



Katalityczne uwodornienie benzenu

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



Katalityczne uwodornienie benzenu

Benzen w stanie stałym ma postać bezbarwnego kryształu.

Źródło: Endimion17, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Benzen to najprostszy z przedstawicieli węglowodorów aromatycznych. Czy zatem będzie reagował w podobny sposób do węglowodorów alifatycznych, a może zupełnie inaczej? Czy prosty sześciokątny związek z sześcioma zdelokalizowanymi elektronami kryje jakieś tajemnice? Na tej lekcji dowiesz się więcej o reaktywności benzenu i jego pochodnych oraz o mechanizmach, jakie rządzą reakcjami, którym te związki ulegają. Gdy opanujesz ten temat, bez trudu zaprojektujesz skomplikowane i często wieloetapowe reakcje, a kwestie aromatycznego pierścienia staną się dla Ciebie niezwykle łatwe.

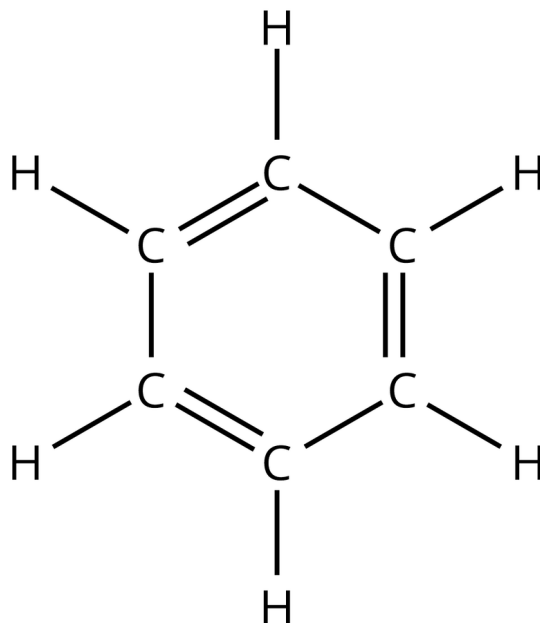
Twoje cele

- Zapoznasz się z podstawowymi wiadomościami o reaktywności związków aromatycznych.
- Zapiszesz równania reakcji substytucji elektrofilowych.
- Zapiszesz wzory pochodnych benzenu i odpowiednio je nazwiesz.
- Przedstawisz, jakim rodzajom reakcji ulega benzen.
- Wywnioskujesz, co to jest kierujący wpływ podstawników w pierścieniu aromatycznym.
- Zapoznasz się z warunkami katalitycznego uwodornienia benzenu. Zaplanujesz wieloetapowy schemat otrzymywania danego związku.

Przeczytaj

Ciekawostka

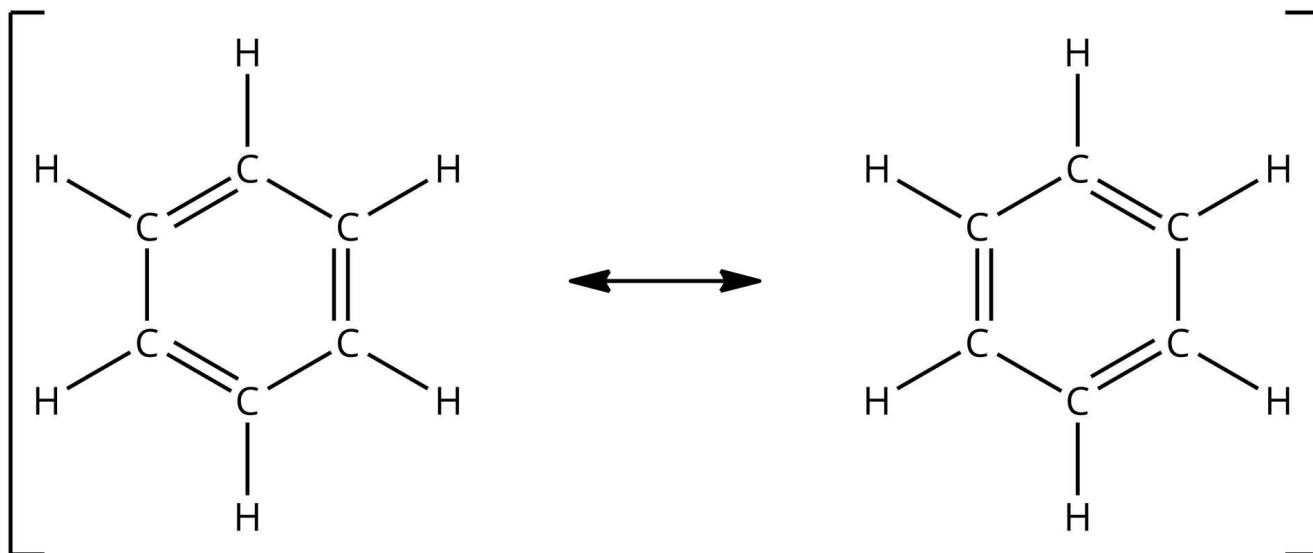
W 1865 roku niemiecki chemik, **Friedrich Kekulé**, wysunął hipotezę głoszącą, że benzen jest cykloheksatrienem o sześcioczłonowym pierścieniu, w którym pomiędzy atomami węgla na przemian występują wiązania pojedyncze i podwójne.



Struktura Kekulégo

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

Struktura Kekulégo nie tłumaczyła jednak, dlaczego benzen i inne związki aromatyczne nie posiadają właściwości charakterystycznych dla węglowodoru nienasyconego. Ponadto, w miarę gromadzenia się materiału eksperymentalnego, okazywało się, że wszystkie wiązania C—C w pierścieniu benzenowym są równocenne. Na podstawie dalszych badań ustalono, że cząsteczka benzenu w istocie stanowi pierścień złożony z sześciu atomów węgla, połączonych równocennymi wiązaniami o długości pośredniej pomiędzy długością wiązania pojedynczego i podwójnego.



