

Addycja wodoru do cząsteczek alkinów

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

Addycja wodoru do cząsteczek alkinów

Wodór świecący w lampie wyładowczej

Źródło: Alchemist-hp, dostępny w internecie: pl.m.wikipedia.org, licencja: CC BY-NC-ND 3.0.

Czy wiesz, że uwodornianie, uwodornienie, hydrogenizacja, hydrogenacja, wodorowanie, hydrogenoliza to synonimy? Wszystkie oznaczają reakcję redukcji, polegającej na przyłączeniu wodoru do danego związku chemicznego. W tym materiale dowiesz się, jak przebiega reakcja addycji, czyli przyłączenia wodoru do cząsteczek alkinów.

Twoje cele

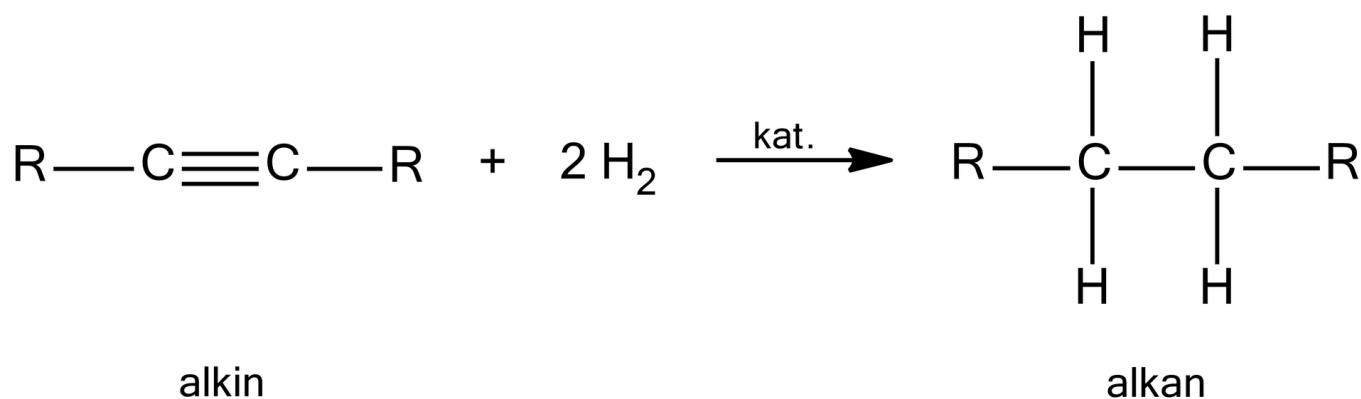
- Wymienisz najpopularniejsze katalizatory stosowane do uwodornienia alkinów.
- Zapiszesz równania reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów.
- Wyjaśnisz mechanizm reakcji addycji na katalizatorze.

Przeczytaj

Reakcja addycji wodoru do cząsteczek alkinów

Alkiny reagują z **wodorem**, dając odpowiednie nasycone lub nienasycone produkty addycji. Mówi się wówczas, że **wiązanie potrójne zostało uwodornione lub zredukowane** (atomy węgla obniżyły stopień utlenienia). Alkiny ulegają reakcji redukcji do alkanów przez przyłączenie cząsteczek wodoru osadzonych na **katalizatorze** metalicznym.

Ogólne równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów zachodzącą w stosunku molowym 1:2 można zapisać w następujący sposób:

