

Nowość

NOWA **To jest** **chemia**

3

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES PODSTAWOWY

**ZMIANY
W PODSTAWACH
2024**



podręcznik w pełni
dostosowany



**nowa
era**

NOWA

To jest chemia

3

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES PODSTAWOWY

ROMUALD HASA

ALEKSANDRA MRZIGOD

JANUSZ MRZIGOD

NOWA To jest chemia

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania chemii, na podstawie opinii rzeczoznawców: **mgr Magdaleny Kozik, dr. hab. Jana Paśko, dr. hab. Wojciecha Kaliszewskiego**

Zakres kształcenia: podstawowy

Etap edukacyjny: III

Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa (liceum ogólnokształcące i technikum)

Rok dopuszczenia: 2025

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 1222/3/2025

Podręcznik przygotowano na podstawie *Programu nauczania chemii w zakresie podstawowym dla liceum ogólnokształcącego i technikum NOWA To jest chemia* autorstwa Romualda Hassy, Aleksandry Mrzigod i Janusza Mrzigoda.

Nabyta przez Ciebie publikacja jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy o przestrzeganie praw, jakie im przysługują. Zawartość publikacji możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym, ale nie umieszczaj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, to nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. Możesz skopiować część publikacji jedynie na własny użytek.

Szanujemy cudzą własność i prawo. Więcej na www.legalnakultura.pl



© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2026
ISBN 978-83-267-5332-9

Autor zbioru zadań: Aleksandra Kwiek.

Konsultacja merytoryczna: Elżbieta Megiel.

Opracowanie redakcyjne i redakcja merytoryczna: Gabriela Bieląga, Joanna Jabłońska, Oliwia Pierzyńska.

Współpraca redakcyjna: Justyna Lipińska, Marta Mieszkowska.

Redakcja językowa: Aleksandra Hofman.

Nadzór artystyczny: Ewa Kaletyn, Kaia Pichler.

Opieka graficzna: Maciej Galiński, Marcin Oleksak.

Projekt okładki: Maciej Galiński, Grażyna Truchlińska.

Projekt graficzny: Maciej Galiński.

Ilustracje: Rafał Buczkowski, Adam Kłodecki, Krzysztof Mrawiński (IV s. okładki), Joanna Ptak, Wojciech Sendal, Ewa Sowulewska.

Opracowanie graficzne: Maciej Galiński, Klaudia Jarocka, Ewa Kaletyn, Marcin Kołacz, Aleksandra Szpunar, Grażyna Truchlińska, Sławomir Włodarczyk.

Realizacja projektu graficznego: Mariusz Knap.

Fotoedycja: Katarzyna Iwan-Malawska, Bogdan Wańkowicz.

Nowa Era Sp. z o.o.

Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa

www.nowaera.pl, nowaera@nowaera.pl, Centrum Kontakt: 58 721 48 00

Druk i oprawa:

O czym jest podręcznik?

W części 3. podręcznika znajdują się informacje na temat jedno- i wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów. Wszystkie ważne umiejętności są wyjaśniane krok po kroku.

Czy istnieją polimery naturalne?

Dlaczego ciasto drożdżowe jest puszyste?

Czy sacharoza ma słodki smak?

Czemu służą poszczególne elementy podręcznika?

To było w szkole podstawowej!

Przypomnienie podstaw przed rozpoczęciem nowego działu ułatwia zrozumienie wprowadzanych zagadnień.

Korzystam z informacji

Infografiki, które umożliwiają ćwiczenie umiejętności pozyskiwania i przetwarzania informacji.

► Chemia w akcji

► Fakty czy mity

Informacje dodatkowe, pokazujące, że chemia jest nauką praktyczną, mocno związaną z życiem codziennym.

Jest na to sposób!

Metoda na zapamiętanie nowych pojęć lub szybkie opanowanie umiejętności.

Przykład 1.

Przykłady z planem rozwiązywania krok po kroku pokazują sposoby rozwiązywania zadań obliczeniowych i problemowych.

Ważne w temacie

Pomaga skupić uwagę na kluczowych wiadomościach i umiejętnościach w każdym temacie.

Podsumowanie

Zestawienie najważniejszych wiadomości z każdego działu skraca czas potrzebny na ich powtórzenie przed sprawdzianem.

Krok po kroku

Zastosowania

Przedstawienie *Krok po kroku* kolejnych etapów procesów ułatwia ich zrozumienie, a ciekawa grafika przyciąga uwagę i porządkuje informacje o zastosowaniach.

Zapamiętaj!

Najważniejsze definicje z każdego tematu.

Zadania



Służą utrwaleniu wiadomości i ćwiczeniu umiejętności z lekcji na lekcję.

Sprawdź, czy potrafisz...

Zadania przekrojowe, które ułatwiają ćwiczenie najważniejszych umiejętności przed sprawdzianem.

Doświadczenie 1.



Obowiązkowe doświadczenia chemiczne – wyróżnione kolorem pomarańczowym.

Piktogramy informują o właściwościach używanych substancji (substratów).



Doświadczenia chemiczne do wykonania wyłącznie przez nauczyciela.



Ważne informacje dotyczące m.in. zasad BHP.

Regulamin pracowni chemicznej i oznaczenia BHP

W pracowni chemicznej należy ściśle przestrzegać regulaminu i postępować zgodnie z zasadami bezpiecznej pracy.

- ▶ Wszystkie doświadczenia chemiczne można wykonywać wyłącznie na polecenie nauczyciela.

▶ Przed wykonaniem doświadczenia chemicznego na polecenie nauczyciela należy założyć fartuch i okulary ochronne, a jeśli to konieczne – rękawice ochronne.
- 

▶ Doświadczenia chemiczne trzeba przeprowadzać według instrukcji zamieszczonej w podręczniku lub podanej przez nauczyciela.
- ▶ Wszystkie substancje stosowane do doświadczeń chemicznych należy traktować jako potencjalne trucizny: nie wolno ich dotykać, sprawdzać smaku ani zapachu.

▶ Na polecenie nauczyciela można sprawdzić zapach substancji, kierując jej pary ruchem wachlującym dłoni w stronę nosa.

▶ Podczas ogrzewania substancji w probówce trzeba skierować jej wylot w stronę, gdzie nikogo nie ma, i delikatnie nią poruszać.

▶ Należy zachować szczególne środki ostrożności podczas pracy z substancjami oznaczonymi znakami ostrzegawczymi w postaci piktogramów.

▶ Odpady, które zostają po doświadczeniach chemicznych, trzeba zbierać w odpowiednich pojemnikach i poddawać utylizacji.

Zagrożenia fizykochemiczne



substancje wybuchowe



substancje łatwopalne



substancje utleniające



gazy pod ciśnieniem



substancje korodujące metale

Zagrożenia dla zdrowia



substancje toksyczne



substancje drażniące, uczulające



substancje rakotwórcze, mutagenne



substancje żrące

Zagrożenia dla środowiska



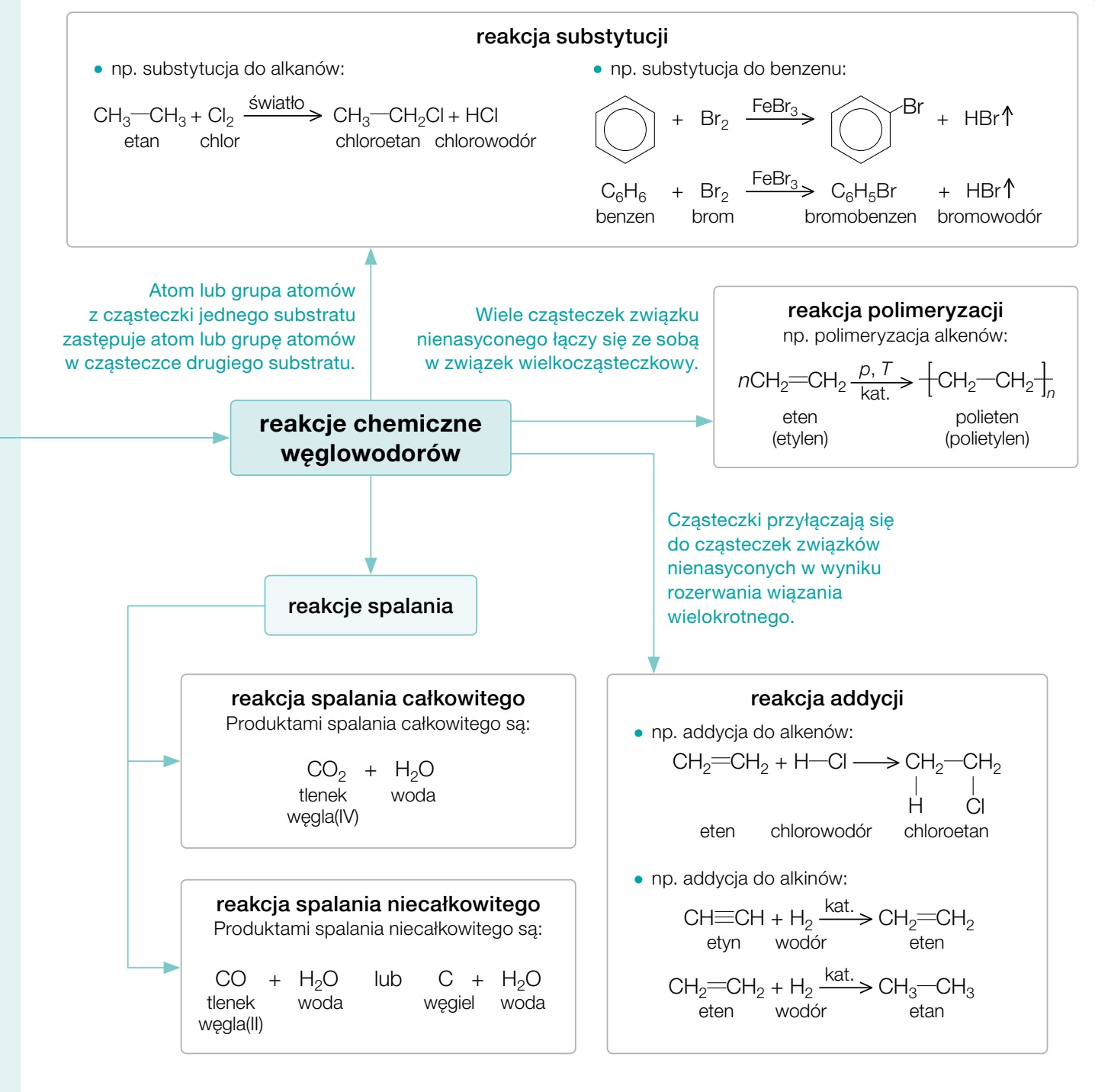
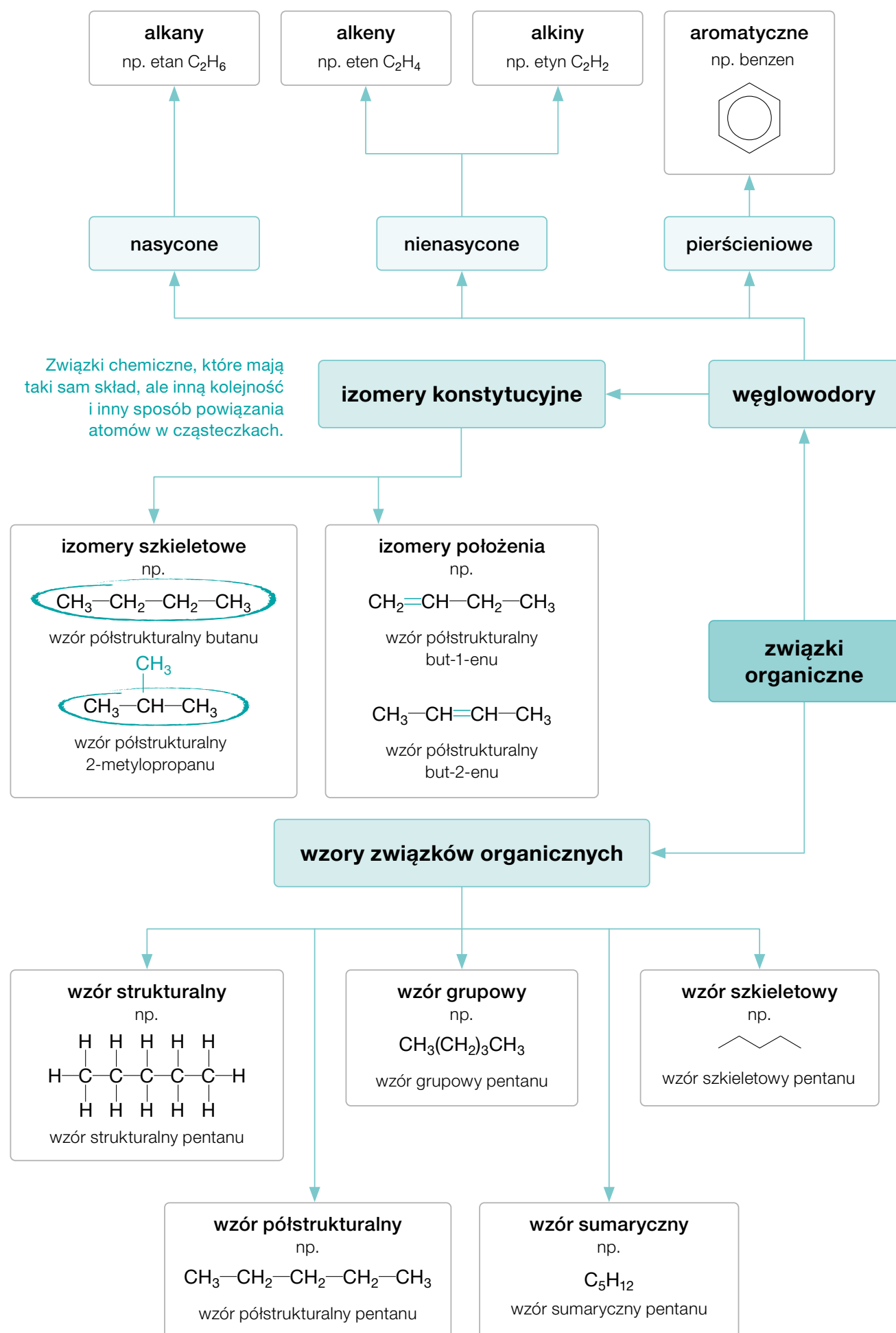
substancje niebezpieczne dla środowiska



substancje niebezpieczne dla warstwy ozonowej

Spis treści

Przypomnij sobie – to było w części 2.	6
▶ Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	
1. Fluorowcopochodne węglowodorów	10
2. Alkohole monohydroksylowe	20
3. Alkohole polihydroksylowe	35
4. Fenole	42
5. Aldehydy	50
6. Ketony	63
7. Kwasy karboksylowe	75
8. Wyższe kwasy karboksylowe	93
9. Estry	107
10. Tłuszcze	116
11. Aminy	126
Podsumowanie	134
Sprawdź, czy potrafisz...	140
▶ Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów	
12. Hydroksykwasy	142
13. Aminokwasy	154
14. Białka	163
15. Cukry proste	171
16. Cukry złożone	180
Podsumowanie	187
Sprawdź, czy potrafisz...	190
▶ Zbiór zadań	
Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	192
Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów	203
Odpowiedzi do zadań obliczeniowych	209
Szereg homologiczny alkanów	211
Szereg homologiczny alkenów	212
Szereg homologiczny alkinów	213
Najważniejsze pochodne węglowodorów	214
Właściwości fizyczne wybranych związków organicznych	215
Nazwy i wzory aminokwasów białkowych	217
Bibliografia	219
Indeks	220



Kluczowe pojęcia

Szereg homologiczny – zbiór związków organicznych o podobnych właściwościach chemicznych i podobnej budowie, których cząsteczki różnią się od siebie o co najmniej jedną grupę metylenową $-CH_2-$.

Homologi – związki chemiczne należące do jednego szeregu homologicznego.

Monomer – substrat reakcji polimeryzacji, związek nienasycony.

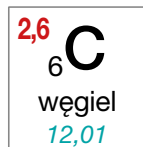
Polimer – wielocząsteczkowy produkt reakcji polimeryzacji.

Mer – powtarzający się fragment cząsteczki polimeru.

Chmura zdelokalizowanych elektronów – sześć zdelokalizowanych elektronów odpowiadających za charakterystyczne właściwości benzenu i jego homologów.



masa atomowa pierwiastka chemicznego



Masę atomową pierwiastka chemicznego można odczytać z układu okresowego. Jednostką masy atomowej jest u.

