



Co to są nadtlenki i jak są zbudowane?

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



Co to są nadtlarki i jak są zbudowane?

Woda utleniona jest stosowana do odkażania powierzchni rany.

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

Na pewno nie raz mieliście do czynienia z popularnym środkiem do odkażania rany – wodą utlenioną. To roztwór wodny substancji o wzorze sumarycznym H_2O_2 , którego stężenie procentowe wynosi 3%. Czy wiesz, do jakiej grupy związków chemicznych można zaklasyfikować wspomnianą substancję? Z czego wynikają jej dezynfekujące właściwości? Jaka jest budowa chemiczna tego związku? W tym materiale zdobędziesz odpowiedzi na te pytania.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym są nadtlarki.
- Opiszysz budowę nadtlarków.
- Ocenisz, jak budowa nadtlarków wpływa na ich właściwości.

Przeczytaj

Jak definiujemy nadtlenki?

Do tej pory poznaliśmy dwuskładnikowe związki tlenu z innymi pierwiastkami, zwane **tlenkami**. Cechą charakterystyczną wszystkich tlenków jest występowanie atomu tlenu na $-II$ stopniu utlenienia. Jednym z najszerzej występujących tlenków w przyrodzie jest woda, czyli tlenek wodoru (oksydan).

Znane są również inne połączenia tlenu z pierwiastkami, zwane nadtlenkami, w których dwa atomy tlenu, połączone ze sobą, tworzą mostek tlenowy $O-O$. Związki te nazywamy **nadtlenkami**. Atomy tlenu w nadtlenkach występują na $-I$ stopniu utlenienia.

Najbardziej znanym nadtlenkiem niemetalu jest **nadtlenek wodoru** H_2O_2 (nazwa systematyczna dioksydan). Jego 3% roztwór stosowany jest do odkażania ran i nosi nazwę zwyczajową: **woda utleniona**. Natomiast 30% roztwór nadtlenku wodoru w wodzie jest nazywany perhydrolem. Wykazuje silne właściwości utleniające i często stosuje się go w przemyśle kosmetycznym, chemicznym czy tekstylnym.

Metale również tworzą nadtlenki, które w wielu przypadkach wykazują budowę jonową – posiadają więc w swojej strukturze kationy odpowiednich metali oraz aniony nadtlenkowe O_2^{2-} . Niezmienne pozostaje jednak wiązanie kowalencyjne, tworzone pomiędzy dwoma atomami tlenu niezależnie od tego, czy dany nadtlenek ma budowę kowalencyjną, czy jonową.

Przykładami nadtlenków metalicznych z 1. i 2. grupy układu okresowego są nadtlenek sodu Na_2O_2 , nadtlenek baru BaO_2 czy nadtlenek wapnia CaO_2 . Nadtlenki litowców i berylowców to substancje o budowie jonowej. Natomiast nadtlenki metali przejściowych mają bardziej kowalencyjny charakter.