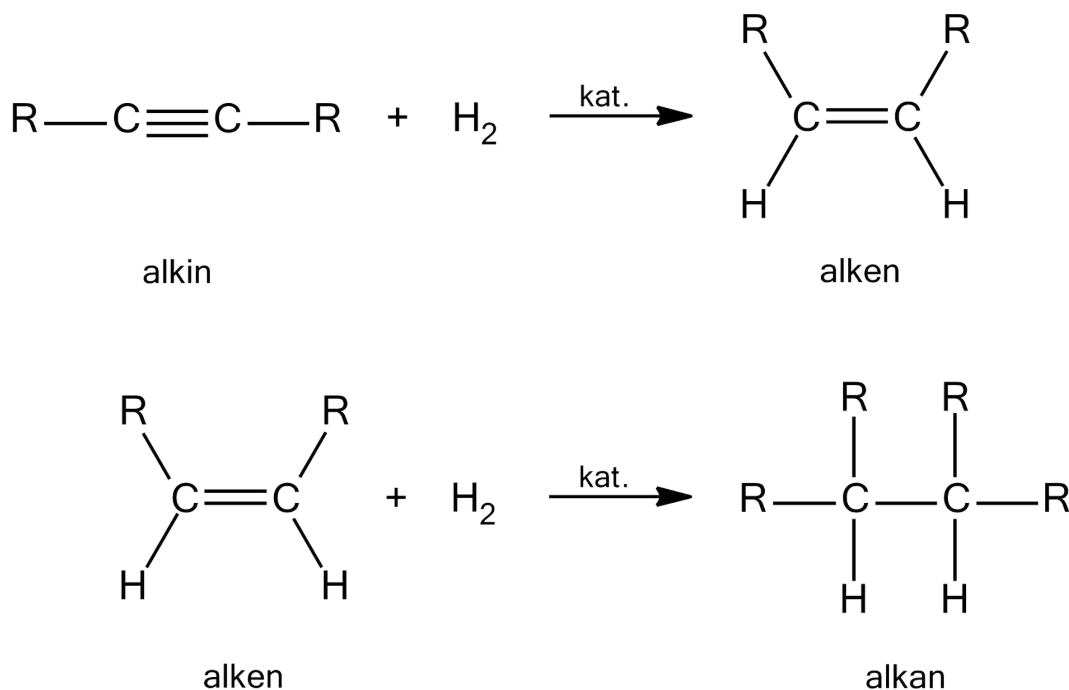


Ogólne równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów

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

Reakcja redukcji alkinów zachodzi stopniowo poprzez pośredni alken. Etap pierwszy zachodzi jednak z większym efektem energetycznym ($\Delta H^\circ_{\text{hydrog.}}$) niż etap drugi, dlatego też alkiny chętniej ulegają reakcji redukcji niż alkeny.

Równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów można zatem zapisać w postaci dwóch reakcji chemicznych (dwóch etapów) w następujący sposób:



Równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów

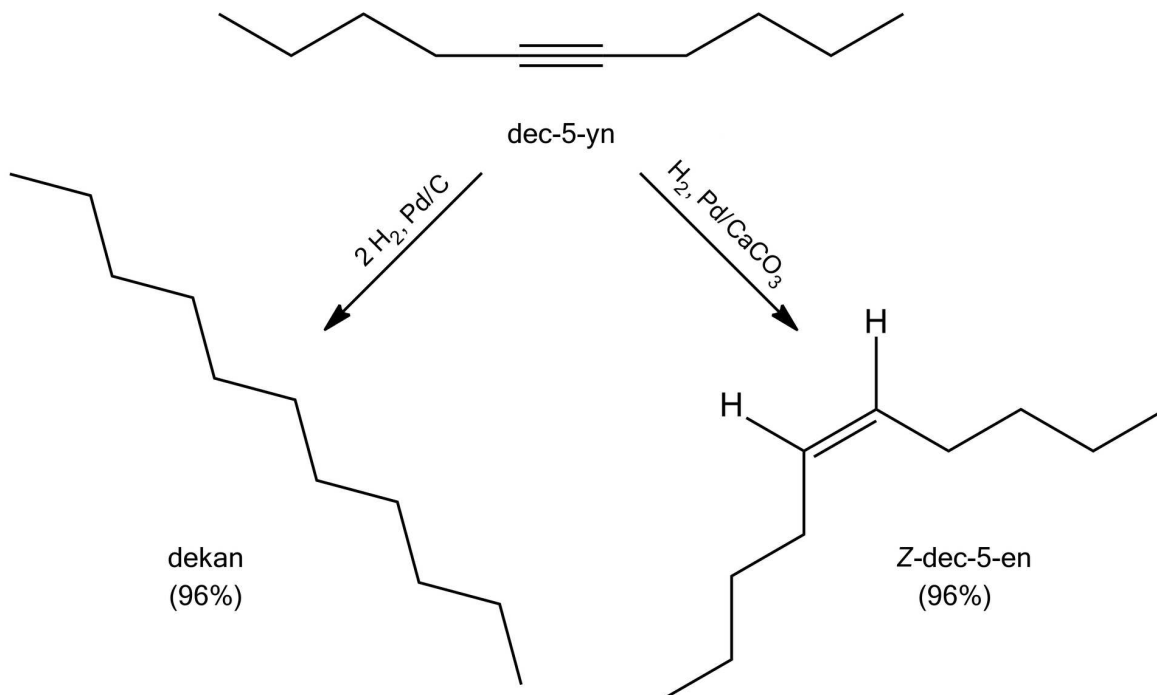
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Badania **stereochemiczne** wykazały, jak przebiega uwodornienie – oba atomy wodoru przyłączają się do wiązania potrójnego, z tego samego miejsca powierzchni katalizatora, czyli powstaje alken o konfiguracji *cis* (*Z*).