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \quad 1 \text{ g} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

mol

Mol to jednostka liczności materii, która zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ obiektów elementarnych (atomów, cząsteczek, jonów, elektronów, innych cząstek lub grup cząstek danego rodzaju). Liczba $6,02 \cdot 10^{23}$ to stała Avogadra, której jednostką jest mol^{-1} .

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{lub} \quad n = \frac{N}{N_A} \quad \text{lub} \quad n = \frac{V}{V_{\text{mol}}}$$

masa molowa

Masa molowa to liczba gramów substancji, która znajduje się w 1 molu tej substancji. Jednostką masy molowej jest $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

$$M = \frac{m}{n} \quad \text{lub} \quad M = \frac{m \cdot N_A}{N}$$

Wyjaśnienia symboli:

n to liczba moli, mol,

m to masa substancji, kg, g,

M to masa molowa, $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$,

V to objętość substancji, m^3 , dm^3 ,

V_{mol} to objętość molowa gazu w warunkach normlnych ($22,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$),

N to liczba obiektów elementarnych,

N_A to stała Avogadra, mol^{-1} ,

gęstość

Gęstość to stosunek masy substancji do objętości tej substancji. Jednostką gęstości jest $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

$$d = \frac{m}{V}$$

stężenie procentowe roztworu

Stężenie procentowe roztworu to wyrażona w procentach liczba gramów substancji rozpuszczonej w 100 g roztworu. Jednostką stężenia procentowego jest %.

$$C_p = \frac{m_s \cdot 100 \%}{m_r}$$

masa roztworu

Masa roztworu to suma masy substancji rozpuszczonej i masy rozpuszczalnika (np. wody).

$$m_r = m_s + m_w$$

stężenie molowe roztworu

Stężenie molowe roztworu to liczba moli substancji rozpuszczonej, która znajduje się w 1 dm^3 roztworu. Jednostką stężenia molowego jest $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

$$C_m = \frac{n}{V_r} \quad \text{lub} \quad C_m = \frac{m_s}{M \cdot V_r}$$

d to gęstość, $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

C_p to stężenie procentowe, %,

m_s to masa substancji rozpuszczonej, g,

m_r to masa roztworu, g,

m_w to masa rozpuszczalnika (np. wody), g,

C_m to stężenie molowe, $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$,

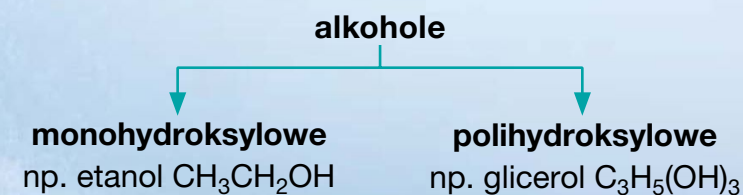
V_r to objętość roztworu, dm^3 .

1. Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

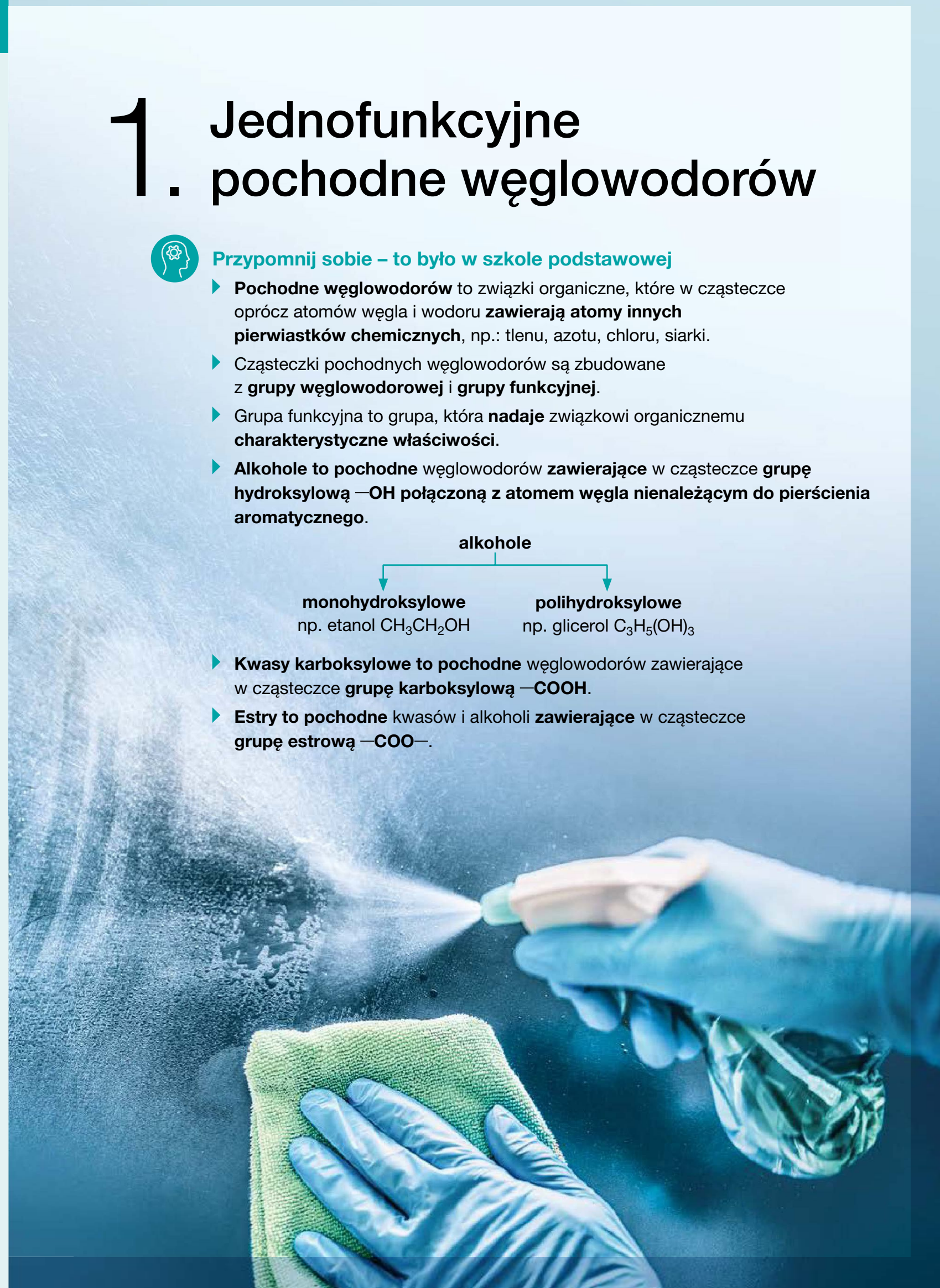


Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

- ▶ **Pochodne węglowodorów** to związki organiczne, które w cząsteczce oprócz atomów węgla i wodoru **zawierają atomy innych pierwiastków chemicznych**, np.: tlenu, azotu, chloru, siarki.
- ▶ Cząsteczki pochodnych węglowodorów są zbudowane z **grupy węglowodorowej** i **grupy funkcyjnej**.
- ▶ Grupa funkcyjna to grupa, która **nadaje** związkowi organicznemu **charakterystyczne właściwości**.
- ▶ **Alkohole** to pochodne węglowodorów **zawierające** w cząsteczce **grupę hydroksylową** —OH **połączoną z atomem węgla nienależącym do pierścienia aromatycznego**.



- ▶ **Kwasy karboksylowe** to pochodne węglowodorów zawierające w cząsteczce **grupę karboksylową** —COOH .
- ▶ **Estry** to pochodne kwasów i alkoholi **zawierające** w cząsteczce **grupę estrową** —COO— .



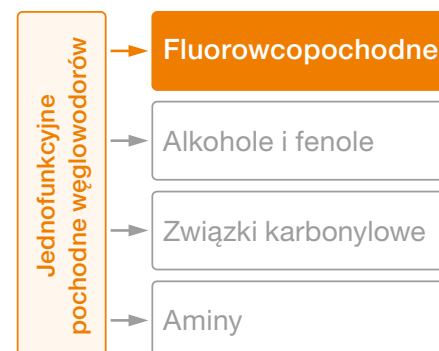
1 Fluorowcopochodne węglowodorów



Fot. 1. Tworzywo, z którego robi się karty płatnicze, jest jednym z najtańszych w produkcji.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: pochodne węglowodorów, grupa funkcyjna, jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, fluorowcopochodne węglowodorów
- budowa fluorowcopochodnych
- zapisywanie wzorów i nazw fluorowcopochodnych węglowodorów
- izomery konstytucyjne fluorowcopochodnych



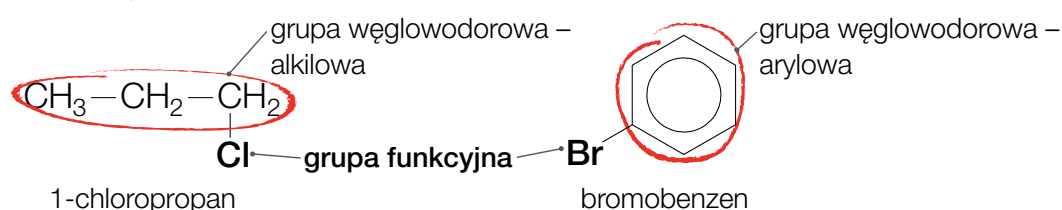
Do produkcji kart płatniczych (fot. 1.) wykorzystuje się materiał otrzymywany w reakcji polimeryzacji pochodnej węglowodoru. W cząsteczce tego związku chemicznego znajdują się atomy chloru.

Pochodne węglowodorów

Pochodne węglowodorów to związki chemiczne, które oprócz grupy węglowodorowej zawierają w swoich cząsteczkach grupę funkcyjną.

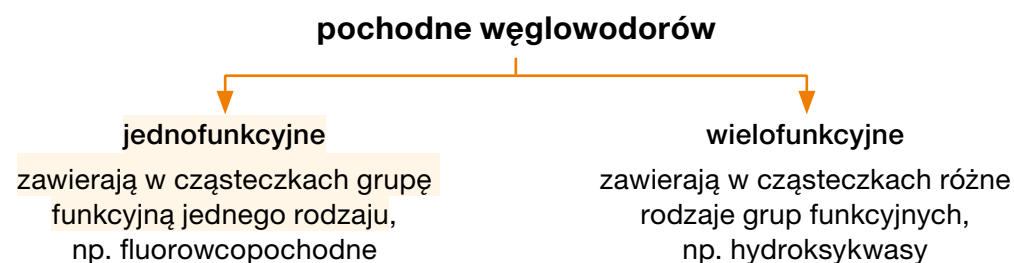
Grupy funkcyjna i węglowodorowa

Grupa funkcyjna to atom lub grupa atomów, które nadają związkowi organicznemu charakterystyczne właściwości. Grupa węglowodorowa, oznaczana we wzorach ogólnych symbolem $-R$, może być m.in. **alkilowa** lub **arylowa**:



Podział pochodnych węglowodorów

Pochodne węglowodorów można podzielić ze względu na liczbę różnych grup funkcyjnych:



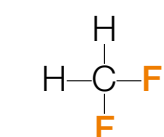
Hydroksykwasy
→ patrz s. 142

Budowa fluorowcopochodnych węglowodorów

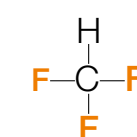
Fluorowcopochodne węglowodorów to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, w których cząsteczkach występują atom lub atomy fluorowców.

Cząsteczki fluorowcopochodnych węglowodorów składają się z grupy węglowodorowej (np. alkilowej lub arylowej) połączonej z grupą funkcyjną. Jeśli w cząsteczce fluorowcopochodnej węglowodoru występuje **jeden** atom fluorowca, np. **fluoru**, to związek ten należy do **monofluorowcopochodnych**, np. **fluorometan**.

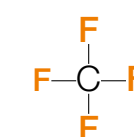
Jeżeli natomiast w cząsteczce występują **dwa**, **trzy** lub **cztery** atomy fluorowców, to taki związek należy odpowiednio do **di-**, **tri-** lub **tetrafluorowcopochodnych**, np.:



difluorometan

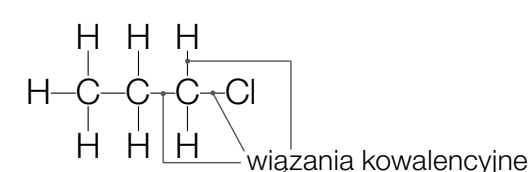


trifluorometan

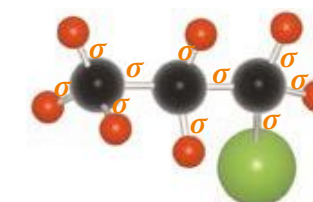


tetrafluorometan

Atomy węgla w cząsteczkach fluorowcopochodnych węglowodorów łączą się ze sobą, z atomami wodoru i z atomami fluorowców wiązaniami kowalencyjnymi:



wzór strukturalny 1-chloropropanu



model cząsteczki 1-chloropropanu

Modele atomów:
● wodoru ● węgla
● chloru

Każdy atom węgla tworzy cztery wiązania (jest czterowartościowy), a każdy atom wodoru i fluorowca – jedno wiązanie (są jednowartościowe). **Wiązania pojedyncze w cząsteczkach fluorowcopochodnych węglowodorów są wiązaniami typu σ** [czyt. sigma].

Wzór ogólny monofluorowcopochodnych węglowodorów

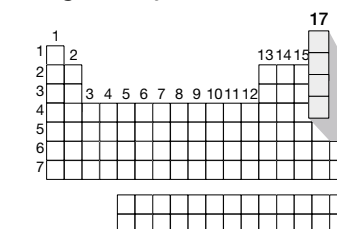
Wzór ogólny monofluorowcopochodnych węglowodorów, czyli pochodnych, w których cząsteczkach występuje tylko jeden atom fluorowca, ma postać:



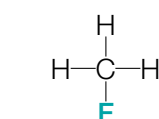
gdzie:

$-R$ to grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa),
 $-X$ to atom fluorowca (F, Cl, Br, I), czyli grupa funkcyjna.

Fluorowce w związkach organicznych



Przykład monofluorowcopochodnej:



fluorometan

Lokant to liczba wskazująca **położenie** podstawnika.

Nazewnictwo fluorowcopochodnych węglowodorów

Nazwy systematyczne monofluorowcopochodnych węglowodorów rozpoczyna się od podania **lokantu**, czyli liczby, która wskazuje położenie podstawnika. Następnie łączy się nazwę tego podstawnika, czyli **fluorowca**, z **nazwą odpowiedniego węglowodoru** przy użyciu łącznika „-o-”, np.:

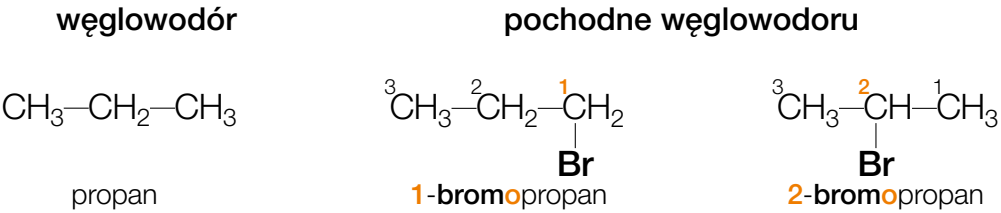


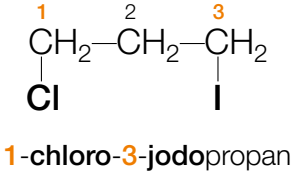
Tabela 1. Nazwy i wzory wybranych fluorowcopochodnych węglowodorów do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór				
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy	szkieletowy
1	trichlorometan (chloroform)	CHCl ₃			CHCl ₃	
2	1,1-dichloroetan	C ₂ H ₄ Cl ₂			CHCl ₂ CH ₃	
3	1,1,2-tribromopropan	C ₃ H ₅ Br ₃			CHBr ₂ CHBrCH ₃	
4	1-bromo-3-fluorobutan	C ₄ H ₈ BrF			CH ₂ BrCH ₂ CHFCH ₃	
5	1,1,1-trichloro-4-fluoropentan	C ₅ H ₈ Cl ₃ F			CCl ₃ (CH ₂) ₂ CHFCH ₃	
6	3-jodoheksan	C ₆ H ₁₃ I			CH ₃ CH ₂ CHI(CH ₂) ₂ CH ₃	
7	3-bromo-4,5-dichloro-1-fluoroheptan	C ₇ H ₁₂ BrCl ₂ F			CH ₂ FCH ₂ CHBrCHClCHClCH ₂ CH ₃	
8	2,2-dichloro-3-fluorooktan	C ₈ H ₁₅ Cl ₂ F			CH ₃ CCl ₂ CHF(CH ₂) ₄ CH ₃	

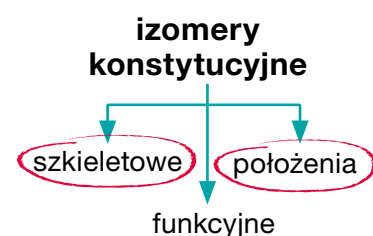
Jeśli podstawniki są takie same, tzn. taka sama grupa funkcyjna występuje kilka razy w cząsteczkach pochodnych węglowodorów, to w nazwie związku chemicznego podaje się **przedrostek** określający liczbę identycznych podstawników: „**di-**” (dwa), „**tri-**” (trzy), „**tetra-**” (cztery) itd.



