

CO SIEDZI W BATERII

Instrukcja dla uczniów szkół podstawowych

WSTĘP

Celem tego ćwiczenia jest własnoręczne wykonanie ogniwa elektrycznego za pomocą przedmiotów znajdujących się w każdym gospodarstwie domowym oraz wyznaczenie siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego baterii typu AAA.

Ogniwo galwaniczne – w tym także popularna *bateria-paluszek* – to układ złożony z (co najmniej) dwóch elektrod zanurzonych w elektrolicie. Źródłem różnicy potencjałów (napięcia) w ogniwie są reakcje chemiczne zachodzące między elektrodami a elektrolitem. Choć ogniwa, które kupujesz w sklepach wykorzystują jako elektrolity substancje chemiczne niekorzystne dla środowiska, to możliwe jest wykonanie „eko-ogniwa” z rzeczy które znajdziesz w każdym domu. Jako elektrod możesz użyć gwoździa ocynkowanego oraz miedzianej pięciogroszówki. Natomiast za elektrolit może posłużyć Ci sok z owoców czy warzyw, bardzo dobrze sprawdzają się cytryny, jabłka, ogórki czy ziemniaki. Można użyć również słonej wody, a owoce zjeść z rodziną zamiast kolacji.

WYKONANIE EKO-OGNIWA

Do zrobienia jednego ogniwa wystarczy nam w zupełności połówka (lub plaster) cytryny, dlatego w pierwszej kolejności dzielimy cytrynę na połowę wzdłuż. Robimy w cytrynie nacięcie na monetę i otworek na gwóźdź. Wciskamy monetę i gwóźdź mocno (nie może wypadać) w cytrynę i ogniwo gotowe, możemy pomierzyć napięcie. Jeśli masz do dyspozycji inne owoce lub warzywa zrób z nich ogniwa i sprawdź czy otrzymane napięcie różni się w zależności od tego co użyjesz. Sprawdź jak istotne jest to, aby jedna elektroda była z gwoździka a druga z pięciogroszówki. Czy ogniwo będzie tak samo działać jeśli użyjesz dwóch takich samych elektrod (dwóch gwoździków lub dwóch monet)? Czy ważne jest, żeby moneta i gwóźdź były czyste i błyszczące?

Z drugiej połówki cytryny możemy zrobić drugie ogniwo. Dwa ogniwa połączone w szereg bez problemu powinny zaświecić czerwoną diodę świecącą LED – wymaga ona napięcia co najmniej dwóch woltów i prądu większego niż 0,1 mA. Sprawdź jakie napięcie dostaniesz łącząc dwa lub więcej ogniw. Jak zmienia się w tym przypadku opór wewnętrzny? Od czego zależy jej jasność?





Co będzie się działo jeśli zamiast miedzianych monet i cynkowanych gwoździ użyjemy innych metali (kawałków magnezu lub folii aluminiowej zamiast cynku, srebrnego lub złotego przedmiotu zamiast miedzi)? Wykorzystaj poniższą tabelkę do oszacowania napięcia.

Elektroda	Potencjał [V]	Elektroda	Potencjał [V]	Elektroda	Potencjał [V]
Mg/Mg ²⁺	-2,37	Cr/Cr ³⁺	-0,740	Cu/Cu²⁺	+0,337
Be/Be ²⁺	-1,85	Fe/Fe²⁺	-0,440	Co/Co ³⁺	+0,418
Al/Al ³⁺	-1,66	Cd/Cd ²⁺	-0,402	Cu/Cu ⁺	+0,521
Ti/Ti ²⁺	-1,63	Mn/Mn ³⁺	-0,283	Pb/Pb ⁴⁺	+0,784
Zr/Zr ³⁺	-1,53	Co/Co ²⁺	-0,277	2Hg/Hg ₂ ²⁺	+0,789
Ti/Ti ³⁺	-1,21	Ni/Ni ²⁺	-0,250	Ag/Ag ⁺	+0,799
V/V ²⁺	-1,18	Mo/Mo ³⁺	-0,200	Hg/Hg ²⁺	+0,854
Mn/Mn ²⁺	-1,18	Sn/Sn ²⁺	-0,136	Pd/Pd ²⁺	+0,987
Nb/Nb ³⁺	-1,10	Pb/Pb ²⁺	-0,126	Ir/Ir ³⁺	+1,000
Cr/Cr ²⁺	-0,913	Fe/Fe³⁺	-0,036	Pt/Pt ²⁺	+1,190
V/V ³⁺	-0,876	¹ / ₂ H ₂ /H ⁺	0,000	Au/Au ³⁺	+1,500
Zn/Zn²⁺	-0,762	Sn/Sn ⁴⁺	+0,007	Au/Au ⁺	+1,680

