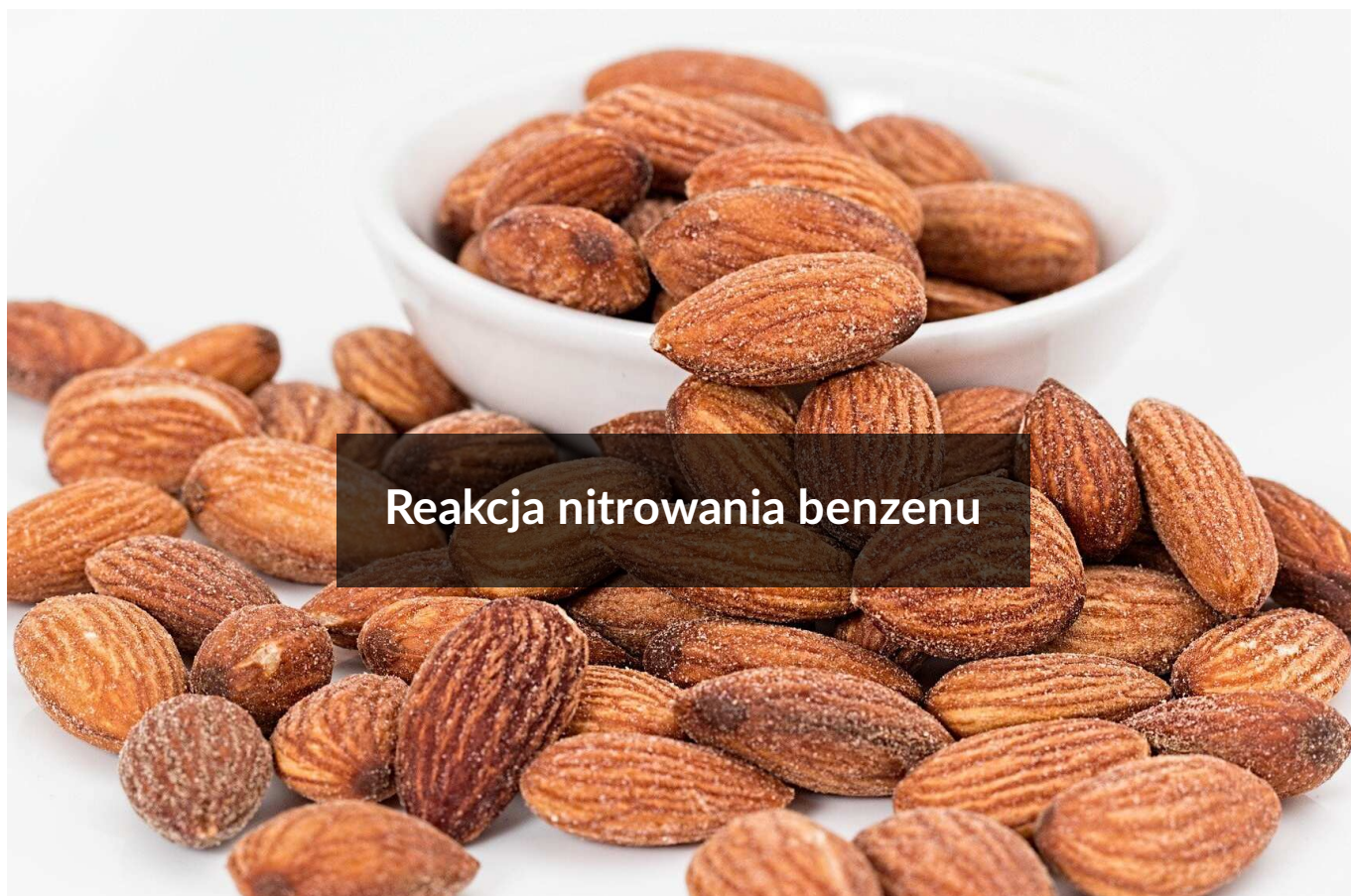




Reakcja nitrowania benzenu

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



Reakcja nitrowania benzenu

Nitrobenzen, o zapachu gorzkich migdałów, to najprostszy aromatyczny związek nitrowy.

