

## Siła elektromotoryczna ogniwa

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Siła elektromotoryczna ogniwa

Siłę elektromotoryczną ogniwa można zmierzyć za pomocą multimetru, czyli miernika uniwersalnego, zawierającego m.in. tryb woltomierza.

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Z czym kojarzą Ci się, takie pojęcia jak: siła, ogniwo? Gdzie można się spotkać z tymi terminami? Czy oba te słowa mogą tworzyć jedno wspólne pojęcie? W chemii, w dziale nazywanym elektrochemią, występuje pojęcie: siła elektromotoryczna ogniwa. W tym materiale dowiesz się, jak definiuje się siłę elektromotoryczną ogniwa oraz jak się ją wyznacza.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest ogniwo.
- Zdefiniujesz siłę elektromotoryczną ogniwa.
- Obliczysz SEM ogniwa galwanicznego na podstawie potencjałów standardowych półogniw.
- Wyznaczysz SEM ogniwa redokсового i ogniwa stężeniowego.

# Przeczytaj

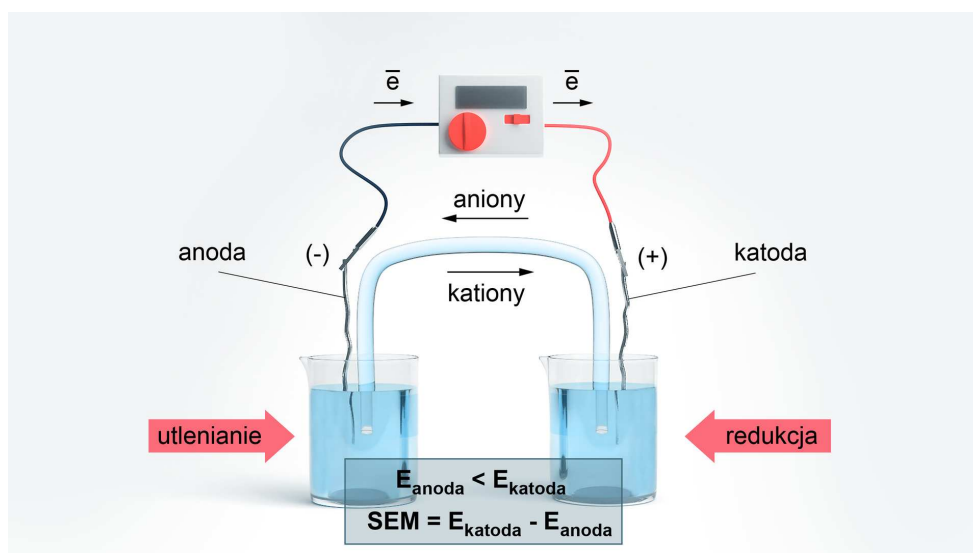
Ogniwo galwaniczne to układ dwóch półogniw połączonych ze sobą za pomocą klucza elektrolitycznego. Dzięki kluczowi elektrolitycznemu możliwy jest przepływ jonów, z kolei połączenie półogniw przewodnikiem metalicznym umożliwia przekazywanie elektronów, co skutkuje przepływem prądu elektrycznego. Źródłem prądu ogniwa są reakcje **utleniania** i **redukcji** zachodzące w półogniwach.

## Siła elektromotoryczna ogniwa

Siła elektromotoryczna ogniwa (SEM) jest to napięcie między półogniwami niepracującego ogniwa galwanicznego. Jednostką SEM jest volt [V]. Siłę elektromotoryczną ogniwa oblicza się, odejmując od potencjału **katody** potencjał **anody**. Warto pamiętać, że potencjał katody jest większy od potencjału anody. Napięcie pomiędzy dwoma półogniwami jest największe właśnie wtedy, gdy ogniwo nie pracuje. Na katodzie (znak dodatni) zachodzi reakcja redukcji, a na anodzie (znak ujemny) - reakcja utlenienia.

## Pomiar siły elektromotorycznej ogniwa

Siłę elektromotoryczną ogniwa można zmierzyć za pomocą **woltomierza**. Katodę (+) podłącza się do dodatniego „+” zacisku woltomierza, natomiast anodę (-) podłącza się do ujemnego „-” zacisku woltomierza. Na wyświetlaczu woltomierza odczytuje się dodatnią wartość SEM.



