



Addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego

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



Addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego

Limonen (4-izopropenylo-1-metylocykloheksen) to nienasycony związek, który jest odpowiedzialny za zapach cytryn.

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

Limonen jest jednym z dodatków smakowych i aromatycznych do żywności w przemyśle spożywczym. Czy Twoim zdaniem ten związek ulega reakcji addycji elektrofilowej? Czy dodatek bromu do próbki limonenu pozwala na identyfikację wiązań podwójnych w jego cząsteczce?

Twoje cele

- Przeanalizujesz mechanizm addycji chlorowców do wiązania podwójnego i zapiszesz odpowiednie równania reakcji.
- Zaproponujesz wzory produktów, powstałych na skutek addycji cząsteczek fluorowców do wiązania podwójnego.
- Zweryfikujesz doświadczenie, które pozwala na identyfikację wiązania podwójnego w cząsteczce związku organicznego.

Przeczytaj

Czym jest addycja?

Charakterystyczną cechą związków, zawierających wiązania wielokrotne (w tym alkenów), jest zdolność do reakcji: **addycji i polimeryzacji**.

„**Addycja** nazywa się proces przyłączania do atomów węgla, połączonych wiązaniem podwójnym lub potrójnym cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zmniejsza się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu. Reakcja addycji zachodzi wtedy, gdy dwa substraty łączą się ze sobą, tworząc jeden produkt.”

Źródło: M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Chemia Repetytorium*, Warszawa 2010.

Wśród **elektrofil**i, które przyłączają się do wiązania podwójnego w procesie addycji, na uwagę zasługują cząsteczki fluorowców.

Ważne!

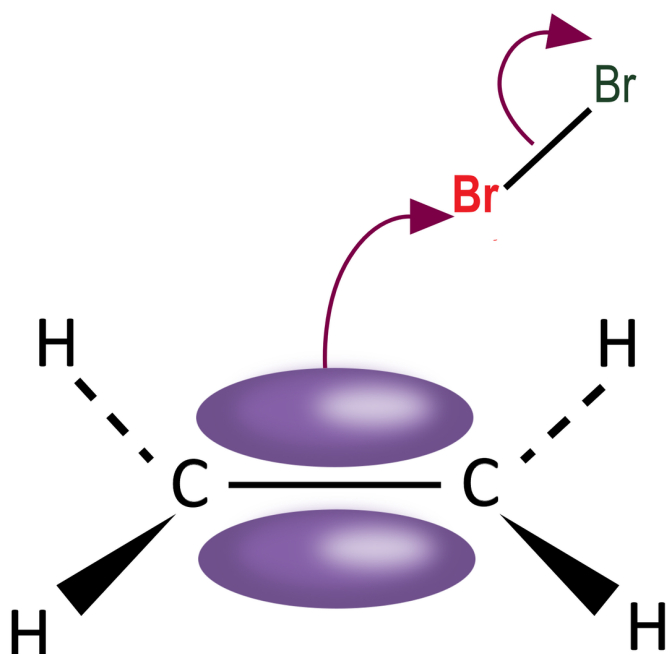
- Brom (Br_2) oraz chlor (Cl_2) chętnie przyłączają się do alkenów.
- Jod (I_2) nie reaguje z większością alkenów.
- Fluor (F_2) z uwagi na dużą reaktywność nie jest stosowany w warunkach laboratoryjnych.
- W reakcjach addycji halogenów do wiązania podwójnego rozpuszczalnikiem może być CH_2Cl_2 lub CCl_4 .
- Addycja zachodzi szybko w pokojowej temperaturze lub niższej i nie wymaga naświetlania promieniami ultrafioletowymi.