Platyna i pallad to najczęściej stosowane metale jako katalizatory do uwodornienia alkinów. Pallad jest zwykle używany w postaci rozdrobnionej osadzonej na węglu aktywnym, czyli obojętnym nośniku, by zmaksymalizować powierzchnię reakcji. Wówczas stosuje się zapis Pd /C. Platynę natomiast używa się w postaci tlenku platyny(IV) – PtO₂. Jest to tzw. katalizator Adamsa. Czasami jako katalizator stosowany jest również **nikiel**.

Ciekawostka

Całkowita reakcja redukcji alkinów zachodzi tylko wtedy, gdy jako katalizator zostaje użyty Pd /C. Natomiast jeżeli redukcja alkinu ma zostać zatrzymana na etapie alkenu, to należy użyć mniej aktywnego katalizatora. Najczęściej jest to również rozdrobniony metaliczny pallad, ale osadzony na węglanie wapnia, a następnie dezaktywowany przez reakcję z octanem ołowiu oraz chinoliną. Jest to tzw. katalizator Lindlara.

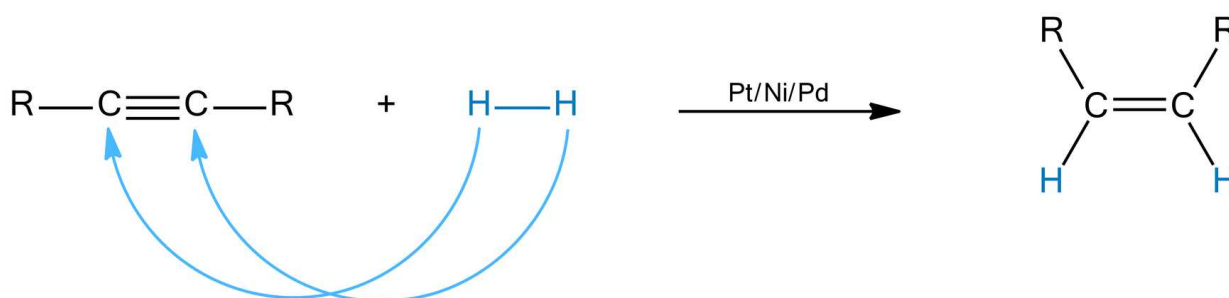


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Jaki jest mechanizm addycji (przyłączenia) wodoru do cząsteczek alkinów?

