



Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych

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



Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych

Nawet silne wiązania chemiczne w związkach chemicznych mogą ulec zerwaniu dokładnie tak samo, jak mocna lina pod wpływem silniejszych od niej czynników zewnętrznych.

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

Czy wiesz, że podczas reakcji chemicznej wiązania chemiczne w substratach muszą zostać zerwane, aby mogły powstać nowe związki? Jeśli w czasie rozpadu substratu wspólna para elektronowa zostaje rozdzielona tak, że każdy z atomów otrzymuje finalnie po jednym z elektronów wspólnej pary, to mówimy o tzw. rozpadzie homolitycznym. W przypadku, kiedy jeden z atomów przejmuje całą parę elektronową, mamy do czynienia z rozpadem heterolitycznym. Jak na dalszy przebieg reakcji chemicznej wpływa sposób rozerwania wiązania? Tego dowiesz się, analizując ten materiał.

Twoje cele

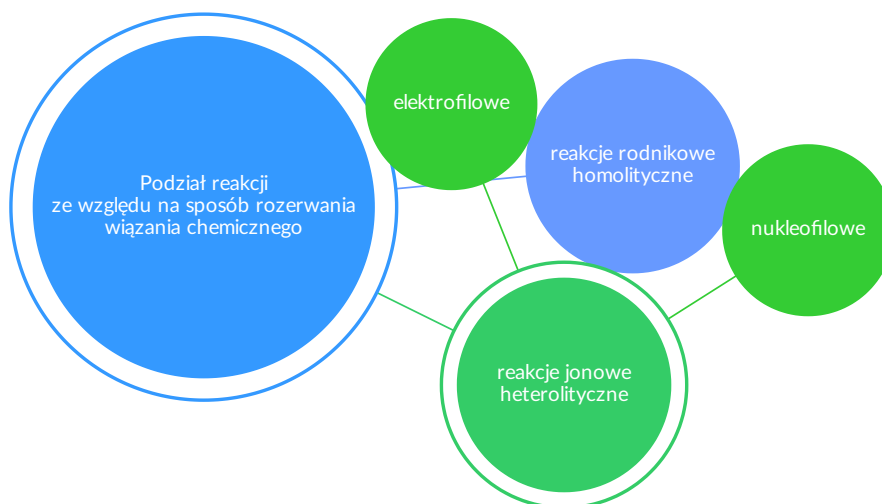
- Podzielisz reakcje ze względu na sposoby rozrywania wiązania kowalencyjnego.
- Zdefiniujesz pojęcia: czynnik atakujący, czynnik nukleofilowy, czynnik elektrofilowy

- Wymienisz różnice pomiędzy typami reakcji organicznych – addycji, eliminacji i substytucji.

Przeczytaj

Zajście reakcji organicznej zwykle jest warunkowane zderzeniem dwóch drobin. Mogą one mieć miejsce pomiędzy:

- dwoma indywiduami chemicznymi obojętnymi elektrycznie – cząsteczkami;
- dwoma jonami lub dwoma rodnikami;
- cząsteczką a jonem lub rodnikiem.



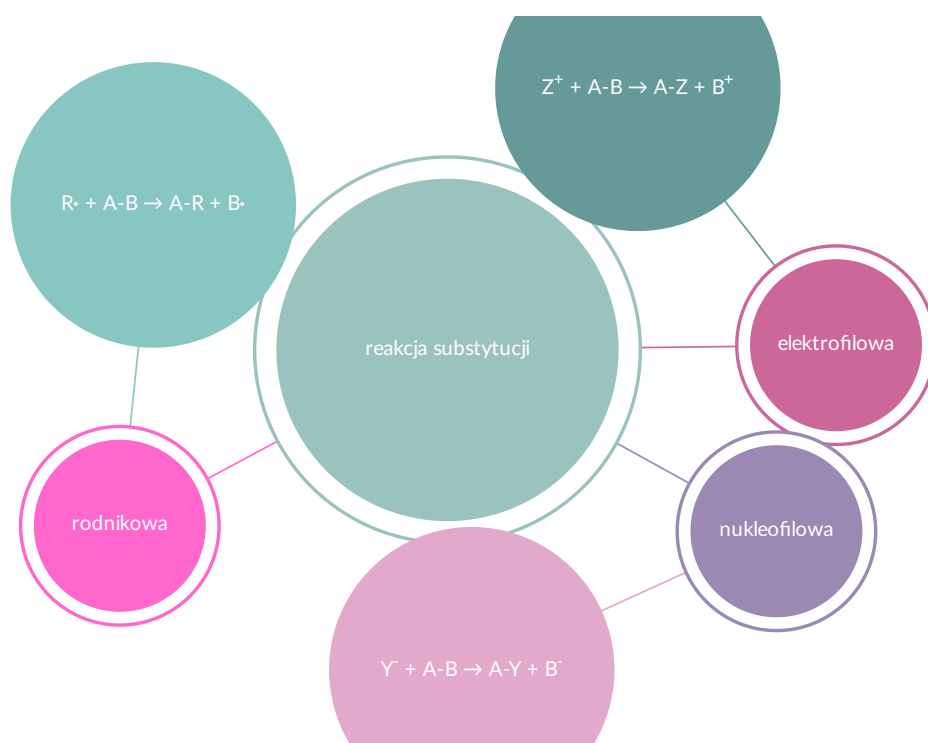
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Typy reakcji chemicznych

Przypomnijmy, z jakimi typami reakcji mamy do czynienia w chemii organicznej.