Mechanizm addycji bromu do wiązania podwójnego w etenie

Mechanizm addycji elektrofilowej cząsteczki chlorowca do wiązania podwójnego można przedstawić w kilku etapach:

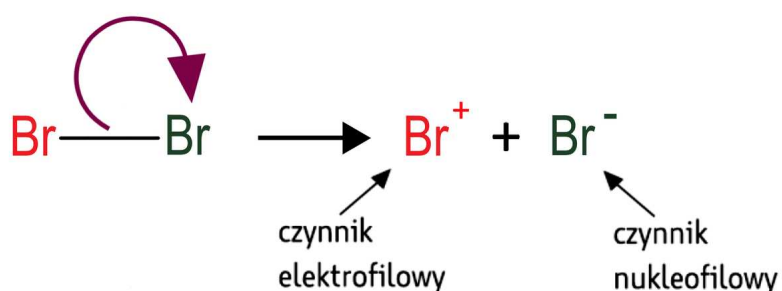
ETAP 1

Pod wpływem elektronów π z wiązania podwójnego następuje silniejsza **polaryzacja** wiązania atomowego w cząsteczce halogenu (Br_2).



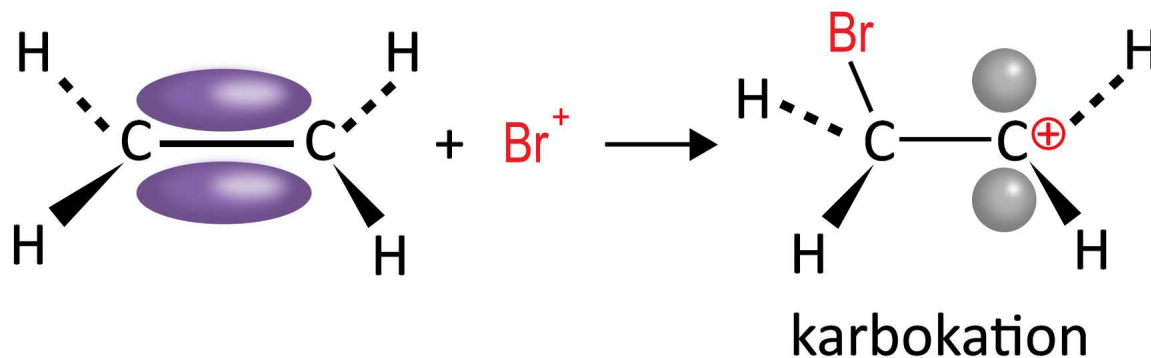
ETAP 2

Atom chlorowca, który znajduje się bliżej wiązania, przyjmuje częściowy ładunek dodatni, ponieważ jego elektrony są odpychane przez elektrony podwójnego wiązania. Polaryzacja wiązania prowadzi do **dysocjacji** cząsteczki Br_2 , w wyniku czego pojawiają się dwa jony o przeciwnych ładunkach: Br^- nazywamy **czynnikiem nukleofilowym**, a Br^+ – **czynnikiem elektrofilowym**.



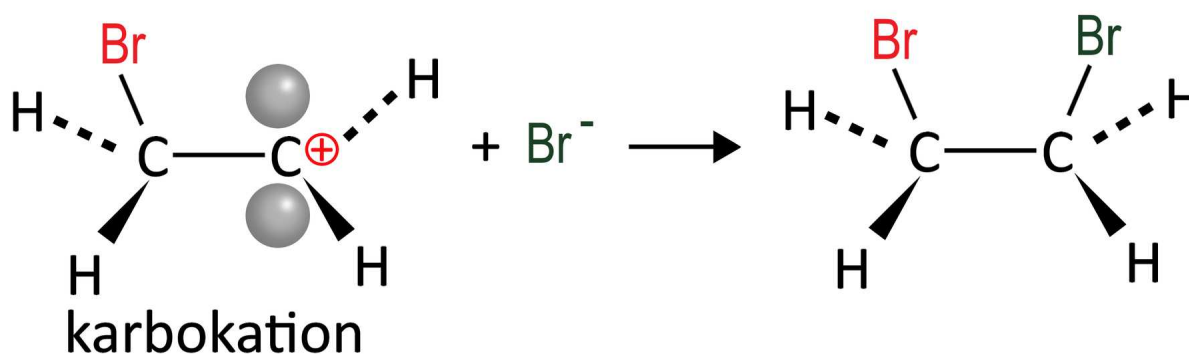
ETAP 3

W następnej kolejności **czynnik elektrofilowy** przyłącza się do jednego z atomów węgla, który tworzy wiązanie podwójne, wykorzystując parę elektronową z wiązania podwójnego. W wyniku tego procesu drugi atom węgla traci elektrony i zyskuje ładunek dodatni, stając się **karbokationem**.



