



Jakim reakcjom ulegają ponadtlenki i gdzie je wykorzystać?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film edukacyjny](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jakim reakcjom ulegają nadtlenki i gdzie je wykorzystać?

Nadtlenki, ze względu na swoje właściwości, są obiektem zainteresowania badaczy na całym świecie.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Cząsteczki tlenu (O_2) mają znaczący wpływ na liczne zjawiska w atmosferze ziemskiej. Są one aktywnymi substratami w różnych reakcjach chemicznych oraz biorą udział w wielu procesach biologicznych. Tlen, reagując z wysoce reaktywnymi metalami, takimi jak sód czy potas, tworzy nadtlenki. Związki te wykazują specyficzną reaktywność, przez co są obiektem zainteresowań naukowców na całym świecie.

Twoje cele

- Dowiesz się, jaki wzór mają nadtlenki.
- Opiszysz, jakie zastosowania znajdują nadtlenki.
- Przedstawisz równania reakcji, jakim ulegają nadtlenki.

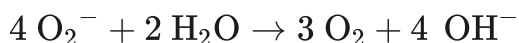
Reakcje z udziałem ponadtlenków

Ponadtlenki są to związki nieorganiczne o budowie jonowej, w których występuje jednowartościowy anion ponadtlenkowy O_2^- . W stanie wolnym ponadtlenki znane są tylko dla pierwiastków niektórych litowców, np. potasu (KO_2) czy rubidu (RbO_2). Otrzymuje się je na drodze spalania, w odpowiednich warunkach metalu litowca w powietrzu lub atmosferze tlenu.

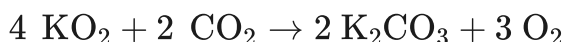
Pod wpływem wody ulegają reakcji [dysproporcjonowania](#).



Nadtlenek wodoru ulega dalszemu rozkładowi na wodę i tlen, co daje sumarycznie reakcję:



Ponadtlenki wykazują silne działanie utleniające, dlatego też Rosyjska Agencja Kosmiczna z powodzeniem wykorzystywała nadtlenek potasu KO_2 w chemicznych generatorach tlenu i statkach kosmicznych. Nadtlenek potasu, który jest źródłem tlenu, jednocześnie umożliwia ograniczenie CO_2 w otoczeniu, z wytworzeniem cząsteczek tlenu.



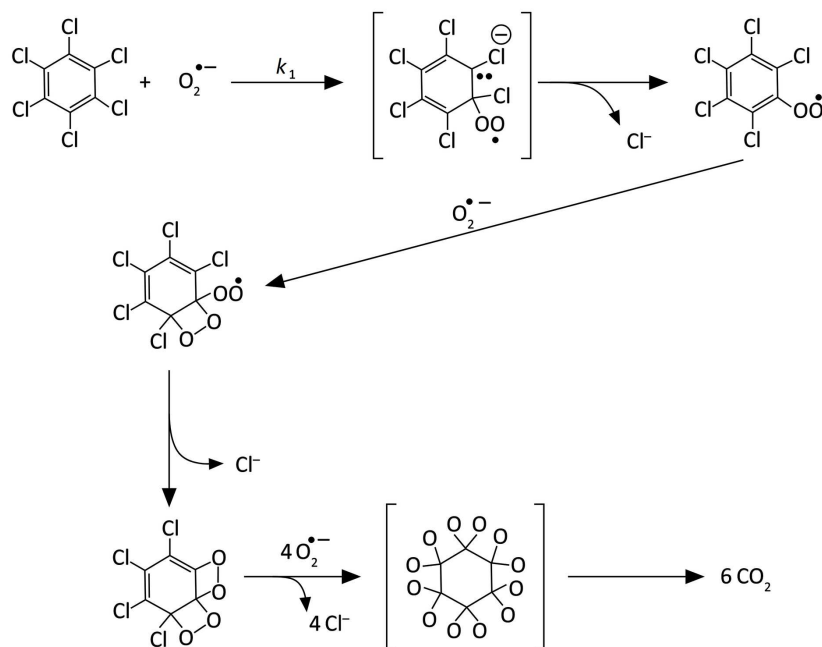
Wysokie stężenie CO_2 w powietrzu uniemożliwia usuwanie tego gazu z organizmu podczas oddychania, co może doprowadzić do podwyższenia ciśnienia parcjalnego tlenu węgla(IV) we krwi, przez co gaz ten może być szkodliwy dla zdrowia, a nawet zabójczy.