Jeśli podstawniki są różne, to w nazwie zostają wymienione alfabetycznie (tabela 1.):



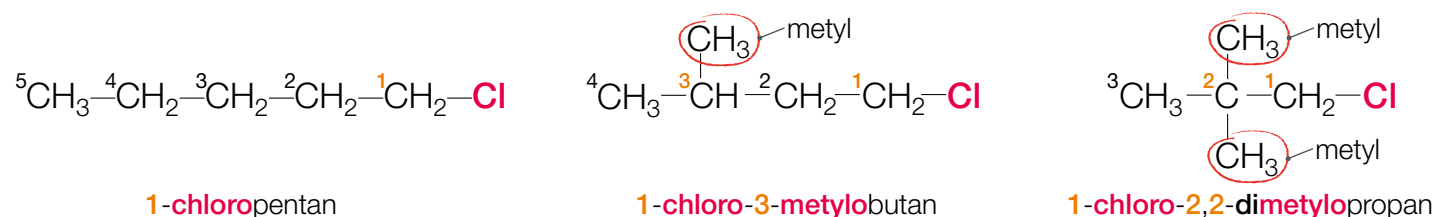
W nazwach monofluorowcopochodnych metanu i etanu pomija się lokant, czyli liczbę określającą położenie grupy funkcyjnej.



Izomery fluorowcopochodnych węglowodorów

Fluorowcopochodne węglowodorów mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe** oraz **izomery położenia podstawnika**. Izomery konstytucyjne to związki chemiczne o takim samym składzie, ale różniące się kolejnością i sposobem powiązania atomów w cząsteczce.

Izomery szkieletowe różnią się budową grupy alkilowej połączonej z atomem lub atomami fluorowca. Oto wybrane izomery szkieletowe fluorowcopochodnej węglowodoru o wzorze sumarycznym $C_5H_{11}Cl$:



Izomery położenia podstawnika różnią się położeniem atomu lub atomów fluorowca, np.:

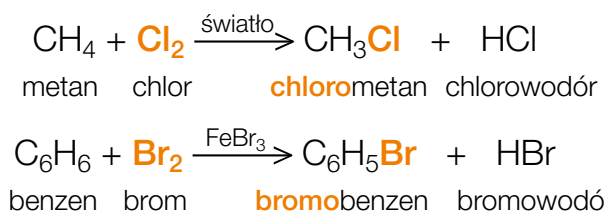


Otrzymywanie fluorowcopochodnych węglowodorów

Fluorowcopochodne węglowodorów powstają w reakcjach poznanych w części 2. podręcznika *NOWA To jest chemia*. Związki te można otrzymać w wyniku:

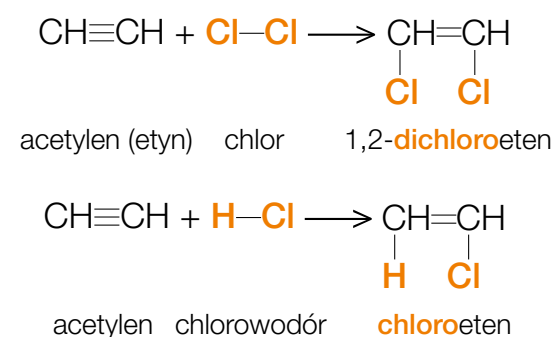
- ▶ **reakcji substytucji** (podstawienia) atomów wodoru w cząsteczkach węglowodorów nasyconych lub aromatycznych, np.:

substytucja



- ▶ **reakcji addycji** (przyłączenia) cząsteczek fluorowców albo fluorowcowodoru do cząsteczek węglowodorów nienasyconych, np.:

addycja



Właściwości fluorowcopochodnych węglowodorów

Wszystkie fluorowcopochodne węglowodorów są **dobrymi rozpuszczalnikami**, np. tłuszczów. **Większość** fluorowcopochodnych węglowodorów to **ciecze nierozpuszczalne w wodzie**. Tylko niektóre z nich występują w temperaturze pokojowej w postaci **gazów**, są to np. chlorometan CH_3Cl i chloroetan CH_3CH_2Cl . Wraz ze zwiększaniem liczby atomów fluorowca w cząsteczce fluorowcopochodnej zmniejsza się palność związku chemicznego.

Reakcje fluorowcopochodnych węglowodorów

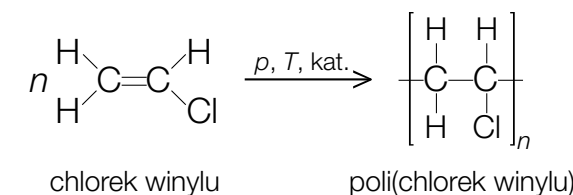
Najważniejsze typy reakcji chemicznych, którym ulegają fluorowcopochodne węglowodorów, to:

- ▶ **eliminacja** – w wyniku tej reakcji chemicznej powstają m.in. produkty o wiązaniach wielokrotnych: podwójnych lub potrójnych,
- ▶ **substytucja** – w zależności od reagenta produktem są alkany lub inne pochodne węglowodorów, np. alkohole,
- ▶ **polimeryzacja** – jest możliwa wtedy, gdy w cząsteczkach fluorowcopochodnych występują wiązania wielokrotne.

Reakcja polimeryzacji fluorowcopochodnych węglowodorów

Polimeryzacja to reakcja chemiczna, w wyniku której z **wielu cząsteczek monomeru**, np. związku nienasyconego, **powstaje wielkocząsteczkowy związek chemiczny** (polimer). Monomerami, które stosuje się w produkcji polimerów, są m.in. tetrafluoroeten CF_2CF_2 (fot. 2.) oraz chloroeten (chlorek winylu) CH_2CHCl .

Produktem polimeryzacji chlorku winylu jest polimer syntetyczny **poli(chlorek winylu)** (rys. 1.), o powszechnie znanym skrócie **PCW** (ang. PVC):



Polimery są zbudowane z powtarzających się elementów – merów.



! PVC po ogrzaniu do temperatury wyższej od 130 °C **wydziela toksyczny chlorowódor**.



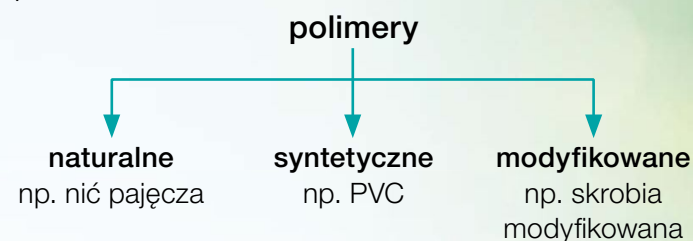
Fot. 2. Produktem polimeryzacji tetrafluoroetenu jest politetrafluoroetylen, czyli Teflon®. Jest on niepalny i można go stosować w temperaturze do 250 °C.

Tworzywa sztuczne

Tworzywa sztuczne to materiały, w których **skład** wchodzi przede wszystkim **polimery oraz dodatkowe substancje** (np. barwniki) **zmieniające** ich **właściwości** fizyczne. Takie tworzywa powszechnie stosuje się do produkcji opakowań, a także sprzętów AGD i RTV.

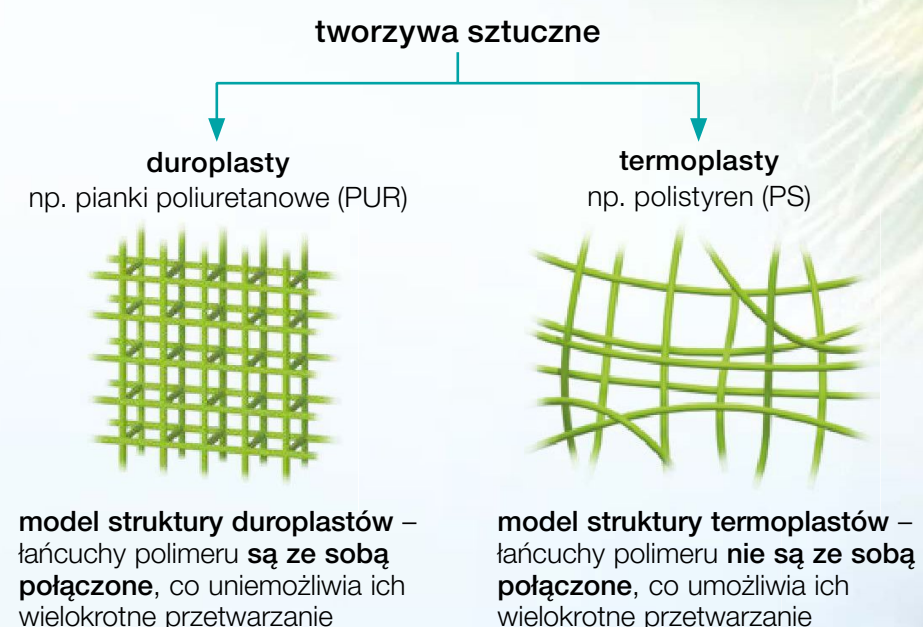
► Jak można podzielić polimery?

Ze względu na pochodzenie polimery (związki wielkocząsteczkowe) można podzielić na:



► Jak można podzielić tworzywa sztuczne?

Ze względu na możliwość przetwarzania tworzyw sztucznych z wykorzystaniem wysokiej temperatury można je podzielić na:



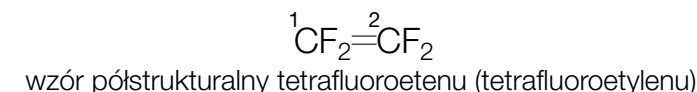
Oznaczenie opakowań produktów, wykonanych np. z tworzyw termoplastycznych, które nadają się do ponownego przetworzenia.



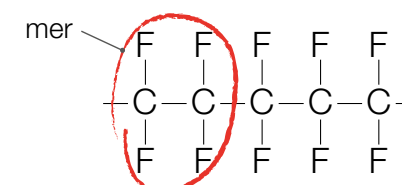
▲ Nić pajęczna jest elastyczna, kilkadziesiąt razy cieńsza od ludzkiego włosa, a przy tym ma dużą wytrzymałość.

■ Ustalanie wzoru polimeru na podstawie nazwy lub wzoru monomeru

Wzór polimeru można ustalić na podstawie nazwy lub wzoru monomeru. Jeśli korzystamy z nazwy monomeru, należy ustalić najpierw jego wzór, np. dla tetrafluoroetenu:



W cząsteczce tetrafluoroetenu wiązanie podwójne znajduje się między 1. a 2. atomem węgla. W reakcji polimeryzacji rozerwaniu ulegnie jedno z wiązań w wiązaniu podwójnym. W wyniku reakcji polimeryzacji wiele cząsteczek monomeru, czyli tetrafluoroetenu, połączy się ze sobą i utworzy związek wielkocząsteczkowy – polimer:

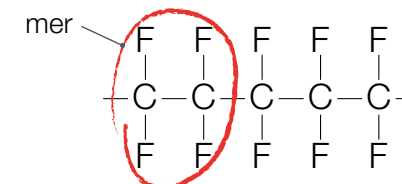


fragment łańcucha politetrafluoroetyleny

Mer to powtarzający się fragment polimeru, który strukturą odpowiada budowie monomeru.

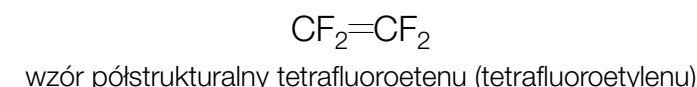
■ Ustalanie wzoru monomeru na podstawie wzoru polimeru

Ustalanie wzoru monomeru należy rozpocząć od znalezienia powtarzającego się fragmentu w cząsteczce polimeru, czyli wskazania meru. Na przykład dla politetrafluoroetyleny:

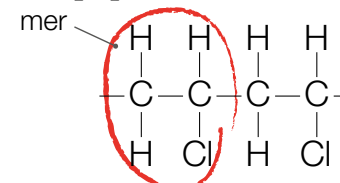


fragment łańcucha politetrafluoroetyleny

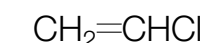
Związek wielkocząsteczkowy (polimer) powstaje przez połączenie wielu cząsteczek związków nienasyconych (monomerów). Wiązanie wielokrotne w monomerze będzie występowało w miejscu połączenia jednego meru z drugim. Wzór półstrukturalny monomeru politetrafluoroetyleny ma postać:



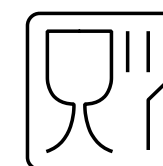
W taki sam sposób ustala się wzór monomeru cząsteczki innego polimeru, np. poli(chloru winylu).



fragment łańcucha poli(chloru winylu)



wzór półstrukturalny chloru winylu



Oznaczenie opakowań przystosowanych do kontaktu z żywnością, np. z **politetrafluoroetenu** **PTFE**.

Poli(chlorek winylu)
→ patrz s. 15

Zastosowania fluorowcopochodnych węglowodorów

Najwięcej zastosowań ma chlorometan, który jest ważnym półproduktem reakcji otrzymywania silikonowych polimerów wykorzystywanych m.in. w przemyśle elektronicznym, motoryzacyjnym i w medycynie.



przemysł
chemiczny



przemysł tworzyw
sztucznych



medycyna

Przemysł chemiczny

Heksachloroetan stosuje się do produkcji granatów dymnych, wykorzystywanych np. podczas manewrów wojskowych.



Przemysł tworzyw sztucznych

Teflon®, czyli politetrafluoroetylen, jest powszechnie używany do pokrywania powierzchni patelni oraz garnków. Taka powłoka zapobiega przywieraniu potraw.



Medycyna

Chloroetan ze względu na swoją temperaturę wrzenia (12,3 °C) jest stosowany jako łagodny środek znieczulający miejscowo, ponieważ przy tej temperaturze nie ma dużego ryzyka odmrożeń.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Część wytwarzanych przez człowieka odpadów można poddać **recyklingowi** i po przetworzeniu ponownie wykorzystać. Przykładem jest **poli(chlorek winylu)** pozyskiwany m.in. z ram plastikowych okien. Zbiórką starych okien zajmują się punkty selektywnej zbiórki odpadów komunalnych (PSZOK) oraz gminne punkty zbierania odpadów problemowych.

Wyszukaj i zaprezentuj

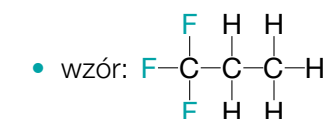
Z jakich etapów składa się recykling tworzyw sztucznych?



Ważne w temacie Fluorowcopochodne węglowodorów

1. Zapisuję nazwy fluorowcopochodnych węglowodorów na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

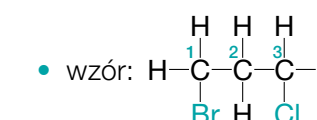


• nazwa: 1,1,1-trifluoropropan

2. Rysuję wzory fluorowcopochodnych węglowodorów na podstawie ich nazw.

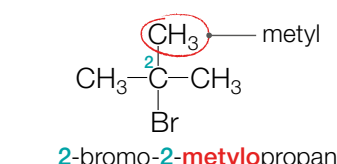
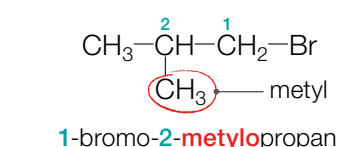
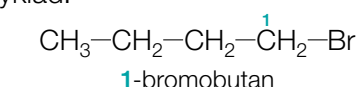
Na przykład:

• nazwa: 1-bromo-3-chloropropan



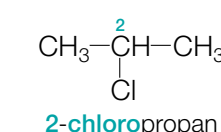
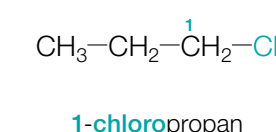
3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych fluorowcopochodnych węglowodorów.

Na przykład:



4. Rozpoznaję wzory izomerów położenia podstawnika fluorowcopochodnych węglowodorów.

Na przykład:



Fluorowcopochodne węglowodorów

Zapamiętaj!

Pochodne węglowodorów – związki chemiczne, które oprócz grupy węglowodorowej zawierają w swoich cząsteczkach grupę funkcyjną.

Grupa funkcyjna – atom lub grupa atomów, która nadaje cząsteczce związku organicznego charakterystyczne właściwości.