ETAP 4

Następnie czynnik nukleofilowy przyłącza się do karbokationu, dzięki czemu powstaje cząsteczka produktu.



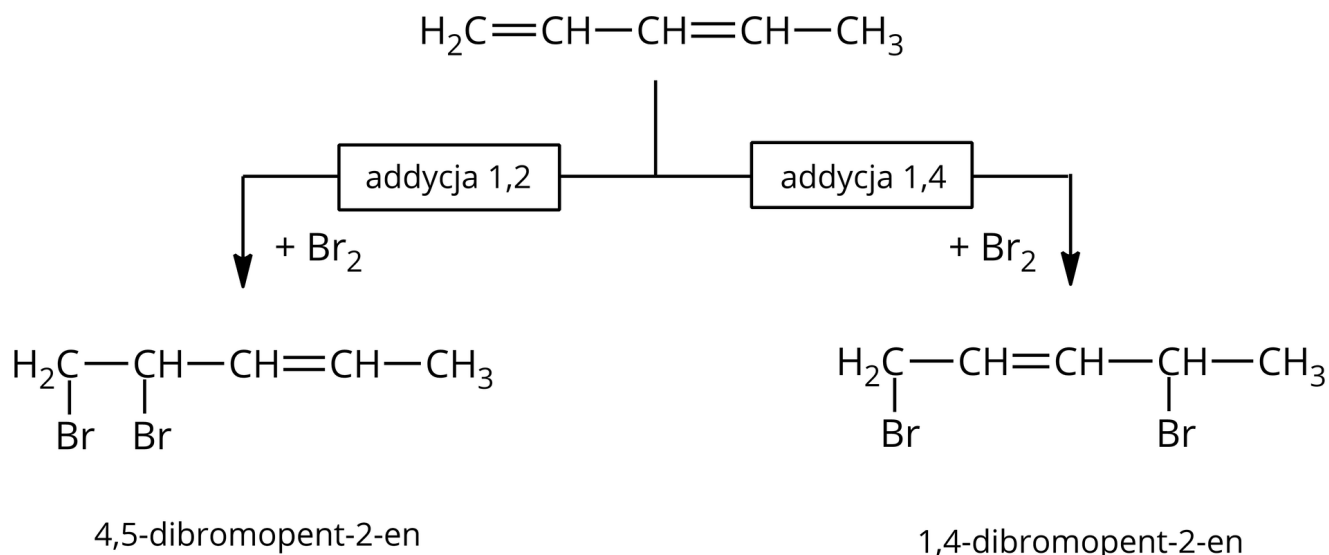
Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetitorium chemia: Liceum - poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa - Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przykład 1

Przy **sprzężonym układzie wiązań podwójnych**, w reakcji zachodzącej przy stosunku molowym substratów 1 : 1, możliwa jest addycja w układzie 1,2 (tzw. **addycja 1,2**) oraz addycja w układzie 1,4 (tzw. **addycja 1,4**).

Podczas reakcji **addycji 1,2** **elektrofil** przyłącza się wyłącznie do jednego wiązania podwójnego, podczas gdy drugie wiązanie pozostaje niezmienione. **Addycja 1,2** cząsteczki bromu do 1,3-pentadienu prowadzi do 4,5-dibromopent-2-enu.