Reakcje substytucji

Reakcje te polegają na podstawieniu (zastąpieniu) atomu lub grupy funkcyjnej w cząsteczce przez atom lub inną grupę funkcyjną.

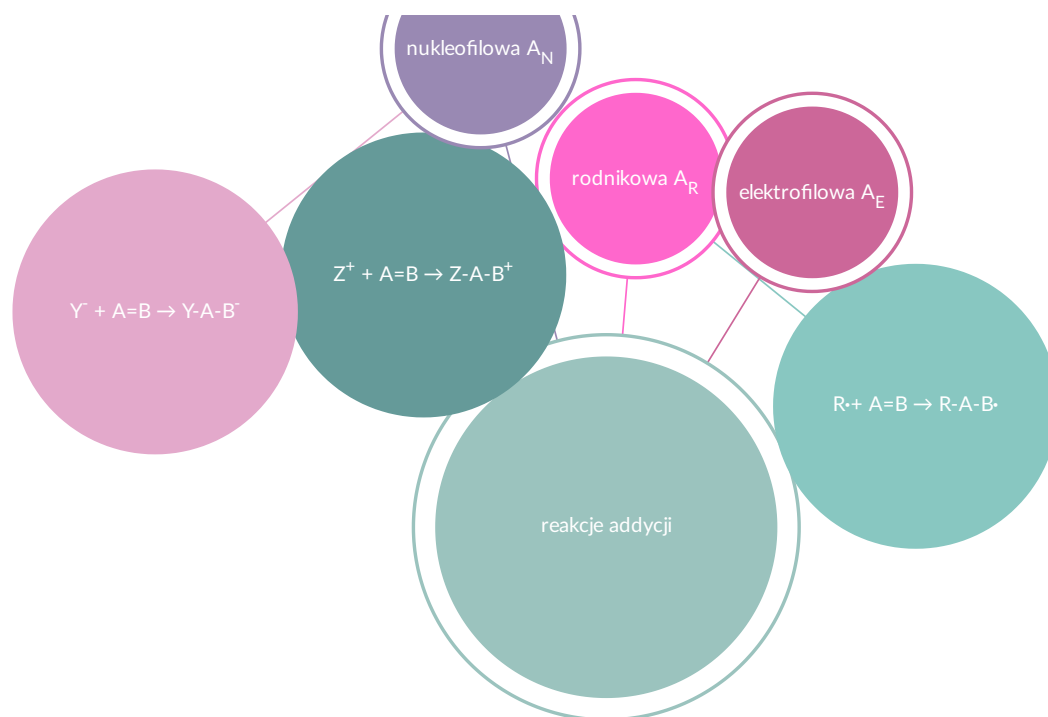


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Reakcje addycji

Reakcje te polegają na przyłączeniu cząsteczek homoatomowych lub heteroatomowych do atomów węgla, połączonych wiązaniami wielokrotnymi,

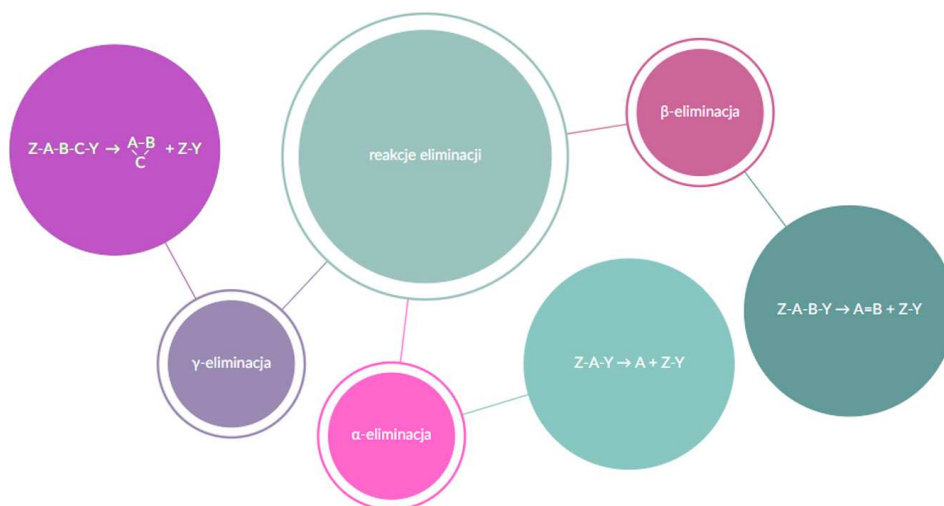
z jednoczesnym zmniejszeniem krotności wiązania w cząsteczce wyjściowego substratu organicznego.



