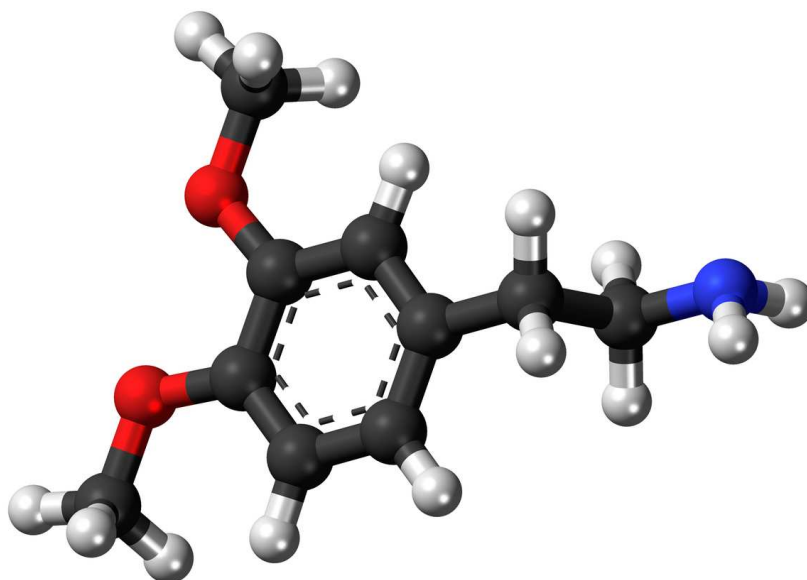
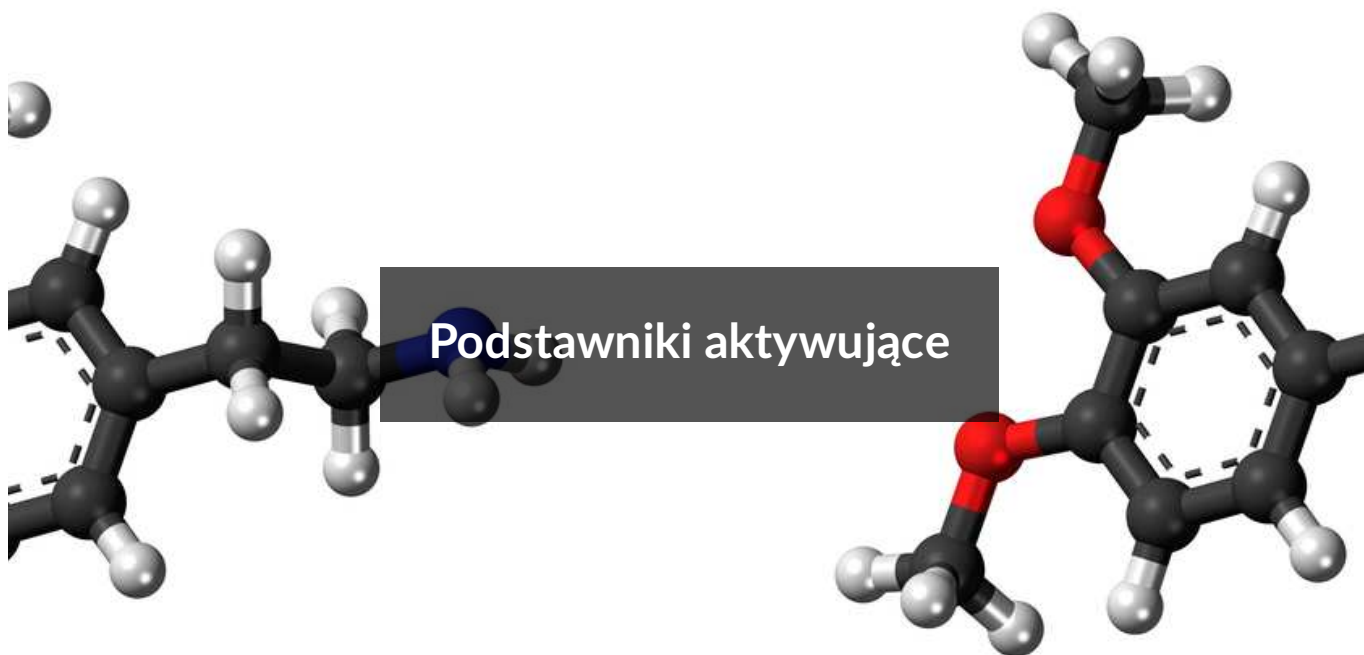




Podstawniki aktywujące

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



Podstawniki aktywujące pełnią ważną rolę podczas planowania reakcji organicznych.

