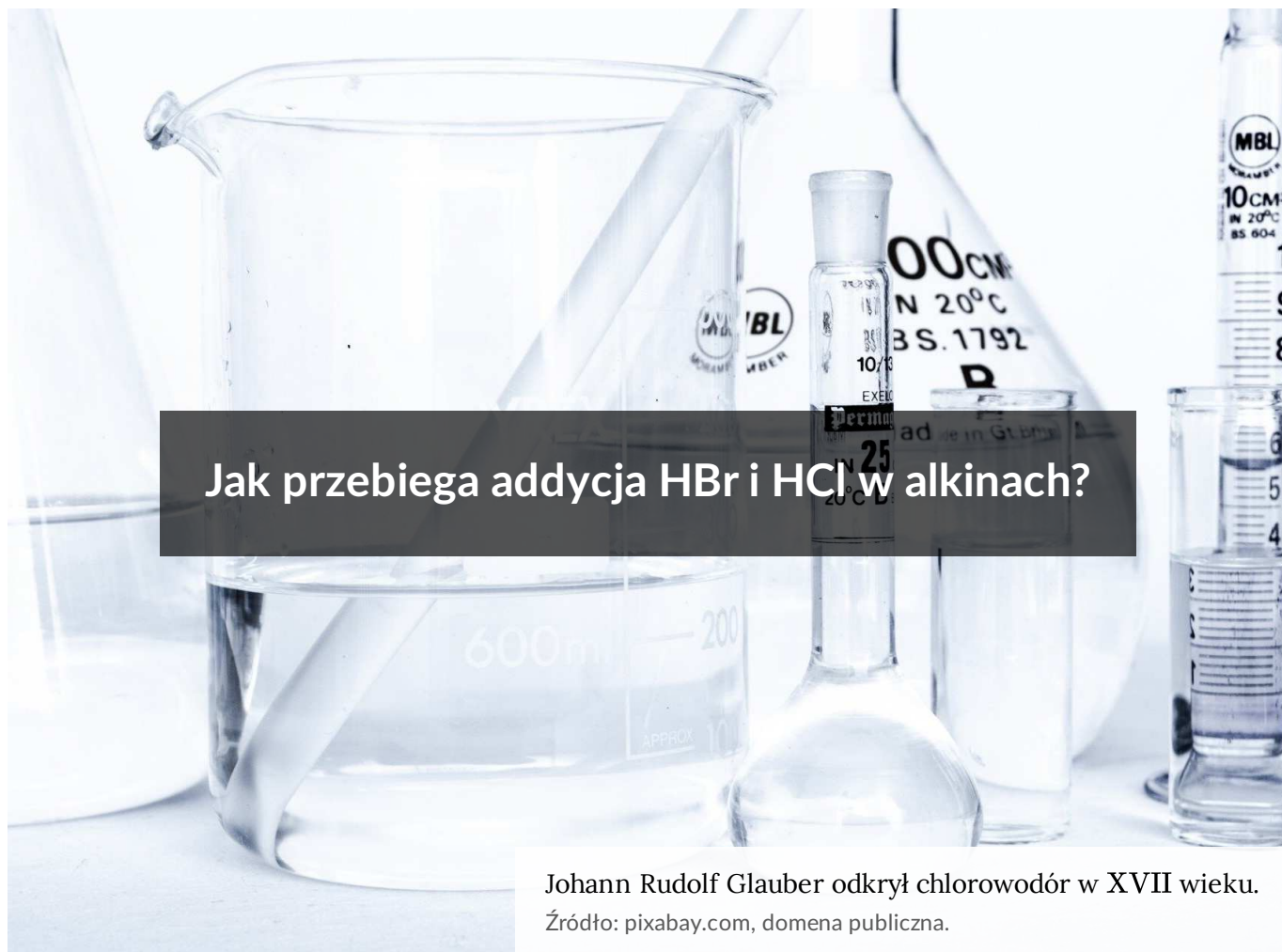




Jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Symulacja interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach?