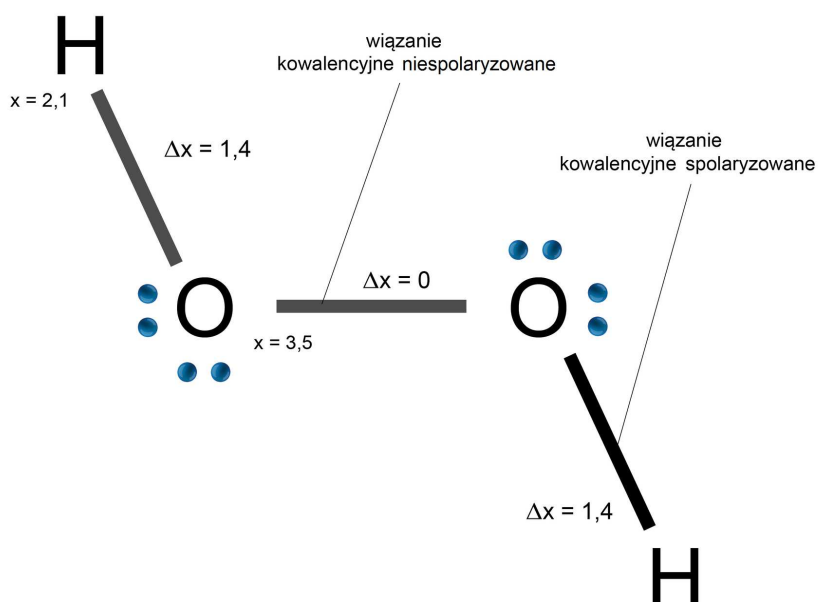
Ciekawostka

Istnieją również połączenia pierwiastków z tlenem, w których tlen występuje na stopniu utlenienia równym $-\frac{1}{2}$, a nazywamy je ponadtlenkami. W stanie wolnym występują jedynie ponadtlenki litowców, np. NaO_2 .

Historia nadtlenków

Budowa chemiczna nadtlenków

Cząsteczki nadtlenków niemetalu charakteryzują się obecnością mostków nadtlenowych, czyli bezpośredniego połączenia dwóch atomów tlenu. Na przykładzie nadtlenku wodoru, opisana zostanie dokładna budowa nadtlenków niemetalu.



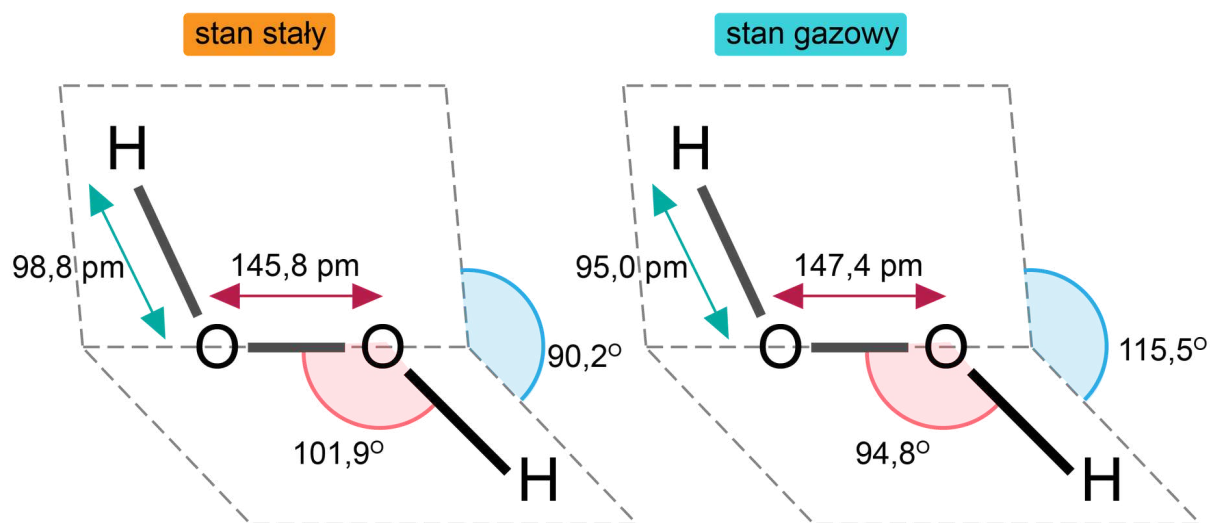
Struktura i rodzaje wiązań w cząsteczce nadtlenku wodoru. Wielkość oznaczona symbolem „ x ” odnosi się do elektroujemności atomów. Symbolem „ Δx ” oznaczono wartość różnicy elektroujemności atomów połączonych wiązaniem. Różnica elektroujemności, która wynosi od 0 do 0,4, jest charakterystyczna dla wiązań kowalencyjnych niespolaryzowanych, różnica od 0,4 do 1,7 charakteryzuje wiązania spolaryzowane, z kolei wartość większa od 0,4 do 1,7 odnosi się do wiązań jonowych.

