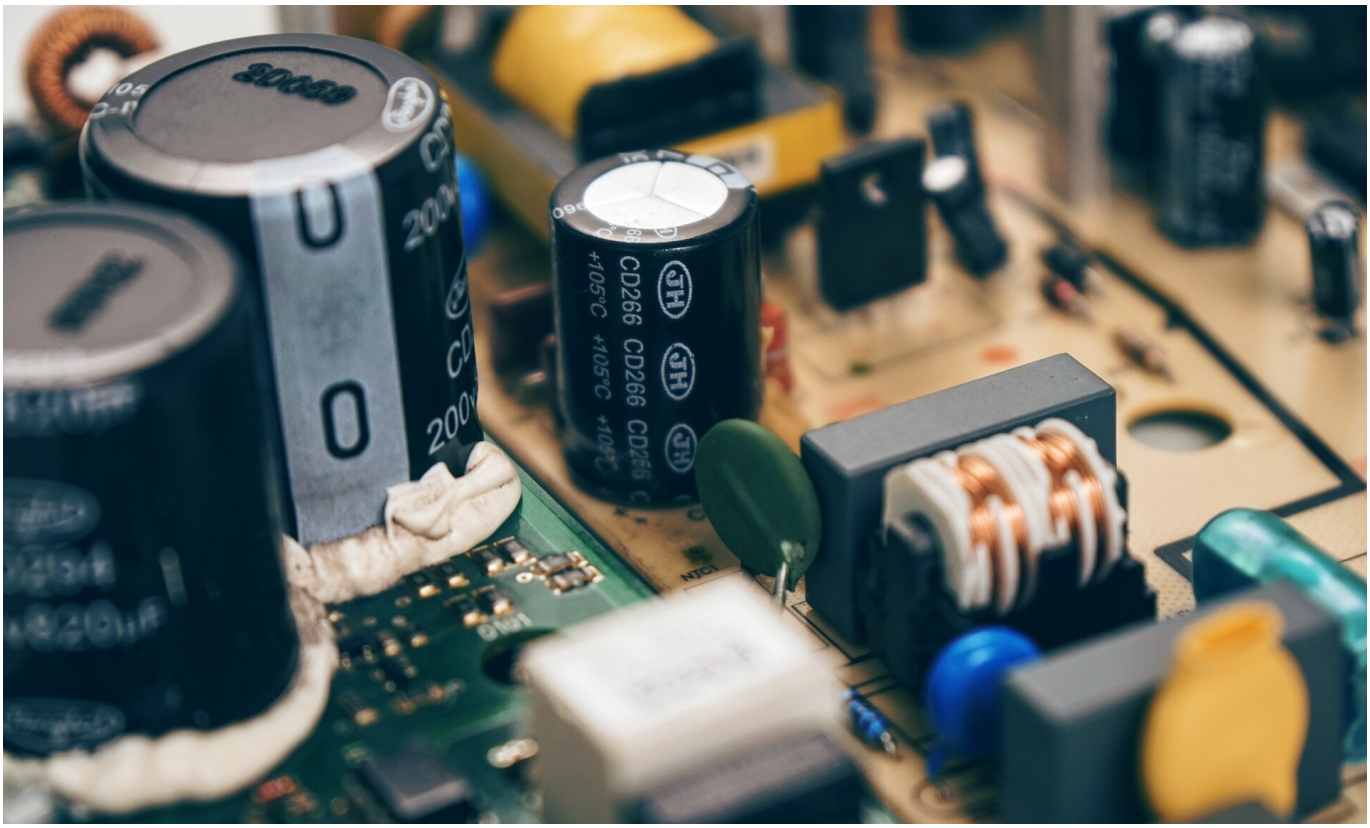


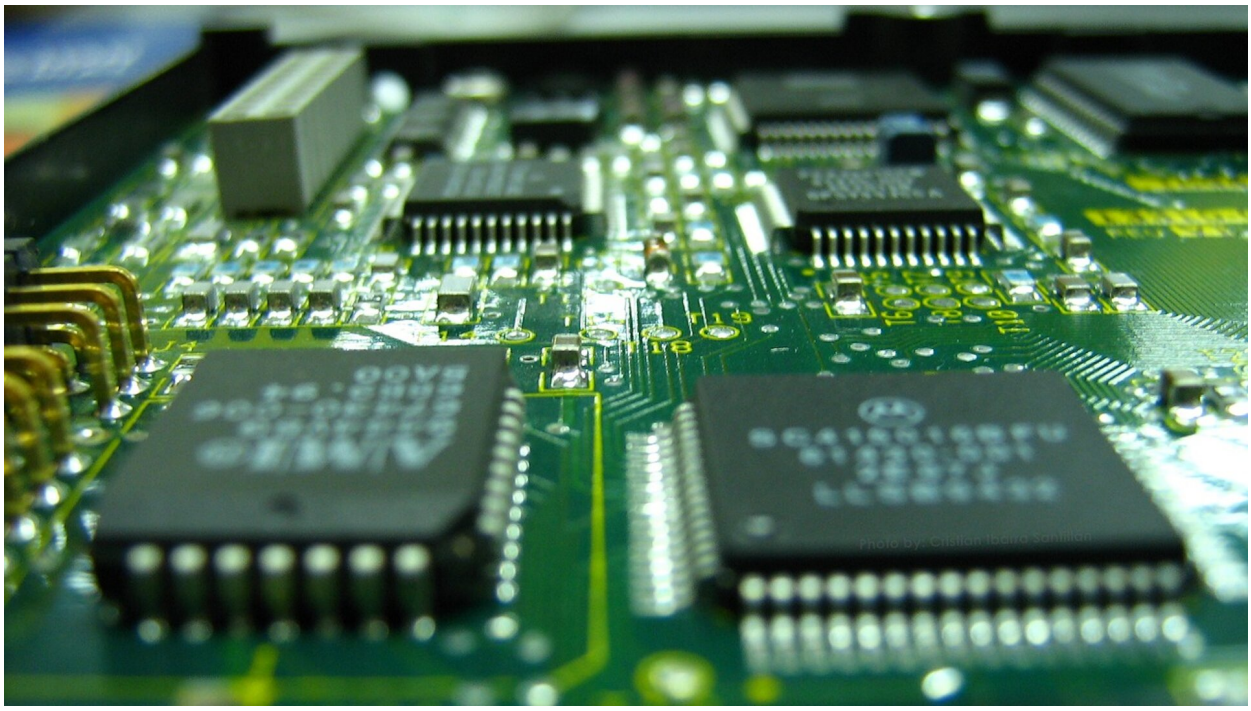
Szeregowe łączenie ogniw

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Symulacja interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

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

Czy to nie ciekawe?

Jeżeli obwód elektryczny jest zasilany przez jedno ogniwo, zasady rządzące przepływem prądu wydają się proste. Jeśli jednak połączymy szeregowo wiele różnych ogniw, w dodatku w różnych kierunkach, od samego patrzenia na schemat takiego obwodu może rozboleć głowa (Rys. a.). Okazuje się jednak, że rozważając to zagadnienie krok po kroku, rozwiązanie staje się tak proste, że aż trudno uwierzyć. Chcesz się przekonać? Zapraszamy do lektury.



Rys. a. Fragment płyty głównej

Źródło: dostępny w internecie: https://pixabay.com/illustrations/microchips-electronics-semiconductor-4924170/ [dostęp 12.07.2022].

Twoje cele

- dowiesz się, jak obliczać parametry baterii złożonej z takich samych lub różnych ogniw połączonych szeregowo,
- będziesz wiedział jak rozwiązywać problemy i zagadki dotyczące połączeń szeregowych ogniw, z pewnością przyda Ci się to kiedyś w życiu.