Johann Rudolf Glauber odkrył chlorowódór w XVII wieku.
Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Czy wiesz, że gazowy chlorowódór został odkryty już w XVII wieku? Wtedy to Johann Rudolf Glauber użył soli w postaci chlorku sodu oraz kwasu siarkowego(VI) do przygotowania siarczanu(VI) sodu, uwalniając tym samym chlorowódór. Bromowódór jest analogiem chlorowodoru, będącym bezbarwnym gazem, mocno dymiącym w powietrzu. Oba te związki są wykorzystywane w przemyśle na szeroką skalę, m.in. reagują z alkinami, dając chloro- oraz bromopochodne alkenów i alkanów.

Twoje cele

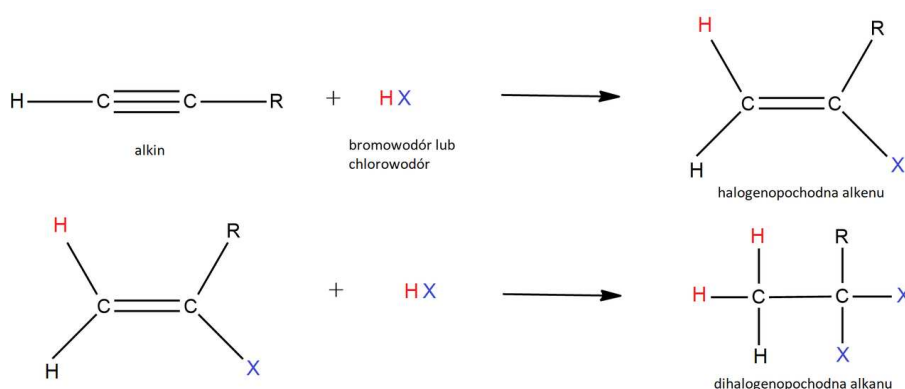
- Zapiszesz równania reakcji addycji cząsteczek chlorowodoru i bromowodoru do cząsteczek alkinów.
- Wyjaśnisz mechanizm addycji elektrofilowej cząsteczek chlorowodoru i bromowodoru do cząsteczek alkinów.
- Wyjaśnisz, na czym polega reguła Markownikowa.

Przeczytaj

Addycja fluorowcowodorów do alkinów

Alkiny są podatne na reakcje addycji, ze względu na występowanie wiązania potrójnego pomiędzy atomami węgla, w którego skład wchodzi jedno mocne wiązanie typu σ oraz dwa słabe, łatwe do rozerwania wiązania typu π . Dzięki temu alkiny są związkami reaktywnymi chemicznie. Jedną z reakcji addycji jest przyłączenie fluorowcowodorów, czyli związków typu HX , gdzie X to najczęściej atom chloru lub bromu. Alkiny reagują więc z chlorowodorem lub bromowodorem, dając odpowiednio nasycone lub nienasycone halogenopochodne węglowodorów. Są to reakcje, które mogą, w zależności od ilości użytego halogenowodoru, prowadzić do otrzymania różnych produktów.

W reakcji addycji 1 mola cząsteczek HX powstaje halogenopochodna alkeny, natomiast ich nadmiar prowadzi do powstania dihalogenopochodnej alkanu.

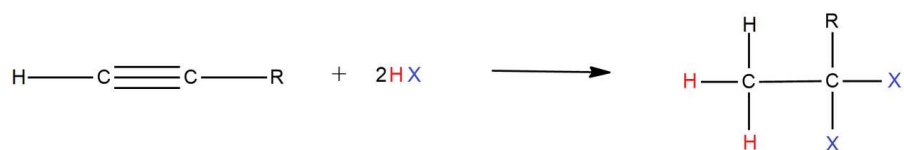


R oznacza dowolne grupy węglowodorowe lub atom wodoru, a X – atom chloru lub bromu.