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów – pochodne węglowodorów, które w cząsteczkach zawierają grupę funkcyjną jednego rodzaju.

Fluorowcopochodne węglowodorów – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach występują atom lub atomy fluorowców (fluoru, chloru, bromu albo jodu).

Zadania



ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

1. Wskaż wzory fluorowcopochodnych węglowodorów i napisz ich nazwy systematyczne.

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a) NaCl | e) KI |
| b) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ | f) CCl_2Br_2 |
| c) CCl_2F_2 | g) $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$ |
| d) CaBr_2 | |

2. Napisz nazwy i narysuj wzory strukturalne i półstrukturalne fluorowcopochodnych węglowodorów przedstawionych za pomocą wzorów grupowych.

- a) CH_3Cl
b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$

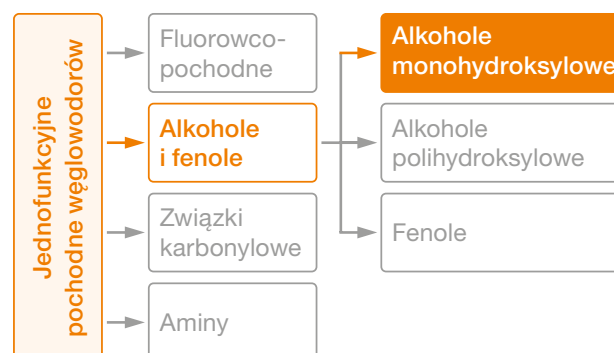
2 Alkohole monohydroksylowe



Fot. 3. Stężenie roztworu alkoholu używanego do dezynfekcji musi wynosić 60–80 %.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *alkohole monohydroksylowe*, *grupa hydroksylowa*, *reakcja eliminacji*
- budowa alkoholi monohydroksylowych
- zapisywanie wzorów i nazw alkoholi monohydroksylowych
- izomery konstytucyjne alkoholi monohydroksylowych
- zapisywanie równań reakcji chemicznych, którym ulegają alkohole monohydroksylowe

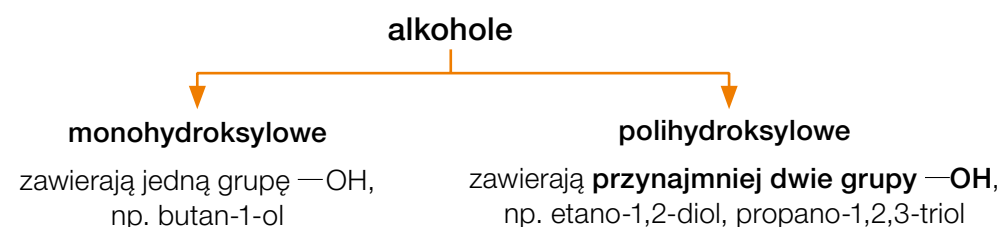


Większość stosowanych preparatów do dezynfekcji (fot. 3.) zawiera alkohole. Najczęściej jest to etanol lub propan-2-ol (izopropanol).

Podział alkoholi

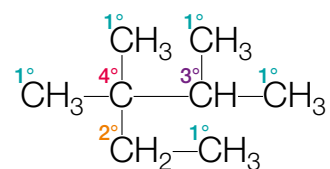
Alkohole można podzielić ze względu na:

- liczbę grup hydroksylowych w cząsteczce:

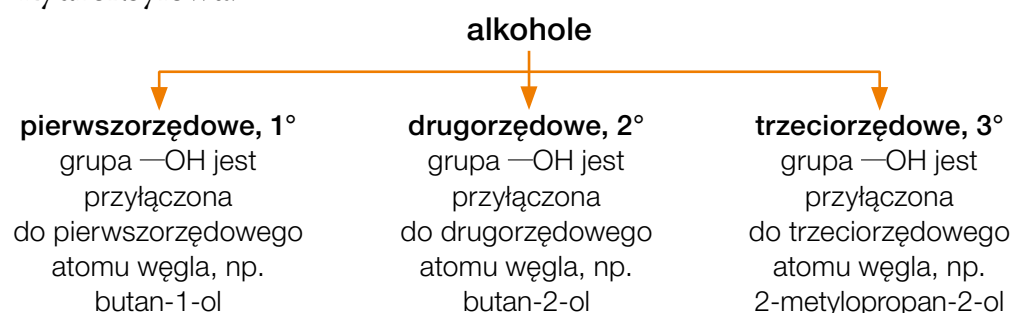


mono to jeden,
poli to wiele

Rzędowość atomów węgla w 2,3,3-trimetylopentanie:



- rzędowość atomu węgla, do którego jest przyłączona grupa hydroksylowa:

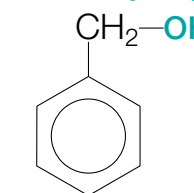


Rzędowość atomu węgla to liczba atomów węgla, z którymi dany atom węgla jest połączony. Na przykład pierwszorzędowy atom węgla (1°) jest połączony z jednym atomem węgla.

- ! Nie ma alkoholi czwartorzędowych, ponieważ żeby powstał taki alkohol, węgiel musiałby utworzyć aż pięć wiązań.

Istnieją również **alkohole aromatyczne**, w których grupa —OH jest połączona z łańcuchem węglowym łączącym się z pierścieniem aromatycznym, np. fenylometanol.

Alkohol aromatyczny



fenylometanol
(alkohol benzylowy)

Model grupy hydroksylowej



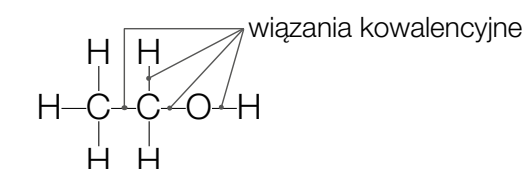
Fenole
→ patrz s. 42

Budowa alkoholi monohydroksylowych

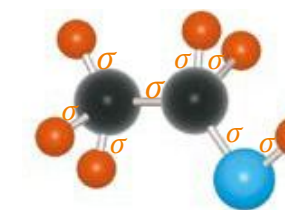
Alkohole monohydroksylowe to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach grupę hydroksylową —OH połączoną z atomem węgla nienależącym do pierścienia aromatycznego. Grupa hydroksylowa jest **grupą funkcyjną**.

W cząsteczkach alkoholi monohydroksylowych grupa hydroksylowa połączona jest z **grupą węglowodorową**. Jeśli grupa hydroksylowa łączy się z atomem węgla należącym do pierścienia aromatycznego, to mamy do czynienia z cząsteczką związku chemicznego należącego do fenoli.

W cząsteczkach alkoholi atomy węgla łączą się ze sobą, z atomami wodoru i z atomami tlenu wiązaniami kowalencyjnymi:



wzór strukturalny etanolu



model cząsteczki etanolu

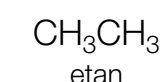
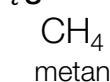
Modele atomów:
● wodoru ● węgla
● tlenu

Każdy atom węgla tworzy cztery wiązania (jest czterowartościowy), a każdy atom wodoru – jedno (jest jednowartościowy). Atom tlenu w grupie hydroksylowej jest dwuwartościowy – tworzy dwa wiązania: jedno z atomem węgla, a drugie – z atomem wodoru. **Wiązania pojedyncze w cząsteczkach alkoholi monohydroksylowych są wiązaniami typu σ .**

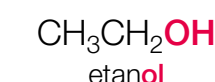
Nazewnictwo alkoholi monohydroksylowych

Nazwy **systematyczne** alkoholi monohydroksylowych tworzy się, dodając do nazwy węglowodoru końcówkę „-ol”:

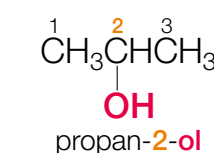
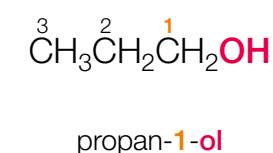
węglowodor



alkohol



W przypadku alkoholi monohydroksylowych pochodzących od propanu i kolejnych alkanów należy określić położenie grupy hydroksylowej za pomocą lokantu. W nazwie alkoholi **lokant** podaje się w nazwie przed końcówką „-ol” i oddziela od niej oraz od początkowej części nazwy kreskami, np.:



Grupa metylenowa
—CH₂—

■ Szereg homologiczny nasyconych nierozgałęzionych alkoholi monohydroksylowych

W szeregu homologicznym nierozgałęzione alkohole monohydroksylowe są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 2.). Pierwszy w szeregu homologicznym alkoholi monohydroksylowych jest metanol. Każdy kolejny związek chemiczny w tym szeregu ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru (jedną grupę —CH₂—) więcej niż poprzedni.

Tabela 2. Szereg homologiczny nasyconych nierozgałęzionych alkoholi monohydroksylowych do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa*	Wzór				
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy	szkieletowy
1	metanol (alkohol metylowy)	CH ₄ O		CH ₃ —OH	CH ₃ OH	
2	etanol (alkohol etylowy)	C ₂ H ₆ O		CH ₃ —CH ₂ —OH	CH ₃ CH ₂ OH	
3	propan-1-ol (alkohol propylowy)	C ₃ H ₈ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₂ OH	
4	butan-1-ol (alkohol butylowy)	C ₄ H ₁₀ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	
5	pentan-1-ol (alkohol pentylowy)	C ₅ H ₁₂ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₄ OH	
6	heksan-1-ol (alkohol heksylowy)	C ₆ H ₁₄ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₅ OH	
7	heptan-1-ol (alkohol heptylowy)	C ₇ H ₁₆ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₆ OH	
8	oktan-1-ol (alkohol oktylowy)	C ₈ H ₁₈ O		CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH	CH ₃ (CH ₂) ₇ OH	

* W tabeli 2. pogrubiono nazwy zalecane przez IUPAC (ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry*).

■ Wzór ogólny nasyconych alkoholi monohydroksylowych

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego nasyconych alkoholi monohydroksylowych (tabela 2.) można wyprowadzić ich wzór ogólny:

R—OH

 lub

C_nH_{2n+1}OH

gdzie:
—R to grupa węglowodorowa (alkilowa),
n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkoholu monohydroksylowego; *n* ≥ 1,
—OH to grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Przykład 1.

Plan rozwiązywania

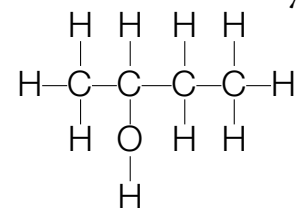
- 1 Napisz wzór ogólny alkoholi monohydroksylowych.
- 2 Określ wartość liczby n .
- 3 Podstaw wartość liczby n do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru w grupie alkilowej.
- 4 Napisz wzór sumaryczny alkoholu.
- 5 Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy alkoholu na podstawie jego wzoru sumarycznego.

Jak ustalić wzory nasyconego alkoholu monohydroksylowego na podstawie jego nazwy?

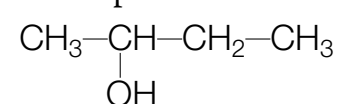
Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy butan-2-olu.

- 1 $C_nH_{2n+1}OH$
- 2 Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce alkoholu monohydroksylowego. Butan-2-ol jest pochodną butanu, czyli węglowodoru o 4 atomach węgla w cząsteczce, więc $n = 4$.
- 3 $C_4H_{(2 \cdot 4) + 1}OH$
 C_4H_9OH
- 4 Wzór sumaryczny: $C_4H_{10}O$
- 5 W cząsteczce alkoholu monohydroksylowego występuje jedna grupa hydroksylowa. Jej położenie określa lokant w nazwie związku chemicznego, więc w butan-2-olu grupa hydroksylowa będzie położona przy drugim atomie węgla.

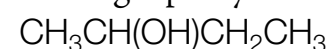
Wzór strukturalny:



Wzór półstrukturalny:



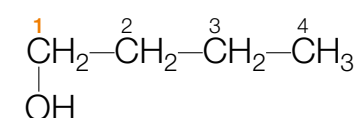
Wzór grupowy:



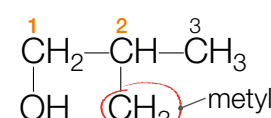
■ Izomery alkoholi monohydroksylowych

Alkohole monohydroksylowe tworzą izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe** oraz **izomery położenia grupy funkcyjnej**.

Alkoholem monohydroksylowym, który tworzy **izomery szkieletowe**, jest np. alkohol o wzorze sumarycznym $C_4H_{10}O$:

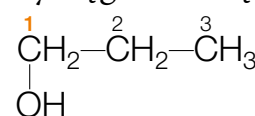


butan-1-ol

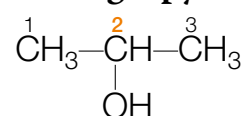


2-metylopropan-1-ol

Alkohole monohydroksylowe o łańcuchach węglowych dłuższych niż dwa atomy węgla tworzą **izomery położenia grupy funkcyjnej**, np.:



propan-1-ol

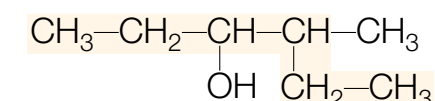


propan-2-ol

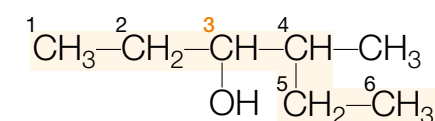
! W nazwie etanolu nie określa się położenia grupy hydroksylowej, ponieważ zawsze będzie ona połączona z pierwszym atomem węgla.

■ Nazwy alkoholi monohydroksylowych o rozgałęzionych łańcuchach węglowych

Tworzenie nazw alkoholi monohydroksylowych o rozgałęzionych łańcuchach węglowych **rozpoczyna się od znalezienia najdłuższego łańcucha węglowego** (łańcucha głównego), np.:



Następnie należy ponumerować atomy węgla w cząsteczce tak, aby lokant atomu węgla połączanego z grupą hydroksylową był jak najmniejszy. **Grupa hydroksylowa jest nadrzędna wobec innych podstawników węglowodorowych**, które również uwzględnia się w nazwie, np.:



4-metyloheksan-3-ol

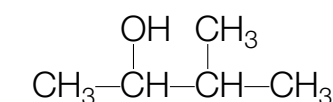
Przykład 2.

Plan rozwiązywania

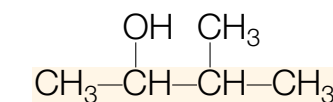
- 1 Znajdź i zaznacz najdłuższy łańcuch węglowy.
- 2 Ponumeruj atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym.
- 3 Zaznacz podstawniki i ustal ich nazwy.
- 4 Napisz odpowiedź.

Jak ustalić nazwę alkoholu monohydroksylowego na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

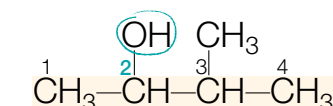
Podaj nazwę systematyczną alkoholu monohydroksylowego o wzorze półstrukturalnym:



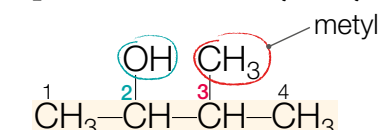
- 1 Najdłuższy łańcuch węglowy składa się z czterech atomów węgla.



- 2 Atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym należy ponumerować tak, aby lokant atomu węgla połączanego z grupą hydroksylową był jak najmniejszy.



- 3 W cząsteczce alkoholu monohydroksylowego występuje jeden podstawnik metylowy.



- 4 Nazwa systematyczna tego alkoholu to **3-metylobutan-2-ol**.

