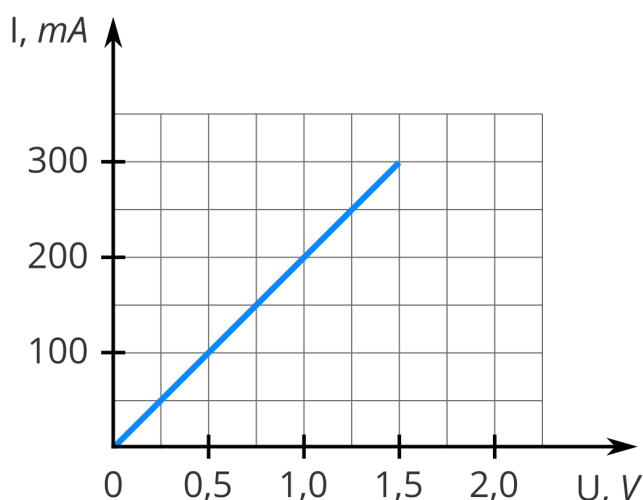
- podawać treść prawa Ohma;
- używać pojęć opór elektryczny i opór właściwy;
- korzystać z zależności między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym;
- przeliczać jednostki dotyczące oporu elektrycznego;

- opisywać wpływ długości, pola przekroju i rodzaju materiału przewodnika na jego opór.

Prawo Ohma

Jeżeli na pewnym elemencie lub między końcami przewodnika wystąpi napięcie elektryczne, to elektrony obecne w tym elemencie lub przewodniku zaczną się poruszać: zacznie płynąć prąd elektryczny. Zarówno napięcie jak i natężenie płynącego prądu da się zmierzyć odpowiednimi przyrządami, kolejno: woltmierzem i amperomierzem.

Czy między napięciem a natężeniem prądu płynącego przez odbiornik istnieje jakaś zależność? Okazuje się, że tak – gdy napięcie wzrośnie ileś razy, natężenie prądu rośnie dokładnie tyle samo razy; w fizyce takie wielkości nazywamy wielkościami wprost proporcjonalnymi. Taka zależność przedstawiona na wykresie będzie linią prostą, tak jak na wykresie poniżej.



Zależność natężenia od napięcia prądu

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

Sprawdźmy: dla napięcia wynoszącego 0,5 V natężenie wyniosło 100 mA, dla 1 V wyniosło 200 mA, co oznacza, że przy dwukrotnym wzroście napięcia nastąpił dwukrotny wzrost natężenia prądu.

Prawo: prawo Ohma

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego między jego końcami a współczynnikiem proporcjonalności jest $\frac{1}{R}$, gdzie R to tzw. opór elektryczny. Tę zależność zapisujemy w postaci wzoru:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

Ciekawostka

Georg Ohm (1789 – 1854) był niemieckim nauczycielem fizyki i profesorem matematyki na politechnice w Norymberdze, a potem na uniwersytecie w Monachium. W 1826 r. przeprowadził doświadczenie, na podstawie którego sformułował następujące prawo: natężenie prądu elektrycznego przepływającego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego między jego końcami.

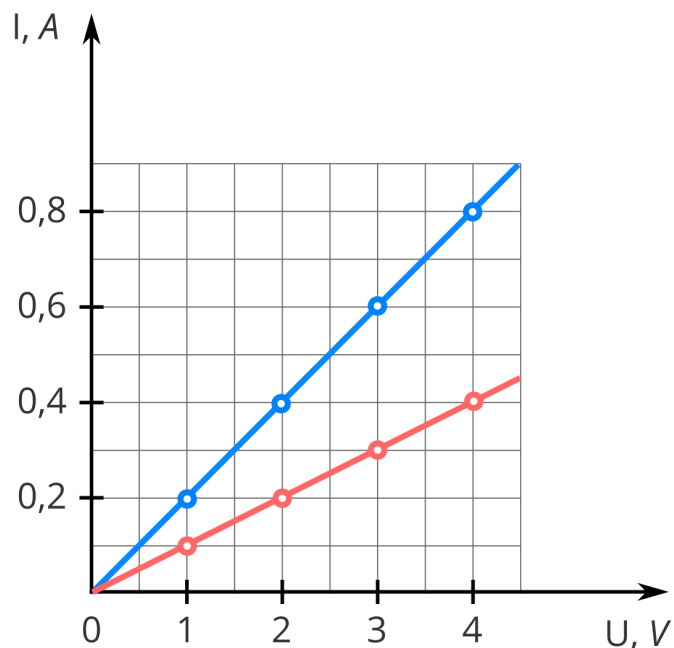


Georg Simon Ohm

Źródło: N.N., dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org> [dostęp 24.05.2022].