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

Ogólne równanie reakcji addycji 2 moli cząsteczek HX do 1 mola cząsteczek alkinu, posiadającego wiązanie potrójne przy terminalnym (skrajnym) atomie węgla, można

zapisać w następujący sposób:

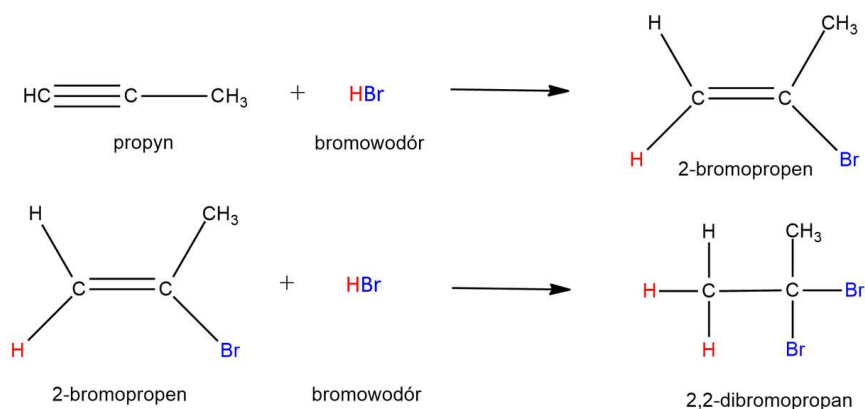


Addycja 2 moli cząsteczek HX do 1 mola cząsteczek alkinu terminalnego.

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

Reakcje te zachodzą zgodnie z **regułą Markownikowa**, dotyczącą addycji czynników HX do cząsteczek niesymetrycznych węglowodorów nienasyconych, czyli alkenów i alkinów. Reguła ta mówi, że atom X, czyli atom fluorowca, przyłączy się do tego atomu węgla związanego wiązaniem wielokrotnym, który połączony jest z mniejszą liczbą atomów wodoru. Natomiast atom wodoru przyłączany jest do tego atomu węgla, który pierwotnie połączony był z większą liczbą atomów wodoru.

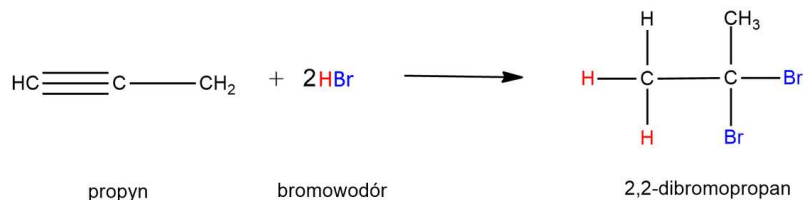
Poniżej przedstawiono równanie reakcji addycji cząsteczki bromowodoru do cząsteczki propynu, czyli niesymetrycznego alkinu.



Przykład addycji bromowodoru do cząsteczki propynu

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

Równanie tej reakcji można zapisać w jednym etapie, uwzględniając stosunek molowy reagentów jako 1 : 2:



Równanie reakcji jednoetapowego otrzymania 2,2-dibromopropanu

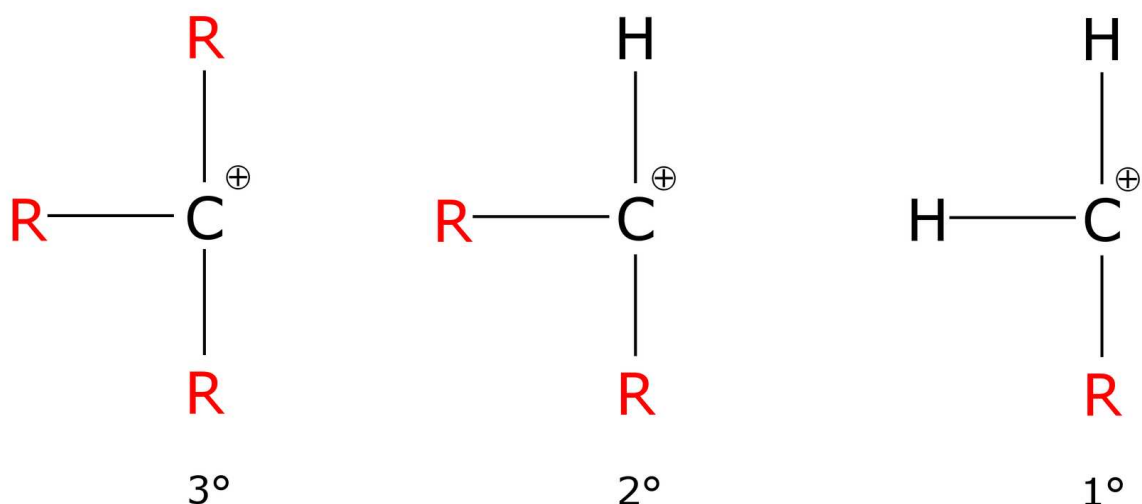
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Jaki jest mechanizm reakcji addycji fluorowcowodorów do alkinów?