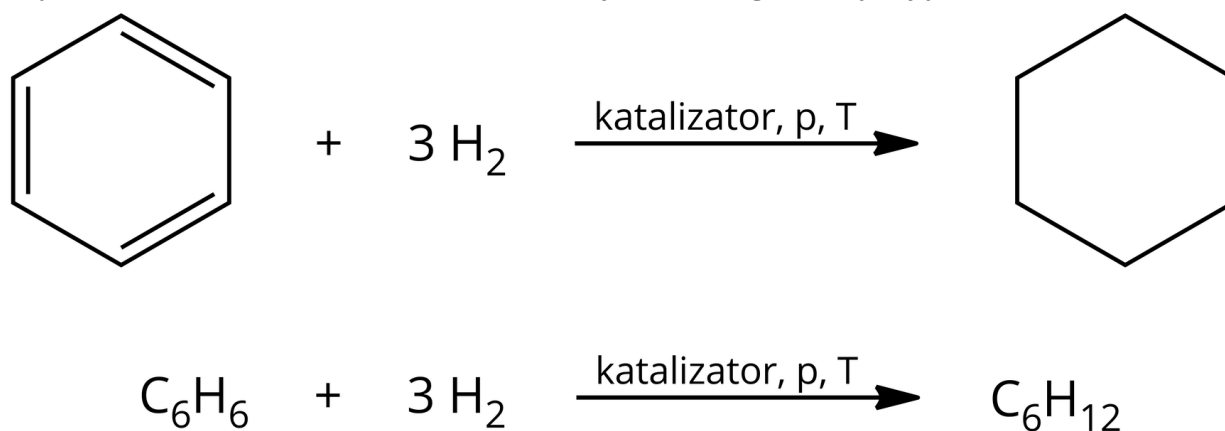
Graniczne struktury rezonansowe benzenu

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

Katalityczne uwodornianie benzenu

Uwodornianie – inaczej uwodornienie, hydrogenizacja, hydrogenacja, wodorowanie, hydrogenoliza – to reakcja redukcji, która polega na przyłączeniu wodoru do danego związku chemicznego. W chemii organicznej **uwodornienie** zachodzi zazwyczaj z częściowym rozerwaniem wiązania wielokrotnego węgiel-węgiel lub węgiel-heteroatom. Reakcja ta wymaga często stosowania wysokich ciśnień, podwyższonej temperatury oraz stosowania katalizatorów, takich jak nikiel Raneya, żelazo, pallad, chrom, miedź oraz ich mieszane tlenki.

W przypadku uwodornienia benzenu, reakcja przebiega następująco:



Równanie reakcji uwodornienia benzenu

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

Stabilność cząsteczek związków aromatycznych jest większa niż węglowodorów nienasyconych. W reakcji uwodornienia należy zastosować bardziej drastyczne warunki.

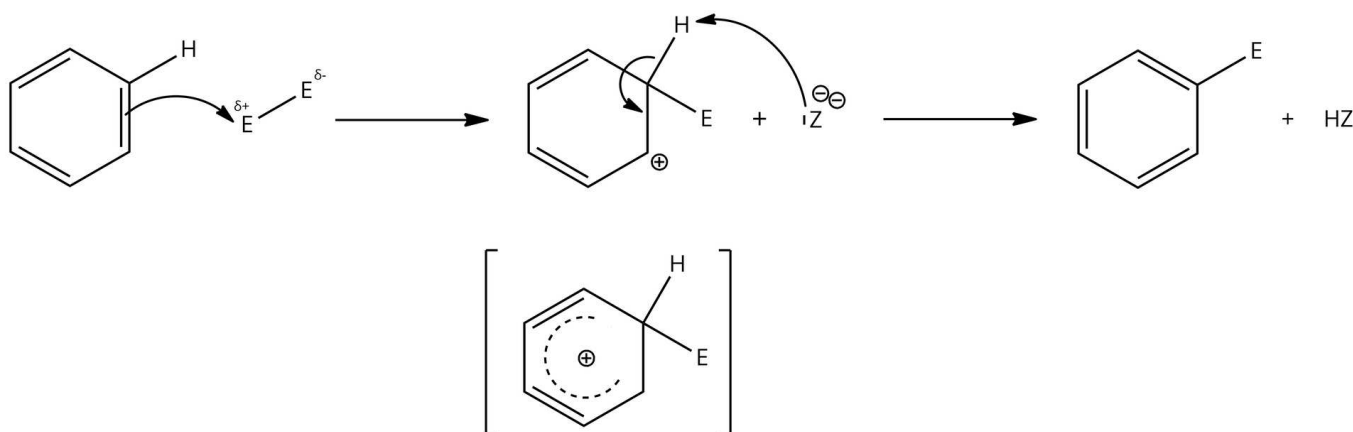
Należy podkreślić, że jest to jeden z nielicznych przypadków kiedy benzen ulega reakcji addycji. Areny zazwyczaj ulegają reakcji substytucji elektrofilowej.

Dla zainteresowanych

Obecnie przemysłowa technologia uwodornienia benzenu odbywa się dwuetapowo. W pierwszym etapie, w nadmiarze benzenu, następuje prawie całkowite przereagowanie wodoru, w drugim zaś etapie w nadmiarze wodoru zachodzi pełne uwodornienie benzenu do cykloheksanu. Reakcja uwodornienia przebiega w fazie gazowej, w obecności stałego katalizatora niklowego, w temperaturze około 180°C , pod ciśnieniem $3 \cdot 10^5$ Pa w pierwszym etapie i $1 \cdot 10^6$ Pa w drugim. Jako czynnik uwodorniający w procesie może być stosowany gaz syntezowy, zawierający około 75% objętościowych H_2 i 25% objętościowych N_2 .