Nadtlenek potasu wykorzystywany był również w aparatach tlenowych podczas gaszenia pożarów i w ratownictwie górskim. Można go także użyć w aparatach do nurkowania, jednak w tym obszarze ma ograniczone zastosowanie, spowodowane niebezpieczną, wybuchową reakcją z wodą.

Ponadtlenki są związkami wysoce reaktywnymi oraz mało stabilnymi. Ze względu na swoją reaktywność, wykorzystywane są przy [remediacji](#) zanieczyszczeń w środowisku. Rozkładają one niebezpieczne związki chemiczne (np. halogenopochodne węglowodorów aromatycznych) do mniej szkodliwych, obojętnych środowisku związków (np. tlenek węgla(IV)). Ze względu na wysoką reaktywność, wymagane jest tworzenie ponadtlenków

„in-situ”. Najpowszechniej używane są do tego procesu nanocząstki żelaza oraz ich pochodne.

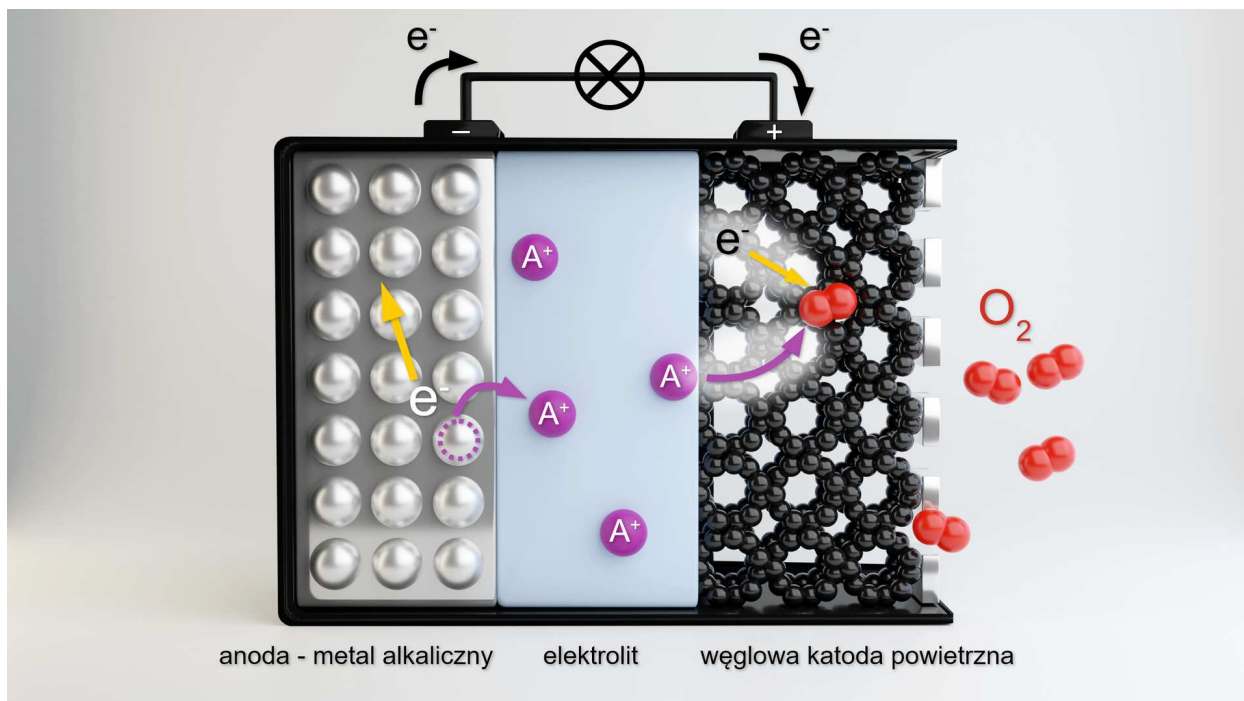
Ponadtlenki z sukcesem rozkładają heksachlorobenzen, o wzorze sumarycznym C_6Cl_6 – trujący związek chemiczny, niebezpieczny dla ludzi, jak i środowiska – do anionów chlorkowych oraz tlenku węgla(IV).



