



## Badanie reaktywności fenoli

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



## Badanie reaktywności fenoli

Przykładem fenolu, spotykanego w życiu codziennym, jest eugenol. To podstawowy składnik olejku z goździków.

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

Fenole są związkami organicznymi, których cząsteczki zawierają grupę hydroksylową związaną bezpośrednio z atomem węgla w pierścieniu aromatycznym. Ze względu na swoją budowę ulegają one reakcjom charakterystycznym dla związków aromatycznych oraz słabych kwasów.

### Twoje cele

- Porównasz reaktywność fenoli i alkoholi.
- Dowiesz się, dlaczego w reakcjach nitrowania z fenolami nie stosuje się tzw. mieszaniny nitrującej.
- Zaproponujesz ciąg reakcji umożliwiających otrzymanie fenolu z karbidu.

# Przeczytaj

---

## Fenole

Fenole charakteryzują się znacznie większą kwasowością od alkoholi. Dla większości prostych fenoli ich  $pK_a$  znajduje się w przedziale od 9 do 10. Różnica ta wynika m.in. z tego, że:

- cząsteczki fenoli charakteryzują się większą polaryzacją wiązania O – H, która spowodowana jest deficytem elektronów na atomie tlenu;
- fenole posiadają lepszą stabilizację anionu fenolanowego (w porównaniu z jonem alkoholowym), która to wynika z możliwości delokalizacji ładunku ujemnego na pierścień aromatyczny.

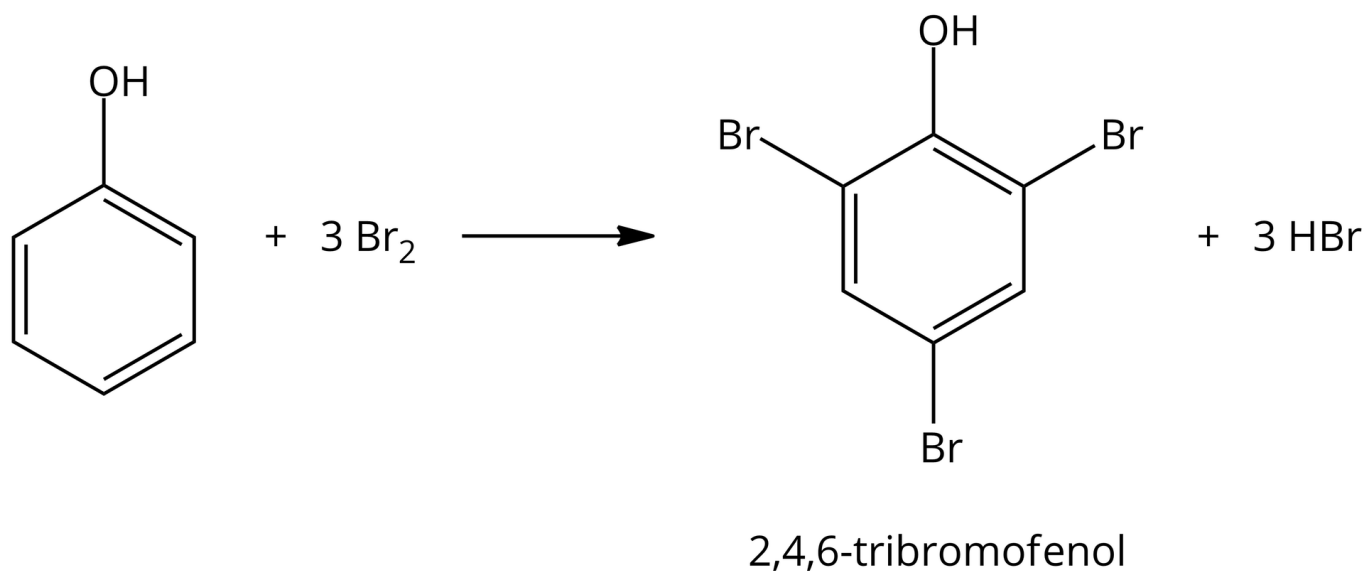
## Reakcja fenolu z bromem

### Ważne!

[Fenol](#) jest związkiem aromatycznym, dlatego ulega reakcjom charakterystycznym dla tych związków, np. bromowaniu i [nitrowaniu](#). Reakcje te zachodzą dużo łatwiej niż w przypadku benzenu.

