



Wolne rodniki

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



Owoce, takie jak jeżyna, zawierają związki nazywane antyoksydantami, które usuwają z organizmu wolne rodniki.

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

Kosmetyki do twarzy o działaniu przeciwutleniającym (antyoksydacyjnym) zawierają związki, które przeciwdziałają starzeniu się komórek. Opóźniają reakcje utlenienia, zachodzące m.in. w skórze, poprzez reakcje z wolnymi rodnikami, które są głównym powodem jej starzenia. Wolne rodniki są związkami niezwykle reaktywnymi. Jak powstają? Czy są niebezpieczne dla człowieka?

Twoje cele

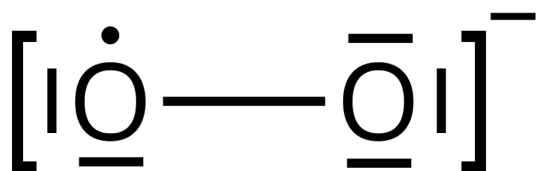
- Wyjaśnisz, czym są wolne rodniki oraz omówisz ich budowę.
- Przedstawisz przykłady procesów, w których powstają wolne rodniki.
- Ocenisz wpływ wolnych rodników na organizm człowieka.

Przeczytaj

Wolne rodniki

Wolne rodniki, obecnie nazywane rodnikami, to atomy, grupy atomów lub jony, które posiadają niesparowany [elektron](#). Oznacza się je we wzorze znakiem „•”, który symbolizuje, że dane indywiduum posiada niesparowany elektron.

Przykłady rodników



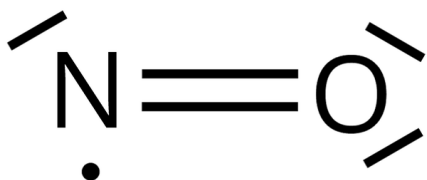
Schemat przedstawia wzór elektronowy rodnika nadtlenkowego.

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

Rodnik nadtlenkowy jest reaktywną formą tlenu. Powstaje w wyniku redukcji cząsteczki tlenu jednym elektronem. Pomijając elektrony rdzenia obu atomów tlenu, w rodniku nadtlenkowym znajduje się 13 elektronów. Dzięki utworzeniu pojedynczego wiązania kowalencyjnego, jeden z atomów tlenu formalnie posiada konfigurację stabilną gazu szlachetnego (neonu). Rodniki, które występują w formie jonowej,

nazywane są jonorodnikami – kationorodnikami lub anionorodnikami – stąd wspomniana nazwa alternatywna tego rodnika to anionorodnik nadtlenkowy.

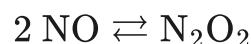
Tlenek azotu(II) występuje w górnej części atmosfery. Jest rodnikiem, w którym jeden elektron zawsze



Schemat przedstawia wzór elektronowy tlenku azotu(II).

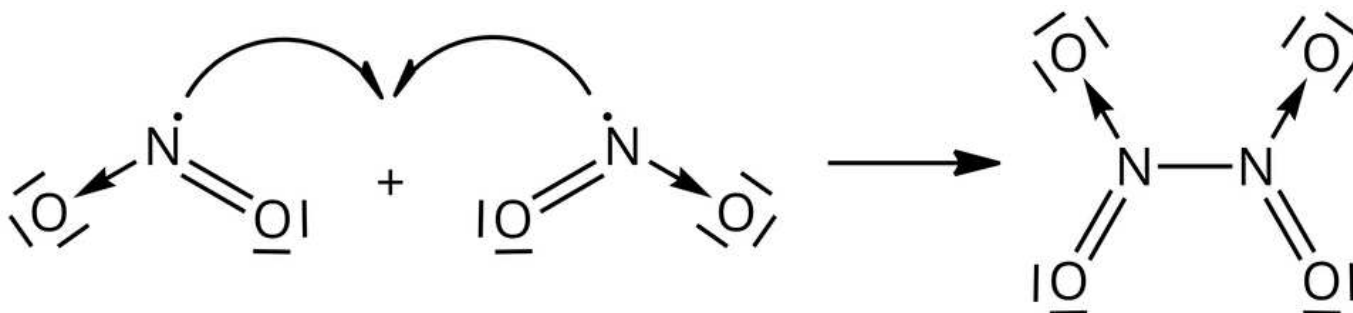
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

pozostaje niesparowany. Z tego powodu cząsteczki tlenku azotu(II) mają zdolność do spontanicznej dimeryzacji z wytworzeniem formy N_2O_2 :



