



W jaki sposób alkohole reagują z HCl i HBr?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium - I](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## W jaki sposób alkohole reagują z HCl i HBr?

Alkohol o nazwie mentol o ostrym, przenikliwym zapachu, produkowany jest przez różne gatunki mięty.  
Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Alkohole to grupa związków występująca powszechnie w przyrodzie i posiadająca interesujące zastosowania przemysłowe i farmaceutyczne. Etanol to dodatek do paliw, mentol to przyprawa, natomiast cholesterol odgrywa ważną rolę w nauce o chorobach serca. W laboratorium przeprowadzić możemy szereg reakcji chemicznych, którym ulegają te związki organiczne. Jak myślisz, czy alkohole reagują z HCl i HBr?

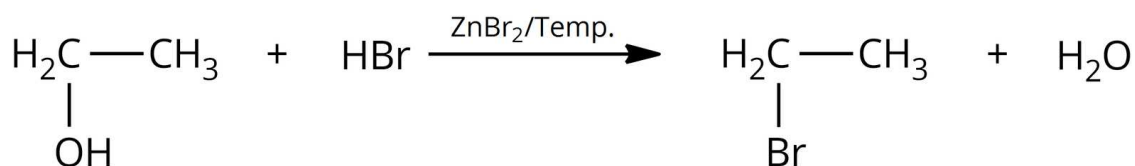
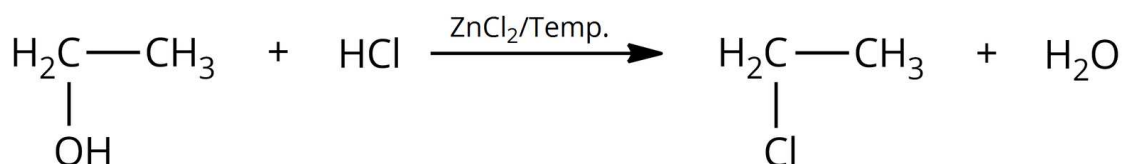
### Twoje cele

- Zapiszesz równania reakcji alkoholi z HCl.
- Przedstawisz mechanizm reakcji substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej alkoholu z halogenowodem.
- Przedstawisz mechanizm reakcji substytucji nukleofilowej dwucząsteczkowej alkoholu z halogenowodem.
- Wyjaśnisz różnice w aktywności alkoholi o różnej rzędowości w reakcjach substytucji nukleofilowej.
- Zapiszesz równania reakcji alkoholi z HBr.

# Przeczytaj

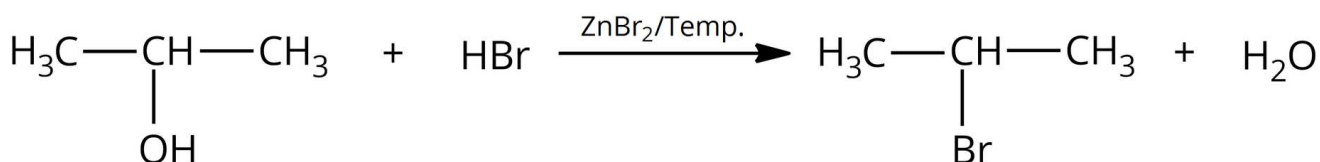
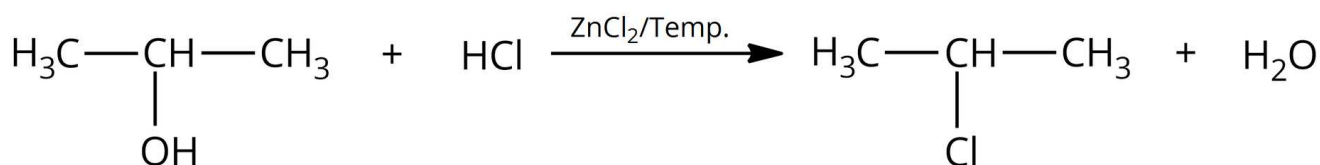
Alkohole to związki, które w swoich cząsteczkach zawierają grupę (bądź grupy) — OH związaną z atomem węgla o hybrydyzacji  $sp^3$ . Wiązanie to jest spolaryzowane z uwagi na różnice w elektroujemności pomiędzy atomem węgla i atomem tlenu. Grupa — OH jest grupą elektronoakceptorową, a to powoduje, że alkohole mogą ulegać reakcji substytucji nukleofilowej, np. z wodorkami fluorowców. W reakcji alkoholi z fluorowcowodorami (HCl, HBr) udział bierze cała grupa hydroksylowa, która zastąpiona zostaje atomem fluorowca.

Zarówno **alkohole pierwszorzędowe**, jak i **drugorzędowe** i **trzeciorzędowe**, reagują z HCl i HBr. Alkohole wyższego rzędu łatwiej ulegają tym reakcjom z uwagi na ich większą reaktywność. W przypadku alkoholi pierwszo- i drugorzędowych konieczne bywa użycie katalizatora —  $ZnX_2$  i podwyższonej temperatury.