Przeczytaj

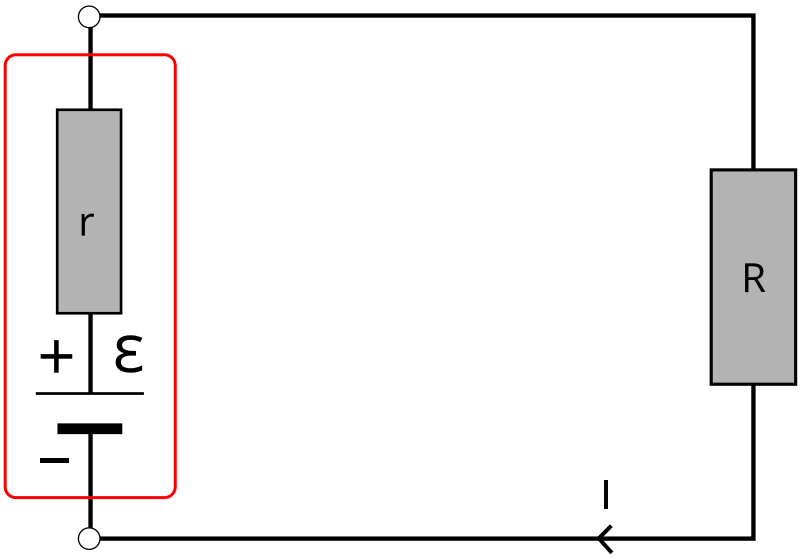
Warto przeczytać

Aby w obwodzie elektrycznym płynął prąd potrzebujemy źródła energii elektrycznej. Takim źródłem jest np. bateria i generator elektryczny. Źródła energii elektrycznej nazywamy ogniwami. W ogniwach energię elektryczną otrzymujemy w wyniku przetwarzania innej energii, np. energii chemicznej w bateriach, a energii mechanicznej w generatorach. Wielkości charakteryzujące każde ogniwo to: siła elektromotoryczna SEM i opór wewnętrzny r.

SEM to wartość energii nadawanej ładunkom w źródle, przypadającej na ładunek jednostkowy. Wielkość ta ma wymiar wolta (V). SEM to inaczej wartość napięcia elektrycznego, jakie panuje na zaciskach rozwartego ogniwa.

Opór wewnętrzny reprezentuje straty energii w ogniwie, związane z przepływem przez nie prądu. Traktuje się je jak zwykły opornik, na którym występuje spadek napięcia elektrycznego.

Schemat źródła prądu o SEM równej $\mathscr{E}$ i oporze wewnętrznym r, podłączonego do odbiornika o oporze R przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat źródła napięcia podłączonego do opornika R.

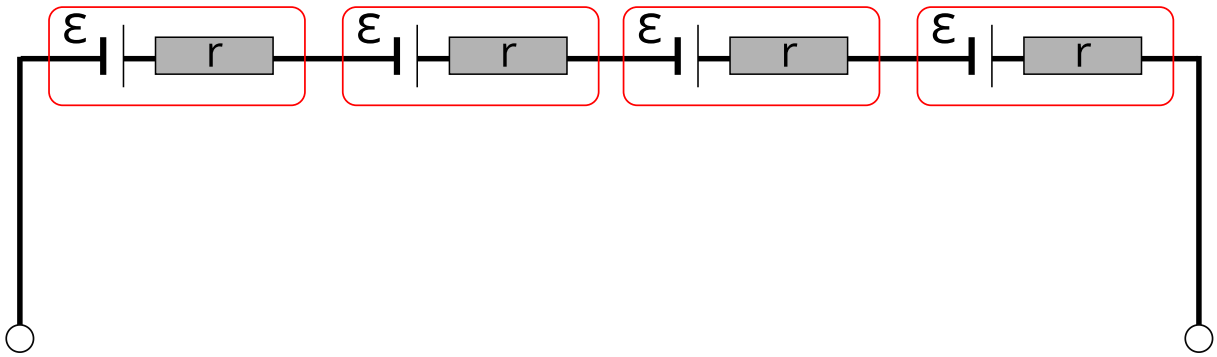
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Czasami kilka ogniw łączy się ze sobą tworząc baterię.

Zbadajmy sytuację, w której źródła łączy się szeregowo.

Szeregowe połączenie jednakowych ogniw

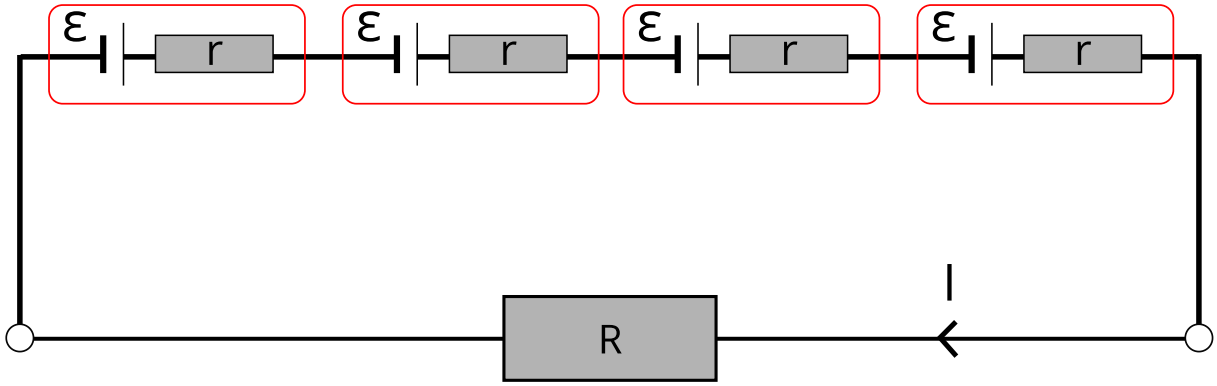
Rozważmy kilka jednakowych ogniw połączonych ze sobą tak, jak na Rys. 2.