Szereg homologiczny alkoholi monohydroksylowych
→ patrz s. 22

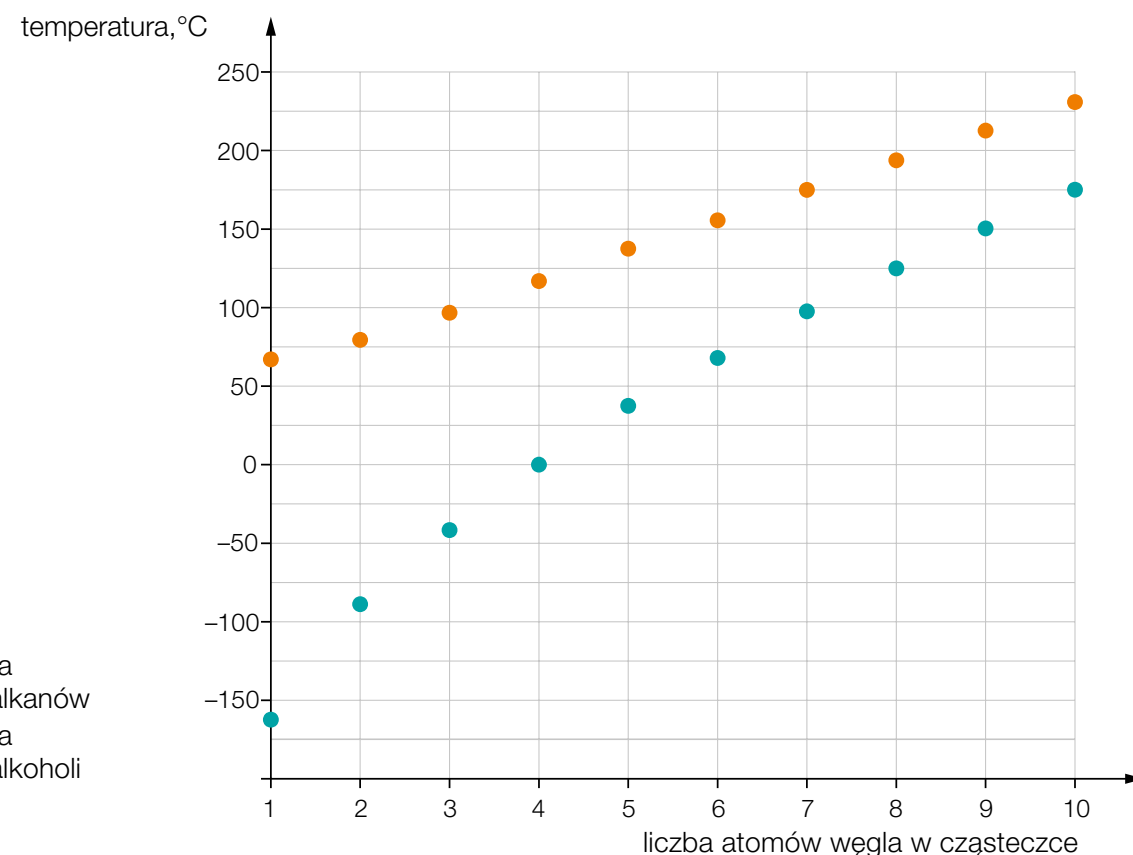
Zmiana właściwości fizycznych alkoholi monohydroksylowych w szeregu homologicznym

Stan skupienia wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach nierozgałęzionych alkoholi monohydroksylowych zmienia się od ciekłego do substancji stałej (rys. 2.).



Rys. 2. Zależność między stanem skupienia alkoholi monohydroksylowych a liczbą atomów węgla w ich cząsteczkach.

Temperatura wrzenia alkoholi monohydroksylowych wzrasta wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w ich cząsteczkach (rys. 3.).



● temperatury wrzenia nierozgałęzionych alkanów
● temperatury wrzenia nierozgałęzionych alkoholi

Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

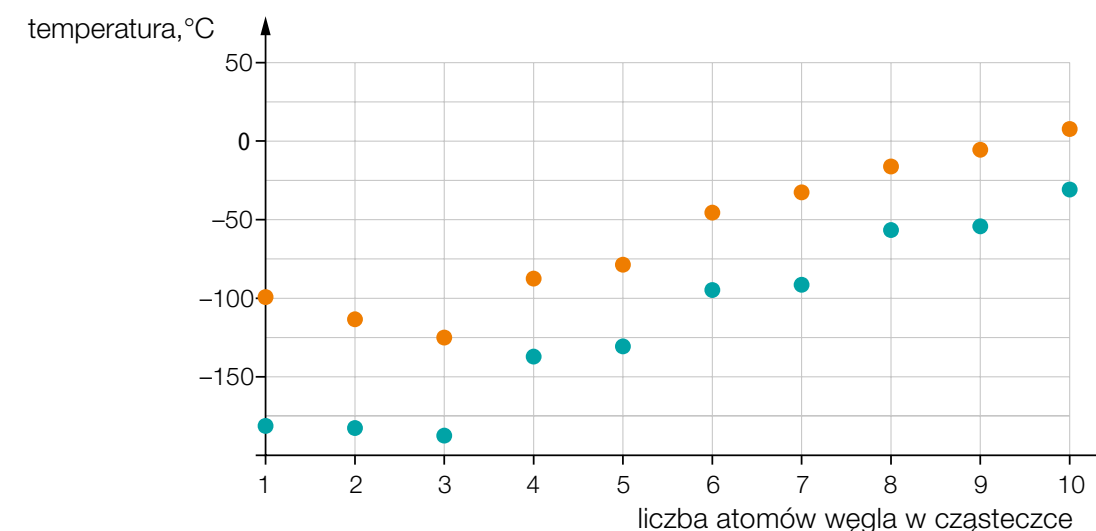
Rys. 3. Porównanie zależności temperatur wrzenia od liczby atomów węgla w cząsteczkach nierozgałęzionych alkanów i alkoholi (temperatury wrzenia zmierzone pod ciśnieniem $p = 1013$ hPa).

Im wyższa jest temperatura wrzenia nierozgałęzionego alkoholu monohydroksylowego, tym ma on mniejszą lotność (fot. 4.), czyli tym trudniej zmienia stan skupienia z ciekłego na gazowy.

Fot. 4. Etanol jest cieczą bardziej lotną od wody, dlatego odparował z bibuły szybciej niż woda.



Temperatura topnienia alkoholi monohydroksylowych obniża się wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w ich cząsteczkach w przypadku trzech pierwszych alkoholi monohydroksylowych, a w przypadku kolejnych – wzrasta (rys. 4.).



● temperatury topnienia nierozgałęzionych alkanów
● temperatury topnienia nierozgałęzionych alkoholi

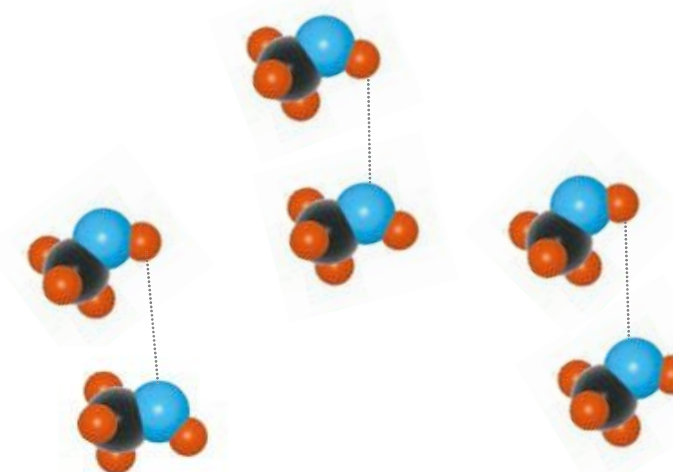
Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Rys. 4. Porównanie zależności temperatur topnienia od liczby atomów węgla w cząsteczkach nierozgałęzionych alkanów i alkoholi (temperatury topnienia zmierzone pod ciśnieniem $p = 1013$ hPa).

Alkohole mają wyższe wartości temperatur topnienia i wrzenia niż alkan o zbliżonej masie cząsteczkowej. Jest to spowodowane występowaniem **wiązań wodorowych** między cząsteczkami alkoholi. Atom wodoru grupy hydroksylowej jednej cząsteczki oddziałuje z atomem tlenu grupy hydroksylowej drugiej cząsteczki (rys. 5.). W ten sposób cząsteczki alkoholi ulegają **asocjacji**. W efekcie alkohole są mniej lotne niż alkan o zbliżonych masach cząsteczkowych.

Wiązania wodorowe są przykładem m.in. oddziaływań międzycząsteczkowych.

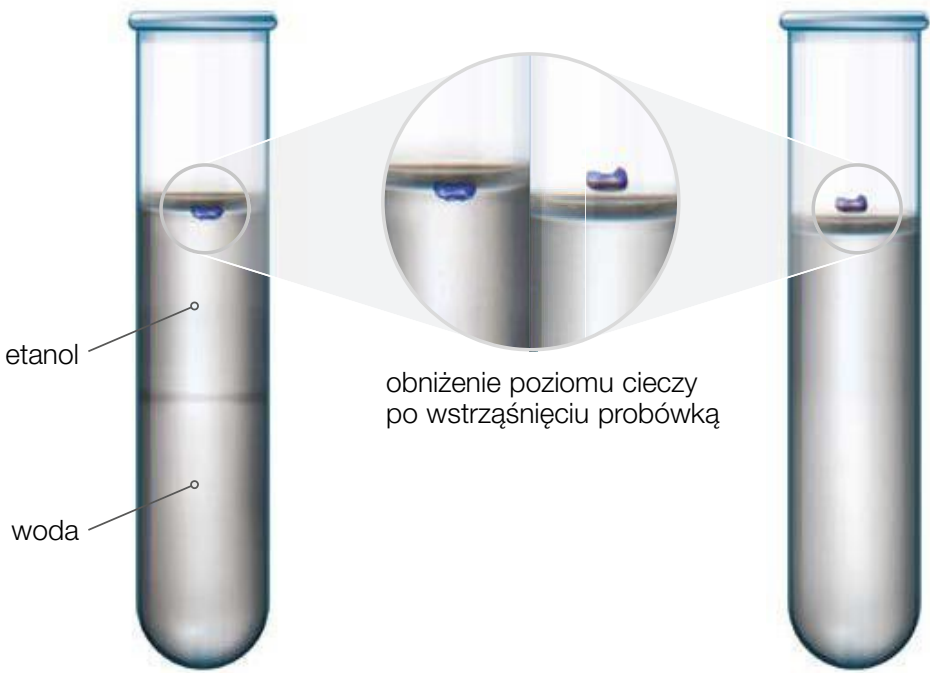
Asocjacja to łączenie się cząsteczek w większe zespoły.



Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

Rys. 5. Model wiązania, które powstaje między cząsteczkami metanolu. Wiązanie wodorowe oznacza się linią kropkowaną.

Pierwsze w szeregu homologicznym alkohole monohydroksylowe to **bezbarwne substancje o gęstości mniejszej od gęstości wody**, które **dobrze rozpuszczają się w wodzie**. Podczas mieszania etanolu z wodą powstają wiązania wodorowe między cząsteczkami tych związków chemicznych. Powoduje to zmniejszenie odległości między cząsteczkami etanolu i wody. Skutkiem tego jest zjawisko kontrakcji (fot. 5.). Powstaje roztwór o objętości mniejszej niż suma objętości wody i etanolu.



Fot. 5. Podczas mieszania etanolu z wodą zachodzi zjawisko kontrakcji, czyli zmiana objętości roztworu.

► **Fakty czy mity**

Mieszanie środków dezynfekcyjnych może być niebezpieczne dla zdrowia – FAKT

Środki dezynfekcyjne odgrywają ważną rolę w utrzymaniu czystości (fot. 6.), ale używanie jednocześnie różnych preparatów może prowadzić do otrzymania substancji niebezpiecznych dla zdrowia. W wyniku zmieszania wybielacza (którego głównym składnikiem jest chloran(II) sodu) ze środkiem do dezynfekcji rąk (zawierającym etanol) powstaje m.in. trichlorometan, czyli **chloroform**.

Osoba, która podczas dezynfekowania czegoś będzie go wdychać, może stracić przytomność.

❗ Chloroform to lotna, bezbarwna ciecz, która działa drażniaco na skórę, oczy i układ oddechowy.

Fot. 6. Środki dezynfekcyjne zawsze należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i przy zachowaniu zaleceń z opakowania.

■ **Wpływ kształtu łańcucha na właściwości alkoholi monohydroksylowych**

Im bardziej rozgałęziona jest cząsteczka izomeru danego alkoholu, tym niższa jest jego temperatura wrzenia. Dzieje się tak, ponieważ im większa jest liczba rozgałęzień w cząsteczce o tej samej liczbie atomów węgla, tym słabiej oddziałuje ona z innymi cząsteczkami tego alkoholu. Zależność między stopniem rozgałęzienia izomerycznych cząsteczek alkoholi a ich temperaturami wrzenia (tabela 3.) jest podobna jak w przypadku węglowodorów.

Tabela 3. Temperatury topnienia i wrzenia izomerów alkoholi monohydroksylowych o 4 atomach węgla w cząsteczce (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa alkoholu	Wzór alkoholu	Temperatura	
			topnienia, °C	wrzenia, °C
4	butan-1-ol	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	−89	118
4	butan-2-ol	$\text{CH}_3\text{—CH(OH)—CH}_2\text{—CH}_3$	−96	100
4	2-metylopropan-1-ol	$\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—CH}_2\text{—OH}$	−108	108
4	2-metylopropan-2-ol	$\text{CH}_3\text{—C(OH)(CH}_3\text{)—CH}_3$	26	82

Na podstawie W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

► **Chemia w akcji**

Stężenie etanolu w winie zależy od zawartości cukru w owocach, z których jest ono zrobione. Nie przekracza jednak nigdy 14 %, ponieważ powyżej tego stężenia giną drożdże (fot. 7.).

Woda wlana do rurki fermentacyjnej odcina dopływ tlenu (z powietrza) do wina, dzięki czemu zapewnia beztlenowe warunki fermentacji, a jednocześnie umożliwia wydostanie się z naczynia powstającego CO₂.

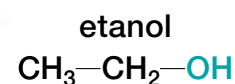
Fot. 7. Drożdże dodawane do soku wyciśniętego z owoców wytwarzają enzym, który katalizuje fermentację.

Wpływ etanolu na organizm ludzki

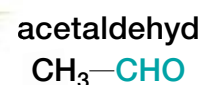
Etanol po spożyciu szybko wchłania się z żołądka i jelita cienkiego do krwi. Proces metabolizmu etanolu znacznie zwiększa zużycie przez organizm tlenu. Powoduje to niedotlenienie komórek wątroby i innych organów, a w efekcie zaburza pracę całego organizmu. **Nadmierne spożywanie alkoholu jest przyczyną wielu chorób i wyniszcza organizm.**

► Jak przebiega metabolizm etanolu?

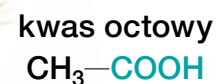
Metabolizm etanolu to **proces obejmujący wieloetapowe utlenianie**, którego pierwszym produktem jest acetaldehyd.



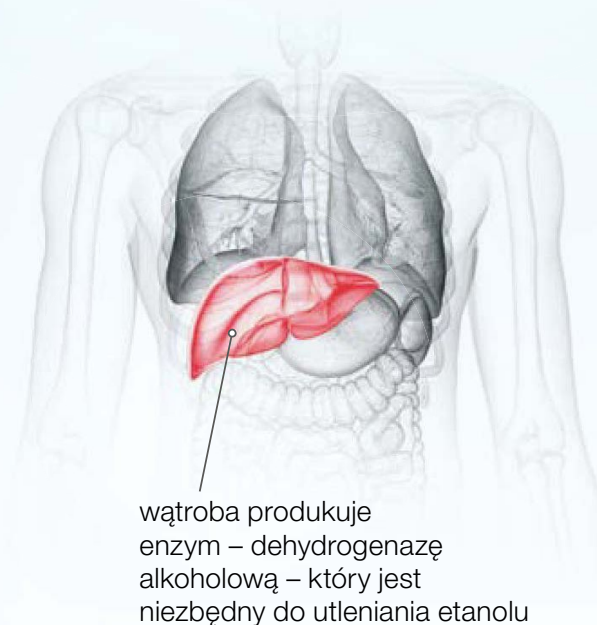
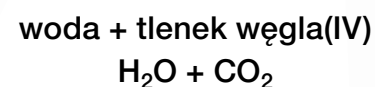
etanol jest utleniany do acetaldehydu



acetaldehyd jest utleniany do kwasu octowego



kwas octowy jest utleniany do wody i tlenku węgla(IV)

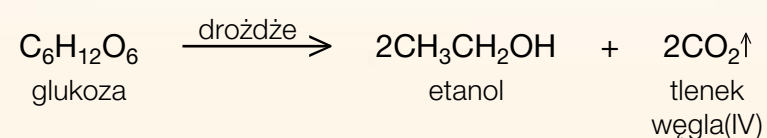


! Każda ilość etanolu działa toksycznie na rozwijający się organizm, dlatego dzieciom, młodzieży i kobietom w ciąży zabrania się picia alkoholu.

◀ Etanol można otrzymać np. z pszenicy.

► Jak można otrzymać etanol do celów spożywczych?