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

Cząsteczka nadtlenku wodoru posiada kształt przypominający otwartą książkę. Według wzoru elektronowego Lewisa, posiada sześć elektronów wiążących, które z kolei tworzą trzy wiązania kowalencyjne, oraz osiem elektronów, tworzących cztery wolne pary elektronowe na dwóch atomach tlenu. Wiązania O – O – H w cząsteczce nadtlenku wodoru tworzą nieliniowy układ, podobnie jak w wodzie. W cząsteczce nadtlenku wodoru występują wiązania kowalencyjne spolaryzowane (O – H) oraz kowalencyjne niespolaryzowane w mostku tlenowym –O – O–. W związku z tym, że wiązanie O – O

w cząsteczce nadtlenu wodoru jest względnie słabe, łatwiej się rozpada przy zastosowaniu metod termicznych, **fotolizy**, **radiolizy** oraz reakcji z jonami metalu o właściwościach redukujących.

Stan skupienia nadtlenu wodoru ma bezpośredni wpływ na długość wiązań O – O oraz O – H, jak i również na kąty pomiędzy wiązaniami. W fazie gazowej atomy H – O – O – H tworzą kąt dwuścienny, wynoszący ok. 115° . Natomiast w fazie stałej wartość tego kąta maleje ze względu na obecność wiązań wodorowych, które powodują większe upakowanie cząsteczek.



Porównanie budowy chemicznej nadtlenu wodoru w stanie stałym i gazowym

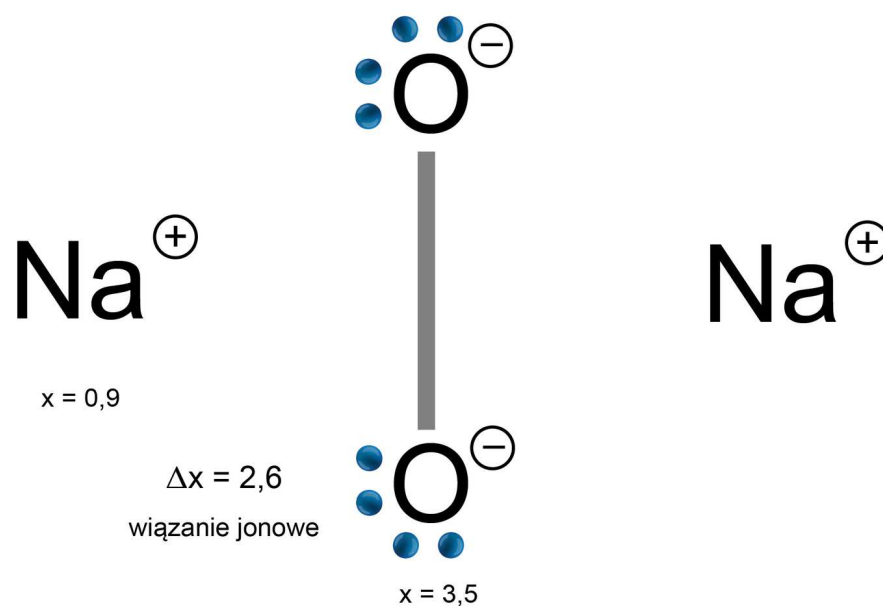
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Innym przykładem nadtlenu niemetalu jest nadtlenek chloru o wzorze Cl_2O_2 . Podobnie jak dioksydan, posiada mostek tlenowy w postaci wiązania kowalencyjnego. Zawiera jednak nieco inne ułożenie atomów w przestrzeni. Na podstawie pomiarów spektroskopowych, przeprowadzanych w fazie gazowej, obliczono, że:

☞ kąt wiązania Cl—O—O wynosi 110° , natomiast kąt dwuścienny między dwiema płaszczyznami Cl—O—O—Cl wynosi 81° .