Reakcje, jakim ulegają związki aromatyczne

Związki aromatyczne biorą udział w reakcjach, w których zostaje zachowany nienaruszony układ zdelokalizowanych elektronów π . Do takich reakcji należy **substytucja elektrofilowa**, zachodząca zgodnie z następującym mechanizmem.



Równanie reakcji substytucji elektrofilowej

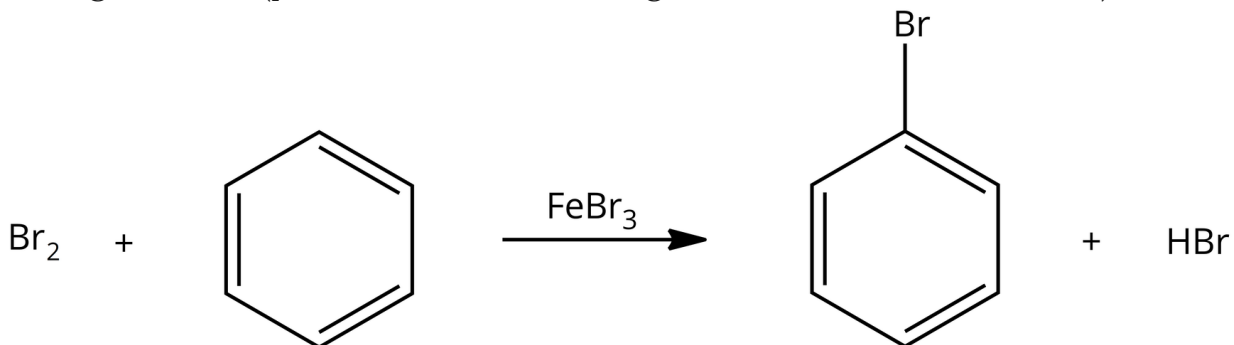
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W pierwszym etapie reagent elektrofilowy E oddziałuje z chmurą zdelokalizowanych elektronów pierścienia benzenowego. Następnie przekształca się w kompleks, w którym chmura zdelokalizowanych elektronów oddaje jedną parę elektronów π , tworząc wiązanie pomiędzy czynnikiem elektrofilowym a atomem węgla. Ostatni etap reakcji polega na

oderwaniu protonu i utworzeniu ponownie uprzywilejowanego stabilnego układu aromatycznego.

Przykłady reakcji substytucji elektrofilowej

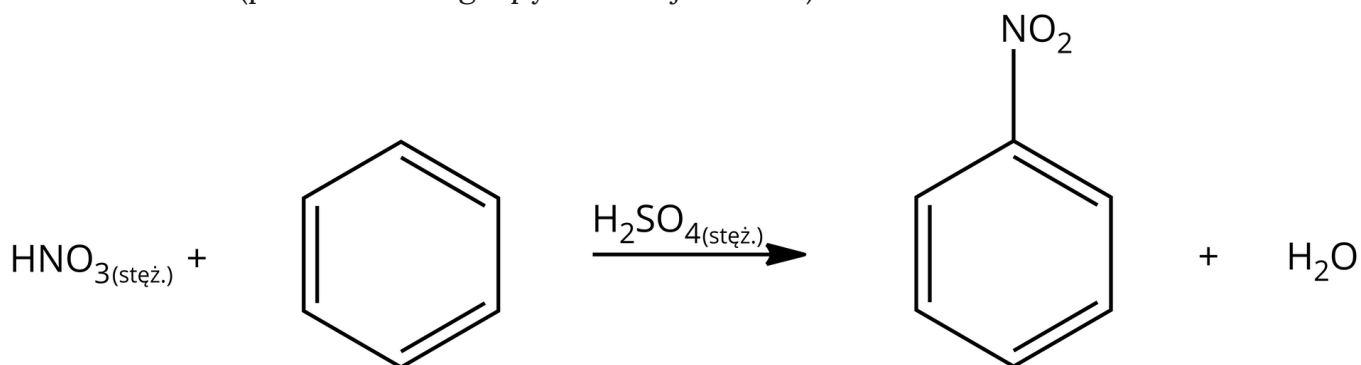
- halogenowanie (podstawienie atomu halogenu X: — F, — Cl, — Br, — I)



Równanie reakcji halogenowania

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

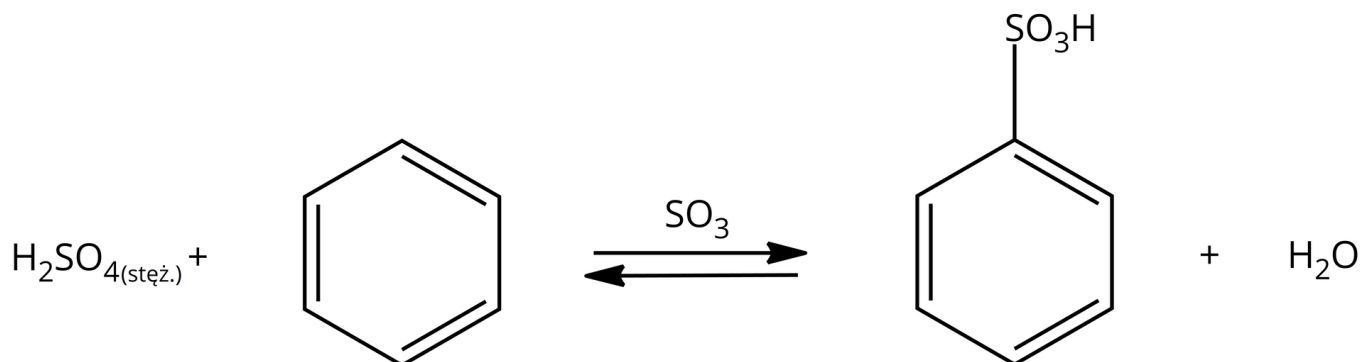
- nitrowanie (podstawienie grupy nitrowej; — NO₂)