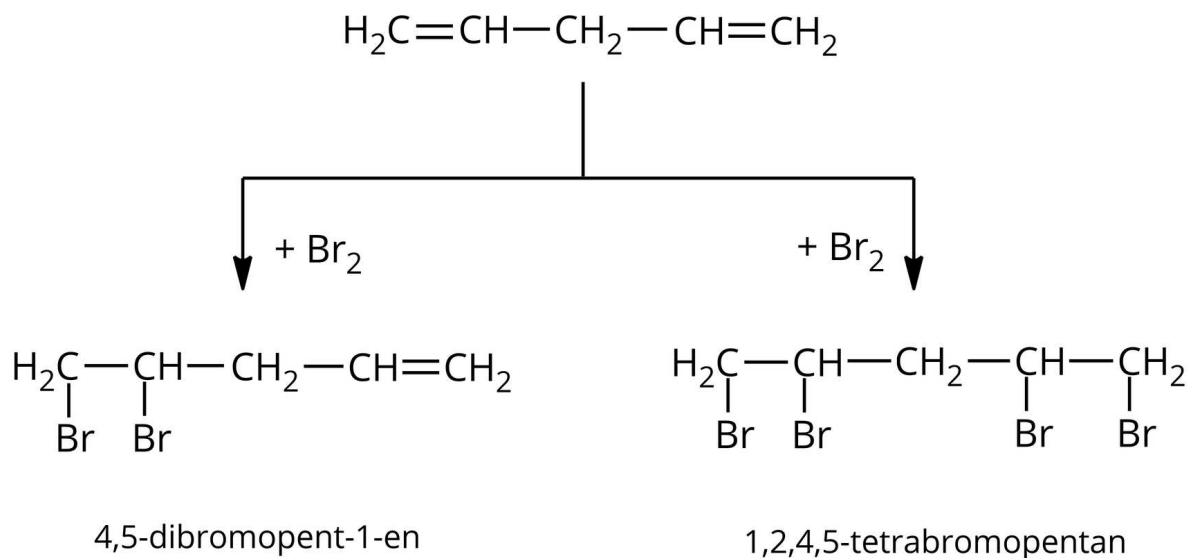
Podczas reakcji **addycji 1,4** cząsteczka **elektrofila** zostaje przyłączona do atomu pierwszego oraz ostatniego atomu węgla w sprzężonym układzie wiązań. Wiązanie podwójne tworzy się między atomami węgla numer 2 i 3, a więc w miejscu, gdzie przed addycją było wiązanie pojedyncze.



Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przykład 2

Przy **izolowanym układzie wiązań podwójnych** każde z wiązań zachowuje swoje właściwości (takie jak wiązanie podwójne w alkenach); wiązania podwójne nie oddziałują na siebie:



Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

addycja

(łac. *additio* „dodawanie”) proces przyłączania do atomów węgla połączonych wiązaniem podwójnym lub potrójnym cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zmniejsza się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu

polaryzacja

zjawisko nierównomiernego rozkładu cząstkowego ładunku elektrycznego na atomach połączonych wiązaniem chemicznym

czynnik elektroflowy

elektrofil, cząsteczka lub grupa, w której występuje niedomiar elektronów i w odpowiednich warunkach jest w stanie je przyjąć, czyli być ich akceptorem

czynnik nukleofilowy

nukleofil, cząsteczka lub grupa, w której występuje nadmiar elektronów i w odpowiednich warunkach może być ich donorem

karbokation

(łac. *carbo* „węgiel”, gr. *katiōn* „idący w dół”) jon karboniowy; kation org., w którym dodatni ładunek, wywołany deficytem elektronów, jest zlokalizowany na atomie węgla

sprzężony układ wiązań podwójnych

wiązania podwójne są rozdzielone jednym wiązaniem pojedynczym

izolowany układ wiązań podwójnych

wiązania podwójne są rozdzielone więcej niż jednym wiązaniem pojedynczym

Bibliografia

Gorzynski Smith J., *Organic Chemistry*, wyd. 3, New York 2011.

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Chemia. Repetytorium. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

McMurry J., *Chemia organiczna*, cz. 2, Warszawa 2010.

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

Patrick G. L., *Organic Chemistry*, wyd. 2., London – New York 2004.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Przeanalizuj poniższą symulację. Sprawdź, jak przebiega addycja elektrofilowa cząsteczki chloru do wiązania podwójnego, a następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.

Wskazówka: wybierz związek, a następnie kliknij na wiązanie podwójne, do którego ma zostać dołączona cząsteczka chloru. Po wybraniu wiązania podwójnego, możesz dołączyć kolejną cząsteczkę chloru do związku poprzez zmianę współczynnika stechiometrycznego przed chlorem i powtórzenie wcześniejszych czynności.

