Jak działa ogniwo?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Jak działa ogniwo?

Wiele baterii działa na zasadzie ogniwa galwanicznego, zwanego ogniwem Leclanchégo.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Zimą, podczas długich i silnych mrozów, może wystąpić problem z uruchomieniem auta. Przyczyną, w większości wypadków, jest zapewne akumulator. Akumulator to nic innego jak przykład ogniwa galwanicznego wtórnego (ogniwo, które można ładować wielokrotnie prądem elektrycznym). Składa się z elektrody ołowianej, elektrody z tlenku ołowiu (PbO_2) oraz elektrolitu, czyli kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) i dostarcza energii potrzebnej do uruchomienia pojazdu. Podczas silnych mrozów wydajność akumulatorów spada nawet o 40%. Wtedy, aby włączyć auto, które w wyniku mrozu zostało unieruchomione, należy naładować akumulator. Zastanawiasz się, jaka jest zasada działania ogniw? Dowiesz się tego za chwilę, w dalszej części materiału.

Twoje cele

- Opiszesz działanie ogniw.
- Zapoznasz się ze schematem budowy ogniwa odwracalnego i nieodwracalnego.
- Wyjaśnisz zasadę działania ogniw galwanicznych.

Przeczytaj

Ogniwo Daniella

Ogniwo galwaniczne jest układem dwóch półogniw, połączonych ze sobą za pomocą klucza elektrolitycznego, dzięki któremu możliwy jest przepływ jonów, wyrównujący różnicę ładunków. Odpowiada on za przekazywanie elektronów. Źródłem prądu elektrycznego w ogniwie są reakcje redukcji i utlenienia.

Jednym z pierwszych ogniw było ogniwo Daniella, w którym na anodzie zachodzi utlenianie cynku. Jony $\mathrm{Zn^{2+}}$ przechodzą do roztworu, natomiast elektrony wędrują do katody, gdzie zachodzi redukcja jonów $\mathrm{Cu^{2+}}$. Przez klucz elektrolityczny przemieszczają się jony przeciwnego znaku ($\mathrm{SO_4^{2-}}$), w celu wyrównania powstającej różnicy ładunków. Schemat ogniwa można zapisać następująco:

$$(-) \quad \mathrm{Zn} \mid \mathrm{ZnSO_4(c_1)} \parallel \mathrm{CuSO_4(c_2)} \mid \mathrm{Cu} \quad (+)$$

lub

$$(-) \quad \mathrm{Zn} \mid \mathrm{Zn^{2+}} \parallel \mathrm{Cu^{2+}} \mid \mathrm{Cu} \quad (+)$$

Reakcje zachodzące na elektrodach można zapisać równaniami:

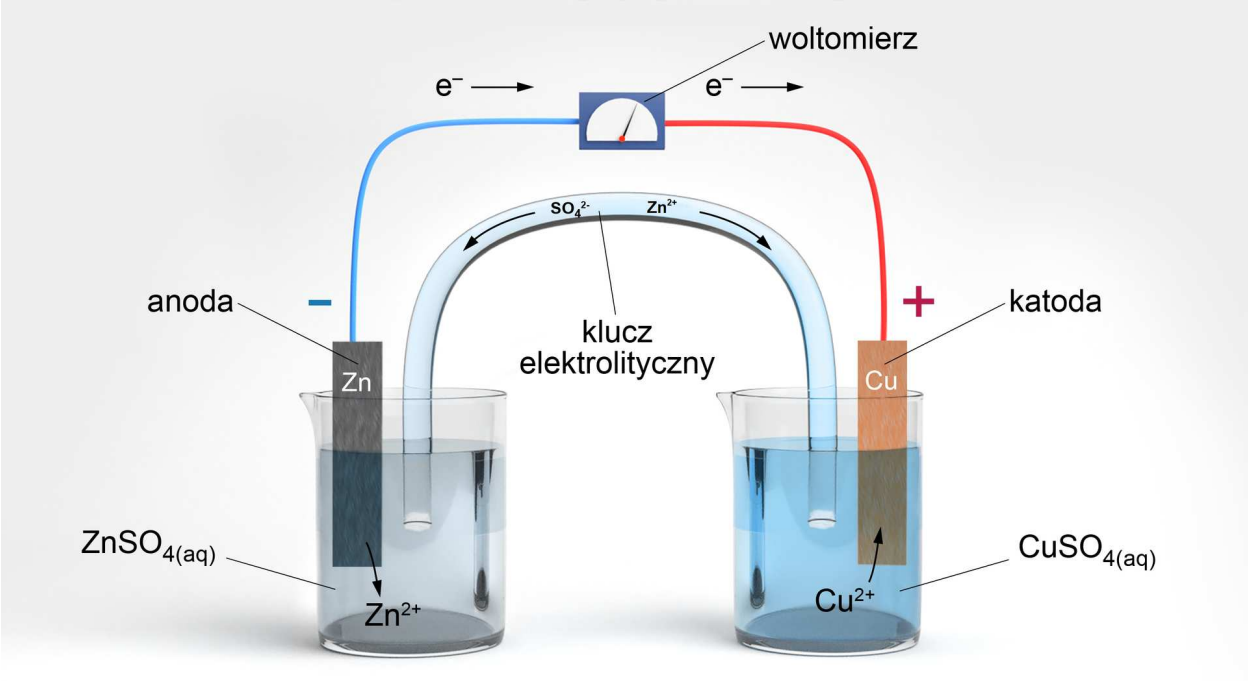
$$\mathrm{A}(-) \quad \mathrm{Zn} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-} \quad \text{utlenianie}$$