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

Znanych jest wiele metod otrzymywania pochodnych nitrowych benzenu. Z danych pochodzących z bazy chemicznej SciFinder z 2020 roku wynika, że opracowano kilkadziesiąt metod syntetycznych, w których nitrobenzen jest głównym lub ubocznym produktem reakcji. Czy wiesz, na czym polega najstarsza i najbardziej popularna metoda nitrowania benzenu?

Twoje cele

- Zapiszesz równanie reakcji nitrowania benzenu.
- Przeanalizujesz mechanizm reakcji nitrowania i otrzymywania czynnika nitrującego, aby określić sposób podstawienia czynnika elektrofilowego.
- Zaprojektujesz doświadczenie, w którym odróżnisz benzen oraz związki aromatyczne od innych węglowodorów.

Przeczytaj

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższym tekstem. Zwróć uwagę na wzory i nazwy pochodnych nitrowych benzenu.

Odkrywcą pierścieniowej budowy **benzenu** był **Friedrich August Kekulé**. Naukowiec w momencie odkrycia (1886 rok) z całą pewnością nie wiedział, że jego praca przyczyni się do rozwoju chemii **związków aromatycznych**. Dziś wiemy, że związki aromatyczne są szeroko stosowane w reakcjach **substytucji elektrofilowej**, wśród których na szczególną uwagę zasługuje **reakcja nitrowania**.

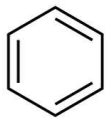
Synteza nitroarenów

„Związki **nitroaromatyczne** posiadają co najmniej jedną **grupę nitrową** ($-\text{NO}_2$) dołączoną do pierścienia aromatycznego. W zdecydowanej większości są to związki otrzymywane syntetycznie, chociaż zidentyfikowano kilka produktów biologicznych, które można zaliczyć do grupy nitroarenów.

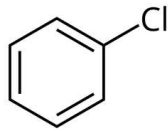
Nitrowanie jest głównym typem reakcji wykorzystywanym w przemysłowej syntezie związków nitrowych. Polega ono na wprowadzeniu grupy nitrowej do pierścienia aromatycznego. W tym celu używana jest najczęściej mieszanina nitrująca, w skład której wchodzi dwa stężone kwasy – azotowy(V) oraz siarkowy(VI). W ich obecności dochodzi do wytworzenia **kationu nitroniowego** (NO_2^+) o silnych właściwościach **elektrofilowych**.”

Źródło: Wysocka A., Olszyna A., Komorowska I., Popowska M., *Nitrozwiązki aromatyczne – charakterystyka i metody biodegradacji*, „POST. MIKROBIOL” 2017, t. 56, nr 3, s. 289–305.

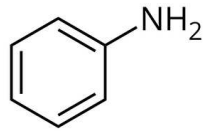
Reakcji nitrowania na skalę przemysłową poddawane są m.in. związki przedstawione na poniższym rysunku.



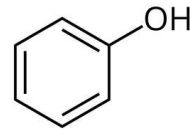
benzen



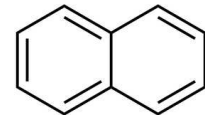
chlorobenzen



anilina



fenol



naftalen

Związki poddawane reakcji nitrowania na skalę przemysłową

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

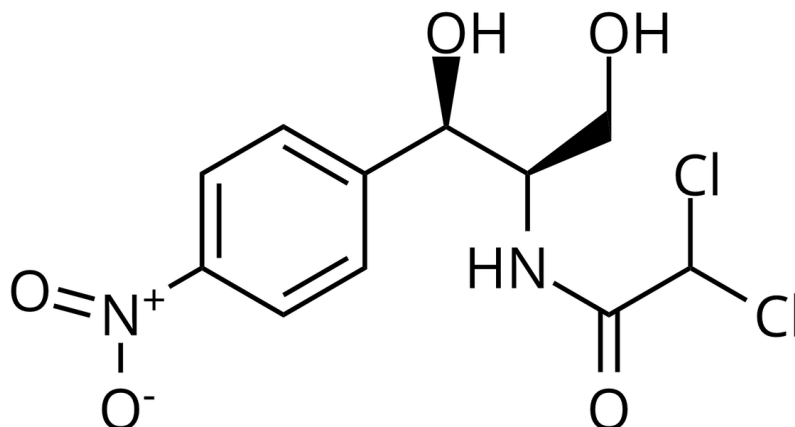
Syntetyczne nitrozwiązki aromatyczne

Właściwości chemiczne grupy nitrowej sprawiły, że związki nitroaromatyczne znalazły szereg zastosowań.