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

Reakcje eliminacji

Reakcje te polegają na oderwaniu od sąsiadujących ze sobą atomów węgla lub grup funkcyjnych bez zastąpienia ich innymi podstawnikami, w wyniku czego wzrasta krotność wiązania w stosunku do wyjściowego substratu organicznego.



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

Rozrywanie wiązań w cząsteczkach organicznych

Ze względu na sposób rozrywania wiązań w cząsteczkach, reakcje dzielimy na:

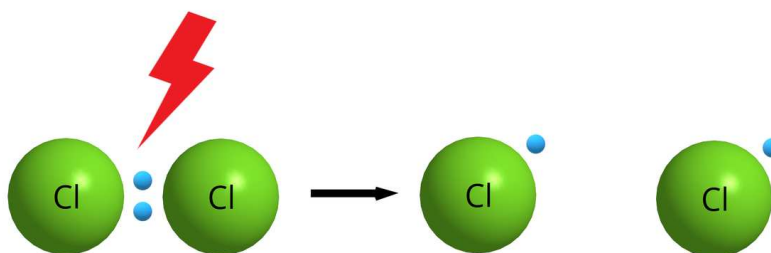
- homolityczne (rodnikowe);
- heterolityczne (jonowe).

Ważne!

Cechą różniącą reakcje heterolityczne od homolitycznych jest także charakter nowo utworzonych wiązań.

Reakcje homolityczne

Jeśli wspólna para elektronowa, która tworzy wiązanie kowalencyjne, ulega rozerwaniu w taki sposób, że przy każdym z fragmentów pozostaje jeden elektron niesparowany, wtedy ów rozpad nazywamy rozpadem homolitycznym. W wyniku homolitycznego rozpadu powstają rodniki – reaktywne indywidua chemiczne, mogące pełnić rolę tzw. czynników atakujących (inicjujących) w dalszych etapach przemiany chemicznej.



Rozpad homolityczny w cząsteczce chloru

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

Pod wpływem światła wysokoenergetycznego (UV) lub podwyższonej temperatury, następuje zerwanie wiązania kowalencyjnego (rozpad homolityczny) w cząsteczce chloru (Cl_2) – powstają rodniki chlorkowe.

Mechanizm substytucji rodnikowej

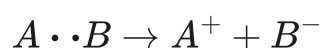
Etap 1. Inicjacja (zapoczątkowanie łańcucha)

Etap 2. Propagacja (rozwijanie łańcucha)

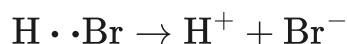
Etap 3. Terminacja (zakończenie)

Reakcje heterolityczne

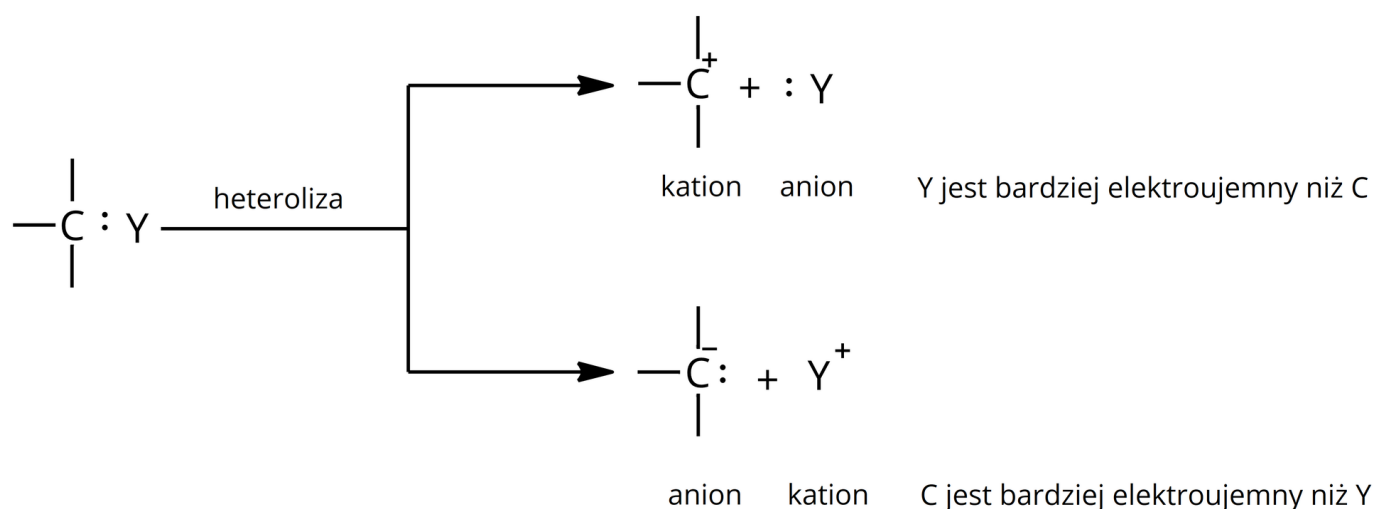
W przemianach jonowych, w trakcie rozerwania wiązania kowalencyjnego, para elektronowa zostaje przy jednym z powstających fragmentów, który staje się anionem, drugi zaś kationem – wówczas mówimy o rozpadzie heterolitycznym. Powstający anion może pełnić w dalszych etapach reakcji rolę czynnika atakującego (inicjującego).