Tlenek azotu(IV) to kolejny tlenek azotu, który jest rodnikiem. W cząsteczce tego związku atom azotu tworzy wiązanie podwójne kowalencyjne, spolaryzowane

z jednym z atomów tlenu, z kolei z drugim atomem tlenu tworzy wiązanie koordynacyjne, gdzie atom tlenu jest akceptorem tego wiązania. Niesparowany elektron jest obecny na cząsteczce azotu, co powoduje, że cząsteczki tlenku azotu(IV) łatwo dimeryzują, tworząc tetratlenek diazotu, w którym niesparowane elektrony tworzą wiązanie azot-azot.



Cząsteczki tlenku azotu(IV) łatwo dimeryzują, tworząc tetratlenek diazotu.

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

Równowaga chemiczna pomiędzy dimerem a monomerem zależy od temperatury – w niższych temperaturach przeważa dimer, a w wyższych monomer. Przykładowo, w temperaturze około 300 K dimery stanowią około 80% mieszaniny tych gazów.

Powstawanie wolnych rodników

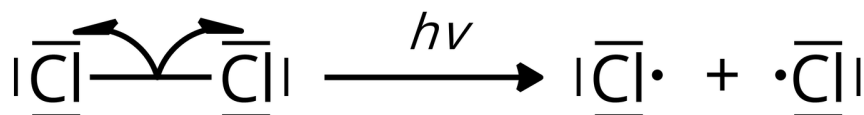
Wolne rodniki powstają w wyniku [homolitycznego](#) rozszczepienia wiązania kowalencyjnego lub w wyniku przeniesienia pojedynczego elektronu do, albo z cząsteczki obojętnej.

FOTOLIZA

Reakcje fotolizy zachodzą pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego, takiego jak UV czy światła widzialnego.

W przypadku związków organicznych, fotolizie ulegają te związki, które mają możliwość absorbowania promieniowania, czyli takie, które w swojej budowie posiadają wiązania wielokrotne. Związki te nazywane są chromoforami.

Fotolizie ulegają także cząsteczki bromu, jodu czy chloru, w wyniku czego następuje rozpad wiązania tworzącego te cząsteczki z wytworzeniem dwóch rodników.



Schemat rozszczepienia wiązania przez promieniowanie elektromagnetyczne

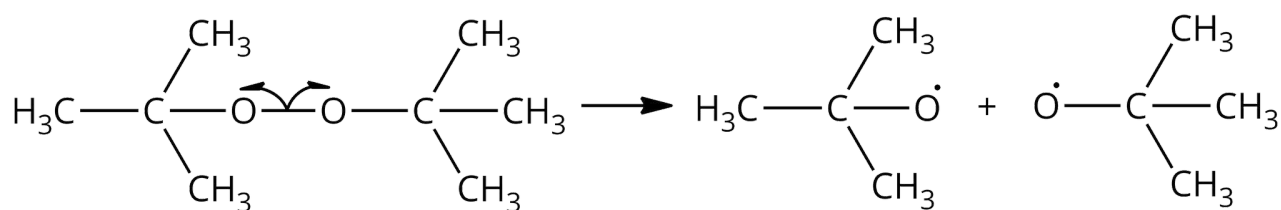
Autor: GroMar Sp. z o. o.; Licencja: CC BY-SA 3.0

W przypadku rozszczepienia wiązania, gdzie dwa elektrony z wiązania zostają rozdzielone na dwa atomy, schematycznie zaznaczamy strzałką z połówą grotu.

TERMOLIZA

Termoliza, inaczej nazywana dysocjacją termiczną, zachodzi pod wpływem podwyższonej temperatury. Reakcji termolizy mogą ulegać np. związki organiczne – powstają wtedy rodniki. Węglowodory nasycone ulegają termolizie w bardzo wysokich temperaturach (ponad 800 °C). W najłagodniejszych warunkach termolizie ulegają nadtlenki organiczne, w których zostaje zerwane wiązanie między atomami tlenu,

oraz związki diazoniowe (związki te posiadają grupę zbudowaną następująco —N = N—) - w ich przypadku zerwaniu ulega wiązanie pojedyncze.