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

Naturalne nitrozwiązki aromatyczne

Jednym z niewielu występujących naturalnie związków nitrowych jest **chloramfenikol**. Związek ten stosowany jest jako antybiotyk o działaniu bakteriostatycznym. Lek ten został wyizolowany z produktów Gram-dodatnich bakterii *Streptomyces venezuelae*. Można go również uzyskać syntetycznie.



Struktura chloramfenikolu

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

Słownik

benzen

najprostszy węglowodór aromatyczny o wzorze sumarycznym C_6H_6

substytucja elektrofilowa

reakcja chemiczna, która polega na wymianie jednego lub kilku atomów w cząsteczce aromatycznego związku chemicznego na skutek działania czynnika (elektrofila) posiadającego niedomiar elektronów

reakcja nitrowania

inaczej nitrowanie; jeden z przykładów substytucji elektrofilowej, w której czynnikiem atakującym pierścień aromatyczny jest kation nitroniowy

związki aromatyczne

cykliczne węglowodory (areny) i niektóre ich pochodne, posiadające płaskie pierścienie z układem sprzężonych wiązań podwójnych, w których występuje $4n + 2$ elektronów π ($n = 1, 2, 3 \dots$)

kation nitroniowy

kation nitroilu, kation nieorganiczny o wzorze NO_2^+

grupa nitrowa

grupa funkcyjna związków nitrowych o wzorze $-NO_2$

elektrofil

inaczej czynnik elektrofilowy, indywidualum chemiczne, w którym występuje deficyt elektronów i w odpowiednich warunkach jest w stanie być ich akceptorem

Bibliografia

Czerwiński A., Czerwińska A., Jeziorna M., Kańska M., *Chemia 3, Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego, technikum*, Warszawa 2004.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Kraków 2020.

Majewski W., *Mechanizmy reakcji organicznych*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2012.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, tłum. W. Antkowiak i in., t. 1-2, Warszawa 2010.

Wysocka A., Olszyna A., Komorowska I., Popowska M., *Nitrozwiązki aromatyczne – charakterystyka i metody biodegradacji*, „*POST. MIKROBIOL.*” 2017, t. 56, nr 3, s. 289–305.

Animacja

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższą animacją dotyczącą reakcji nitrowania benzenu, a następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.



Reakcja nitrowania benzenu

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DC0oH0IQW>

Animacja pt. „Reakcja nitrowania benzenu”

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

Film nawiązujący do treści materiału

Ćwiczenie 1

Zaznacz, jaka jest prawidłowa nazwa kationu NO_2^+ , która tworzy się w etapie początkowym reakcji nitrowania benzenu.

kation nitrowy

kation nitrozoniowy

kation azotawy

kation azotowy

kation nitroniowy

kation nitroniawy

Ćwiczenie 2

Uzupełnij zdania, wykorzystując podane poniżej elementy. Niektóre elementy nie pasują do żadnej luki.

Reakcja nitrowania benzenu jest reakcją . W tej reakcji używanymi odczynnikami są , stężony kwas azotowy(V) oraz . Czynnikiem elektrofilowym w tej reakcji jest . Kwas siarkowy(VI) pełni funkcję . Mieszaninę tych dwóch kwasów nazywamy . W trakcie reakcji proton odrywa od cząsteczki kwasu azotowego(V) grupę $-\text{OH}$, tworząc cząsteczkę i silny elektrofil .

kation nitroniowy

mieszaniną utleniającą

rozpuszczalnika

kation nitrowy

NO_2^+

benzen

proton

mieszaniną nitrującą

stężony kwas siarkowy(VI)

wody

katalizatora

addycji

substytucji nukleofilowej

substytucji elektrofilowej

jon hydroksylowy

NO_2

Ćwiczenie 3

Wyjaśnij, jaka jest rola kwasu siarkowego(VI) w reakcji nitrowania.

