



Jak przebiega addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach?

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

A photograph of several cinnamon sticks and one star anise spice, arranged on a dark, textured surface. The lighting is dramatic, highlighting the warm brown tones of the spices against the dark background.

## Jak przebiega addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach?

W olejkach eterycznych często występują aldehydy i ketony. Taki chociażby cynamonowy zapach związany jest z występowaniem w nich aldehydu cynamonowego.

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

Aldehydy i ketony, ze względu na ich przyjemny zapach, są wykorzystywane w przemyśle perfumeryjnym – w perfumach oraz olejkach eterycznych. Ich wspólną charakterystyczną cechą jest obecność grupy karbonylowej w strukturze. Ze względu na obecność grupy  $C = O$ , związki te biorą udział w reakcji addycji nukleofilowej. Jak przebiega reakcja addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach? Jakie są produkty tej reakcji? Dowiesz się tego w tej lekcji.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polega reakcja addycji nukleofilowej.
- Wymienisz przykładowe czynniki nukleofilowe.
- Przedstawisz ogólny przebieg reakcji addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach.
- Zapiszesz przebieg reakcji addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach dla wybranych nukleofili.

# Przeczytaj

## Addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach

**Addycja nukleofilowa** w aldehydach i ketonach polega na ataku czynnika nukleofilowego (**nukleofila**) na atom węgla w grupie karbonylowej. W tej reakcji powstaje tetraedryczny addukt, czyli produkt pośredni.

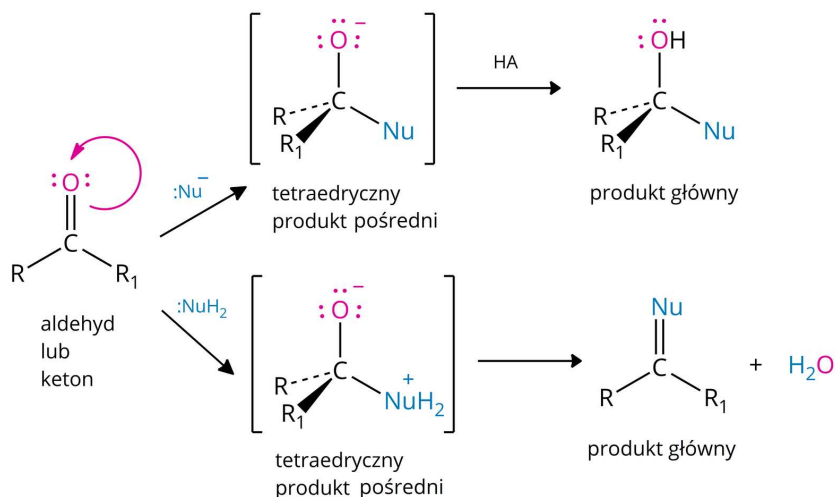
**Nukleofil** w tej reakcji może:

- Być naładowany ujemnie  $:\text{Nu}^-$   
np. jon hydroksylowy  $\text{OH}^-$ , **karboanion**  $\text{R}_3\text{C}^-$ , jon cyjankowy  $\text{NC}^-$ , jon wodorkowy  $\text{H}^-$ ;
- Być obojętny  $:\text{Nu}-\text{H}$   
np. woda  $\text{H}_2\text{O}$ , alkohol  $\text{ROH}$ , amoniak  $\text{NH}_3$ , amina  $\text{RNH}_2$ . Atom wodoru, zawarty w nukleofilu, może zostać od niego oderwany.

W zależności od tego, czy czynnikiem atakującym jest nukleofil naładowany ujemnie, czy obojętny, **addycja** nukleofilowa w aldehydach i ketonach może przebiegać na dwa sposoby:

W przypadku, gdy czynnikiem atakującym jest nukleofil obojętny, produktem końcowym jest alkohol, który powstaje pod wpływem działania wody lub kwasu produktu pośredniego na drodze protonowania.

Jeżeli czynnikiem atakującym jest ujemnie naładowany nukleofil, atom tlenu z grupy karbonylowej zostaje usunięty (eliminacja), powstaje produkt z wiązaniem podwójnym między karbonylowym węglem a nukleofilem  
 $\text{C} = \text{Nu}$ .



### Schemat reakcji addycji nukleofilowej

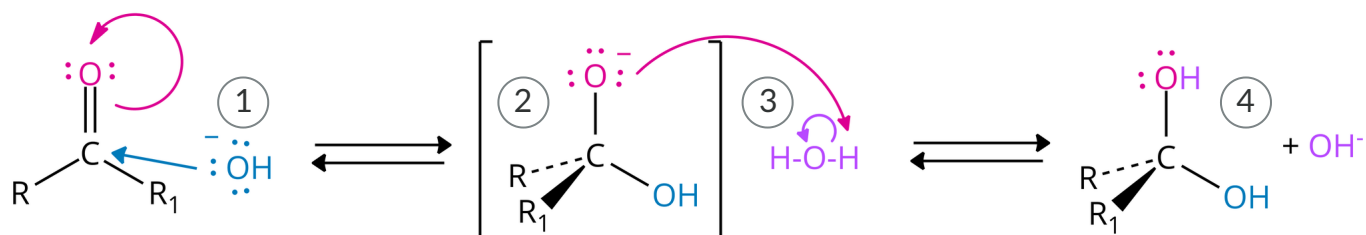
Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 729, licencja: CC BY-SA 3.0.

Addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach może zachodzić w obecności **katalizatora** (kwasu lub zasady) lub bez katalizatora. Rozpatrzmy kilka przykładów przebiegu reakcji addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach.

## Addycja nukleofilowa cząsteczki wody w aldehydach i ketonach

Aldehydy i ketony reagują z cząsteczką wody tworząc 1,1-diole. Reakcja zachodzi powoli. Aby ją przyspieszyć, używa się zasady lub kwasu jako katalizatora. Jest to reakcja odwracana.

- **Addycja nukleofilowa cząsteczki wody do aldehydu lub ketonu katalizowana zasadą**



1

Jon hydroksylowy (nukleofil) atakuje węgiel z grupy karbonylowej.

2

---

Powstaje produkt pośredni – jon alkoksylowy.

3

---

Następnie produkt pośredni odrywa proton z cząsteczki wody.

4

---

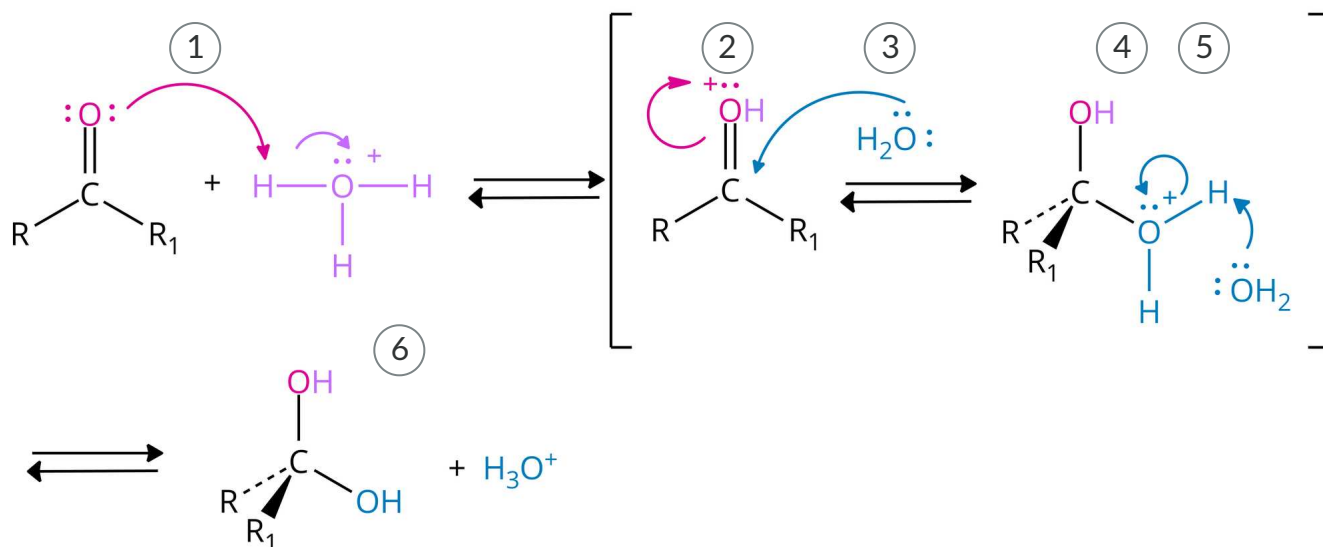
Powstaje diol oraz odtworzony katalizator zasadowy.

Schemat przedstawia addycję nukleofilową cząsteczki wody do aldehydu lub ketonu katalizowaną zasadą.

Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 732, licencja: CC BY-SA 3.0.

Reakcja zachodzi szybciej od reakcji bez katalizatora, ponieważ dochodzi do przekształcenia wody w lepszy od niej czynnik nukleofilowy – jon hydroksylowy  $\text{OH}^-$ .

- **Addycja nukleofilowa cząsteczki wody do aldehydu lub ketonu katalizowana kwasem**



1

---

Proton z kwasu (katalizator) przyłącza się do atomu tlenu z grupy karbonylowej.

2

---

Powstaje produkt pośredni, który jest znacznie lepszym akceptorem nukleofila niż aldehyd lub keton.

3

---

Następnie cząsteczka wody przyłącza się do produktu pośredniego.

4

---

Powstaje sprotonowany diol.

5

---

W kolejnym etapie sprotonowany diol traci proton.

6

---

Powstaje obojętny produkt – diol oraz odtworzony katalizator kwasowy.

Schemat przedstawia reakcję addycji nukleofilowej cząsteczki wody do aldehydu lub ketonu katalizowanych kwasem.

