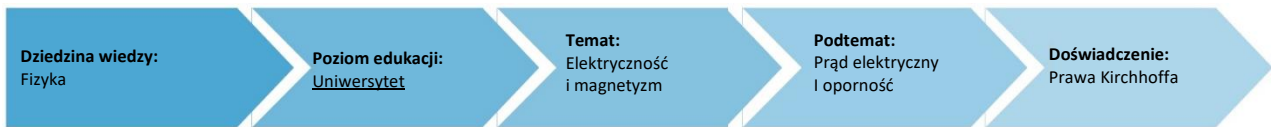


# Prawa Kirchhoffa (Doświadczenie nr: P2410500)

## Właściwości:



### Trudność



Trudne

### Czas przygotowania



10 minut

### Czas wykonania



2 godziny

### Zalecany rozmiar grupy



2 osoby

### Dodatkowe wymagania:

### Możliwości wykonania eksperymentu:

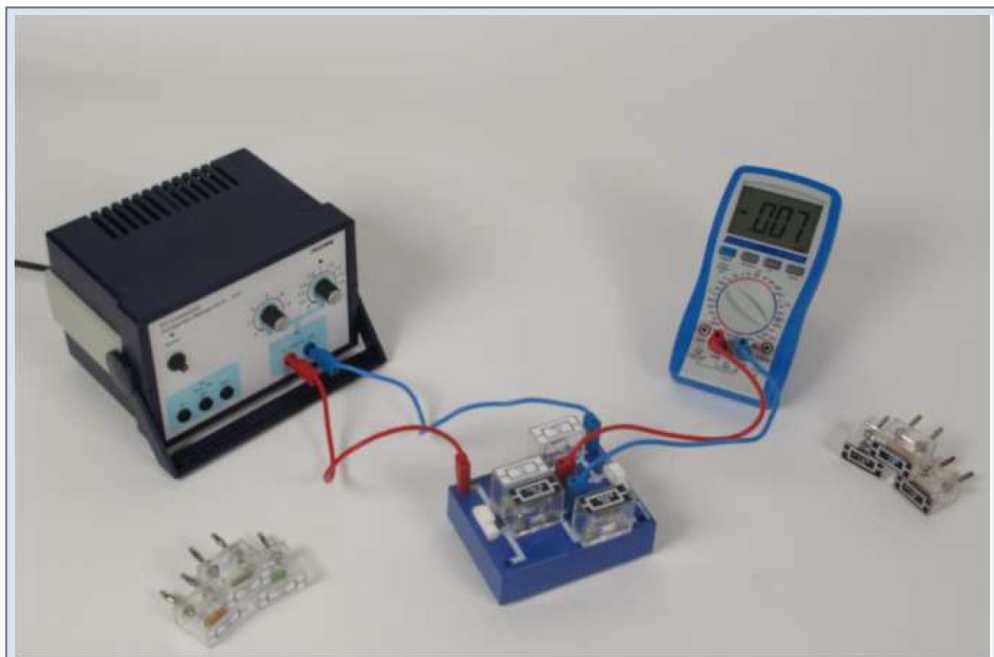
### Wyrażenia kluczowe:

Prawa Kirchhoffa, prawo indukcji, równania Maxwella, natężenie prądu, napięcie, rezystancja, połączenie równoległe, połączenie szeregowe, potencjometr

## Przegląd

### Krótki opis

Zweryfikujemy prawa Kirchhoffa poprzez pomiar natężenia prądu, napięcia i rezystancji w obwodach szeregowych oraz równoległych. W celu dokładniejszego pomiaru oporności elektrycznej zastosujemy mostek Wheatstone'a.



Rys. 1: Zestaw eksperymentalny do wyznaczenia nieznannej oporności.