Rys. 2. Szeregowe połączenie jednakowych źródeł napięcia w baterię.
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Każde z tych ogniw dostarcza taka samą energię do obwodu, czyli podnosi napięcie o tę samą wartość. Jeżeli ogniw jest n, napięcie elektryczne na zaciskach całej baterii (SEM baterii) będzie więc równe:

$$SEM = n\mathscr{E} \tag{1}$$



Rys. 3. Bateria ogniw podłączona do odbiornika o oporze R.
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Jeżeli baterię taką podłączymy do odbiornika o oporze R (Rys. 3.), przez każdy element obwodu będzie płynął jednakowy prąd, którego natężenie możemy obliczyć wykorzystując II prawo Kirchhoffa:

$$n\mathscr{E} = Inr + IR \tag{2}$$

$$I = \frac{n\mathscr{E}}{nr + R} \tag{3}$$

Opór wewnętrzny całej baterii, to opór zastępczy układu ogniw, czyli wartość R_w spełniająca warunek:

$$n\mathscr{E} = IR_w + IR \tag{4}$$

Z porównania równań (2) i (4) widać, że

$$R_w = nr \tag{5}$$

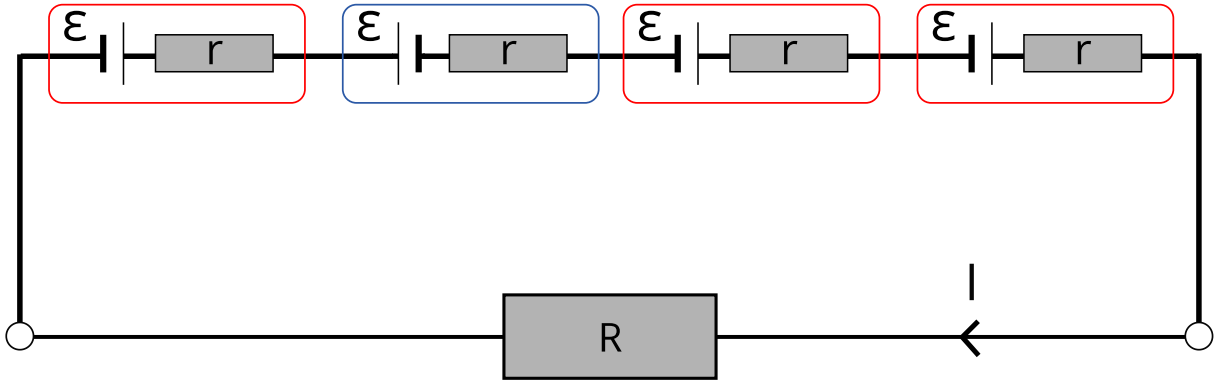
Napięcie U na zaciskach całej baterii jest w tym obwodzie równe napięciu panującym na oporze R, czyli:

$$U = IR = \frac{n\mathscr{E}R}{nr + R} \tag{6}$$

Jak widać, napięcie to jest zależne od wartości oporu podłączonego do baterii.

Połączenie ogniw w różnym kierunku

Rozważmy sytuację, w której jedno z ogniw podłączymy w kierunku przeciwnym do pozostałych tak, jak na Rys. 4.



Rys. 4. Szeregowe połączenie ogniw w różnych kierunkach.