Obecność grupy hydroksylowej, aktywującej pierścień, powoduje, że fenole reagują z bromem w temperaturze pokojowej bez użycia katalizatora. Wykorzystanie wody bromowej lub 2% roztworu bromu w  $\text{CCl}_4$  do bromowania, powoduje powstanie trudno rozpuszczalnego w wodzie produktu, który wytrąca się z roztworu w formie osadu. Osad ten ma barwę białą lub lekko żółtą. Reakcja z bromem wykorzystywana

jest do wykrywania fenoli oraz do ilościowego oznaczania ich zawartości (np. w ściekach).



Równanie reakcji fenolu z bromem.

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

## Doświadczenie

Do 0,5 cm<sup>3</sup> nasyconego wodnego roztworu rezorcyny (dla fenoli trudno rozpuszczalnych używa się około 20% etanolu) dodaje się kroplami wodę bromową, aż do pojawienia się jasnożółtej barwy roztworu.

### Problem badawczy

Czy rezorcyna należy do związków z grupy fenoli?

---

### Hipoteza

Rezorcyna należy do związków z grupy fenoli.

---

### Odczynniki

- rezorcyna;
  - woda bromowa.
-

### **Sprzęt**

- probówka szklana;
  - statyw na probówki;
  - pipeta Pasteura;
  - dygestorium.
- 

### **Obserwacje**

Następuje początkowe odbarwienie wody bromowej, a następnie a następnie wytrącenie białego (jasnożółtego) osadu.

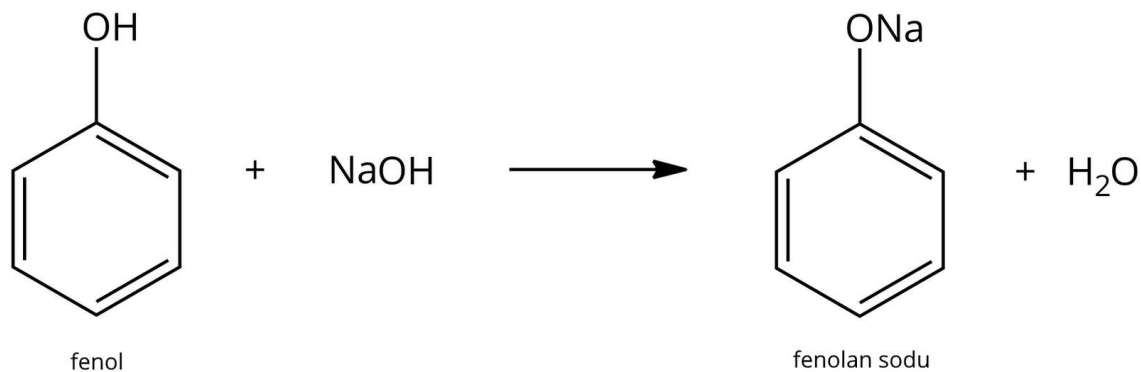
---

### **Wnioski**

W wyniku reakcji fenoli z wodą bromową wytrąca się trudno rozpuszczalny w wodzie, biały lub lekko żółty produkt bromowania. Zaobserwowane zmiany pozwalają wnioskować, że rezorcyna należy do związków z grupy fenoli.

## **Reakcje z wodorotlenkiem sodu**

Ze względu na większą kwasowość od alkoholi, fenole ulegają wszystkim reakcjom charakterystycznym dla kwasów, którym na ogół nie ulegają alkohole, czyli m.in. reagują z wodorotlenkiem sodu z wydzieleniem wody.



Równanie reakcji fenolu z wodorotlenkiem sodu.

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

## Zachowanie wobec wodnego roztworu NaOH

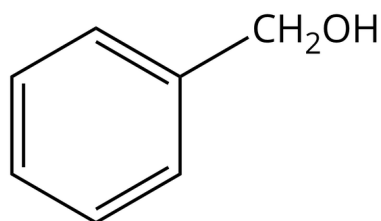
### Ważne!

