



## Addycja wodoru w obecności katalizatorów

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Addycja wodoru w obecności katalizatorów

Powstawanie margaryny jest praktycznym przykładem reakcji addycji wodoru do wiązania podwójnego.

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Czy wiesz, co ma wspólnego margaryna z wodorem? Czy nikiel, pallad lub platyna mogą sprzyjać powstawaniu tłuszczów utwardzonych? Jaki związek z tym procesem mają alkeny? Czy wiesz, na czym polega reakcja addycji elektrofilowej?

### Twoje cele

- Zapiszesz równania reakcji addycji wodoru do alkenów.
- Zaproponujesz wzory strukturalne produktów powstałych w reakcji addycji wodoru do wiązania podwójnego.
- Przeanalizujesz mechanizm addycji wodoru do wiązania podwójnego w alkenach oraz warunki zachodzenia procesu i zapiszesz odpowiednie równania reakcji.
- Zaproponujesz alken oraz warunki reakcji do otrzymania danego alkanu przez katalityczne uwodornienie.

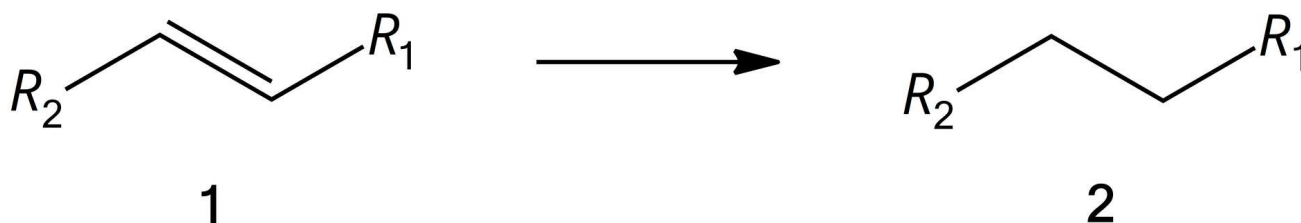
# Przeczytaj

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższymi informacjami, a następnie zaproponuj problem badawczy oraz hipotezę. Na podstawie przedstawionych informacji, obserwacji oraz wyników, sformułuj wniosek z doświadczeń.

Naukowcy mieli za zadanie otrzymać nasycony węglowodór nr 2 zgodnie ze schematem poniżej.



Schemat reakcji otrzymywania węglowodoru nr 2

$R_1$  oraz  $R_2$  – grupy funkcyjne

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

**W tym celu przeprowadzili trzy równoległe eksperymenty.**

### Doświadczenie 1

---

### Opis wykonania eksperymentu:

1. W kolbie okrągłodennej, wyposażonej w mieszadło magnetyczne, umieszczono 0,21 g związku nr 1, a następnie dodano 0,012 g 5% Pd / C ( katalizator palladowy osadzony na węglu), roztartego uprzednio w moździerzu, i 10 cm<sup>3</sup> metanolu.
  2. Kolbę zamknięto szczelnie korkiem i rozpoczęto mieszanie zawartości kolby w temperaturze pokojowej.
  3. Za pomocą igły podłączono do kolby balon wodoru z butli z gazowym wodorem i powoli wtłaczano gaz, aż do zaobserwowania bąbelkowania.
  4. Wodór wtłaczano przez 30 s, po czym mieszaninę odpowietrzono.
  5. Przyłączono ponownie balon z wodorem i mieszano zawartość kolby przez 30 min., ciągle wtłaczając gaz.
  6. Po zakończeniu reakcji, wodór odłączono od kolby, a zawartość kolby przefiltrowano przez sącdek z celitu.
  7. Rozpuszczalnik odparowano i otrzymano produkt 2.
- 

### Obserwacje i wyniki:

Po doprowadzeniu do układu wodoru, kolba zrobiła się ciepła. Związek nr 2, po oczyszczeniu przez Celit, otrzymano w postaci białej substancji stałej. Strukturę związku nr 2 potwierdzono metodami spektroskopowymi. Po pomiarze temperatur topnienia ustalono, że związek jest czysty. Wydajność procesu wyniosła 78%.

