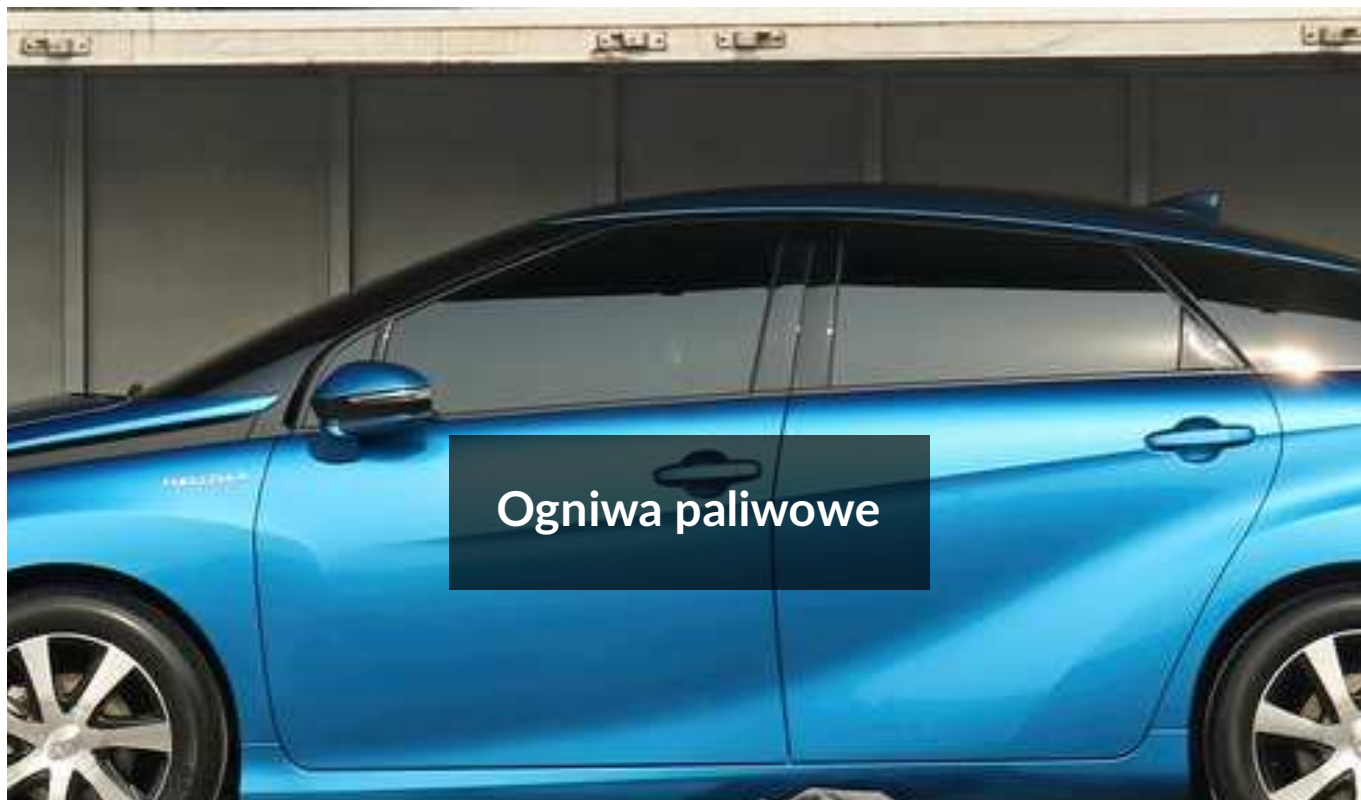




Ogniwa paliwowe

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



Obecnie koncern Toyoty prowadzi prace nad nową generacją tego zaawansowanego technologicznie modelu. Pierwszy koncept sedana Mirai drugiej generacji pojawił się w 2019 r. na specjalnej wystawie podczas Salonu Motoryzacyjnego w Tokio.

Źródło: dostępny w internecie: www.flickr.com, licencja: CC BY 3.0.

Premiera elektrycznego, zasilanego wodorem sedana Mirai w 2014 r. sprawiła, że Toyota stała się światowym liderem samochodów na wodorowe ogniwa paliwowe. Czy takie auto to nowy wynalazek? Czym są ogniwa paliwowe i w jakich gałęziach przemysłu są wykorzystywane?