źródło: Birk M., Friedl M. M., Cohen E. A., Pickett H. M., Sander S. P., *The rotational spectrum and structure of chlorine peroxide*, „J. Chem. Fiz.” 1989 r., t. 91, s. 6588, online: aip.scitation.org, dostęp: 30. 05. 2021.

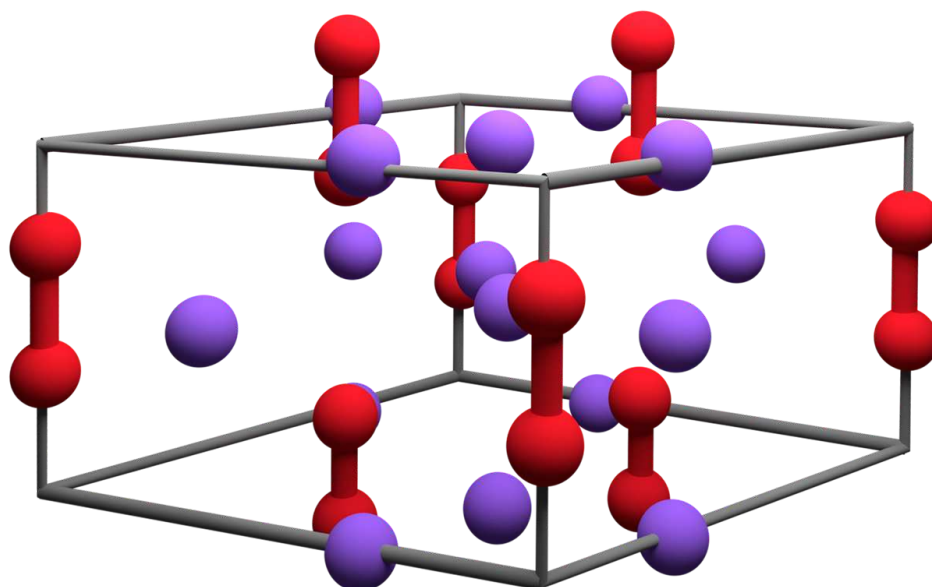
Na podstawie nadtlenu sodu przedstawiona zostanie budowa nadtlenu metalicznego z 1. i 2. grupy układu okresowego.



Struktura i rodzaje wiązań w cząsteczce nadtlenu sodu. Wielkość oznaczona symbolem „ x ” odnosi się do elektroujemności atomów. Symbolem „ Δx ” oznaczono wartość różnicy elektroujemności atomów połączonych wiązaniem. Różnica elektroujemności, która wynosi od 0 do 0,4, jest charakterystyczna dla wiązań kowalencyjnych niespolaryzowanych, różnica od 0,4 do 1,7 charakteryzuje wiązania spolaryzowane, z kolei wartość większa od 0,4 do 1,7 odnosi się do wiązań jonowych.

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

Ze względu na dużą różnicę elektroujemności między atomami sodu a tlenu, w nadtlenu sodu występuje wiązanie jonowe. Nadtlenek sodu tworzy heksagonalną sieć krystaliczną, gdzie pomiędzy kationami Na^+ ułożone są jony nadtlenukowe O_2^{2-} . Nadtlenek sodu w stałym stanie skupienia występuje w postaci hydratów o różnym uwodnieniu.