W cząsteczkach fluorowcowodorów występuje wiązanie kowalencyjne spolaryzowane. W związku z tym na atomie wodoru występuje cząstkowy ładunek dodatni, a na atomie fluorowca – cząstkowy ładunek ujemny, tak jak na poniższym przykładzie cząsteczki chlorowodoru.

Para elektronów π w cząsteczce alkinu atakuje dodatni biegun cząsteczki chlorowodoru, zrywając wiązanie pomiędzy atomem wodoru i chloru ([rozpad heterolityczny wiązania](#)) i odpychając jednocześnie anion chlorkowy. Elektrony, tworzące wiązanie H—Cl, tworzą teraz dodatkową wolną parę elektronową anionu chlorkowego.

[Elektrofil](#), czyli H^+ , przyłącza się do do atomu węgla przy wiązaniu potrójnym, który jest połączony z większą ilością atomów wodoru, tworząc **karbokation**, czyli kation organiczny, w którym atom węgla ma deficyt elektronów i tworzy się na nim ładunek dodatni (1). Jest więc to **atak elektrofilowy**. Karbokation to produkt przejściowy, który w dalszej kolejności jest atakowany przez [nukleofil](#), czyli Cl^- . Następuje więc **atak nukleofilowy**. Para elektronowa anionu chlorkowego, atakując pośredni karbokation, tworzy nowe wiązanie C—Cl. Tworzy się zatem chlorowy produkt addycji, posiadający elektrony π wiązania podwójnego (2). Produkt ten nadal posiada elektrony π , w związku z tym przy wystarczającej ilości chlorowodoru może nastąpić drugi etap addycji, analogiczny do pierwszego. Elektrony wiązania π atakują dodatni biegun cząsteczki chlorowodoru i następuje przyłączenie odczynnika elektrofilowego – H^+



Szybkość tworzenia karbokationów oraz ich trwałość maleje w szeregu: III-rzędowy (3°), II-rzędowy (2°), I-rzędowy (1°).

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

Dlatego innym sposobem wyjaśnienia reguły Markownikowa jest stwierdzenie, że w reakcji addycji głównym produktem przejściowym jest wyżej rzędowy karbokation, ponieważ powstaje szybciej i jest trwalszy.

Słownik

alkiny

alifatyczne węglowodory nienasycone o wzorze ogólnym C_nH_{2n-2} , których cząsteczki zawierają jedno wiązanie potrójne między atomami węgla

addycja elektrofilowa

reakcja addycji, czyli łączenia, w której związek, posiadający niedomiar elektronów (elektrofil), przyłącza się do związku chemicznego, zawierającego nadmiar elektronów bez powstawania produktów ubocznych

elektrofil

indywiduum chemiczne obdarzone ładunkiem dodatnim (w reakcji bromowania jest to Br^+ , w reakcji nitrowania – NO_2^+ , w reakcji chlorowania – Cl^+ , w reakcji metylowania – CH_3^+ itd.)

nukleofil

indywiduum chemiczne obdarzone ładunkiem ujemnym (np. Br^- , Cl^- , OH^-) lub cząsteczka obojętna, posiadająca wolne pary elektronowe (np. H_2O , Br_2 , Cl_2)

rozpad heterolityczny

rozerwanie wiązania kowalencyjnego w cząsteczce związku, którego efektem jest powstanie dwóch jonów: dodatniego i ujemnego

Bibliografia

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.