Reakcja rozkładu heksachlorobenzenu przez ponadtlenki

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: Hayyan M., Hashim M. A., AlNashef I. M. *Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications*, 2016, 116, 5, 3029-3085, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ponadtlenki wykorzystywane są również do produkcji baterii z możliwością ponownego ładowania, działające w temperaturze pokojowej. Baterie te nazywane są bateriami alkaliczno-tlenowymi.



Schemat działania baterii alkaliczno-tlenowej

Źródło: GroMar Sp. z o.o opracowano na podstawie: Hartmann, P., Bender, C. L., Vračar, M., Dürr, A. K., Garsuch, A., Janek, J., & Adelhelm, P., *A rechargeable room-temperature sodium superoxide (NaO_2) battery*, *Nature Materials*, 2012,2(3), 228–232, licencja: CC BY-SA 3.0.

Podczas rozładowania, metal A utlenia się do kationu A^+ , a elektron jest przenoszony do obwodu zewnętrznego. W ten sposób powstaje prąd zasilający. Na katodzie zachodzi redukcja tlenu do postaci anionu ponadtlenkowego O_2^- , który może tworzyć ponadtlenek metalu alkalicznego (AO_2) w obecności kationów A^+ . W przypadku ładowania, zachodzą procesy odwrotne.

Podsumowując, ponadtlenki odgrywają istotną rolę w chemii. Służą jako reagenty w syntezie organicznej, są rezerwuarami tlenu oraz odczynnikami mającymi potencjalne zastosowanie przy remediacji środowiska.

Słownik

dysproporcjonowanie

szczególny przypadek reakcji redoks, w której atomy danego pierwiastka na tym samym stopniu utlenienia pełnią jednocześnie rolę reduktora i utleniacza; w reakcji tej substrat ulega przemianie do dwóch różnych produktów, z których w jednym dany pierwiastek występuje na niższym stopniu utlenienia niż w substracie, a w drugim produkcie na wyższym stopniu utlenienia niż w substracie

remediacja

działania zmierzające do usunięcia lub zmniejszenia ilości zanieczyszczeń gleby, wprowadzonych do niej w wyniku działalności człowieka

in situ

generowane bezpośrednio w miejscu reakcji

nanocząstki

cząstki materii o wielkości do stu nanometrów

anoda

elektroda na której zachodzi proces utleniania

katoda

elektroda na której zachodzi proces redukcji

elektrolit

substancja, która w roztworze wodnym lub w stanie stopionym przewodzi prąd elektryczny

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, t. 2, Warszawa 1997.

Encyklopedia PWN

Greenwood N, N., Earnshaw A., *Chemistry of the Elements*, Butterworth-Heinemann, 2nd edition, Oxford 1997, s. 730–806, 808–900.

Hartmann P., Bender C. L., Vračar M., Dürr A. K., Garsuch A., Janek J., Adelhelm P., *A rechargeable room-temperature sodium superoxide (NaO₂) battery*, Nature Materials, 2013, 12, 3, s. 228–232

Hayyan M., Hashim M. A., AlNashef., *Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications*, Chemical Reviews, 2016, 116, 5, s. 3029–3085.

Tosco T., Papini M. P., Viggi C. C., Sethi R., *Nanoscale zerovalent iron particles for groundwater remediation: A review*, Journal of cleaner production, 2014, 77, s. 10–21.

