



Cechy źródła napięcia

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



Czy to nie ciekawe?

Źródła energii elektrycznej, to urządzenia, bez których trudno byłoby wyobrazić sobie współczesny świat. Tym ciekawsze będzie przyjrzenie się ich cechom i rodzajom. Zatem – zapraszamy!



Rys. a. Przeszliśmy długą drogę od czasu zbudowania pierwszej baterii. Na zdjęciu przedstawiono stos wołtaiczny Aleksandra Volty z 1800 roku.

Twoje cele

- rozróżnisz źródła napięciowe i prądowe oraz narysujesz ich charakterystyki,
- zrozumiesz, jaką rolę pełni źródło napięcia w obwodzie elektrycznym,
- zbadasz, jak moc źródła zależy od oporu zewnętrznego,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań pojęciowych i rachunkowych.

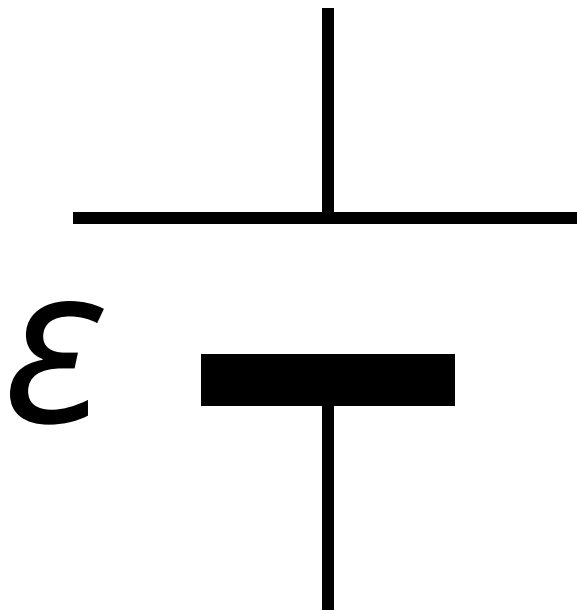
Przeczytaj

Warto przeczytać

W każdym obwodzie, aby popłynął prąd, konieczne jest źródło energii elektrycznej. Wytwarza ono napięcie, które powoduje ruch ładunków. Wartość tego napięcia w sytuacji, w której nie podłączono żadnego obwodu nazywa się **siłą elektromotoryczną** źródła (w skrócie SEM), a na schematach oznacza pisaną literą $\mathcal{E}$. Więcej na ten temat możesz przeczytać w materiale „Siła elektromotoryczna źródła energii elektrycznej”.

Z użytkowego punktu widzenia, źródła dzielą się na **napięciowe i prądowe**. Rolą pierwszego jest utrzymywanie stałego napięcia między zaciskami, a drugiego – utrzymywanie stałego natężenia płynącego prądu. Fizyczna realizacja takich idealnych źródeł jest niemożliwa. Jeśli opór dołączonego odbiornika dążyłby do zera, źródło napięciowe musiałoby zapewnić nieskończenie duże natężenie prądu, a źródło prądowe – nieskończenie duże napięcie.

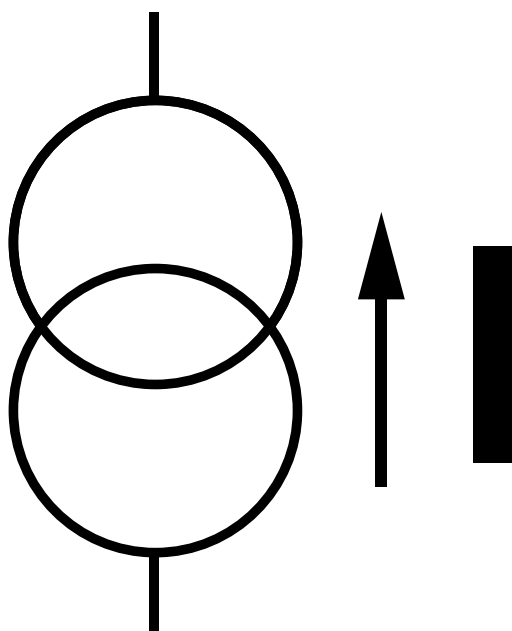
Oznaczenia stosowane na schematach odwodów elektrycznych dla obu rodzajów źródeł prądu stałego przedstawiono na Rys. 1. i 2.



Rys. 1. Oznaczenie źródła napięciowego. Dłuższa cieńsza kreska oznacza biegun dodatni.