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

Trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie obecnego świata bez związków organicznych. Każdego dnia używamy przedmiotów wykonanych z tych związków. Są to, np: klawiatura, myszka, telefon czy ubrania i okulary. Jednym z zadań chemików zajmujących się syntezą organiczną jest otrzymanie danego produktu z jak największą wydajnością. Niestety w przypadku związków zaliczanych do pochodnych benzenu, możemy otrzymać mieszaninę różnych produktów. Dlaczego tak się dzieje? Co wpływa na powstanie konkretnego produktu?

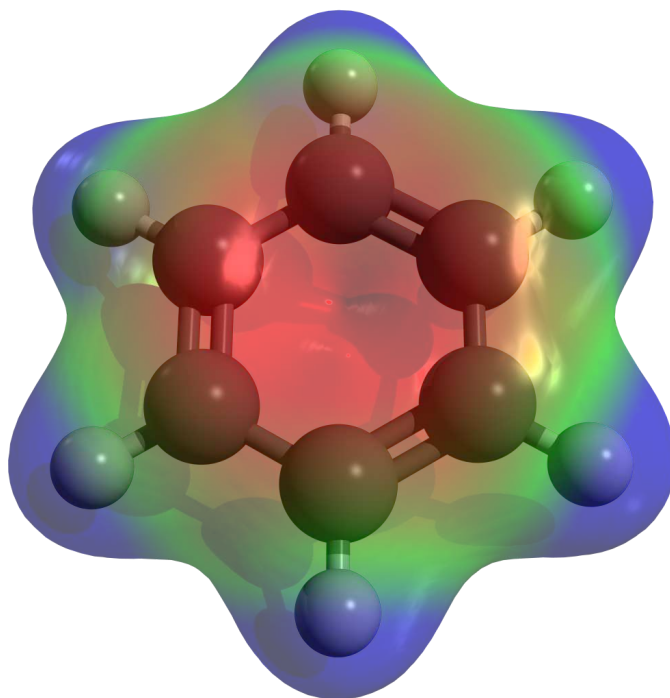
Twoje cele

- Wymienisz podstawniki aktywujące.
- Wyjaśnisz, jak podstawniki aktywujące wpływają na przebieg reakcji chemicznej.
- Zaproponujesz produkty reakcji substytucji elektrofilowej.

Przeczytaj

Podstawniki aktywujące

Benzen jest związkiem, który należy do grupy **związków aromatycznych** i stanowi zagrożenie dla naszego zdrowia i życia. Jego toksyczność wynika w dużej mierze z budowy cząsteczki. Benzen to związek niepolarny, płaski, co pozwala mu oddziaływać z cząsteczkami lipidów, a także z łatwością wnikać do komórek w organizmie. Kumuluje się bowiem w tkance tłuszczowej. Dodatkowo benzen ulega przemianom chemicznym w organizmie ludzkim, które mogą powodować uszkodzenie kwasu nukleinowego i prowadzić do choroby nowotworowej. Jest wchłaniany głównie przez układ oddechowy.



Cząsteczka benzenu z uwzględnieniem gęstości elektronowej

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

Jedną z charakterystycznych właściwości benzenu, jak i jego pochodnych, jest uleganie reakcji **substytucji elektrofilowej**.

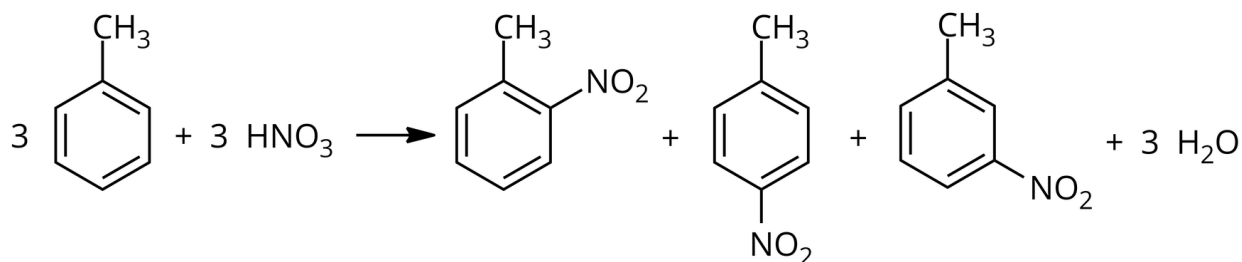
Ważne!