Równanie reakcji nitrowania

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

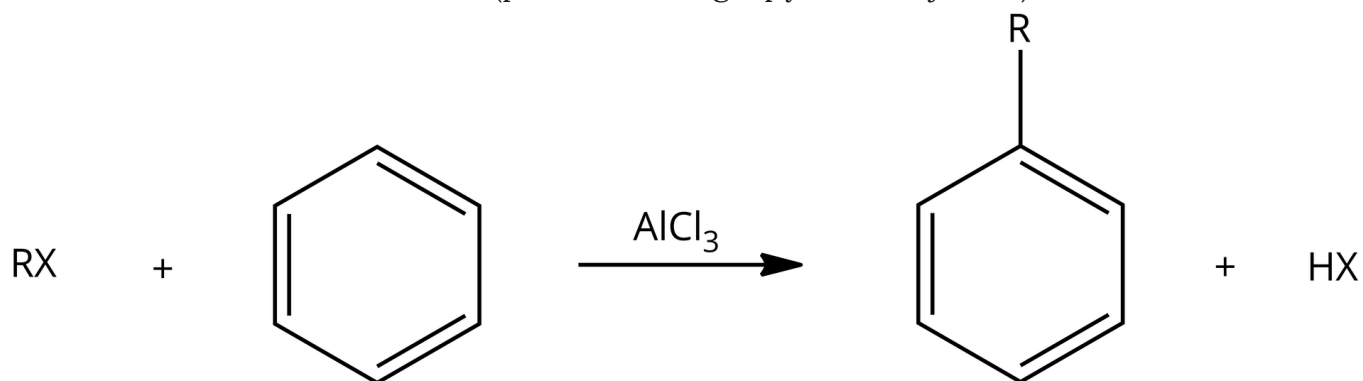
- sulfonowanie (podstawienie grupy sulfonowej: — SO₃H)



Równanie reakcji sulfonowania

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

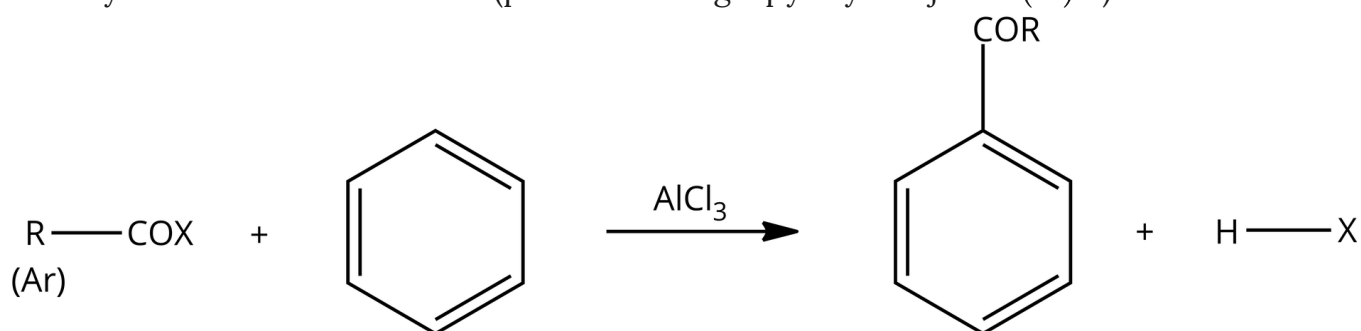
- alkilowanie Friedela-Craftsa (podstawienie grupy alkilowej: —R)



Równanie reakcji alkilowania

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

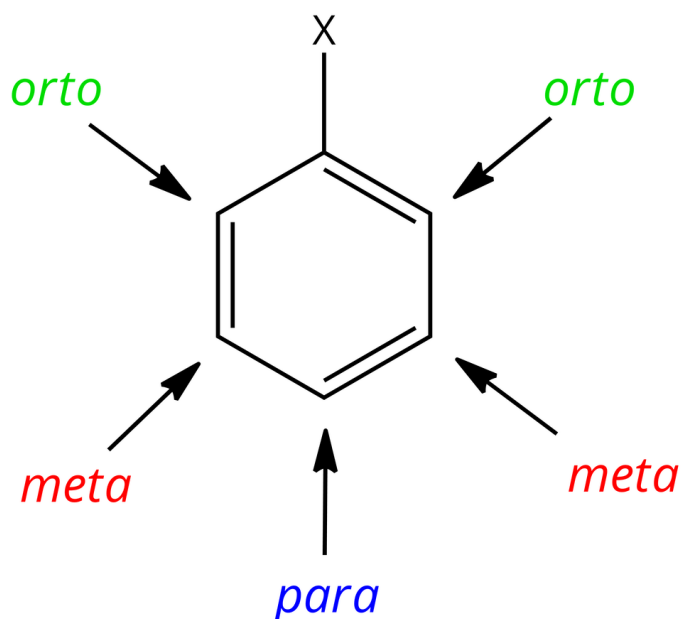
- acylowanie Friedela-Craftsa (podstawienie grupy acylowej: —C(O)R)



Równanie reakcji acylowania

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

Wiemy już, jak wygląda przebieg reakcji substytucji elektrofilowej, w której podstawiono za dowolny atom wodoru pierwszy podstawnik. Co jednak, gdy do już podstawionego benzenu będziemy chcieli dodawać kolejne podstawniki? Jeżeli do pierścienia benzenowego przyłączone są dwie grupy, to należy określić nie tylko ich rodzaj, ale również wzajemne położenie.

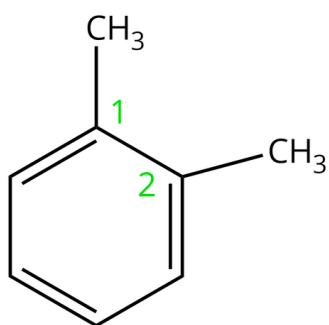


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

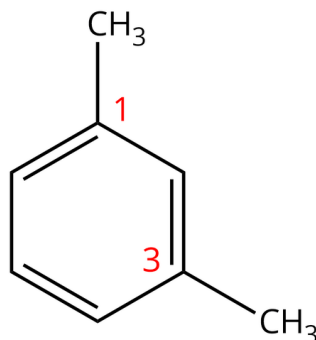
- Gdy podstawniki zajmują położenie 1 i 2 → przedrostek *orto*;
- Gdy podstawniki zajmują położenie 1 i 3 → przedrostek *meta*;
- Gdy podstawniki zajmują położenie 1 i 4 → przedrostek *para*.