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

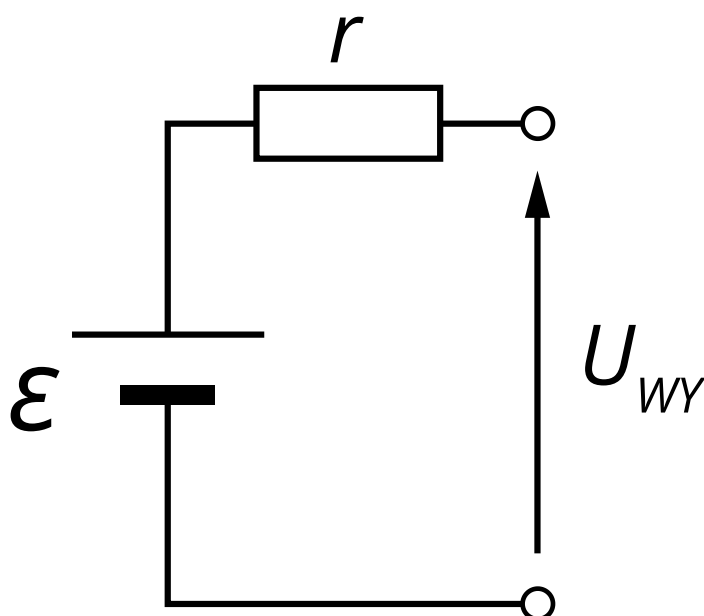
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.



Rys. 2. Oznaczenie źródła prądowego. Jeśli nie zaznaczono tego na schemacie, przyjmuje się, że prąd płynie do góry rysunku.

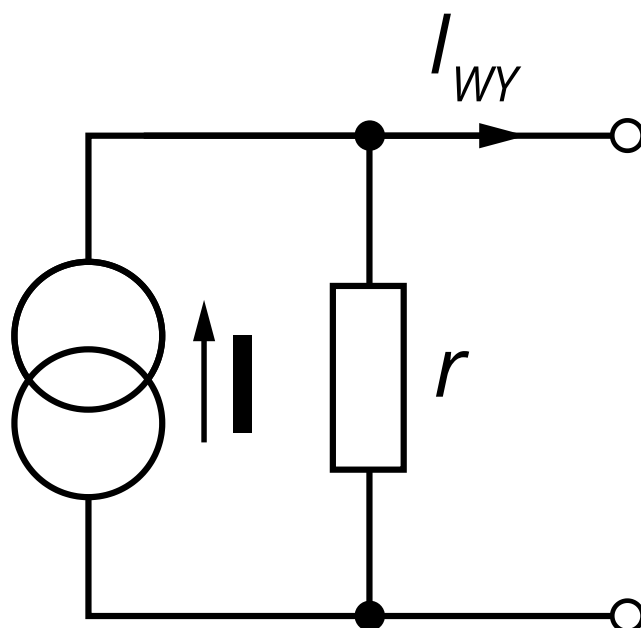
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Rzeczywiste źródła energii elektrycznej to urządzenia, wewnątrz których zachodzą straty energii. Dlatego też realizacja modeli idealnych nie jest możliwa. Te straty energii symbolicznie oznacza się jako **opór wewnętrzny źródła** r . Schematy rzeczywistego źródła napięciowego i prądowego przedstawiają Rys. 3. i 4.



Rys. 3. Schemat elektryczny rzeczywistego źródła napięciowego.

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



Rys. 4. Schemat elektryczny rzeczywistego źródła prądowego.

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

Stosując bilans napięć i prawo Ohma dla źródła napięciowego, możemy napisać:

$$U_{wy} = \mathcal{E} - Ir$$

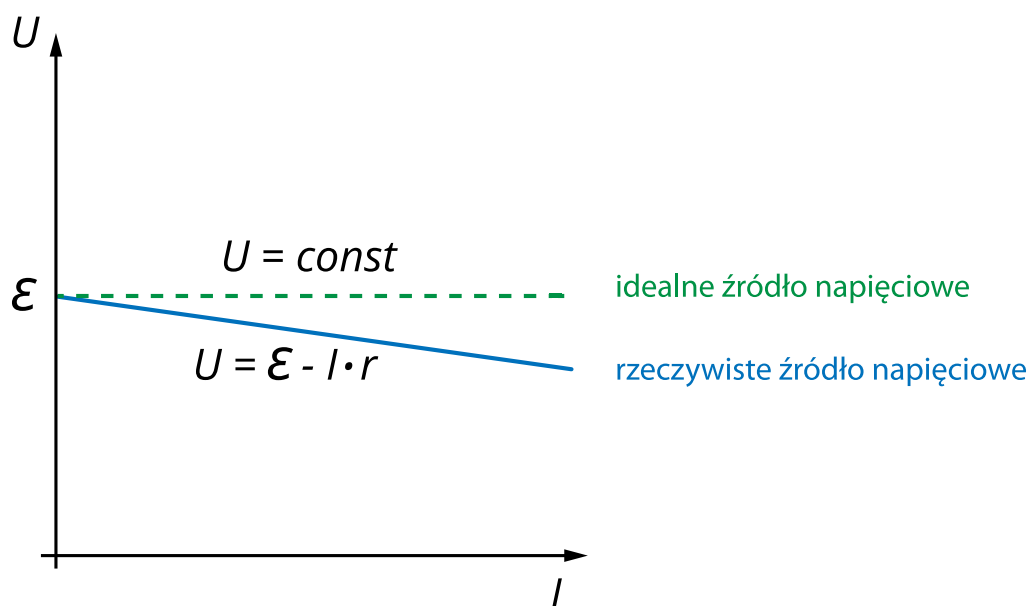
gdzie I oznacza natężenie prądu płynącego przez źródło.

Analogiczny wzór dla źródła prądowego jest następujący:

$$I_{wy} = I_0 - \frac{U_{wy}}{r}$$

gdzie I_0 jest całkowitym natężeniem prądu płynącego przez źródło.

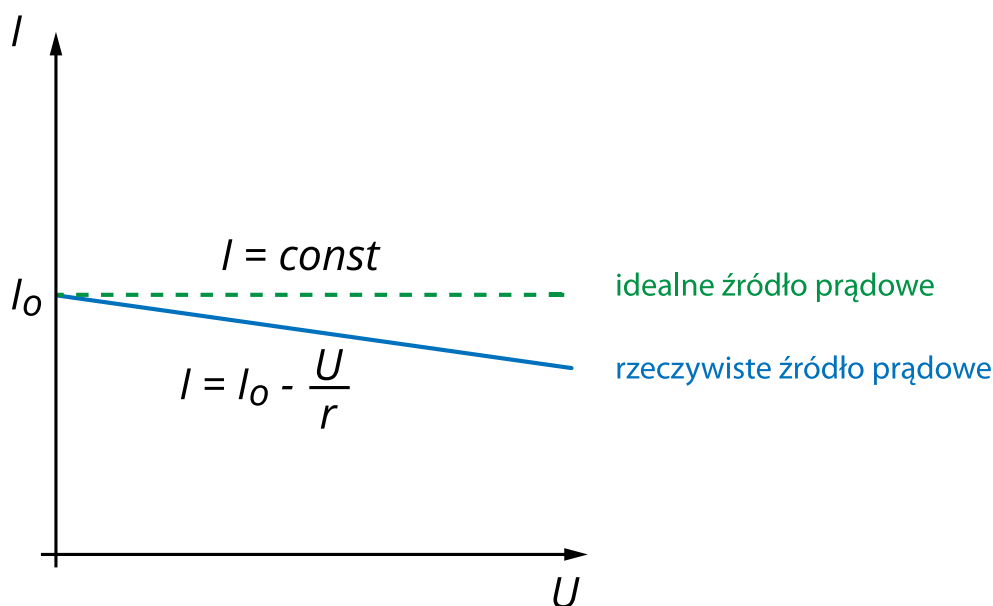
Zależność napięcia na zaciskach źródła napięciowego od natężenia płynącego prądu przedstawia Rys. 5. Tego rodzaju wykres nazywa się **charakterystyką napięciowo-prądową**. Więcej o nim możesz się dowiedzieć w materiale „Charakterystyka napięciowo-prądowa źródła napięcia”.



Rys. 5. Charakterystyka napięciowo-prądowa źródła napięciowego.

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

Zależność natężenia prądu płynącego przez źródło prądowe od napięcia na jego zaciskach przedstawia Rys. 6. Tego rodzaju wykres nazywa się **charakterystyką prądowo-napięciową**.



Rys. 6. Charakterystyka prądowo-napięciowa źródła prądowego.

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

Kolejność wielkości w nazwach charakterystyk zależy od tego, która z nich jest współrzędną niezależną, a która zależną od tej drugiej.