Reakcja substytucji elektrofilowej polega na przyłączeniu się określonej **grupy funkcyjnej** i odłączeniu atomu wodoru z pierścienia aromatycznego.

Ważnym czynnikiem w reakcji substytucji elektrofilowej jest występowanie podstawników w pierścieniu aromatycznym. Niektóre z podstawników zwiększają reaktywność

pierścienia, a niektóre go zmniejszają.

Rozważmy następującą reakcję nitryfikacji:

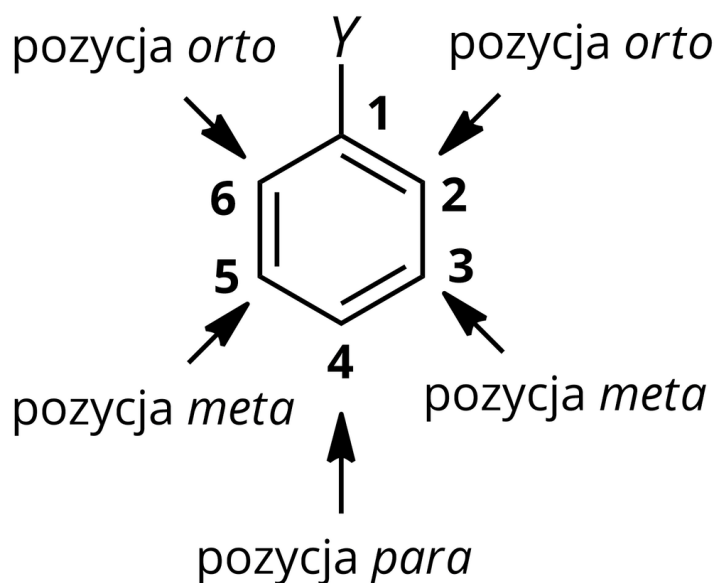


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metylobenzen (toluen) powstaje poprzez podstawienie jednego atomu wodoru w pierścieniu benzenu grupą metylową (—CH_3).

W wyniku reakcji metylobenzenu powstają głównie **dwa produkty organiczne:**

1-metylo-2-nitrobenzen oraz 1-metylo-4-nitrobenzen. Trzeci produkt, jakim jest 1-metylo-3-nitrobenzen, powstaje w ilościach śladowych. Na podstawie tej reakcji możemy wysnuć wniosek, że grupa metylowa w pierścieniu aromatycznym kieruje podstawnik nitrowy w pozycję 2 oraz 4 w pierścieniu aromatycznym. Podstawniki o numerze 2 i 4 możemy nazwać również podstawnikami *orto* i *para*.



Oznaczenie pozycji podstawnika względem podstawnika Y

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

Atomy węgla oznaczone numerami 2 i 6 są względem siebie swoim odbiciami lustrzanymi. Oba podstawniki znajdują się w pozycji *orto* względem podstawnika Y. Jednak przy nazywaniu otrzymanego związku o poprawnej numeracji lokantów, trzeba pamiętać o tym, że powinny mieć one jak najmniejszy numer.

Nie wszystkie, np. halogeny kierują w *orto* i *para*, ale powodują słabą dezaktywizację. Trzeba to jakoś inaczej sformułować (aktywizujące kierują w *orto para*, a nie odwrotnie).

Ważne!

Podstawniki przyłączone do pierścienia aromatycznego mają wpływ na jego reaktywność.

Podstawnikami aktywującymi nazywamy podstawniki kierujące w położenie ***orto* i *para***. Podstawniki takie aktywują pierścień, przez co staje się on bardziej reaktywny niż benzen.