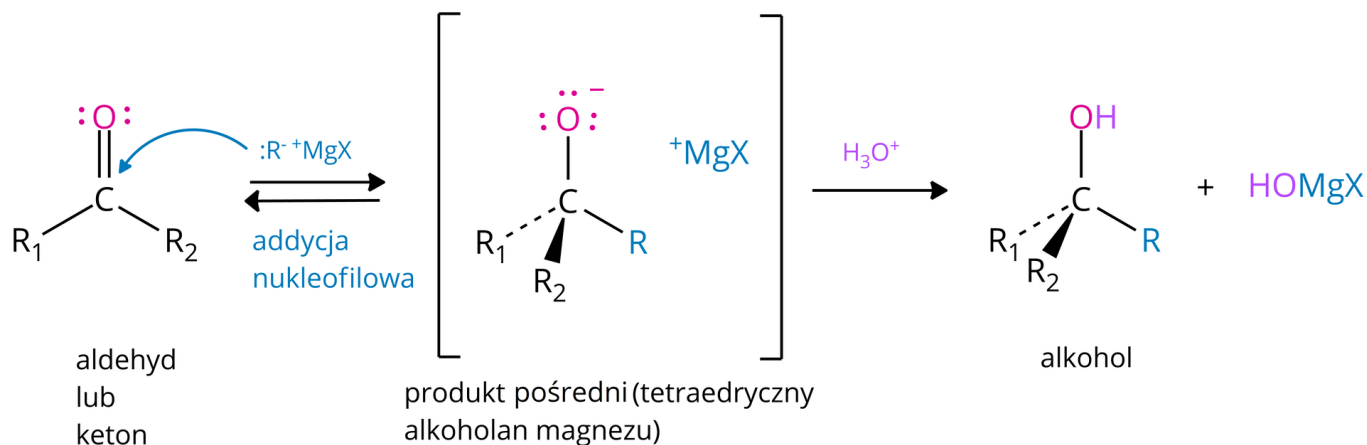
Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie: Rysunek na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 733, licencja: CC BY-SA 3.0.

Reakcja zachodzi szybciej od reakcji bez katalizatora, ponieważ sprotonowana grupa karbonylowa, która posiada ładunek dodatni na atomie tlenu (produkt pośredni), jest lepszym **elektrofilem** niż grupa  $C = O$ .

## Addycja nukleofilowa karboanionu w aldehydach i ketonach

Aldehydy i ketony reagują z karboanionem, tworząc alkohole. Źródłem karboanionu jest związek Grignarda  $RMgX$ , gdzie  $:R^- + MgX$ .

Reakcja addycji nukleofilowej związku Grignarda do aldehydów lub ketonów jest nieodwracalna. Przebieg reakcji jest następujący:

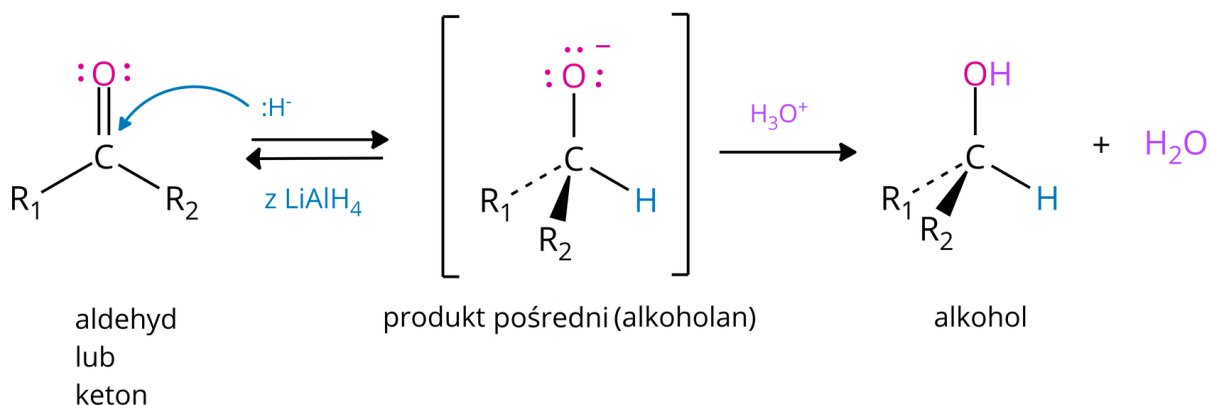


Schemat przedstawia reakcję addycji nukleofilowej związku Grignarda do aldehydów lub ketonów.

Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 736, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Addycja nukleofilowa jonu wodorkowego w aldehydach i ketonach

Aldehydy i ketony w reakcji addycji nukleofilowej jonem wodorkowym  $:\text{H}^-$  są redukowane do alkoholi. Jako czynnik redukujący, który jest źródłem jonu wodorkowego, stosuje się tetrahydroglinian litu  $\text{LiAlH}_4$  lub borowodorek sodu  $\text{NaBH}_4$ . Reakcja ta jest nieodwracalna. Przebieg reakcji jest następujący:

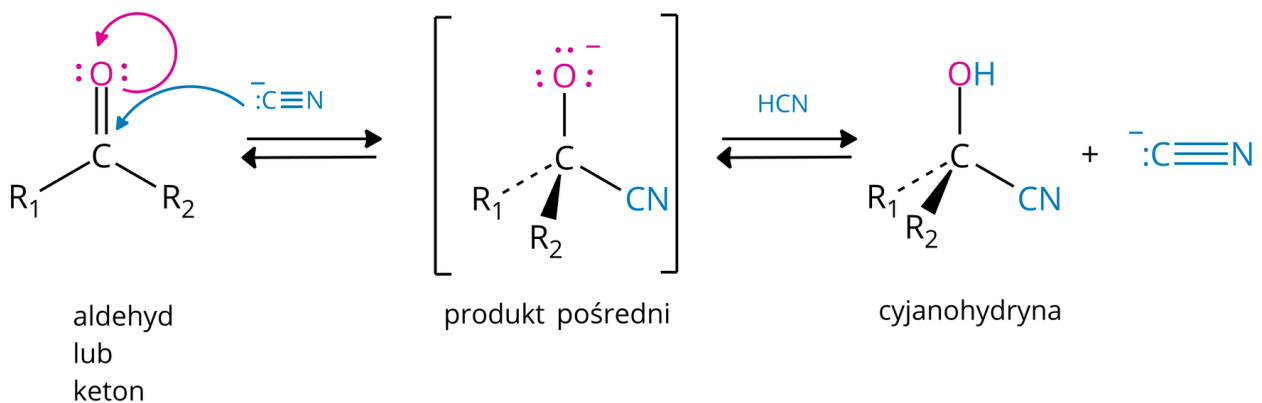


Schemat przedstawia reakcję addycji nukleofilowej aldehydów lub ketonów jonem wodorkowym.

Źródło: GroMar Sp. z o. o., na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 737, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Addycja nukleofilowa cyjanowodoru w aldehydach i ketonach

Aldehydy i ketony w reakcji addycji nukleofilowej cyjanowodoru HCN tworzą cyjanohydrazyny. W reakcji biorą udział aldehydy i ketony bez **zawady przestrzennej**. Szybkość reakcji wzrasta w obecności niewielkiej ilości zasady, co powoduje powstanie nukleofilowego jonu cyjankowego  $\text{NC}^-$ . To reakcja odwracalna, a jej przebieg obrazuje równanie:

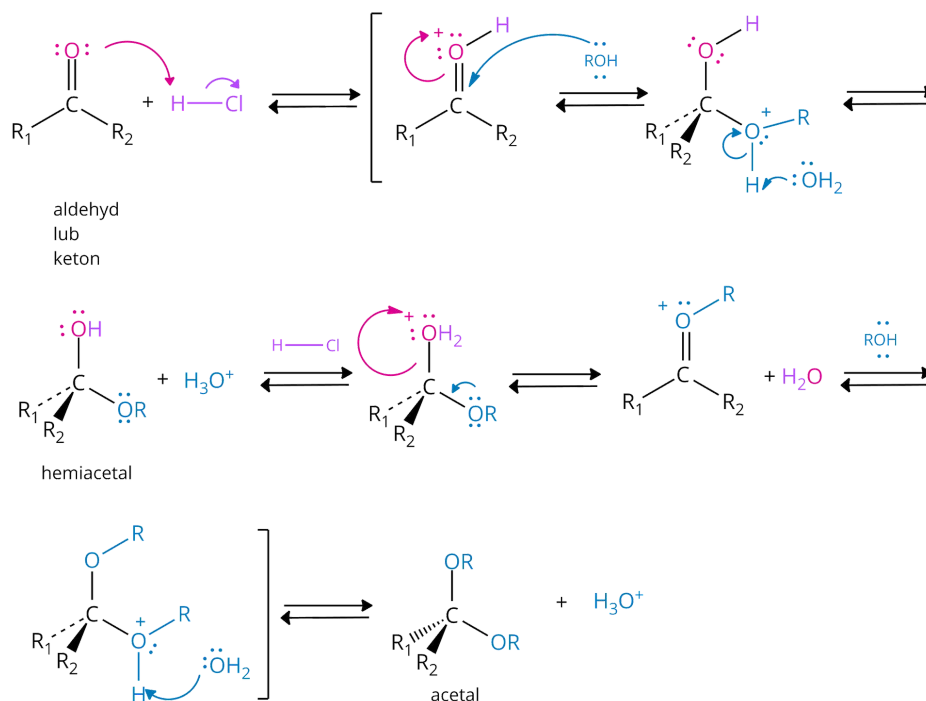


Schemat reakcji addycji nukleofilowej cyjanowodoru do aldehydu lub ketonu

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

## Addycja nukleofilowa alkoholi w aldehydach i ketonach

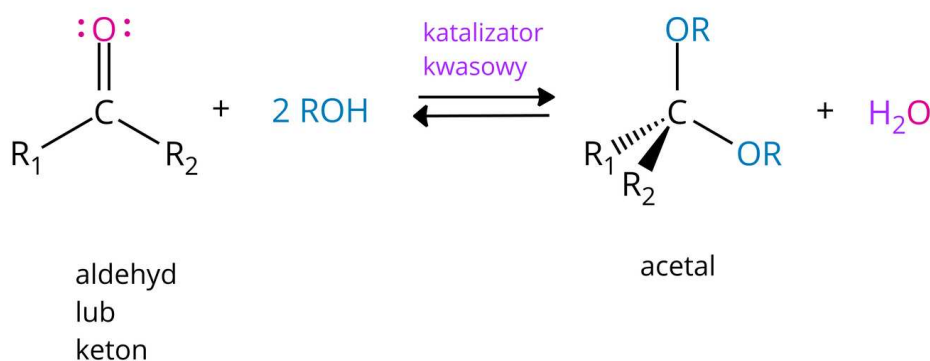
Aldehydy i ketony w reakcji addycji nukleofilowej z alkoholami, w obecności katalizatora kwasowego, tworzą acetale. Kwasowy katalizator przyspiesza szybkość reakcji w wyniku sprotonowania grupy karbonylowej. To reakcja odwracalna. Przebieg reakcji można opisać schematem:



Schemat przedstawia mechanizm reakcji addycji nukleofilowej z alkoholami w obecności katalizatora kwasowego, w wyniku czego powstaje acetal.

Źródło: GroMar Sp. z o.o. na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 746, licencja: CC BY-SA 3.0.

W sposób uproszczony przebieg reakcji można zapisać:



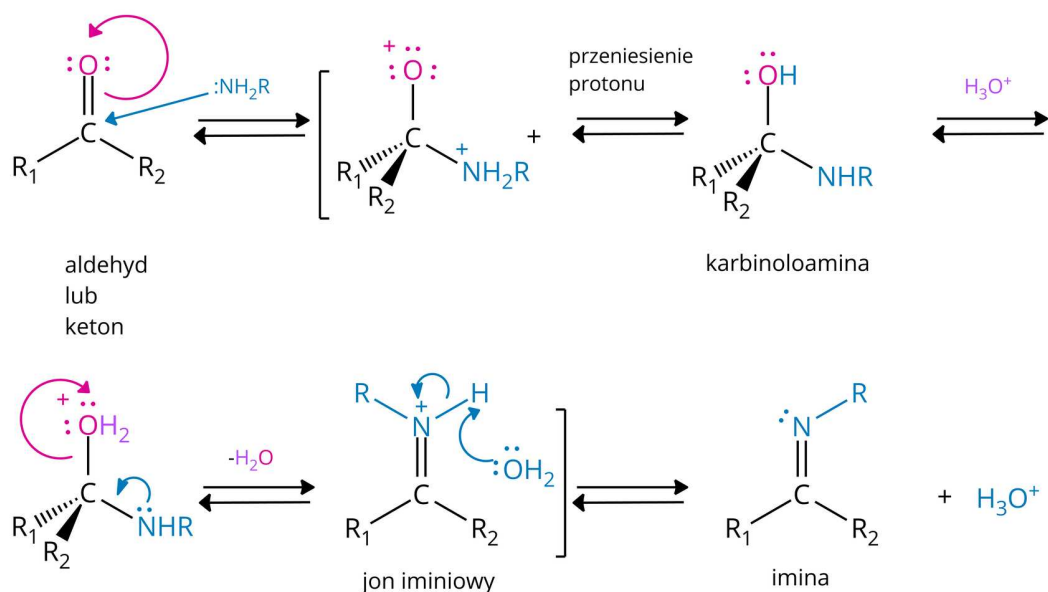
Schemat przedstawia uproszczony mechanizm reakcji addycji nukleofilowej z alkoholami w obecności katalizatora kwasowego, dzięki czemu powstaje acetal.

Źródło: GroMar Sp. z o.o. Rysunek na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 744, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Addycja nukleofilowa amin w aldehydach i ketonach

Aldehydy i ketony w reakcji addycji nukleofilowej amin pierwszorzędowych w obecności kwasu jako katalizatora tworzą **iminy**. To reakcja odwracalna. Przebieg reakcji jest

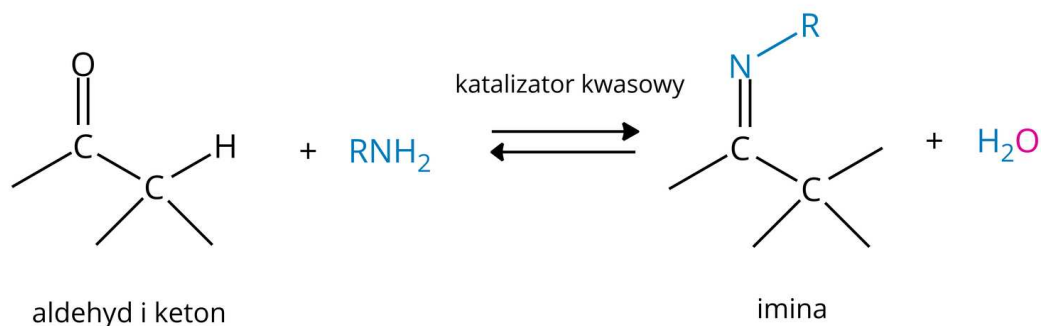
następujący:



Schemat reakcji addycji nukleofilowej amin pierwszorzędowych w obecności kwasu jako katalizatora, w wyniku czego powstają iminy.