Twoje cele

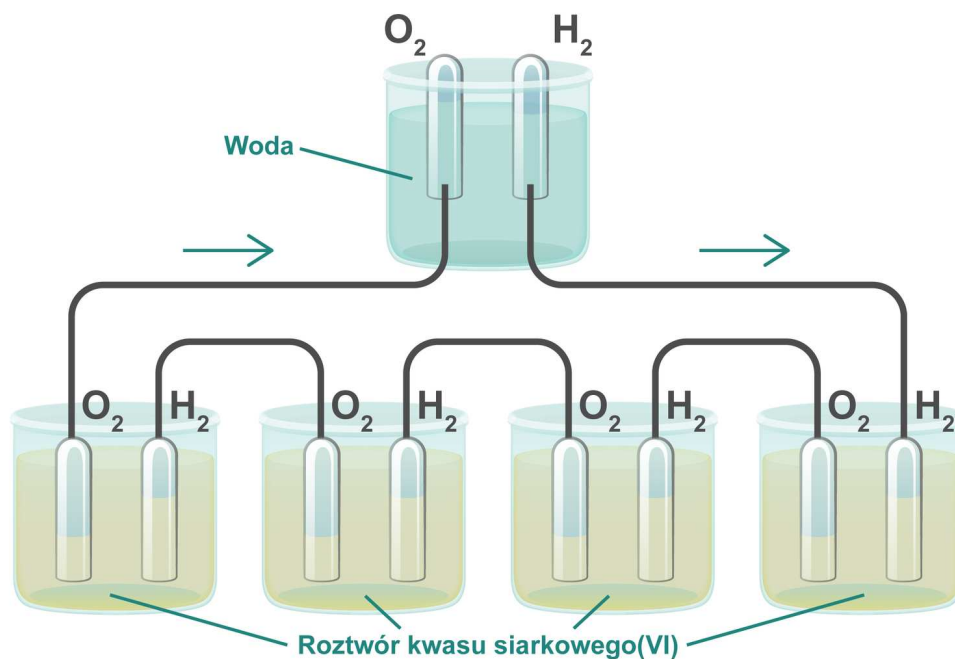
- Wyjaśnisz, czym jest ogniwo paliwowe i omówisz zasadę jego działania.
- Wymienisz i scharakteryzujesz rodzaje ogniw paliwowych.
- Przy pomocy symulacji interaktywnej, skonstruujesz ogniwo paliwowe.

Przeczytaj

Historia ogniw paliwowych

Ogniwa paliwowe są integralną częścią rozwoju przemysłu paliwowego i chociaż początki ich odkrycia datuje się na pierwszą połowę XIX w., to dopiero po 1961 r. zyskały rozgłos na całym świecie.

Pierwsze ogniwo paliwowe zostało skonstruowane przez angielskiego naukowca **Wiliama R. Grove** w 1839 r. Było to możliwe dzięki publikacji zasad jego działania 1838 r. przez chemika **Chrystiana F. Schönbeina**.



Ogniwo paliwowe Grove'a stanowi układ szeregowo połączonych elektrod platynowych, zanurzonych w rozcieńczonym kwasie siarkowym(VI).

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

Większy rozgłos zyskały jednak w drugiej połowie XX w. w Stanach Zjednoczonych, kiedy ze względu na bezpieczeństwo działania i możliwość ekologicznego pozyskiwania energii oraz wody pitnej, zostały ulepszone i zastosowane w nowo powstałych programach kosmicznych – np. w misji Gemini 5 czy programie Apollo. Tam po raz pierwszy w historii zastosowano ogniwa paliwowe produkowane na skalę przemysłową. Opracowano wówczas ten typ ogniw z membranami polimerowymi oraz alkaliczne ogniwo paliwowe.

Ciekawostka

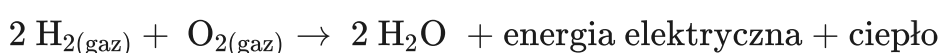
Początkowo produkcja ogniw paliwowych była bardzo droga, a ceny sięgały rzędu 100 tys. dolarów za kilowat. Stosowano wówczas niezwykle kosztowne materiały, a do samej pracy ogniwa potrzebne były odpowiednie warunki: bardzo wysoka temperatura oraz czysty tlen i wodór.

Przełomową datą w rozwoju ogniw paliwowych był również 2005 r., kiedy firma Intelligent Energy wyprodukowała pierwszy na świecie motocykl ENV. Stało się to możliwe dzięki opanowaniu technologii, która pozwalała na zmniejszenie rozmiarów ogniw paliwowych.