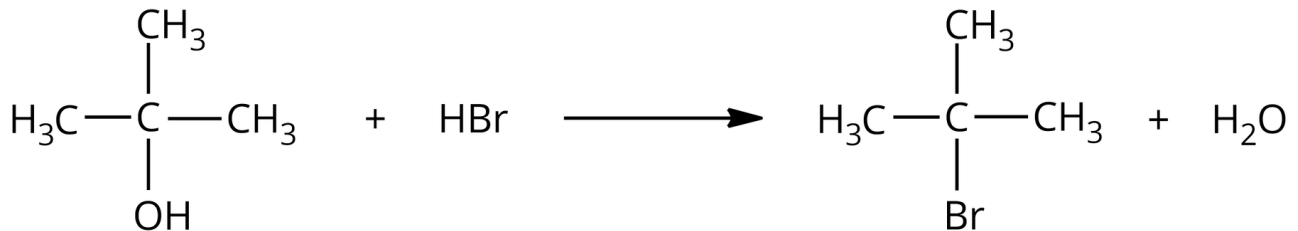
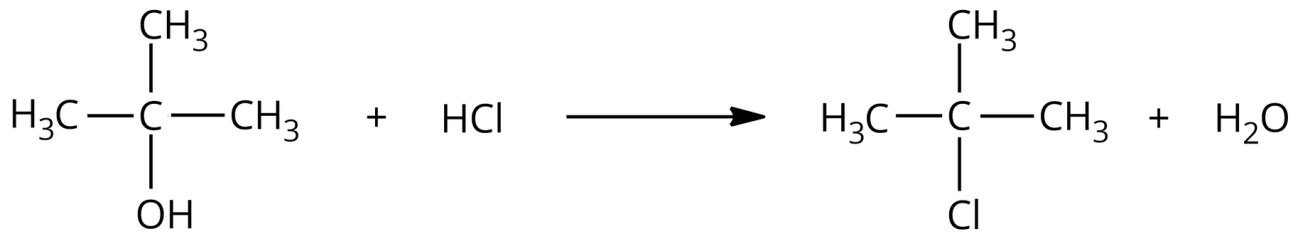
Równania reakcji alkoholi pierwszorzędowych z HCl i HBr

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



Równania reakcji alkoholi drugorzędowych z HCl i HBr

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



Równania reakcji alkoholi trzeciorzędowych z HCl i HBr

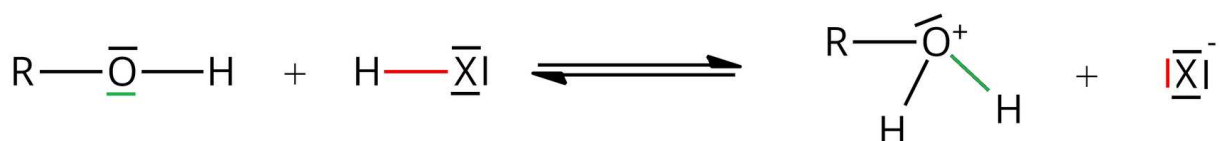
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Podstawienie grupy hydroksylowej atomem fluorowca to przykład reakcji [substytucji nukleofilowej](#), ponieważ zarówno grupa opuszczająca cząsteczkę (anion hydroksylowy,  $\text{OH}^-$ ), jak i grupa, która ją podstawia (anion chlorkowy,  $\text{Cl}^-$  lub anion bromkowy,  $\text{Br}^-$ ), to [nukleofile](#). Substytucja nukleofilowa może zachodzić zgodnie z mechanizmem jednocząsteczkowym lub dwucząsteczkowym, w zależności od rzędowości alkoholu.

## Substytucja nukleofilowa jednocząsteczkowa $S_N1$

Substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej  $S_N1$  ulegają alkohole drugorzędowe i trzeciorzędowe. Szybkość tej reakcji zależy od stężenia jednej cząsteczki (stąd nazwa „jednocząsteczkowa”) powstającej w etapie 2, limitującym szybkość reakcji; w tym przypadku szybkość reakcji zależy od stężenia powstającego [karbokationu](#) – im jest on trwalszy, tym szybciej powstaje.

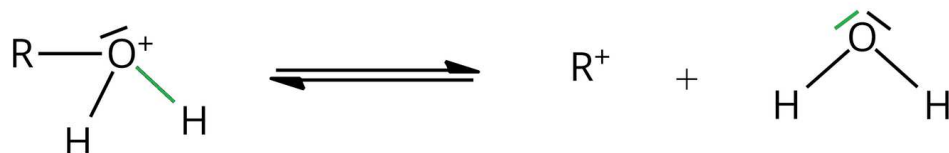
W pierwszym etapie cząsteczka alkoholu monohydroksylowego ( $\text{ROH}$ , gdzie  $R$  to grupa alkilowa) przyłącza kation wodoru z cząsteczki halogenowodoru ( $\text{HX}$ , gdzie  $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) za pomocą wolnej pary elektronowej atomu tlenu (zaznaczonej na zielono), w wyniku czego powstaje protonowana forma alkoholu ( $\text{ROH}_2^+$  – jon alkilooksoniowy).



Pierwszy etap reakcji substytucji jednocząsteczkowej

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

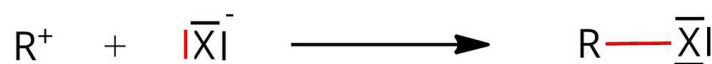
Podczas drugiego etapu dochodzi do odczepienia cząsteczki wody od protonowanej formy alkoholu i utworzenia karbokationu ( $R^+$ ).



Drugi etap reakcji substytucji jednocząsteczkowej

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

W trzecim etapie karbokation łączy się z jonem halogenkowym, tworząc halogenek alkilu ( $RX$ ).