Z punktu widzenia sposobu wytwarzania energii, źródła możemy podzielić następująco:

- źródła chemiczne, w tym:
 - nieodwracalne (baterie);
 - odwracalne (akumulatory);
- źródła elektromagnetyczne – prądnice prądu przemiennego;
- źródła fotoelektryczne – fotoogniwa;
- źródła termoelektryczne – termoogniwa, termopary.

Wszelkie rozważania w tym materiale dotyczą źródeł wytwarzających prąd stały, ale należy pamiętać, że istnieją także źródła wytwarzające prąd przemienny.

Sprawność źródła energii elektrycznej, to stosunek mocy zasilającej obwód zewnętrzny do całkowitej mocy wytwarzanej przez źródło. Sprawność jest powszechnie używaną w fizyce i technice wielkością, dotyczącą różnych urządzeń transferujących energię. Moc P wydzielana na każdym elemencie obwodu, na którym panuje napięcie U , a prąd, płynący przez niego ma wartość I , wynosi:

$$P = U \cdot I$$

Dla przykładu, zajmiemy się źródłem napięciowym, przedstawionym na Rys. 3. Moc użyteczna, przekazywana do obwodu ma wartość:

$$P_{uż} = U_{wy} I$$

gdzie I oznacza natężenie prądu płynącego przez źródło. Całkowita moc wytwarzana przez źródło jest z kolei równa

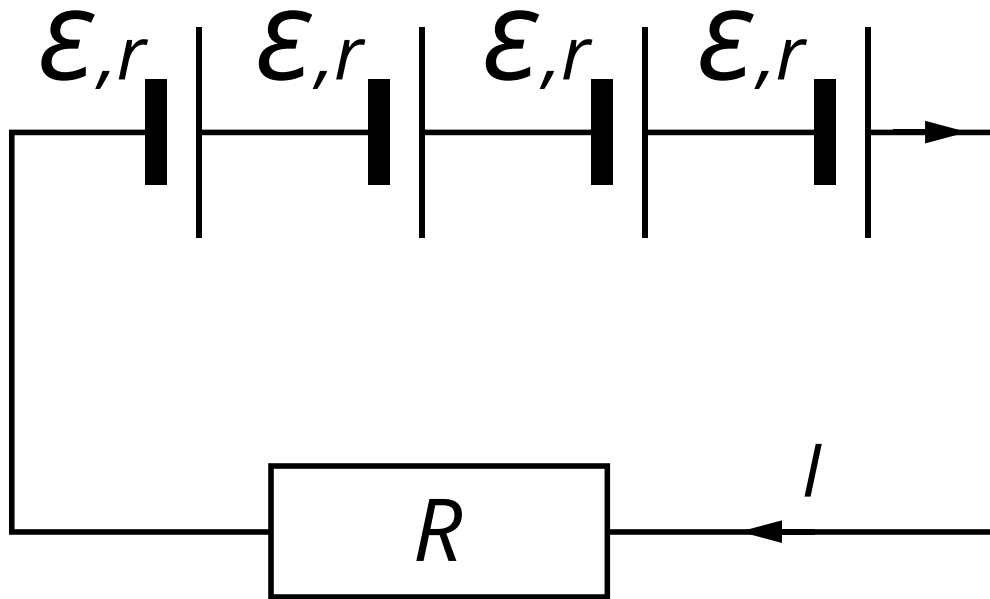
$$P_0 = \mathcal{E} I$$

Sprawność źródła wynosi zatem:

$$\eta = \frac{P_{uż}}{P_0} = \frac{U_{wy}}{\mathcal{E}}$$

Zależy ona od wartości oporu podłączonego obwodu. Wpływa on bowiem na wartość natężenia prądu, a ta z kolei, jak wynika z Rys. 5., na wartość napięcia wyjściowego. Sprawność źródła zasilającego konkretny obwód możemy wyznaczyć posługując się woltomierzem.

Często zachodzi potrzeba, by pojedyncze źródła połączyć ze sobą, tworząc baterię. Jeśli łączy się je szeregowo, tak jak na Rys. 7., siły elektromotoryczne oraz opory wewnętrzne sumują się. Wynika to z bilansu napięć w obwodzie, zwanym też **II prawem Kirchhoffa**.

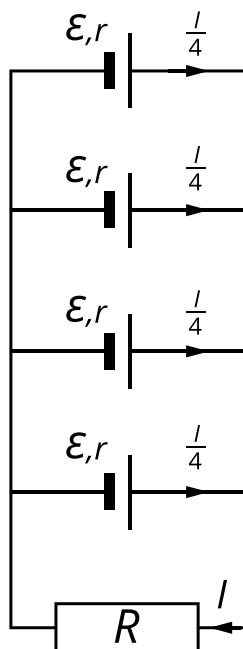


Rys. 7. Źródła połączone w baterię szeregowo.

