




## Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego

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

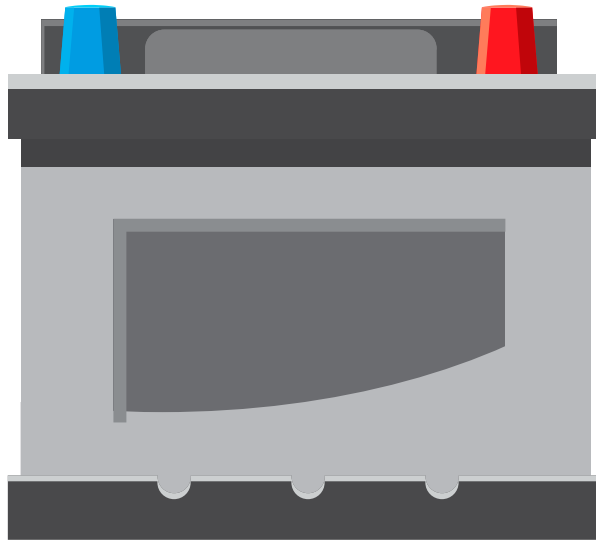


## Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/battery-energy-means-of-nutrition-1930833/> [dostęp 11.06.2022].

### Czy to nie ciekawe?

Czasami akumulatory nie są w stanie dostatecznie zasilić podłączonego odbiornika, bo ich napięcie za bardzo spada po włączeniu obwodu. Innym razem napięcie akumulatora jest niemal stałe. Okazuje się, że zależy to od wartości oporu elektrycznego podłączonego odbiornika, a Ty będziesz mieć okazję zbadania tego w tym materiale. Dlatego – zapraszamy!



Rys. a. Akumulator samochodowy

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/car-battery-icon-in-cartoon-style-vector-10154662> [dostęp 11.06.2022].

### Twoje cele

- poznasz sposoby, jakimi można wyznaczyć zależność napięcia źródła od podłączonego oporu zewnętrznego,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz przebieg tej zależności dzięki symulacji, w której możesz zmieniać wiele parametrów,
- wykorzystasz zdobytą wiedzę do rozwiązania problemów pojęciowych i rachunkowych.

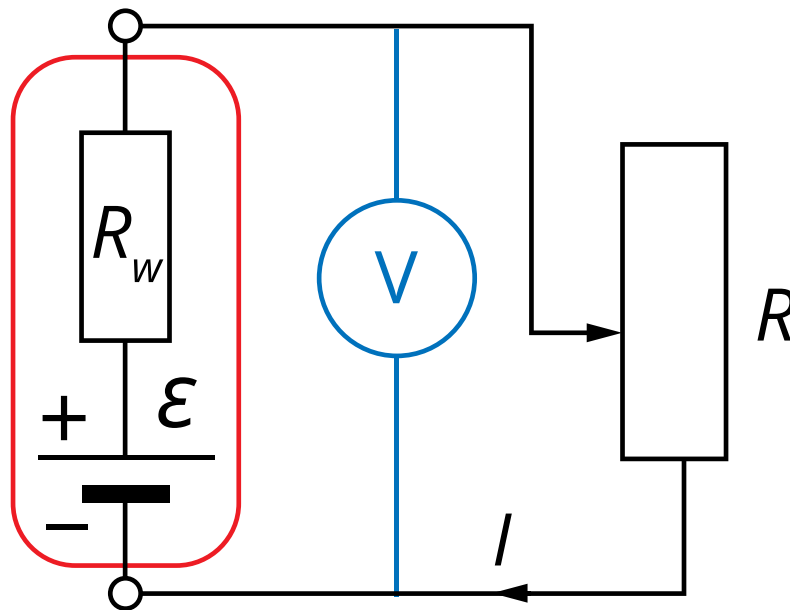
# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Postawiono przed Tobą zadanie zbadania zależności napięcia źródła, panującego między jego zaciskami, od wartości podłączonego oporu zewnętrznego. Czy jest to łatwe zadanie?

Jeśli masz już za sobą lekturę dowolnego e-materiału dotyczącego źródła napięcia lub obwodu elektrycznego, pewnie od razu wiesz, jak to zrobić. Jeśli nie – wystarczy, że przyjrzyysz się schematowi obwodu, który przedstawia Rys. 1.



Rys. 1. Schemat obwodu do badania zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego

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

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

Przedstawiono na nim źródło napięcia, charakteryzujące się **siłą elektromotoryczną**  $\mathcal{E}$  i oporem wewnętrznym  $R_w$ , zewnętrzny odbiornik, którego wartość oporu  $R$  można zmieniać i woltomierz, który posłuży nam do zmierzenia napięcia panującego na zaciskach źródła (a więc także na odbiorniku). Zakładamy, że to woltomierz cyfrowy wysokiej klasy, a więc jego opór własny można uznać za nieskończony.