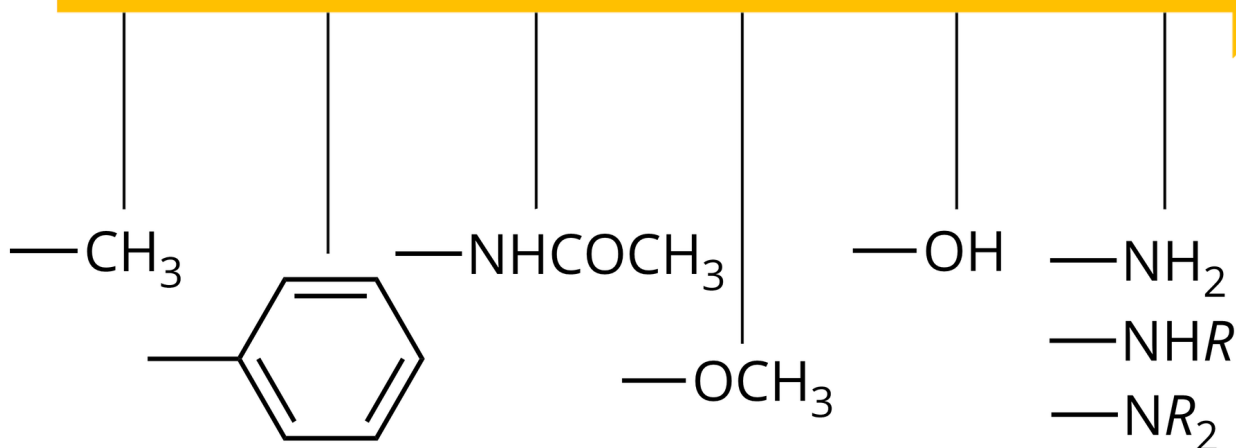
Podstawniki decydują również o położeniu kolejnego podstawnika w pierścieniu, a zatem mają wpływ na kierunek reakcji. Reaktywność i położenie są związane z dwoma efektami: **efektem indukcyjnym** i **efektem rezonansowym**.

Ten pierwszy – efekt indukcyjny – powstaje, kiedy w grupach funkcyjnych cząsteczki znajdują się wiązania spolaryzowane. Powodują one oddawanie lub przyciąganie elektronów w relacji z pierścieniem aromatycznym.

Efekt rezonansowy opiera się na nakładaniu orbitalami p pierścienia aromatycznego z orbitalem podstawnika. Efekt jest taki sam, a nakładanie powoduje wyciąganie elektronów z pierścienia lub ich dostarczanie do pierścienia aromatycznego.

Niektóre podstawniki ***orto* i *para*** mogą mieć funkcję dezaktywującą pierścień.

Wzrost mocy kierującej podstawniki w pozycję *orto* i *para*



Wpływ podstawnika w pierścieniu aromatycznym na podstawienie w pozycję *orto* i *para*

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

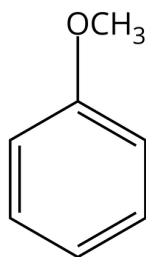
Jak możesz zauważyć, podstawnik metylowy (jak i inne podstawniki alkilowe) jest podstawnikiem słabo aktywującym pierścień aromatyczny w substytucji elektrofilowej. Z tego powodu, w przypadku reakcji nitrowania toluenu w mieszaninie poreakcyjnej, obserwujemy około 4% 1-metylo-3-nitrobenzenu.

Przykład 1

Zapisz równanie reakcji nitrowania metoksybenzenu.

Podpowiedź, jak krok po kroku zapisać to równanie reakcji, znajdziesz w harmonii poniżej.

Zastanów się, jak jest zbudowana cząsteczka metoksybenzenu – jakie grupy funkcyjne posiada?