Na przykład:



Albo:

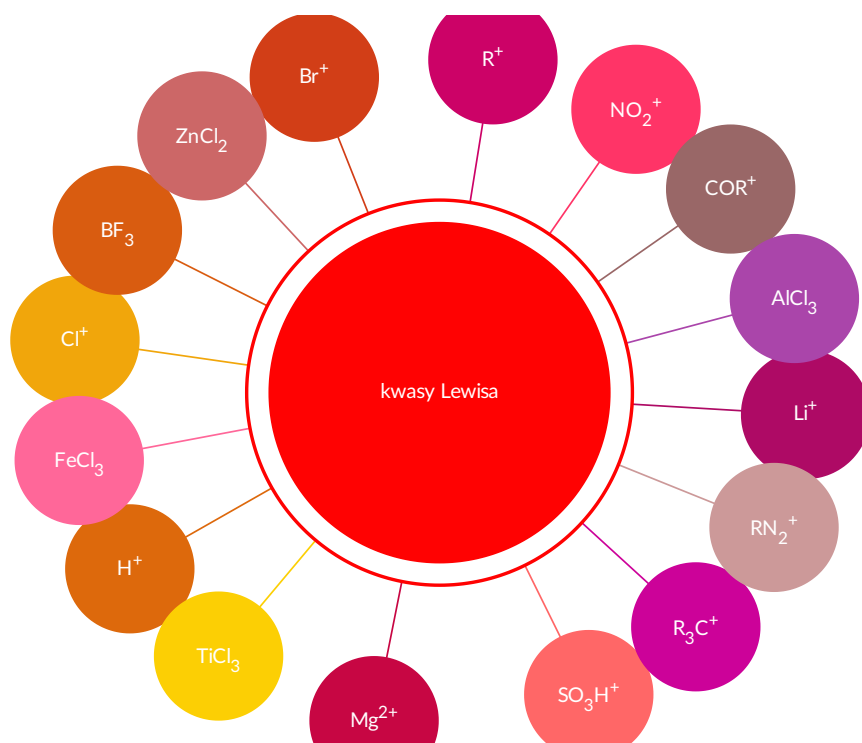


Schematyczne przedstawienie reakcji heterolizy

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

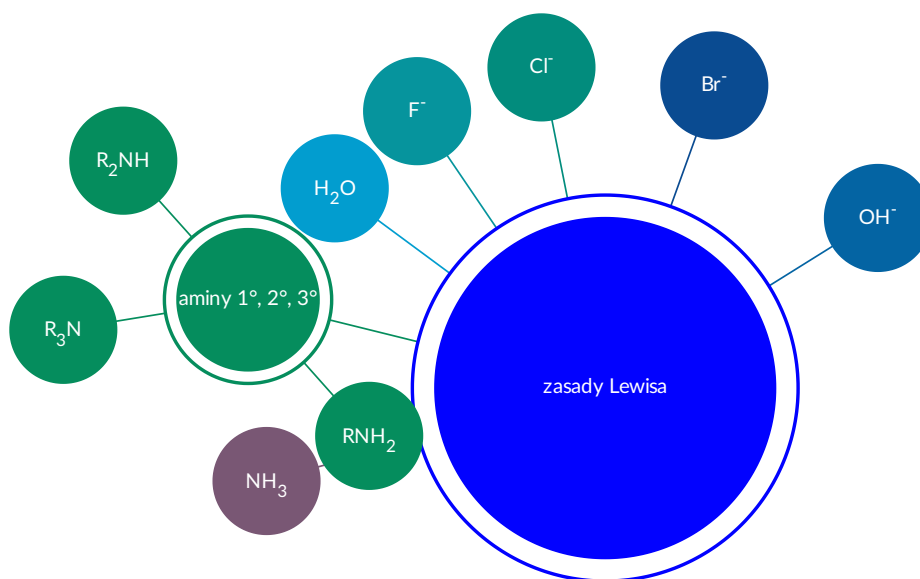
A^+ – [czynniki elektrofilowe](#) (układy zawierające luki elektronowe – kwasy Lewisa – w elektronowej teorii kwasów i zasad). Czynniki elektrofilowe (kwasami Lewisa) mogą być kationy, ale również cząsteczki posiadające lukę elektronową (niedobór elektronów) w całej strukturze lub w jej określonej części (np. w cząsteczkach polarnych w miejscach, gdzie występuje tzw. dodatni biegun cząsteczki), np. H^+ , Li^+ ,

Br^+ , H^+ , Mg^{2+} , NO_2^+ , SO_3H^+ , R^+ , R_3C^+ , COR^+ , RN_2^+ , AlCl_3 , BF_3 , TiCl_4 , FeCl_3 , ZnCl_2 .