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

Zwróć uwagę, że gdyby jedno z tych źródeł włączyć w obwód odwrotnie, jego wartość SEM należałoby wziąć ze znakiem minus, gdyż podaje ono napięcie w odwrotnym kierunku. Spadek napięcia na jego oporze wewnętrznym byłby bez zmian, nadal z tym samym znakiem, co pozostałe, gdyż natężenie prądu płynącego w całym oczku jest takie samo (co do wartości i kierunku), więc opory przepływu prądu – także takie same.

Jeśli źródła łączy się równolegle, tak jak na Rys. 8., siła elektromotoryczna baterii jest taka sama, jak pojedynczego źródła.



Rys. 8. Źródła połączone w baterię równolegle.

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

Wynika to z faktu, że wszystkie lewe bieguny mają taki sam potencjał (są ze sobą połączone) oraz wszystkie prawe bieguny mają taki sam potencjał (inny, niż lewe). Istnieje więc jedna, wspólna różnica potencjałów pomiędzy lewą a prawą stroną. Na pewno pamiętasz, że różnica potencjałów, to właśnie napięcie. Napięcie na rozwartej baterii (bez podłączania opornika do jej biegunów) jest równe jej SEM.

Na Rys. 8. widać, że natężenie prądu wypływającego z baterii jest sumą natężeń prądów płynących przez każde źródło. Zapisując więc bilans napięć (**II prawo Kirchhoffa**) dla dolnego oczka obwodu mamy:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{4}r + Ir = I\left(\frac{r}{4} + R\right)$$

Wyobraźmy sobie, że zamiast czterech źródeł jest odpowiadająca im bateria o SEM = $\mathcal{E}$ i oporze zastępującym wszystkie opory baterii (oporne zastępczym) wynoszącym r_z . Bilans napięć dla obwodu na Rys. 8. byłby wtedy następujący:

$$\mathcal{E} = Ir_z + IR = I(r_z + R)$$

Porównując oba wzory otrzymujemy:

$$r_z = \frac{r}{4}$$

czyli jeśli wszystkie źródła włączone są w tę samą stronę, opór baterii oblicza się tak, jak opór zastępczy przy połączeniu równoległym.

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.

Charakterystyka napięciowo-prądowa

(ang. *voltage-current characteristics*) – zależność napięcia panującego na końcach elementu od natężenia prądu płynącego przez niego.

Charakterystyka prądowo-napięciowa

(ang. *current-voltage characteristics*) – zależność natężenia prądu płynącego przez element od napięcia panującego na jego końcach.

Opór wewnętrzny źródła

(ang. *internal resistance*) – modelowe przedstawienie w postaci opornika wszelkich strat energii zachodzących wewnątrz źródła energii elektrycznej.

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).

Źródło napięciowe

(ang. *voltage source*) – źródło, na którego zaciskach powinno panować zawsze takie samo napięcie, bez względu na wartość oporu podłączonych odbiorników.

Źródło prądowe

(ang. *current source*) – źródło, które powinno wymuszać zawsze takie samo natężenie płynącego przez nie prądu, bez względu na wartość oporu podłączonych odbiorników.

Grafika interaktywna

Cechy źródła napięcia

Grafika interaktywna pomaga uporządkować wiadomości dotyczące źródeł napięcia pod względem budowy i własności generowanego zasilania.



1

baterie

typ: źródła chemiczne nieodwracalne – wytwarzają tylko prąd stały

2

akumulator

typ: źródło chemiczne odwracalne - wytwarza tylko prąd stały

3

termopara

typ: źródło termoelektryczne - wytwarza tylko prąd stały

4

elektrownia wiatrowa

typ: prądnica elektromagnetyczna - wytwarza tylko prąd zmienny

5

prądnica ręczna

typ: prądnica elektromagnetyczna - wytwarza tylko prąd zmienny

6

baterie fotowoltaiczne

typ: źródła fotoelektryczne - wytwarzają tylko prąd stały

7

elektrownia węglowa

typ: prądnica elektromagnetyczna - wytwarza tylko prąd zmienny

8

elektrownia wodna

typ: prądnica elektromagnetyczna - wytwarza tylko prąd zmienny

Źródło: Aney, Cjp24, ControlTherm, Franz van Duns, Kristoferb, StevieFedyszyn, dostępny w internecie:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jiangsu_Nantong_power_station.jpg [dostęp 13.12.2022],
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SolarHouse.jpg> [dostęp 13.12.2022],
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alkali_battery_5.jpg [dostęp 13.12.2022],