Mechanizm addycji wodoru do alkinów

Etap 1

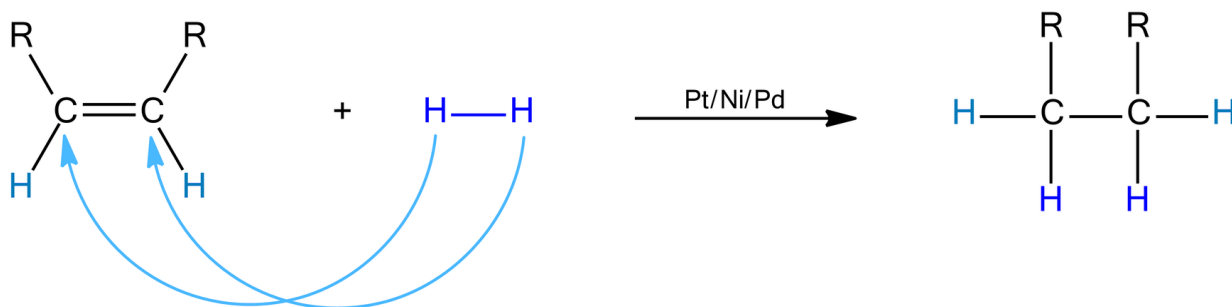


Równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczki alkinu

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

Schemat mechanizmu reakcji addycji wodoru do cząsteczki alkinu

Etap 2



Równanie reakcji addycji wodoru do cząsteczki alkenu

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

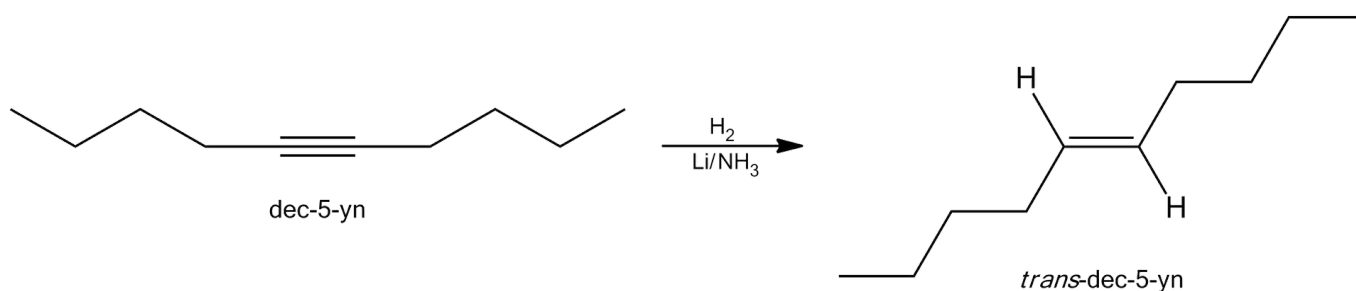
Schemat mechanizmu addycji wodoru do alkenu (wiązań podwójnego)

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

Ważne!

Uwodornienie katalityczne to przykład **katalizy heterogenicznej**, czyli reakcji, która ma miejsce, gdy katalizator i reagenty znajdują się w różnych fazach – np. ciało stałe i roztwór ciekły lub, tak jak w przypadku alkinów, ciało stałe i gaz. Reakcje zachodzące na katalizatorach stałych (tzw. kontaktach) są podstawą wielu procesów przemysłu chemicznego.

Należy pamiętać, że są również inne metody addycji wodoru do cząsteczek alkinów, np. wykorzystujące metaliczny sód lub lit w amoniaku jako rozpuszczalnik. Co ciekawe, tego typu redukcja prowadzi do alkenów o konfiguracji *trans* (szerzej rzecz ujmując *E*), a nie *cis* (*Z*).



Addycja wodoru do cząsteczek alkinów, wykorzystująca metaliczny sód lub lit w amoniaku jako rozpuszczalnik

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

Słownik

alkiny

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

katalizator

substancja chemiczna, którą dodaje się do układu w celu zwiększenia szybkości reakcji chemicznej

stereochemia

dział chemii, nauka o budowie przestrzennej cząsteczek związków chemicznych i przestrzennym przebiegu reakcji chemicznych

Bibliografia

Danikiewicz W., *Chemia organiczna*, cz. 3, Warszawa 2009.

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.

Encyklopedia PWN

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

McMurry J., *Chemia organiczna*, Warszawa 2016.