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

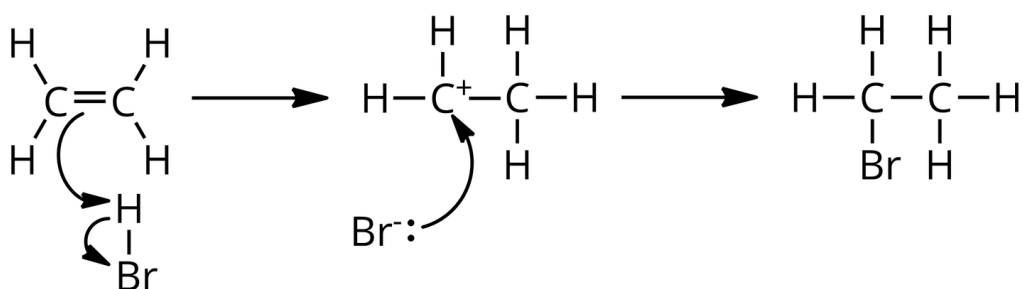
B^- – [czynniki nukleofilowe](#) (układ posiadający wolne pary elektronowe; zasady Lewisa w elektronowej teorii kwasów i zasad). Czynniki nukleofilowymi (zasadami Lewisa) mogą być aniony, ale również cząsteczki zawierające wolne (niewiążące) pary elektronowe: F^- , Cl^- , Br^- , OH^- , NH_3 , H_2O , aminy pierwszorzędowe, drugorzędowe i trzeciorzędowe: RNH_2 , R_2NH , R_3N .



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

Reakcje heterolityczne mogą przebiegać wg mechanizmu elektrofilowego lub mechanizmu nukleofilowego.

Wspomniany wyżej rozpad HBr może zachodzić w czasie reakcji addycji do etenu. Cząsteczka etenu atakuje HBr , który rozpada się heterolitycznie z jednoczesnym przyłączeniem jonu wodoru do wiązania podwójnego. Dzięki temu powstaje karbokation, który jest atakowany przez anion Br^- . Cząsteczka etenu pełni rolę czynnika nukleofilowego w pierwszym etapie reakcji, natomiast w drugim tę rolę pełni już anion bromkowy.



Reakcja addycji bromowodoru do etenu

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

Słownik

rodnik

atom (grupa atomów) zawierający niesparowany elektron; rodniki (szczególnie organiczne) są najczęściej nietrwałe i aktywne chemicznie, ponieważ niesparowany elektron jest bardzo aktywny

czynniki nukleofilowe

drobiny wykazujące powinowactwo do jąder atomowych lub dodatnich biegunów spolaryzowanych cząsteczek

czynniki elektrofilowe

drobiny wykazujące powinowactwo do elektronów lub ujemnych biegunów spolaryzowanych cząsteczek

karborodnik

(łac. *carbo* „węgiel”) rodnik, w którym niesparowany elektron jest zlokalizowany na atomie węgla

Bibliografia

Klimaszewska M, *Chemia od A do Z*, Warszawa 2017.

Korzeń S., Korzeń A., Krupowicz J., Malicki J., *Chemia organiczna*, Lublin 1995

Król I., Mazur P., *Repetytorium maturzysty*, Kraków 2019.

Kaczyński J., Czaplicki A., *Chemia ogólna*, Warszawa 1974.

Bogdańska Zarembina A., Matuszewicz E. I., Matuszewicz J., *Chemia dla szkół średnich*, Warszawa 1995.

Pazdro K. M., *Chemia podręcznik do kształcenia rozszerzonego w liceach*, Warszawa 2009.

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższym filmem samouczkiem i zastanów się, od czego zależy sposób rozerwania wiązania pomiędzy drobinami.

Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1aZ2ZLC7IdH8>

Film samouczek pod tytułem *Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych*

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej homolitycznego i heterolitycznego rozrywania wiązań chemicznych. Przedstawiono przykład cząsteczki bromu oraz charakterystykę obu typów rozpadu wiązań.

Ćwiczenie 1

Karbokationy (kationy, w których ładunek dodatni zlokalizowany jest na atomie węgla), karboaniony (aniony, w których ładunek ujemny zlokalizowany jest na atomie węgla) i rodniki węglowodorowe to najczęstsze produkty przejściowe w reakcjach chemicznych z udziałem związków organicznych.