The screenshot shows a web-based simulation interface. At the top, a yellow banner contains the question: "Jak przebiega addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego?". Below this, a grey box contains the instruction: "Przeprowadź addycję, tak aby powstał 3,4-dichloro-2-metylopent-1-en". Underneath, there is a label "Wybierz związek" followed by a dropdown menu currently displaying "2-metylopenta-1,3-dien". Below the menu is the chemical structure of 2-methylpenta-1,3-diene:
$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
 At the bottom center of the interface is a large green play button icon. On the right side, there are two circular icons: an orange one with an 'i' (information) and a grey one with a circular arrow (refresh).

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

Symulacja interaktywna pt. „Addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego”
Źródło: GroMar Sp. z o.o., Maria Kalembe, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1

Wybierz poprawne dokończenie poniższego zdania.

Addycja jest:

- ☐ procesem, który polega na przyłączaniu do wiązania podwójnego cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zwiększa się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu.
- ☐ procesem, który polega na przyłączaniu do wiązania wielokrotnego cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zmniejsza się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu.
- ☐ procesem, który polega na przyłączaniu do wiązania podwójnego cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zwiększa się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu.
- ☐ procesem, który polega na odłączaniu od wiązania podwójnego cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zmniejsza się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu.

Ćwiczenie 2

Wstaw brakujące wyrazy tak, aby powstałe zdania były prawdziwe.

W wyniku addycji elektrofilowej 2-metylopent-1,3-dienu jednej cząsteczki Cl_2 powstaje

. Cząsteczka Cl_2 atakuje wiązanie i przyłącza się do atomów .

potrójne

1,2-dichloro-2-metylopent-2-en

1,2-dichloro-2-metylopent-1-en

pojedyncze

wodoru

węgla

3,4-dichloro-2-metylopent-1-en

3,4-dichloro-3-metylopent-2-en

podwójne

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość zdań. Zaznacz **Prawda**, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub **Fałsz**, jeśli jest fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego jest reakcją, w której zawsze powstają dwa produkty.	☐	☐
W chemii organicznej addycja elektrofilowa zachodzi do związków, które posiadają wielokrotne wiązania węgiel-węgiel.	☐	☐

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij luki w poniższym tekście.

Addycją nazywa się proces przyłączania do atomów , połączonych wiązaniem podwójnym lub , cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego się krotność wiązania w cząsteczce organicznego substratu. Reakcja addycji zachodzi wtedy, gdy dwa łączą się ze sobą, tworząc jeden produkt.

wodoru

atomy

substraty

podwójnym

pojedynczym

potrójnym

zmniejsza

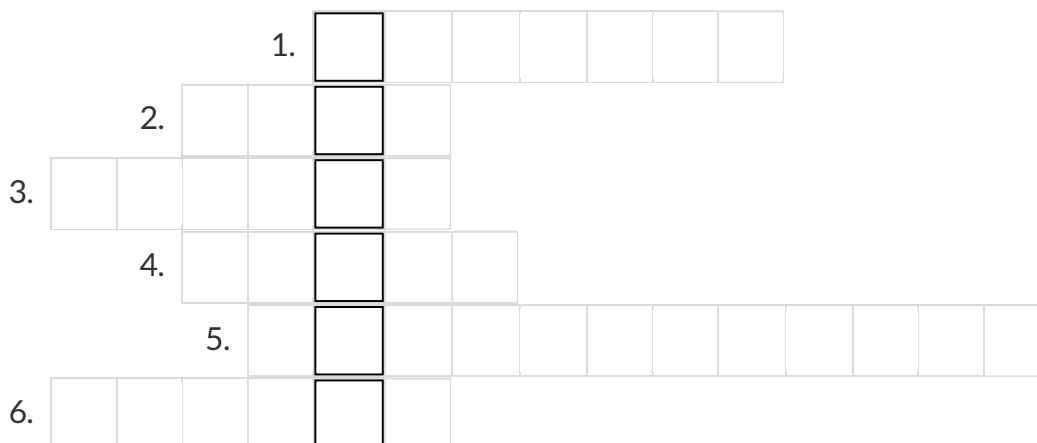
węgla

zwiększa

Ćwiczenie 2



Rozwiąż poniższy logogryf.