Zadanie zbadania szukanej zależności można wykonać na dwa sposoby: doświadczalny i teoretyczny. Pierwszy musisz zrobić samodzielnie, w pracowni fizycznej, ale pomożemy Ci wyobrazić sobie wyniki doświadczenia w symulacji interaktywnej, umieszczonej w tym e-materiale. Drugi, prezentujemy poniżej.

Stosując prawo Ohma do oporu zewnętrznego, możemy napisać, że napięcie, którego szukamy jest równe

$$U = I \cdot R \quad (1)$$

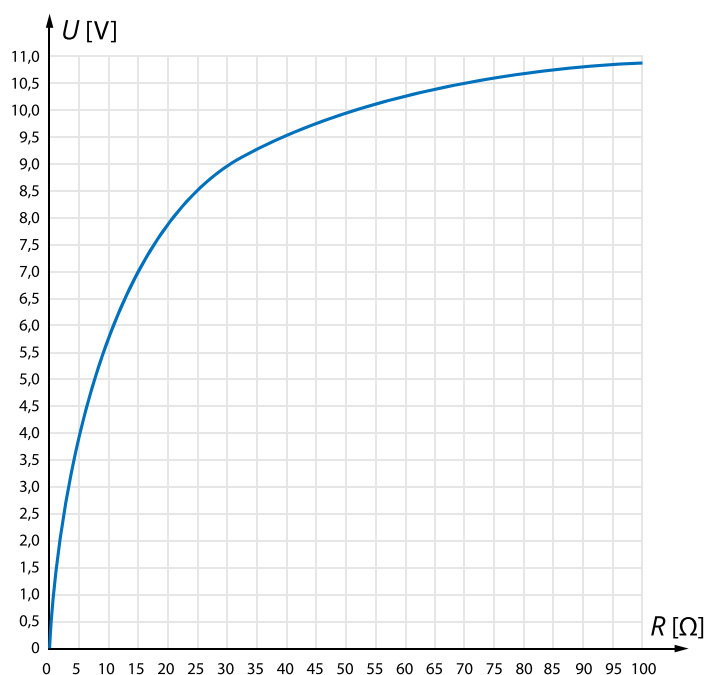
Bilans napięć (II prawo Kirchhoffa) dla obwodu na Rys. 1. jest następujący:

$$\mathcal{E} = I \cdot R_w + I \cdot R \quad (2)$$

Wyznaczając  $I$  z równania (2) i wstawiając do (1) otrzymujemy szukane napięcie na zaciskach baterii, które wyrazimy jako funkcję oporu zewnętrznego, wiedząc, że pozostałe wielkości są stałe dla źródła:

$$U(R) = \mathcal{E} \frac{R}{R + R_w} \quad (3)$$

Na Rys. 2. przedstawiono wykres tej funkcji.



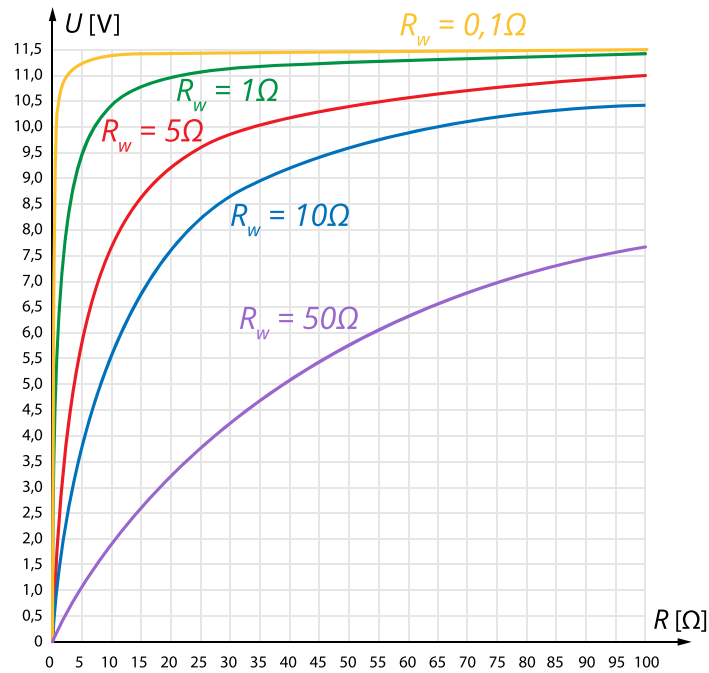
Rys. 2. Wykres zależności napięcia na zaciskach źródła od oporu zewnętrznego

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

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

Prezentowana zależność pokazuje, że dla małych wartości oporu odbiornika, wraz ze zmniejszaniem się jego wartości do zera, następuje szybki spadek napięcia źródła także do zera, a dla dużych wartości – wartość napięcia tylko nieznacznie rośnie ze wzrostem  $R$ .