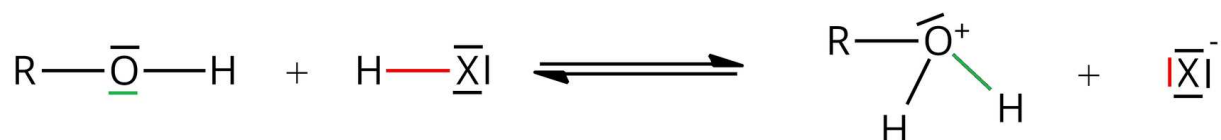
Trzeci etap reakcji substytucji jednocząsteczkowej

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

## Substytucja nukleofilowa dwucząsteczkowa $S_N2$

Substytucji nukleofilowej dwucząsteczkowej  $S_N2$  ulegają alkohole pierwszorzędowe i metanol. Szybkość tej reakcji zależy od stężeń dwóch cząsteczek (stąd nazwa „dwucząsteczkowa”) powstających w etapie 2, limitującym szybkość reakcji; w tym przypadku szybkość reakcji zależy zarówno od stężenia grupy opuszczającej, jak i przyłączanej grupy.

W pierwszym etapie cząsteczka alkoholu monohydroksylowego ( $ROH$ , gdzie  $R$  to grupa alkilowa) przyłącza kation wodoru z cząsteczki halogenowodoru ( $HX$ , gdzie  $X = Cl, Br, I$ ) za pomocą wolnej pary elektronowej atomu tlenu (zaznaczonej na zielono), w wyniku czego powstaje protonowana forma alkoholu ( $ROH_2^+$  - jon alkilooksoniowy).

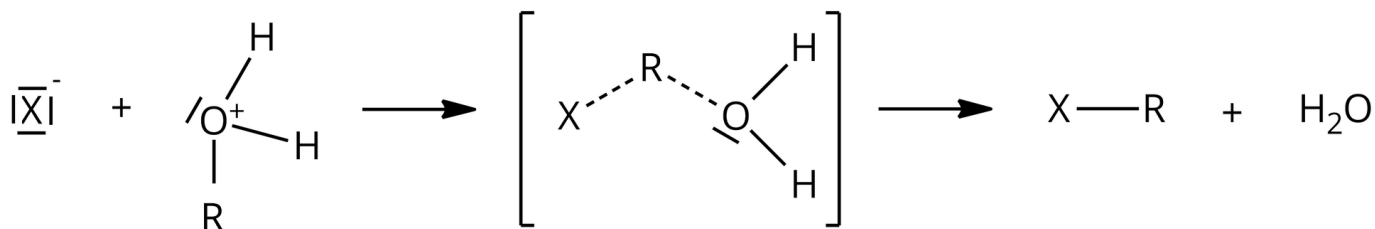


Pierwszy etap reakcji substytucji jednocząsteczkowej

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

W drugim etapie nukleofil halogenkowy ( $X^-$ ) atakuje swoją wolną parą elektronową atom węgla powstałego wcześniej jonu alkilooksoniowego, do którego przyłączona jest grupa  $OH_2^+$ , co prowadzi do utworzenia stanu przejściowego, w którym wiązanie  $R-X$  jest częściowo utworzone, natomiast wiązanie  $R-OH_2$  jest częściowo rozerwane. Ostatecznie

dochodzi do utworzenia wiązania  $R-X$  i rozerwania wiązania  $R-OH_2$ , skutkiem czego powstaje halogenopochodna  $RX$  i woda.



Drugi etap reakcji substytucji dwucząsteczkowej

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

## Reaktywność alkoholi w substytucji nukleofilowej

Zmiana cząsteczkowości substytucji nukleofilowej potwierdza fakt, że reaktywność alkoholi maleje w szeregu od alkoholi trzeciorzędowych do alkoholi pierwszorzędowych, po czym ponownie wzrasta dla metanolu. Alkohole trzeciorzędowe są najbardziej reaktywne w substytucji nukleofilowej  $S_N1$  ze względu na dużą trwałość powstających karbokationów.

### Już wiesz

Im wyższa rzędowość karbokationu, tym jest on trwalszy, więc powstaje szybciej.

Wolniej reagują alkohole drugorzędowe, ponieważ powstające karbokationy charakteryzują się mniejszą trwałością. Tworzenie się pierwszorzędowych karbokationów z alkoholi pierwszorzędowych zachodzi bardzo powoli, a brak **zawady sterycznej** umożliwia zastąpienie reakcji jednocząsteczkowej reakcją dwucząsteczkową. Z tego względu alkohole pierwszorzędowe i metanol reagują zgodnie z mechanizmem substytucji nukleofilowej dwucząsteczkowej  $S_N2$ . W przypadku metanolu reakcja zachodzi szybciej (w porównaniu do alkoholu pierwszorzędowego) ze względu na mniejszą zawadę przestrzenną cząsteczki.

## Odróżnianie alkoholi ze względu na ich rzędowość

W sposób doświadczalny można odróżnić alkohole pierwszo- od drugo- i od trzeciorzędowych w reakcji zwanej próbą Lucasa. Wykorzystywany odczynnik to roztwór Lucasa: kwas chlorowodorowy w obecności chlorku cynku, który pełni rolę katalizatora (15,5 g bezwodnego chlorku cynku rozpuszczonego w 10 cm<sup>3</sup> stężonego kwasu solnego).

Obserwacje w wyniku poczynionego doświadczenia pozwalają na określenie rzędowości badanych alkoholi:

1. Brak widocznych oznak reakcji świadczy o tym, że próbie poddaliśmy alkohol pierwszorzędowy zawierający w cząsteczce od 1 do 5 atomów węgla.
2. Brak zmętnienia, ale powstanie dwóch warstw świadczy o tym, że w doświadczeniu użyliśmy alkoholu pierwszorzędowego zawierającego w cząsteczce powyżej 5 atomów węgla.
3. Jeśli po kilku minutach obserwujemy zmętnienie roztworu, a następnie jego rozwarstwienie to znaczy, że w doświadczeniu użyliśmy alkoholu drugorzędowego bądź prop-2-en-1-olu.
4. Jeżeli obserwujemy natychmiastowe zmętnienie i rozwarstwienie roztworu, oznacza to, że badany alkohol jest trzeciorzędowy bądź jest fenylometanolem.