Trzebiatowski W., *Chemia nieorganiczna*, wyd. 8, Warszawa 1978.

Film edukacyjny

Polecenie 1

Czy stabilne ponadtlenki występują w stanie wolnym w środowisku? Zapoznaj się z filmem edukacyjnym i uzasadnij swoją odpowiedź.

Odpowiedź:

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DRKPw9cnJ>

Film edukacyjny pt. „Jakim reakcjom ulegają ponadtlenki i jak je wykorzystać?”

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej reaktywności ponadtlenków oraz ich wykorzystania.

Ćwiczenie 1

Połącz nazwy grup nieorganicznych związków tlenu z ich opisami.

Nadtlenki

związki, które zawierają reaktywny anion ozonkowy O_3^- .

Ponadtlenki

związki, w których atom tlenu występuje na -I stopniu utlenienia.

Ozonki

związki, w których atom tlenu występuje na $-\frac{1}{2}$ stopniu utlenienia.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij poniższe zdania.

Ponadtlenki posiadają tzw. wiązanie , które można uznać za wiązanie o 1,5. Ponadtlenki (podobnie jak nadtlutki) nie są , ponadto reagują z wodą i większością substancji organicznych, a tworzący je jon O_2^- jest .

Ćwiczenie 3

Zastanów się, który ponadtlenek – potasu czy rubidu – jest korzystniejszy w transporcie na stacje kosmiczne?

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zapisz wzory sumaryczne nadtlenku wapnia, sodu oraz potasu.

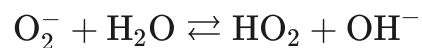
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 2



Anion nadtlenkowy (O_2^-) i jego protonowana postać, czyli rodnik perhydroksylowy o wzorze chemicznym HO_2 pozostają w równowadze w roztworze wodnym.



Zapisz wyrażenie na stałą równowagi K powyższej reakcji chemicznej.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 3



Ponadtlenek sodu, pod wpływem temperatury, rozkłada się na tlenek sodu oraz tlen. Zapisz równanie reakcji rozkładu ponadtlenku sodu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

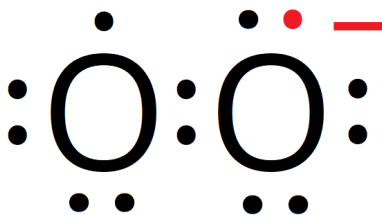
Ćwiczenie 4



Wybierz właściwe słowo.

Ponadtlenki to związki o charakterze soli/kwasu. Ponadtlenki litowców, takie jak KO_2 RbO_2 czy CsO_2 , powstają w wyniku reakcji spalania metalu w tlenie/parze wodnej. Ze względu na swoją wysoką/niską reaktywność, znalazły zastosowanie w remediacji/eutrofizacji środowiska. Ponadtlenki stosowane są jako rezerwuuar tlenu/metalu na stacjach kosmicznych i w łodziach podwodnych.

Ćwiczenie 5



Struktura Lewisa dla anionu ponadtlenkowego

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

Na podstawie struktury Lewisa dla anionu ponadtlenkowego, uzupełnij tabelę:

Liczba elektronów w strukturze Lewisa	
Liczba niesparowanych elektronów	
Ładunek jonu	
Kąt pomiędzy atomami [°]	

Geometria/kształt jonu: .

Ćwiczenie 6



Określ prawdziwość poniższych twierdzeń.

Twierdzenie	Prawda	Fałsz
W wyniku reakcji ponadtlenków litowców z tlenkiem węgla(IV) powstaje metan.	☐	☐
Ponadtlenki litowców są stabilne, gdy są suche.	☐	☐
Ponadtlenki przechowywane są pod warstwą wody.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Ponadtlenek potasu otrzymuje się w wyniku reakcji spalania potasu. Zapisz równanie reakcji otrzymywania ponadtlenku potasu w nadmiarze tlenu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Ponadtlenki metali pierwszej i drugiej grupy układu okresowego reagują z tlenkiem węgla(IV) oraz parą wodną. W wyniku tej reakcji powstaje odpowiedni węglan oraz tlen.