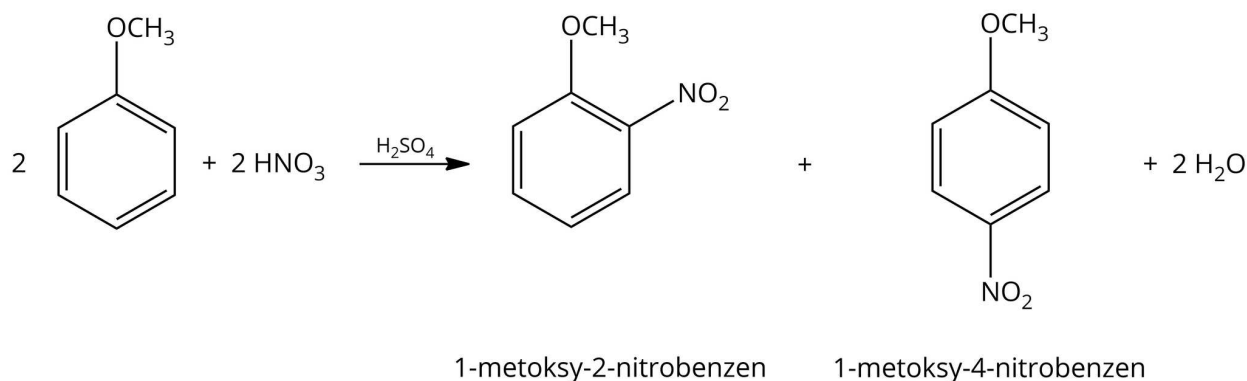


W cząsteczce metoksybenzenu występuje grupa metoksykowa —OCH₃.

Zastanów się, czy grupa występująca w cząsteczce metoksybenzenu jest silnie, czy słabo aktywująca?

Grupa metoksykowa jest silnie aktywująca. Oznacza to, że w wyniku tej reakcji otrzymamy tylko dwa izomery metoksynitrobenzenu: *orto* i *para*.

Zapisz równanie reakcji.



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

Podsumowując, podstawniki aktywujące kierują przebieg reakcji w kierunku powstawania [izomerów](#) *orto* i *para*.

Słownik

substytucja

(łac. *substitutio* „podstawianie”) reakcja podstawiania, podstawienie, reakcja chemiczna, w której atom lub grupa atomów w cząsteczce związku organicznego zostaje podstawiona innym atomem lub grupą atomów

związki aromatyczne

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

grupa funkcyjna

ugrupowanie kilku atomów (lub pojedynczy atom) charakterystyczne dla danej grupy związków organicznych, np. grupa karboksylowa —COOH dla kwasów karboksylowych, grupa nitrowa —NO_2 dla związków nitrowych

izomery

(gr. *isos* „równy”, *meros* „część”) związki chemiczne o cząsteczkach nieróżniących się od siebie ani masą, ani liczbą atomów, ani też ich rodzajem, a różniące się sposobem lub kolejnością powiązania tych atomów lub też rozmieszczeniem ich w przestrzeni

Bibliografia

Encyklopedia PWN

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

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

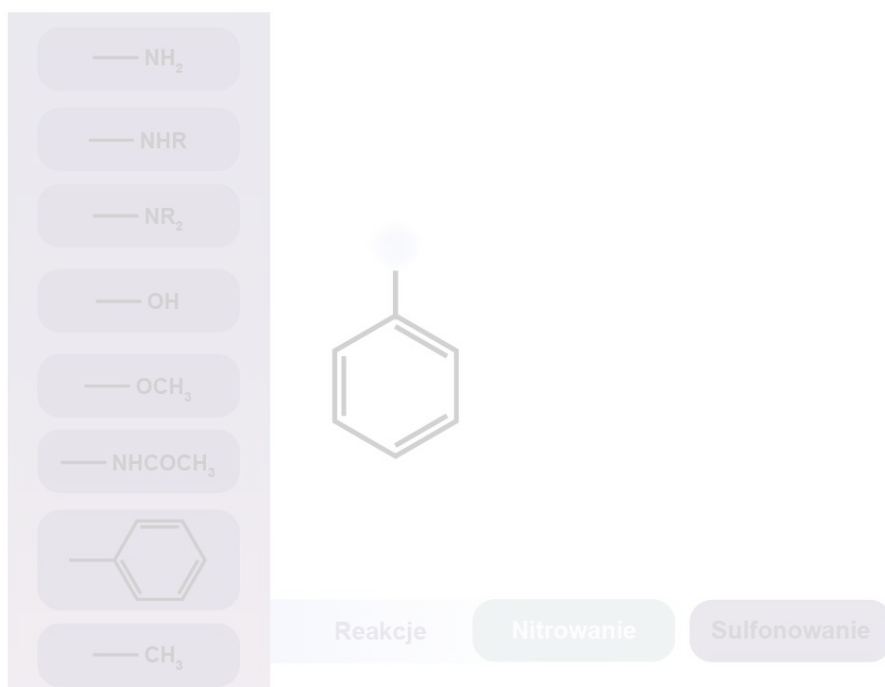
McMurry J., *Chemia organiczna*, cz. 3, Warszawa 2007.