$$\mathrm{K}(+) \quad \mathrm{Cu^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Cu} \quad \text{redukcja}$$

Sumarycznie, procesy zachodzące w ogniwie, można przedstawić równaniem:

$$\mathrm{Zn} + \mathrm{Cu^{2+}} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + \mathrm{Cu}$$

> **Polecenie 1**
>
> Co się dzieje podczas pracy ogniwa Daniella? Przeanalizujmy poniższy schemat.



Ogniwo Daniella

Źródło: GroMar Sp. z o. o. opracowano na podstawie: Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ilościowa interpretacja reakcji chemicznej zachodzącej w ogniwie

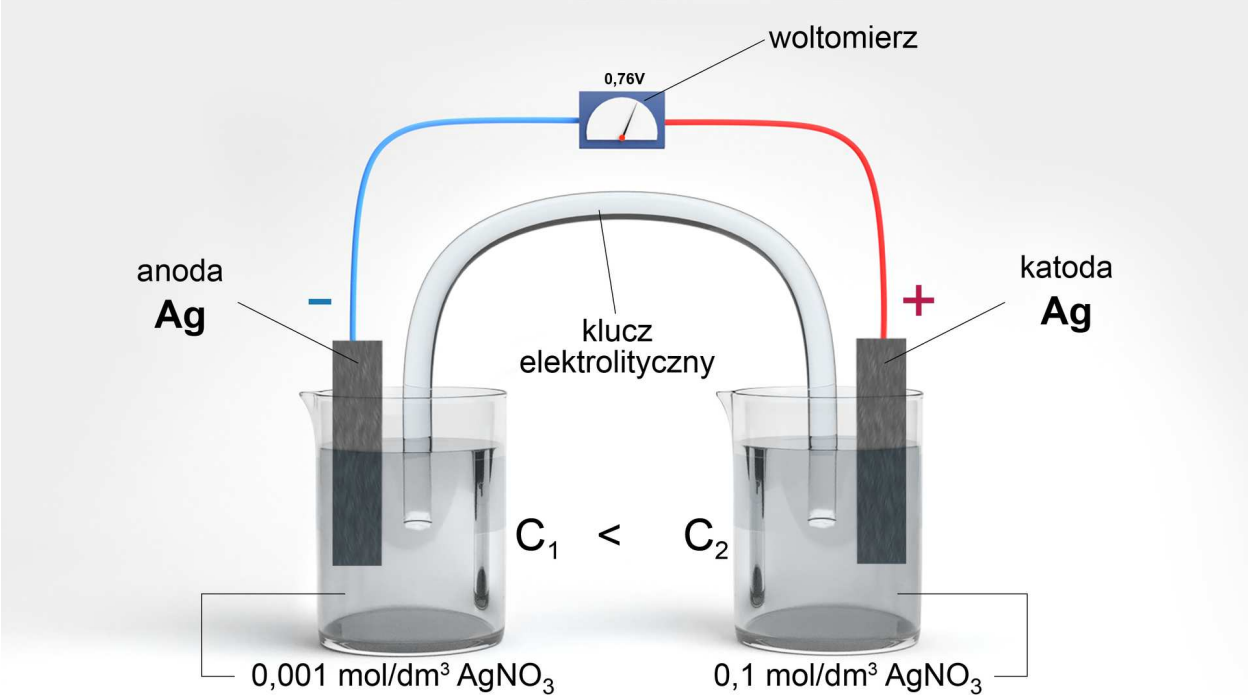
Warto zauważyć, że jeśli do roztworu przechodzi 65 g jonów cynku (**1 mol**), to na miedzianej blaszce osadza się 63,5 g (1 mol) jonów miedzi(II). Masa blaszki cynkowej maleje o 65 g, natomiast masa blaszki miedzianej wzrasta o 63,5 g. Blaszka cynkowa roztwarza się, natomiast na blaszce miedziowej miedź się osadza. Ogniwo pracuje do tego momentu (przepływa przez nie prąd), aż nie nastąpi całkowite roztworzenie płytki cynkowej, zanurzonej w roztworze (wszystkie atomy cynku obecne w płytce się utlenią), i redukcja wszystkich obecnych w roztworze kationów miedzi Cu^{2+}.