## Wyposażenie

Nr	Wyposażenie	Nr zamówienia	Ilość
1	Zasilacz 0-12 V DC/6 V, 12 V AC, 230 V	13505-93	1
2	Multimetr cyfrowy 2005	07129-00	1
3	Przełącznica	06030-23	1
4	Rezystor 220 $\Omega$ , 1 W, G1	39104-64	1
5	Rezystor 330 $\Omega$ , 1 W, G1	39104-13	1
6	Rezystor 2,2 k $\Omega$ , 1 W, G1	39104-23	1
7	Rezystor 3,3 k $\Omega$ , 1 W, G1	39104-25	1
8	Rezystorów 100 $\Omega$ , 1 W, G1	39104-63	1
9	Rezystor 470 $\Omega$ , 1 W, G1	39104-15	1
10	Rezystor 1 k $\Omega$ , 1 W, G1	39104-19	2
11	Rezystor 4,7 k $\Omega$ , 1 W, G1	39104-27	1
12	Rezystor 10 k $\Omega$ , 1 W, G1	39104-30	1
13	Wtyczka łączeniowa 1 mm/19 mm biała	39170-00	3
14	Przewód, 32 A, 250 mm, czerwony	07360-01	2
15	Przewód, 32 A, 250 mm, niebieski	07360-04	2

## Zadania

- Mierząc natężenie prądu i napięcie dla szeregowych i równoległe połączeń różnych rezystorów, sprawdź prawa Kirchhoffa. Na podstawie tych pomiarów obliczyć opory częściowe i całkowite.
- Wyznacz nieznaną wartość rezystancji za pomocą mostka Wheatstone'a.

## Przygotowanie i wykonanie doświadczenia

### Przygotowanie

#### Zadanie 1

Przygotuj obwód zgodnie z Rysunkiem 2. Multimetr cyfrowy będzie używany naprzemiennie jako woltomierz i amperomierz. Wyprobuj różne oporniki, aby zweryfikować prawa Kirchhoffa.

#### Zadanie 2

Wartości przeznaczonych do badania rezystorów należy ukryć. Możesz do tego celu wykorzystać nieprzezroczystą taśmę. Przygotuj eksperyment zgodnie z Rysunkami 1 i 3. Multimetr cyfrowy jest podłączony szeregowo do  $R_1$  i do  $R_x$  w celu pomiaru natężenia prądu  $I_x$ . Wybierz najniższy możliwy zakres pomiarowy i ustaw tryb pomiaru na prąd stały (DC). Uważaj, aby podłączyć przewody do odpowiednich gniazd multimetru.

### Wykonanie

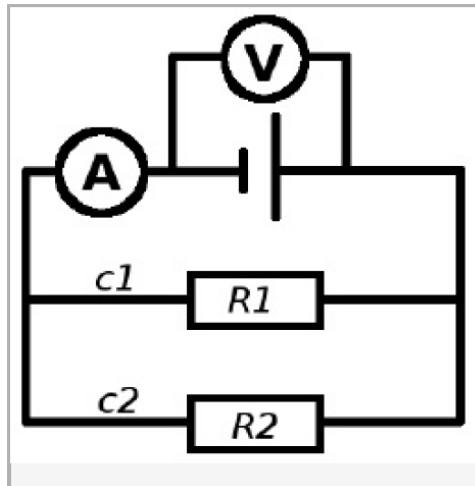
#### Zadanie 1

Przed włączeniem zasilania upewnij się, że regulatory natężenia prądu oraz napięcia są sprowadzone do zera. Po włączeniu zasilania najpierw wyreguluj natężenie prądu, aż zgaśnie zielona dioda LED. Następnie ostrożnie wyreguluj napięcie do maksymalnie 3 V. Zmierz natężenie prądu w nierozgałęzionej części obwodu. Wymień  $c_1$  na multimetr i zmierz częściowe natężenie prądu  $I_1$ . Kontynuuj pomiary  $I_2$  dla  $c_2$ . Zmierz przyłożone napięcie bezpośrednio na źródle. Następnie włóż trzeci rezystor  $R_3$  szeregowo z  $R_1$ . Zmierz częściowe napięcia  $U_1$  oraz  $U_3$  odpowiednio na  $R_1$  i  $R_3$ .