---

### Doświadczenie 2

---

### **Opis wykonania eksperymentu:**

1. W kolbie okrągłodennej, wyposażonej w mieszadło magnetyczne, umieszczono 0,21 g związku nr 1, a następnie dodano 0,012 g Pt.
  2. Kolbę zamknięto szczelnie korkiem i rozpoczęto mieszanie zawartości kolby w temperaturze pokojowej.
  3. Za pomocą igły podłączono do kolby balon wodoru z butli z gazowym wodorem i powoli wtłaczano gaz, aż do zaobserwowania bąbelkowania.
  4. Wodór wtłaczano przez 30 s, po czym mieszaninę odpowietrzono.
  5. Przyłączono ponownie balon z wodorem i mieszano zawartość kolby przez 30 min., ciągle wtłaczając gaz.
  6. Po zakończeniu reakcji, wodór odłączono od kolby, a zawartość kolby przefiltrowano przez sączek z celitu.
  7. Rozpuszczalnik odparowano i otrzymano produkt 2.
- 

### **Obserwacje i wyniki:**

Po doprowadzeniu do układu wodoru, kolba zrobiła się ciepła. Związek nr 2 otrzymano w postaci białej substancji stałej. Strukturę związku nr 2 potwierdzono metodami spektroskopowymi. Po pomiarze temperatur topnienia ustalono, że związek jest czysty. Wydajność procesu wyniosła 70%.

---

### **Doświadczenie 3**

---

### Opis wykonania eksperymentu:

1. W kolbie okrągłodennej, wyposażonej w mieszadło magnetyczne, umieszczono 0,21 g związku nr 1, a następnie 10 cm<sup>3</sup> metanolu.
  2. Kolbę zamknięto szczelnie korkiem i rozpoczęto mieszanie zawartości kolby w temperaturze pokojowej.
  3. Za pomocą igły podłączono do kolby balon wodoru z butli z gazowym wodorem i powoli wtłaczano gaz, aż do zaobserwowania bąbelkowania.
  4. Wodór wtłaczano przez 30 s, po czym mieszaninę odpowietrzono.
  5. Przyłączono ponownie balon z wodorem i mieszano zawartość kolby przez 6 h, ciągle wtłaczając gaz.
  6. Po zakończeniu reakcji, wodór odłączono od kolby, a zawartość kolby przefiltrowano przez sączek z celitu.
  7. Rozpuszczalnik odparowano i otrzymano produkt 2.
- 

### Obserwacje i wyniki:

Po doprowadzeniu do układu wodoru, kolba zrobiła się ciepła. Związku nie wydzielono. Wydajność procesu wyniosła 0%.

---

### Problem badawczy:

### Hipoteza:

### Wnioski:

Co ma wspólnego margaryna z wodorem?

## Ciekawostka

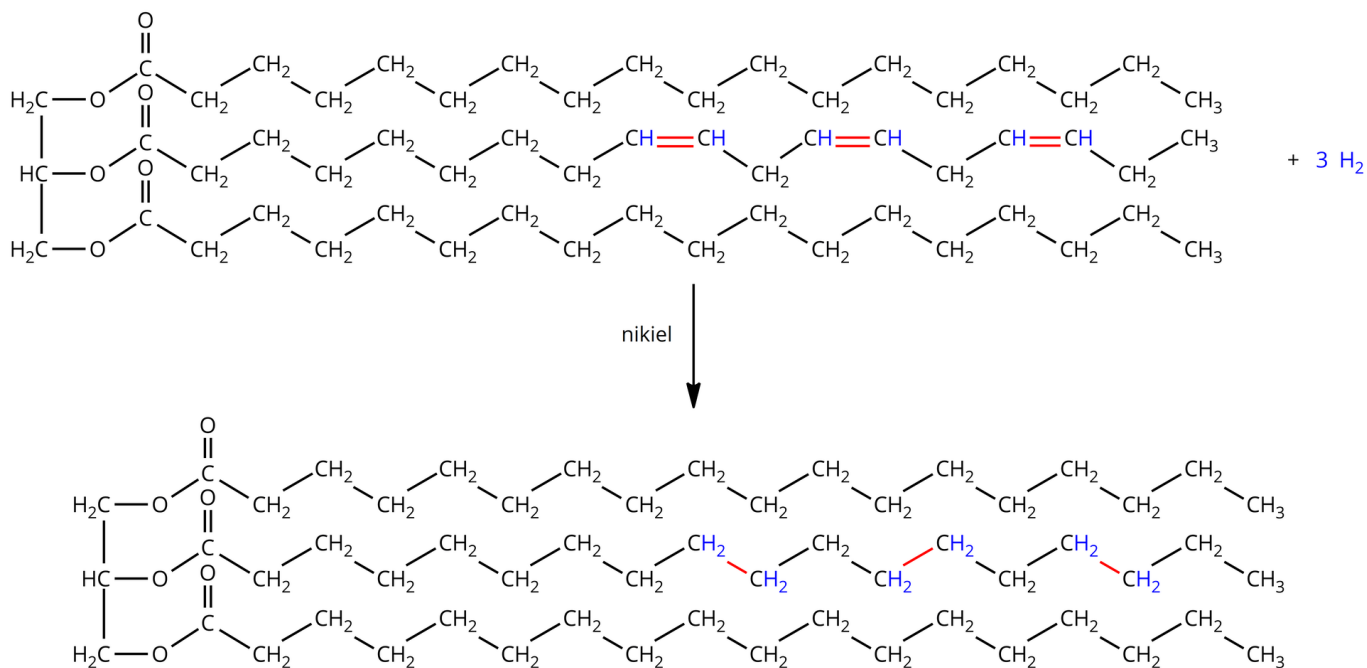
Francuski chemik, **Paul Sabatier** [czyt. saba<sup>t</sup>ję] otrzymał w 1912 r. Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za reakcję **uwodornienia** etenu w obecności niklu. Od czasu tego odkrycia (1897 r.), katalizowane metalem uwodornienie wiązań  $\pi$  – w związkach takich jak alkeny – przekształciło się w ważny proces chemiczny. Z biegiem lat opracowano nowe i bardziej wytrzymałe **katalizatory**, które rozszerzyły zakres tego procesu.