Pomiar siły elektromotorycznej ogniwa

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Obliczanie siły elektromotorycznej ogniwa – przykłady

Znając potencjał katody i anody, można wyznaczyć SEM ze wzoru:

$$SEM = E_{katoda} - E_{anoda} = E_K - E_A$$

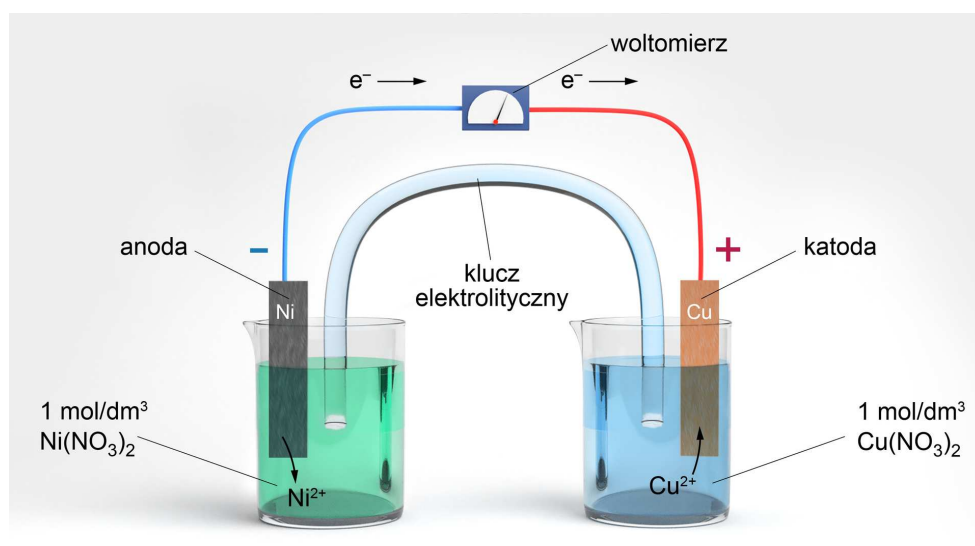
## Obliczanie SEM ogniwa galwanicznego na podstawie standardowych potencjałów półogniw

Jeżeli wszystkie substancje występują w stanie standardowym, można wyznaczyć standardową siłę elektromotoryczną ogniwa. Stan standardowy oznacza, że przewodnik elektronowy zanurzony jest w roztworze zawierającym jony potencjałotwórcze o stężeniu  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ , a gazy występują pod ciśnieniem 1013 hPa w temperaturze 298 K (25°C). W takich warunkach SEM oblicza się, odejmując od potencjału standardowego katody potencjał standardowy anody. Wartości **standardowych potencjałów półogniw** przedstawione są w tablicach fizykochemicznych.

$$SEM = E^\circ_{katoda} - E^\circ_{anoda} = E_K^\circ - E_A^\circ$$

### Przykład 1

Podaj wartość siły elektromotorycznej poniższego ogniwa (warunki standardowe).



Ogniwo galwaniczne z równymi stężeniami roztworów

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zgodnie z konwencją sztokholmską, budowę ogniwa przedstawia się, korzystając ze schematu. Po lewej stronie schematu w nawiasie umieszcza się znak minus (-) oraz zapis półogniwa o niższym potencjale (anoda). Następnie dwiema pionowymi kreskami II zaznacza się znak klucza elektrolitycznego. Po prawej stronie klucza umieszcza się zapis półogniwa o wyższym potencjale (katoda) oraz znak plus w nawiasie (+).

W tym przypadku, gdzie katodą jest półogniwo miedziowe, a anodą półogniwo niklowe, schemat tego ogniwa jest następujący:



$$E^\circ_{\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}} = -0,23 \text{ V}$$

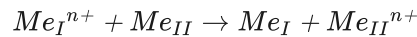
$$E^\circ_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$$

$$SEM = E_K^\circ - E_A^\circ = E^\circ_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} - E^\circ_{\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}} = 0,34 \text{ V} - (-0,23 \text{ V}) = 0,57 \text{ V}$$

SEM tego ogniwa wynosi 0,57 V.

## Obliczanie SEM ogniwa galwanicznego (przypadek, gdy stężenie jonów w roztworze nie jest równe $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ )

Dla ogniwa galwanicznego, w którym zachodzi sumaryczna reakcja:



siłę elektromotoryczną tego ogniwa można zapisać w następujący sposób:

$$SEM = E_K - E_A = E_I - E_{II} = (E_I^\circ - E_{II}^\circ) - \frac{2,303RT}{nF} \log \frac{[Me_{II}^{n+}]}{[Me_I^{n+}]}$$

gdzie:

- SEM – siła elektromotoryczna ogniwa [V];
- $E_K$  lub  $E_I$  – potencjał katody [V];
- $E_A$  lub  $E_{II}$  – potencjał anody [V];
- $R$  – uniwersalna stała gazowa [ $8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ ];
- $T$  – temperatura [K];
- $n$  – liczba elektronów biorących udział w reakcji zachodzącej w ogniwie;
- $F$  – stała Faradaya [ $96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$ ];
- $Me_I^{n+}$  – stężenie molowe formy utlenionej występującej na katodzie [ $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ];
- $Me_{II}^{n+}$  – stężenie molowe formy utlenionej występującej na anodzie [ $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ];

Równanie to jest prawdziwe dla odpowiednio niskich stężeń jonów, gdy reakcja dotyczy czystego metalu z jego jonami.