## Słownik

### **alkohol pierwszorzędowy**

alkohol, w którego cząsteczce grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla pierwszorzędowym

### **alkohol drugorzędowy**

alkohol, w którego cząsteczce grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla drugorzędowym

### **alkohol trzeciorzędowy**

alkohol, w którego cząsteczce grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla trzeciorzędowym

### **substytucja nukleofilowa**

reakcja polegająca na wymianie grupy związanej z atomem węgla, którą jest przeważnie podstawnik elektronoakceptorowy, na odczynnik nukleofilowy

### **substytucja nukleofilowa jednocząsteczkowa**

rodzaj substytucji nukleofilowej, w której dochodzi do oderwania od centralnego atomu grupy opuszczającej z utworzeniem mniej lub bardziej trwałego karbokationu, a następnie jego połączenia z nukleofilem; szybkość tej reakcji zależy głównie od szybkości powstawania i trwałości karbokationu, a tym samym zależy ona od stężenia reagenta tworzącego karbokation

### **substytucja nukleofilowa dwucząsteczkowa**

rodzaj substytucji nukleofilowej, w której dochodzi do powstania kompleksu przejściowego cząsteczka-nukleofil, w którym nukleofil przyłączony jest po przeciwnej stronie atomu centralnego do grupy odchodzącej i niemal natychmiastowego oderwania

grupy odchodzącej od kompleksu przejściowego i przemieszczenia podstawników w stronę grupy odchodzącej; szybkość tej reakcji zależy głównie od szybkości powstawania kompleksu przejściowego, a tym samym zależy ona od stężenia obydwóch reagentów biorących udział w tej reakcji

**nukleofil**

anion lub cząsteczka, w której występuje nadmiar elektronów

**karbokation**

kation z ładunkiem dodatnim zlokalizowanym na atomie węgla

**zawada steryczna**

uniemożliwienie zajścia reakcji chemicznej cząsteczki danego związku spowodowane zbyt dużym rozmiarem obecnych grup funkcyjnych, powodujące brak możliwości dostępu atakującego indywiduum chemicznego do danego atomu w cząsteczce związku

## **Bibliografia**

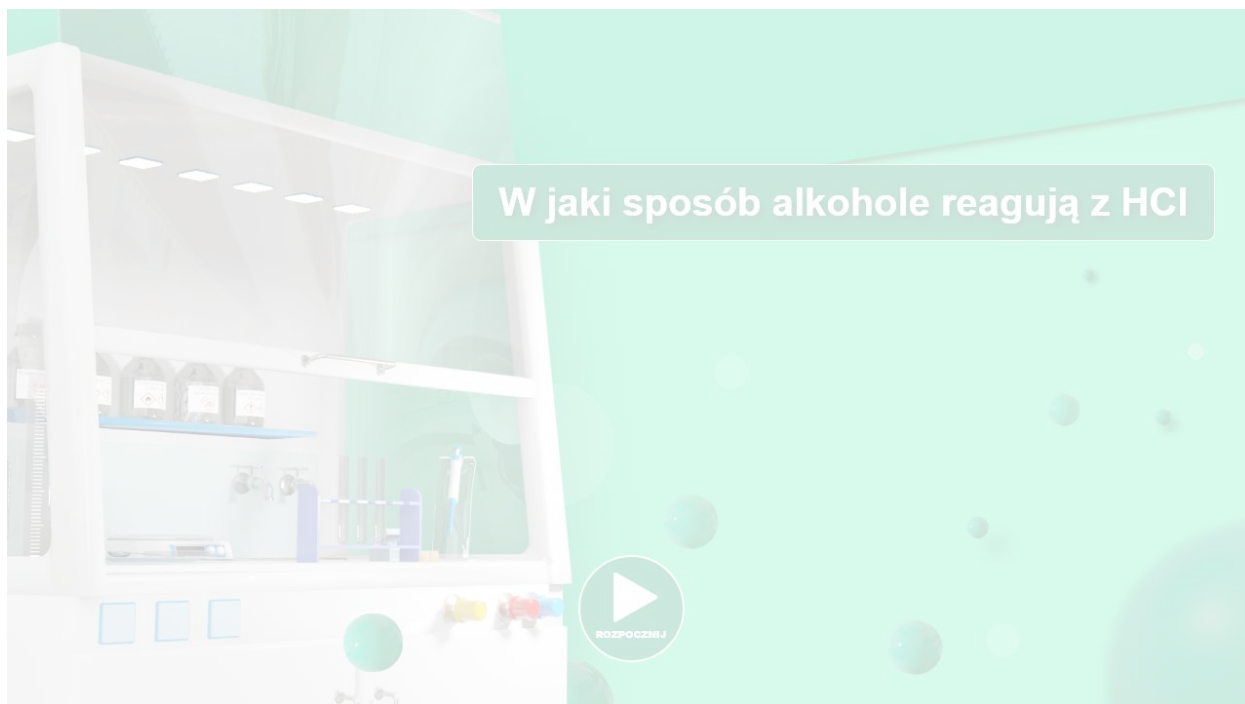
Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

# Wirtualne laboratorium – I

---

## Laboratorium 1

Korzystając z wiedzy na temat reakcji alkoholi z kwasem chlorowodorowym, zaplanuj i przeprowadź eksperyment, który pozwoli Ci rozwiązać poniższy problem badawczy. Hipotezę, obserwacje, wyniki i wnioski zanotuj w dzienniku.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DiTWI7LkV>

Wirtualne laboratorium pt. „W jaki sposób alkohole reagują z HCl?”