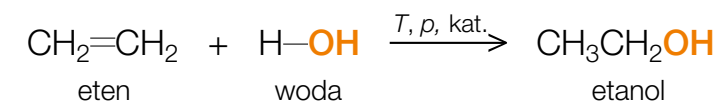
Etanol do celów spożywczych można otrzymać metodą fermentacji cukru znajdującego się m.in. w burakach cukrowych albo ziemniakach. Zawarte w nich sacharoza oraz skrobia reagują z wodą, w wyniku czego powstaje glukoza, która następnie ulega fermentacji alkoholowej:



■ Otrzymywanie alkoholi monohydroksylowych

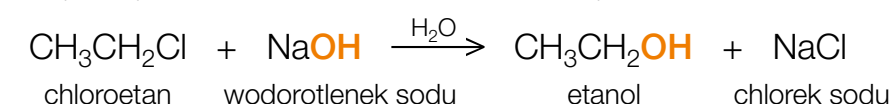
Alkohole monohydroksylowe można otrzymać w reakcjach poznanych w części 2. podręcznika *NOWA To jest chemia*. Związki te można otrzymać w wyniku:

► **reakcji addycji** (przyłączenia) cząsteczki wody do cząsteczek alkenów w obecności katalizatora, np. kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 :



addycja

► **reakcji substytucji** (podstawiania) atomów fluorowców w cząsteczkach fluorowcopochodnych węglowodorów grupami hydroksylowymi —OH w środowisku wodnym:



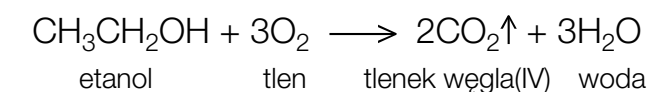
substytucja

■ Reakcje alkoholi monohydroksylowych

Alkohole monohydroksylowe ulegają m.in. reakcjom spalania **całkowitego** (przy **nieograniczonym dostępie tlenu**) i reakcjom spalania **niecałkowitego** (przy **ograniczonym dostępie tlenu**):

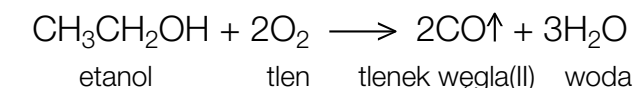


Reakcja spalania całkowitego etanolu zachodzi zgodnie z równaniem:

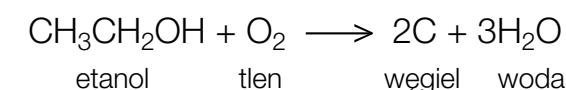


spalanie całkowite

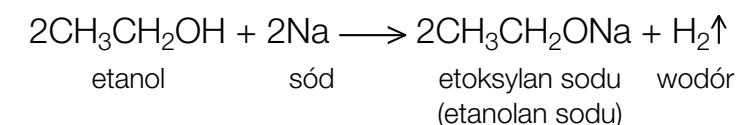
Przy ograniczonym dostępie tlenu z powietrza reakcje spalania etanolu mogą przebiegać następująco:



spalanie niecałkowite



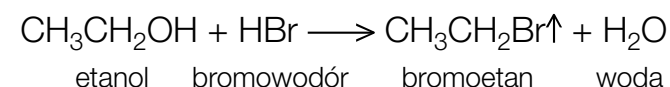
Alkohole monohydroksylowe **reagują z metalami aktywnymi**. Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest alkoholany (związek o charakterze soli). Etanol reaguje z sodem zgodnie z równaniem:



Przykłady
fluorowcowodorów:

- ▶ HCl,
- ▶ HBr,
- ▶ HI.

Alkohole monohydroksylowe reagują również z fluorowcowodorami. W przypadku reakcji etanolu z bromowodorem jednym z produktów jest bromopochodna węglowodoru:

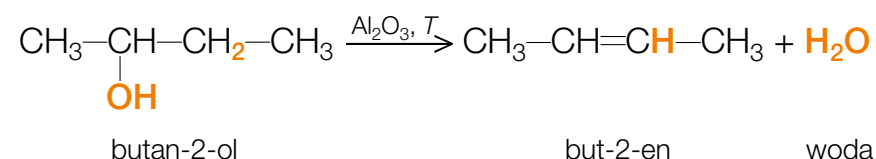


Podczas ogrzewania alkoholi zawierających przynajmniej dwa atomy węgla w cząsteczce w obecności środków odwadniających (np. stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4) dochodzi do odłączenia cząsteczki wody od cząsteczki alkoholu. Ta reakcja chemiczna nazywa się **dehydratacją**. Jest ona przykładem **reakcji eliminacji**.

Reakcja eliminacji

Reakcja eliminacji **polega na odłączeniu od cząsteczki związku chemicznego pojedynczych atomów lub grup atomów. W wyniku tego między atomami węgla powstaje wiązanie wielokrotne.**

W reakcji eliminacji alkoholi otrzymuje się alken oraz wodę. Jako produkt główny powstaje ten alken, którego cząsteczka tworzy się przez odłączenie grupy hydroksylowej i atomu wodoru połączonego z sąsiednim atomem węgla (tym, który jest połączony z mniejszą liczbą atomów wodoru), np.:



Alkohole reagują też z kwasami karboksylowymi i ulegają reakcjom utleniania (patrz s. 83 i s. 110).

Produkt główny
to produkt powstający w reakcji chemicznej w największej ilości.

eliminacja

Jest na to sposób!

Jak rozpoznać dany typ reakcji chemicznej?

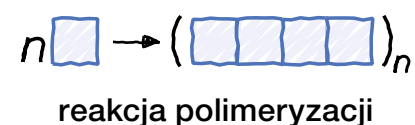
przyłączenie atomów jednej cząsteczki do atomów drugiej cząsteczki



atom (lub grupa atomów) jednego związku **zastępuje** atom (lub grupę atomów) drugiego związku



łączenie wielu cząsteczek w jedną dużą cząsteczkę



odłączenie atomu (lub grupy atomów) od cząsteczki



Zastosowania alkoholi monohydroksylowych

Alkohole monohydroksylowe wykorzystuje się do produkcji wielu artykułów, np. środków dezynfekujących, kosmetyków oraz rozpuszczalników chemicznych.



przemysł
petrochemiczny



medycyna



przemysł
kosmetyczny

Przemysł petrochemiczny

Metanol jest używany jako **paliwo do motocykli żużlowych**. Z kolei etanol jest antydetonatorem i dodany do benzyny podwyższa jej liczbę oktanową (LO).



Medycyna

Etanol oraz propan-2-ol stosuje się do produkcji sprayów oraz **chusteczek odkażających**. Należy pamiętać, żeby nie korzystać z nich, gdy się ma podrażnioną skórę.

Przemysł kosmetyczny

Mentol to składnik płynów kosmetycznych, kremów oraz **produktów do higieny jamy ustnej**. Nadaje im miętowy smak i zapach, działa kojąco oraz wywołuje uczucie chłodu.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Biopaliwa to ekologiczna alternatywa paliw kopalnych. Otrzymuje się je w procesie przeróbki biomasy, pozyskanej np. z odpadów z produkcji rolnej czy leśnej. Przykładem jest bioetanol, który wytwarza się m.in. z trzciny cukrowej i buraków. Zastępowanie paliw kopalnych bioetanolem ogranicza emisję gazów cieplarnianych, ponieważ w wyniku spalania bioetanolu powstaje znacznie mniej tlenku węgla(IV) niż w wyniku spalania paliw kopalnych.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie są rodzaje biopaliw?



Ważne w temacie **Alkohole monohydroksylowe**

1. Zapisuję nazwy alkoholi monohydroksylowych na podstawie ich wzorów. Na przykład:

- wzór:

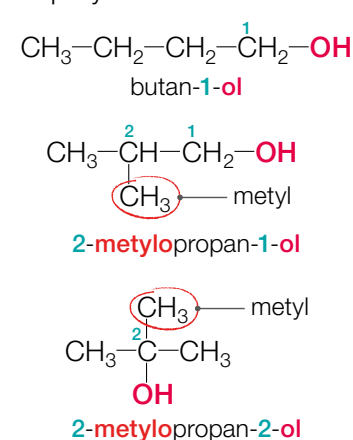
$$\text{CH}_3-\overset{2}{\underset{\text{OH}}{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$$
- nazwa: butan-2-ol

2. Rysuję wzory alkoholi monohydroksylowych na podstawie ich nazw. Na przykład:

- nazwa: pentan-3-ol
- wzór:

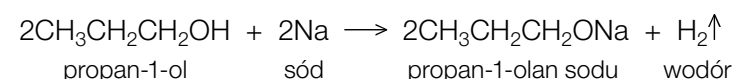
$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{3}{\underset{\text{OH}}{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$$

3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych alkoholi monohydroksylowych. Na przykład:

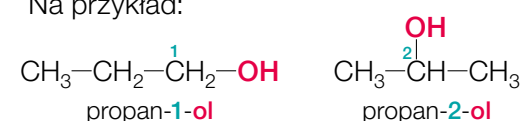


5. Zapisuję równania reakcji, którym ulegają alkohole monohydroksylowe.

Na przykład równanie reakcji propan-1-olu z sodem:



4. Rozpoznaję wzory izomerów położenia grupy funkcyjnej alkoholi monohydroksylowych. Na przykład:



Alkohole monohydroksylowe

Zapamiętaj!

Alkohole monohydroksylowe – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach jedną grupę hydroksylową —OH połączoną z atomem węgla nienależącym do pierścienia aromatycznego.

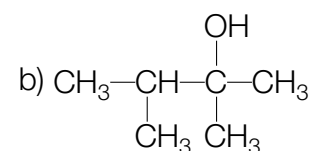
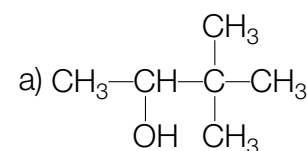
Grupa hydroksylowa – grupa funkcyjna alkoholi; o wzorze —OH.

Reakcja eliminacji – polega na odłączeniu od cząsteczki związku chemicznego pojedynczych atomów lub grup atomów. W wyniku tego między atomami węgla powstaje wiązanie wielokrotne.

Zadania

ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

1. Napisz nazwy systematyczne i określ rzędowość alkoholi monohydroksylowych o podanych wzorach półstrukturalnych.



2. Narysuj wzory półstrukturalne i określ rzędowość alkoholi monohydroksylowych o podanych nazwach.

a) pentan-2-ol

b) 2-metyloheksan-2-ol

3. Napisz równania reakcji chemicznych i nazwy produktów związków organicznych, jakie powstaną w reakcji propan-1-olu z:

a) sodem,

b) chlorowodorem w obecności H_2SO_4 .

4. Wskaż równanie przedstawiające reakcję eliminacji wody.

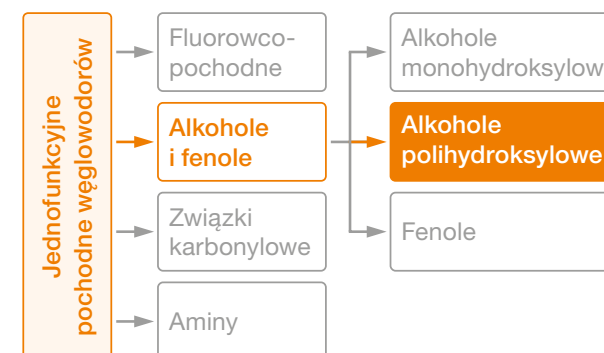


3

Alkohole polihydroksylowe

Ważne w tym temacie:

- pojęcie alkohole polihydroksylowe
- budowa alkoholi polihydroksylowych
- zapisywanie wzorów i nazw alkoholi polihydroksylowych
- izomery konstytucyjne alkoholi polihydroksylowych
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają alkohole polihydroksylowe
- odróżnianie alkoholi monohydroksylowych od alkoholi polihydroksylowych



Fot. 8. Gliceryna ze względu na właściwości higroskopijne jest często składnikiem kremów nawilżających do rąk.

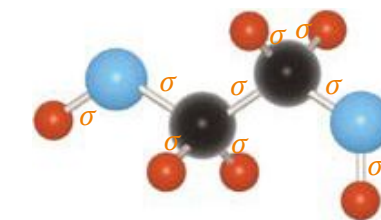
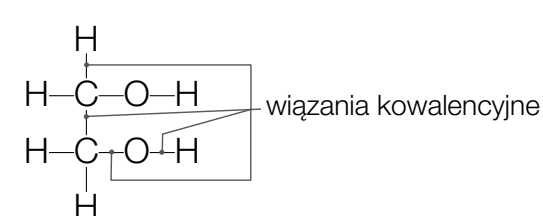
Jeśli na opakowaniu produktu znajduje się informacja, że nie zawiera on alkoholu, możemy być pewni, że nie ma w nim etanolu. Jednak termin „alkohol” odnosi się nie tylko do tego jednego związku chemicznego. Gliceryna, występująca w wielu kosmetykach (fot. 8.), jest przykładem **alkoholu polihydroksylowego**.

Budowa alkoholi polihydroksylowych

Alkohole polihydroksylowe to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które w swoich cząsteczkach zawierają co najmniej dwie grupy hydroksylowe —OH połączone z atomem lub atomami węgla nienależącymi do pierścienia aromatycznego**.

! Alkohole polihydroksylowe zalicza się do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów, ponieważ zawierają w cząsteczkach grupę funkcyjną jednego rodzaju.

Atomy węgla łączą się ze sobą, z atomami wodoru i z atomami tlenu wiązaniami kowalencyjnymi. Ten rodzaj wiązania występuje również między atomami tlenu i wodoru:



Modele atomów: ● wodoru ● węgla ● tlenu

Wiązania pojedyncze w cząsteczkach alkoholi polihydroksylowych są wiązaniami typu σ .

Nazewnictwo alkoholi polihydroksylowych

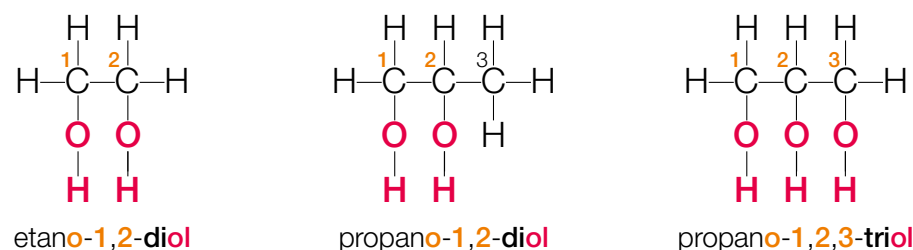
Nazwy **systematyczne** alkoholi polihydroksylowych tworzy się, dodając łącznik „-o-” do nazwy węglowodoru o tej samej liczbie atomów węgla w łańcuchu głównym. Następnie należy podać **lokanty** grup hydroksylowych, ich liczbę: „**di-**” (dwa), „**tri-**” (trzy) itd., a na końcu nazwy dopisać końcówkę „-ol”, np.:

Model cząsteczki propano-1,2,3-triolu



glicerol (gliceryna)

Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

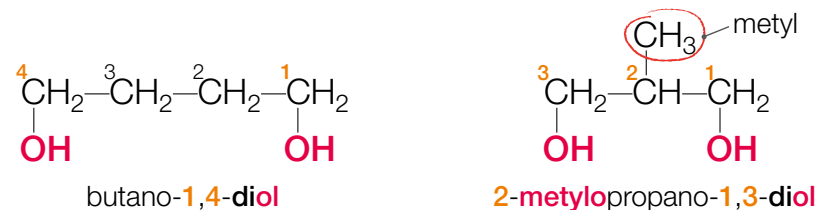


Propano-1,2,3-triol jest powszechnie znany pod nazwą glicerol (gliceryna).

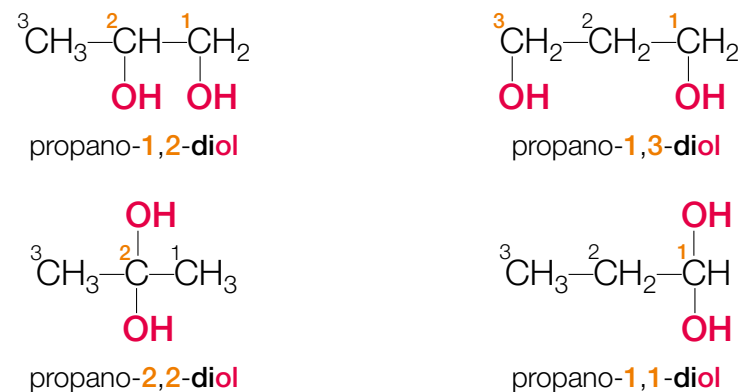
Izomery alkoholi polihydroksylowych

Alkohole polihydroksylowe, podobnie jak alkohole monohydroksylowe, mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe** i **izomery położenia grupy funkcyjnej**.

Alkoholem polihydroksylowym, który tworzy **izomery szkieletowe**, jest np. alkohol o wzorze sumarycznym $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$:



Alkoholem polihydroksylowym, który tworzy **izomery położenia grupy funkcyjnej**, jest np. alkohol o wzorze sumarycznym $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$:



Chemia w akcji

Ksylitol to alkohol polihydroksylowy o słodkim smaku. Dzięki temu jest stosowany jako substancja słodząca w przemyśle spożywczym. Dodaje się go m.in. do gum do żucia (fot. 9.), cukierków i żywności dla diabetyków.