Symulacja interaktywna

Polecenie 1

Przeanalizuj poniższą symulację interaktywną. Sprawdź, jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach. W tym celu, przeprowadź addycje wybranych przez siebie związków chemicznych tak, aby powstał związek wskazany w poleceniu. Na początku wybierz związek chemiczny, stanowiący substrat umożliwiający powstanie określonego produktu. Następnie, po zatwierdzeniu wyboru, za pomocą strzałek obecnych przed HCl/HBr, ustaw odpowiednią wartość współczynnika stechiometrycznego. Kolejno przyłącz do atomów połączonych wiązaniem wielokrotnym atom wodoru oraz atom chloru/bromu. Potem rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.

The screenshot shows a digital interface for a chemistry simulation. At the top, a light blue header contains the question: "Jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach?". Below this, a grey instruction box reads: "Przeprowadź addycję tak, aby powstał 2,5-dibromo-4-metyloheks-1-en". A dropdown menu is labeled "Wybierz związek" and is currently empty. Below the menu, a chemical reaction template is displayed: "+ [] HBr →", where the brackets are for the stoichiometric coefficient. On the right side of the interface, there are two circular icons: a grey refresh button and a pink information button with a lowercase 'i'.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dr6T8Sh07>

Symulacja interaktywna pt. „*Jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach*”

Źródło: licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Zapisz równanie reakcji addycji przebiegającej pomiędzy bromowodorem a 5-etylo-3-metylohept-3-enem. Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz poprawną odpowiedź spośród podanych poniżej.

Reakcja addycji fluorowcowodorów do alkinów zachodzi zgodnie z mechanizmem:

wolnorodnikowym.

elektrofilowym.

nukleofilowym.

Ćwiczenie 2



Określ prawdziwość poniższych zdań, zaznaczając prawdę lub fałsz.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Produktem całkowitej addycji fluorowcowodorów do alkinów jest tetrafluorowcopochodna alkanu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W zapisie mechanizmu addycji fluorowcowodorów do alkinów odnotowujemy obecność zarówno czynnika elektrofilowego, jak i wolnorodnikowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Podczas addycji niedomiaru fluorowcowodorów do alkinów możliwe jest zatrzymanie reakcji na etapie utworzenia fluorowcopochodnej alkeny.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 3