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

W tym przypadku, źródło włączone odwrotnie obniża wartość napięcia całej baterii, więc przy sumowaniu sił elektromotorycznych powinno być wzięte ze znakiem minus. Ogólnie, jeżeli mamy *k* ogniw włączonych w jedną stronę i *l* ogniw w przeciwną, siła elektromotoryczna całej baterii wynosi:

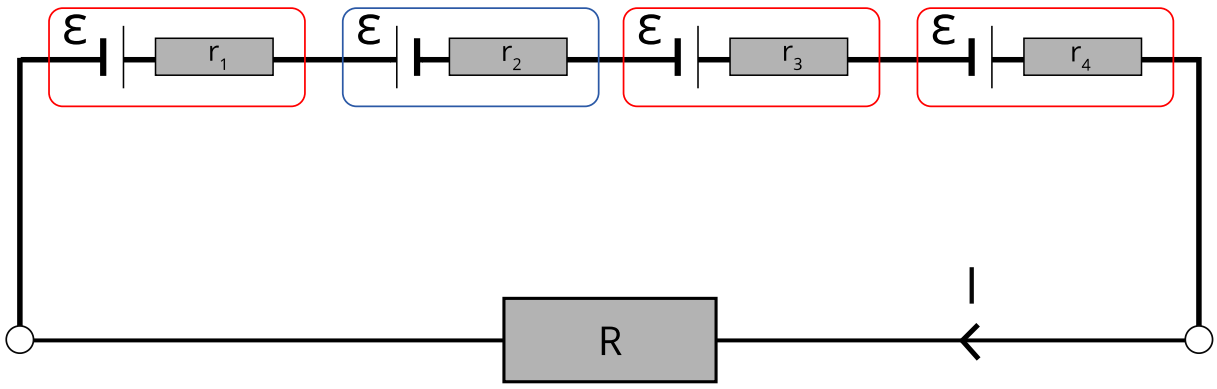
$$SEM = k\mathscr{E} - l\mathscr{E} = (k - l)\mathscr{E} \tag{7}$$

W porównaniu z poprzednią sytuacją, nic się jednak nie zmienia w kwestii oporu wewnętrznego baterii. Zauważmy, że na każdym oporze wewnętrznym ogniwa następuje spadek napięcia przy przepływie prądu, bez względu na to, w którą stronę je włączymy. Stosując więc wzór (5) z bieżącymi oznaczeniami otrzymujemy:

$$R_w = (k + l)r \tag{8}$$

Połączenie różnych ogniw w różnych kierunkach

Biorąc pod uwagę poprzednie rozważania, będzie mam bardzo łatwo określić parametry baterii pokazanej na Rys. 5.



Rys. 5. Połączenie szeregowe różnych ogniw w różnych kierunkach.

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

Wystarczy ograniczyć się do dwóch stwierdzeń:

Siła elektromotoryczna baterii ogniw połączonych szeregowo jest sumą sił elektromotorycznych poszczególnych ogniw, przy czym SEM ogniw włączonych przeciwnie sumujemy ze znakiem ujemnym.

Opór wewnętrzny baterii ogniw połączonych szeregowo jest sumą oporów wewnętrznych każdego z nich.

Słowniczek

II prawo Kirchhoffa

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

opór zastępczy

(*ang.: equivalent resistance*) to taka wartość oporu, którym możemy zastąpić wszystkie oporniki połączone w układ, by przy tym samym napięciu przepłynął prąd o tym samym natężeniu.

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).

Symulacja interaktywna

Sprawdź, jaka jest zależność siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego całej baterii od tego, jakie ogniwa połączone są w niej szeregowo

Symulacja interaktywna pozwala badać parametry baterii złożonej z czterech szeregowo połączonych ogniw. Uczeń może ustawiać wartości SEM, oporu wewnętrznego i polaryzację każdego ogniwa oddzielnie i obserwować, jak zmienia się siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny całej baterii. Na ekranie widoczne są wskazania woltomierza i amperomierza, włączonych do układu. Opór wewnętrzny obliczany jest na podstawie ich wskazań.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DSnAkhLhX

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

Polecenie 1

Jeśli bieguny baterii połączysz bezpośrednio, np. przy pomocy drutu, skutecznie je zwierając, bateria zacznie się nagrzewać. Jak myślisz, dlaczego tak się dzieje?

Polecenie 2

„Zbuduj obwód” według własnego uznania, tzn. ustal polaryzację ogniw oraz wartości SEM i r, a następnie, na podstawie wskazań amperomierza i woltomierza, wyznacz wartość użytego oporu zewnętrznego R. Wykonaj obliczenia dla różnych konfiguracji obwodu.