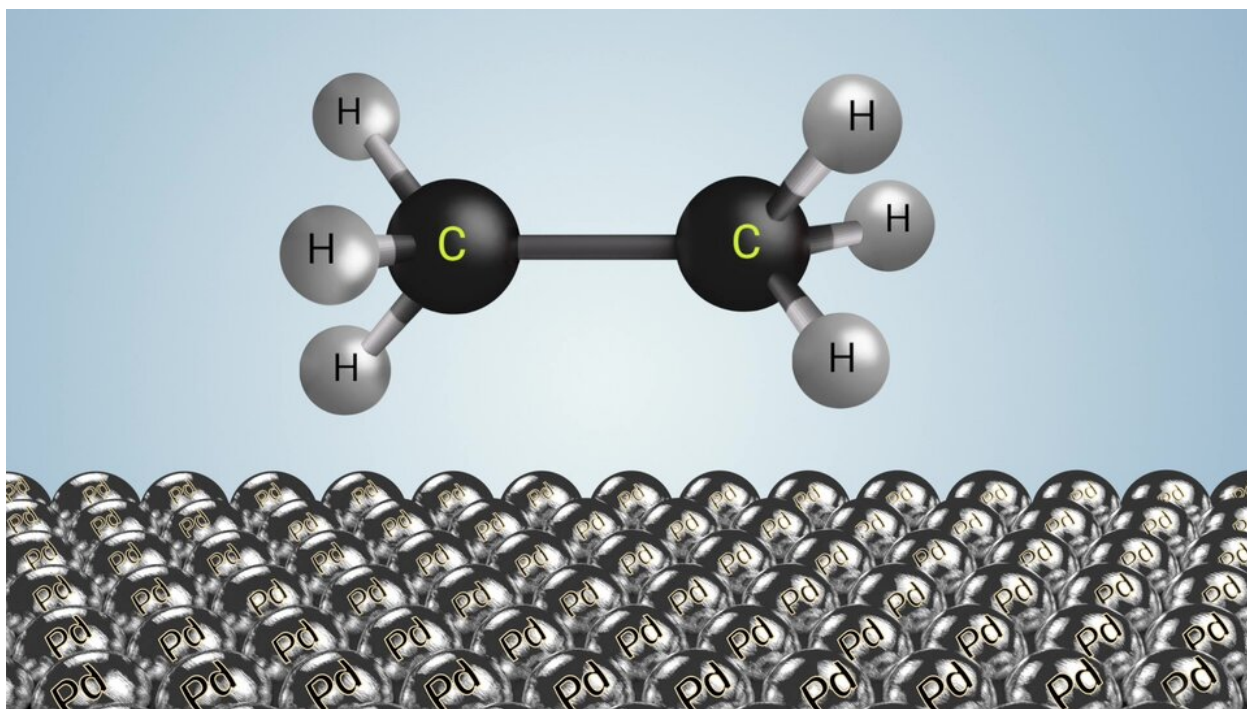
Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, Warszawa 1985.

Vogel, *Preparatyka organiczna*, Warszawa 1984, wyd. 2.

Animacja

Polecenie 1

Czy wiesz, jak przebiega addycja wodoru do cząsteczek alkinów? Zapoznaj się z animacją, która wyjaśnia ten proces na przykładzie etynu, a następnie rozwiąż zadania.



Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D5C9dXvw2>

Animacja pt. „Addycja wodoru do cząsteczek alkinów”

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

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy addycji wodoru do cząsteczek alkinów na przykładzie etynu.

Ćwiczenie 1

Wybierz prawidłową odpowiedź spośród podanych.

Uwodornienie alkinów jest typem reakcji:

polimeryzacji.

substytucji.

eliminacji.

addycji.

Ćwiczenie 2

Omawiana reakcja zachodzi na powierzchni katalizatora metalicznego, a to oznacza, że prawdziwe są następujące stwierdzenia:

Reakcję można zatrzymać na etapie alkenu, niezależnie od stosowanego katalizatora.

Wykorzystując katalizator, jakim jest Pd /C, nie można zatrzymać reakcji na etapie alkenu.

W pierwszym etapie reakcji powstaje alken o konfiguracji trans .

Wykorzystując katalizator, jakim jest Pd /C, można zatrzymać reakcję na etapie alkenu.

Jest to przykład katalizy heterogenicznej, ponieważ katalizator i reagenty są w tej samej fazie.

Jest to przykład katalizy homogenicznej, ponieważ katalizator i reagenty są w tej samej fazie.

Jest to przykład katalizy heterogenicznej, ponieważ katalizator i reagenty są w różnych fazach.

Jest to przykład katalizy homogenicznej, ponieważ katalizator i reagenty są w różnych fazach.

Ćwiczenie 3

Wybierz metale, które mogą pełnić funkcję katalizatora w reakcji addycji wodoru do alkinów.