Nagroda Nobla – wyróżnienie przyznawane za wybitne osiągnięcia naukowe, literackie lub zasługi dla społeczeństw i ludzkości

Źródło: Jonathunder, dostępny w internecie: [www.wikipedia.pl](http://www.wikipedia.pl), domena publiczna.

Reakcje uwodornienia są szeroko stosowane do tworzenia dóbr handlowych. Uwodornianie jest stosowane w przemyśle spożywczym do wytwarzania dużej gamy towarów, takich jak pasty do smarowania i tłuszcze, z płynnych olejów. Proces ten umożliwia otrzymanie produktów stałych, jak np. margaryna.



Reakcja uwodornienia

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

## Ciekawostka



Friedrich Karl Rudolph Bergius – niemiecki chemik, technolog, specjalista w zakresie uwodorniania węgla (metoda Bergiusa), laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii w 1931 r. za wynalezienie i rozwój wysokociśnieniowych technologii chemicznych

Źródło: Nobel Foundation, domena publiczna.

Uwodornianie stosuje się również w przetwórstwie węgla. Stały węgiel przekształca się w benzynę syntetyczną przez dodanie wodoru, co umożliwia wykorzystanie jej jako paliwa. Za opracowanie i rozwój technologii bezpośredniego uwodorniania

węgla, **Friedrich Bergius** otrzymał Nagrodę Nobla w 1931 r. Co ciekawe, podjęcie w Niemczech od 1927 produkcji benzyny syntetycznej metodą Bergiusa przyczyniło się do wzrostu przewagi gospodarczej III Rzeszy na tlen innych państw Europy.

## Słownik

### addycja

(łac. *additio* „dodawanie”) reakcja przyłączenia, chem. reakcja polegająca na przyłączeniu atomów lub cząsteczek związku chemicznego z utworzeniem cząsteczki jednego produktu (adduktu)

### czynnik elektrofilowy

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

### uwodornienie

hydrogenacja, reakcja polegająca na przyłączeniu wodoru do danego związku chemicznego

### katalizator

(gr. *katálysis* „rozłożenie”) substancja, która zwiększa szybkość, z jaką reakcja chemiczna osiąga stan równowagi, sama się jednak nie zużywa

### celit

bardzo drobna krzemionka, zawierająca różne domieszki nieorganiczne, stosowana do sączenia roztworów organicznych

## 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.

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

Ryczkowski J., *Kataliza i technologia chemiczna jako elementy postępu cywilizacyjnego*, Lublin 2015.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, w jaki sposób zachodzi addycja wodoru w obecności katalizatorów?  
Zapoznaj się z poniższym filmem, a następnie rozwiąż zadania.

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1gdHTx0o>

Film samouczek pt. *Addycja wodoru w obecności katalizatorów*

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

Film nawiązujący do treści materiału

---

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

Uzasadnij, w jakim celu stosuje się katalizatory chiralne podczas reakcji addycji wodoru i gdzie mają one zastosowanie.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Poniżej wymieniono nazwy pewnych substancji chemicznych. Wskaż nazwy tych związków, które nie znajdują zastosowania jako katalizatory w reakcji uwodornienia alkenów

woda

pallad

kwas siarkowy(VI)

platyna

## Ćwiczenie 2



Ile moli cząsteczek wodoru należy użyć w reakcji uwodornienia 1 mola cząsteczek benzenu w obecności katalizatora palladowego, aby otrzymać 1 mol cykloheksanu? Wskaż prawidłową odpowiedź.