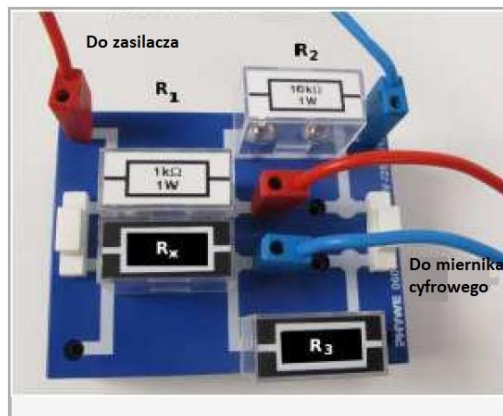
**Uwaga:** Aby wykonać pomiary, musisz zbudować osobny obwód dla każdego z nich.

#### Zadanie 2

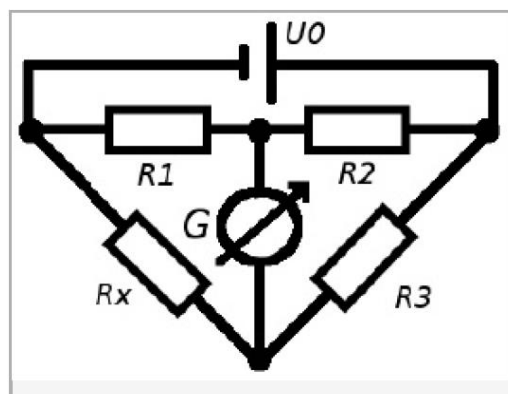
Przed włączeniem zasilania upewnij się, że regulatory natężenia prądu oraz napięcia są sprowadzone do zera. Po włączeniu zasilania najpierw wyreguluj natężenie prądu, aż zgaśnie zielona dioda LED. Następnie ostrożnie wyreguluj napięcie do maksymalnie 1 V. Jeśli zielona LED zaświeci ponownie, musisz wyregulować natężenie prądu. Obserwuj multimetr cyfrowy mierzący natężenie prądu w obwodzie i utrzymuj je znacznie poniżej 1 A. W celu ustalenia nieznaną rezystancji zmieniaj  $R_3$ , dopóki natężenie prądu płynącego przez G nie zniknie. Możesz wypróbować pojedyncze rezystory, a także kilka rezystorów połączonych szeregowo. Zanotuj kombinacje, przy których natężenie prądu znika lub przynajmniej osiąga minimum.



Rys. 2: Schemat obwodu do Zadania 1.



Rys. 3: Mostek Wheatstone'a z opornikami  $R_1$  i  $R_2$



Rys. 4: Schemat mostka Wheatstone'a. Jeśli faktycznie używasz mostka Wheatstone'a  $R_1$  i  $R_2$  spełniają warunek  $R_1 + R_2 = const$

## Teoria i analiza danych

### Teoria

#### Zadanie 1

W przypadku obwodów rozgałęzionych w stanie ustalonym pierwsze prawo Kirchhoffa obowiązuje w każdym punkcie połączenia (węźle).

$$\sum_k I_k = 0 \quad (1)$$

gdzie  $I_k$  to natężenia prądów wpływających do węzła i wypływających z niego. Oznacza to, że w każdym węźle ładunek jest zachowany. Przyjmuje się, że  $I_k$  jest ujemne, jeśli odpowiedni prąd wychodzi z węzła.

Dla każdej zamkniętej pętli (oczka) w sieci przewodników w stanie ustalonym obowiązuje drugie prawo Kirchhoffa:

$$\sum_k U_k = 0 \quad (2)$$

gdzie  $U_k$  to napięcie na  $k$ -tym elemencie. Jest to szczególny przypadek prawa indukcyjności, ponieważ ma on zastosowanie tylko do stałych przepływów magnetycznych. Mówiąc dokładniej, jest to konkluzja 1 i 3 równania Maxwella. Oznacza to, że w zamkniętym oczku energia elektryczna jest zachowana.

Z tych praw wynikają niektóre wnioski dotyczące zachowania ładunku, rezystancji i napięcia w obwodach równoległych i szeregowych:

### 1. szeregowe łączenie kilku elementów

$I_n = I_m$ : Przez każdy przewodnik płynie ten sam prąd.

$U_{tot} = \sum_n U_n$ : Napięcia na poszczególnych przewodnikach sumują się do całkowitego napięcia w obwodzie.

$R_{tot} = \sum_n R_n$ : Oporności poszczególnych elementów sumują się do całkowitej oporności w obwodzie.