Schemat rozpadu homolitycznego wiązania O-O w cząsteczce nadtlenku di-tertbutylu

Autor: GroMar Sp. z o. o.; Licencja: CC BY-SA 3.0

PRZENIESIENIE ELEKTRONU

Przeniesienie elektronu wiąże się z dwoma przypadkami:

- przekazaniem elektronu (najczęściej z jonu lub atomu) metalu do cząsteczki organicznej;
- przyjęciem przez atom metalu elektronu, pochodzącego ze związku organicznego.

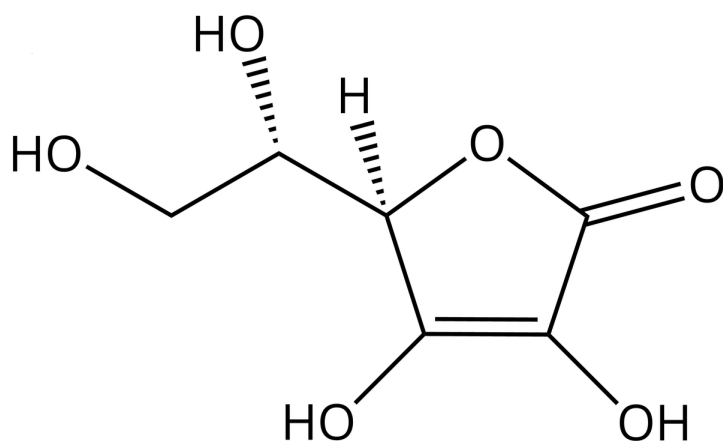
W wyniku tego powstaje kation bądź anion oraz rodnik.

Jednym z przykładów powstania rodników jest reakcja Fentona. Jest to reakcja jonów żelaza(II) z nadtlenkiem wodoru, której jeden z etapów przedstawiono poniżej.



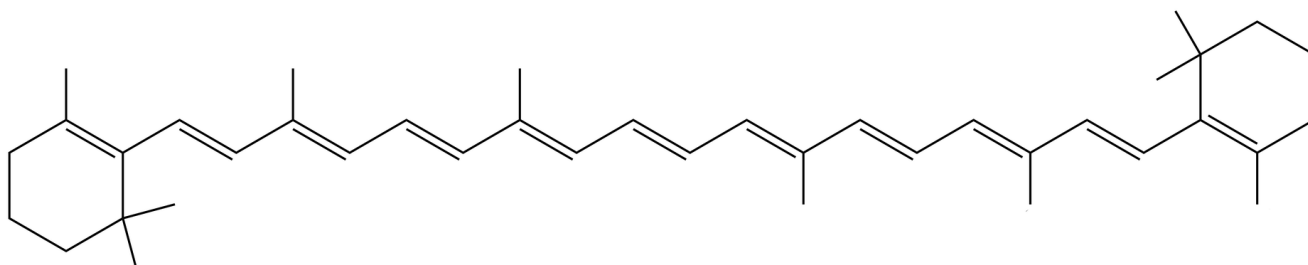
Usuwanie wolnych rodników – antyoksydanty

[Antyutleniacze \(antyoksydanty\)](#) to związki, które mają na celu degradację wolnych rodników. Degradacja ta w istocie polega na sparowaniu elektronów, które pozostawały niesparowane w strukturze rodnika. Przykładem przeciwutleniacza jest witamina C (kwas askorbinowy), ale także karotenoidy, np. β -karoten.



Wzór szkieletowy kwasu askorbinowego

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



Wzór szkieletowy β -karotenu

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

W organizmach żywych występuje równowaga między wolnymi rodnikami a antyutleniaczami. Jednak w wyniku jej zaburzenia, zwiększa się ilość wolnych rodników. Reagują one z białkami, zmieniając ich strukturę, co w konsekwencji może prowadzić do poważnych chorób, m.in. nowotworów, miażdżycy, cukrzycy. W organizmie pełnią one także pozytywne funkcje – przyspieszają zrost kości, gojenie ran, mają także działanie antybakteryjne.

Wytworzeniu w organizmie większej ilości rodników sprzyjają czynniki, takie jak palenie papierosów, niewłaściwa dieta, spożywanie alkoholu, niestosowanie olejków do opalania – wówczas skóra jest narażona w większym stopniu na promieniowanie UV.