Odpowiedź:



Ćwiczenie 4

Narysuj struktury rezonansowe grupy nitrowej – NO₂ cząsteczki nitrobenzenu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

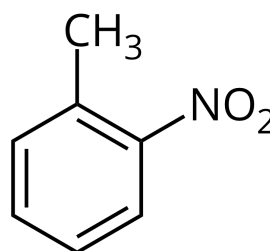
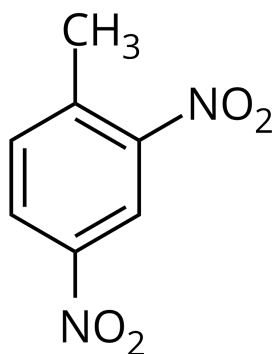
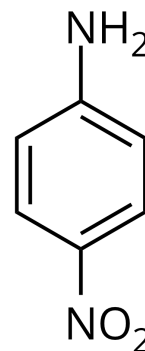
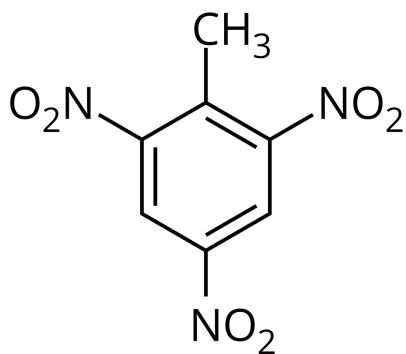
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz wzór 1,3,5-trinitrotoluenu – związku znanego pod nazwą trotyl.



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

Ćwiczenie 2



Zadecyduj, które z poniższych informacji są prawdziwe, a które fałszywe. Zaznacz Prawda lub Fałsz.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Elektrofil jest indywiduum „lubiącym elektrony”, a więc posiada w swojej strukturze atom ubogi w elektrony.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jon nitrowy przyłącza się do cząsteczki benzenu zgodnie z mechanizmem addycji elektrofilowej.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Początkowy etap w reakcji nitrowania polega na wytworzeniu czynnika elektrofilowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nitrobenzen jest związkiem aromatycznym, który nie ulega reakcji nitrowania.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 3



Uzupełnij tekst, przeciągając odpowiednie słowa w puste pola.

to proces polegający na wprowadzeniu jednej lub kilku do związków organicznych. W pierwszym etapie reakcji kwas siarkowy(VI) reaguje z kwasem azotowym(V), w wyniku czego powstaje , czyli jon nitroniowy. Jon ten zbliża się do i przyłącza się do jednego z atomów w pierścieniu, co powoduje odłączenie . W jego miejsce podstawiona zostaje . W ostatnim etapie następuje odtworzenie kwasu siarkowego(VI), który jest reakcji.

grup nitrowych

grupa nitroniowa

ścianek naczynia

katalizatorem

protonu

inhibitorem

pierścienia aromatycznego

czynnik nukleofilowy

grupa nitrowa

węgla

grup nitroniowych

azotu

czynnik elektrofilowy

Addycja

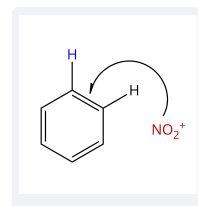
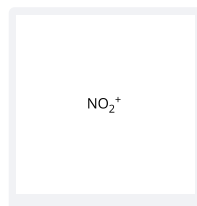
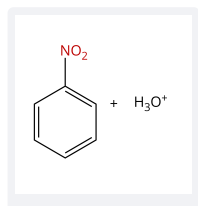
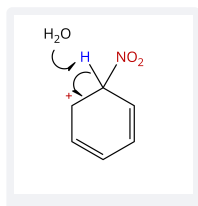
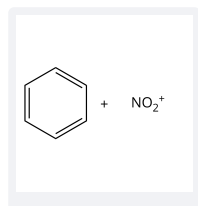
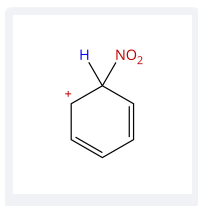
wodoru