1,5 mola cząsteczek wodoru

3 mole cząsteczek wodoru

2 mole cząsteczek wodoru

1 mol cząsteczek wodoru

## Ćwiczenie 3



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

## Ćwiczenie 4



Napisz równanie reakcji uwodornienia akroleiny, wiedząc, że grupa aldehydowa nie ulega zredukowaniu. Zaproponuj również katalizator dla tej reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

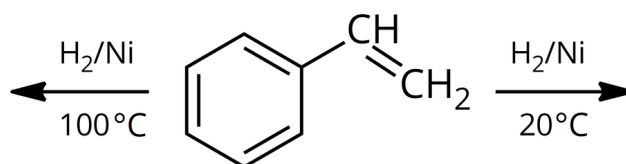
## Ćwiczenie 5



Uwodornienie alkenów zachodzi dużo łatwiej w porównaniu z uwodornieniem pierścieni aromatycznych. Na podstawie tej informacji, określ produkt uwodornienia etenylobenzenu, wpisując do poniższego schematu jego wzór strukturalny.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

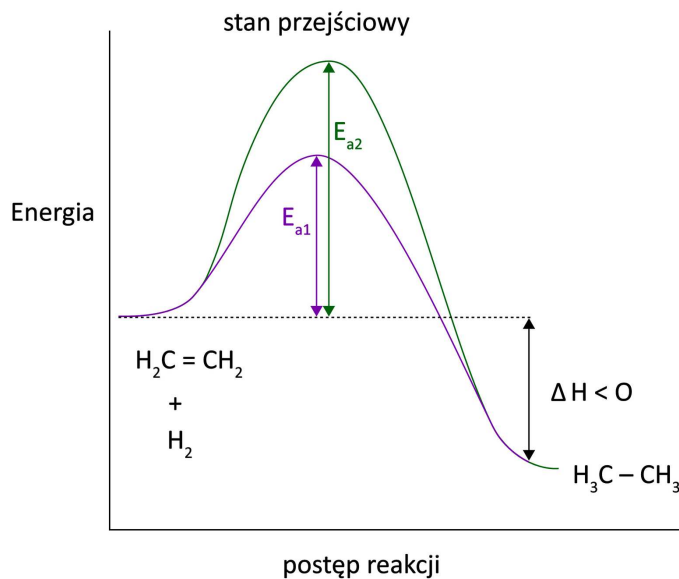


Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 6



Na podstawie poniższego wykresu, sformułuj wniosek dotyczący roli katalizatora w reakcji uwodornienia.



$E_{a1}$  – energia aktywacji w reakcji z zastosowaniem katalizatora

$E_{a2}$  – energia aktywacji w reakcji bez katalizatora

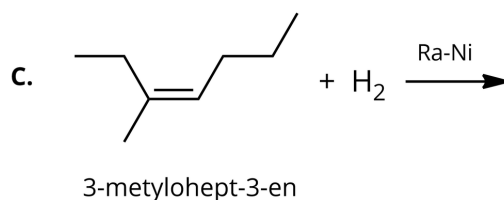
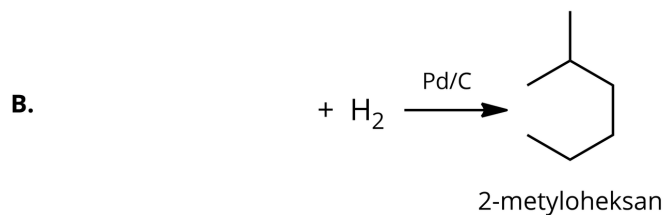
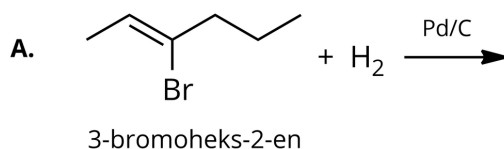
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 7



Dopisz substraty lub produkty reakcji uwodornienia katalizowanej palladem. Dodatkowo, uzupełnij nazwy systematyczne substratów i produktów.



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

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Oblicz, ile dm<sup>3</sup> wodoru potrzeba (w warunkach normalnych) do całkowitego uwodornienia 4,2 g propenu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

**Temat:** Addycja wodoru w obecności katalizatora

**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:

3) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: spalania, addycji (przyłączenia):  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2O$ ; 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 w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne, samokontrola podczas nauki.

### Cele operacyjne

**Uczeń:**

- pisze równania reakcji addycji wodoru do alkenów;

- identyfikuje produkty powstałe w reakcji addycji wodoru do wiązania podwójnego i proponuje ich wzory strukturalne;
- analizuje mechanizm addycji wodoru do wiązania podwójnego w alkenach oraz warunki zachodzenia procesu i potrafi zapisać odpowiednie równania reakcji;
- proponuje alken oraz warunki reakcji do przygotowania danego alkanu przez katalityczne uwodornienie.