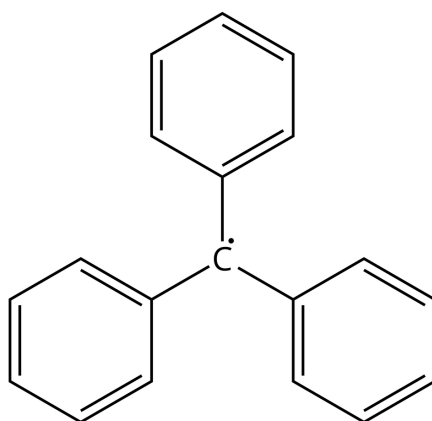
Trwałość wolnych rodników



Moses Gomberg (8. 02. 1866–12. 02. 1947 roku) to amerykański chemik pochodzenia rosyjskiego. Odkrywca stabilnego rodnika
Źródło: dostępny w internecie: www.wikipedia.org, domena publiczna.

Wolne rodniki są indywiduami chemicznymi o stosunkowo krótkim czasie życia. Pierwszy stabilny rodnik trifenyłometyl został odkryty w 1900 roku przez **Moses Gomberg'a**.

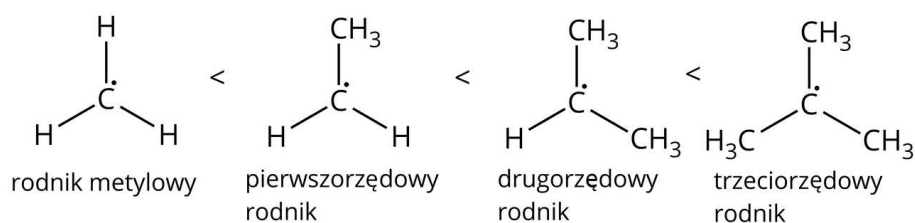
Trwałość wielu rodników wynosi od kilku setnych sekundy do kilkunastu sekund. Wynika ona z obecności niesparowanego elektronu. Każde indywiduum dąży do zachowania minimalnej energii. Kiedy atom posiada niesparowany elektron, jest w niekorzystnym stanie energetycznym. Dąży wtedy do przeformowania, w celu uzyskania stabilniejszej postaci. Łączy się to z takim przegrupowaniem elektronów, dzięki któremu powstają formy niebędące rodnikami.



Wzór szkieletowy rodnika trifenylometylowego, odkrytego przez Mosesa Gomberg'a

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

Stwierdzono, że najłatwiej tworzy się rodnik trzeciorzędowy, następnie drugorzędowy i pierwszorzędowy. Razem z łatwością tworzenia się rodników rośnie ich trwałość.



Trwałość rodników alkilowych rośnie wraz z ich rzędowością.

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

W przypadku rodnika metylowego, łączące się z węglem atomy wodoru nie zapewniają takiej stabilizacji. Wprowadzenie kolejnych grup alkilowych sprawia, że rodnik zaczyna być stabilizowany przez oddziaływanie orbitalu p, posiadającego niesparowany elektron z orbitalami typu sigma (σ) wiązań C—H. Trwałość rodnika rośnie również wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowodorowego.

Słownik

antyutleniacze, przeciwutleniacze, antyoksydanty

związki chemiczne, które dzięki swym właściwościom redukującym zapobiegają utlenianiu się wiązań nienasyconych

elektron

(gr. *ēlektron* „bursztyn”) cząstka elementarna o masie

$$m_e = 0,510998902(21) \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$(9,10938188(72) \cdot 10^{-31} \text{ kg})$ i ładunku elektrycznym

$$e = -1,602176462(63) \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

elektrony walencyjne

elektrony znajdujące się na najbardziej oddalonej od jądra powłoce elektronowej

homoliza, rozpad homolityczny, reakcja homolityczna

(gr. *homós* „taki sam”, *lýsis* „rozpuszczenie, rozluźnienie”) rozerwanie wiązania kowalencyjnego w cząsteczce, przebiegające z utworzeniem dwóch atomów lub rodników

wiązanie kowalencyjne

rodzaj wiązania chemicznego, polegającego na uwspólnianiu pary lub par elektronowych, w którym elektrony są współdzielone przez dwa pierwiastki

chromofor

(gr. *chrōma* „barwa” *phoréo* „noszę”) grupa chromoforowa, zgodnie z teorią barwności, ugrupowanie atomów, które w połączeniu z układem sprzężonych wiązań podwójnych w cząsteczkach związków chemicznych jest przyczyną ich barwy

Bibliografia

Duffy S. J., VanLoon G., *Chemia środowiska*, Warszawa 2007.

Encyklopedia PWN

Jackson R. A. *Mechanizmy reakcji organicznych* tłum. H. Korniak i in., Warszawa 2007.

Mastalerz P., *Chemia organiczna*, Wrocław 2000.