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Termopar_PROTHERM.jpg [dostęp 13.12.2022],

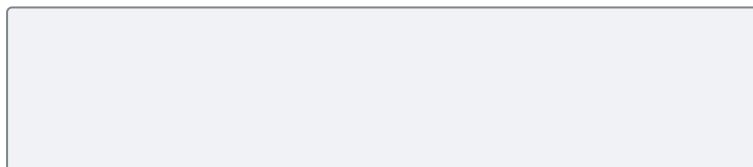
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lead-acid_automotive_battery,_55_Ah.jpg,

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2021-03-30_Hand-crank_operated_generator_\(dynamo_torch\)_plus_backup.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2021-03-30_Hand-crank_operated_generator_(dynamo_torch)_plus_backup.jpg) [dostęp 13.12.2022].

Polecenie 1

Pogrupuj rodzaje źródeł w zależności od typu napięcia, jakie generują.

napięcie zmienne



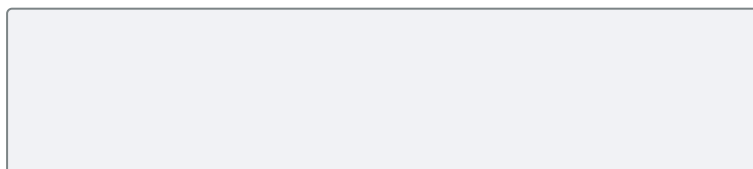
hydroelektrownia

termopara

elektrownia węglowa

panele fotowoltaiczne

napięcie stałe



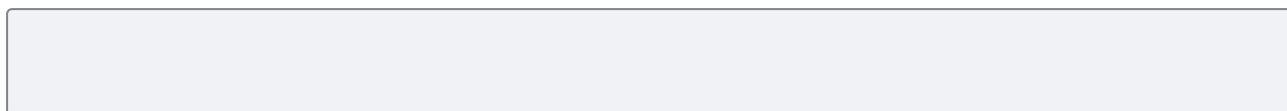
baterie

akumulatory

elektrownia wiatrowa

Polecenie 2

Czy potrafisz wymienić jeszcze przynajmniej pięć źródeł napięcia nieprzedstawionych na grafice interaktywnej?



Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Które stwierdzenia dotyczące źródeł energii elektrycznej są prawdziwe?

☐

Każde źródło, zarówno napięciowe jak i prądowe wytwarza napięcie poruszające ładunki elektryczne w dołączonym obwodzie.

☐

Cechą własną źródła napięciowego jest siła elektromotoryczna.

☐

Procesy powodujące wytworzenie energii elektrycznej przez źródło są nieodwracalne.

☐

Opór wewnętrzny źródła nie zależy od oporu podłączonego odbiornika.

☐

Cechą własną źródła prądowego jest siła elektromotoryczna.

☐

Cechą własną źródła energii elektrycznej jest jego sprawność.

☐

Cechą własną idealnego źródła prądowego jest natężenie prądu zasilającego podłączony odbiornik.

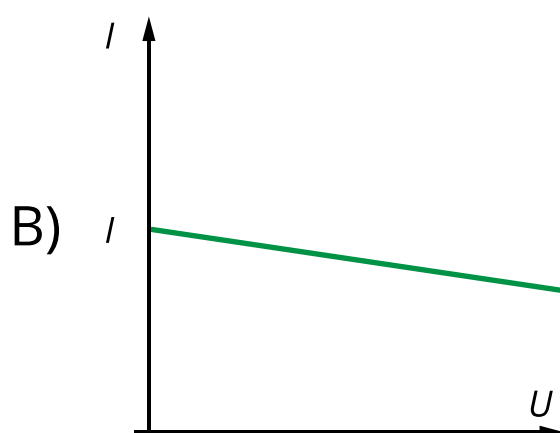
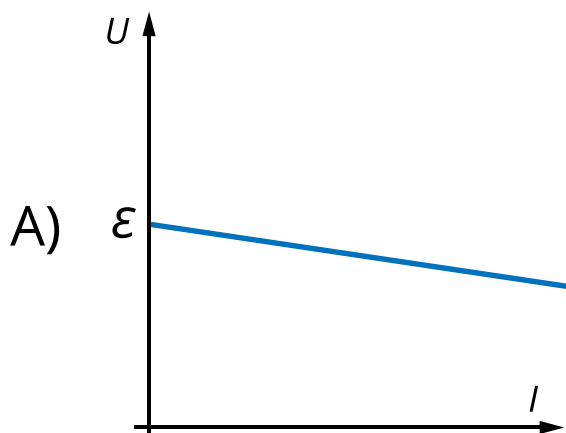
☐

Moc wydzielana na oporze wewnętrznym zależy od oporu podłączonego odbiornika.