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

## Polecenie 1

Przyporządkuj nazwy alkoholi do obserwacji, których można dokonać po przeprowadzeniu próby Lucasa z ich udziałem.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



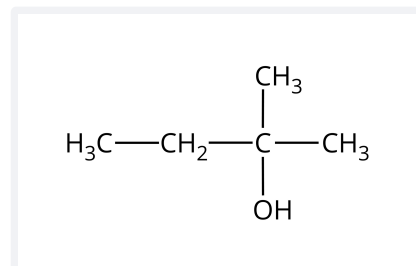
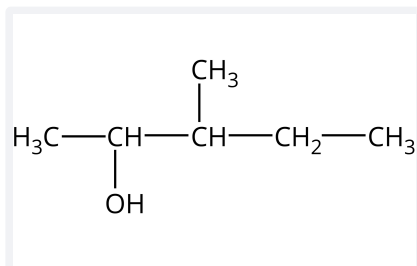
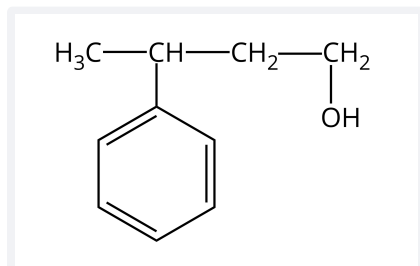
Uzupełnij poniższy tekst, wybierając określenia podane w nawiasach.

Alkohole reagują z  HCl  /  HBr  , w wyniku czego  grupa hydroksylowa  /  atom wodoru w grupie hydroksylowej  /  atom tlenu w grupie hydroksylowej  alkoholu, zostaje podstawiona  atomem fluorowca  /  fluorowcowodorem  . Jest to przykład typu reakcji  substytucji  /  addycji  /  eliminacji  o mechanizmie  elektrofilowym  /  nukleofilowym  /  wolnorodnikowym  . Alkohole trzeciorzędowe i drugorzędowe reagują zgodnie z mechanizmem   $S_N1$   /   $S_N2$   , w trakcie którego  powstaje  /  nie powstaje  karbokation. Alkohole pierwszorzędowe i metanol tworzą  trwałe  /  nietrwałe  karbokationy, dlatego zamiast reakcji przebiegającej z mechanizmem   $S_N1$   /   $S_N2$   zachodzi ona zgodnie z mechanizmem   $S_N1$   /   $S_N2$   , w którym  powstaje  /  nie powstaje  karbokation.

## Ćwiczenie 2



Ułóż przedstawione poniżej wzory półstrukturalne alkoholi w kolejności od najmniej do najbardziej aktywnego w reakcji substytucji nukleofilowej.



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

### Ćwiczenie 3



Zaznacz prawidłowe stwierdzenie.

Substytucja nukleofilowa jednocząsteczkowa to rodzaj substytucji nukleofilowej, w której dochodzi do powstania kompleksu przejściowego cząsteczka–nukleofil, w którym nukleofil przyłączony jest po przeciwnej stronie atomu centralnego do grupy odchodzącej i niemal natychmiastowego oderwania grupy odchodzącej od kompleksu przejściowego i przemieszczania podstawników w stronę grupy odchodzącej.

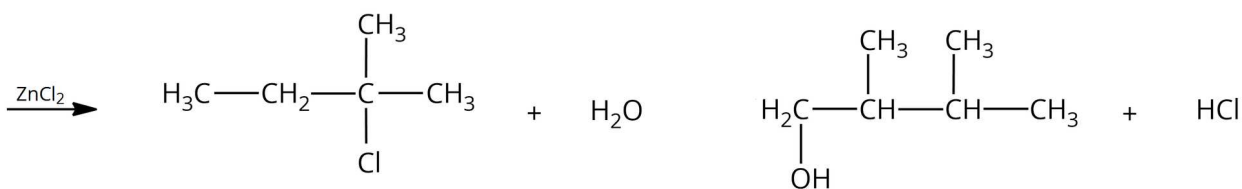
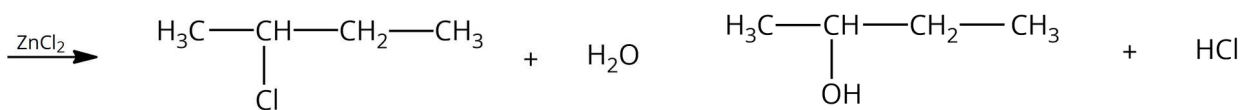
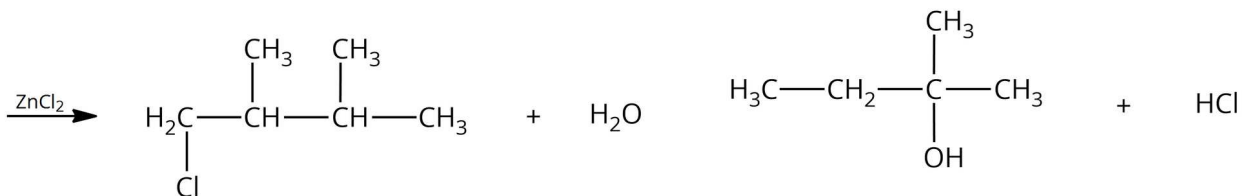
Substytucja nukleofilowa to reakcja polegająca na wymianie grupy związanej z atomem węgla, którą jest przeważnie podstawnik elektronowoakceptorowy, na odczynnik nukleofilowy.