Dla temperatury 298 K (25°C) wyrażenie to można uprościć do postaci:

$$(E_I^\circ - E_{II}^\circ) - \frac{0,059}{n} \log \frac{Me_{II}^{n+}}{Me_I^{n+}}$$

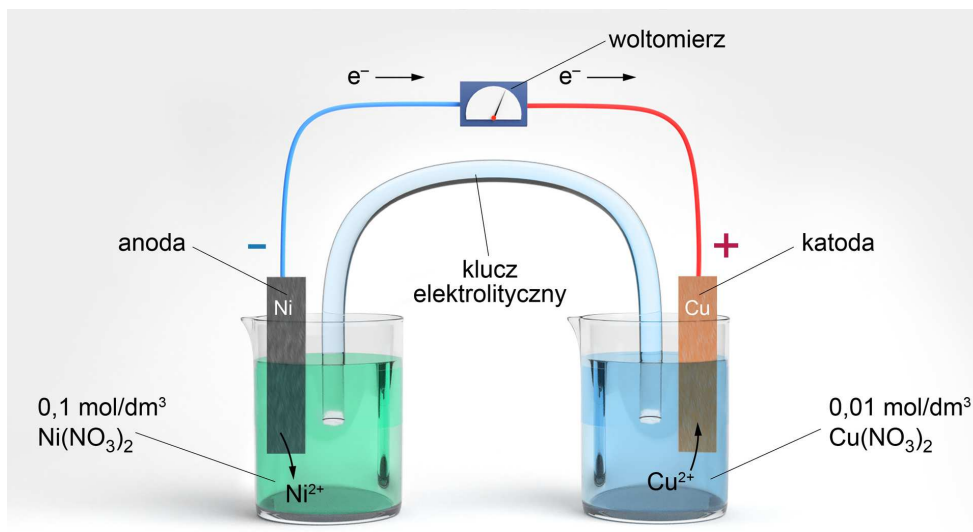
lub

$$SEM = (E_I^\circ - E_{II}^\circ) + \frac{0,059}{n} \log \frac{Me_I^{n+}}{Me_{II}^{n+}}$$

Wyrażenie  $\frac{0,059}{n}$  zostało wyliczone w wyniku podstawienia wartości stałej gazowej, temperatury oraz stałej Faradaya do wyrażenia  $\frac{2,303RT}{nF}$ .

### Przykład 2

Oblicz siłę elektromotoryczną poniższego ogniwa, mierzoną w temperaturze 298 K.



Ogniwo galwaniczne z równymi stężeniami roztworów

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

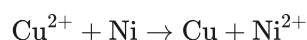
Schemat ogniwa:



$$E^{\circ}_{\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}} = -0,23 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$$

Sumaryczne równanie zachodzące na ogniwie:



$$\text{SEM} = 0,34 - (-0,23) + \frac{0,059}{2} \log \frac{0,01}{0,1} = 0,57 + \frac{0,059}{2} \log 0,1 = 0,57 + 0,0295 \cdot (-1) = 0,57 - 0,0295 = 0,54 \text{ V}$$