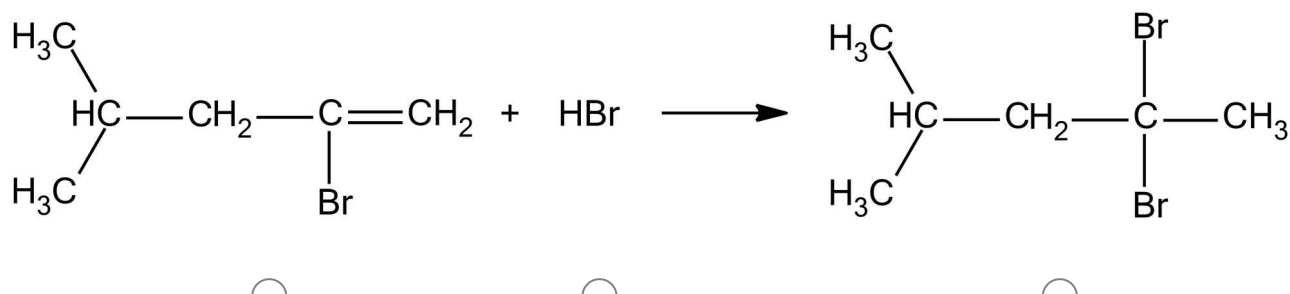
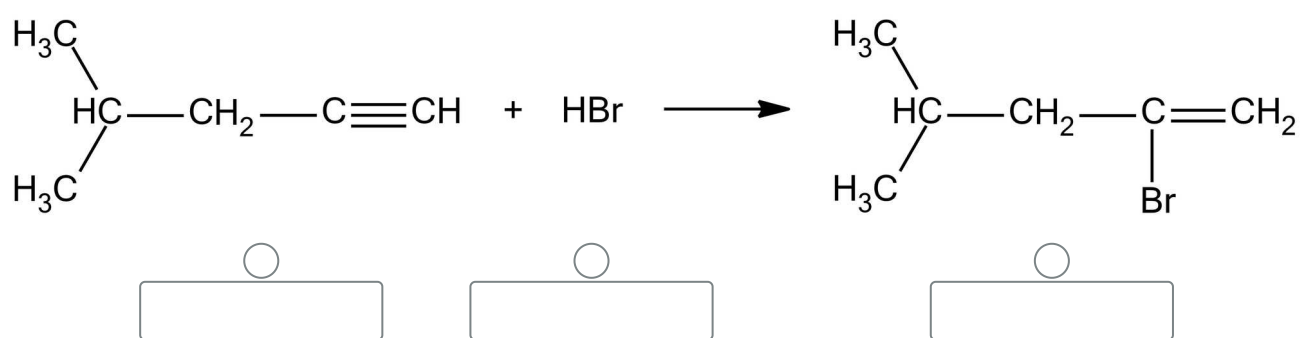
Dla wybranych w ćwiczeniu nr 2 fałszywych stwierdzeń zapisz ich prawidłowe odpowiedniki.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 4



Uzupełnij nazwy związków chemicznych na ilustracji.

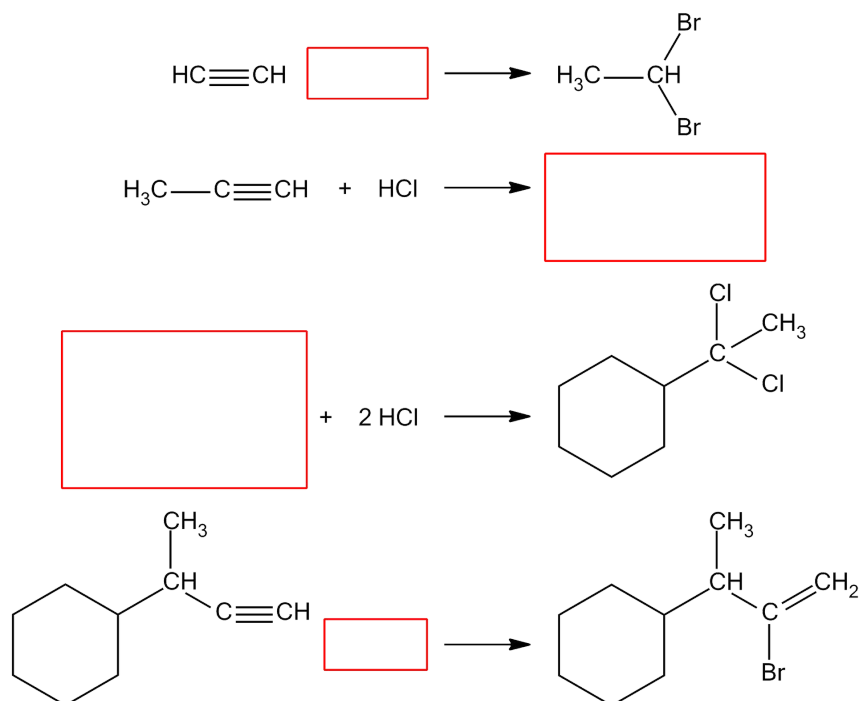


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Uzupełnij schemat reakcji, wpisując wzory chemiczne reagentów oraz współczynniki stechiometryczne, jeżeli są różne od 1, tak aby powstały uzgodnione równania reakcji chemicznych. Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych.