Podając nazwy dwupodstawionych pochodnych benzenu nie należy stosować przedrostków *meta*, *orto* czy *para* ani odpowiednich dla nich skrótów literowych, jedynie lokanty.

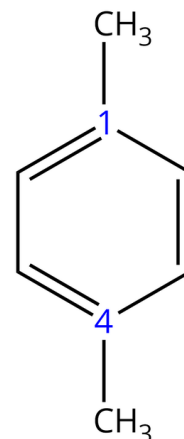
Przykład:



1,2-dimetylobenzen



1,3-dimetylobenzen



1,4-dimetylobenzen

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

Jak wpływa podstawnik, który znajduje się w pierścieniu aromatycznym, na położenie nowego wprowadzanego podstawnika?

Otóż podstawniki związane z pierścieniem aromatycznym wywierają wpływ na aktywność związku, a także wskazują, w jakim położeniu znajdzie się następna podstawiona grupa.

Podstawniki dzielimy zasadniczo na dwa rodzaje:

Podstawniki	Położenie podstawnika	Wpływ podstawnika na reaktywność związku aromatycznego	Przykłady podstawników
I rodzaju	<i>orto</i> i <i>para</i>	zwiększają reaktywność związku aromatycznego	<p>— NH₂ (aminowe) Silnie aktywujące pierścień!</p> <p>— OH (hydroksylowe) Silnie aktywujące pierścień!</p> <p>— R (alkilowe)</p> <p>— Ar (arylowe)</p>

Podstawniki	Położenie podstawnika	Wpływ podstawnika na reaktywność związku aromatycznego	Przykłady podstawników
		zmniejszają reaktywność związku aromatycznego	Halogenki (fluorowce): — F — Cl — Br — I
II rodzaju	<i>meta</i>	zmniejszają reaktywność związku aromatycznego	— NO ₂ (nitrowe) — COOH (karboksylowe) — COOR (estrowe) — SO ₃ H (sulfonowe) — CHO (aldehydowe) — CN (nitylowe) — C(O)R (acylowe)

Jak to zapamiętać?

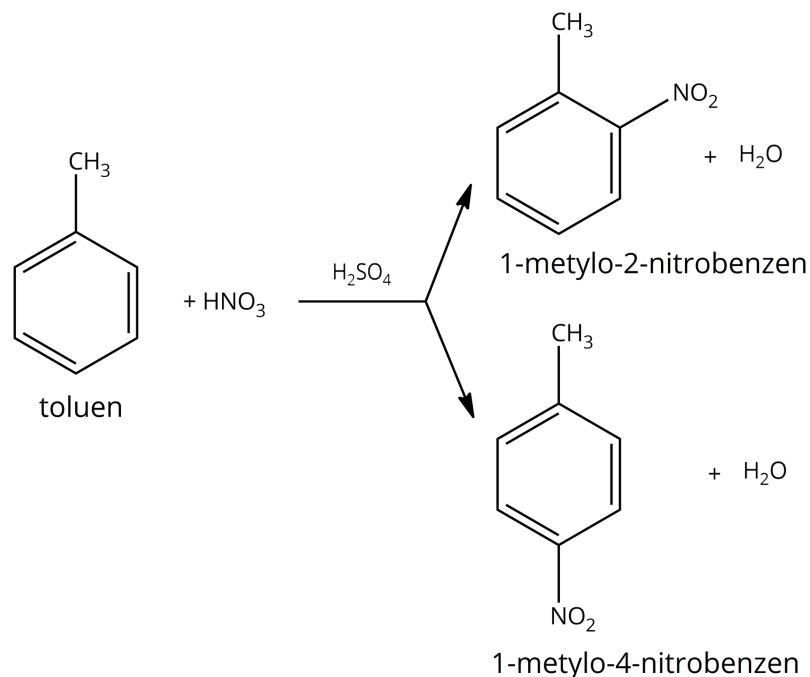
Czy jest jakaś mnemotechnika, pozwalająca zapamiętać, który podstawnik jest jakiego rodzaju? Jest, chociaż oczywiście to tylko pewne uogólnienie. Pozwoli Ci ono jednak przynajmniej na początku sprawnie rozróżniać podstawniki. Sekret tkwi w tlenie. Zauważ, że prawie wszystkie podstawniki II-rodzaju zawierają jeden lub więcej atomów tlenu (oprócz grupy — CN – nitylowej). Z kolei gdy przyjrzy się podstawnikom I-rodzaju, zobaczysz, że są to grupy pozbawione tlenu (oczywiście i tu jest wyjątek w postaci grupy hydroksylowej — OH). Być może ta prosta metoda ułatwi Ci prawidłową klasyfikację podstawników. Innym sposobem ułatwiającym zapamiętanie jest analiza budowy samego podstawnika, jeśli podstawnik w swojej budowie zawiera wiązanie wielokrotne to kieruje w pozycję meta, jeśli nie to w pozycje orto i para. Jest to jednak kolejne uogólnienie mające na celu pomóc Ci zapamiętać możliwie jak najwięcej.