Kształt wykresu badanej przez nas zależności będzie różny dla różnych wartości stosunku  $\frac{R_w}{R}$ . Pokazaliśmy to na Rys. 3.



Rys. 3. Wykresy zależności napięcia źródła w zależności od oporu zewnętrznego dla różnych oporów wewnętrznych źródła

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

Okazuje się, że im większy jest opór zewnętrzny w porównaniu do wewnętrznego, tym stabilniej działa źródło, to znaczy wahania wartości oporu zasilanego mniej wpływają na podawane napięcie.

Typowe źródła (baterie, akumulatory, zasilacze) mają najczęściej opór wewnętrzny mieszczący się w przedziale  $0,1 \Omega - 10 \Omega$ . Warto znać (lub wyznaczyć doświadczalnie) opór wewnętrzny źródła, by wiedzieć, jakich parametrów zasilania obwodu można się spodziewać.

## Słowniczek

### II prawo Kirchhoffa

(ang. *Kirchhoff's second law*) – prawo dotyczące bilansu napięć w obwodzie, wynikające z zasady zachowania energii: dla każdego obwodu zamkniętego, suma sił elektromotorycznych jest równa sumie spadków napięć na oporach elementów.

### Siła elektromotoryczna

(ang. *electromotive force*) – napięcie źródła powodujące przepływ prądu w obwodzie, liczbowo równe elektrycznej energii potencjalnej nadawanej ładunkowi jednostkowemu przez źródło (równe napięciu panującemu na zaciskach źródła, do którego nie podłączono obwodu zewnętrznego).

### Sprawność

(ang. *efficiency*) – efektywność wykorzystania energii przez urządzenie, stosunek energii wykorzystanej (wyjściowej) do dostarczonej (wejściowej).

# Symulacja interaktywna

---

## Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego

Symulacja interaktywna pozwala na zbadanie zależności napięcia źródła prądu od wartości podłączonego do niego oporu zewnętrznego. Warunki odzwierciedlają przeprowadzanie prawdziwego eksperymentu, a symulacja oferuje zmianę wartości oporu wewnętrznego źródła. Pozwala to na wnikliwe zbadanie zależności i uchwycenie prawidłowości rządzących tym zjawiskiem.

*Uwaga: Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.*

### Polecenie 1

W jakiej sytuacji zasilanie konkretnego obwodu ze źródła napięcia jest najbardziej stabilne?

- Gdy opór wewnętrzny źródła jest największy.
- Gdy opór wewnętrzny źródła jest porównywalny z oporem zasilanego obwodu.
- Gdy opór wewnętrzny źródła jest najmniejszy.

### Polecenie 2

Dlaczego przy wartości oporu zewnętrznego równej zero we wszystkich przypadkach napięcie na zaciskach źródła jest równe zero? Czy można taką sytuację zrealizować w praktyce?



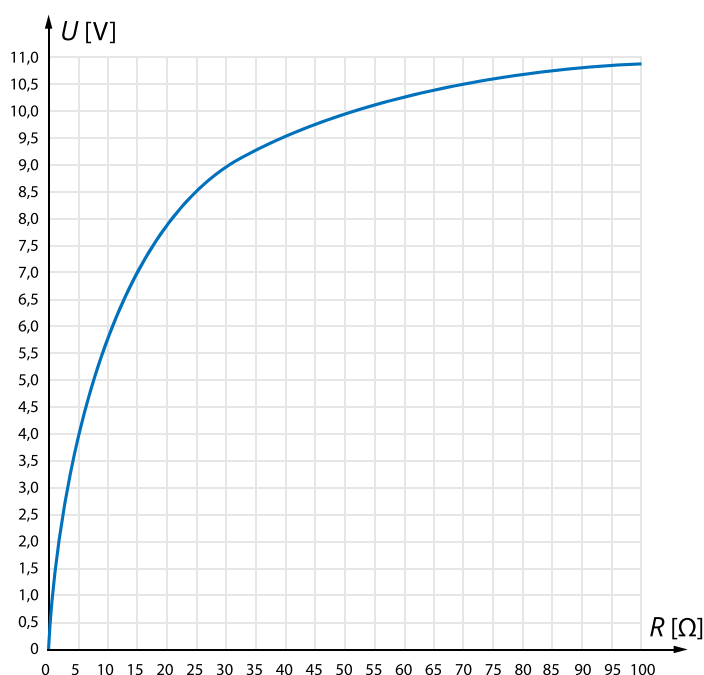
# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Na rysunku przedstawiono zależność napięcia źródła od oporu zewnętrznego. Dlaczego napięcie źródła zbliża się do zera, jeśli wartość oporu zewnętrznego spada do zera?