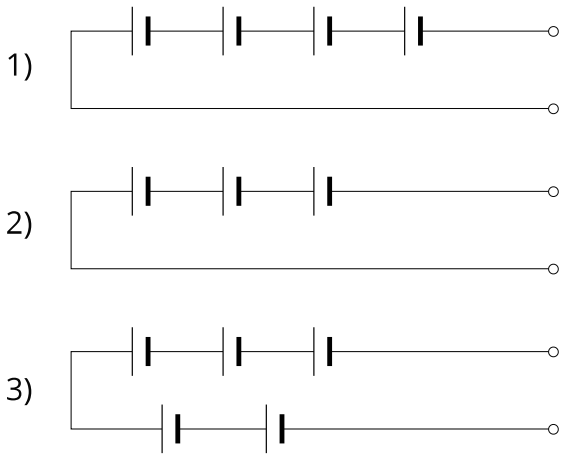
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Jednakowe ogniwa o SEM = 2 V oraz o oporze wewnętrznym wynoszącym 1 Ω każde połączono na cztery różne sposoby. Przyporządkuj kafelki z paramentami całego układu do odpowiednich schematów.



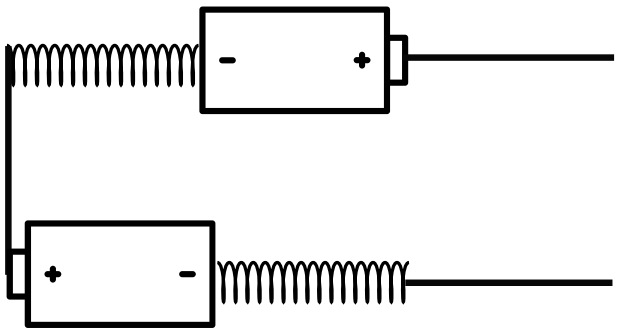
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4

W jeden szereg połączono *k* ogniw w jednym kierunku i *l* ogniw w przeciwnym, a następnie taką baterię podłączono do oporu zewnętrznego o wartości *R*. Wszystkie źródła mają SEM = $\mathcal{E}$ i opór wewnętrzny wynoszący *r*. Jaki wzór określa spadek napięcia na oporze wewnętrznym całej baterii? Uzupełnij wzór dostępnymi elementami.

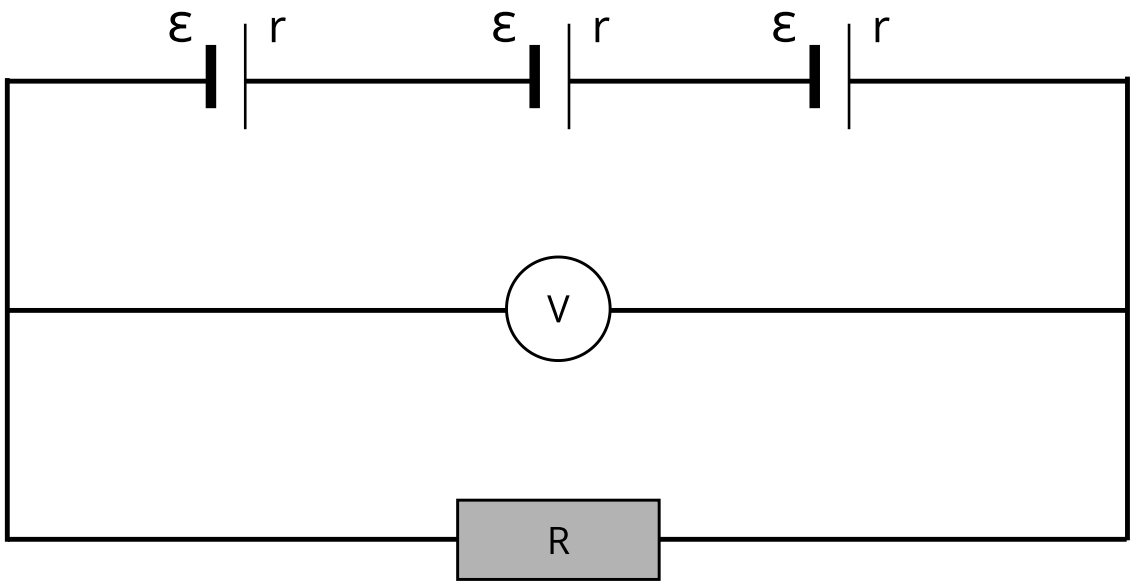
Ćwiczenie 5



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

Ćwiczenie 6

Do baterii składającej się z trzech jednakowych ogniw o SEM wynoszącej $2V$ i oporze wewnętrznym równym 1Ω podłączano oporniki zewnętrzne o różnej wartości oporu *R* i za każdym razem mierzono napięcie woltomierzem połączonym tak, jak na rysunku.