Źródło: GroMar Sp. z o. o., na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 738, licencja: CC BY-SA 3.0.

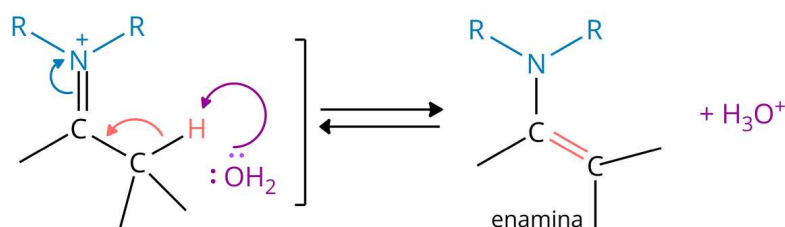
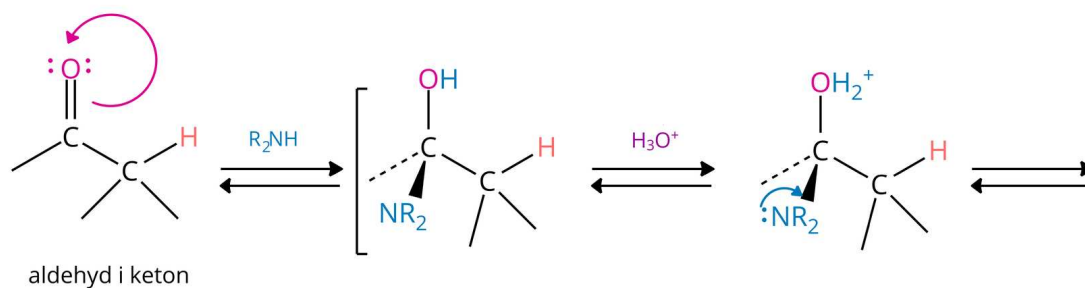
W sposób uproszczony, reakcję aminy pierwszorzędowej z aldehydami lub ketonami można zapisać:



Schemat przedstawia uproszczony schemat reakcji aminy pierwszorzędowej z aldehydami lub ketonami.

Źródło: GroMar Sp. z o. o., na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 737, licencja: CC BY-SA 3.0.

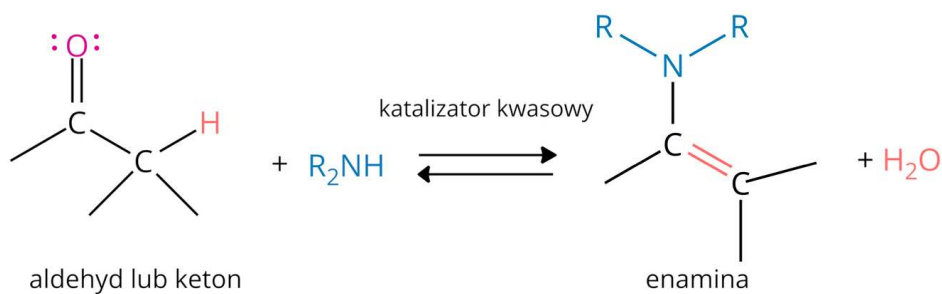
Aldehydy i ketony w reakcji addycji nukleofilowej amin drugorzędowych w obecności kwasu jako katalizatora tworzą **enaminy**. To reakcja odwracalna. Przebieg reakcji jest następujący:



Schemat przedstawia reakcję otrzymywania enaminy z aldehydów i ketonów w reakcji addycji nukleofilowej amin drugorzędowych w obecności kwasu jako katalizatora.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 741, licencja: CC BY-SA 3.0.

W sposób uproszczony reakcję aminy drugorzędowej z aldehydami lub ketonami można zapisać:



Schemat przedstawia w sposób uproszczony reakcję aminy drugorzędowej z aldehydami lub ketonami.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: J. McMurry, *Chemia organiczna część 2* (rozdziały 19-31), tłum. W. Boczoń, H. Koroniak, J. Milecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 737, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Słownik

### elektrofil

kation lub cząsteczką, który przyjmuje parę elektronową tworząc nowe wiązanie chemiczne

### karboanion

anion, w którym ładunek ujemny zlokalizowany jest na jednym lub kilku atomach węgla

### katalizator

substancja chemiczna, której obecność zwiększa szybkość reakcji chemicznej  
**nukleofil**

anion lub cząsteczka, która zawiera nadmiar elektronów. Przekazuje wolną parę elektronową co skutkuje utworzeniem wiązania chemicznego. Przykłady nukleofili:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$

**reakcja addycji (przyłączenia)**

reakcja polegająca na przyłączeniu innej cząsteczki do związków posiadających wiązanie wielokrotne

**addycja nukleofilowa**

reakcja polegająca na przyłączeniu nukleofila do związków posiadających wiązanie wielokrotne

**zawada przestrzenna**

brak dostępu do miejsca aktywnego związku dla atakującej go substancji spowodowany dużym rozmiarem grup funkcyjnych w cząsteczce związku

## Bibliografia

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Związki organiczne zawierające azot oraz wielofunkcyjne pochodne węglowodorów. Repetytorium i zadania*, Kraków 2021.