Oblicz masę tlenku węgla(IV), jaka może przereagować z 1 kg ponadtlenku potasu. Wynik podaj w gramach w zaokrągleniu do jedności. Przyjmij, że reakcja zachodzi ze 100% wydajnością.

Rozwiązanie oraz odpowiedź 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: Marcin Sz. Małecki, Krzysztof Błaszczak

Temat: Jakim reakcjom ulegają nadtlenki i gdzie je wykorzystać?

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

Podstawa programowa

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

- 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;
- 2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne;
- 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

Kształtowane 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:

- analizuje budowę podtlenków;
- analizuje reakcję dysproporcjonowania nadtlenków w oparciu o równanie;
- opisuje, jakie zastosowania znajdują nadtlenki;
- pisze równania reakcji, jakim ulegają nadtlenki.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- pogadanka;
- dyskusja dydaktyczna;
- dywanik pomysłów;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film edukacyjny;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica i kreda, pisak.
- aplikacja Kahoot!/Quizizz;

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału. Następnie zadaje uczniom pytanie: czy zastanawialiście się kiedyś, jak można uzupełnić ubywający w czasie oddychania w łodziach podwodnych tlen?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Pogadanka wokół zastosowań nadtlenu.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy:
 - I grupa – co to są ozonki i jak powstają;
 - II grupa co to są nadtlenuki i gdzie są stosowane;

- III grupa – co to są ponadtlénki i gdzie występują. Nauczyciel rozdaje grupom arkusze papieru A3, mazaki i monitoruje przebieg pracy. Po wyznaczonym czasie, chętni uczniowie z poszczególnych grup prezentują efekty pracy na forum klasy.
2. Chętni lub wskazani uczniowie zapisują na tablicy równania reakcji, jakim ulegają ponadtlénki. Pozostali weryfikują poprawność merytoryczną zapisów na tablicy oraz zapisują równania w zeszytach.
 3. Uczniowie analizują treści w e-materiale i wyszukują właściwości ponadtlénków, po czym chętnie lub wskazane osoby podają właściwości na forum klasy.
 4. Dywanik pomysłów. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy, wyjaśnia metodę pracy, rozdaje arkusze papieru A3, samoprzylepne kolorowe karteczki, mazaki. Zadaniem uczniów jest wygenerowanie pomysłów do pytania „Jakie zastosowania mają ponadtlénki?”. Uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Pomysły z pojedynczymi zastosowaniami zapisują na samoprzylepnych karteczkach, z których tworzą dywanik na arkuszu A3. Po wyznaczonym czasie, prezydentzy poszczególnych grup umieszczają „dywaniki pomysłów” w widocznym miejscu i prezentują efekty pracy swoich grup z zastosowaniem techniki gadająca ściana.
 5. Uczniowie w parach sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę nawzajem zadając sobie pytania: Co to są ponadtlénki? Na czym polega reakcja dysproporcjonowania ponadtlénków? Jakie właściwości mają ponadtlénki? Gdzie mają zastosowania ponadtlénki? Jaké znane są w stanie wolnym ponadtlénki?
Nauczyciel może przygotować quiz i wykorzystać aplikację Kahoot! lub Quizizz, z zastosowaniem smartfonów/tabletów.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/lam sobie, że..
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/łem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Film edukacyjny może być wykorzystany w trakcie lekcji. Pomoże również utrwalić zdobytą wiedzę uczniom podczas przygotowywania się do lekcji. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą medium wykorzystać do uzupełnienia swoich luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

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

- Co to są ponadtlénki?
- Na czym polega reakcja dysproporcjonowania ponadtlénków?
- Jaké wláściwości mają ponadtlénki?
- Gdzie mają zastosowania ponadtlénki?
- Które metale tworzą ponadtlénki?

2. Nauczyciel przygotowuje:

- arkusze A3, mazaki, masa wielokrotnego użýtku, samoprzylepne kolorowe karteczki.