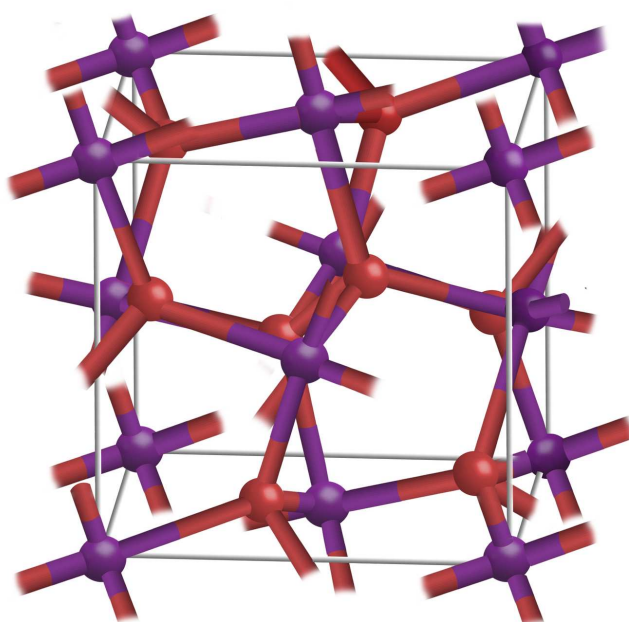


Struktura krystaliczna bezwodnego nadtlenku sodu (fioletowe kulki – atomy sodu, czerwone kulki – atomy tlenu).

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

Inne przykłady nadtlenków litowców i berylowców to: nadtlenek wapnia, nadtlenek baru, nadtlenek litu czy nadtlenek potasu.

Nadtlenki metali przejściowych mają bardziej kowalencyjny charakter, czego przykładem może być nadtlenek cynku ZnO_2 . Posiada on właściwości pośrednie pomiędzy nadtlenkami kowalencyjnymi a jonowymi. Jego strukturę przestrzenną można zaobserwować na rysunku poniżej.



Budowa nadtlenu a ich właściwości

Ze względu na obecność słabych wiązań — O—O—, nadtlenuki są substancjami nietrwałymi i ulegają egzotermicznemu rozkładowi na dany tlenek i tlen atomowy. Reakcja ta zachodzi pod wpływem ciepła, kontaktu z niektórymi metalami, tlenkami metali, enzymami, jak również światła czy promieniowania UV. Poniżej przedstawione zostało równanie reakcji rozkładu nadtlenu wodoru. Reakcja zachodzi m.in. podczas przemywania rany wodą utlenioną.

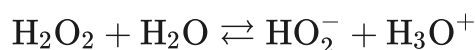


Sumaryczne równanie:



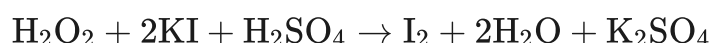
Nadtlenek wodoru ulega szybkiemu rozkładowi pod wpływem enzymów katalaz (będących składnikami krwi) do tlenu atomowego i wody. Wydzielający się tlen posiada właściwości antyseptyczne – odkaża ranę. Dla zachowania jak najdłuższej aktywności chemicznej i przeciwdziałaniu rozkładowi wody utlenionej (który następuje powoli w każdej butelce), jako dodatki zmniejszające szybkość reakcji, do składu aptecznej wody utlenionej dodawane są różne pochodne kwasu fosforowego (fosforany).

Nadtlenek wodoru wykazuje słabe właściwości kwasowe i ulega w niewielkim stopniu dysocjacji wg równania:

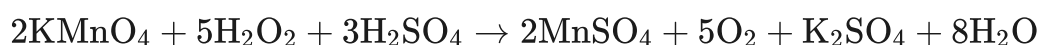


Nadtlenek wodoru posiada dwojakie właściwości redoks.

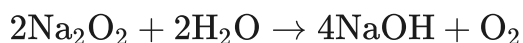
Przykład reakcji, w której H_2O_2 występuje jako utleniacz ($\text{O}^{-\text{I}} \rightarrow \text{O}^{-\text{II}}$)



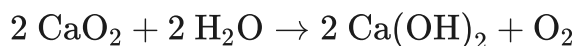
Przykład reakcji, w której H_2O_2 występuje jako reduktor ($\text{O}^{-\text{I}} \rightarrow \text{O}^0$)



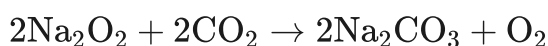
Inne nadtlenki ulegają również rozpadowi z wytworzeniem tlenu. W przypadku nadtlenku sodu, równanie reakcji chemicznej tego procesu wygląda następująco:



Nadtlenek wapnia jest jednym z najtrwalszych związków nadtlenowych. Ulega analogicznej reakcji z wytworzeniem tlenu cząsteczkowego. Jednak proces ten przebiega bardzo wolno ze względu na jego słabą rozpuszczalność.