### **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna.

### **Metody i techniki nauczania:**

- dyskusja dydaktyczna;
- mapa pojęciowa;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film samouczek;
- technika zdań podsumowujących.

### **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;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica i kreda, pisak.

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, na której widoczna jest kostka masła, po czym zadaje pytania ze wstępu do lekcji: czy wiesz, co ma wspólnego margaryna z wodorem? Czy nikiel, pallad lub platyna mogą sprzyjać powstawaniu tłuszczów utwardzonych? Jaki związek z tym procesem mają alkeny? Czy wiesz na czym polega reakcja addycji elektrofilowej?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Sporządzanie mapy pojęciowej wokół tematu addycji elektrofilowej. Efektem sporządzonej mapy pojęciowej ma być poznanie

definicji: addycja, elektrofil. Uczniowie proponują poznane do tej pory rodzaje addycji do wiązania podwójnego, np. addycja chlorowców, halogenowodorów.

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

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel dzieli uczniów losowo na grupy czteroosobowe. Zadaniem uczniów jest wykonanie polecenia 1 w e-materiale - zakładka „przeczytaj”, w którym mają zaproponować problem badawczy, postawić hipotezę i sformułować wnioski. W tym czasie uczniowie pracują bez zaglądanego do odpowiedzi i wskazówek. Po tym czasie chętny uczeń z każdej grupy zapisuje propozycje rozwiązania na tablicy. Następnie wraz z nauczycielem uczniowie ustalają jedną wspólną wersję i porównują ją z odpowiedzią zamieszczoną w tekście.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej równanie reakcji uwodornienia. Chętny uczeń omawia przykład reakcji uwodornienia i omawia warunki zachodzenia procesu. Formułuje rolę katalizatora w tej reakcji, podaje jego definicję i podaje przykłady katalizatorów uwodornienia, zapisując je na tablicy.
3. Nauczyciel odsyła uczniów do kolejnej części e-materiału – filmu samouczka, w którym przedstawiony jest dokładny mechanizm addycji wodoru do wiązania podwójnego. Po zakończeniu filmu uczniowie samodzielnie rozwiązują zadania zawarte w medium. W przypadku wątpliwości nauczyciel udziela wskazówek do ich rozwiązania. Po wyznaczonym czasie chętny uczeń przedstawia swoje odpowiedzi.
4. Nauczyciel poleca uczniom, by powrócili do części „przeczytaj” i zapoznali się z fragmentem „Co ma wspólnego margaryna z wodorem?”. Po samodzielnej pracy z tekstem nauczyciel dzieli uczniów losowo na grupy, rozdaje arkusze papieru A4 i mazaki. Uczniowie wypisują wady i zalety reakcji uwodornienia, np. na przykładzie utwardzania tłuszczów. Uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Po zakończonej pracy chętni uczniowie z poszczególnych grup prezentują efekty pracy na forum.
5. Na zakończenie lekcji uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują po kolei zadania. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi. Reszta uczniów ustosunkowuje się do niej, proponując swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania lub może stworzyć quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot! lub Quizizz z zastosowaniem smartfonów/tabletów: na czym polega addycja wodoru w obecności katalizatora? Co to jest czynnik elektrofilowy? Gdzie ma zastosowanie uwodornienie?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

- Dziś nauczyłem/łam się...
- Zrozumiałem/łam, że...
- Zaskoczyło mnie...
- Dowiedziałem/łam się...
- Łatwe było dla mnie...
- Trudność sprawiało mi...

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w zestawie ćwiczeń.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:**

Nauczyciel może wykorzystać medium w sekcji „Film samouczek” do pracy przed lekcją. Uczniowie zapoznają się z jego treścią i przygotowują do pracy na zajęciach w ten sposób, żeby móc samodzielnie rozwiązać zadania w temacie.

### **Materiały pomocnicze:**

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

- Na czym polega addycja wodoru w obecności katalizatora?
- Co to jest czynnik elektrofilowy?
- Gdzie ma zastosowanie uwodornienie?

2. Podręczniki do dyspozycji na lekcji:

- K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, tłum. A. Dworak, Warszawa 2014.
- R. T. Morrison, R. N. Boyd, *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, t. 1.
- K. Dudek-Różycki, M. Płotek, T. Wichur, *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Kraków 2020.
- K. Dudek-Różycki, M. Płotek, T. Wichur, *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

3. Nauczyciel przygotowuje arkusze papieru A4, mazaki.