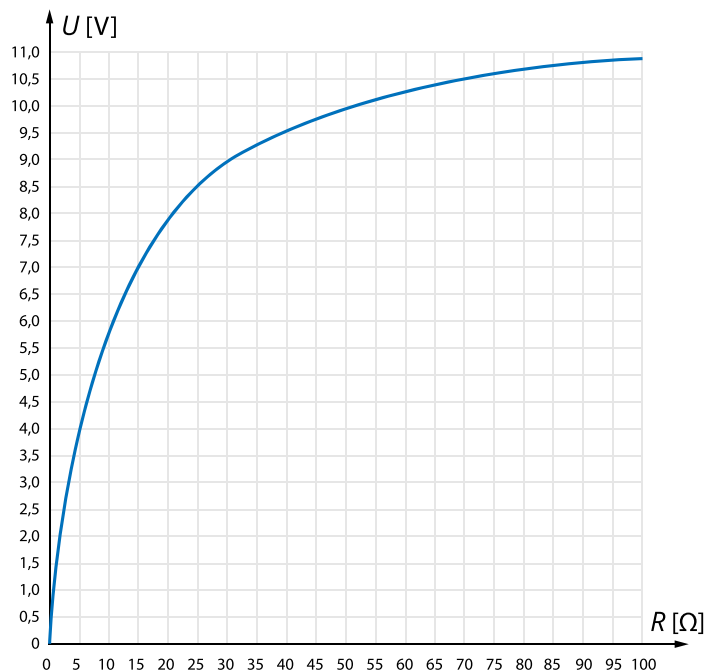


- Wraz ze spadkiem wartości oporu zewnętrznego zwiększa się opór wewnętrzny.
- Opór zewnętrzny równy zero omów oznacza zwarcie biegunów, czyli wyrównanie ich potencjałów.
- Wraz ze spadkiem wartości oporu zewnętrznego zmniejsza się natężenie prądu.
- Opór zewnętrzny równy zero omów oznacza zwarcie biegunów, czyli spadek SEM do zera woltów.

## Ćwiczenie 2



Na rysunku pokazano wykres zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego dla źródła o SEM równej 12 V i oporze wewnętrznym równym 10  $\Omega$ . Jakie jest równanie asymptoty tego wykresu?



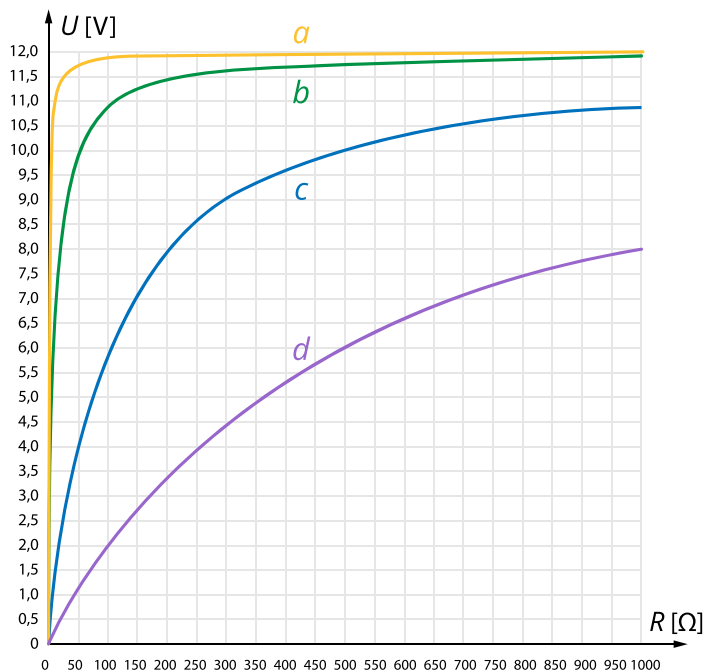
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Odp.:  $U =$   V.

### Ćwiczenie 3



Na podstawie analizy przebiegu wykresu z poprzedniego zadania wskaż, jaki jest przebieg wykresu dla tego samego źródła, ale przy zakresie zmienności oporu zewnętrznego od 0 do 1 k $\Omega$ .