1. Produkt polimeryzacji.

2. Powstaje w wyniku eliminacji wody z etanolu.

3. Ogólny wzór ich szeregu homologicznego to C_nH_{2n}

4. Jego cząsteczka ma budowę tetraedryczną i należy do szeregu homologicznego alkanów.

5. Reguła obowiązująca w reakcjach addycji.

6. Związki, które powiększają dziurę ozonową.

Ćwiczenie 3



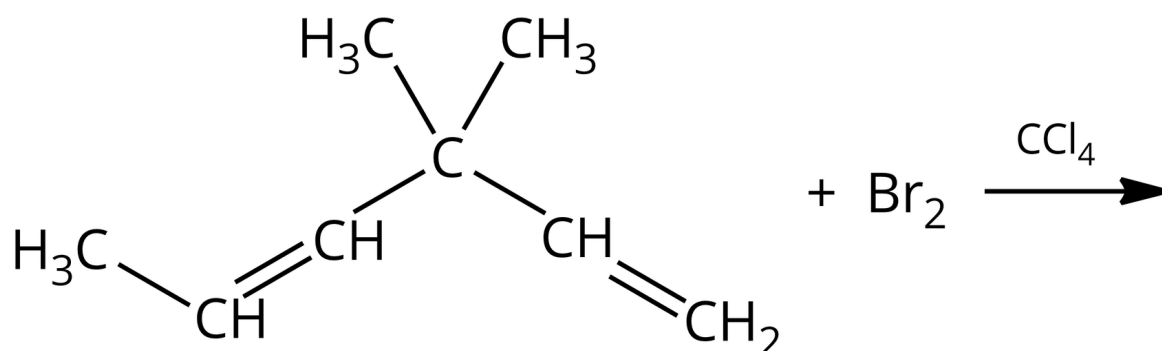
Wpisz brakującą nazwę reakcji.

Reakcja	Nazwa
Zachodzi, gdy dwa substraty wymieniają się fragmentami swoich cząsteczek, tworząc dwa nowe produkty.	
Reakcja, w której związek wielkocząsteczkowy (polimer) tworzy się z pojedynczych cząsteczek związku o małej masie cząsteczkowej (monomer), bez wydzielania produktów ubocznych.	
Proces przyłączania do atomów węgla, połączonych wiązaniem podwójnym lub potrójnym cząsteczek homo- lub heteroatomowych, w wyniku czego zmniejsza się krotność wiązania.	
Proces, który polega na oderwaniu od sąsiadujących atomów węgla dwóch atomów lub grup atomów bez zastąpienia ich innymi podstawnikami, w wyniku czego rośnie krotność wiązania.	

Ćwiczenie 4



Zastanów się, jakie produkty powstają w wyniku addycji bromu do 3,3-dimetylo-1,4-heksadienu, a następnie zaznacz informacje, które w prawidłowy sposób opisują przedstawione równanie reakcji.



☐ Substratem jest dien o izolowanym układzie wiązań podwójnych.

☐ W reakcji powstają dwa produkty.

☐ Czynnikiem elektrofilowym jest cząsteczka bromu.

☐ Czynnikiem elektrofilowym jest kation bromu.

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

Ćwiczenie 5



Jaki związek uległ reakcji addycji elektrofilowej cząsteczki bromu w CCl₄, jeśli produktem był 2,3-dibromo-4-metyloheptan? Przedstaw schemat reakcji, stosując wzory półstrukturalne, oraz podaj nazwę systematyczną użytego substratu. Odpowiedź zanotuj w zeszyte do lekcji chemii.