Platyna

Pallad

Sód

Magnez

Nikiel

Kobalt

Żelazo

Miedź


Ćwiczenie 4

Zapisz równanie reakcji przedstawionej w animacji. Zastosuj wzory strukturalne związków organicznych.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Co można otrzymać w wyniku uwodornienia okt-2-ynu za pomocą 2 moli wodoru?

Okten

Okt-4-yn

Oktan

Okt-3-yn

Okt-1-yn

Ćwiczenie 2



Wstaw „P”, jeżeli uznasz zdanie za prawdziwe, lub „F”, jeżeli uznasz, że za fałszywe.

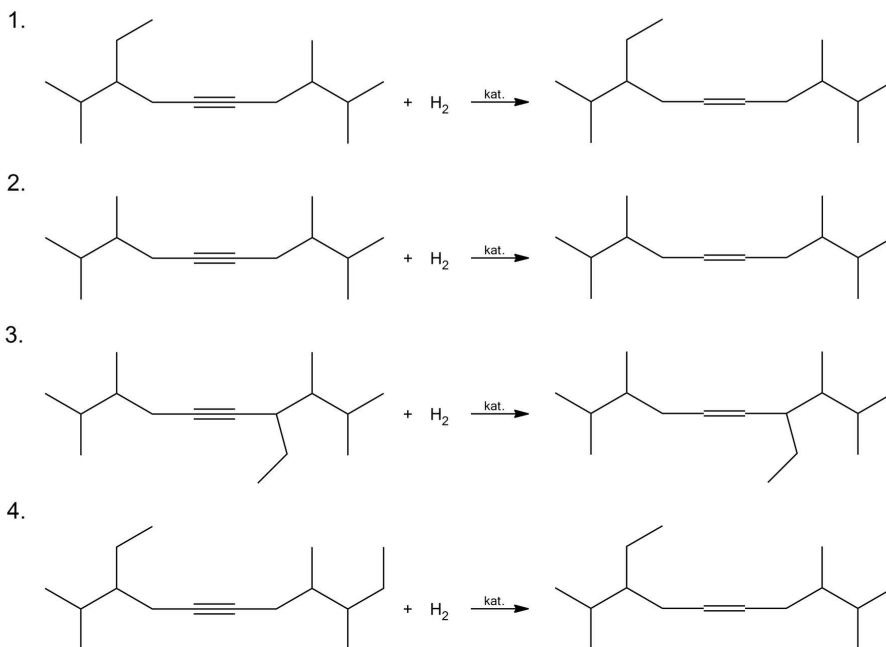
addycji nukleofilowej., katalitycznego uwodornienia., substytucji nukleofilowej., substytucji elektrofilowej., utleniania i redukcji., P, P, P, F, F

Addycja wodoru do alkinu to reakcja:	P	F
addycji nukleofilowej.		
katalitycznego uwodornienia.		
substytucji nukleofilowej.		
substytucji elektrofilowej.		
utleniania i redukcji.		

Ćwiczenie 3



Wybierz prawidłowo zapisane równanie reakcji niecałkowitego uwodornienia 2,3,8,9-tetrametylodec-5-ynu spośród podanych poniżej.



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

3

1

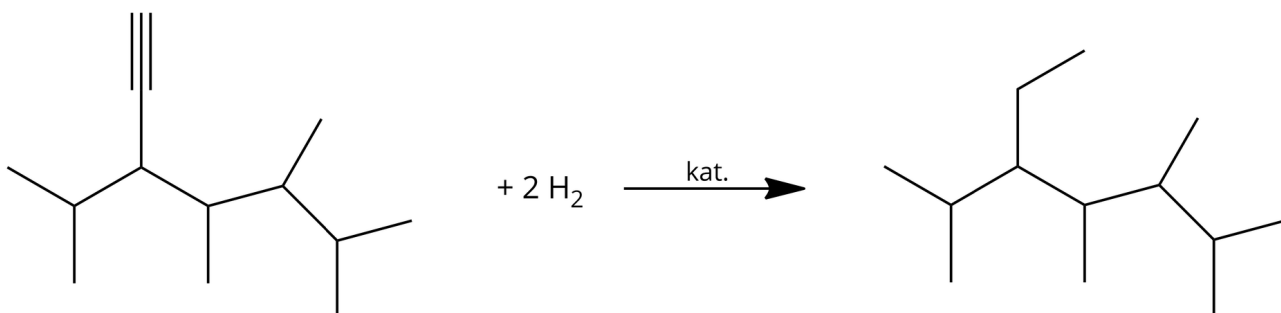
4

2

Ćwiczenie 4



Nazwij reagenty organiczne w poniższym równaniu reakcji całkowitego uwodornienia pewnego alkinu.