Fot. 9. Za chłód na końcu języka podczas żucia gumy odpowiada ksylitol.

Wpływ liczby grup hydroksylowych na właściwości alkoholi

Obecność wielu grup hydroksylowych w cząsteczce alkoholu polihydroksylowego sprawia, że między jego cząsteczkami tworzy się bardziej rozbudowana sieć wiązań wodorowych. Dzięki temu cząsteczki alkoholi są ze sobą silniej związane. Wpływa to na ich właściwości fizyczne.

Temperatury topnienia i wrzenia alkoholi polihydroksylowych są wyższe niż alkoholi monohydroksylowych o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce. Konsekwencją jest mniejsza lotność alkoholi polihydroksylowych w porównaniu z analogicznymi alkoholami monohydroksylowymi. Podobnie jest w przypadku porównania gęstości alkoholi poli- i monohydroksylowych. Etano-1,2-diol i propano-1,2,3-triol to ciecze o większej gęstości niż etanol i propan-1-ol (tabela 4.).



Etano-1,2-diol jest substancją drażniącą.

Alkohole polihydroksylowe bardzo dobrze rozpuszczają się w wodzie (fot. 10.).

Tabela 4. Porównanie właściwości fizycznych wybranych alkoholi mono- i polihydroksylowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Nazwa alkoholu		etanol	etano-1,2-diol	propan-1-ol	propano-1,2,3-triol
Wzór		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$
Gęstość (25 °C), g/cm ³		0,785	1,110	0,780	1,258
Temperatura	topnienia, °C	-114	-12	-126	18
	wrzenia, °C	78	197	98	290

Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Chemia w akcji

Płyn do baniek mydlanych ma sekretny składnik, dzięki któremu można uzyskać bańki gigantycznych rozmiarów (fot. 11.). Jest nim **gliceryna**. Żeby przyrządzić płyn do baniek, trzeba mieszać glicerynę, płyn do mycia naczyń i wodę destylowaną w proporcji 1 : 10 : 100.

Fot. 11. Dzięki glicerynie bańki są sprężyste i trwałe.



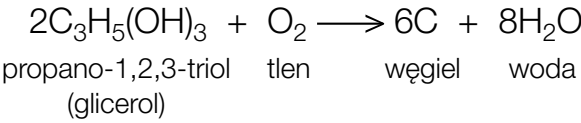
Fot. 10. Etano-1,2-diol (glikol etylenowy) ze względu na swoje właściwości fizyczne jest składnikiem płynu do chłodnic samochodowych.



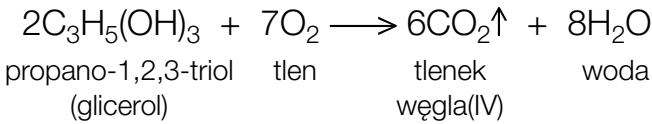
Reakcje alkoholi polihydroksylowych

Alkohole polihydroksylowe, podobnie jak alkohole monohydroksylowe, ulegają **reakcjom spalania całkowitego i niecałkowitego**. Na przykład propano-1,2,3-triol ulega reakcjom spalania zgodnie z równaniami:

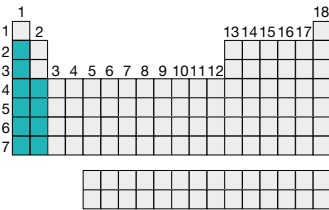
spalanie niecałkowite



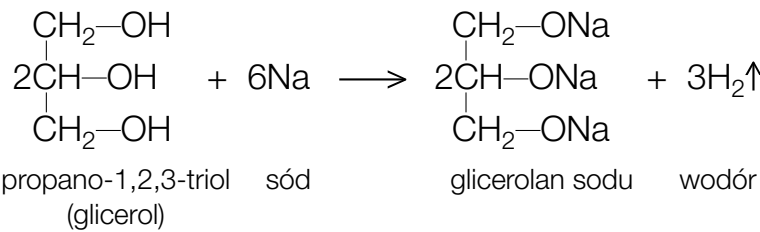
spalanie całkowite



Alkohole polihydroksylowe reagują z litowcami i niektórymi berylowcami



Alkohole polihydroksylowe **reagują** również z **metalami aktywnymi**. Propano-1,2,3-triol reaguje z sodem zgodnie z równaniem:



Dla alkoholi polihydroksylowych charakterystyczne są nie tylko reakcje z metalami aktywnymi, lecz także **reakcje wymiany grup hydroksylowych** na atomy fluorowca w reakcjach z fluorowcowodorami. Alkohole polihydroksylowe reagują podobnie jak alkohole monohydroksylowe (patrz s. 32).

Alkohole polihydroksylowe ulegają również reakcjom z kwasami nieorganicznymi i organicznymi – czyli reakcjom **estryfikacji** – w wyniku czego powstają estry.

Zestawienie omówionych właściwości chemicznych dla wybranych alkoholi monohydroksylowych i polihydroksylowych przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Porównanie właściwości chemicznych etanolu, etano-1,2-diolu i propano-1,2,3-triolu

Nazwa	Wzór	Palność	Reakcja z		
			metalami aktywnymi	fluorowcowodorami	kwasami
etanol	CH ₃ CH ₂ OH	palny	reaguje	reaguje	reaguje
etano-1,2-diol	C ₂ H ₄ (OH) ₂	palny	reaguje	reaguje	reaguje
propano-1,2,3-triol	C ₃ H ₅ (OH) ₃	palny	reaguje	reaguje	reaguje

Reakcja estryfikacji
→ patrz s. 111

Odróżnianie alkoholi polihydroksylowych od monohydroksylowych

Za pomocą doświadczenia 1. można zidentyfikować alkohole polihydroksylowe.

Doświadczenie 1.

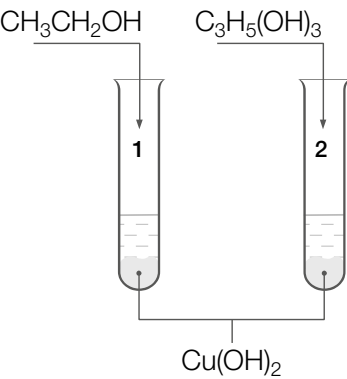


Odróżnianie alkoholi polihydroksylowych od monohydroksylowych

Odczynniki: roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, etanol, propano-1,2,3-triol (glicerol).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki do probówek.

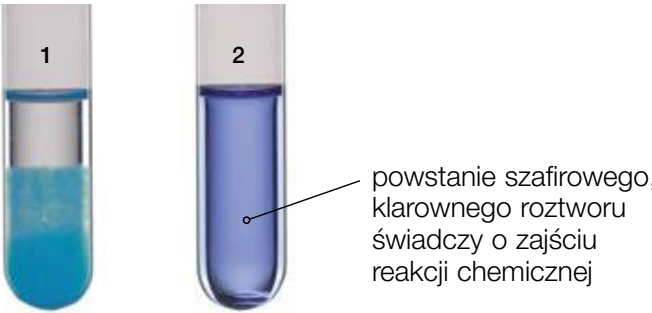
Instrukcja: Do dwóch probówek nalej po 2 cm³ roztworu siarczanu(VI) miedzi(II), a następnie dodaj do każdej z nich po ok. 2 cm³ roztworu wodorotlenku sodu. Dodawaj roztwór wodorotlenku sodu do momentu strącenia się osadu. Do tak otrzymanego galaretowatego osadu wodorotlenku miedzi(II) dodaj: do probówki 1. 2 cm³ etanolu, do probówki 2. – 2 cm³ propano-1,2,3-triolu (schemat). Zamknij probówki korkami i wstrząśnij ich zawartością.



Obserwacje:

- ▶ **Probówka 1.** Brak oznak reakcji chemicznej (fot. 12.).
- ▶ **Probówka 2.** Niebieski, galaretowaty osad zanika i powstaje szafirowy, klarowny roztwór (fot. 12.).

Klarowny roztwór jest przezroczysty i pozbawiony osadu.



Fot. 12. Badanie zachowania alkoholi monohydroksylowych (probówka 1.) i polihydroksylowych (probówka 2.) wobec wodorotlenku miedzi(II).

Wniosek: Etanol (alkohol monohydroksylowy) **nie reaguje** z wodorotlenkiem miedzi(II) (probówka 1.). **Propano-1,2,3-triol** (alkohol polihydroksylowy) **reaguje** z wodorotlenkiem miedzi(II) (probówka 2.).

! Reakcja ta jest **charakterystyczna dla alkoholi polihydroksylowych**, które zawierają grupy hydroksylowe przy sąsiednich atomach węgla.

Zastosowania alkoholi polihydroksylowych

Etano-1,2-diol jest składnikiem płynów wykorzystywanych m.in. w instalacjach grzewczych i klimatyzacyjnych. Propano-1,2,3-triolu (glicerolu) używa się w garbarstwie, czyli obróbce materiałów skórzanych.



przemysł
kosmetyczny



przemysł
chemiczny



medycyna

Przemysł kosmetyczny

Glicerol jest składnikiem niektórych **kremów** i maści. Konserwuje pozostałe składniki w kosmetyku, dzięki czemu umożliwia zachowanie jego konsystencji przez długi czas.

Przemysł chemiczny

Etano-1,2-diol jest używany jako rozpuszczalnik podczas produkcji **lakierów do drewna**, klejów i farb drukarskich.

Medycyna

Propano-1,2-diol to składnik **żeli łagodzących** ból podczas ząbkowania. Zapobiega on wysychaniu kremów i maści.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Gliceryna jest substancją higroskopijną, czyli zdolną do pochłaniania wilgoci z otoczenia, i bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie. Ze względu na te właściwości jest popularnym składnikiem wielu kosmetyków. Na potrzeby przemysłu kosmetycznego oraz farmaceutycznego glicerynę pozyskuje się z odnawialnych źródeł roślinnych, np. olejów palmowego, kokosowego i sojowego. Olej palmowy wytwarza się z owoców olejowca gwinejskiego.



Wyszukaj i zaprezentuj

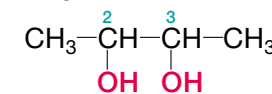
Jakie są inne metody pozyskiwania gliceryny?

Ważne w temacie Alkohole polihydroksylowe

1. Zapisuję nazwy alkoholi polihydroksylowych na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór:



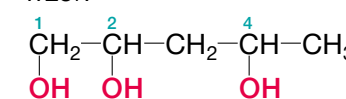
- nazwa: butano-**2,3-diol**

2. Rysuję wzory alkoholi polihydroksylowych na podstawie ich nazw.

Na przykład:

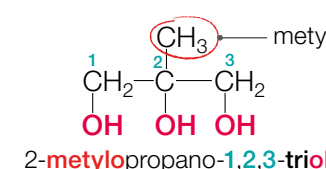
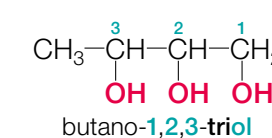
- nazwa: pentano-**1,2,4-triol**

- wzór:



3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych alkoholi polihydroksylowych.

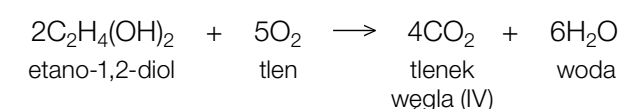
Na przykład:



Alkohole polihydroksylowe

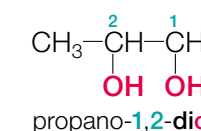
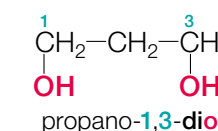
5. Zapisuję równania reakcji, którym ulegają alkohole polihydroksylowe.

Na przykład równanie reakcji spalania całkowitego etano-1,2-diolu:



4. Rozpoznaję wzory izomerów położenia grupy funkcyjnej alkoholi polihydroksylowych.

Na przykład:



Zapamiętaj!

Alkohole polihydroksylowe – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczce co najmniej dwie grupy hydroksylowe —OH połączone z atomem lub atomami węgla nienależącymi do pierścienia aromatycznego.

Zadania

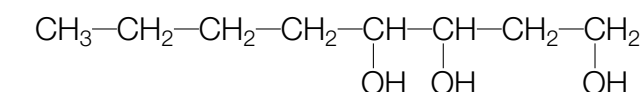


ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

1. Narysuj wzory półstrukturalne alkoholi polihydroksylowych o podanych nazwach.

- a) propano-1,3-diol b) butano-1,3-diol c) 3-metylopentano-1,3,5-triol

2. Napisz nazwę systematyczną alkoholu polihydroksylowego o podanym wzorze półstrukturalnym.



3. Wskaż zdania, które są prawdziwe.

- a) Alkohole polihydroksylowe mają wyższe temperatury wrzenia niż alkohole monohydroksylowe zawierające tyle samo atomów węgla w cząsteczce.
b) W reakcji charakterystycznej alkoholi polihydroksylowych osad wodorotlenku miedzi(II) roztwarza się w tym alkoholu i powstaje roztwór o barwie szafirowej.

4. Napisz i uzgodnij równania podanych reakcji chemicznych.

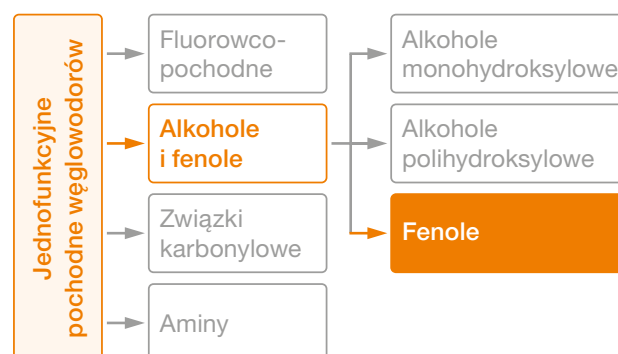
- a) reakcja etano-1,2-diolu z metalicznym sodem
b) reakcja spalania całkowitego etano-1,2-diolu

5. Oblicz skład procentowy najprostszego alkoholu polihydroksylowego. Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

4 Fenole

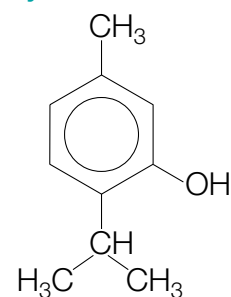
Ważne w tym temacie:

- pojęcie *fenole*
- budowa fenoli
- zapisywanie wzorów i nazw fenoli
- izomery konstytucyjne fenoli
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają fenole



Fot. 13. Tymol ma właściwości bakteriobójcze.

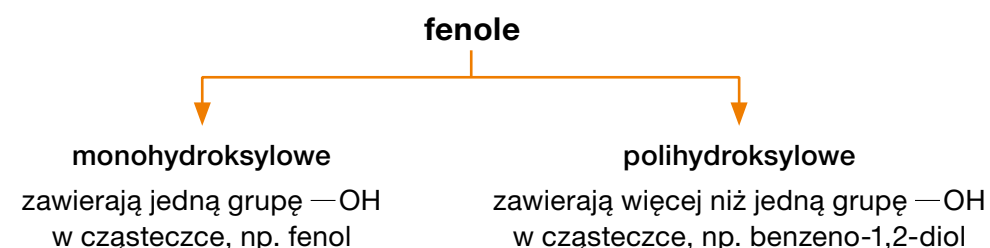
Tymol



Podział alkoholi
→ patrz s. 20

Podział fenoli

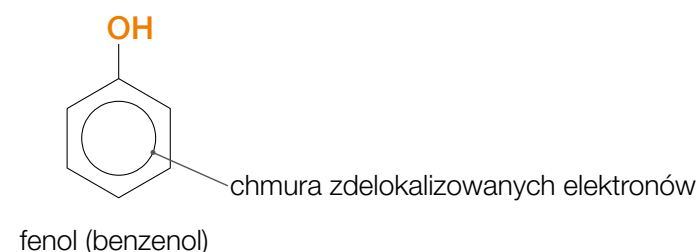
Fenole, podobnie jak alkohole, można podzielić ze względu na liczbę grup hydroksylowych:



Budowa fenoli

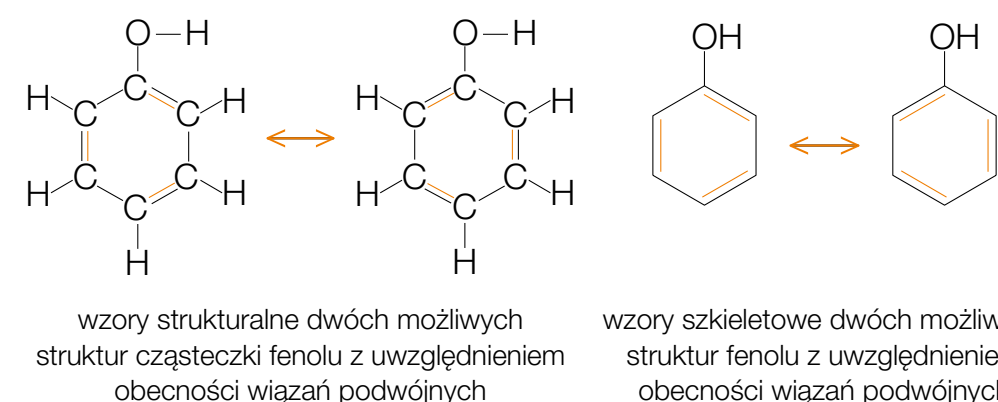
Fenole to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupę lub grupy hydroksylowe —OH bezpośrednio przyłączone do atomów węgla należących do pierścienia aromatycznego.**

Najprostszym przedstawicielem tej grupy związków jest fenol, który zawiera jedną grupę —OH w cząsteczce:



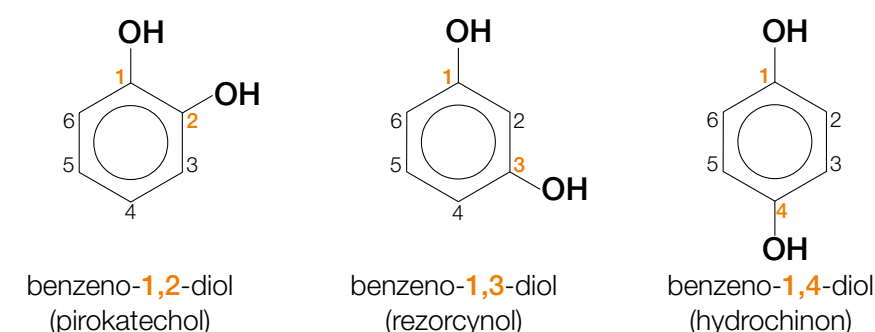
! **Okrąg** symbolizuje sześć elektronów równomiernie rozłożonych w pierścieniu aromatycznym.