Budowa i sposób działania ogniwa paliwowego

Ogniwo paliwowe to ogniwo elektrochemiczne, które stanowi układ złożony z dwóch elektrod i elektrolitu.

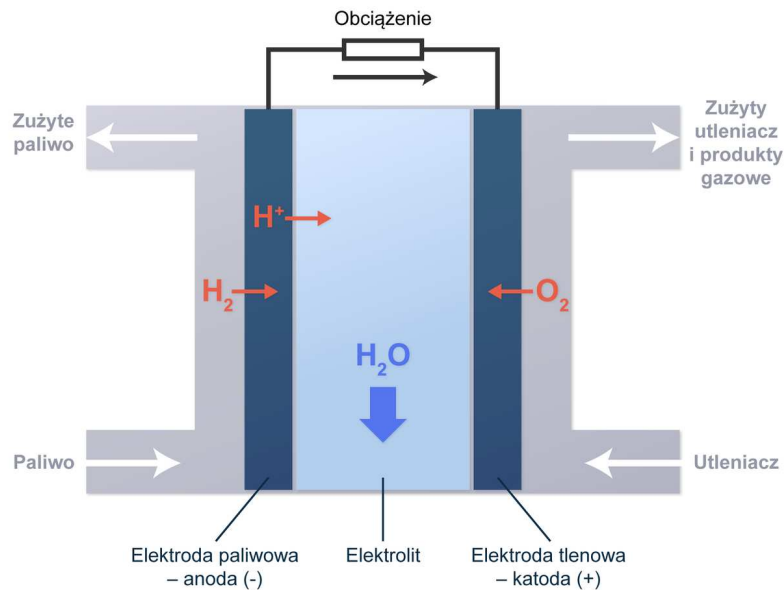
W przeciwieństwie do tradycyjnych ogniw galwanicznych (baterii lub akumulatorów), w których energia jest zgromadzona wewnątrz urządzenia i które wymagają często ładowania, ogniwa paliwowe nie muszą być wcale ładowane. Ich działanie polega na przekształcaniu gazowego wodoru (pochodzącego z paliwa) i tlenu (pochodzącego z powietrza) w wodę. Za pomocą kanalików w elektrodach, doprowadzane jest paliwo (zazwyczaj $\text{H}_{2(\text{gaz})}$, metanol lub etanol) oraz utleniacz ($\text{O}_{2(\text{gaz})}$), a odprowadzana jest woda lub para wodna. Sumaryczna reakcja przebiegająca w ogniwie paliwowym ma postać:



Ładunek elektryczny, generowany w ogniwie, odprowadzany jest do obwodu zewnętrznego.

Ogniwo paliwowe typu PEMFC

Obecnie możemy wyróżnić wiele typów ogniw paliwowych, jednak najczęściej wykorzystywanym ogniwem w transporcie i w urządzeniach przenośnych jest ogniwo paliwowe z elektrolitem polimerowym PEMFC (ang. *proton-exchange membrane fuel cells*), znane również pod nazwą PEM.



Schemat ogniwa paliwowego typu PEMFC

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

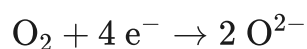
Ogniwo paliwowe, z jonowymienną membraną polimerową, zbudowane jest z **elektrod** (**katody** i **anody**) oraz elektrolitu, w którym zanurzona jest półprzepuszczalna membrana. Elektrody z kolei tworzone są z nawęglonego papieru z dodatkiem platyny, która pełni rolę katalizatora. Membrana ma postać cienkiej warstwy **polimeru**, rozgraniczającej obydwie elektrody.

Paliwem zasilającym ogniwo jest gazowy wodór H_2 , który – wprowadzany w obszar porowatej anody – ulega **jonizacji** na protony oraz elektrony. Proces ładowania ogniwa paliwowego następuje podczas przenikania protonów przez półprzepuszczalną membranę, nieprzepuszczalną dla jonów tlenkowych oraz elektronów. Do katody ogniwa doprowadzany jest gazowy tlen, który przyłącza cztery elektrony, ładując się w ten sposób ujemnie. Następnie ujemnie naładowane jony tlenkowe reagują z dodatnimi jonami wodoru, w wyniku czego powstaje cząsteczka wody. Z kolei elektrony przepływają przez zewnętrzny obwód, tworząc prąd zewnętrzny ogniwa.