Oceń, jaka będzie najbardziej prawdopodobna droga rozpadu wyróżnionych wiązań w poniższych związkach chemicznych. Wskaż, jaki produkt pośredni powstanie w każdym z przypadków (karbokation, karboanion, rodnik).



Rozpad wiązania w tym wypadku jest:

☐ heterolityczny.

☐ homolityczny.

Powstały produkt organiczny to:

☐ rodnik metylowy $\text{CH}_3\cdot$.

☐ karbokation metylowy CH_3^+ .

☐ karboanion metylowy CH_3^- .



Rozpad wiązania w tym wypadku jest:

☐ heterolityczny.

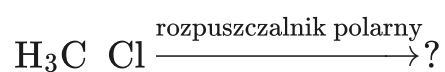
☐ homolityczny.

Powstały produkt organiczny to:

☐ karboanion metylowy CH_3^- .

☐ rodnik metylowy $\text{CH}_3\cdot$.

☐ karbokation metylowy CH_3^+ .



Rozpad wiązania w tym wypadku jest:

☐ heterolityczny.

☐ homolityczny.

Powstały produkt organiczny to:

☐ karboanion metylowy CH_3^- .

☐ rodnik metylowy $\text{CH}_3\cdot$.

☐ karbokation metylowy CH_3^+ .



Rozpad wiązania w tym wypadku jest:

☐ heterolityczny.

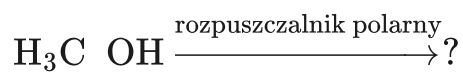
☐ homolityczny.

Powstały produkt organiczny to:

☐ rodnik metylowy $\text{CH}_3\cdot$.

☐ karbokation metylowy CH_3^+ .

☐ karboanion metylowy CH_3^- .



Rozpad wiązania w tym wypadku jest:

☐ heterolityczny.

☐ homolityczny.

Powstały produkt organiczny to:

☐ karboanion metylowy CH_3^- .

☐ rodnik metylowy $\text{CH}_3\cdot$.

☐ karbokation metylowy CH_3^+ .

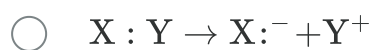
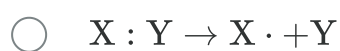
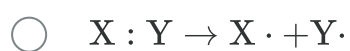
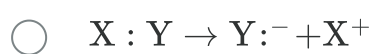
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



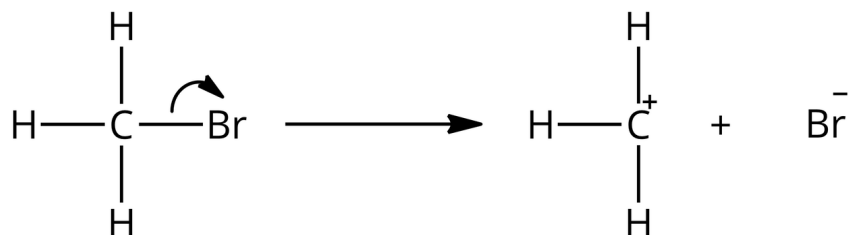
Który z poniższych schematów reakcji przedstawia homolityczny rozpad wiązania?



Ćwiczenie 2



Poniższy proces przedstawia:



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

- ☐ reakcję eliminacji.
- ☐ homolizę.
- ☐ heterolizę.
- ☐ rozpad homolityczny.

Ćwiczenie 3



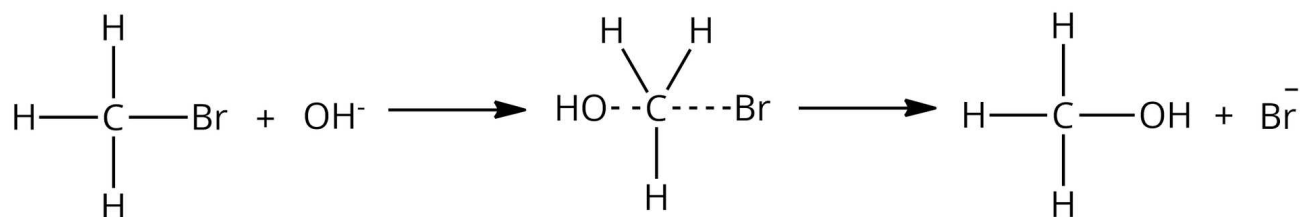
Zaznacz, w sytuacji zastosowania jakich czynników homolityczny rozpad wiązania jest najbardziej prawdopodobny.

- ☐ niskie temperatury
- ☐ światło słoneczne
- ☐ światło ultrafioletowe
- ☐ wysokie temperatury

Ćwiczenie 4



Poniższa reakcja jest przykładem reakcji:



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

☐ eliminacji.