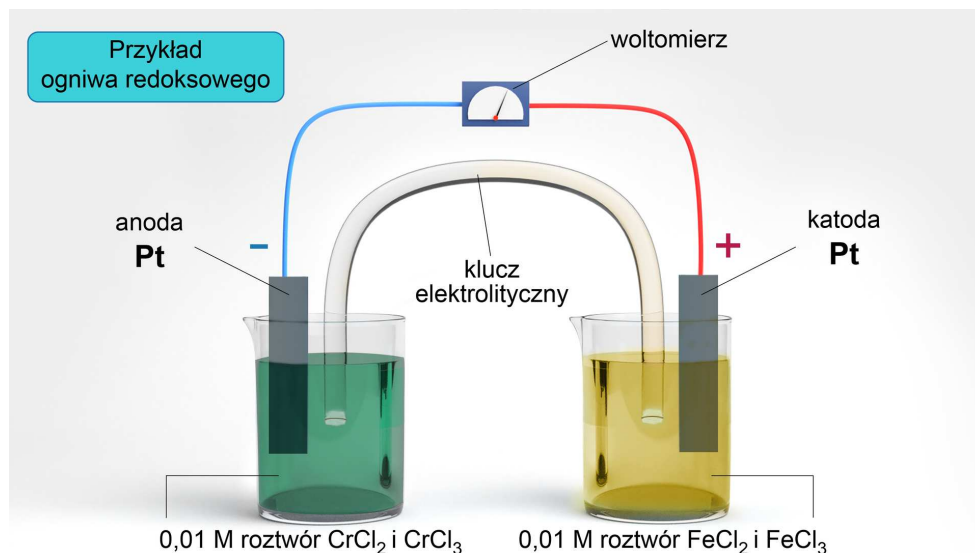
SEM tego ogniwa wynosi 0,54 V.

Warto zauważyć, że w przypadku, kiedy stężenia obu roztworów byłyby takie same, to SEM obliczana byłaby z różnicy potencjałów standardowych tych półogniw. Człon równania z logarytmem byłby pomijany, ponieważ  $\log 1 = 0$ .

## Obliczanie SEM ogniwa redokсового

### Przykład 3

Ogniwo **redokсовe** zbudowane jest z dwóch półogniw redox. Przykładem takiego ogniwa są dwie blaszki platynowe (platyna jest metalem, który nie daje reakcji elektrodowej) zanurzone w roztworach zawierających substancje w formie utlenionej i zredukowanej. Na przykład:



Ogniwo redoksowe

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

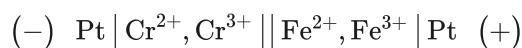
W przypadku tego typu półogniwa schemat ogniwa zapisuje się w następujący sposób:



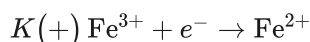
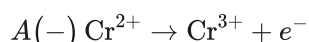
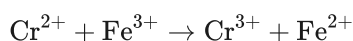
gdzie:

- $Me$  – metal, z którego wykonany jest przewód elektroniczny;
- $Red_1$  i  $Ut_1$  – formy zredukowana i utleniona substancji znajdujące się w półogniwie o niższym potencjale (anoda);
- $Red_2$  i  $Ut_2$  – formy zredukowana i utleniona substancji znajdujące się w półogniwie o wyższym potencjale (katoda);
- $||$  – klucz elektrolityczny.

Schemat tego ogniwa jest następujący:



Sumaryczna reakcja zachodząca w ogniwie:



$$E^{\circ}_{Cr^{3+}|Cr^{2+}} = -0,40 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = +0,77 \text{ V}$$

W przypadku, gdy stężenia obu roztworów są jednakowe ( $C=0,01 \text{ M}$ ), siłę elektromotoryczną tego ogniwa można obliczyć w następujący sposób:

$$SEM = E_K - E_A = \left( E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} - E^{\circ}_{Cr^{3+}|Cr^{2+}} \right) + \frac{2,303RT}{1 \cdot F} \log \frac{[Fe^{3+}] \cdot [Cr^{2+}]}{[Fe^{2+}] \cdot [Cr^{3+}]}$$

$$\log \frac{[Fe^{3+}] \cdot [Cr^{2+}]}{[Fe^{2+}] \cdot [Cr^{3+}]} = \log 1 = 0$$

$$SEM = E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} - E^{\circ}_{Cr^{3+}|Cr^{2+}} = 0,77 \text{ V} - (-0,44 \text{ V}) = 1,17 \text{ V}$$

Siła elektromotoryczna tego ogniwa redoksowego wynosi 1,17 V.