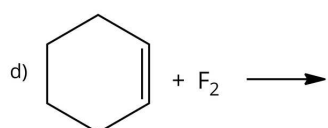
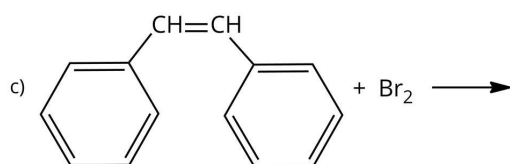
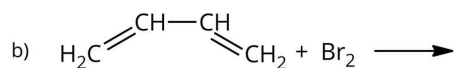
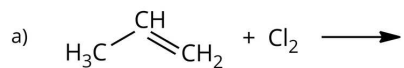
Odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Uzupełnij równania reakcji lub zaznacz, że reakcja nie zachodzi. Podaj wzory i nazwy produktów reakcji, jeśli reakcje przebiegają w środowisku CCl_4 .



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

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

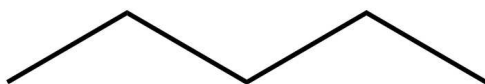
Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7

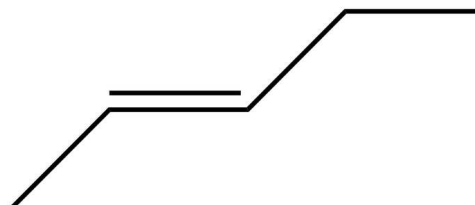


Zaprojektuj doświadczenie, które pozwoli na odróżnienie dwóch węglowodorów o wzorach strukturalnych uproszczonych:

1)



2)



Wzory węglowodorów

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

Wybierz odczynnik spośród przedstawionych poniżej:

- wodorotlenek miedzi(II);
- wodorotlenek sodu;
- brom w roztworze CCl_4 ;
- stężony roztwór HNO_3 .

Zanotuj, jakie obserwacje przewidujesz oraz określ typ reakcji, będący podstawą doświadczenia.

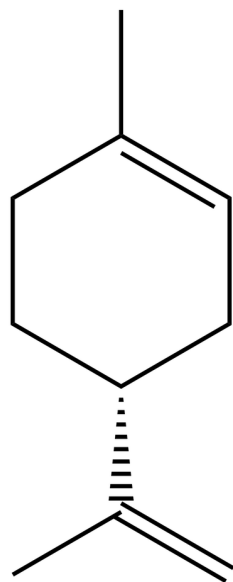
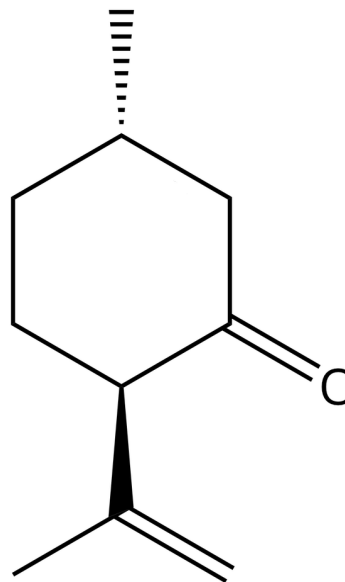
Odczynnik

Obserwacje

Typ reakcji



Nauczyciel polecił uczniom identyfikację dwóch próbek, zawierających olejki eteryczne – limonen oraz menton.

**limonen****menton**

Wzory limonenu i mentonu

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

Realizując to zadanie, dodano do probówek zawierających po 5 cm³ 5% roztworu Br₂ w chloroformie, 2 cm³ roztworów zawierających limonen oraz menton. Probki wstrząśnięto. W jednej z nich zaobserwowano zmianę barwy z brązowej na bezbarwną.

Na podstawie podanych informacji uzupełnij poniższy arkusz. Narysuj schematyczny rysunek doświadczenia i zapisz równania zachodzących reakcji. Określ przyczynę zmiany barwy roztworu. Podaj cel przeprowadzonego doświadczenia i wniosek, jaki z niego wypływa.

Problem badawczy

Hipoteza

Cel doświadczenia

Wnioski

Schematyczny rysunek oraz równania reakcji

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Autor: Gabriela Iwińska

Przedmiot: Chemia

Temat: Addycja elektrofilowa cząsteczek chlorowców do wiązania podwójnego

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XIII. Węglowodory. Uczeń:

3) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: spalania, addycji (przyłączania): H_2 , Cl_2 , HCl , H_2O ; polimeryzacji; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne); pisze odpowiednie równania reakcji.