Fenole są kwasami mocniejszymi od alkoholi, dlatego też mogą wypierać alkohole z roztworów alkoholanych. Alkohole, jako kwasy słabsze od fenoli, nie wypierają ich z roztworów fenolanów.

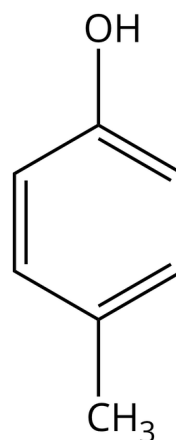
Reakcję tę przeprowadza się w skali probówkowej. W chemii analitycznej wykorzystuje się ją do szybkiego odróżniania alkoholi od fenoli. Fenol reaguje z wodorotlenkiem sodu obecnym w roztworze wodnym, podczas gdy alkohol takiej reakcji nie ulega.

### Polecenie 1

Poniżej przedstawiono wzory półstrukturalne dwóch związków chemicznych: fenylometanolu (alkoholu benzyłowego) i 4-metylofenolu.



fenylometanol



4-metylofenol

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

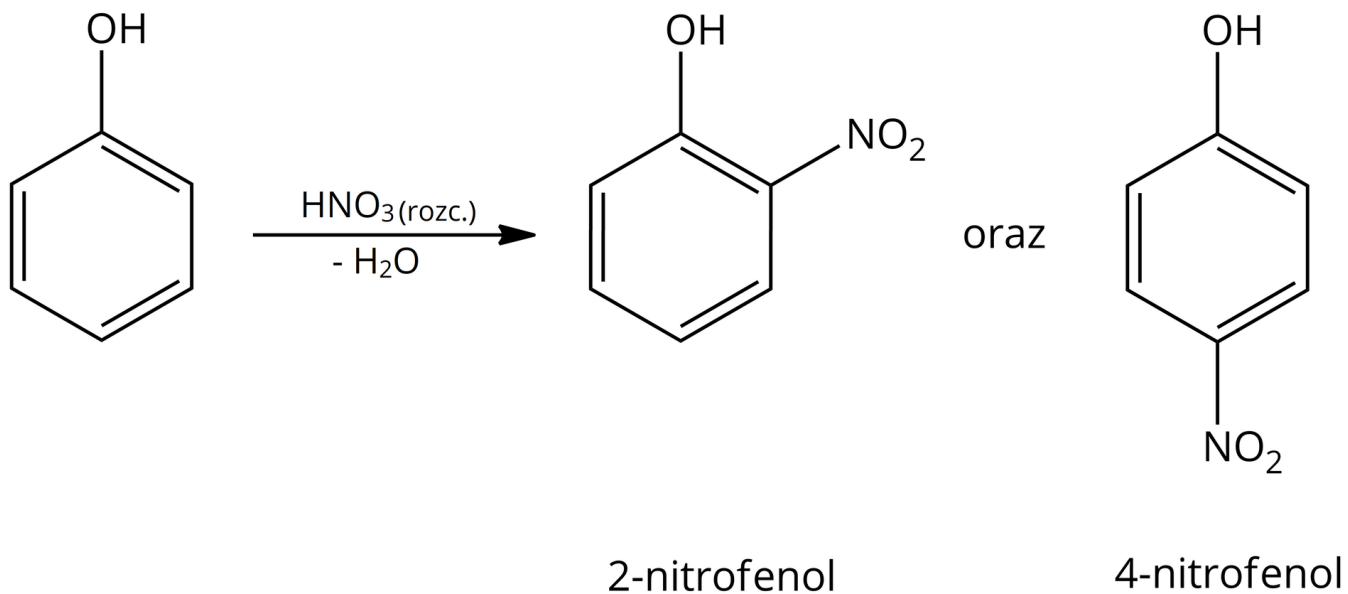
Wskaż, który z powyższych związków reaguje z wodnym roztworem wodorotlenku sodu i stosując zapis cząsteczkowy, napisz równanie odpowiedniej reakcji chemicznej.