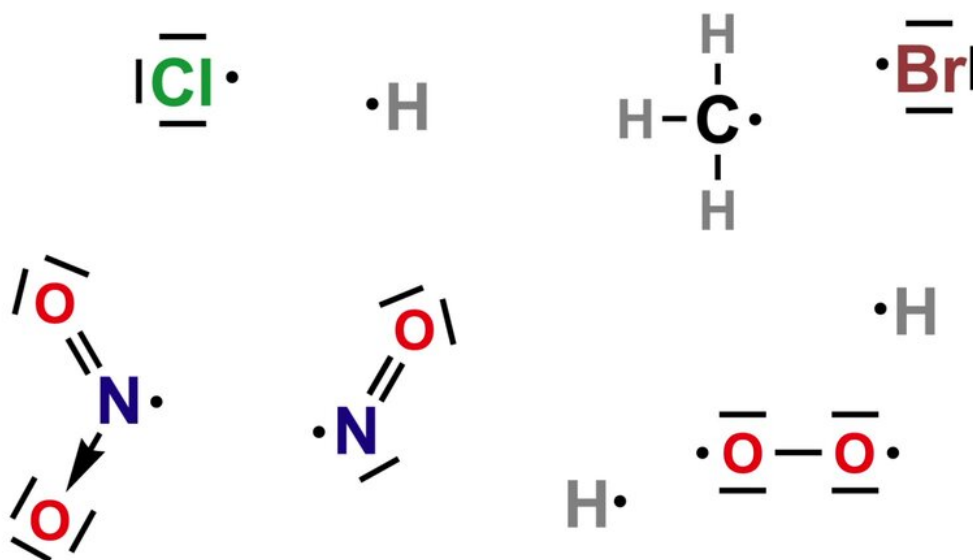
Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, t. 1, Warszawa 2010, wyd. 5.

Phaniendra A., Jestadi D. B., Periyasamy L., *Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases*, „Indian J Clin Biochem” 2015, t. 30, nr 1, s. 11-26.

Film samouczek

Polecenie 1

Czy wiesz, czym są wolne rodniki? Zapoznaj się z poniższym filmem, a następnie rozwiąż zadania.



Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D15kXKyGy>

Film samouczek pt. *Wolne rodniki*

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

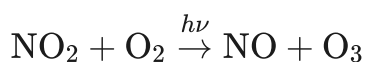
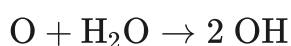
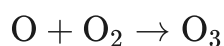
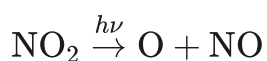
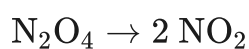
Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej wolnych rodników.

Ćwiczenie 1

Zapoznaj się z poniższym tekstem.

Smog fotochemiczny, nazywany także smogiem typu Los Angeles, to typ smogu, powstającego w słoneczne dni w miejscach o dużym ruchu samochodowym i małym ruchu mas powietrza. Składniki spalin samochodowych (głównie tlenki azotu) oraz tlen atmosferyczny wchodzi w reakcję w obecności światła, tworząc m.in. toksyczną odmianę alotropową tlenu – ozon.

Poniżej przedstawiono reakcje, jakie mogą przebiegać podczas tworzenia się smogu fotochemicznego. Wskaż, które z drobin biorących udział w tych reakcjach, są rodnikami.



☐ N_2O_4

☐ O_3

☐ NO_2

☐ NO

☐ NO

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przyporządkuj pojęcie do definicji.

Antyoksydant

Ugrupowanie atomów, które w połączeniu z układem sprzężonych wiązań podwójnych w cząsteczkach związków chemicznych jest przyczyną ich barwy.

Chromofor

Zerwanie wiązania kowalencyjnego, w wyniku którego na każdym z atomów pozostaje jeden z elektronów tworzących wspólną parę elektronową.

Homoliza

Związek chemiczny, który dzięki swym właściwościom redukującym zapobiega utlenianiu się wiązań nienasyconych.

Ćwiczenie 2



Jakie czynniki wpływają na zwiększenie produkcji rodników w organizmie? Zaznacz wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

☐ warzywa i owoce

☐ spożywanie alkoholu

☐ promieniowanie UV

☐ palenie papierosów

☐ witamina C i E

Ćwiczenie 3

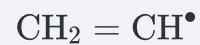


Przyporządkuj nazwy rodników do ich wzorów.