Prawo Ohma nie jest jednak spełnione dla wszystkich przewodników. Jeżeli chcesz się o tym przekonać, wykonaj doświadczenie opisane w jednym z zadań do tego materiału (zamiast opornika jest żarówka).

Zastanów się, czy wymiana elementu obwodu elektrycznego spowoduje jakieś zmiany. Załóżmy, że wykonamy pomiary dla dwóch różnych oporników i wyznaczymy natężenie prądu płynącego przez każdy z nich. Wynik jest przedstawiony na poniższym wykresie.



Wykresy zależności natężenia prądu od napięcia elektrycznego między końcami dwóch przewodników
 Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Zmiana elementu obwodu elektrycznego spowodowała zmianę widoczną na wykresie. Od czego zależy nachylenie linii oznaczających opór? Skorzystajmy z prawa Ohma:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R} \cdot U$$

Z tego wynika, że

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

Aby obliczyć wartości R_1 i R_2 , wartość napięcia musimy podzielić przez odpowiadające mu natężenie prądu. Po odczytaniu z wykresu odpowiednich wielkości, otrzymamy:

$$R_1 = \frac{1 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 5 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 10 \Omega$$

Jak widać, wartości współczynników są różne. Jeżeli taką samą wartość napięcia przyłożymy do końców opornika o małym oporze, to będzie tamtędy płynął prąd o większym natężeniu. Symbolizująca taki opornik na wykresie linia będzie bardziej stroma.

Miarą oporu elektrycznego obwodu jest stosunek (iloraz) napięcia elektrycznego między końcami opornika do natężenia płynącego w nim prądu.

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

Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest **om**, oznaczany symbolem Ω (grecka litera omega). Wynika z tego, że na powyższym wykresie opór R_1 będzie równy 5Ω , a $R_2 - 10 \Omega$.

om (Ω)

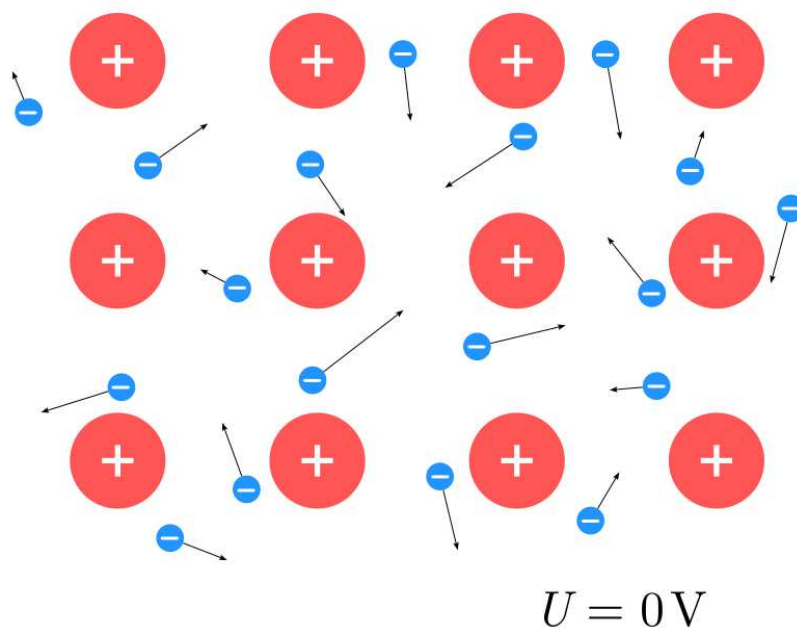
- 1 om to opór przewodnika, w którym przy napięciu 1 V płynie prąd o natężeniu 1 A.