Nitrowanie

Ćwiczenie 4



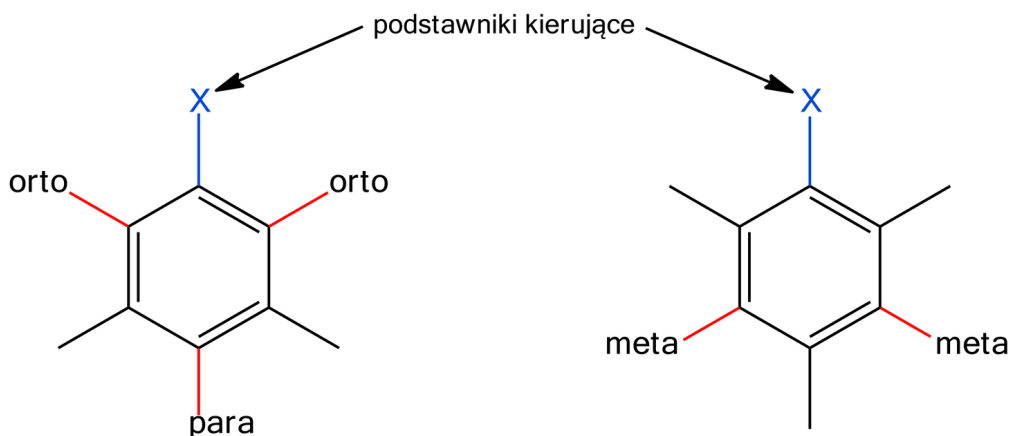
Uzereguj podane ilustracje w taki sposób, by przedstawiały kolejne etapy nitrowania benzenu.



Ćwiczenie 5



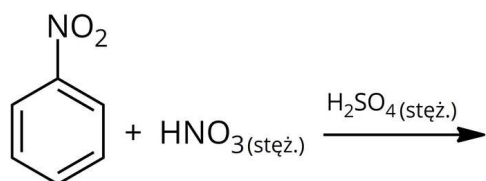
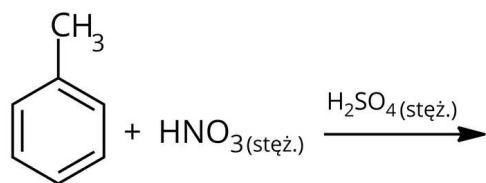
W reakcjach substytucji związków aromatycznych struktura powstającego produktu zależy od tzw. podstawnika kierującego. Poniżej zaprezentowano przykładowe podstawniki kierujące oraz ich wpływ na reaktywność związku aromatycznego.



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

Podstawniki kierujące w pozycję <i>orto</i> i <i>para</i>	Wpływ na reaktywność chemiczną związku organicznego	Podstawniki kierujące w pozycję <i>meta</i>	Wpływ na reaktywność chemiczną związku aromatycznego
– NH ₂ , – OH , – CH ₃ , – OCH ₃	aktywatory	– NO ₂ , – CN, – COOH, – CHO, – COOCH ₃ , – SO ₃ H	dezaktywatory
– Cl, – Br, – I, – F	dezaktywatory		

Dokończ poniższe równania reakcji. Zapisz odpowiednie wzory produktów. Podaj nazwy systematyczne organicznych substratów i produktów.



Rysunek do zadania nr 5

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

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Aby otrzymać 1-bromo-2-nitrobenzen i 1-bromo-4-nitrobenzen, należy najpierw przeprowadzić bromowanie (stosując Br_2 i FeBr_3 jako katalizator), a potem nitrowanie (stosując mieszaninę nitrującą).

Aby otrzymać izomer 1-bromo-3-nitrobenzen, najpierw należy przeprowadzić nitrowanie (przy pomocy mieszaniny nitrującej), a potem bromowanie (stosując Br_2 i FeBr_3 jako katalizator).

Na podstawie podanej informacji zapisz schemat syntezy izomerów bromonitrobenzenu. Podaj nazwy systematyczne powstałych izomerów.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, od czego zależy liczba możliwych do wprowadzenia grup nitrowych w procesie nitrowania. Do wyjaśnienia tego problemu skorzystaj również z innych źródeł literatury.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8



Na podstawie poniższych informacji sformułuj hipotezę badawczą. Opisz przebieg doświadczenia i w oparciu o zapisane obserwacje sformułuj wnioski oraz zapisz odpowiednie równania reakcji.

Problem badawczy:

Odróżnianie metylocykloheksanu od toluenu.

Hipoteza:

Przebieg doświadczenia:

Obserwacje:

Wnioski:

Równania reakcji:

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: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Temat: Reakcja nitrowania benzenu.

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory. Uczeń:

11) opisuje właściwości chemiczne węglowodorów aromatycznych na przykładzie reakcji: spalania, z Cl_2 lub Br_2 wobec katalizatora albo w obecności światła, nitrowania, katalitycznego uwodornienia; pisze odpowiednie równania reakcji dla benzenu i metylobenzenu (toluenu) oraz ich pochodnych, uwzględniając wpływ kierujący podstawników (np. atom chlorowca, grupa alkilowa, grupa nitrowa, grupa hydroksylowa, grupa karboksylowa).