Ogniwa redoks i ogniwa stężeniowe

Inaczej wyglądają procesy elektrodowe, które zachodzą w ogniwach stężeniowych oraz ogniwach redoks.

Ogniwo stężeniowe zbudowane jest z dwóch jednakowych elektrod metalicznych, zanurzonych w roztworach z jonami potencjałotwórczymi tego metalu o różnych stężeniach: $c_1 < c_2$. Przykład ogniwa stężeniowego:

$$(-) \quad \mathrm{Ag} \mid \mathrm{AgNO_3(c_1)} \parallel \mathrm{AgNO_3(c_2)} \mid \mathrm{Ag} \quad (+)$$



Schemat ogniwa redoksowego

Źródło: GroMar Sp.z o.o. opracowano na podstawie: M. Krzeczkowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Różnica stężeń powoduje wyraźną różnicę potencjałów elektrod i dlatego anodą i katodą są odpowiednio:

$$\mathrm{A}(-) \quad \mathrm{Ag} \rightarrow \mathrm{Ag^+(c_1)} + \mathrm{e^-}$$

$$\mathrm{K}(+) \quad \mathrm{Ag^+(c_2)} + \mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Ag}$$

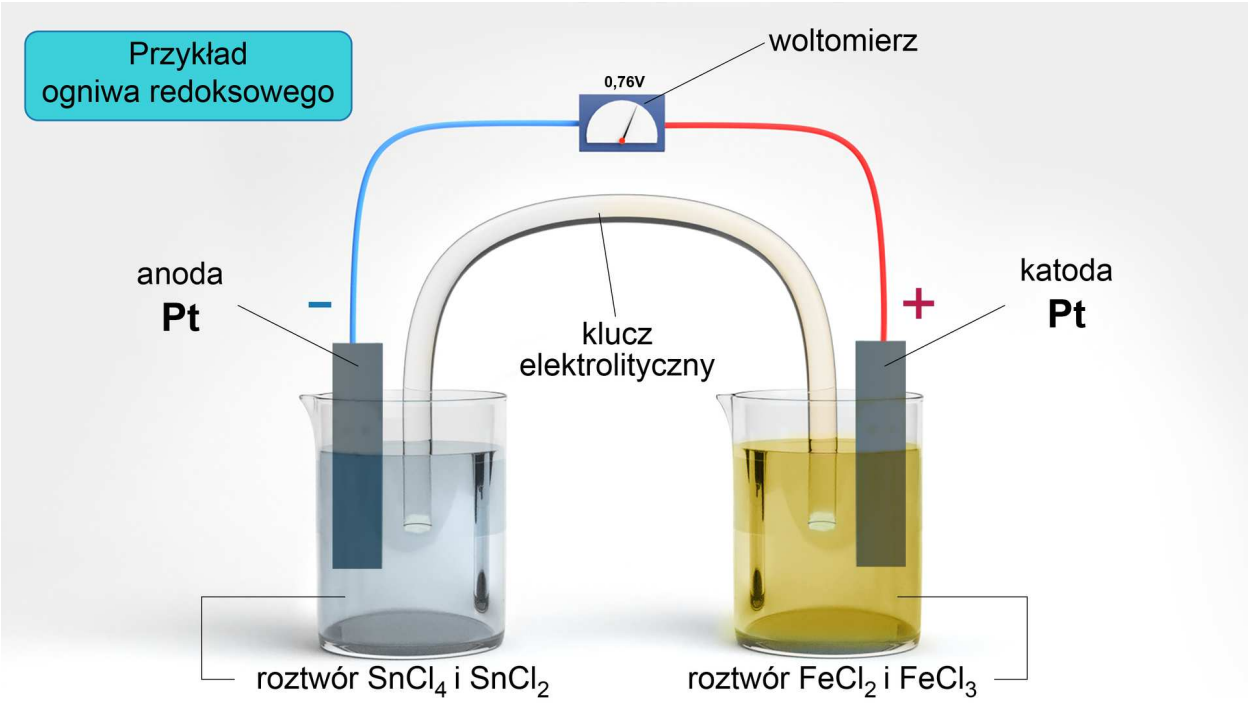
Sumaryczna reakcja zachodząca w ogniwie:

$$\mathrm{Ag} + \mathrm{Ag^+(c_2)} \rightarrow \mathrm{Ag^+(c_1)} + \mathrm{Ag}$$

Ogniwo pracuje do momentu wyrównania stężeń roztworów. SEM ogniwa można obliczyć następująco:

$$\mathrm{SEM} = \left(\mathrm{E_{Ag(c_2)}} - \mathrm{E_{Ag(c_1)}}\right) = \frac{2,303\ \mathrm{RT}}{\mathrm{F}} \cdot \log\frac{\mathrm{c_2}}{\mathrm{c_1}}$$

Ogniwo redoksowe (tzw. redoks) jest zbudowane z dwóch półogniw utleniająco-redukujących, połączonych kluczem elektrolitycznym. Schemat takiego ogniwa przedstawia rysunek zamieszczony poniżej.



Schemat ogniwa redoksowego

Źródło: GroMar Sp.z o.o. opracowano na podstawie: M. Krzeczkowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Schemat ogniwa redoksowego:

$$(-)\ \mathrm{Pt}\ \big|\ \mathrm{Sn}^{4+},\ \mathrm{Sn}^{2+}\ \big|\big|\ \mathrm{Fe}^{2+},\ \mathrm{Fe}^{3+}\ \big|\ \mathrm{Pt}\ (+)$$

$$\mathrm{A}\ (-)\quad \mathrm{Sn}^{2+} \rightarrow \mathrm{Sn}^{4+} + 2\,\mathrm{e}^{-}$$

$$\mathrm{K}\ (+)\quad 2\,\mathrm{Fe}^{3+} + 2\,\mathrm{e}^{-} \rightarrow 2\,\mathrm{Fe}^{2+}$$

Sumaryczna reakcja zachodząca w ogniwie:

$$\mathrm{Sn}^{2+} + 2\,\mathrm{Fe}^{3+} \rightarrow \mathrm{Sn}^{4+} + 2\,\mathrm{Fe}^{2+}$$

Siłę elektromotoryczną ogniwa (SEM) można obliczyć stosując potencjały standardowe półogniw, oznaczane jako E. Wartość potencjału standardowego półogniwa jest różnicą pomiędzy potencjałem ogniwa wodorowego (dla którego przyjęto wartość 0), a półogniwem

badanego materiału – wielkości te są podane w tablicach fizykochemicznych. Przy obliczaniu SEM ogniwa, zawsze odejmujemy wartość potencjału anody od wartości potencjału katody.

$$\mathrm{SEM} = \mathrm{E^0}_{\mathrm{Fe^{2+}|Fe^{3+}}} - \mathrm{E^0}_{\mathrm{Sn^{2+}|Sn^{4+}}}$$

Ogniwo Leclanchégo

Ogniwo Leclanchégo to ogniwo cynkowo-węglowe, które stosowane jest w wielu bateriach dostępnych w sprzedaży. Jego istotną wadą jest brak możliwości regeneracji. Schemat budowy ogniwa cynkowo-węglowego zapisuje się w następujący sposób:

$$(-)\ \ \mathrm{Zn} \mid \mathrm{NH_4Cl},\ \mathrm{ZnCl_2} \mid \mathrm{MnO_2},\ \mathrm{C}\ \ (+)$$

Reakcje zachodzące na elektrodach można zapisać równaniami:

$$\mathrm{A}(-)\ \ \mathrm{Zn} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-}$$

$$\mathrm{K}(+)\ \ 2\,\mathrm{NH_4^+} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow 2\,\mathrm{NH_3} + \mathrm{H_2}\uparrow$$

Przykład ogniwa nieodwracalnego

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: M. Krzeczkowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wygodniejsze w użyciu są jednak ogniwa odwracalne, czyli takie, które po wyczerpaniu można ponownie naładować. Przykładem takiego jest akumulator kwasowo-ołowiowy (akumulator Plantego), który jest często wykorzystywany jako źródło zasilania rozrusznika samochodowego.