Substytucja nukleofilowa dwucząsteczkowa jest to rodzaj substytucji nukleofilowej, w której dochodzi do oderwania od centralnego atomu grupy opuszczającej z utworzeniem mniej lub bardziej trwałego karbokationu, a następnie jego połączenia z nukleofilem.

## Ćwiczenie 4



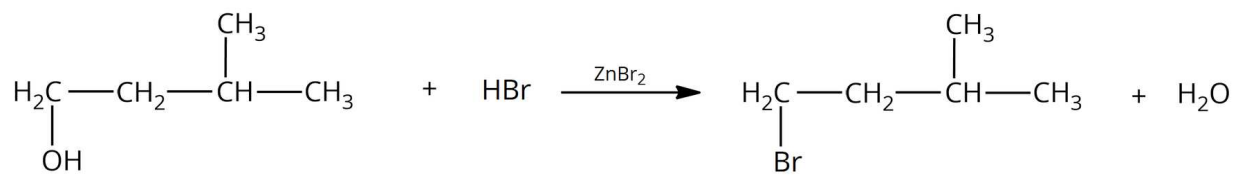
Poniżej przedstawiono fragmenty równań reakcji chemicznej. Poukładaj je tak, aby powstały prawidłowe zapisy trzech równań reakcji chemicznych wiedząc, że w pierwszej przedstawionej reakcji chemicznej powstaje 2-chlorobutan, a substratem reakcji ostatniej jest 2,3-dimetylobutan-1-ol.



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



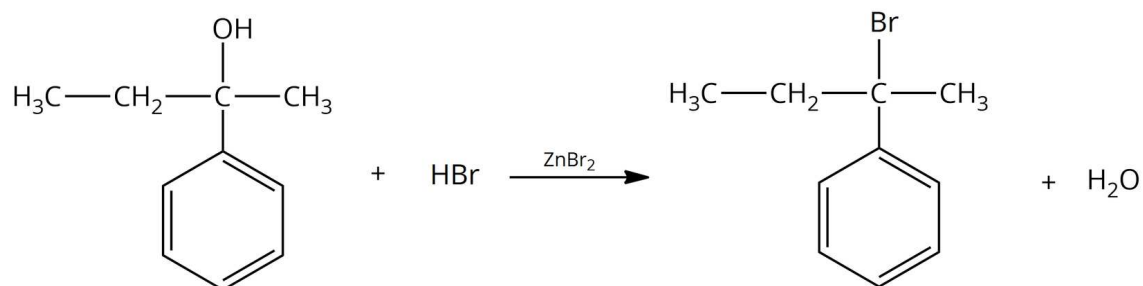
$S_N1$



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

$S_N2$

$S_N1$



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

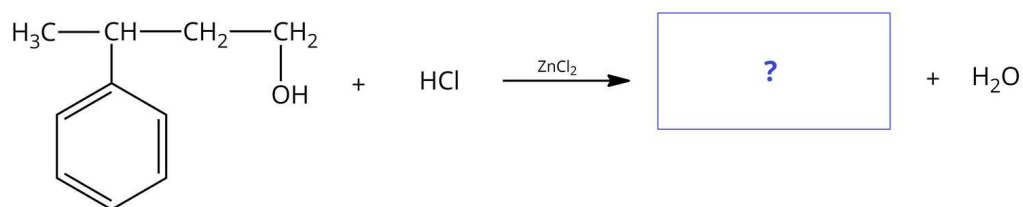
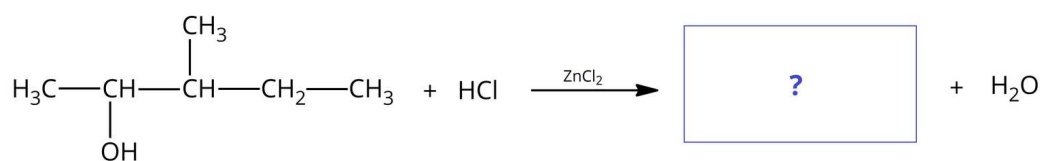
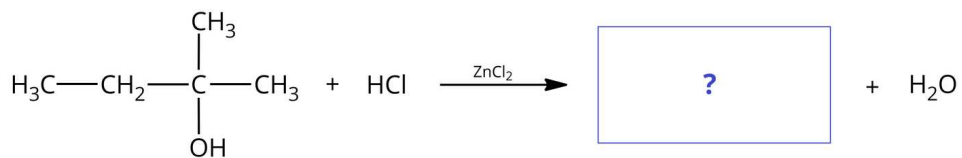
$S_N2$

$S_N1$

## Ćwiczenie 6



Napisz nazwy systematyczne produktów organicznych powstających w reakcjach chemicznych z udziałem podanych substratów:



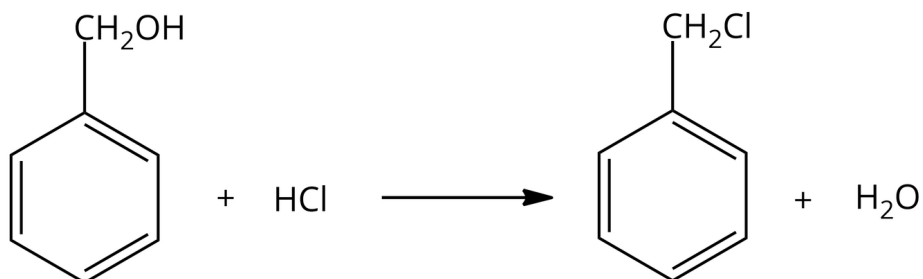
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 7



Przeprowadzono reakcję alkoholu benzyłowego z kwasem chlorowodorowym, zgodnie z poniższym zapisem równania reakcji chemicznej:



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

Wyjaśnij dlaczego, mimo że alkohol benzyłowy jest alkoholem pierwszorzędowym, to reakcja zaszła tak szybko, jakby był alkoholem trzeciorzędowym.