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

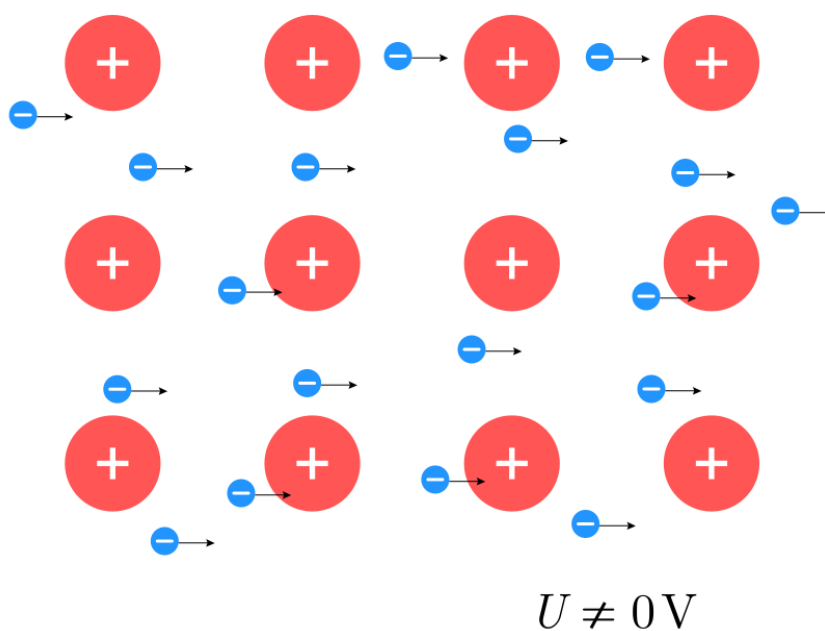
Ciekawostka

Od czego zależy opór?

Zastanówmy się najpierw, skąd bierze się opór elektryczny. Ładunki elektryczne poruszają się pod wpływem przyłożonego napięcia, zderzają się z atomami i oddają im swoją energię. Dlatego napięcie elektryczne musi być przyłożone cały czas. Opór elektryczny wynika właśnie z przeciwdziałania przepływowi prądu przez element obwodu elektrycznego. Jest dość oczywiste, że im przewodnik będzie dłuższy, tym liczba zderzeń będzie większa. Innym parametrem przewodnika jest jego grubość, a dokładnie – pole jego przekroju poprzecznego. Jeżeli napięcie będzie cały czas takie samo, to w tym samym czasie przez przewodnik o większym polu przekroju popłynie większy ładunek, a zatem natężenie prądu będzie większe, a opór przewodnika – mniejszy. Opór elektryczny zależy także od rodzaju materiału, z którego wykonano dany element. Każdy materiał ma określony **opór właściwy**.



Budowa mikroskopowa metalu - siatka krystaliczna z jonów oraz swobodne elektrony
 Źródło: Gromar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Swobodne elektrony, po przyłożeniu napięcia, poruszają się w uporządkowany sposób. Uwaga: jest to ruch uśredniony, w rzeczywistości elektrony dalej poruszają się chaotycznie, jednak jest na ten ruch nałożona prędkość zgodna z przyłożonym napięciem
 Źródło: Gromar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Opór elektryczny przewodnika zależy od: oporu właściwego ρ , długości przewodnika l i pola jego przekroju poprzecznego S :

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

Prawo Ohma i opór elektryczny – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Przez żarówkę o oporze 1150Ω płynie prąd o natężeniu $0,2 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia przyłożonego do żarówki.

Rozwiązanie:

Korzystamy z prawa Ohma

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

Z tego wynika, że

$$U = I \cdot R.$$

Dane:

$$R = 1150 \Omega$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

Szukane:

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U = 1150 \Omega \cdot 0,2 \text{ A} = 230 \text{ V}$$

Odpowiedź:

Napięcie przyłożone do żarówki wynosi 230 V .

Ćwiczenie 1

Przez żarówkę latarki kieszonkowej o oporze R równym 45Ω przepływa prąd o natężeniu I równym $0,1 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia U , do którego podłączono żarówkę.

Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe.

Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych w miejscach, gdzie jest to konieczne oraz oddzieleniu jednostki od wartości spacją.

Rozwiązanie:

Wzór:

$$\boxed{} = R \cdot \boxed{}$$

Dane:

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

$$\boxed{} = \boxed{}$$

Szukane:

$$\boxed{} = ?$$

Obliczenia:

$$\boxed{} = \boxed{} \Omega \cdot \boxed{} = \boxed{}$$

Odpowiedź:

Do końców żarówek podłączono napięcie równe $\boxed{}$.

Przykład 2

Przez grzałkę czajnika elektrycznego włączonego do napięcia 230 V przepływa prąd o natężeniu 250 mA . Oblicz, ile wynosi opór elektryczny grzałki.

Rozwiązanie:

$$U = R \cdot I \quad | : I$$

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

Dane:

$$I = 250 \text{ mA} = 0,25 \text{ A}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$R = \frac{230 \text{ V}}{0,25 \text{ A}} = 920 \Omega$$

Odpowiedź:

Opór grzałki jest równy 920Ω .