## Reakcja nitrowania

W reakcji nitrowania wykorzystuje się tzw. mieszaninę nitrującą – mieszaninę stężonego kwasu azotowego(V) i stężonego kwasu siarkowego(VI). Składy mieszanin nitrujących mogą różnić się proporcjami użytych kwasów. Są one dobierane zależnie od reaktywności nitrowanego związku. Do nitrowania związków bardzo reaktywnych, do których należą m.in. fenole, można użyć tylko kwasu azotowego(V). Fenole są bardzo podatne na utlenianie, dlatego do ich nitrowania nie jest konieczne zastosowanie stężonego kwasu siarkowego(VI).

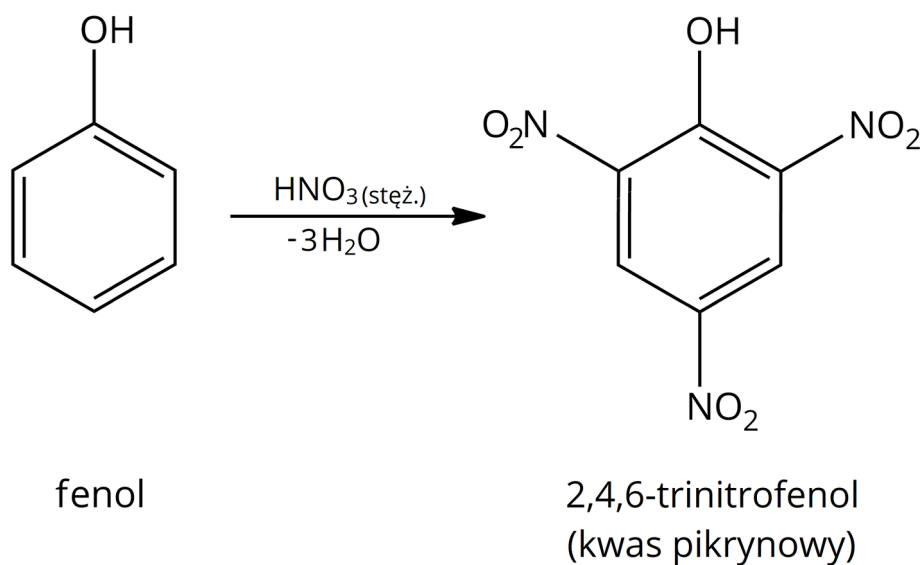
Podczas reakcji przeprowadzonej z rozcieńczonym kwasem azotowym(V) (np. 20% czy 40%) tworzą się dwa produkty. Reakcja przebiega z małą wydajnością ze względu

na uboczny proces utleniania fenolu przez kwas azotowy(V).



Schemat reakcji fenolu z rozcieńczonym kwasem azotowym(V).

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

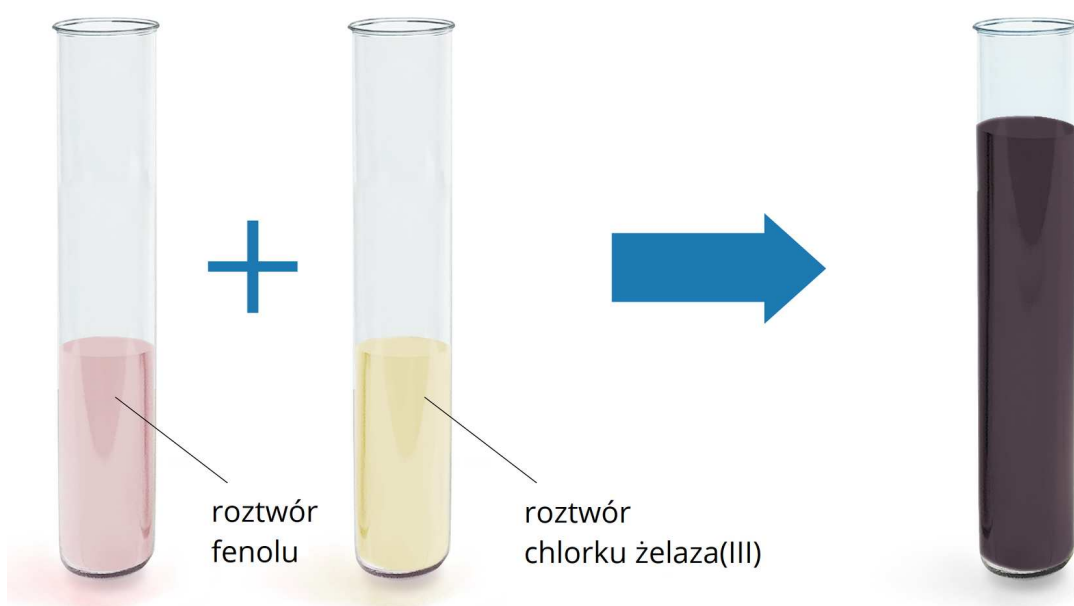


Schemat reakcji fenolu ze stężonym kwasem azotowym(V).