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, samokontrola podczas nauki.

Cele operacyjne

Uczeń:

- pisze równanie reakcji nitrowania benzenu;
- analizuje mechanizm reakcji nitrowania i otrzymywania czynnika nitrującego, aby określić sposób podstawienia czynnika elektrofilowego;
- projektuje doświadczenie, w którym odróżnia benzen oraz związki aromatyczne od innych węglowodorów.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- pogadanka;
- mapa myśli;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- 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, mazak; aplikacja Mentimeter;
- podręcznik.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytania: co to jest trotyl? Jak go otrzymano? Jak z benzenu można otrzymać trotyl?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów wokół otrzymywania związków nitrowych. Pogadanka na temat znanych związków nitrowych i ich wykorzystania. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów. Efektem pogadanki powinno być wstępne rozpoznanie wiedzy uczniów na temat nitrowania związków, ich budowy i nazewnictwa.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel odsyła uczniów do e-materiału – samodzielna analiza tekstu źródłowego związanego z syntezą związków nitrowych. Po pracy własnej nauczyciel zadaje uczniom pytania dotyczące wyrażen: elektrofil, jon nitroniowy, mieszanina nitrująca,

nitrowanie – pytając o ich interpretację, zastosowanie. Uczniowie sporządzają w zeszytach mapę myśli z ważnych pojęć.

2. Nauczyciel odsyła uczniów do animacji/modelu 3D, w której przedstawiono mechanizm nitrowania benzenu. Po obejrzeniu animacji, uczniowie rozwiązują zadania zamieszczone w medium. Chętne osoby prezentują odpowiedzi do wykonanych zadań, a pozostali uczniowie weryfikują ich poprawność merytoryczną.
3. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje arkusze papieru, mazaki. Zadaniem uczniów jest zaprojektowanie doświadczenia, w którym przy pomocy reakcji nitrowania odróżnić można benzen oraz związki aromatyczne (toluen) od innych węglowodorów (heksanu, cykloheksanu, pentanu). Poszczególne grupy dostają różne pary związków do rozróżnienia.
 - grupa 1 – benzen, heksan;
 - grupa 2 – toluen, cykloheksan;
 - grupa 3 – toluen, pentan;
 - grupa 4 – benzen, cykloheksan.
4. Po wyznaczonym czasie liderzy grup prezentują efekty pracy na forum klasy z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Pozostali uczniowie z nauczycielem weryfikują poprawność merytoryczną propozycji.
5. Uczniowie w parach rozwiązują zadania, zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”. Wybrani uczniowie zapisują odpowiedzi na tablicy. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonania zadań i ewentualnie koryguje popełnione błędy.

Faza podsumowująca:

1. Jako podsumowanie lekcji, nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Dziś nauczyłem/łam się...
 - Zrozumiałem/łam, że...
 - Zaskoczyło mnie...
 - Dowiedziałem/łam się...
 - Łatwe było dla mnie...
 - Trudność sprawiało mi...
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
2. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania:
 - Co oznacza pojęcie elektrofil?
 - Co to jest mieszanina nitrująca i jak ją otrzymać?
 - Jakie są zastosowania nitropochodnych benzenu?
 - Jaka jest rola kwasu siarkowego(VI) w reakcji nitrowania?
 - Na czym polega początkowy etap w reakcji nitrowania?

3. Nauczyciel może stworzyć quiz i wykorzystać aplikację Kahoot! lub Quizizz.

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.
2. Nauczyciel prosi uczniów o opisanie zastosowań związków nitrowych, które ich zdaniem mają największy wpływ na życie codzienne.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Animacja może być wykorzystana podczas przygotowywania się do sprawdzianu.

Uczniowie nieobecni na lekcji mogą użyć animacji w celu lepszego zrozumienia nowych treści.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Co oznacza pojęcie elektrofil?
 - Co to jest mieszanina nitrująca i jak ją otrzymać?
 - Jakie są zastosowania nitropochodnych benzenu?
 - Jaka jest rola kwasu siarkowego(VI) w reakcji nitrowania?
 - Na czym polega początkowy etap w reakcji nitrowania?
2. Nauczyciel przygotowuje:
 - arkusze papieru A3, mazaki.