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

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Czy wiesz, jak przebiegają reakcje nitrowania oraz sulfonowania z wykorzystaniem odpowiednich podstawników aktywujących? Jakie produkty otrzymujemy w ich wyniku? Zbadaj to przy pomocy poniższej grafiki interaktywnej, a następnie rozwiąż zadania sprawdzające.



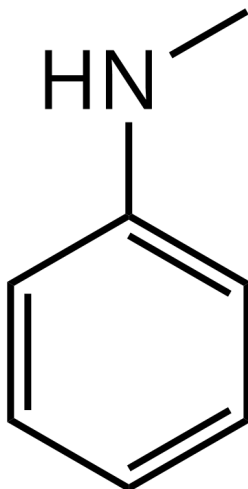
Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DwGXCMGOd>

Grafika interaktywna pt. „Podstawniki aktywujące”

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

Ćwiczenie 1

W jakich pozycjach znajdzie się grupa sulfonowa w reakcji sulfonowania przedstawionego związku?



☐ *meta, para*

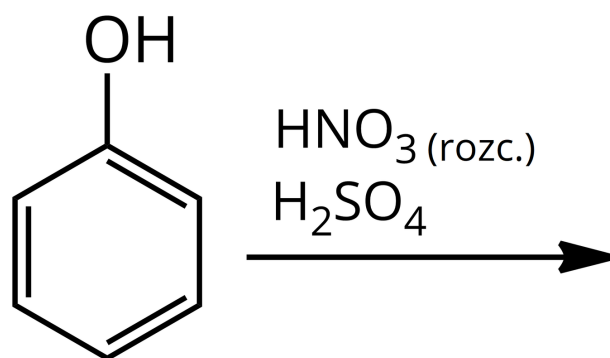
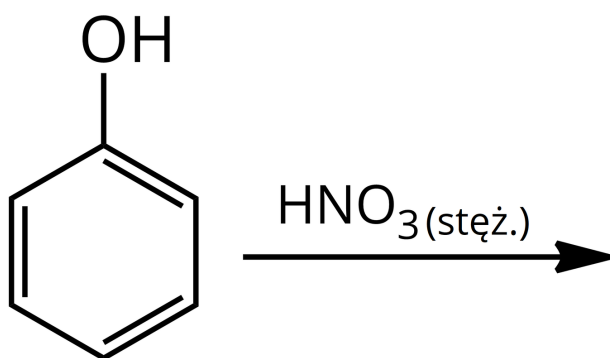
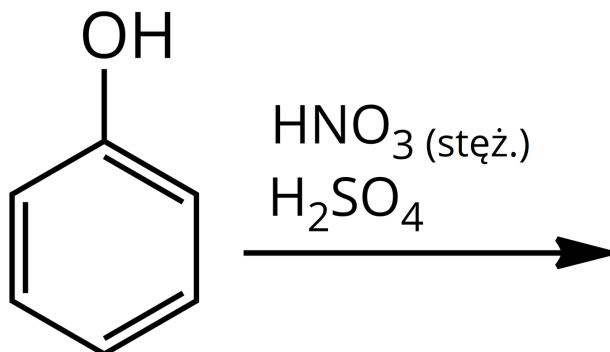
☐ *para, orto*

☐ *orto, meta*

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

Ćwiczenie 2

W wyniku której reakcji, z przedstawionych na poniższych schematach, można otrzymać 4-nitrofenol?



Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawne zdanie dotyczące podstawników aktywujących.

- ☐ Podstawniki aktywujące prowadzą głównie do powstania izomerów *meta* i *orto*.
- ☐ Podstawniki aktywujące prowadzą głównie do powstania izomerów *para* i *orto*.
- ☐ Podstawniki aktywujące prowadzą głównie do powstania izomerów *para* i *meta*.
- ☐ Podstawniki aktywujące prowadzą głównie do powstania izomerów *meta* i *para*.