Reakcja zachodząca na **anodzie**:



Reakcja zachodząca na **katodzie**:



Reakcja w przestrzeni katodowej: kationy wodorowe reagują z anionami tlenkowymi, dając wodę (w postaci pary lub ciekłej):



Rodzaje ogniw paliwowych

Istnieje możliwość wytwarzania ogniw paliwowych o różnej mocy, co stanowi o ich szerokich możliwościach. Można je z powodzeniem stosować w małych urządzeniach, jak i w elektrowniach o dużej mocy. W poniższej tabeli zestawiono parametry różnych rodzajów ogniw paliwowych.

Symbol	Nazwa	Elektrolit	Temperatura pracy [°C]	Możliwe zastosowania
PEMFC	polimerowe (membranowe)	membrana przewodząca protony	< 100	pojazdy, agregaty, zasilanie mieszkań
AFC	alkaliczne	roztwór KOH	< 100	statki kosmiczne
PAFC	kwasy fosforowego (V)	H ₃ PO ₄ (stęż.)	200	nowoczesne elektrociepłownie
MCFC	węglanowe	stopione węglany Li oraz K	650	elektrownie, ciepłownie
SOFC	tlenkowe	ceramika przewodząca O ²⁻	800-1000	elektrownie, ciepłownie

Źródło: Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia fizyczna. T. 1. Podstawy Fenomenologiczne*, Warszawa 2005.

Słownik

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

polimer

związek wielkocząsteczkowy w postaci łańcucha lub sieci powtarzających się merów w liczbie od 1000 i więcej

jonizacja

proces polegający na odrywaniu elektronu lub elektronów od elektrycznie obojętnych atomów lub cząsteczek pod wpływem dostarczonej energii, prowadzący do powstania dodatnio naładowanych jonów (kationów) i swobodnych elektronów

anoda

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

katoda

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

elektrolit

(gr. *ἔλεκτρον* „bursztyn”, *λυτός* „rozpuszczalny”) substancja, której roztwór przewodzi prąd dzięki obecności swobodnie poruszających się jonów

Bibliografia

Cook B., *An Introduction to Fuel Cells and Hydrogen Technology*, „Engineering Science and Education Journal” 2003, t. 11, nr 6, s. 205 - 216.

Encyklopedia PWN

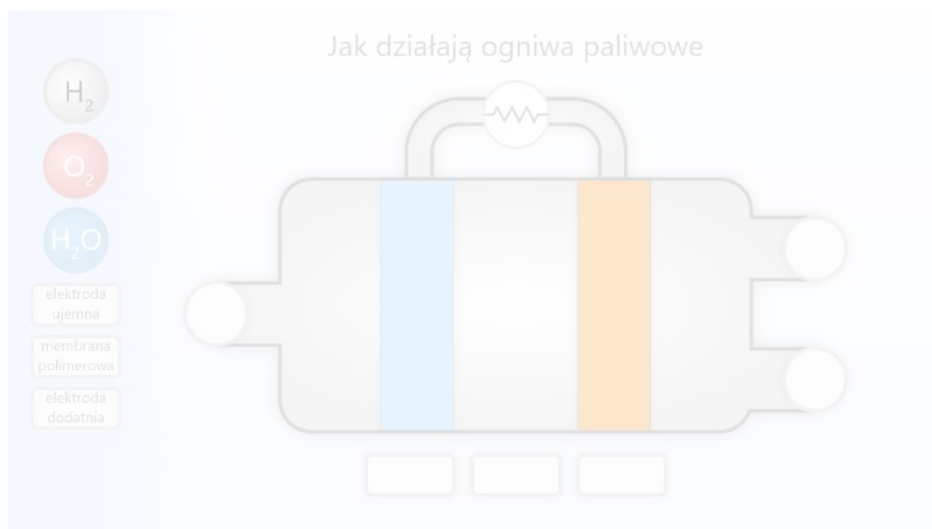
Larminie J., Dicks A., *Fuel Cell Systems Explained*, New Jersey 2000.

Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia fizyczna. Tom 1. Podstawy Fenomenologiczne*, Warszawa 2005.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Przy pomocy poniższej symulacji, stwórz samodzielnie ogniwo paliwowe. Zwróć uwagę, jakie cząsteczki biorą udział w reakcjach zachodzących w ogniwie oraz jaki związek powstaje. Następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.