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.

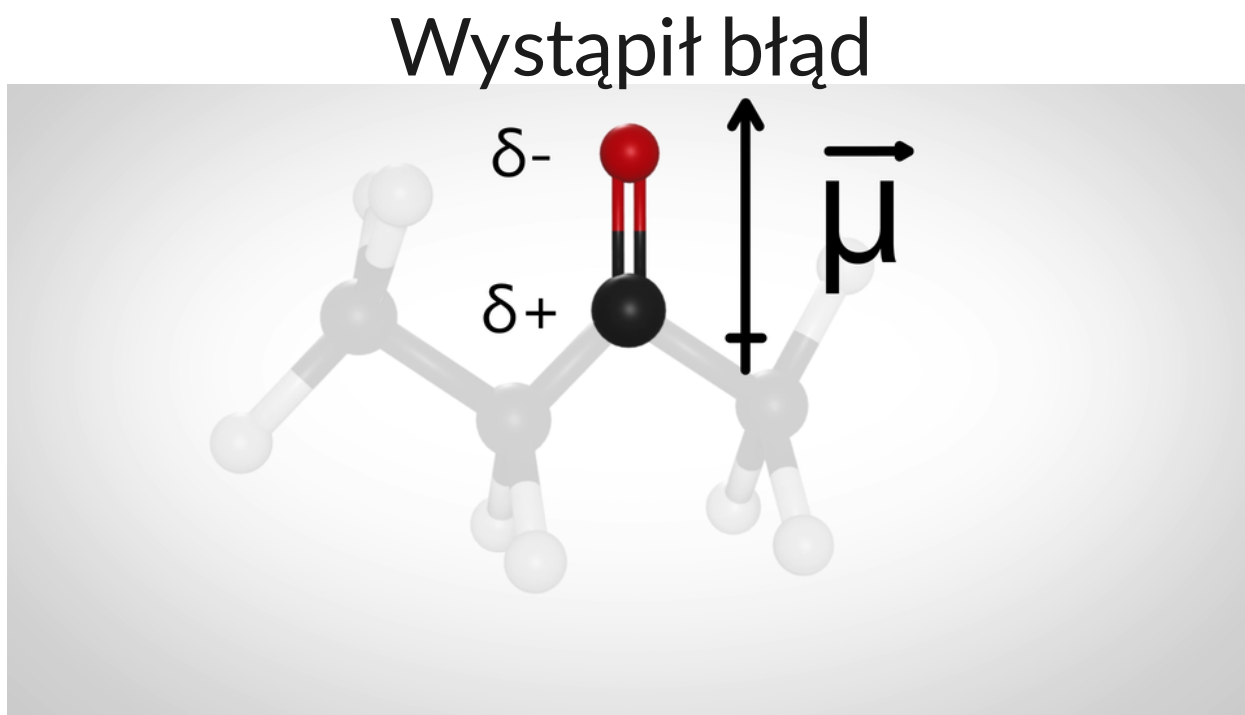
McMurry J., *Chemia organiczna*, cz. 1, tłum. Władysław Boczoń, Henryk Koroniak, Jan Milecki, Warszawa 2000.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, w jaki sposób przebiega addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach? Zapoznaj się z poniższym filmem, a następnie rozwiąż zadania.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1cD4JhVx1nBF>

Film samouczek pt. *Jak przebiega addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach?*

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

Film samouczek przedstawia mechanizm addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonów.

---

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

Napisz ogólne równanie reakcji addycji nukleofilowej jonu wodorowego w aldehydach i ketonach.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Uzupełnij luki w poniższych zdaniach.

Reakcja addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach polega na ataku czynnika

na atom  w grupie . W reakcjach, gdzie  jest cząsteczką wody, karboanion lub jon wodorkowy, produktem reakcji jest .

## Ćwiczenie 2



Zapisz równanie reakcji addycji nukleofilowej metyloaminy do etanal. Zaznacz, jaki związek jest produktem tej reakcji – imina czy enamina.

enamina

imina

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

### Ćwiczenie 3



W reakcjach addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach nukleofil może być naładowany ujemnie bądź przybierać obojętny charakter. Pogrupuj przykłady nukleofilów do odpowiedniego naładowania.