Aby wytłumaczyć zasadę wpływu podstawnika na kierunek przyłączenia nowego podstawnika, można zastosować porównanie do stołu, przy którym zazwyczaj siadają goście, oraz do relacji gość-gospodarz. Wyobraź sobie, że pierścień benzenu to sześciokątny stół z dokładnie sześcioma miejscami. Na początku do stołu podchodzi gospodarz, który zajmuje pozycje u szczytu stołu, czyli nr 1. Następnie zaprasza swoich gości. Jeśli jest gospodarzem pierwszego rodzaju, życzy sobie, aby zająć miejsce albo bezpośrednio koło niego (w **pozycji orto**), albo naprzeciw niego (w **pozycji para**). Jeśli natomiast jest gospodarzem drugiego rodzaju, prosi, aby gość zajął pozycje w taki sposób, aby zostawić jeszcze jedno wolne miejsce między nimi (**pozycje meta**). Najistotniejszym

faktem jest to, że o zajmowanej pozycji nie decyduje gość (czyli nowy podstawnik), lecz gospodarz, który siedzi już przy stole (podstawnik w pierścieniu).

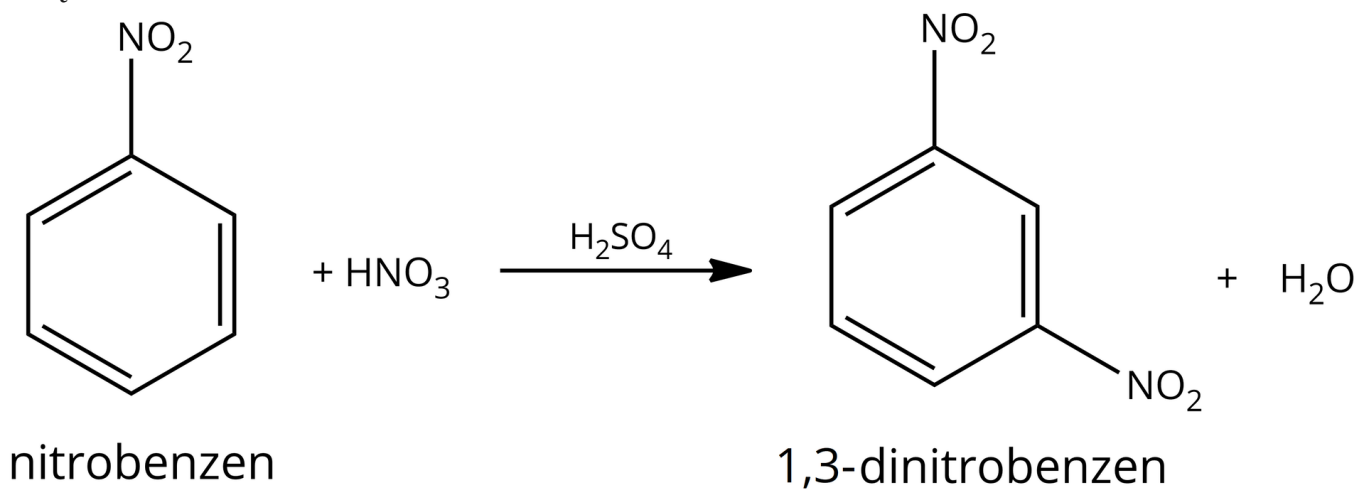
Aby jeszcze lepiej zrozumieć tę zasadę, posłużmy się przykładem.

W pierwszej kolejności będziemy mieli do czynienia z podstawnikiem pierwszego rodzaju, czyli z grupą alkilową – konkretnie grupą metylową. W tym wypadku będziemy nitrować toluen. Tutaj, jako produkt główny, otrzymamy dwa izomery.



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

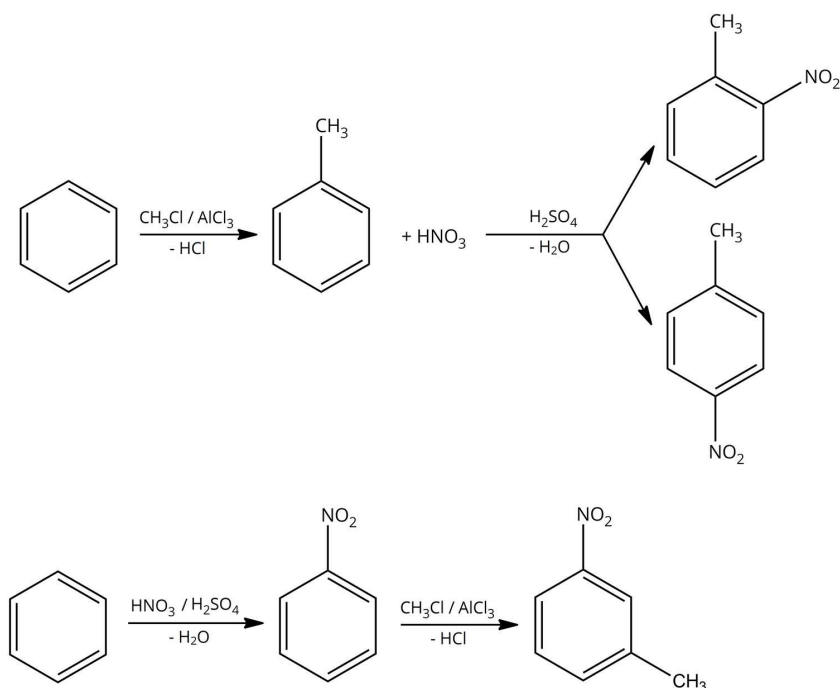
Tym razem użyjemy podstawnika drugiego rodzaju, w tym przypadku będzie to grupa nitrowa w nitrobenzenie, podstawnikiem chcącym przyłączyć się do pierścienia będzie kolejna grupa nitrowa. W tym przypadku jako produkt główny otrzymamy tylko jeden związek.



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

Zauważ zatem, że w zależności od kolejności wprowadzania podstawników, możemy otrzymać różne produkty. W zależności czy najpierw alkilujemy, a później nitrujemy, czy

odwrotnie – zawsze uzyskujemy różne produkty. To bardzo ważne, jeśli chcemy projektować schematy reakcji, których produktem końcowym ma być konkretny izomer.