Ćwiczenie 2



Do obu rysunków dopasuj odpowiadające im nazwy źródeł i charakterystyk, przeciągając kafelki we właściwe miejsca.



rys	A	B
typ charakterystyki		
rodzaj źródła		

napięciowe

prądowe

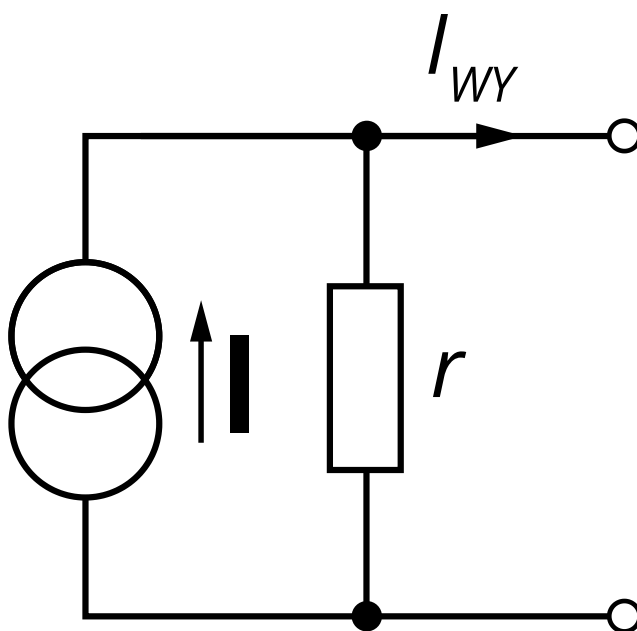
napięciowo-prądowa

prądowo-napięciowa

Ćwiczenie 3



Straty energii elektrycznej rzeczywistego źródła napięciowego modeluje się opornikiem wewnętrznym połączonym szeregowo ze źródłem SEM. Dlaczego analogicznym modelem strat dla rzeczywistego źródła prądowego jest opornik połączony równolegle ze źródłem prądu tak, jak na rysunku?

☐

Straty oznaczają, że napięcie nie ma takiej wartości, jak dla źródła idealnego; opornik modeluje te właśnie straty napięcia.

☐

W obwodzie na rysunku, w oczku zawierającym źródło i opór wewnętrzny płynie zawsze prąd i i to ten proces właśnie modeluje straty mocy wewnątrz źródła.

☐

Natężenie prądu wyjściowego jest sumą prądów płynących przez źródło i opór wewnętrzny, dlatego połączeniem modelowego oporu wewnętrznego musi być równoległe.



Straty wpływają na to, że natężenie prądu nie jest takie samo, jak dla źródła idealnego, a przez opornik połączony równolegle przepływa prąd, modelowo zmniejszający prąd wyjściowy.

Ćwiczenie 4



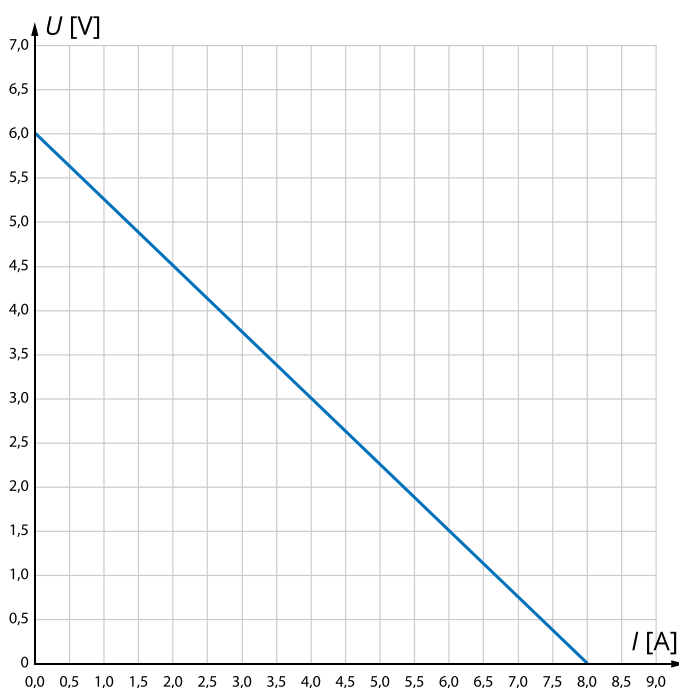
Rozładowany akumulator telefonu komórkowego ma siłę elektromotoryczną $\mathcal{E} = 4 \text{ V}$ i opór wewnętrzny $r = 1 \Omega$. Ile telefonów połączonych równolegle możemy ładować jednocześnie, jeśli dysponujemy zasilaczem o sile elektromotorycznej $\mathcal{E}_0 = 6 \text{ V}$, oporze wewnętrznym $R = 0,1 \Omega$ i maksymalnym dopuszczalnym prądzie $I_0 = 10 \text{ A}$?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5