Naładowany ujemnie:

woda

amoniak

jon hydroksylowy

jon cyjankowy

karboanion

Obojętny:

amina

alkohol

jon wodorkowy

### Ćwiczenie 4



Zapisz przebieg reakcji addycji nukleofilowej HCN do benzaldehydu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

### Ćwiczenie 5



Jak przebiega addycja nukleofilowa cząsteczki wody w obecności zasady jako katalizatora do propan-2-onu? Zapisz odpowiednie równanie reakcji chemicznej. Podaj nazwę produktu tej reakcji, pamiętaj, że jest on nietrwały i ulega dalszym przemianom.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 6



Zapisz równanie reakcji addycji nukleofilowej cząsteczki wody w obecności kwasu do formaldehydu. Podaj nazwę produktu tej reakcji. Pamiętaj, że jest nietrwały i ulega dalszym przemianom.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Zapisz równanie reakcji addycji nukleofilowej chlorku metylomagnezowego  $\text{CH}_3\text{MgCl}$  do etanal w obecności kwasu. Podaj nazwę produktu tej reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Zapisz równanie reakcji addycji nukleofilowej bromku fenylomagnezowego do propan-2-onu w obecności kwasu. Podaj nazwę produktu tej reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 9



Zapisz równanie reakcji addycji nukleofilowej metanolu do butan-2-onu. Podaj nazwę produktu tej reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Krzak, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Jak przebiega addycja nukleofilowa w aldehydach i ketonach?

**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

XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Uczeń:

5) porównuje metody otrzymywania, właściwości i zastosowania aldehydów i ketonów.

Zakres rozszerzony

XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Uczeń:

4) porównuje metody otrzymywania, właściwości i zastosowania aldehydów i ketonów.

## 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:**

- wyjaśnia, na czym polega reakcja addycji nukleofilowej;
- wymienia przykładowe czynniki nukleofilowe;
- przedstawia ogólny przebieg reakcji addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach;
- pisze przebieg reakcji addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach dla wybranych nukleofili.

## **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna.

## **Metody i techniki nauczania:**

- dyskusja dydaktyczna;
- film samouczek;
- JIGSAW;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika bateria.

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica multimedialna/tablica, kreda/marker
- rzutnik multimedialny.

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: Co łączy ze sobą dwie grupy – aldehydy i ketony?
2. Rozpoznanie wiedzy wstępnej. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Na czym polega reakcja addycji nukleofilowej w aldehydach i ketonach i co jest jej produktem?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

### **Faza realizacyjna:**

1. Multimedia bazowe. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek, który przedstawia informację na temat przebiegu addycji w aldehydach i ketonach. Uczniowie układają pytania do treści filmu. Po projekcji filmu, zadają sobie nawzajem pytania i udzielają odpowiedzi. Pozostali uczniowie weryfikują poprawność

merytoryczną wypowiedzi kolegów. Nauczyciel ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie na forum klasy.

2. JIGSAW. Nauczyciel wyjaśnia, że uczniowie będą pracowali metodą układanki. Prosi uczniów aby odliczyli do 5-ciu, zapamiętując numer. Uczniowie tworzą pięć grup o tych samych numerach. Nauczyciel rozdaje arkusze papieru A4/A3, mazaki. Odpowiednio do swojego numeru uczniowie zapoznają się z jednym z pięciu zagadnień i wspólnie go opracowują korzystając z dostępnych źródeł (m.in. e-materiału). Nauczyciel wyznacza czas na wykonanie tego zadania. Zagadnienia do opracowania:
  - grupa I – przebieg reakcji addycji cząsteczki wody w aldehydach i ketonach;
  - grupa II – przebieg reakcji addycji karboanionu w aldehydach i ketonach;
  - grupa III – przebieg reakcji addycji jonu wodorowego w aldehydach i ketonach oraz przebieg reakcji addycji cyjanowodoru w aldehydach i ketonach;
  - grupa IV – przebieg reakcji addycji alkoholi w aldehydach i ketonach;
  - grupa V – przebieg reakcji addycji amin w aldehydach i ketonach.
3. Następnie uczniowie tworzą grupy pięcioosobowe, w której znajduje się tylko jeden uczeń o danym numerze. Członkowie grupy wyjaśniają sobie nawzajem zagadnienia, które opracowali w swoich pierwotnych grupach. Uczący uczniowie przekazują wiedzę pozostałym, aż do wyczerpania materiału. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej. Nauczyciel wyznacza czas na wykonanie zadania, monitoruje, czy uczniowie wyjaśniają sobie wzajemnie zagadnienia. Po upływie wyznaczonego czasu, pyta uczniów, jak rozumieją poszczególne zagadnienia.
4. Uczniowie z tymi samymi numerami wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy nauczyli się wszystkiego. Zadaniem każdej grupy jest wyciągnięcie wniosków z przebiegu reakcji addycji w aldehydach i ketonach dla wybranych czynników nukleofilowych. Uczniowie zapisują notatkę z przeprowadzonych rozważań. Nauczyciel wyznacza czas realizacji zadania i monitoruje jego przebieg.
5. 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 istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

**Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10%, zaznaczają cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia, które wynikają z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

#### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują w e-materiale w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

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

Film samouczek może zostać wykorzystany podczas przygotowywania się ucznia do sprawdzianu lub do zdobycia wiedzy w razie nieobecności ucznia na lekcji.

#### **Materiały pomocnicze:**

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz cenki dla uczniów.
2. Nauczyciel przygotowuje arkusze papieru A3/A4, mazaki.