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

Słownik

uwodornianie

inaczej uwodornienie, hydrogenizacja, hydrogenacja, wodorowanie, hydrogenoliza; reakcja redukcji, polegająca na przyłączeniu wodoru do danego nienasyconego związku chemicznego

substytucja elektrofilowa

dokładniej: aromatyczna substytucja elektrofilowa; reakcja substytucji, zachodząca dla związków aromatycznych, w której czynnikiem atakującym jest elektrofil; substytucja elektrofilowa jest oznaczana symbolem S_E lub S_{EAr}

pozycja *orto*

wzajemne ułożenie podstawników w pierścieniu benzenowym w pozycji 1 i 2

pozycja *meta*

wzajemne ułożenie podstawników w pierścieniu benzenowym w pozycji 1 i 3

pozycja *para*

wzajemne ułożenie podstawników w pierścieniu benzenowym w pozycji 1 i 4

podstawnik I rodzaju

ułatwiają reakcję substytucji elektrofilowej i kierują następny podstawnik w pozycje *orto* i *para* względem siebie; atomy chlorowców kierują następny podstawnik w pozycje *orto* i *para*, ale utrudniają reakcje podstawienia w pierścieniu aromatycznym

podstawniki II rodzaju

utrudniają reakcję substytucji elektrofilowej i kierują następny podstawnik w pozycję *meta* względem siebie

Bibliografia

Encyklopedia PWN

McMurry J., *Chemia organiczna*, Warszawa 2000.

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

Animacja

Polecenie 1

Reakcją uwodornienia nazywamy taką reakcję redukcji, w której do cząsteczki związku chemicznego zostają przyłączone atomy wodoru. Czy wiesz, jak zachodzi katalityczne uwodornienie benzenu? Czy wiesz, jakie katalizatory są używane? Czy potrafisz podać nazwę produktu reakcji? Zapoznaj się z poniższą animacją, a następnie wykonaj zadania.

Trwa wczytywanie danych ..



Katalityczne uwodornienie benzenu

Film dostępny pod adresem </preview/resource/RpbEQW5SL0JmQ>

Animacja pt. „Katalityczne uwodornienie benzenu”

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej reakcji katalitycznego uwodornienia benzenu.

Ćwiczenie 1

Wyjaśnij, czym jest nikiel Raneya.

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Napisz równanie reakcji uwodornienia benzenu do cykloalkanu. Użyj wzorów sumarycznych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Napisz równanie reakcji uwodornienia benzenu, wykorzystując wzory uproszczone związków organicznych.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 2



Oceń, czy poniższe zdania są prawdziwe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Benzen ze względu na swój aromatyczny charakter nie ulega reakcji addycji	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uwodornienie benzenu jest reakcją katalityczną z udziałem niklu lub platyny	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Substytucja elektrofilowa przy pierścieniu aromatycznym jest reakcją jednoetapową	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Substytucja elektrofilowa przy pierścieniu aromatycznym wymaga obecności światła lub podwyższonej temperatury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Czynnik elektrofilowy to reagent, który ma deficyt elektronów	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 3



Uzupełnij tekst zaznaczając prawidłowe słowa.

Uwodornienie benzenu jest przykładem reakcji eliminacji addycji
 substytucji elektrofilowej . W wyniku tej reakcji powstaje cykloalkan alkan
 związek aromatyczny . Reakcja ta przebiega w warunkach pokojowych
 podwyższonej temperatury i pod ciśnieniem atmosferycznym zwiększonym
 zmniejszonym . Ponadto wymaga nie wymaga użycia katalizatora. Wodór
i benzen reagują w stosunku molowym 3 : 1 1 : 3 1 : 1 .

Ćwiczenie 4



Podziel podstawniki na te I rodzaju i II rodzaju.

podstawniki I rodzaju

 —CHO —CH₂CH₃ —CH₃ —F —SO₃H —COOH —CN —Br —NH₂ —Cl —NO₂ —OH

podstawniki II rodzaju

Ćwiczenie 5



Oceń, czy poniższe zdania są prawdziwe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
W wyniku nitrowania toluenu w największym procencie powstaje 1-metylo-3-nitrobenzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Podstawniki II rodzaju zmniejszają reaktywność pierścienia i utrudniają reakcję substytucji elektrofilowej.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atomy halogenów utrudniają reakcję substytucji elektrofilowej, dlatego należą do podstawników II rodzaju.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Podstawniki I-rodzaju kierują w pozycje orto i para.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W wyniku wielokrotnego nitrowania benzenu można otrzymać 1,2,6-trinitrobenzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 6



Dysponując benzenem i dowolnymi odczynnikami nieorganicznymi, zaproponuj schemat syntezy następujących związków:

1. 1-chloro-3-nitrobenzenu;
2. 1-chloro-2-nitrobenzenu;
3. 1-chloro-2,4-dinitrobenzenu.

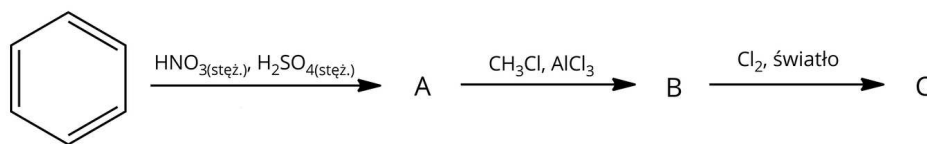
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Uzupełnij schemat reakcji, wpisując w miejsce liter A, B, C wzory odpowiednich związków.