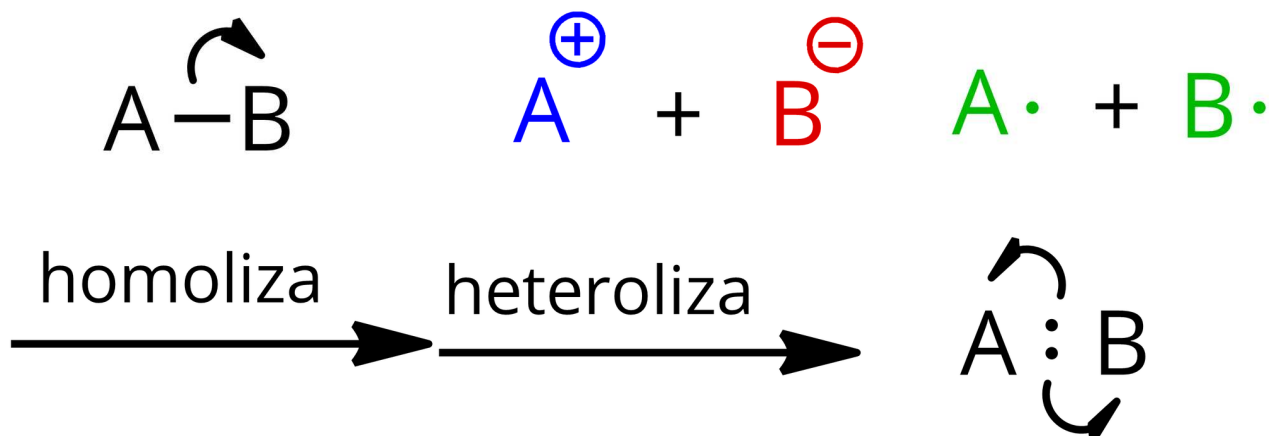
☐ substytucji.

☐ addycji.

Ćwiczenie 5



Poukładaj puzzle, wiedząc, że pierwszy przedstawiony proces to heteroliza.

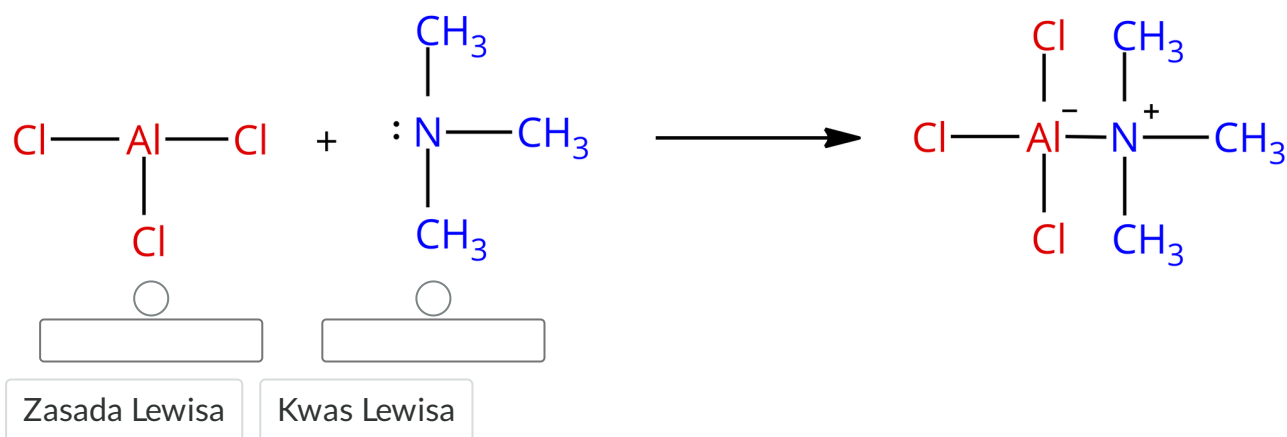


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



W poniższej reakcji wskaż zasadę oraz kwas Lewisa.