## Obliczanie SEM ogniwa stężeniowego

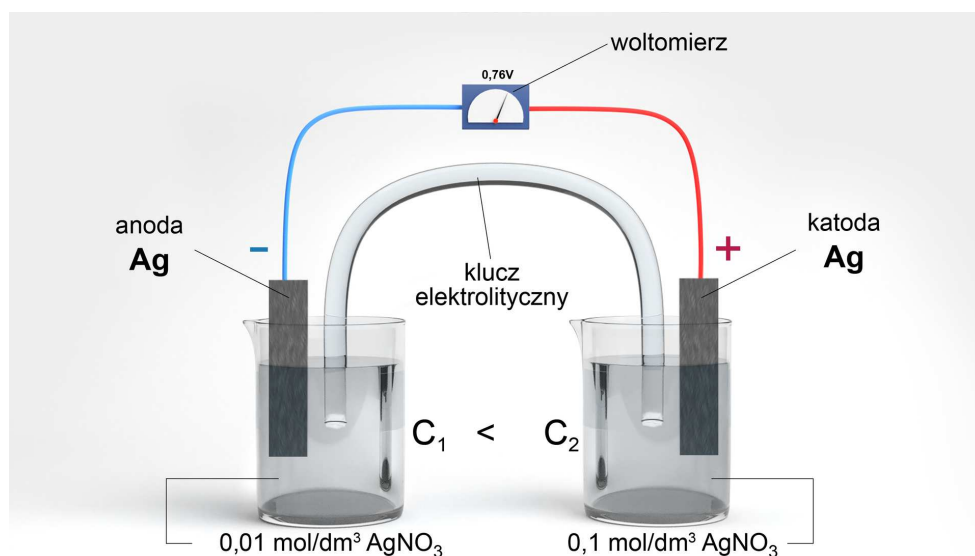
Ogniwo stężeniowe składa się z dwóch takich samych elektrod różniących się stężeniem jonów potencjałotwórczych zanurzonych w roztworze elektrolitu zawierającego jony tego metalu, ale stężenia tych jonów są różne. Katodą w takim ogniwie jest półogniwo o wyższym stężeniu jonów potencjałotwórczych. Natomiast anodą jest półogniwo o niższym stężeniu jonów potencjałotwórczych.

Siłę elektromotoryczną ogniwa stężeniowego można obliczyć z równań:

$$SEM = E_K - E_A = \frac{2,303RT}{nF} \log \frac{c_2}{c_1} = \frac{0,059}{n} \log \frac{c_2}{c_1}$$

### Przykład 4

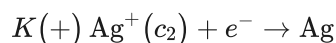
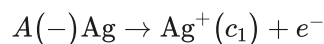
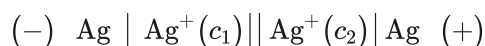
Przykładem ogniwa stężeniowego są dwie blaszki srebrne zanurzone w roztworach azotanu(V) srebra o stężeniu  $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  i stężeniu  $0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ .



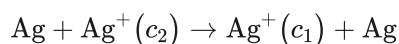
Ogniwo stężeniowe

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Schemat tego ogniwa jest następujący:



Sumaryczna reakcja zachodząca w ogniwie:



Siłę elektromotoryczną tego ogniwa w temp. 298 K oblicza się następująco:

$$SEM = E_K - E_A = \frac{0,059}{n} \log \frac{c_2}{c_1} = \frac{0,059}{1} \log \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 0,059 \cdot \log 10 = 0,059 \cdot 1 = 0,059 \text{ V}$$

Siła elektromotoryczna tego ogniwa stężeniowego wynosi 0,059 V.

Po przeanalizowaniu powyższych przykładów obliczania siły elektromotorycznej ogniwa wynika, że siła elektromotoryczna ogniwa zależy od:

- rodzaju półogniw budujących ogniwo;

- stężenia jonów potencjałotwórczych (w przypadku gazów będzie zależała od ciśnienia);
- temperatury.

Potencjały standardowe półogniw są zebrane w tablicach fizykochemicznych.

Półogniwo (schemat)	Reakcja przebiegająca na półogniwie	$E^\circ$ [V]
$\text{Li}^+   \text{Li}$	$\text{Li}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,04
$\text{K}^+   \text{K}$	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,93
$\text{Ba}^{2+}   \text{Ba}$	$\text{Ba}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,91
$\text{Ca}^{2+}   \text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,84
$\text{Na}^+   \text{Na}$	$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,36
$\text{Be}^{2+}   \text{Be}$	$\text{Be}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Be}$	-1,97
$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}   \text{Mn}$	$\text{Mn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,18
$\text{H}_2\text{O}   \text{H}_2, \text{OH}^- (\text{Pt})$	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}   \text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0,40
$\text{Co}^{2+}   \text{Co}$	$\text{Co}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}   \text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,23
$\text{AgI}   \text{Ag}, \text{I}^-$	$\text{AgI} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,15
$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}   \text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}   \text{Fe}$	$\text{Fe}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,04
<b><math>\text{H}_3\text{O}^+   \text{H}_2</math></b>	<b><math>2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}</math></b>	<b>0,00</b>
$\text{AgBr}   \text{Ag}, \text{Br}^-$	$\text{AgBr} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$	+0,07
$\text{Sn}^{4+}   \text{Sn}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{Sn}^{4+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}^+ (\text{Pt})$	$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,15
$\text{AgCl}   \text{Ag}, \text{Cl}^-$	$\text{AgCl} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+0,22
$\text{Hg}_2 \text{Cl}_2   \text{Hg}, \text{Cl}^-$	$\text{Hg}_2 \text{Cl}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2 \text{Cl}^-$	+0,27
$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
$\text{O}_2   \text{OH}^- (\text{Pt})$	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 e^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	+0,40
$\text{Cu}^+   \text{Cu}$	$\text{Cu}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,52
$\text{I}_2   \text{I}^- (\text{Pt})$	$\text{I}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54
$\text{Fe}^{3+}   \text{Fe}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
$\text{Hg}^{2+}   \text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,85