BADANIE OPORU WEWNĘTRZNEGO OGNIWA

Każde ogniwo charakteryzuje się siłą elektromotoryczną (\mathcal{E}) – maksymalną wartością różnicy potencjałów między elektrodami ogniwa, gdy nie płynie przez nie prąd oraz wewnętrznym oporem elektrycznym (R_w), który efektywnie zmniejsza napięcie na zaciskach ogniwa (U).

Przyczyną oporu wewnętrznego ogniwa jest m. in. ograniczona szybkość procesów chemicznych czy reakcje uboczne zachodzące w ogniwie, jak również fakt, że elektrolit nie jest idealnym (bezstratnym) przewodnikiem prądu. W miarę zużycia opór wewnętrzny ogniwa rośnie, co skutkuje zmniejszaniem się napięcia dostarczanego przez ogniwo, a przede wszystkim również spadkiem jego wydajności prądowej.

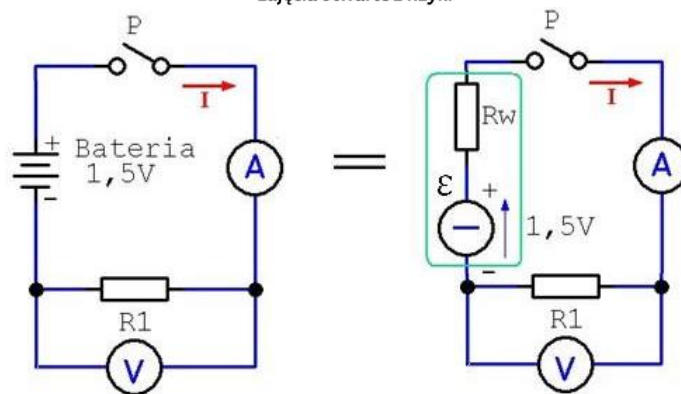
Pomiaru oporu wewnętrznego nie należy dokonywać bezpośrednio omomierzem gdyż doprowadziłoby to do zwarcia ogniwa, w konsekwencji którego mógłby popłynąć bardzo duży prąd. Pomiar można wykonać mierząc spadek napięcia po obciążeniu rezystorem. Prąd płynący w obwodzie pokonuje zarówno opór zewnętrzny (R_1) jak i opór wewnętrzny. Prawo Ohma dla całego obwodu jednooczkowego ma postać:

$$\mathcal{E} = IR_1 + IR_w \quad (1)$$

Oznaczając przez $U = IR_1$ spadek napięcia na oporze zewnętrznym, czyli napięcie na biegunach źródła, możemy zapisać:

$$U = \mathcal{E} - IR_w \quad (2)$$

czyli różnica potencjału pomiędzy zaciskami źródła jest zawsze mniejsza od jego siły elektromotorycznej.



Napięcie tym mniej się różni od siły elektromotorycznej źródła, im mniejsze jest natężenie płynącego w obwodzie prądu i im mniejszy opór wewnętrzny ogniwa. Stąd też wynika trudność bezpośrednich pomiarów siły elektromotorycznej. Używając do pomiaru jakiegokolwiek woltomierza powodujemy przepływ prądu w wyniku czego woltomierz wskazuje mniejsze napięcie niż wynosi siła elektromotoryczna ogniwa. Wskazane jest, aby opór woltomierza był możliwie jak najmniejszy. W przypadku obecnie używanych mierników cyfrowych (multimetrów) błąd pomiaru jest pomijalnie mały.