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.

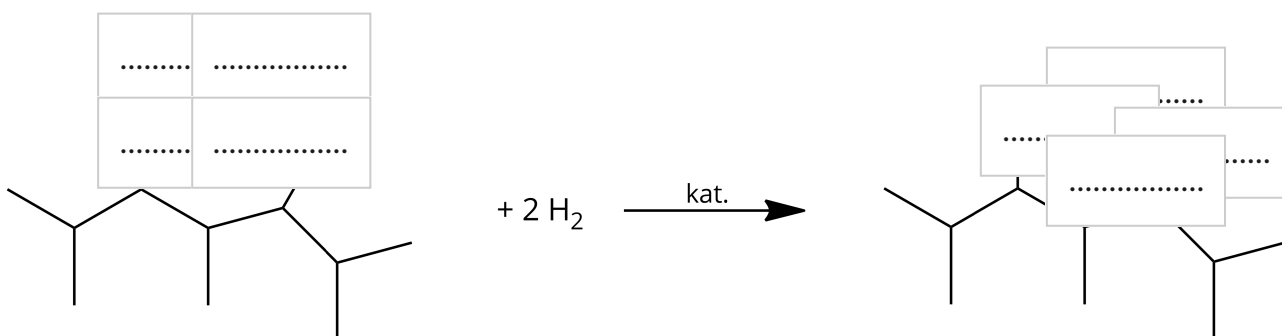
Ćwiczenie 5



Określ stopnie utlenienia atomów węgla, połączonych wiązaniem wielokrotnym, oraz ich stopnie utlenienia w produkcie reakcji. Podaj typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla ulegających redukcji. Po lewej stronie atomów węgla określ typ hybrydyzacji, a po prawej stopień utlenienia.

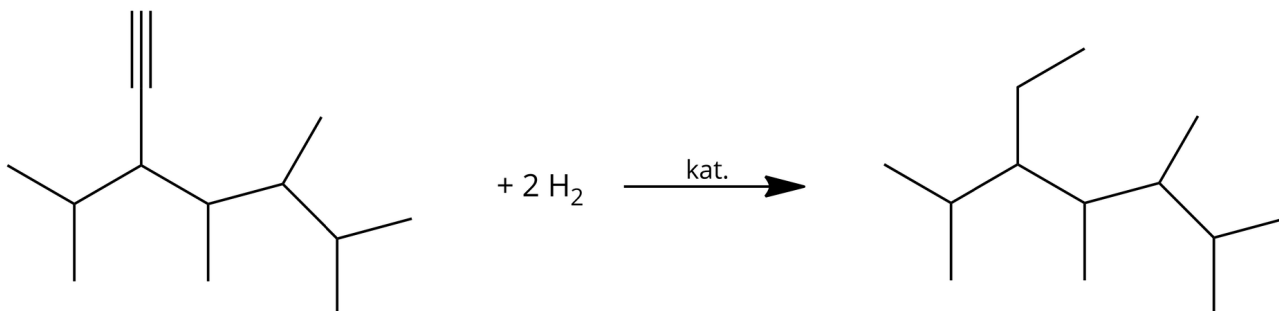
Stopnie utlenienia:

sp^3 , sp , 0, sp^3 , sp , -III, -II, -I



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

Ćwiczenie 6



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

Do reakcji redukcji 1 mola alkinu użyto 2 moli cząsteczkowego wodoru, zaszła reakcja opisana równaniem: (tu równanie) Określ liczbę elektronów biorących udział w procesie utleniania i redukcji jaki miał miejsce.

- utlenianie: 4 mole elektronów; redukcja: 4 mole elektronów.
- utlenianie: 4 mole elektronów; redukcja: 6 moli elektronów.
- utlenianie: 2 mole elektronów; redukcja: 2 mole elektronów..
- utlenianie: 6 moli elektronów; redukcja: 4 mole elektronów.
- utlenianie: 4 mole elektronów; redukcja: 2 mole elektronów.
- utlenianie: 2 mole elektronów; redukcja: 4 mole elektronów.