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



Wyznacz wzór sumaryczny alkinu, jeżeli wiesz, że w reakcji addycji bromowodoru do tego węglowodoru powstaje dibromopochodna alkanu o masie molowej $244 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

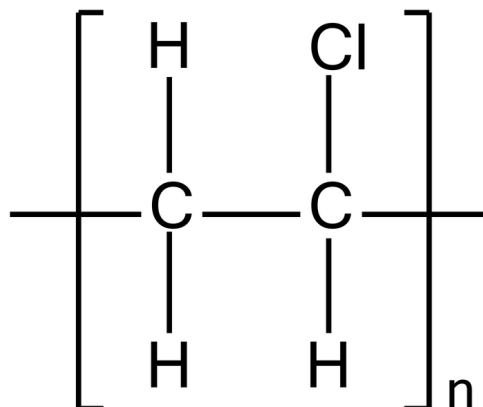
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Poli(chlorek winylu) to polimer syntetyczny, którego wzór chemiczny można zapisać w następujący sposób:



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

Związek ten o skrócie PVC jest najczęściej wykorzystywany do produkcji elementów aparatury chemicznej, wykładzin chemoodpornych oraz wani galwanizacyjnych i trawielniczych, a więc produktów narażonych na oddziaływanie substancji chemicznych. Otrzymuje się go z chlorku winylu. Zapisz równanie reakcji otrzymywania chlorku winylu, będącego monomerem w reakcji polimeryzacji, służącej do otrzymywania PVC. Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



W tabeli podano temperatury topnienia i wrzenia wybranych produktów addycji fluorowcowodorów do alkinów. Określ stan skupienia w $T = 298 \text{ K}$ każdej z podanych pochodnych alkanów, zapisując gaz / ciecz / ciało stałe w odpowiednim miejscu w tabeli. Zapisz równania reakcji otrzymywania związków, których nazwy podano w pierwszej kolumnie jako substratu, używając odpowiedniego alkinu.

Związek chemiczny	$T_{\text{top.}} (\text{°C})$	$T_{\text{wrz.}} (\text{°C})$	Stan skupienia
Chloroeten	-153,84	-13,8	<input type="text"/>
1,1-dichloroetan	-97	57,2	<input type="text"/>
2,2-dichloropropan	-33,8	69,3	<input type="text"/>
Bromoeten	-139,5	15,8	<input type="text"/>

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak przebiega addycja HBr i HCl w alkinach?

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 podstawowy

XIII: Węglowodory. Uczeń:

4) opisuje właściwości chemiczne alkinów na przykładzie reakcji: spalania, addycji (przyłączenia): H_2 , Cl_2 , HCl, H_2O , trimeryzacji etynu; pisze odpowiednie równania reakcji.

Zakres rozszerzony

XIII: Węglowodory. Uczeń:

6) opisuje właściwości chemiczne alkinów na przykładzie reakcji: spalania, addycji: H_2 , Cl_2 i Br_2 , HCl, i HBr, H_2O , trimeryzacji etynu; 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:

- pisze równania reakcji addycji cząsteczek chlorowodoru i bromowodoru do cząsteczek alkinów;

- wyjaśnia mechanizm addycji elektrofilowej cząsteczek chlorowodoru i bromowodoru do cząsteczek alkinów;
- wyjaśnia, na czym polega reguła Markownikowa.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