Rodnik winylowy



Rodnik wodoronadtlenkowy



Rodnik hydroksylowy



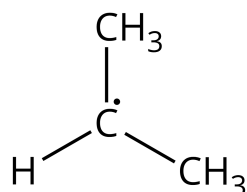
Rodnik propylowy



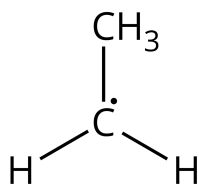
Ćwiczenie 4



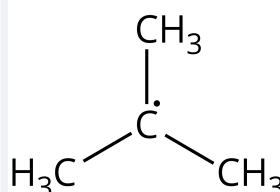
Uzereguj poniższe rodniki wg malejącej stabilności.



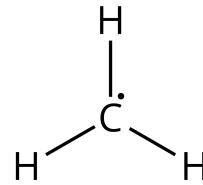
drugorzędowy
rodnik



pierwszorzędowy
rodnik



trzeciorzędowy
rodnik



rodnik metylowy

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

Ćwiczenie 5



Dlaczego rodniki są niebezpieczne dla organizmu?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Wyjaśnij, jak działają antyoksydanty.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Zapisz równanie termolizy cząsteczki wodoru.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Rodniki wodorowe tworzą się w wyniku działania promieniowania elektromagnetycznego na cząsteczkę wody. W górnych warstwach atmosfery mogą one prowadzić do degradacji warstwy ozonowej. W pierwszym etapie tej degradacji powstaje rodnik wodorotlenowy, który w drugim etapie, reagując z atomowym tlenem, prowadzi do powstania cząsteczki tlenu i kolejnego rodnika.

Na podstawie: Duffy S. J., VanLoon G., Chemia środowiska, Warszawa 2007.

Zapisz równania reakcji tworzenia rodnika wodorotlenowego oraz jego reakcji z atomem tlenu.

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: Robert Wróbel, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Wolne rodniki

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XII. Wstęp do chemii organicznej. Uczeń:

9) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja, eliminacja, substytucja, polimeryzacja, kondensacja) i mechanizm reakcji (elektrofilowy, nukleofilowy, rodnikowy); wyjaśnia mechanizmy reakcji; pisze odpowiednie równania reakcji.

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:

- wyjaśnia, czym są wolne rodniki;
- proponuje metody otrzymywania wolnych rodników;
- opisuje działanie wolnych rodników.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- film samouczek;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- prezentacja multimedialna;
- technika bateria.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału z pytaniami: W jakim celu stosowane są rodniki w kosmetykach? Czy są szkodliwe dla człowieka?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Czym są rodniki?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na pięć grup. Wyjaśnia, że zadaniem uczniów będzie przygotowanie wspólnej prezentacji na temat wolnych rodników, np. z wykorzystaniem aplikacji Google Prezentacje (podaje kryteria oceny prezentacji – patrz materiały pomocnicze). Każda z grup wybiera jeden z elementów prezentacji:
 - Czym są wolne rodniki?
 - W jakich reakcjach mogą powstawać rodniki?
 - Jakie choroby powodują wolne rodniki?
 - Czym są antyoksydanty?
 - Przykłady reakcji rodnikowych w środowisku.

2. Nauczyciel informuje uczniów, że w przygotowaniu prezentacji pomocny będzie film samouczek zawarty w e-materiale, zwracając szczególną uwagę w trakcie emisji na te fragmenty, które dotyczą ich części prezentacji. Uczniowie mogą korzystać z różnych dostępnych źródeł informacji. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wspiera ich. Po wyznaczonym czasie, uczniowie poszczególnych grup prezentują efekty pracy na forum klasy. Nauczyciel udziela informacji zwrotnej poszczególnym grupom.
3. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10%, zaznaczają małymi, samoprzylepnymi, kolorowymi karteczkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia, które wynikają z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

Praca domowa:

1. Wymień sześć przykładów wolnych rodników – podaj ich nazwy.
2. Uczniowie wykonują w e-materiale w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez nauczyciela w ramach metody lekcji odwróconej. Uczniowie mogą wykorzystać medium podczas przygotowania się do lekcji czy pracy kontrolnej, a uczniowie nieobecni w szkole w ramach samokształcenia do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Czym jest wolny rodnik?
 - W jakich reakcjach powstają wolne rodniki?
2. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10%, do oceny stopnia opanowania zagadnień, oraz małe, samoprzylepne, kolorowe karteczki dla uczniów.
3. 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. pięć slajdów;
- czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 2 min.).