Ćwiczenie 7



Czy reakcja addycji wodoru do cząsteczek alkinów to reakcja utlenienia i redukcji? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Oblicz, jaką objętość wodoru odmierzonego w warunkach standardowych należy użyć do całkowitego uwodornienia $14,5 \text{ cm}^3$ but-1-ynu odmierzonego w warunkach normalnych.

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: Addycja wodoru do cząsteczek alkinów

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, 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 , 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:

- wymienia najpopularniejsze katalizatory stosowane do uwodornienia alkinów;
- pisze równania reakcji addycji wodoru do cząsteczek alkinów;
- opisuje mechanizm reakcji addycji na katalizatorze.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- pogadanka;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Pogadanka na temat katalizatorów (czym są, jaką pełnią rolę) w reakcji addycji.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z treściami w e-materiale na temat reakcji addycji. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej równanie reakcji katalitycznego uwodornienia alkinów, na przykładzie ich wzoru ogólnego, a chętny uczeń wyjaśnia jej przebieg:

Plik o rozmiarze 57.88 KB w języku polskim

2. Nauczyciel zwraca uwagę na zmianę typu hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla związanych wiązaniem potrójnym z sp (alkin), poprzez sp^2 (alken), na sp^3 (alkan).
3. Nauczyciel prosi jednego z uczniów o zapisanie na tablicy sumarycznej reakcji uwodornienia dowolnego alkinu:

Plik o rozmiarze 28.78 KB w języku polskim

4. Uczniowie zapoznają się z mechanizmem addycji wodoru na katalizatorze palladowym w e-materiale, po czym nauczyciel wyświetla etapy mechanizmu na tablicy interaktywnej, a chętny uczeń wyjaśnia mechanizm na forum klasy, nauczyciel wspiera ucznia i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
5. Wytypowany uczeń pochodzi do tablicy i ustala stopnie utlenienia atomów węgla związanych wiązaniem potrójnym w alkinie oraz stopnie utlenienia uwodornionych atomów węgla w alkanie. Wskazuje proces utlenienia i redukcji oraz utleniacz i reduktor.
6. Następnie uczniowie, podchodząc do tablicy, zapisują równania reakcji wg poniższych poleceń.

Stosując wzory kreskowe i uwzględniając warunki napisz równanie reakcji:

- but-1-ynu z 2 molami wodoru;
- pent-2-ynu z $44,8 \text{ dm}^3$ wodoru odmierzonymi w warunkach normalnych;
- uwodornienia propynu za pomocą $6,02 \cdot 10^{23}$ cząsteczek wodoru.

Nazwij powstające produkty stosując nazwy systematyczne.

Plik o rozmiarze 110.51 KB w języku polskim

7. Nauczyciel odsyła uczniów do animacji, gdzie po zapoznaniu się z nią uczniowie w parach wykonują zawarte tam polecenia. 8. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów poprzez zadawanie pytań podsumowujących:
 - Jakiego typu mechanizmem jest addycja wodoru do alkinów?
 - Jakie metale mogą pełnić funkcje katalizatora?
 - Co pełni funkcję reduktora, a co utleniacza w reakcji addycji wodoru do alkinów ?
 - Co otrzymamy w wyniku całkowitego uwodornienia propynu?
 - Jaki produkt otrzyma się w wyniku reakcja pent-1-ynu z 1 molem wodoru?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałam/łem sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/łem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animacja może zostać wykorzystana podczas przygotowywania się ucznia do sprawdzianu lub do zdobycia wiedzy w razie nieobecności ucznia na lekcji.

Materiały pomocnicze:

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

- Jakiego typu mechanizmem jest addycja wodoru do alkinów?
- Jakie metale mogą pełnić funkcje katalizatora?
- Co pełni funkcję reduktora, a co utleniacza w reakcji addycji wodoru do alkinów ?
- Co otrzymamy w wyniku całkowitego uwodornienia propynu?
- Jaki produkt otrzyma się w wyniku reakcja pent-1-ynu z 1 molem wodoru?