Ćwiczenie 2



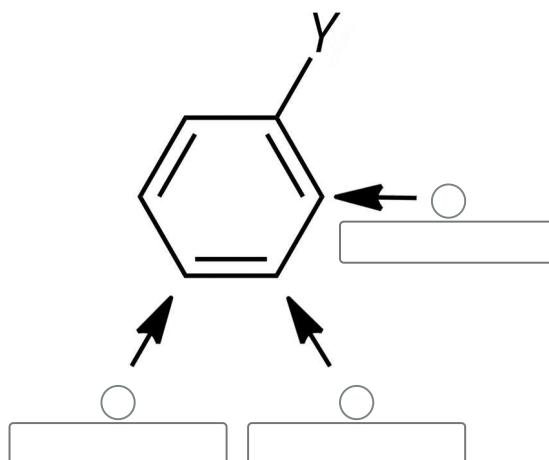
Zaznacz zestaw podstawników, które zaliczamy do podstawników aktywujących.

- ☐ $-\text{CH}_3$, $-\text{Br}$, $-\text{NH}_2$
- ☐ $-\text{CH}_3$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$
- ☐ $-\text{CH}_3$, $-\text{Cl}$, $-\text{OCH}_3$
- ☐ $-\text{C}_6\text{H}_5$, $-\text{CN}$, $-\text{NO}_2$

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj nazwę pozycji (*meta*, *orto*, *para*) względem podstawnika *Y* w pochodnej benzenu.



para

orto

meta

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

Ćwiczenie 4



U szereguj nazwy poniższych podstawników względem wzrastającej mocy aktywującej pierścień aromatyczny (najbardziej aktywujący podstawnik umieść na samym dole).

podstawnik metylowy



podstawnik hydroksylowy



podstawnik aminowy



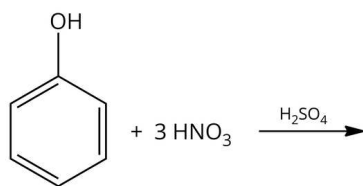
podstawnik fenylowy



Ćwiczenie 5



Dokończ zapis poniższego równania reakcji nitrowania (zapisz tylko główne produkty).



fenol

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

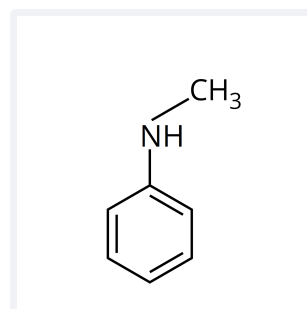
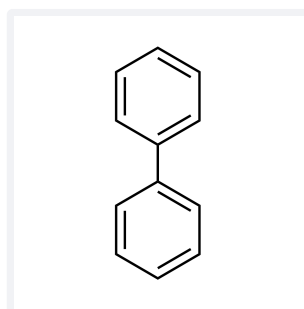
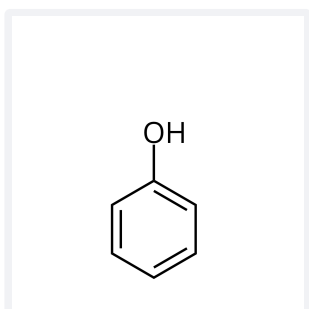
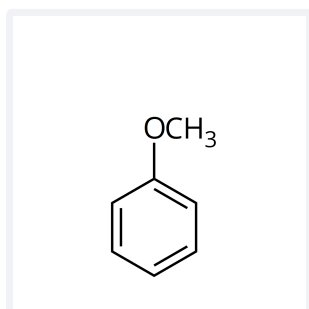
Odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Uzereguj podane związki według malejącej aktywności w reakcjach substytucji (związek o najmniejszej aktywności umieść po prawej stronie).