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory. Uczeń:

4) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: spalania, addycji: H_2 , Cl_2 i Br_2 , HCl i HBr , H_2O , polimeryzacji; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne); opisuje zachowanie alkenów wobec wodnego roztworu manganianu(VII) potasu; pisze odpowiednie równania reakcji.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne

Uczeń:

- analizuje mechanizm addycji chlorowców do wiązania podwójnego i zapisuje odpowiednie równania reakcji;
- proponuje wzory produktów, powstałych na skutek addycji cząsteczek fluorowców do wiązania podwójnego;
- proponuje doświadczenie, które pozwala na identyfikację wiązania podwójnego w cząsteczce związku organicznego.

Strategie nauczania:

- strategia asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- ćwiczenia przedmiotowe;
- z użyciem komputera;
- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- symulacja interaktywna;
- burza mózgów.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel odwołuje uczniów do e-materiału i prosi o wyszukanie informacji do następujących pytań: Czym charakteryzują się reakcje addycji i polimeryzacji? Czym jest czynnik elektrofilowy? Czym różni się sprzężony układ wiązań podwójnych od izolowanego układu wiązań podwójnych?

Uczniowie dyskutują.

2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.

3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół mechanizmu addycji bromu do wiązania podwójnego w etenie.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej mechanizm addycji elektrofilowej cząsteczki chlorowca do wiązania podwójnego w kilku etapach. Uczniowie, z udziałem prowadzącego, omawiają wszystkie etapy. Jeśli coś jest niejasne – nauczyciel tłumaczy, rozwija i objaśnia sporne kwestie.
2. Praca z medium bazowym – uczniowie w parach analizują symulację interaktywną, dzięki której sprawdzają, jak przebiega addycja elektrofilowa cząsteczki chloru do wiązania podwójnego.
3. W ramach sprawdzenia wiedzy uczniowie także w parach rozwiązują trzy ćwiczenia załączone do medium. Po skończonej pracy chętne lub wybrane osoby przedstawiają rozwiązania zadań na forum klasy. Pozostali uczniowie korygują ewentualne błędy kolegów lub koleżanek. Nauczyciel weryfikuje poprawność każdego polecenia.
4. Uczniowie samodzielnie wykonują pozostałe ćwiczenia z sekcji „Sprawdź się”. Jeśli jakieś zadanie przysparza uczniom więcej trudności – nauczyciel wspólnie z uczniami wykonuje zadanie na tablicy.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza stan wiedzy uczniów po przeprowadzonej lekcji zadając przykładowe pytania: czym charakteryzuje się proces eliminacji? Kiedy zachodzi reakcja substytucji? Jakie pierwiastki chętnie przyłączają się do alkenów? Co jest rozpuszczalnikiem w reakcjach addycji halogenów do wiązania podwójnego?
2. Nauczyciel prosi, aby uczniowie na kartkach wypisali wszystkie poruszone w dzisiejszej lekcji wątki. Następnie, do każdego podtematu mają narysować skalę od zera do dziesięciu i zaznaczyć, na ile oswoiли dany wątek. Skala zerowa oznacza, że uczeń nadal pewnych kwestii nie rozumie, skala 10 – rozumie wszystko i potrafi daną wiedzę wykorzystać, natomiast skala 5 będzie oznaczać, że uczeń czuje się jeszcze niepewnie. Po narysowaniu skal kilku wybranych uczniów dzieli się na forum klasy swoimi wynikami. W przypadku skal mniejszych niż 10 prowadzący proponuje uczniom kilka rozwiązań, co zrobić, aby ich skale, a tym samym wiedza z danego obszaru, były maksymalne.

Praca domowa:

1. Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie ćwiczeń zawartych w e-materiale – zestaw ćwiczeń, które nie zostały rozwiązane podczas zajęć.

Materiały pomocnicze:

- Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach): czym charakteryzuje się proces eliminacji? Kiedy zachodzi reakcja substytucji? Jakie pierwiastki chętnie przyłączają się do alkenów? Co jest rozpuszczalnikiem w reakcjach addycji halogenów do wiązania podwójnego?

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

- Multimedium może być wykorzystane przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji lub przygotowywania się do pracy kontrolnej.