Wynika stąd, że:

$$\frac{U_{tot}}{R_{tot}} = \frac{U_n}{R_n}, \text{ a także } \frac{R_n}{R_{tot}} = \frac{U_n}{U_{tot}}$$

gdzie  $I = \frac{U}{R}$ , to prawo Ohma

### 2. równoległe łączenie kilku elementów

$I_{tot} = \sum_n I_n$ : Natężenia prądów w obwodzie sumują się do całkowitego natężenia prądu.

$U_n = U_m$ : Napięcia na poszczególnych elementach są takie same.

$\frac{1}{R_{tot}} = \sum_n \frac{1}{R_n}$ : Odwrotności oporności poszczególnych elementów sumują się do odwrotności całkowitej oporności w obwodzie.

#### Zadanie 2

Zasadniczo nieznaną rezystancję można wyznaczyć przez pomiar natężenia prądu i napięcia na niej. Jednak skończona wewnętrzna rezystancja urządzeń pomiarowych wprowadza znaczne błędy. Aby uniknąć takich błędów, pomiar należy wykonać bezprądowo.

W mostku Wheatstone'a nieznaną rezystancja  $R_x$  jest połączona z trzema innymi opornikami (patrz Rysunek 4), z których co najmniej jeden jest zmienny.

W tym doświadczeniu tak dobieramy  $R_3$ , aby przez miernik  $G$  nie przepływał żaden prąd (wyrównanie mostka), co oznacza, że napięcie na  $G$  również zanika. W tym przypadku napięcia na  $R_x$  i  $R_1$  są równe, tak jak na  $R_3$  i  $R_2$ . Ponadto, ponieważ przez  $G$  nie przepływa żaden prąd, ten sam prąd przepływa przez  $R_3$  i  $R_x$  z jednej strony (oznaczony jako  $I_1$ ) oraz  $R_1$  i  $R_2$  z drugiej strony ( $I_2$ ). W wyniku uzyskujemy następujące równania:

$$I_1 R_x = I_2 R_1$$

i

$$I_1 R_3 = I_2 R_2$$

Dzieląc równania stronami (4) wyznaczamy nieznaną opór  $R_x$ .

$$R_x = R_3 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right) \quad (4)$$

Napięcie źródła jest nieistotne i może nawet zależeć od czasu.

**Uwaga:** W zwykłym mostku Wheatstone'a,  $R_1$  i  $R_2$  są wykonane drutu, oddzielone stykiem ślizgowym (podobnie do konstrukcji potencjometru). Więc  $R_1$  i  $R_2$  są zmienne, a suma ich oporności jest całkowitą rezystancją drutu. Jednak w naszym eksperymencie  $R_1$  i  $R_2$  są stałe,  $R_3$  zmieniane.

## Analiza danych

### Analiza i wyniki

#### Zadanie 1

W celu zweryfikowania praw Kirchhoffa porównaj zmierzone wartości z wartościami teoretycznymi uzyskanymi z równań od (1) do (3). Do pewnego stopnia należy oczekiwać odchyień od obliczonych wyników, np. przewody mają niezerową rezystancję, a zatem przyczyniają się do całkowitej rezystancji obwodu.

#### Zadanie 2

Znalezienie odpowiedniej wartości  $R_3$ , która zminimalizuje prąd przepływający przez  $G$ , pozwoli zgodnie z równaniem (4) na obliczenie nieznanych oporów. Tabela 1 przedstawia przykłady kombinacji  $R_3$  i  $R_x$  dla tego eksperymentu.

#### Uwaga:

Zamiast pojedynczych rezystorów możesz użyć kilku potencjometrów o różnych zakresach, połączonych szeregowo lub za pomocą dekady rezystorów  $1\Omega - 10\text{ M}\Omega$  (06194-10) jako trzeciej rezystancji.

Tabela 1: Opory wyznaczone za pomocą mostka Wheatstone'a przy pomocy  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  i  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ .

	$R_3 (k\Omega)$	$R_x (k\Omega)$
X1	1.1	0.1
X2	2.2	0.22
X3	3.3	0.33
X4	4.7	0.47