Słownik

anoda

(gr. *ánodos* „droga w górę”) w ogniwie galwanicznym jest to elektroda posiadająca ładunek ujemny; zachodzi na niej reakcja utleniania

katoda

(gr. *káthodos* „schodzenie”) w ogniwie galwanicznym jest to elektroda posiadająca ładunek dodatni; zachodzi na niej reakcja redukcji

elektroda

(gr. *ēlektron* „bursztyn”, *hodós* „droga”) chemiczny układ złożony z przewodnika elektronowego (metal, półprzewodnik) stykającego się z przewodnikiem jonowym (najczęściej ciekły elektrolit), w którym może przebiegać reakcja elektrodowa utleniania-redukcji

mol

podstawowa jednostka liczności (ilości) materii w układzie SI, równa $6{,}023 \cdot 10^{23}$

utlenianie

oksydacja; chemiczny proces, który polega na oddaniu elektronu (elektronów) przez jon, atom lub grupę atomów, w wyniku czego podwyższa się stopień utlenienia pierwiastka oddającego elektrony

potencjał elektrody

charakterystyczna dla każdej elektrody różnica potencjałów Galvaniego (potencjał elektryczny fazy) między fazami tworzącymi tę elektrodę (np. elektrolitem i metalem); powstaje jako konsekwencja uformowania się elektrycznej warstwy podwójnej

redukcja

elektronizacja; chemiczny proces, który polega na pobraniu elektronu (elektronów) przez jon lub atom, w wyniku czego maleje stopień utlenienia pierwiastka

roztwarzanie

reakcja chemiczna prowadząca do otrzymywania jednorodnej mieszaniny wieloskładnikowej wskutek zachodzących oddziaływań między czynnikiem roztwarzającym a stałą substancją roztwarzaną

klucz elektrolityczny

klucz; mostek solny; urządzenie łączące elektrolity w naczyniu elektrolitycznym, którego głównym zadaniem jest zmniejszenie potencjału dyfuzyjnego między tymi elektrolitami i zapobieganie ich mieszaniu się

Bibliografia

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

Animacja

Polecenie 1

Czy wiesz, jak działają ogniwa galwaniczne? Zapoznaj się z budową i działaniem ogniwa Daniella. W oparciu o animację, rozwiąż poniższe zadania.

Film dostępny pod adresem /preview/resource/R1GELqbzlDfqu

Animacja pt. „Jak działa ogniwo?”

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej działania ogniwa.

Ćwiczenie 1

Zaznacz wszystkie elementy związane z anodą w ogniwie Daniella.

- [ ] redukcja
- [ ] siarczan(VI) miedzi
- [ ] utlenienie
- [ ] elektroda cynkowa
- [ ] elektroda miedziana
- [ ] siarczan(VI) cynku
- [ ] elektroda zmniejsza swoją masę

Ćwiczenie 2

Wskaż, czy przedstawione twierdzenia są fałszywe, czy prawdziwe.

Twierdzenie	Prawda	Fałsz
Podczas pracy ogniwa blaszka cynkowa zmniejsza swoją masę.	○	○
Klucz elektrolityczny umożliwia mieszanie się roztworów.	○	○
Elektroda cynkowa zanurzona jest w roztworze siarczanu (VI) cynku.	○	○
W trakcie pracy ogniwa, w przestrzeni około anodowej wzrasta stężenie kationów cynku.	○	○

Ćwiczenie 3

Wybierz reakcję chemiczną, która zachodzi na katodzie ogniwa Daniella.

- ◯ $\mathrm{Cu^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Cu}$
- ◯ $\mathrm{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-}$
- ◯ $\mathrm{Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-}$

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Wybierz odpowiednie podpisy do ogniw przedstawionych na rysunkach.

Źródło: GroMar Sp.z o.o. opracowano na podstawie: M. Krzeczkowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Która z przedstawionych reakcji zachodzi na katodzie akumulatora ołowiowego w czasie poboru prądu z akumulatora? Zaznacz poprawną odpowiedź.