Ćwiczenie 2

Jeśli żarówka jest podłączona na napięcia U równego 12 V , to płynie przez nią prąd o natężeniu I równym 240 mA . Oblicz opór R tej żarówki.

Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe.

Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych i oddzieleniu ich od wartości spacją.

Dane:

$$U = \boxed{}$$

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

Szukane:

$$R = ?$$

Wzór:

$$R = \boxed{} : \boxed{}$$

Obliczenia:

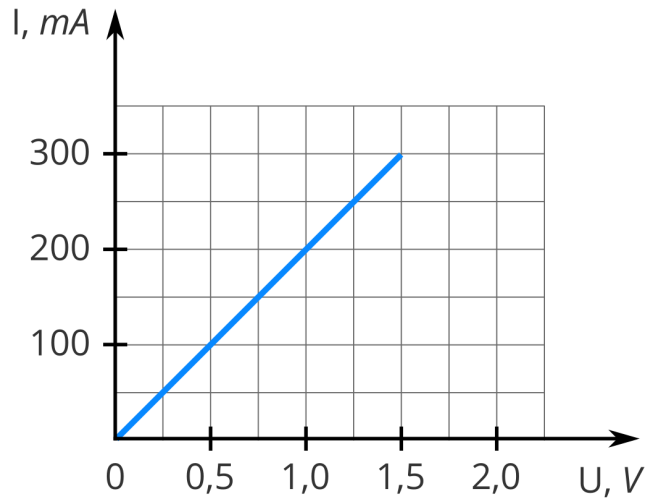
$$R = \boxed{} : \boxed{} = \boxed{} \Omega$$

Odpowiedź:

Opór żarówki jest równy $\boxed{} \Omega$.

Przykład 3

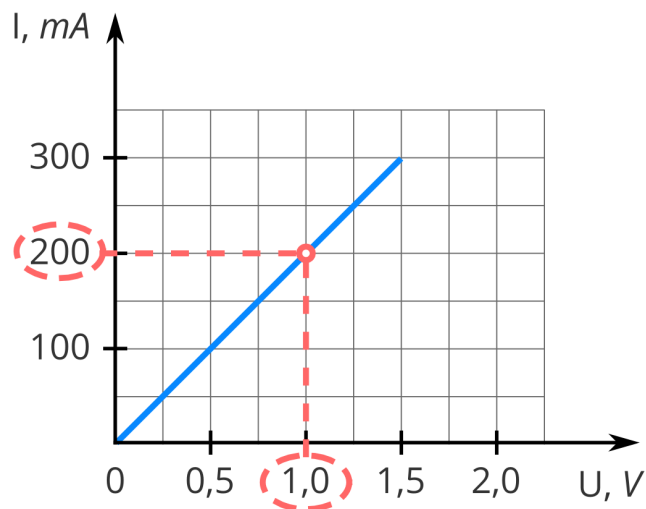
Na podstawie poniższego wykresu oblicz opór elektryczny odbiornika.



Zależność natężenia od napięcia prądu

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

Wskazówka: Wybierz dowolny punkt leżący na niebieskiej linii.



Wskazówka: wybieramy jeden dowolny punkt należący do wykresu

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

Rozwiązanie:

Aby wyznaczyć wartość oporu elektrycznego, należy znać natężenie prądu płynącego przez odbiornik oraz wartość napięcia elektrycznego.

Wzór:

Korzystając z prawa Ohma

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

otrzymujemy

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

Dane (odczytane z wykresu):

$$U = 1,0 \text{ V} = 1 \text{ V}$$

$$I = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$R = \frac{1 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 5 \Omega$$

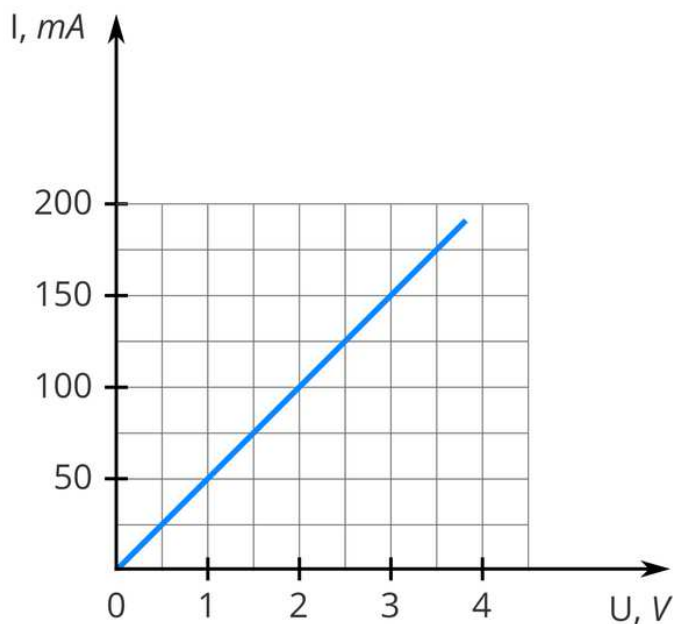
Odpowiedź:

Opór elektryczny odbiornika wynosi 5Ω .

Uwaga: sprawdź, czy wybór innego punktu wykresu zmieni wyznaczoną wartość oporu.

Ćwiczenie 3

Korzystając z wykresu zależności natężenia od napięcia dla pewnego odbiornika, oblicz jego opór elektryczny.



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

50 Ω

20 Ω

0,2 Ω

0,45 Ω

Przykład 4

Kalkulator jest zasilany baterią 4,5 V. Oblicz natężenie prądu płynącego przez kalkulator, jeśli opór wynosi 22,5 Ω .

Wzór:

Prawo Ohma

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

Dane:

$$R = 22,5 \Omega$$

$$U = 4,5 \text{ V}$$

Szukane:

$$I = ?$$

Obliczenia:

$$I = \frac{4,5 \text{ V}}{22,5 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

Odpowiedź:

Przez kalkulator płynie prąd o natężeniu 0,2 A.

Ćwiczenie 4

Samochód zabawka jest zasilany bateriami o łącznym napięciu U równym 9 V. Oblicz natężenie prądu I płynącego przez samochodzik, jeśli jego opór elektryczny R wynosi 360 Ω . Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe.

Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych i oddzieleniu ich od wartości liczbowych spacją.

Dane:

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

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

Szukane:

$$I = ?$$

Wzór:

$$I = \text{[]} : \text{[]}$$

Obliczenia:

$$I = \text{[]} : \text{[] } \Omega = \text{[]}$$

Odpowiedź:

Natężenie jest równe [].

Zadanie

Podsumowanie

- Natężenie prądu I płynącego w przewodniku jest wprost proporcjonalne do napięcia U przyłożonego do końców tego przewodnika. Zależność tę nazywamy prawem

Ohma i zapisujemy w postaci wzoru:

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

gdzie R – opór elektryczny, U – napięcie elektryczne.

- Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest om (Ω):

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Polecenie 1

Wyszukaj informacje dotyczące oporu elektrycznego w ciele człowieka. Znaną wartość porównaj z oporem elektrycznym różnych urządzeń.

Polecenie 2

Poszukaj informacji na temat skutków przepływu prądu przez organizm człowieka. Wypisz po trzy skutki pozytywne i negatywne.

Polecenie 3

Razem z innymi uczniami zbadajcie, czy natężenie prądu elektrycznego płynącego przez żarówkę zależy od napięcia między jej wyprowadzeniami. Warto użyć starej żarówki choinkowej, która jest przeznaczona do pracy przy napięciu 14 V (koniecznie sprawdźcie oznaczenia na oprawce). Dla każdej pary napięcia U i natężenia I obliczcie stosunek U do I . Pamiętajcie, aby pomiary wykonać dla napięć w zakresie od 1 V do 14 V (lub do maksymalnej wartości napięcia znamionowego żarówki). Sporządźcie także wykres zależności natężenia od napięcia między końcami żarówki. Przeanalizujcie wyniki i odpowiedzcie na pytanie: czy żarówka spełnia prawo Ohma? Jaki wniosek wynika z analizy stosunku napięcia do natężenia?

Słownik

miara oporu elektrycznego

stosunek napięcia do natężenia prądu.

opór właściwy

wielkość charakterystyczna dla danej substancji, opisująca przepływ prądu przez nią.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 5

Uzupełnij poniższe luki. Kliknij w nie, aby rozwinąć listę, a następnie wybierz poprawną odpowiedź.