Półogniwo (schemat)	Reakcja przebiegająca na półogniwie	$E^\circ$ [V]
$\text{Br}_2 \mid \text{Br}^- (\text{Pt})$	$\text{Br}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+1,09
$\text{MnO}_2, \text{H}_3\text{O}^+ \mid \text{Mn}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O}$	+1,22
$\text{O}_2, \text{H}_3\text{O}^+ \mid \text{H}_2\text{O} (\text{Pt})$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+ + 4 e^- \rightleftharpoons 6 \text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{H}_3\text{O}^+ \mid \text{Cr}^{3+} (\text{Pt})$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}_3\text{O}^+ + 6 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Cr}^{3+} + 21 \text{H}_2\text{O}$	+1,33
$\text{Cl}_2 \mid \text{Cl}^- (\text{Pt})$	$\text{Cl}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Au}^{3+} \mid \text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,50
$\text{MnO}_4^-, \text{H}_3\text{O}^+ \mid \text{Mn}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+ + 5 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O}$	+1,51
$\text{Mn}^{3+} \mid \text{Mn}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{Mn}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	+1,51
$\text{Ce}^{4+} \mid \text{Ce}^{3+} (\text{Pt})$	$\text{Ce}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+1,72
$\text{H}_2\text{O}_2, \text{H}_3\text{O}^+ \mid \text{H}_2\text{O} (\text{Pt})$	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons 4 \text{H}_2\text{O}$	+1,78
$\text{Co}^{3+} \mid \text{Co}^{2+} (\text{Pt})$	$\text{Co}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1,92
$\text{F}_2 \mid \text{F}^-$	$\text{F}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	+2,87

Tabela potencjałów standardowych półogniw w temperaturze 25°C.

/Na podstawie: Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010 oraz Jones L., Atkins P., *Chemia ogólna. Częsteczki, materia, reakcje*, tłum. Jan Kuryłowicz, Warszawa 2012./

## Słownik

### anoda

półogniwo, na którym zachodzi reakcja utleniania; w ogniwie ma znak ujemny

### elektrolit

substancja, która po rozpuszczeniu lub stopieniu ulega dysocjacji elektrolitycznej, a powstały w ten sposób roztwór może przewodzić prąd elektryczny

### katoda

półogniwo, na którym zachodzi reakcja redukcji; w ogniwie ma znak dodatni

### potencjał standardowy półogniwa $E^\circ$

potencjał półogniwa, w którym przewodnik elektronowy zanurzony jest w roztworze zawierającym jony potencjałotwórcze o stężeniu  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ , a gazy są pod ciśnieniem 1013 hPa w temperaturze 298 K (25°C), mierzony względem standardowego półogniwa wodorowego

### pehametr

urządzenie wykorzystywane do pomiaru pH danego roztworu

### reakcja redoks

reakcja, w której dochodzi do przeniesienia elektronów, co prowadzi do zmiany stopnia utlenienia

### stopień utlenienia

pojęcie umowne, określające liczbę dodatnich lub ujemnych ładunków elementarnych, które można by przypisać atomowi pierwiastka chem., wchodzącego w skład określonego związku, gdyby cząsteczki tego związku miały budowę jonową

**reduktor**

atom, jon lub cząsteczka, które w reakcji redoks są donorem elektronu (elektronów)

**utleniacz**

atom, jon lub cząsteczka, które w reakcji redoks są akceptorem elektronu (elektronów)

**redukcja**

proces przyjmowania elektronów, związany z obniżaniem stopnia utlenienia utleniacza

**utlenianie**

proces oddawania elektronów, związany z podwyższaniem stopnia utlenienia reduktora

**woltomierz**

urządzenie pomiarowe pozwalające zmierzyć siłę elektromotoryczną ogniwa

**Bibliografia:**

Bełtowska-Brzezinska M., *Podstawy kinetyki chemicznej. Skrypt do wykładów*, Poznań 2009.

Biełański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 1994.

Encyklopedia PWN

Hejwowska S., Marcinkowski R., *Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2005.