- $PbO2 + SO42- \rightarrow PbSO4 + 2\ e-$
- $PbO2 + 4\ H3O+ + SO42- + 2\ e- \rightarrow PbSO4 + 6\ H2O$
- $Pb \rightarrow Fe2+ + 2\ e-$
- $Pb2+ \rightarrow Fe4+ + 2\ e-$

Ćwiczenie 3

Czy można zbudować ogniwo galwaniczne, mając do dyspozycji m.in. aluminiową puszkę po coca-coli i drut miedziany? W przypadku pozytywnej odpowiedzi podaj schemat ogniwa, reakcje elektrodowe i sumaryczną reakcję w ogniwie oraz oblicz SEM ogniwa.

$$E^0{}_{\mathrm{Cu}|\mathrm{Cu}^{2+}} = 0{,}337\ \mathrm{V}$$

$$E^0{}_{\mathrm{Al}|\mathrm{Al}^{3+}} = -1{,}698\ \mathrm{V}$$

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

Ćwiczenie 4

Zbudowano ogniwo galwaniczne, które składa się z następujących półogniw:

$$\mathrm{Ag},\ \mathrm{AgCl}\ |\ \mathrm{Cl}^-\quad E^0 = 0{,}222\ \mathrm{V}$$

$$\mathrm{Pt}\ |\ \mathrm{Fe}^{2+},\ \mathrm{Fe}^{3}\quad E^0 = 0{,}771\ \mathrm{V}$$

Na podstawie danych:

A. podaj schemat ogniwa;

B. oblicz SEM ogniwa.

Ćwiczenie 5

Zbudowano dwa ogniwa, w których stężenia elektrolitów wynoszą $1\ \frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{dm}^3}$:

- ogniwo I: zbudowane z półogniwa $\mathrm{Ni}\left|\mathrm{Ni}^{2+}\right.$ oraz półogniwa $\mathrm{Cu}\left|\mathrm{Cu}^{2+}\right.$;
- ogniwo II: zbudowane z półogniwa $\mathrm{Ni}\left|\mathrm{Ni}^{2+}\right.$ oraz półogniwa $\mathrm{Zn}\left|\mathrm{Zn}^{2+}\right.$.

A. Zapisz schematy tych ogniw.
B. Oblicz siłę elektromotoryczną tych ogniw (warunki standardowe).
C. Wyjaśnij, jaką rolę (anody czy katody) spełnia półogniwo niklowe w tych ogniwach.

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

Ćwiczenie 6

Korzystając z szeregu napięciowego metali, określ, która reakcja zachodzi samorzutnie.

1. $\mathrm{ZnSO_4} + \mathrm{Cu} \rightarrow$
2. $\mathrm{AlCl_3} + \mathrm{Fe} \rightarrow$
3. $\mathrm{CuSO_4} + \mathrm{Fe} \rightarrow$

Następnie zaprojektuj ogniwo, w którym można przeprowadzić tę reakcję, podając jego schemat. Oblicz SEM tego ogniwa.

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

Ćwiczenie 7

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

Ćwiczenie 8

Szereg napięciowy metali

Elektroda	E^0 [V]
Zn/Zn^{2+}	$-0,76$
Sn/Sn^{2+}	$-0,14$
Pb/Pb^{2+}	$-0,13$
Ni/Ni^{2+}	$-0,26$
Na/Na^{+}	$-2,71$
Mn/Mn^{2+}	$-1,19$
Mg/Mg^{2+}	$-2,37$
Li/Li^{+}	$-3,04$
K/K^{+}	$-2,93$
Hg/Hg^{2+}	$0,85$
H_2/H_3O^{+}	0
Fe/Fe^{2+}	$-0,44$
Cu/Cu^{2+}	$0,34$
Cr/Cr^{3+}	$-0,74$
Ca/Ca^{2+}	$-2,87$
Au/Au^{3+}	$1,5$
Au/Au^{+}	$1,7$
Ag/Ag^{+}	$0,8$
Cr/Cr^{2+}	$-0,91$

Źródło: *Szereg napięciowy metali*, Wikipedia; https://pl.wikipedia.org/wiki/Szereg_napięciowy_metali (dostęp 29.04.2021).