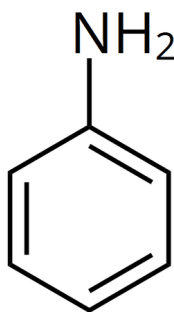


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



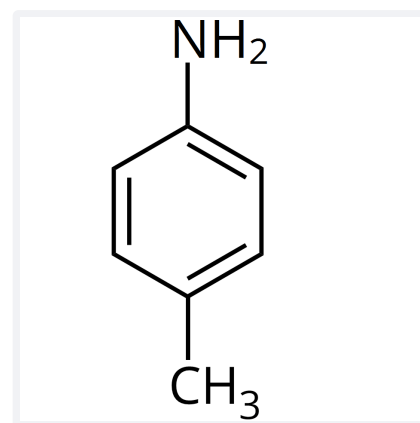
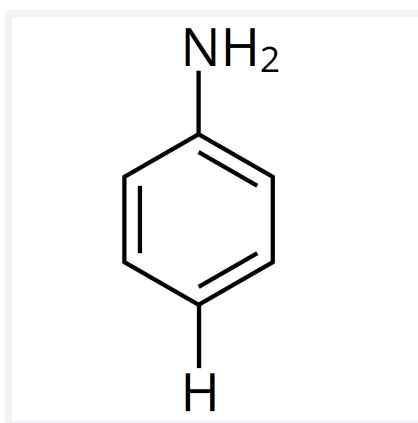
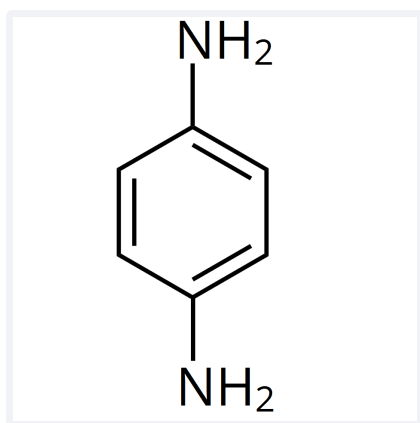
Podstawniki aktywujące w pierścieniu aromatycznym wpływają na reaktywność pierścienia aromatycznego, ale także na zasadowość amin. Najprostsza amina aromatyczna to anilina o wzorze szkieletowym:



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

Im podstawnik jest bardziej aktywujący pierścień aromatyczny, tym amina jest mocniejszą zasadą.

Uzereguj przedstawione niżej związki wraz ze wzrastającą zasadowością (najbardziej zasadowy umieść po prawej stronie).



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

Ćwiczenie 8



Jaki związek (lub związki) otrzymasz w wyniku reakcji metoksybenzenu oraz kwasu azotowego(V) z dodatkiem kwasu siarkowego(VI)? Podaj nazwę tego związku.

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: Podstawniki aktywujące

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie 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 i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wymienia podstawniki aktywujące;
- wyjaśnia, jak podstawniki aktywujące wpływają na przebieg reakcji chemicznej;
- proponuje produkty reakcji substytucji elektrofilowej.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- symulacja interaktywna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- mapa pojęć;
- technika termometr.

Formy pracy:

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

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 pyta uczniów, czy grupa funkcyjna w pierścieniu aromatycznym może wpływać na przebieg reakcji chemicznej.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się wymienić podstawniki aktywujące. Nauczyciel zapisuje propozycje w formie mapy pojęć na tablicy.
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 proponuje uczniom pracę z symulacją interaktywną, zawartą w e-materiale. Uczniowie zapoznają się z poleceniem i wykonują zawarte w medium ćwiczenia.
2. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie do dyskusji: Jak podstawniki przedstawione w symulacji wpływają na przebieg reakcji chemicznej?
3. Uczniowie wyszukują w e-materiale rodzaje podstawników aktywujących, porównują z zasobami zapisanymi w mapie pojęć – uzupełniają mapę, ewentualnie usuwają błędnie wskazane podstawniki.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej polecenie nr 1, zawarte w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”. Uczniowie zastanawiają się nad zapisem równania reakcji. Po

wyznaczonym czasie, chętna osoba zapisuje równanie na tablicy. Następnie nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej rozwiązanie polecenia. Uczniowie porównują oba równania, sprawdzają poprawność zapisu.

5. Nauczyciel podaje polecenie dla uczniów – zapisz reakcję sulfonowania toluenu i podaj nazwy systematyczne głównych produktów. Uczniowie zapisują równanie w zeszytach, po czym chętny lub wskazany uczeń zapisuje równanie na tablicy, a pozostali uczniowie i nauczyciel sprawdzają poprawność zapisu równania.
6. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętna osoba z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel, w razie potrzeby, koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji, mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie, nauczyciel stosuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów. Uczniowie na skali temperatury zaznaczają cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia, które wynikają z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. Jeżeli ze skali będzie wynikał niski poziom temperatury, uczniowie zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana podczas lekcji do zobrazowania wpływu podstawników aktywujących na przebieg reakcji chemicznej. Uczniowie mogą wykorzystać medium do samokształcenia, np. przed pracą kontrolną.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów oraz cenki dla uczniów.
2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Co to jest podstawnik aktywujący?
 - Jakie znasz podstawniki aktywujące?

- Jak podstawniki aktywujące wpływają na przebieg reakcji?