Nadtlenek sodu pochłania z wilgotnego powietrza parę wodną i tlenek węgla(IV), wydzielając przy tym tlen wg równania:



Reakcja ta służy do odświeżania powietrza w zamkniętych pomieszczeniach, np. w okrętach podwodnych.

Słownik

mostek tlenowy

nietrwale wiązanie pomiędzy dwoma atomami tlenu — O—O—, występujące w nadtlenkach

fotoliza

proces, w którym w wyniku absorpcji kwantu światła następuje zerwanie wiązania w cząsteczce, często prowadzące do jej rozkładu na prostsze fragmenty

radioliza

przemiany chemiczne zachodzące w cząsteczce w wyniku działania promieniowania lub cząstek o wysokiej energii

perhydrol

30% roztwór wodny nadtlenku wodoru, silny wybielacz

woda utleniona

3% roztwór wodny nadtlenku wodoru, stosowany do odkażania ran

katalaza

enzym rozkładający nadtlenek wodoru na wodę i tlen

reakcja egzotermiczna

reakcja, podczas której do otoczenia wydzielana jest energia na sposób ciepła

właściwości redoks

zdolność do redukcji lub utleniania związku chemicznego i zmiany stopnia utlenienia pierwiastków wchodzących w skład związku

Bibliografia

Drapała T., *Podstawy Chemii*, Warszawa 19921992 r..

Easton M. F., Mitchell A. G., Wynne-Jones W. F. K., *The behaviour of mixtures of hydrogen peroxide and water*, „Transactions of the Faraday Society” 1952 r., t. 48, s. 796.

Gartz J., *Woda utleniona od A do Z*, Białystok 2019.

Jones L., Atkins P., *Chemia Ogólna*, Warszawa 2004.

Litwin M., Styska-Wlazło S., Szymońska J., *To jest chemia 1 podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum. Zakres rozszerzony*, Warszawa 2012.

Film samouczek

Polecenie 1

Nadtlenki są bardzo reaktywnymi związkami chemicznymi, które w swojej strukturze posiadają wiązanie pomiędzy dwoma atomami tlenu. Jakie znasz przykłady nadtlenków? Jak są zbudowane? Jak rozpisać ich strukturę elektronową? Obejrzyj poniższy film, a następnie wykonaj zadania.

Trwa wczytywanie danych ..

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

Film samouczek pt. *Co to są nadtlenki i jak są zbudowane?*

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


Film nawiązuje do treści filmu i opisuje budowę nadtlenków. Omówiono ładunki formalne w cząsteczce, wzór elektronowy cząsteczki nadtlenku wodoru, jej budowę, następnie omówiono nadtlenki metali I i II grupy na przykładzie nadtlenku potasu.

Ćwiczenie 1

Ustal wzory sumaryczne następujących nadtlenków: baru, litu, cezu i cynku. Zapisz odpowiedź, a następnie sprawdź jej poprawność.

Ćwiczenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród podanych wzorów sumarycznych związków chemicznych wybierz nadtlarki.



Ćwiczenie 2



Podziel wymienione nadtlutki ze względu na ich budowę na nadtlutki kowalencyjne i nadtlutki jonowe.

Jonowe



Kowalencyjne

Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Narysuj wzór elektronowy nadtlutku chloru.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Oblicz, ile gramów perhydrołu (30% wodny roztwór nadtlenu wodoru) należy użyć w celu przygotowania 100 g wody utlenionej (3% wodny roztwór nadtlenu wodoru).

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Oblicz masę nadtlenu sodu otrzymanego ze spalania 2,5 g sodu w 1,4 g tlenu.