Wybrane wartości potencjałów standardowych

Reakcja połówkowa redukcji	E^0 [V]
$\mathrm{F_2 + 2e^- \rightarrow 2\ F^-}$	$+2{,}87$
$\mathrm{Ag^{2+} + e^- \rightarrow Ag^+}$	$+1{,}98$
$\mathrm{Co^{3+} + e^- \rightarrow Co^{2+}}$	$+1{,}81$
$\mathrm{Au^+ + e^- \rightarrow Au}$	$+1{,}69$
$\mathrm{Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}}$	$+1{,}61$
$\mathrm{Mn^{3+} + e^- \rightarrow Mn^{2+}}$	$+1{,}51$
$\mathrm{Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}}$	$+0{,}15$
$\mathrm{2\ H_3O^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2\ H_2O}$	0, z definicji
$\mathrm{Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb}$	$-0{,}13$
$\mathrm{Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn}$	$-0{,}14$

Źródło: *Potencjał standardowy*, Wikipedia; https://pl.wikipedia.org/wiki/Potencjał_standardowy (dostęp 29.04.2021).

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

Dla nauczyciela

Autor: Gabriela Iwińska
Przedmiot: Chemia

Temat: Jak działa ogniwo?

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

IX. Elektrochemia. Uczeń:

2) pisze oraz rysuje schemat ogniwa odwracalnego i nieodwracalnego.

Zakres rozszerzony

IX. Elektrochemia. Ogniwa i elektroliza. Uczeń:

2) pisze oraz rysuje schemat ogniwa odwracalnego i nieodwracalnego.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji.

Cele operacyjne

Uczeń:

- opisuje działanie ogniwa;
- proponuje schemat budowy ogniwa odwracalnego i nieodwracalnego;
- wyjaśnia zasadę działania ogniw galwanicznych.

Strategie nauczania:

- strategia asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- burza mózgów;
- z użyciem e-podręcznika.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaciekawiając tematem. Przykładowe pytania: dlaczego w zimie mamy problem, aby uruchomić auto? Co wiecie o akumulatorach?
2. Nauczyciel prezentuje temat: „Jak działa ogniwo?" oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół działania ogniw.

Faza realizacyjna:

1. Praca metodą JIGSAW. Nauczyciel dzieli klasę na czteroosobowe grupy. Są to tzw. grupy eksperckie. Każdy uczestnik zostaje ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego. Zespoły otrzymują arkusze papieru i mazaki. W każdej grupie wymagany co najmniej jeden komputer, w którym można dokonać analizy schematu poszczególnych ogniw. Nauczyciel przydziela im różne zagadnienia do opracowania w ciągu 10 minut:

- I grupa: ogniwo Daniella;
- II grupa: ogniwa redoks i ogniwa stężeniowe;
- III grupa: ogniwo Leclanchégo;

- IV grupa: Przewidywanie kierunku przebiegu reakcji redoks.

2. Każda grupa zapoznaje się z informacjami w ramach swojego zagadnienia, korzystając z e-materiałów (zwłaszcza informacje przedstawione na schemacie interaktywnym), podręcznika tradycyjnego oraz internetu. W opracowaniach grupy zwracają uwagę na budowę wewnętrzną, właściwości i zastosowanie podanych materiałów lub pierwiastków. Efektem pracy powinno być wspólne opracowanie na podstawie dyskusji oraz uczenia się nawzajem.
3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
4. Eksperci kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert grupy I uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą itd. Uczący uczestnicy przekazują wiedzę pozostałym uczniom. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej (czas ok. 10 min).
5. Eksperci wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy posiadają zbieżne informacje w omawianych kwestiach (czas ok. 7 minut).
6. Uczniowie samodzielnie analizują medium bazowe – animację, z której dowiedzą się, jak działa ogniwo oraz wykonują zawarte tam polecenia.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimedium.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
    - Przypomniałem/łam sobie, że...
    - Co było dla mnie łatwe...
    - Czego się nauczyłem/łam...
    - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

1. Dokończenie zadań z zestawu ćwiczeń interaktywnych – dla uczniów, którzy nie zdążyli wykonać na lekcji.
2. Uczniowie opracowują FAQ (minimum trzy pytania i odpowiedzi) do tematu lekcji („Jak działa ogniwo?").

Materiały pomocnicze:

- K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, tłum. A. Dworak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

- L. Jones, P. Atkins, *Chemia ogólna : cząsteczki, materia, reakcje*, tłum. J. Kuryłowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Uczniowie mogą wykorzystać medium z sekcji „Animacja” w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej związanej z tematem „Jak działa ogniwo?”.