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

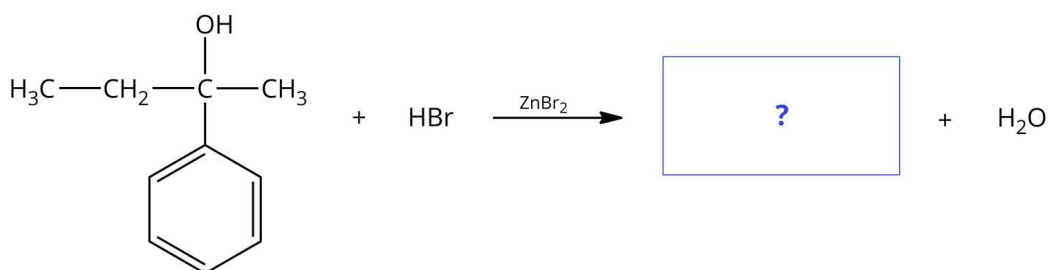
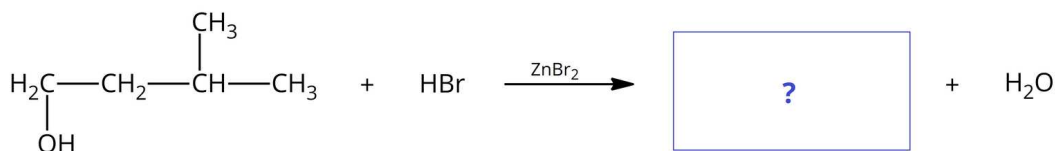
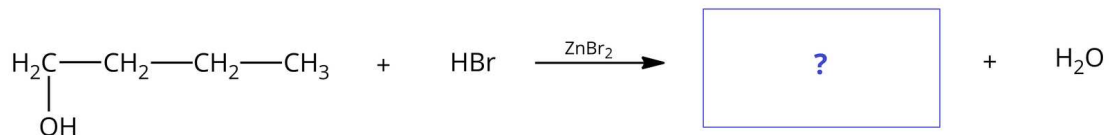
Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 8



Napisz nazwy systematyczne produktów organicznych powstających w reakcjach chemicznych z udziałem podanych substratów:



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

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

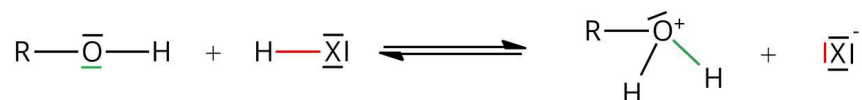
**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 9



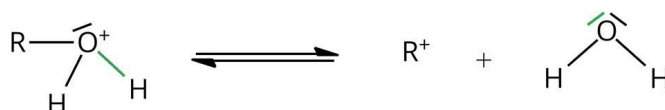
Poniżej przedstawiono mechanizm substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej.

### Etap 1



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

### Etap 2



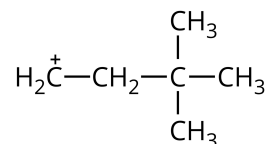
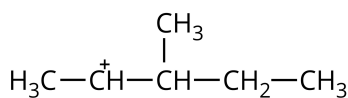
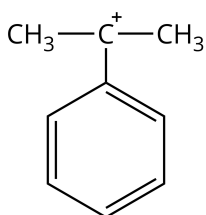
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

### Etap 3



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

A. Połącz nazwę systematyczną alkoholu z odpowiadającym mu wzorem karbokationu utworzonego w drugim etapie substytucji nukleofilowej.



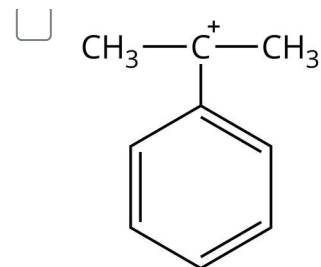
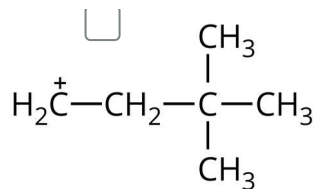
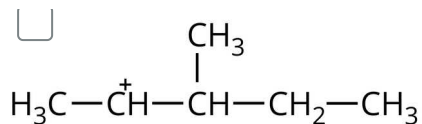
3-metylopentan-2-ol

3,3-dimetylobutan-1-ol

2-fenylopropan-2-ol

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

B. Wskaż, który z karbokationów zostanie utworzony najszybciej?



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

## Ćwiczenie 10



Oblicz liczbę moli cząsteczek produktu organicznego, który powstanie po reakcji nadmiaru kwasu chlorowodorowego z 200 cm<sup>3</sup> wodnego roztworu butan-1-olu o stężeniu 18% i gęstości 0,87  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  przy 80% wydajności. Wynik podaj z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku. Podaj nazwę powstałego produktu organicznego.

Rozwiązanie oraz 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:** Amanda Gałkowska, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** W jaki sposób alkohole reagują z HCl i HBr?