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



Oblicz, w jakim stosunku masowym i objętościowym należy zmieszać perhydroł o gęstości $1,11 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ z wodą, aby otrzymać wodę utlenioną. Gęstość wody wynosi $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Wioletta Liwińska, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Co to są nadtlenki i jak są zbudowane?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy 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;
- 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:

- podaje wzory sumaryczne wybranych nadtlenków z 1. i 2. grupy;
- definiuje pojęcie – nadtlenki i wskazuje ich przykłady;
- ocenia, jak budowa chemiczna nadtlenków wpływa na ich właściwości.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film edukacyjny;
- prezentacja multimedialna;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytania: Do jakich związków można zaklasyfikować nadtlenek wodoru? Jakie są zastosowania wody utlenionej? W jakich sytuacjach woda utleniona się pieni? Dlaczego woda utleniona się pieni? Jaką budowę ma nadtlenek wodoru?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu nadtlenki. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel proponuje stworzenie prezentacji multimedialnej na temat „Jak budowa chemiczna nadtlenków wpływa na ich właściwości?”.
2. Prowadzący dzieli uczniów na trzy grupy zadaniowe:
 - I grupa – nadtlenek wodoru;
 - II grupa – nadtlenek sodu;

- III grupa – nadtlenek wapnia.

Każda z grup posiada komputer, na którym będzie tworzyć prezentację. Prowadzący wyjaśnia zasady tworzenia prezentacji. Uczniowie mogą bazować na podstawie dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Mogą również skorzystać z filmu edukacyjnego, który ujmuje wizualizację budowy przykładowych nadtlenczków na poziomie mikroświata. Mogą posłużyć się różnego typu animacjami oraz modelowaniem cząsteczek. Nauczyciel zwraca uwagę na uwzględnienie poniższych zagadnień:

- wzory i nazwy nadtlenczków;
- nadtlenczki niemetali;
- nadtlenczki metali;
- budowa nadtlenczków a ich właściwości.

3. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, wspiera ich i sprawdza poprawność merytoryczną prezentacji.

4. Po zakończeniu pracy, liderzy prezentują efekty pracy grupowej, wyświetlając prezentację na forum. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną.

5. Uczniowie podsumowują wiedzę, zapisując w tabeli podobieństwa oraz różnice tlenków i nadtlenczków.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, zadając przykładowe pytania:

- Co to są nadtlenczki?
- Czym nadtlenczki różnią się od tlenków?
- Jakie wiązania są obecne w cząsteczkach nadtlenczków a jakie w cząsteczkach tlenków?
- Czym się różnią nadtlenczki metali od nadtlenczków niemetali?
- Jak budowa chemiczna nadtlenczków wpływa na ich właściwości?
- Czy nadtlenczki są substancjami trwałymi?
- Czy nadtlenczki są substancjami niebezpiecznymi?

3. 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:

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie ćwiczeń zawartych w e-materiale – zestaw ćwiczeń.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Uczniowie mogą wykorzystać film samouczek, przygotowując się do zajęć.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Co to są nadtlarki?
 - Czym nadtlarki różnią się od tlenków?
 - Jakie wiązania są obecne w cząsteczkach nadtlarków a jakie w cząsteczkach tlenków?
 - Czym się różnią nadtlarki metali od nadtlarków niemetalii?
 - Czy nadtlarki są substancjami trwałymi?
 - Czy nadtlarki są substancjami niebezpiecznymi?
2. Kryteria oceny prezentacji multimedialnej:
 - poprawność merytoryczna (zgodność z tematem; dostosowana do możliwości odbiorców, wyczerpanie tematu);
 - język prezentacji (specjalistyczna terminologia, poprawność językowa);
 - konkretność (zdania krótkie – równoważnikowe, hasła);
 - atrakcyjność (wielkość czcionki, układ treści na slajdzie, tempo wyświetlania, przejścia slajdu, wzorce slajdów);
 - estetyka (animacje, grafika, kolor, dźwięk)
 - prezentacja każdej z grup powinna mieć max. 5 slajdów;
 - czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 2 min.).