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

Reakcja fenolu z chlorkiem żelaza(III)

Reakcja z wodnym roztworem  $\text{FeCl}_3$  umożliwia wykrycie ugrupowania fenolowego w związku chemicznym. Związki aromatyczne zawierające grupę hydroksylową połączoną z pierścieniem, w reakcji z chlorkiem żelaza(III) tworzą związki koordynacyjnej o charakterystycznej ciemnofioletowej barwie. Na barwę otrzymanego roztworu wpływa jednak stężenie  $\text{FeCl}_{3(aq)}$ .



## Słownik

### nitrowanie

reakcja chem. polegająca na wprowadzeniu grupy nitrowej  $-\text{NO}_2$  do cząsteczki związku org. w wyniku podstawienia atomu wodoru

### fenole

związki organiczne, mono-, di- i polihydroksylowe pochodne benzeny oraz alkilobenzenów, których cząsteczki zawierają grupy hydroksylowe ( $-\text{OH}$ ) związane z atomem węgla pierścienia benzenowego

## 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.

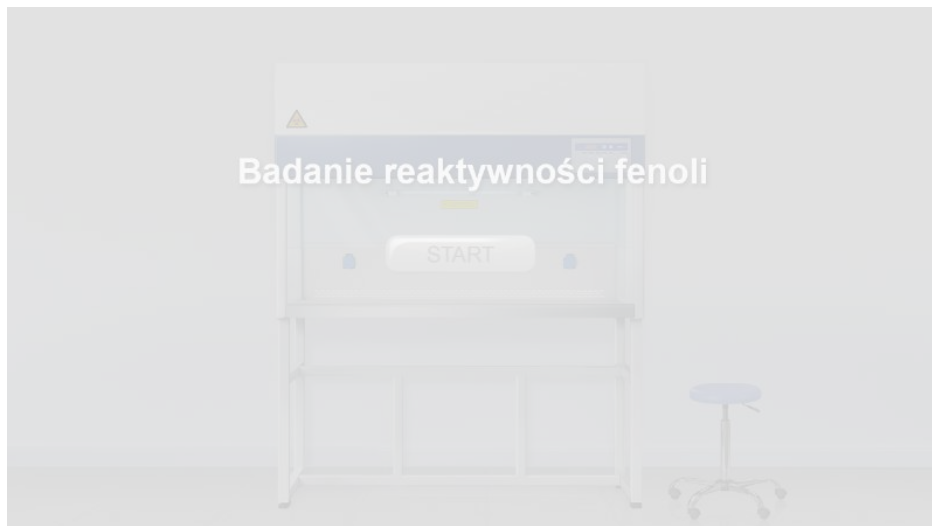
encyklopedia PWN

# Wirtualne laboratorium – I

---

## Laboratorium 1

Przeprowadź w wirtualnym laboratorium chemicznym doświadczenie na temat reaktywności fenoli. Zapisz swoje obserwacje i wyniki oraz sformułuj wnioski.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DhaNSv1eb>

Wirtualne laboratorium pt.: „*Badanie reaktywności fenoli*”

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

**Analiza doświadczenia:** Badanie reaktywności fenoli.

**Problem badawczy:** Z jakimi odczynnikami chemicznymi reaguje fenol?

**Hipoteza:** Fenol reaguje z metalami aktywnymi i wodnymi roztworami ich wodorotlenków, z wodą bromową, kwasem azotowym(V) oraz z chlorkiem żelaza(III).

---

**Obserwacje:**

**Wyniki:**

**Wnioski:**

**Równanie reakcji chemicznej:**

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe stwierdzenie.

☐

Produkty reakcji bromowania są również używane do identyfikacji alkoholi jako ich stałe pochodne.