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

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- modele kulkowo-pręcikowe;
- tablica interaktywna/tablica i kreda/pisak;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu/smartfony, tablety;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Kahoot!/Quizizz.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom przykładowe pytanie: Na czym polega reakcja addycji fluorowodorów do alkinów?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Na czym polega reakcja addycji?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Symulacja interaktywna. Uczniowie w parach analizują symulację interaktywną przedstawiającą wizualizację przebiegu addycji HBr i HCl w alkinach. Rozwiązują zawarte w medium zadania.
2. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje modele kulkowo-pręcikowe. Każda grupa ma za zadanie wybranie dowolnego alkinu i zbudowanie modelu jego cząsteczki. Następnie uczniowie mają za zadanie przyłączyć cząsteczkę chlorowodoru lub bromowodoru do atomów węgla wiązania potrójnego, kosztem rozerwania jednego z wiązań. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów, wspiera ich i zatwierdza poprawność wykonania zadania.
3. Uczniowie nazywają cząsteczki, których modele skonstruowali i przedstawiają pozostałym uczniom w klasie, którzy weryfikują poprawność podanej nazwy związku chemicznego.
4. Chętny uczeń tłumaczy regułę Markownikowa i uczniowie szukają wśród modeli tych cząsteczek, które spełniają oraz nie spełniają tej reguły. W przypadkach niespełniających tej reguły uczniowie poprawiają model na właściwy.
5. Uczniowie mają za zadanie dołączyć kolejną cząsteczkę chlorowodoru lub bromowodoru do utworzonego uprzednio modelu, pamiętając o regule Markownikowa. Uczniowie nazywają powstałe cząsteczki związków chemicznych na forum klasy.
6. Wybrani uczniowie z każdej grupy zapisują równanie reakcji chemicznej addycji fluorowcowodoru do alkinu na podstawie swojego modelu na tablicy. Uczniowie zapisują również sumaryczną reakcję chemiczną (przyłączenia 2 moli cząsteczek fluorowcowodoru do 1 mola cząsteczek alkinu).
7. Nauczyciel lub chętny uczeń tłumaczą mechanizm addycji elektrofilowej na podstawie wybranej reakcji z zapisanych na tablicy, zadając przy tym pytania pomocnicze dla uczniów:
 - Jakie występuje wiązanie chemiczne w cząsteczkach HBr i HCl?
 - Jaki ładunek zlokalizowany jest wokół wiązań π ?
 - W jaki sposób powstaje karbokation?
 - Jaki ładunek występuje na jednym z atomów węgla po przyłączeniu atomu wodoru?
 - Na skutek czego powstaje chlorowy/bromowy produkt addycji?
8. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę i umiejętności wykonując kolejno ćwiczenia w e-materiale w zakładce „Sprawdź się” od 5 do 8 (można zadania wyświetlić na tablicy multimedialnej). Po wyznaczonym czasie na każde zadanie, chętny uczeń podchodzi do tablicy i zapisuje rozwiązanie, pozostali uczniowie weryfikują poprawność rozwiązania (można również wyświetlić odpowiedź na tablicy multimedialnej, która jest pod każdym zadaniem).

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów poprzez zadawanie przykładowych pytań lub nauczyciel może przygotować quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot!/ Quizizz z zastosowaniem smartfonów/tabletów. Uczniowie odpowiadają na pytania:

- Zgodnie z jakim mechanizmem zachodzi reakcja addycji fluorowcowodorów do alkinów?
- Jaka drobina pełni funkcję elektrofila a jaka nukleofila?
- Dlaczego addycja do alkinów zachodzi zgodnie z mechanizmem elektrofilowym, skoro w zapisie mechanizmu odnotowujemy obecność zarówno czynnika elektrofilowego, jak i nukleofilowego?

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 multimediu:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów jako utrwalenie wiadomości i umiejętności przed pracą kontrolną lub przez uczniów nieobecnych na lekcji jako uzupełnienie luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

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

- Zgodnie z jakim mechanizmem zachodzi reakcja addycji fluorowcowodorów do alkinów?
- Jaka drobina pełni funkcję elektrofila a jaka nukleofila?
- Dlaczego addycja do alkinów zachodzi zgodnie z mechanizmem elektrofilowym, skoro w zapisie mechanizmu odnotowujemy obecność zarówno czynnika elektrofilowego, jak i nukleofilowego?

2. Nauczyciel zamiast modeli kulkowo-pręcikowych może przygotować plastelinę i wykałaczki/zapałki.