Wyznacz sprawność źródła napięciowego, zasilającego obwód prądem o natężeniu $I = 2 \text{ A}$, na podstawie jego charakterystyki.



Odpowiedź:

%

Ćwiczenie 6



Cztery jednakowe źródła napięcia o SEM $\mathcal{E} = 10\text{ V}$ i oporze wewnętrznym $r = 1\ \Omega$ połączono, by zasilić elektromagnes o oporze $R = 1\ \Omega$, wymagający dużego natężenia prądu zasilającego. Jak połączyć źródła, by natężenie to było największe?

- ☐ Wszystkie źródła szeregowo.
- ☐ Po dwa źródła szeregowo w gałąź, a gałęzie równolegle.
- ☐ Po dwa źródła równolegle, a tak utworzone baterie szeregowo.
- ☐ Wszystkie źródła równolegle.

Ćwiczenie 7



Źródła napięcia o sile elektromotorycznej $\mathcal{E}$ i oporze wewnętrznym r każde, połączono szeregowo po n źródeł w gałęzi, a następnie m utworzonych tak gałęzi połączono równolegle. Jaki jest natężenie prądu zasilającego opór zewnętrzny o wartości R z takiej baterii?

☐ $I = \frac{m\mathcal{E}}{R+nr}$

☐ $I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}$

☐ $I = \frac{mn\mathcal{E}}{R+nr}$

☐ $I = \frac{m\mathcal{E}}{R+r}$

Ćwiczenie 8



Chemiczne źródła napięcia mają najczęściej ściśle określoną siłę elektromotoryczną, opór wewnętrzny i maksymalną moc, jaką można z nich czerpać. Aby ich użyć do zasilania obwodów wymagających konkretnych parametrów, trzeba je łączyć w baterie. Jakie zalety mają, Twoim zdaniem, szeregowo, równoległe i kombinowane połączenia ogniw w baterie zasilające? Przygotuj swoje argumenty i porównaj je z odpowiedzią.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Cechy i rodzaje źródeł energii elektrycznej
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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: 7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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. określi cechy i rodzaje źródeł napięcia, 2. wyjaśni, jaką rolę pełni źródło napięcia w obwodzie elektrycznym, 3. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań pojęciowych i rachunkowych.
Strategie nauczania	strategia kształcenia wyprzedzającego

Metody nauczania	wykład problemowy
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w parach
Środki dydaktyczne:	grafika interaktywna, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Cechy źródła napięcia”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Zaciekawienie uczniów: wg części „Czy to nie ciekawe?” Jakie źródła napięcia dostrzegacie wokół siebie? Jakie rodzaje źródeł znacie (źródła chemiczne, prądnice, fotoelektryczne, termoelektryczne, prądu stałego, zmiennego)? Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel prowadzi wykład wg części „Warto przeczytać”. Wykład ma charakter podsumowania zdobytych wiadomości i ich uzupełnienia. Omawiając każde z zagadnień, nauczyciel zadaje pytanie i prosi, by to uczniowie podali wymagane informacje i rozwiązywali stawiane przed nimi problemy. Uczniowie jednocześnie przeglądają grafikę interaktywną, co pomaga im uporządkować wiadomości zawarte w wykładzie nauczyciela. Po skończeniu wykładu i wyjaśnianiu wątpliwości, uczniowie przystępują w parach do rozwiązywania zadań. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i odpowiedzi.	
Faza podsumowująca:	
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 informacje zwrotną kształtującą.	
Praca domowa:	
Uczniowie utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań, których nie rozwiązyali na lekcji.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Grafika interaktywna może być także wykorzystana jako pomoc w przygotowaniu się do lekcji prowadzonej metodą odwróconej klasy.