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Uczeń:

3) opisuje właściwości chemiczne alkoholi na przykładzie reakcji: spalania, reakcji z HCl, zachowania wobec sodu, utlenienia do związków karbonylowych, eliminacji wody, reakcji z kwasami karboksylowymi; pisze odpowiednie równania reakcji.

Zakres rozszerzony

XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Uczeń:

3) opisuje właściwości chemiczne alkoholi na przykładzie reakcji: spalania, z HCl i HBr, zachowania wobec sodu, utlenienia do związków karbonylowych, eliminacji wody, reakcji z nieorganicznymi kwasami tlenowymi i kwasami karboksylowymi; 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 alkoholi z HCl i HBr;

- przedstawia mechanizm reakcji substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej alkoholu z halogenowodorem;
- przedstawia mechanizm reakcji substytucji nukleofilowej dwucząsteczkowej alkoholu z halogenowodorem;
- wyjaśnia różnice w aktywności alkoholi o różnej rzędowości w reakcjach substytucji nukleofilowej.

### **Strategie nauczania:**

- problemowa;
- asocjacyjna.

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

- doświadczenie chemiczne;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- wirtualne laboratorium;
- technika zdań podsumowujących.

### **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- 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 zadaje przykładowe pytanie: Jakim reakcjom chemicznym ulegają alkohole?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się udzielić odpowiedzi na pytania: Czy alkohole reagują z HCl i HBr? Jeśli tak, to na czym polega ta reakcja chemiczna?

3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, które będą używane na lekcjach.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel zapisuje na tablicy substraty reakcji wybranego alkoholu z HCl i HBr i zwraca się do uczniów, aby spróbowali przewidzieć produkty reakcji, podając ich nazwy systematyczne. Po uzyskaniu prawidłowej odpowiedzi, chętni uczniowie podchodzą do tablicy i uzupełniają równania reakcji chemicznych. Nauczyciel podaje inne przykłady równań reakcji alkoholi z HCl i HBr, uczniowie zapisują je w zeszytach celem utrwalenia wiadomości. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie zapisują równania na tablicy, a pozostali uczniowie weryfikują poprawność zapisu.
2. Uczniowie analizują treści w e-materiale dotyczące substytucji nukleofilowej dwu- i jednocząsteczkowej i formułują pytania. Po wyznaczonym czasie, na forum klasy uczniowie zadają swoje pytania, a pozostali udzielają odpowiedzi. Nauczyciel wyjaśnia ewentualnie niezrozumiałe kwestie.
3. Doświadczenie chemiczne – „Próba Lucasa” wg instrukcji podanej w materiałach pomocniczych. Teraz uczniowie wykorzystają wiedzę zdobytą w e-materiale. Nauczyciel poprzez losowanie dzieli uczniów na grupy. Uczniowie wybierają odpowiednie szkło i odczynniki, znajdujące się na stole laboratoryjnym, a następnie przeprowadzają eksperyment. Prowadzący rozdaje karty pracy ucznia. Uczniowie samodzielnie stawiają pytanie badawcze i hipotezę, rysują schemat doświadczenia, obserwują zmiany podczas doświadczenia, zapisują równania reakcji chemicznych, wyciągają wnioski (wszystko zapisują w kartach pracy). Na forum całej klasy następuje weryfikacja pod względem merytorycznym. Nauczyciel wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
4. Wirtualne laboratorium – praca w parach. Uczniowie zapoznają się z medium bazowym, wykonują polecenie do medium bazowego.
5. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, zadając przykładowe pytania:
  - Czy alkohole reagują z HCl i HBr?
  - Jakie produkty powstają w reakcji alkoholi z HCl i HBr?
  - Które alkohole ulegają substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej, a które dwucząsteczkowej?
  - Jaką reaktywność wykazują alkohole w substytucji nukleofilowej?

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...
- Czego się nauczyłam/nauczyłem...
- Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

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

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

Wirtualne laboratorium może zostać wykorzystane 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): Czy alkohole reagują z HCl i HBr? Jakie produkty powstają w reakcji alkoholi z HCl i HBr? Które alkohole ulegają substytucji nukleofilowej jednocząsteczkowej, a które dwucząsteczkowej? Jak się przedstawia reaktywność alkoholi w substytucji nukleofilowej?
2. Doświadczenie chemiczne: „Próba Lucasa”.

**Sprzęt i szkło laboratoryjne:** probówki, statyw do probówek, waga techniczna, naczynko wagowe, łyżeczka, cylinder miarowy, pręcik szklany.

**Odczynniki chemiczne:** chlorek cynku bezwodny, stężony kwas chlorowodorowy, etanol, propan-2-ol, 2-metylopropan-2-ol.

### **Instrukcja wykonania:**

- Odważ 9,3 g bezwodnego chlorku cynku.
  - W cylindrze miarowym odmierź 6 cm<sup>3</sup> stężonego kwasu chlorowodorowego.
  - Ostrożnie rozpuść chlorek cynku w kwasie chlorowodorowym (odczynnik Lucasa).
  - Do trzech probówek wprowadź po ok. 0,2 cm<sup>3</sup> etanolu, propan-2-olu oraz 2-metylopropan-2-olu.
  - Do każdej probówki dodaj 2 cm<sup>3</sup> odczynnika Lucasa.
  - Wstrząśnij probówki.
  - Odstaw i obserwuj.
  - Zapisz obserwacje, równania reakcji i wnioski.
2. Karty charakterystyk substancji.
  3. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 179.62 KB w języku polskim