Wykres c)

Wykres a)

Wykres d)

Wykres b)

#### Ćwiczenie 4



Narysuj na kartce lub opisz, jak wyglądałby wykres z pierwszego i drugiego zadania, gdyby dotyczył on idealnego źródła, czyli o oporze wewnętrznym równym zero omów?

#### Ćwiczenie 5



Bateria składa się z dwóch źródeł połączonych równolegle: jednego o sile elektromotorycznej  $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ V}$  i oporze wewnętrznym  $R_{w1} = 1 \Omega$  i drugiego, o parametrach odpowiednio  $\mathcal{E}_2 = 5 \text{ V}$ ,  $R_{w2} = 0,8 \Omega$ . Dla jakiej wartości oporu zewnętrznego  $R$  przez jedno z ogniw nie będzie płynął prąd? Zadanie jest trudne, więc radzimy zapoznać się ze wskazówką.

Odp.:  $R =$    $\Omega$ .

#### Ćwiczenie 6



Rozważmy źródło o sile elektromotorycznej  $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$  i oporze wewnętrznym  $R_w = 1 \Omega$ . Jaka moc  $P$  pobiera podłączony do niego odbiornik w oporze  $R = 11 \Omega$ ?

Odpowiedź:  $P =$    $\text{W}$ .

#### Ćwiczenie 7



Rozważmy źródło o sile elektromotorycznej  $\mathcal{E}$  i oporze wewnętrznym  $R_w$ . Od czego zależy moc elektryczna  $P$  pobierana ze źródła i w jakich warunkach jest ona największa? Zapisz swoje rozwiązanie i porównaj z odpowiedzią.

## Ćwiczenie 8



Sprawność każdego urządzenia oznacza efektywność wykorzystania przez nie energii. Wyprowadź wzór na sprawność źródła o siłę elektromotoryczną  $\mathcal{E}$  i oporze wewnętrznym  $R_w$ , do którego podłączono odbiornik zewnętrzny o oporze  $R$ . Wygodniej będzie Ci operować pojęciem mocy prądu zamiast energii elektrycznej.

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Tomasz Sobiepan
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></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>7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła.</p>
<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li></ul>

<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. omówi, jakimi sposobami można wyznaczyć zależność napięcia źródła od podłączonego oporu zewnętrznego.</li> <li>2. przeanalizuje i zinterpretuje przebieg tej zależności, dzięki symulacji, w której może zmieniać wiele parametrów.</li> <li>3. wykorzysta zdobytą wiedzę do rozwiązania problemów pojęciowych i rachunkowych.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	ISBE
<b>Metody nauczania:</b>	samodzielna weryfikacja hipotez
<b>Formy zajęć:</b>	- praca w grupach
<b>Środki dydaktyczne:</b>	- symulacja interaktywna, - zestaw zadań.
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiał: <b>Badanie zależności napięcia źródła od oporu zewnętrznego.</b>
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>- Zaciekawienie uczniów: Nauczyciel pokazuje doświadczenie, w którym widać, że napięcie źródła nie jest stałe.</p> <p>Przykładowy zestaw przyrządów i przebieg doświadczenia:</p> <p>Przyrządy: bateria (np. AA), do jej zacisków połączone równolegle: woltomierz i opornik suwakowy. Gdy zmieniamy położenie suwaka, napięcie wskazywane przez woltomierz zmienia się.</p> <p>- Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji.</p> <p>- Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów i nawiązanie do tej wiedzy: Źródło w obwodzie prądu stałego.</p>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

- Uczniowie pracują w grupach 3-4 osobowych. Formułują pytanie badawcze (np.: Od czego zależy napięcie źródła?, Co zrobić, by napięcie źródła nie spadało?, Od czego zależy moc pobierana ze źródła?).
- Uczniowie zastanawiają się nad odpowiedzią i formułują swoje hipotezy.
- Grupy przystępują do zweryfikowania hipotez mając do dyspozycji symulację interaktywną, tekst „Warto przeczytać” i zadania, których rozwiązanie może ich naprowadzić na właściwy trop. Nauczyciel sugeruje, że nie trzeba korzystać z innych źródeł internetowych, chociaż tego nie zabrania.

Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i odpowiedzi.

#### **Faza podsumowująca:**

- Grupy wymieniają się spostrzeżeniami na temat badanych hipotez.
- 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 poprzez rozwiązanie w domu zadań, których nie przerobili na lekcji.

#### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:**

Symulacja może także służyć przy przygotowywaniu się do lekcji przy zastosowaniu strategii odwróconej klasy oraz w matematyce, do analizy zmienności funkcji w zależności od parametrów.