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

Ćwiczenie 7



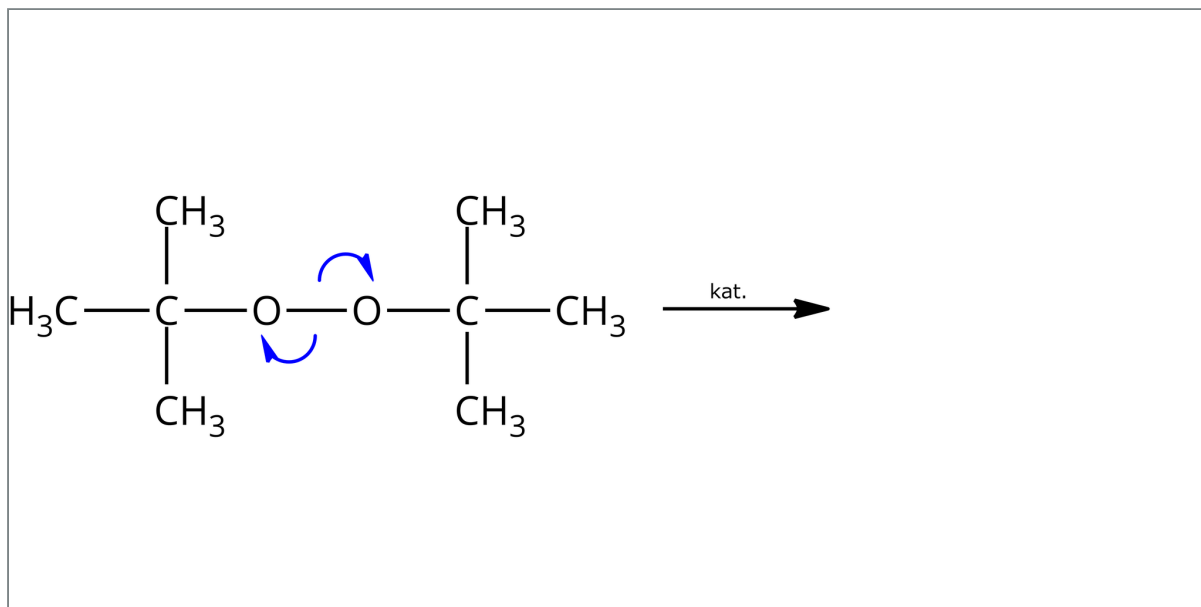
Oceń prawdziwość zdań, zaznaczając odpowiednie pola w kolumnie „Prawda”, gdy zdanie jest prawdziwe, lub w kolumnie „Fałsz”, gdy jest fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Czynnikami elektrofilowymi mogą być kationy, ale również cząsteczki posiadające lukę elektronową w całej strukturze lub w jej określonej części.	☐	☐
Czynnikami nukleofilowymi (kwasami Lewisa) mogą być aniony, ale również cząsteczki zawierające wolne (niewiążące) pary elektronowej.	☐	☐
W przemianach jonowych (heterolitycznych), w trakcie rozerwania wiązania kowalencyjnego, para elektronowa ulega rozerwaniu w taki sposób, że przy każdym z fragmentów pozostaje jeden elektron niesparowany.	☐	☐

Ćwiczenie 8



Dokończ poniższą reakcję.



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

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych

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

- klasyfikuje reakcje chemiczne ze względu na mechanizm;
- odróżnia reakcje chemiczne homolityczne od heterolitycznych;
- wymienia kwasy i zasady Lewisa;
- podaje przykłady reakcji substytucji, eliminacji i addycji.

Strategie nauczania:

- asocjacyjno-operacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- 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 zadaje uczniom przykładowe pytania:
Między jakimi drobinami mogą zachodzić zderzenia w trakcie reakcji organicznej – między dwoma jonami, dwoma rodnikami czy między obojętną cząsteczką z jonem lub rodnikiem? Jakie znacie rodzaje reakcji chemicznych (jaki typ) w chemii organicznej – substytucji, eliminacji, addycji?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie „Co to jest heteroliza i homoliza?”.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek „Homolityczne i heterolityczne rozrywanie wiązań chemicznych”. Zadaniem uczniów jest ułożenie pytań podczas projekcji, a następnie zadawanie ich sobie nawzajem na forum klasy i udzielanie odpowiedzi. Pozostali wraz z nauczycielem weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi.
2. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na pięć grup, rozdaje arkusze papieru A3 i mazaki:
 - grupa I – reakcje homolityczne;
 - grupa II – reakcje heterolityczne;
 - grupa III – reakcje substytucji;

- grupa IV – reakcje eliminacji;
- grupa V – reakcje addycji.

Zadaniem grup jest opisanie istoty tych reakcji oraz podanie przykładów poszczególnych reakcji, a także wskazanie kwasu i zasady Lewisa. Po wyznaczonym czasie, liderzy grup prezentują efekty pracy na forum klasy z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Pozostali uczniowie mogą włączać się do dyskusji i zadawać pytania. Ewentualne niezrozumiałe kwestie wyjaśnia nauczyciel.

3. 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, udziela uczniom informacji zwrotnej.
4. Uczniowie analizują film samouczek celem utrwalenia wiedzy i umiejętności.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów poprzez zadawanie przykładowych pytań: jak można podzielić reakcje ze względu na mechanizm? Jakie reakcje nazywane są homolitycznymi i heterolitycznymi? Co to jest czynnik nukleofilowy i elektrofilowy?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Dziś nauczyłem/łam się...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być użyty jako forma utrwalająca w podsumowaniu lekcji lub jako forma wprowadzająca przed przystąpieniem do wykonywanych zadań.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jak można podzielić reakcje ze względu na mechanizm?
- Jakie reakcje nazywane są homolitycznymi i heterolitycznymi?
- Co to jest czynnik nukleofilowy i elektrofilowy?

2. Nauczyciel przygotowuje arkusze papieru A3, mazaki, masa wielokrotnie klejąca.