POMIARY

Do dyspozycji masz:

- płytkę drukowaną (rysunek obok)
- baterię AAA (paluszek)
- dwa mierniki uniwersalne (multimetry cyfrowe)
- oporniki o różnych opornościach
- przewody.



Oporniki podłącz do zacisków oznaczonych na płytce jako R1.

Aby zmierzyć spadek napięcia na oporniku należy jeden z mierników uniwersalnych ustawić w pozycji do pomiaru napięcia stałego i podłączyć go równoległe z opornikiem. Zakres na woltomierzu należy ustawić, tak aby móc zmierzyć napięcie rzędu 1,5 V.

Aby zmierzyć prąd płynący w obwodzie należy miernik uniwersalny ustawić w pozycji do pomiaru natężenia prądu stałego i podłączyć szeregowo do układu, tzn. między zaciski oznaczone na płytce jako z1. Pamiętaj, aby zawsze zaczynać pomiary natężenia prądu od największego zakresu amperomierza i stopniowo w miarę potrzeby zmieniać zakres dobierając go do wartości płynącego prądu. Możesz wstępnie oszacować jakiego prądu się spodziewać mierząc opór oporników multimetrem i korzystając z prawa Ohma ($I = UR$) obliczyć natężenie prądu dla napięcia 1,5 V.



Czerwony, okrągły przycisk P służy do zamykania obwodu (zwierania) w miejscu oznaczonym na płytce jako P. Naciskaj go tylko na czas odczytywania wskazań miernika, nigdy nie trzymaj dłużej niż przez kilka sekund.

Można zauważyć, że aby wyznaczyć wartość siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego ogniwa wystarczy zmierzyć natężenie prądu płynącego przez obwód oraz spadek napięcia na oporniku dla dwóch różnych oporników. Wówczas otrzymujemy układ równań

$$\begin{cases} U_1 = \mathcal{E} - I_1 R_w \\ U_2 = \mathcal{E} - I_2 R_w \end{cases}$$

Stąd można wyznaczyć

$$\mathcal{E} = U_1 + I_1 R_w$$

$$R_w = -\frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$$

Za pomocą mierników, zmierz spadek napięcia na oporniku oraz natężenie prądu płynącego w obwodzie dla dwóch oporników i na ich podstawie wyznacz opór wewnętrzny i siłę elektromotoryczną użytej baterii. Pomiar wykonaj dla dwóch różnych baterii (najlepiej starej i nowej). Podobny pomiar możesz wykonać dla wykonanego przez Ciebie eko-ogniwa podłączając go w miejsca oznaczone na płytce jako E+ i E-. Wyniki zapisz w tabeli poniżej.

Użyte ogniwo	U_1 [V]	I_1 [A]	U_2 [V]	I_2 [A]	R_w [Ω]	\mathcal{E} [V]

*Czy obserwujesz różnice oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej badanych baterii AAA?
Co możesz na podstawie tych pomiarów powiedzieć o swoim „eko-ogniwie”?*



Jeśli masz do dyspozycji więcej oporników możesz wyznaczyć siłę elektromotoryczną oraz opór wewnętrzny wybranej baterii poprzez dopasowanie prostej. Zrób pomiary spadku napięcia oraz prądu dla kilku oporników. Wyniki zapisz w tabeli poniżej.

U [V]	I [A]

Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie na papierze milimetrowym w postaci zależności napięcia od natężenia $U(I)$ i do zgromadzonych danych dopasuj prostą.

Wyznacz równanie tej prostej $y = -Ax + B$. Otrzymany współczynnik kierunkowy (A) to opór wewnętrzny ogniwa natomiast wyraz wolny (B) to siła elektromotoryczna baterii.

$R_w = \dots\dots\dots$; $\mathcal{E} = \dots\dots\dots$

Czy uzyskałeś taki sam wynik jak w poprzednim przypadku? Jak ci się wydaje, która metoda wyznaczenia szukanych wartości jest dokładniejsza? Co należałoby zrobić, aby zwiększyć dokładność wyznaczenia tych parametrów?

Opracowanie:
M. Winkowski, A. Drabińska