Burewicz A., Jgodziński P., *Pracowania chemiczna z dydaktyki chemii. Doświadczenia chemiczne dla szkół ponadgimnazjalnych*, Poznań 2004., online: [http://www.wbc.poznan.pl/Content/6711/Skrypt\\_liceum\\_1.pdf](http://www.wbc.poznan.pl/Content/6711/Skrypt_liceum_1.pdf), dostęp: 28.01.2021.

*Energia w reakcjach chemicznych*, online:

[http://www.mlyniec.gda.pl/~chemia/ogolna/reakcje/reakcje\\_energia.html](http://www.mlyniec.gda.pl/~chemia/ogolna/reakcje/reakcje_energia.html), dostęp: 28.01.2021.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się filmem, który pomoże Ci zrozumieć, w jaki sposób wyznacza się siłę elektromotoryczną ogniwa, a następnie spróbuj rozwiązać poniższe ćwiczenia.

# Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4FFUPI6J>

Film samouczek pt. „Siła elektromotoryczna ogniwa”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej siły elektromotorycznej ogniwa.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie odpowiedzi, które są poprawnym dokończeniem poniższego zdania.

SEM to:

- stan standardowy półogniwa.
- siła elektromotoryczna ogniwa.
- napięcie między półogniwami w niepracującym ogniwie.
- standardowa elektroda magnezowa.
- standardowa elektroda wodorowa.

## Ćwiczenie 2



Wskaż, które dokończenia zdania są prawdziwe.

Siła elektromotoryczna ogniwa to:

- różnica potencjałów między potencjałem katody a potencjałem anody.
- różnica potencjałów dwóch półogniw, z których ogniwo jest zbudowane.
- siła, jaką należy przyłożyć, aby ogniwo działało.
- różnica stężeń występujących w roztworach elektrolitów ogniwa.
- siła, z jaką półogniwo wyciąga elektrony z anody.

### Ćwiczenie 3



Wybierz poprawne dokończenie poniższego zdania.

Katodą w ogniwie jest półogniwo o:

wyższym potencjale.

niższym potencjale.

potencjał jest bez znaczenia.

### Ćwiczenie 4



Uzupełnij poprawnie poniższe zdanie.

Gdy stężenie  potencjałotwórczych w  wynosi   $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ , to  elektromotoryczną  galwanicznego można obliczyć,  potencjału standardowego , potencjał standardowy .

katody

0,5

jonów

1

elektronów

siłę

półogniwa

0,1

odejmując od

dodając do

ogniwa

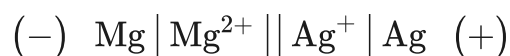
elektrolicie

anody

## Ćwiczenie 5



Zbudowano ogniwo galwaniczne o schemacie:



$$E^\circ_{\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}} = -2,36 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\text{Ag}^+ | \text{Ag}} = +0,80 \text{ V}$$

Zaznacz, ile wynosi siła elektromotoryczna tego ogniwa w warunkach standardowych.

5,52 V

1,56 V

-1,56 V

3,16 V

## Ćwiczenie 6



Zbudowano ogniwo galwaniczne z półogniw, których potencjały standardowe wynoszą:

$$E^\circ_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = -0,76 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}} = -0,13 \text{ V}$$

Zapisz schemat tego ogniwa, równania reakcji zachodzących w półogniwach oraz sumaryczne równanie reakcji zachodzącej w ogniwie. Oblicz siłę elektromotoryczną tego ogniwa.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Zbudowano ogniwo galwaniczne z półogniw, których potencjały standardowe wynoszą:

$$E^\circ_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = -0,76 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$$

Zapisz schemat tego ogniwa, równania reakcji zachodzących w półogniwach oraz sumaryczne równanie reakcji zachodzącej w ogniwie. Oblicz siłę elektromotoryczną tego ogniwa w temperaturze 300 K, korzystając z podanych danych.

$$[\text{Zn}^{2+}] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 0,005 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Zbudowano ogniwo z dwóch blaszek srebrnych zanurzonych w roztworach azotanu(V) srebra o stężeniu  $0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  i stężeniu  $0,05 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ .

Zapisz schemat ogniwa, równania reakcji zachodzących w półogniwach oraz sumaryczne równanie reakcji zachodzącej w ogniwie. Oblicz siłę elektromotoryczną ogniwa w temperaturze 298 K.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 9



Zbudowano ogniwo redoksove z półogniw, których potencjały standardowe wynoszą:

$$E^{\circ}_{\text{Sn}^{4+}|\text{Sn}^{2+}} = -0,14 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+}} = +0,77 \text{ V}$$

Zapisz schemat tego ogniwa, równania reakcji zachodzących w półogniwach oraz sumaryczne równanie reakcji zachodzącej w ogniwie. Oblicz siłę elektromotoryczną tego ogniwa w temperaturze 298 K, korzystając z podanych danych.

$$[\text{Fe}^{3+}] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{Fe}^{2+}] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{Sn}^{4+}] = 0,003 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{Sn}^{2+}] = 0,003 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Krzak, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Siła elektromotoryczna ogniwa

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

IX. Elektrochemia. Uczeń:

4) oblicza SEM ogniwa galwanicznego na podstawie standardowych potencjałów półogniw, z których jest ono zbudowane.

Zakres rozszerzony

IX. Elektrochemia. Uczeń:

4) oblicza SEM ogniwa galwanicznego na podstawie standardowych potencjałów półogniw, z których jest ono zbudowane.

### Kształowane kompetencje kluczowe:

- 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:**

- wyjaśnia, czym jest ogniwo;
- definiuje siłę elektromotoryczną ogniwa galwanicznego;

- oblicza SEM ogniwa galwanicznego na podstawie potencjałów standardowych półogniw;
- wyznacza SEM ogniwa galwanicznego.

### **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna.

### **Metody i techniki nauczania:**

- dyskusja dydaktyczna;
- film samouczek;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica multimedialna/tablica, kreda/pisak.

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: Jak myślicie co kryje się pod pojęciem siła elektromotoryczna ogniwa?
2. Rozpoznanie wiedzy wstępnej uczniów. Uczniowie przypominają sobie czym jest półogniwo, anoda i katoda, ogniwo.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Multimedia bazowe. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek przedstawiający definicję siły elektromotorycznej ogniwa oraz przykładowe zadania obliczania SEM. Na podstawie filmu uczniowie robią sketchnotatkę w zeszycie. Zapisują również po 2 pytania do filmu („Czemu...?”, „Dlaczego....?”). Po wyświetleniu

filmu kilku wybranych uczniów podaje na forum klasy sformułowane pytania. Pozostali uczniowie wspólnie (ze wsparciem nauczyciela) odpowiadają na pytania postawione po obejrzeniu filmu.

2. Praca w grupie. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy. Teraz uczniowie wykorzystają wiedzę zdobytą podczas oglądania filmu samouczka oraz mogą się wesprzeć informacjami zawartymi w e-materiale. Każda grupa otrzymuje kartkę z treścią zadania do rozwiązania oraz tablice z potencjałami standardowymi półogniw. Gdy grupa rozwiąże zadanie z kartki, otrzymuje następną z zadaniem trudniejszym. Grupa, która wykona najpoprawniej i najszybciej wszystkie zadania, zostaje przez nauczyciela nagrodzona (mogą to być oceny albo przechodni puchar klasy).
3. Przedstawienie wyników. Reprezentanci poszczególnych grup przedstawiają efekty swojej pracy na forum klasy i wspólnie zapisują rozwiązania tych zadań. Nauczyciel uzupełnia oraz wyjaśnia zaistniałe niezrozumiałe kwestie.
4. Sprawdzenie wiedzy i umiejętności uczniów. Uczniowie na kartkach zapisują w skali od 1-6 w jakim stopniu zrozumieli dane zadanie podczas pracy w fazie realizacyjnej. W przypadku dużego odsetku niskich wartości cyfr, nauczyciel jeszcze raz wyjaśnia niezrozumiałe kwestie. Jeżeli jest niewielki odsetek podanych niskich wartości, to uczniowie, którzy zrozumieli dane zadanie wyjaśniają je uczniom, którzy wykazują niezrozumienie.
5. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

### **Faza podsumowująca:**

1. Na zakończenie nauczyciel stosuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem baterii przez uczniów. Uczniowie w zeszycie do chemii rysują baterię i zaznaczają (zamalowują), w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. Jeżeli z rysunku będzie wynikał niski poziom naładowania baterii, uczniowie zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
  - Przypomniałem/łam sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - dziś nauczyłem/łam się...

- Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

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

Film samouczek może zostać wykorzystany przy przygotowywaniu się ucznia do sprawdzianu lub do zdobycia wiedzy w razie nieobecności ucznia na lekcji.

### **Materiały pomocnicze:**

#### 1. Karty pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 207.31 KB w języku polskim

#### 2. Tablica z potencjałami standardowymi półogniw:

Plik o rozmiarze 103.27 KB w języku polskim

#### 3. Kartki do zapisu skali zrozumienia tematu - mogą być kolorowe samoprzylepne karteczki.