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

Ćwiczenie 7

Uczniowie dysponują trzema różnymi bateriami o siłach elektromotorycznych równych 2V, 3V i 6V. Ich opory wewnętrzne wynoszą odpowiednio: 0,6 Ω, 0,3 Ω i 0,2Ω. Jak powinni dobrać baterie, by zasilić odbiornik o oporze R = 10 Ω napięciem o wartości 6,5 V ± 0,5 V tak, by natężenie płynącego prądu nie było większe niż 0,7A? Dokonaj właściwego wyboru spośród A, B, C, D, E. Gdzie:

A - bateria 6V

B - bateria 6V w kierunku przeciwnym

C - bateria 3V

D - bateria 3V w kierunku przeciwnym

E - bateria 2V

Obwód:

Na ilustracji mamy obwód i nazwane A, B, C, D, E ogniwa z różnymi polaryzacjami - w polach obwodu należy wpisać np.: ADC, wtedy zadanie jest sprawdzane automatycznie pod względem poprawności

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

Ćwiczenie 8

Wyobraź sobie układ złożony z wielu ogniw, w którym taka sama ich liczba jest włączona szeregowo w jednym kierunku, co w przeciwnym. Czy taka bateria może zasilić obwód zewnętrzny o oporze R? Czy można zmierzyć opór wewnętrzny takiej baterii? Zapisz swoje przemyślenia i porównaj z przygotowaną przez nas odpowiedzią.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Szeregowe łączenie ogniw**
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** I. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 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. VIII. Prąd elektryczny. Uczeń: 12) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa).
Kształtowane kompetencje kluczowe:	**Zalecenie 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. dowie się, jak obliczać parametry baterii złożonej z takich samych lub różnych ogniw, 2. dowie się jak rozwiązywać problemy i zagadki dotyczące połączeń szeregowych ogniw.
Strategie nauczania	gamifikacja
Metody nauczania	decyzyjna
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	symulacja interaktywna, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Szeregowe łączenie ogniw”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Zaciekawienie uczniów: Jak w części „Czy to nie ciekawe?” Uzgodnienie z uczniami celów do osiągniecia na lekcji. Podzielenie uczniów na trzyosobowe grupy i wyjaśnienie reguł gry.	
Faza realizacyjna:	
Gra polega zgromadzeniu jak największej liczby punktów przez grupę za rozwiązania zadań w określonym czasie. Za każde prawidłowe rozwiązanie grupa otrzymuje złotą baterię, składającą się z 6 ogniw. Za skorzystanie z podpowiedzi lub błędną próbę rozwiązania grupa traci dwa ogniwa z posiadanych baterii. Za jednorazowe skorzystanie z tekstu „Warto przeczytać” trzeba „zapłacić” jedno ogniwo. Grupy mogą też podpowiadać sobie nawzajem ustalając swoje własne ceny wyrażone w ogniwach, za taką podpowiedź. Korzystanie z symulacji interaktywnej jest bezpłatne. Bardzo ważne jest prawidłowe rozwiązanie pierwszego z zadań, gdyż grupa nie ma jeszcze żadnej baterii, więc nie może sobie pozwolić na błędy lub podpowiedzi. Grupa może pożyczyć jedno ogniwo od nauczyciela, ale w zamian będzie musiała oddać dwa ogniwa przy końcowym rozliczeniu. Wygrywa ta grupa, która zgromadzi najwięcej ogniw. Nauczyciel pełni rolę arbitra podczas gry.	
Faza podsumowująca:	

Nauczyciel podsumowuje wyniki gry na lekcji i zapowiada pracę domową. Ostateczne rozstrzygnięcie zapadnie na następnej lekcji. 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 mogą zdobywać dodatkowe ogniwa podczas pracy w domu. Prawidłowe rozwiązanie przez ucznia zadania, którego grupa nie zdążyła rozwiązać na lekcji i przysłanie rozwiązania (nie samego wyniku) nauczycielowi mailem w ciągu dwóch dni jest nagradzane dodatkowym ogniwem dla grupy.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Symulacja interaktywna może być podręczną pomocą ucznia do każdego tematu dotyczącego stałego prądu elektrycznego, na każdym etapie nauki.