☐

Fenole reagują z bromem w temperaturze pokojowej bez użycia katalizatora.

☐

Bromowanie z zastosowaniem wody bromowej skutkuje wytrąceniem się trudno rozpuszczalnych w wodzie białych i zielonych produktów.

## Ćwiczenie 2



Uzupełnij luki w poniższym tekście odpowiednimi wyrazami, tak aby powstały zdania prawdziwe.

Reakcja z wodnym roztworem NaOH jest wykorzystywana w chemii analitycznej jako tzw. reakcja  do szybkiego odróżniania alkoholi od fenoli. Efektem wizualnym przebiegu tej reakcji jest  się odpowiedniego związku organicznego w fazie wodnej, czyli w roztworze wodorotlenku .

### Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz „Prawda”, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub „Fałsz”, jeśli jest fałszywe.

| Zdanie                                                                                                                                         | Prawda                | Fałsz                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Fenol jest związkiem aromatycznym.                                                                                                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Jeżeli do bromowania fenoli używa się wody bromowej, to wytrąca się trudno rozpuszczalny w wodzie biały lub lekko błękitny produkt bromowania. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fenole rozтворяją się w wodnym roztworze wodorotlenku sodu oraz wypierają alkohole z tworzonych przez nie alkoholanów.                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

### Ćwiczenie 4



Czy za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego można odróżnić roztwór wodny fenolu od roztworu wodnego alkoholu?

Odpowiedz i uzasadnij.

**Odpowiedź:**

### Ćwiczenie 5



Zaproponuj doświadczenie pozwalające na wykrycie ugrupowania fenolowego w układzie. Narysuj schemat doświadczenia oraz wyjaśnij wynik tego doświadczenia.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 6



Zaproponuj doświadczenie potwierdzające fakt, że fenol jest słabszym kwasem od kwasu węglowego. W tym celu narysuj schemat doświadczenia i zapisz stosując wzory sumaryczne równanie zachodzącej reakcji w formie cząsteczkowej.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Fenol, jako związek aromatyczny, ulega nitrowaniu. Zapisz równanie reakcji mononitrowania fenolu, wiedząc, że przebiega ona w obecności rozcieńzonego kwasu azotowego(V). Podaj systematyczne nazwy produktów organicznych.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Prowadząc długotrwałe nitrowanie fenolu ze stężonym kwasem azotowym(V), otrzymuje się związek, zwany potocznie kwasem pikrynowym. Wiedząc, że w cząsteczce tego kwasu są trzy grupy nitrowe, zapisz równanie reakcji jego otrzymywania.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 9



Zaproponuj ciąg reakcji chemicznych, jakie należałoby przeprowadzić, aby z karbidu i dowolnych odczynników nieorganicznych otrzymać 2-metylofenol. Stosując wzory półstrukturalne związków organicznych, napisz równania tych reakcji w formie cząsteczkowej.

Rozwiązanie oraz 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:** Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Badanie reaktywności fenoli

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum ogólnokształcące, technikum

## Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

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

5) opisuje właściwości chemiczne fenolu (benzenolu, hydroksybenzenu) na podstawie reakcji z: sodem, wodorotlenkiem sodu, kwasem azotowym(V); formułuje wniosek dotyczący kwasowego charakteru fenolu; pisze odpowiednie równania reakcji; na podstawie wyników doświadczenia klasyfikuje substancję do alkoholi lub fenoli.

Zakres rozszerzony

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

7) opisuje właściwości chemiczne fenoli na podstawie reakcji z: sodem, wodorotlenkiem sodu, bromem, kwasem azotowym(V); pisze odpowiednie równania reakcji dla benzenolu (fenolu, hydroksybenzenu) i jego pochodnych; projektuje i przeprowadza doświadczenie, którego przebieg pozwoli odróżnić alkohol od fenolu; na podstawie wyników doświadczenia klasyfikuje substancję do alkoholi lub fenoli.

## 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:**

- porównuje względem siebie reaktywność fenoli względem alkoholi;
- wyjaśnia, dlaczego w reakcjach nitrowania z fenolami nie stosuje się tzw. mieszaniny nitrującej;
- przeprowadza ciąg reakcji umożliwiających otrzymanie fenolu z karbidu.