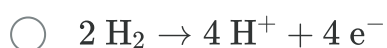
Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DDiquV3Qy>

Symulacja interaktywna pt. „*Jak działają ogniwa paliwowe?*”

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

Ćwiczenie 1

Wybierz odpowiedź, w której poprawnie zapisano reakcję utlenienia, zachodzącą w ogniwie paliwowym.



Ćwiczenie 2

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz „Prawda” lub „Fałsz”.

Twierdzenie	Prawda	Fałsz
Membrana polimerowa umożliwia dyfuzję kationów wodorowych z anody do katody.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gazowy wodór wprowadzany jest w obszar porowatej katody, gdzie ulega utlenieniu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kationy wodorowe reagują z anionami tlenkowymi, dając wodę.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



W pierwszym w historii ogniwie paliwowym, jako elektrolit wykorzystano:

- stopione węglany litu i potasu.
- roztwór wodorotlenku potasu.
- roztwór kwasu siarkowego(VI).
- stężony roztwór kwasu ortofosforowego(V).

Ćwiczenie 2



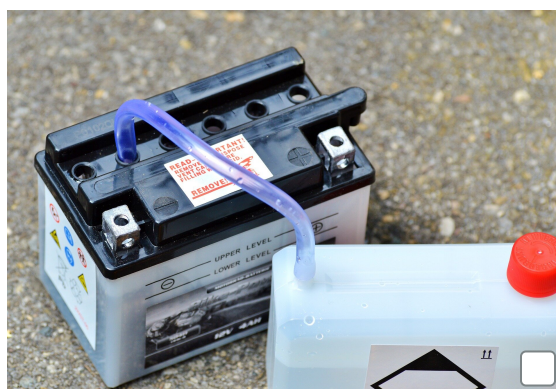
Spośród podanych poniżej substancji wybierz te, które **nie mogą** stanowić paliwa w ogniwie paliwowym:

- etanol
- wodór
- metanol
- benzen
- gaz syntezowy
- benzyna
- azot

Ćwiczenie 3



Zaznacz ilustracje, na których przedstawiono ogniwa paliwowe lub ich zastosowanie.



Źródło: dostępny w internecie: Źródło: pixabay.com, licencja: domena publiczna; Źródło: pixabay.com, licencja: domena publiczna; Źródło: pixabay.com, licencja: domena publiczna; Źródło: de.wikipedia.org, Dr. Artur Braun (Arturbraun), licencja: CC BY-SA 4.0; Źródło: pixabay.com, licencja: domena publiczna; Źródło: pixabay.com, licencja: domena publiczna; Źródło: commons.wikimedia.org, Aktron, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst, przeciągając odpowiednie wyrażenia w puste pola.

Na ogniwo paliwowe składają się dwie : katoda i anoda. Zasada działania ogniwa paliwowego oparta jest na procesie elektrochemicznym, który odpowiada odwrotnej wody i pozwala na kontrolowaną reakcję łączenia i (np. z powietrza). Gazy reakcyjne są dostarczane do odpowiedniej strony przez system kanałów wykonanych w płycie ogniwa. zostaje wprowadzony do anody, a do katody. Produktami reakcji zachodzących w ogniwie są: energia elektryczna, ciepło i

tlen

rozpadu

tlenu

wodór

Wodór

woda

protonacji

wodoru

jonizacji

tlenku węgla(IV)

azotu

elektrody

wodorek sodu

elektrody

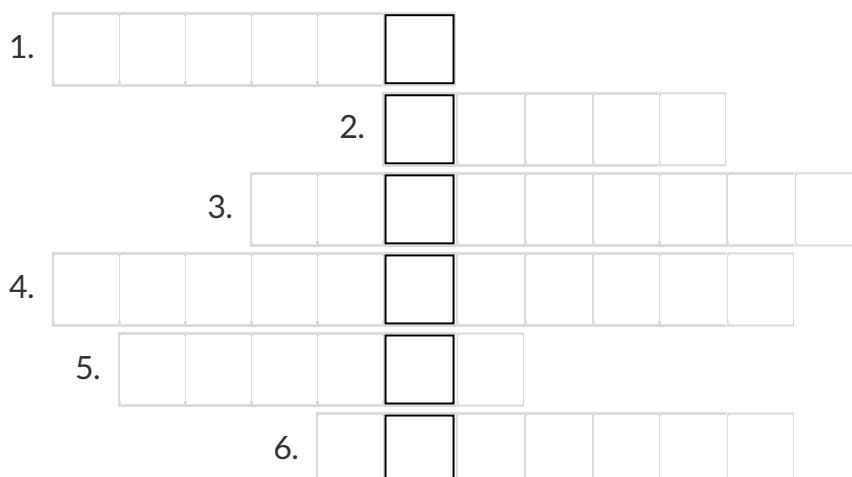
węgla

elektrolizie

Ćwiczenie 5



Rozwiąż krzyżówkę.