Natężenie prądu elektrycznego jest wprost proporcjonalne do , a odwrotnie proporcjonalne do . Jednostką oporu elektrycznego jest .

oporu właściwego przewodnika

om (Ω)

kulomb (C)

amper (A)

napięcia przyłożonego między końcami przewodnika

wolt (V)

oporu elektrycznego

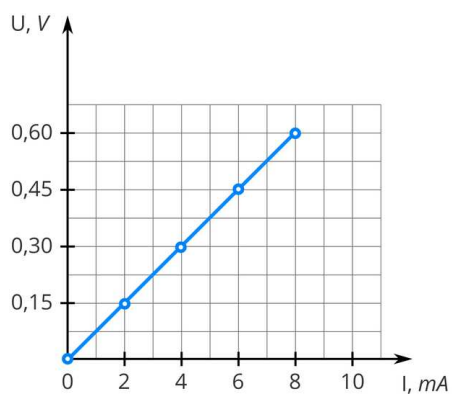
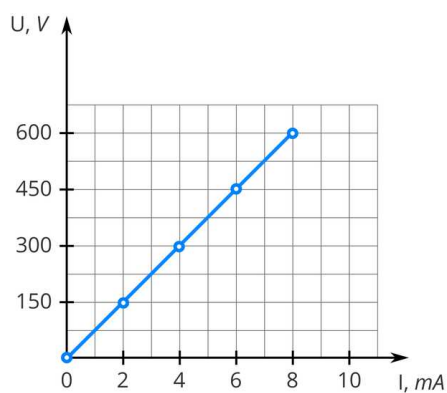
Ćwiczenie 6

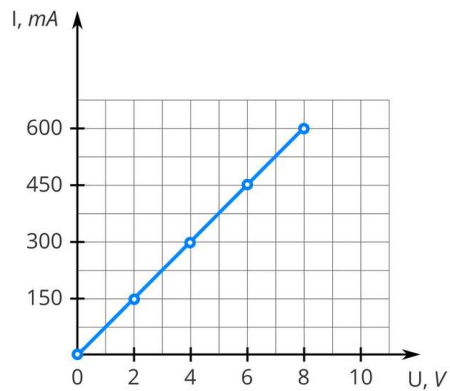
Badano, jak natężenie prądu płynącego przez opornik zależy przyłożonego napięcia. Wyniki pomiarów umieszczono w poniżej tabeli.

Wyniki pomiarów

lp.	U [V]	I [mA]
1	2	150
2	4	300
3	6	450
4	8	600

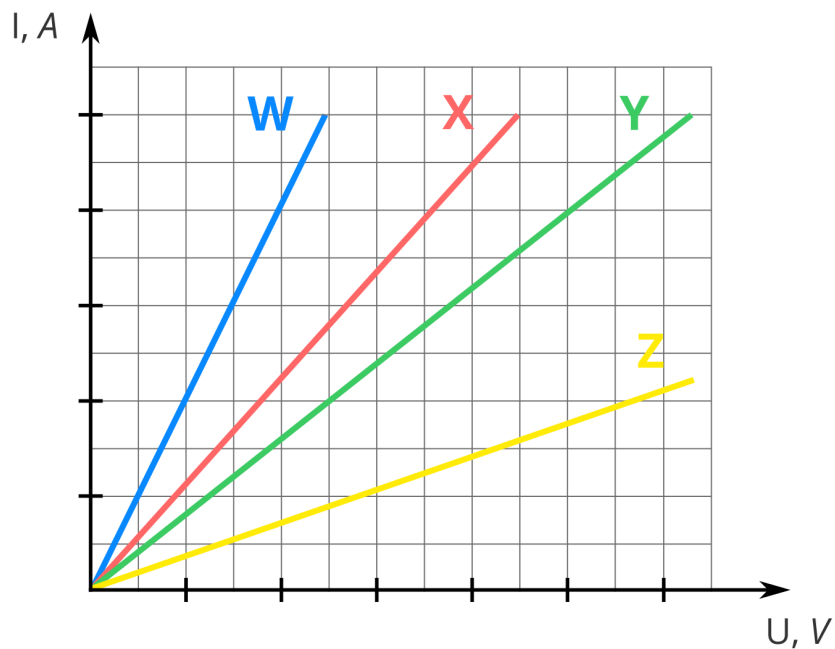
Wybierz wykres, na który poprawnie naniesiono punkty pomiarowe.





Ćwiczenie 7

Wybierz poprawne stwierdzenia dotyczące analizy danych na wykresie przedstawiającym zależność natężenia prądu płynącego przez cztery różne oporniki od napięcia.



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

Opornik Y ma mniejszy opór elektryczny niż opornik W.

Opornik X ma większy opór elektryczny niż opornik Y i Z.

Opornik W ma mniejszy opór niż opornik X.

Największy opór elektryczny ma opornik Z.