### **Strategie nauczania:**

- asocjacyjna;
- problemowa.

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

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- wirtualne laboratorium;
- róża wiatrów.

### **Formy pracy:**

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

### **Środki dydaktyczne:**

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

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytanie: Z czego wynika większa kwasowość fenoli niż alkoholi?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Jakimi właściwościami charakteryzują się fenole?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Doświadczenie chemiczne – „Badanie reakcji fenolu z roztworem wodorotlenku sodu”. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje karty pracy. Uczniowie formułują instrukcję wykonania doświadczenia, po czym nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną. Uczniowie formułują pytanie badawcze, hipotezę, przeprowadzają doświadczenia, zapisują obserwacje i wnioski. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie prezentują efekty pracy grupowej. Pozostali uczniowie i nauczyciel weryfikują poprawność merytoryczną.
2. Nauczyciel proponuje uczniom prace w parach z wirtualnym laboratorium. Zadaniem uczniów będzie zbadanie zachowania się fenolu wobec sodu, kwasu azotowego(V), wody bromowej i wodnego roztworu chlorku żelaza(III). Swoje obserwacje i wnioski zapisują w wirtualnym dzienniczku. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie prezentują efekty pracy na forum klasy, pozostali uczniowie i nauczyciel weryfikują poprawność merytoryczną.
3. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu, nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie 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. Róża wiatrów (patrz materiały pomocnicze). Nauczyciel poprzez zastosowanie tego narzędzia może dokonać ewaluacji zajęć, umieszczając nazwy elementu podlegającego ocenie, np. atmosfera zajęć, przydatność materiałów, stopień zaangażowania uczniów, zainteresowanie tematem, stopień opanowania zagadnienia wynikający z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji, stopień trudności materiału, atrakcyjność lekcji i etc. Przygotowaną „różę” nauczyciel rozdaje uczniom i prosi o zaznaczenie na każdej osi punktu odpowiadającego ocenie. Następnie punkty na sąsiednich osiach uczniowie łączą ze sobą i w ten sposób każdy z uczniów otrzymuje swoją „różę”, którą wręcza prowadzącemu. Nauczyciel może odnieść się do tego ogólnie na podsumowanie, po wcześniejszej analizie.

### **Praca domowa:**

Uczniowie pozostałe ćwiczenia w sekcji „Sprawdź się”, których nie wykonali podczas lekcji, rozwiązują w domu.

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

Uczniowie wirtualne laboratorium mogą wykorzystać podczas przygotowania się do lekcji czy pracy kontrolnej, natomiast uczniowie nieobecni na lekcji medium mogą wykorzystać do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

### **Materiały pomocnicze:**

1. Nauczyciel przygotowuje do ewaluacji lekcji różę wiatrów. Róża wiatrów jest jedną z graficznych metod pozwalających ocenić jednocześnie wiele elementów zajęć. W przypadku ewaluacji zajęć, na osiach w miejsce kierunku umieść nazwę elementu podlegającego ocenie (atmosfera zajęć, przydatność materiałów, stopień zaangażowania uczniów, zainteresowanie tematem, stopień opanowania zagadnienia wynikający z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji, stopień trudności materiału, atrakcyjność lekcji). Liczba osi jest dowolna i może być rozbudowywana w zależności od potrzeb. Linie osi podziel na odcinki i przypisz im odpowiednie wartości – od 1 do 10 lub skalę ocen 1-6. Tak przygotowaną „różę” rozdaj uczestnikom i poproś o zaznaczenie na każdej osi punktu odpowiadającego ocenie. Następnie punkty na sąsiednich osiach uczniowie łączą ze sobą i w ten sposób każdy z uczniów otrzymuje swoją „różę”, którą wręcza prowadzącemu.
2. Doświadczenie chemiczne – „Badanie reakcji fenolu z roztworem wodorotlenku sodu”
  - Szkło i sprzęt laboratoryjny: statywy do probówek, probówki, pipety, bagietki.
  - Odczynniki chemiczne: roztwór wodorotlenku sodu o stężeniu  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ , fenoloftaleina.
3. Karta charakterystyki wodorotlenku sodu.
4. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 64.08 KB w języku polskim