1. Jeden z produktów ubocznych reakcji, przebiegających w ogniwie paliwowym.
2. Nazwisko twórcy pierwszego ogniwa.
3. Proces polegający na odrywaniu elektronu lub elektronów od elektrycznie obojętnych atomów lub cząsteczek, pod wpływem dostarczonej energii.
4. Elektrolitem w ogniwie ... jest roztwór KOH.
5. Stosowane do napędu silników i uzyskiwania energii elektrycznej.
6. Związek wielkocząsteczkowy, występujący w postaci łańcucha lub sieci powtarzających się merów.

Ćwiczenie 6



Dopasuj odpowiedni element ogniwa paliwowego typu PEM z funkcją, jaką w nim pełni.

Membrana polimerowa

jest paliwem ogniwa.

Anoda

stanowi elektrodę paliwową; zachodzi na niej jonizacja gazowego wodoru.

Zewnętrzny obwód elektryczny

stanowi elektrodę tlenową; zachodzi na niej redukcja tlenu do jonów tlenkowych.

Wodór

umożliwia przenikanie protonów w trakcie ładowania ogniwa.

Katoda

umożliwia swobodny przepływ elektronów.

Ćwiczenie 7



Opisz zalety ogniw paliwowych stosowanych w transporcie. Do wykonania tego zadania skorzystaj również z innych źródeł informacji.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8

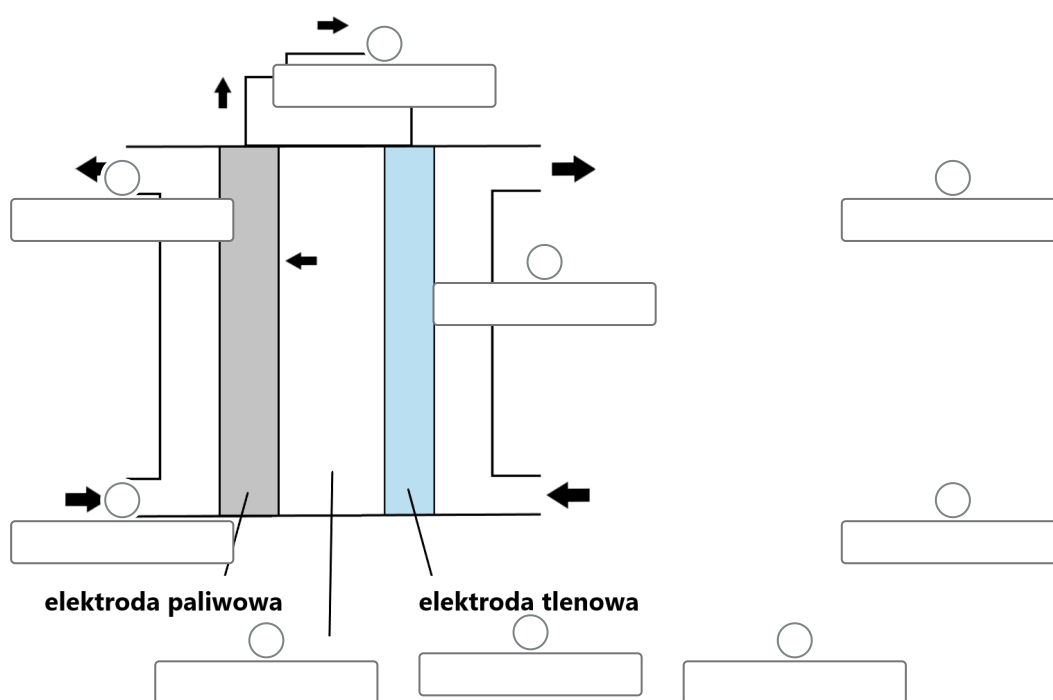


W ogniwie paliwowym typu SOFC elektrolitem jest warstwa ceramiczna, zbudowana z tlenku cyrkonu(II) i stabilizowana tlenkiem itru(III). Warstwa ta w temperaturze 1000°C jest przewodnikiem anionów tlenkowych, które po dotarciu do anody, wchodzą w reakcję z paliwem gazowym (wodorem).

na podstawie: Pigoń K., Ruziewicz Z. *Chemia fizyczna. Tom 1. Podstawy Fenomenologiczne*, Warszawa 2005.