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

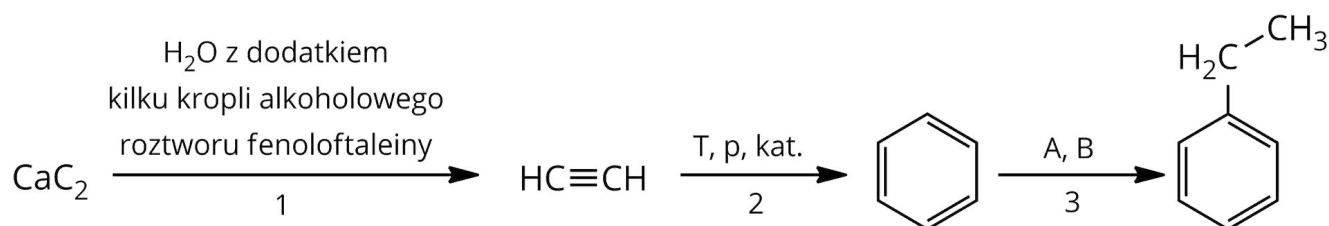
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Poniżej przedstawiono ciąg kilku reakcji chemicznych:



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

1. Napisz równania reakcji 1-3, wiedząc, że do żadnych z przemian nie użyto związków zawierających chlor. Do zapisu związków organicznych użyj wzorów półstrukturalnych.
2. Określ obserwacje towarzyszące zachodzeniu reakcji chemicznej oznaczonej na schemacie nr 1.

Równania reakcji 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: Jakub Skuta, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Katalityczne uwodornienie benzenu

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:

- pisze równanie uwodornienia benzenu oraz omawia warunki tej reakcji;
- wyjaśnia, jak przebiega reakcja substytucji elektrofilowej przy pierścieniu aromatycznym;
- podaje trzy przykłady reakcji substytucji elektrofilowej przy pierścieniu aromatycznym;
- pisze wzory i nazwy produktów substytucji elektrofilowej przy pierścieniu aromatycznym;

- wyjaśnia, na czym polega kierujący wpływ podstawników;
- definiuje podstawniki I i II-rodzaju;
- wymienia kilka przykładów podstawników I- i II-rodzaju;
- planuje wieloetapowy schemat otrzymywania zadanych związków;
- wymienia podstawowe właściwości związków w zależności od rzędowości.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- operacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- fiszki;
- technika baterii.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Czy benzen będzie reagował w podobny sposób do węglowodorów alifatycznych, a może zupełnie inaczej”?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się wyjaśnić, na czym polega reakcja katalitycznego uwodornienia. 3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

3. Ustalenie celów. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami określa cele lekcji, które zapisują sobie w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel zadaje pytanie uczniom w całej klasie: Jak według nich wyglądałaby reakcja uwodornienia benzenu? Ochotnicy zapisują swoje propozycje równania reakcji na tablicy. W czasie burzy mózgów całego zespołu klasowego nauczyciel dopytuje o warunki i o łatwość zachodzenia tej reakcji. Spośród propozycji zapisanych równań nauczyciel wybiera to, które jest poprawnie zapisane, ewentualnie zapisuje sam poprawnie zapisane równanie na tablicy wraz z warunkami reakcji.
2. Następnie uczniowie pracują w parach. Jeden z uczniów czyta, czym jest reakcja substytucji elektrofilowej i próbuje swoimi słowami wyjaśnić drugiemu uczniowi, czym jest ta reakcja i na czym polega. W tym samym czasie drugi uczeń przegląda przykładowe reakcje, nie wiedząc, na czym polega ten mechanizm. Jeden z uczniów ma wiedzę teoretyczną, a drugi zastosowanie tej wiedzy na konkretnych przypadkach, ich celem jest synteza ich wiedzy. Zadanie ma na celu rozwijanie umiejętności współpracy, dociekliwości oraz pobudzenie w uczniach zdolności dydaktycznych. Nauczyciel koryguje i odpowiada na konkretne pytania uczniów.
3. Następnie nauczyciel za pomocą e-materiałów tłumaczy, czym jest pozycja orto, meta i para w pierścieniu aromatycznym, a następnie skrupulatnie omawia na przykładach, czym jest kierujący wpływ podstawników.
4. Uczniowie korzystają z multimedium, jakim są fiszki do szybkiej nauki podstawników (maksymalnie 5 minut) wzajemnie odpytując się w parach.
5. Następnie nauczyciel zapowiada, że teraz uczniowie będą pracować w grupach, a każda grupa będzie odpowiedzialna za inny rodzaj reakcji:
 - I grupa – reakcja alkiłowania;
 - II grupa – chlorowanie w obecności chlorku żelaza(II);
 - III grupa – nitrowanie mieszaniną nitrującą;
 - IV grupa – bromowanie w obecności bromku żelaza(II).
- Nauczyciel na arkuszu A4 zapisuje wzór benzenu, a następnie pisze na tablicy wzór związku, jaki uczniowie mają otrzymać. Uczniowie sami muszą zdecydować, której grupie zostanie podana kartka ze wzorem jako pierwszej i komu zostanie przekazana dalej. Uczniowie na kartce piszą równanie reakcji i podkreślają, jaki produkt główny może zostać użyty przez inną grupę. W ten sposób powstaje "fabryka chemiczna", w której każdy zespół jest odpowiedzialny za inny etap syntezy wieloetapowej. Uczniowie uczą się współpracy, logicznego myślenia, planowania i zdolności logistycznych. (Przykłady związków: 1-chloro-3-nitrobenzen, 1-metylo-4-nitrobenzen, 4-bromo-1-chlorobenzen, 1-metylo-4-nitrobenzen itd.). Nauczyciel monitoruje i poprawia błędy lub nieścisłości; ewentualnie uzupełnia braki.

6. Nauczyciel zapowiada uczniom, że będą rozwiązywać ćwiczenia nr 6-8 zawarte w e-materiale w sekcji „sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania w parach. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają odpowiedzi, a pozostali uczniowie wspólnie ustosunkowują się do nich. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Prowadzący zapowiada uczniom, że w kolejnym kroku będą rozwiązywać ćwiczenia nr 1-5 z sekcji „Sprawdź się”. Każdy z uczniów wykonuje ćwiczenia samodzielnie. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają rozwiązania. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają cenkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające 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. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animację uczniowie mogą wykorzystać podczas przygotowywania się do lekcji lub pracy kontrolnej.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz cenki dla uczniów.