Na podstawie powyższych informacji, uzupełnij schemat ideowy ogniwa paliwowego typu SOFC. Następnie zapisz równania procesów elektrochemicznych, które zachodzą na elektrodach, oraz podaj sumaryczne równanie reakcji przebiegającej w ogniwie.

Schemat ideowy ogniwa paliwowego typu SOFC



Anoda (-)

e^-

Katoda (+)

H_2O

O^{2-}

Elektrolit

Zużyty utleniacz

Utleniacz

Paliwo

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

Równania reakcji zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Ogniwa paliwowe

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

IX. Elektrochemia. Uczeń:

5) opisuje budowę, działanie i zastosowanie współczesnych źródeł prądu stałego (np. akumulator, bateria, ogniwo paliwowe).

Zakres rozszerzony

IX. Elektrochemia. Ogniwa i elektroliza. Uczeń:

10) opisuje budowę, działanie i zastosowanie współczesnych źródeł prądu stałego (np. akumulator, bateria, ogniwo paliwowe).

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wyjaśnia, czym jest ogniwo paliwowe i omawia zasadę jego działania;
- wymienia i charakteryzuje rodzaje ogniw paliwowych;
- przy pomocy symulacji interaktywnej konstruuje ogniwo paliwowe.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

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

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda;
- aplikację Kahoot lub Quizizz;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom przykładowe pytania: czy auto zasilane wodorem to nowy wynalazek? Czym są ogniwa paliwowe i w jakich gałęziach przemysłu są wykorzystywane?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Powtórzenie wiadomości na temat ogniw galwanicznych.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie samodzielnie analizują treści w e-materiale – budowę ogniwa paliwowego oraz procesy zachodzące podczas jego pracy.
2. Nauczyciel odsyła uczniów do symulacji – budowa i zasada działania ogniwa paliwowego – praca w parach. Po minionym czasie nauczyciel inicjuje dyskusję w nawiązaniu do budowy ogniwa paliwowego i procesów w nim zachodzących. Następnie prosi uczniów, aby w parach opracowali odpowiedzi do ćwiczeń umieszczonych pod symulacją. Po ustalonym wcześniej czasie przedstawiciel wskazanej (lub zgłaszającej się na ochotnika) grupy prezentuje propozycję odpowiedzi,

a pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej. Nauczyciel, w razie potrzeby, uzupełnia ją, udzielając także uczniom informacji zwrotnej.

3. Uczniowie analizują treści zawarte w e-materiale –rodzaje ogniw paliwowych, po czym nauczyciel inicjuje dyskusję dotyczącą wad i zalet ogniw paliwowych stosowanych w transporcie.
4. Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Zapowiada uczniom, że w kolejnym kroku będą rozwiązywać ćwiczenia – od najprostszych do najtrudniejszych – i będą to robić wspólnie. Wybrana osoba czyta po kolei polecenia. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie ochotnik udziela odpowiedzi. Reszta uczniów ustosunkowuje się do niej, proponując swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie zajęć nauczyciel zadaje uczniom pytania:

- Co to jest ogniwo paliwowe?
- Jak zbudowane jest ogniwo paliwowe typu PEM?
- Jakie są stosowane elektrolity w ogniwach paliwowych?
- Jakie paliwa są stosowane w ogniwach paliwowych?

Nauczyciel może też przygotować quiz i wykorzystać do tego aplikację Kahoot lub Quizizz z zastosowaniem smartfonów lub tabletów.

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 dziś się nauczyłem/łam...
- Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów w fazie przygotowania do lekcji oraz przez uczniów nieobecnych na lekcji celem uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Co to jest ogniwo paliwowe?
- Jak zbudowane jest ogniwo paliwowe typu PEM?
- Jakie są stosowane elektrolity w ogniwach paliwowych?
- Jakie paliwa są stosowane w ogniwach paliwowych?