Wzór cząsteczki fenolu można również przedstawić następująco:

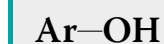


! Wiązania C—C w pierścieniu aromatycznym mają jednakową długość.

Najprostszymi przedstawicielami **fenoli polihydrosylowych** są benzeno-1,2-diol, benzeno-1,3-diol i benzeno-1,4-diol:



Wzór ogólny **fenoli monohydrosylowych** ma postać:



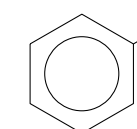
gdzie:

—Ar to grupa węglowodorowa (arylowa),

—OH to grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Grupa arylowa powstaje w wyniku oderwania atomu wodoru z pierścienia aromatycznego.

Przykład **grupy arylowej**: $\text{C}_6\text{H}_5\text{—}$

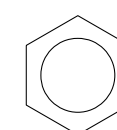


fenyl

Nazewnictwo fenoli monohydrosylowych

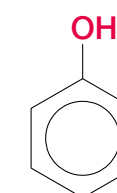
Nazwy **systematyczne** fenoli monohydrosylowych tworzy się tak samo jak nazwy alkoholi monohydrosylowych, czyli do nazwy odpowiedniego węglowodoru dodaje się końcówkę „-ol”, np.:

węglowodór



benzen

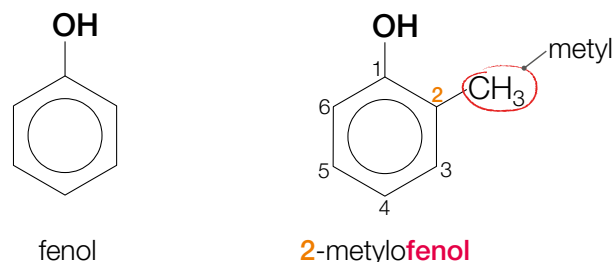
fenol



benzenol

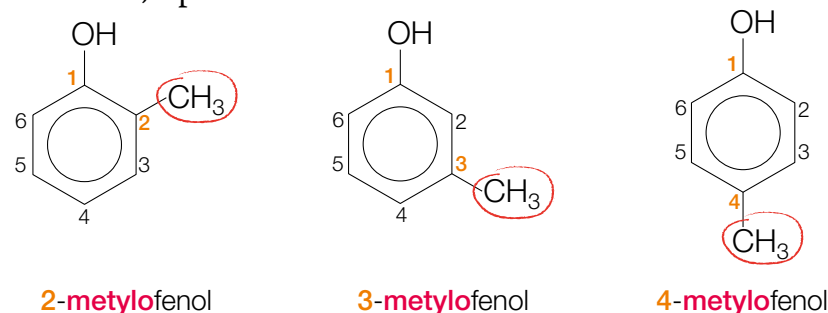
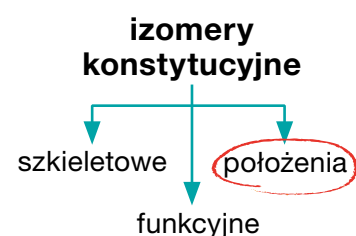
! Zalecaną przez IUPAC nazwą benzenolu jest **fenol**.

Jeżeli w cząsteczce oprócz grupy —OH znajdują się też inne podstawniki, np. grupa metylowa —CH_3 , to słowo „**fenol**” poprzedza się **lokan-tami** i nazwami tych podstawników. Numerowanie atomów węgla rozpoczyna się od tego atomu węgla, do którego jest przyłączona grupa —OH , np.:



Izomery fenoli

Fenole mogą tworzyć izomery konstytucyjne – **izomery położenia** podstawników, np.:



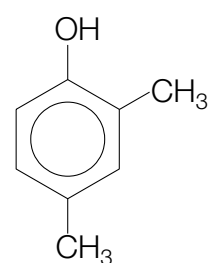
Przykład 3.

Plan rozwiązywania

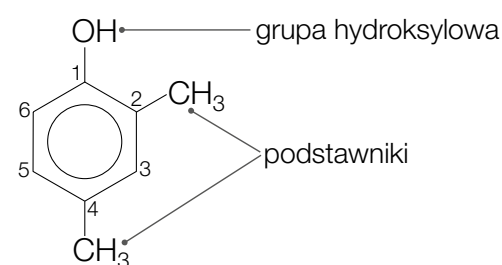
- 1 Ponumeruj atomy węgla w pierścieniu aromatycznym.
- 2 Zaznacz podstawniki i ustal ich nazwy.
- 3 Napisz odpowiedź.

Jak ustalić nazwę fenolu na podstawie jego wzoru?

Podaj nazwę fenolu o wzorze:



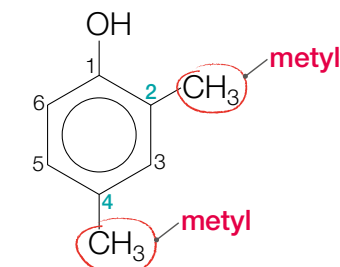
- 1 Numerowanie atomów węgla rozpoczynamy od tego atomu węgla, do którego jest przyłączona grupa —OH , a następnie numerujemy tak, aby podstawniki miały jak najmniejsze lokanty.



ciąg dalszy przykładu na s. 45

początek przykładu na s. 44

- 2 W cząsteczce fenolu znajdują się dwa podstawniki metylowe —CH_3 , dlatego w nazwie należy uwzględnić ich **liczbę**. Jeden podstawnik metylowy znajduje się przy atomie węgla o lokancie 2, a drugi podstawnik – przy atomie węgla o lokancie 4.



- 3 Nazwa fenolu o podanym wzorze to **2,4-dimetylofenol**.

Właściwości fenolu

Fenol (benzenol) jest bezbarwną substancją stałą o charakterystycznym zapachu, która pod wpływem tlenu z powietrza barwi się na różowo (fot. 14.) lub nawet brunatno.

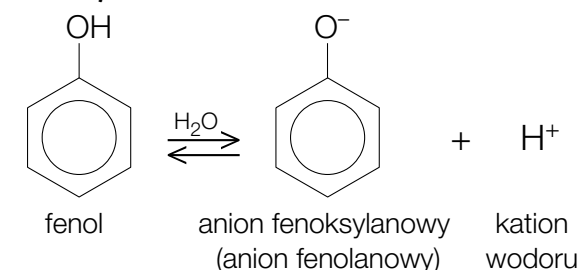


Fenol jest substancją toksyczną.



Fot. 14. Fenol pod wpływem tlenu z powietrza utlenia się.

Fenol ulega w wodzie **dysocjacji elektrolitycznej**, która przebiega zgodnie z poniższym równaniem:

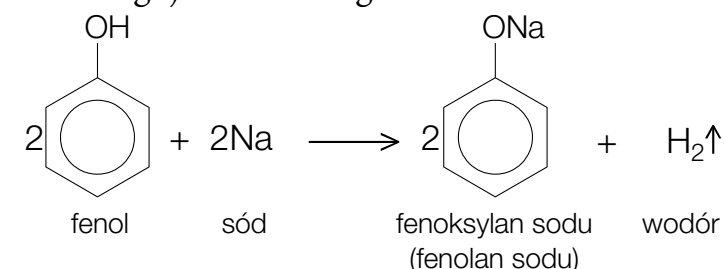


$\xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}}$ oznaczenie odwracalnej dysocjacji elektrolitycznej

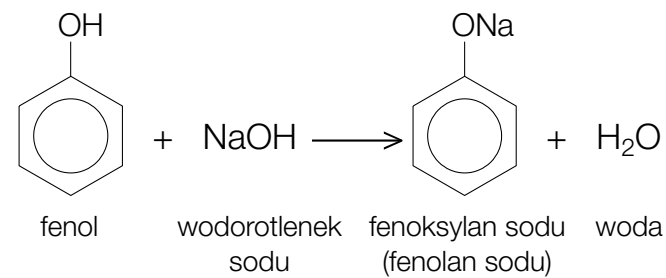
W wyniku dysocjacji elektrolitycznej powstają **kationy wodoru H^+** , które **decydują o kwasowym odczynie** roztworu fenolu.

Reakcje fenoli

Fenole, podobnie jak alkohole, **reagują z metalami aktywnymi chemicznie**. Fenol reaguje z sodem zgodnie z równaniem:



Fenole, w przeciwieństwie do alkoholi, **reagują również z wodorotlenkami litowców**. Fenol reaguje z **roztworem wodorotlenku sodu** zgodnie z równaniem:



Doświadczenie 2.

Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem (dygestorium) ze względu na toksyczne właściwości fenolu.



Fenol
 C_6H_5OH

Wykrywanie fenolu – reakcja fenolu z chlorkiem żelaza(III)

Odczynniki: wodny roztwór fenolu, roztwór chlorku żelaza(III).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, pipeta.

Instrukcja: Do próbówki nalej wodnego roztworu fenolu. Następnie dodaj kilka kropli roztworu chlorku żelaza(III) (schemat).

Obserwacje:

 Bezbarwny roztwór w probówce zabarwił się na fioletowo (fot. 15.).



- ✓ charakterystyczne zabarwienie świadczy o obecności fenolu

Fot. 15. Wykrywanie fenolu.

Wniosek: Fenol reaguje z jonami żelaza(III) obecnymi w roztworze chlorku żelaza(III).

W wyniku reakcji fenolu z chlorkiem żelaza(III) powstaje związek o charakterystycznej fioletowej barwie. Jest to reakcja charakterystyczna fenoli.

► **Chemia w akcji**

Kwas pikrynowy, czyli 2,4,6-trinitrofenol, to pochodna fenolu. Jest to związek chemiczny, który był stosowany do produkcji amunicji i materiałów wybuchowych (fot. 16.)

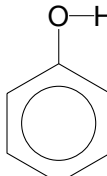
Fot. 16. Kwas pikrynowy był używany podczas I i II wojny światowej.

■ Porównanie właściwości alkoholi i fenoli

Alkohole i fenole, mimo że mają taką samą grupę funkcyjną —OH , znacznie różnią się właściwościami (tabela 6.). Wynika to z odmiennej budowy ich cząsteczek.

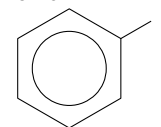
Alkohole
→ patrz s. 20

Tabela 6. Porównanie budowy i wybranych właściwości alkoholi i fenoli

Nazwa grupy związków	Alkohole	Fenole
Wzór ogólny	$R-OH$ —R to grupa alkilowa	$Ar-OH$ —Ar to grupa arylowa
Rodzaj grupy węglowodorowej	alifatyczna	aromatyczna
Wzór i nazwa grupy funkcyjnej	$-OH$ grupa hydroksylowa	$-OH$ grupa hydroksylowa
Reakcja dysocjacji	nie dysocjują	ulegają reakcji dysocjacji z odsczepieniem kationu H^+ z grupy hydroksylowej
Reakcja z fluorowcworodami	reagują	nie reagują
Reakcja z litowcami	reagują – powstają związki chemiczne o charakterze soli (alkoholany)	reagują – powstają sole (fenolany)
Reakcja z wodorotlenkami litowców	nie reagują	reagują – powstają sole (fenolany)
Reakcja eliminacji wody	reagują	nie reagują
Reakcja charakterystyczna	reakcja alkoholi poli hydroksylowych mających dwie grupy $-OH$ przy sąsiednich atomach węgla z $Cu(OH)_2$ – powstaje szafirowy roztwór	reakcja z jonami żelaza(III) – powstaje fioletowy roztwór
Przykład związku chemicznego	$ \begin{array}{c} H \\ \\ H-C-O-H \\ \\ H \end{array} $ metanol	 fenol

Przykład **grupy alkilowej**:
 $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$
 etyl

Przykład grupy arylowej:
 C_6H_5-



fenyl

Przykłady
fluorowodorów:

- ▶ HCl,
- ▶ HBr,
- ▶ HI,
- ▶ HF.

Przykłady **wodorotlenków litowców**:

- ▶ NaOH,
- ▶ KOH.

Zastosowania fenoli

Fenol i 2-metylofenol są wykorzystywane do produkcji m.in. detergentów, herbicydów i barwników. Natomiast tymol jest składnikiem syropów wykrztuśnych stosowanych w chorobach dróg oddechowych.



rolnictwo



medycyna



przemysł tworzyw sztucznych

■ Rolnictwo

Tymol, czyli 5-metylo-2-(propan-2-ylo)fenol, ze względu na działanie przeciwpasożytnicze jest składnikiem **preparatów zwalczających roztocza**, które są przyczyną chorób m.in. u pszczoł miodnych.

■ Medycyna

Triklosan działa antyseptycznie, przeciwbakteryjnie i konserwująco. Jest **składnikiem substancji używanych do mycia rąk** przed zabiegami chirurgicznymi, preparatów do odkażania narzędzi medycznych oraz past do zębów i dezodorantów.

■ Przemysł tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne takie jak fenoplasty powstają w wyniku kondensacji fenoli i formaldehydu. Wykorzystuje się je do produkcji m.in. **kul bilardowych**.

Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Fenole to organiczne związki chemiczne stosowane powszechnie w przemyśle. Są składnikami m.in. leków, kosmetyków, farb, materiałów budowlanych oraz pestycydów. Gdy fenole występują w dużym stężeniu, mogą działać toksyczne na organizm człowieka. Można je usuwać ze ścieków i wód gruntowych np. za pomocą filtrów z węglem aktywnym.

Wyszukaj i zaprezentuj

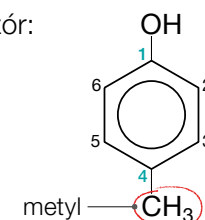
Jakie są inne metody usuwania fenoli ze ścieków?

Ważne w temacie Fenole

1. Zapisuję nazwy fenoli na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór:



- nazwa: **4-metylofenol**

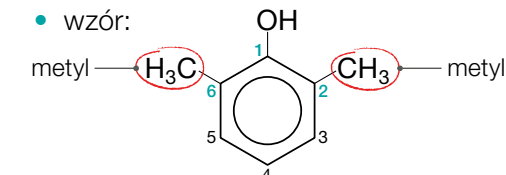
Fenole

2. Rysuję wzory fenoli na podstawie ich nazw.

Na przykład:

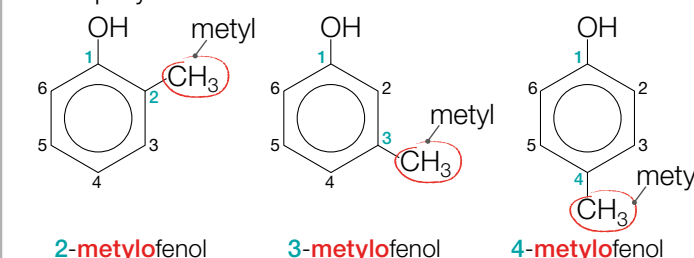
- nazwa: **2,6-dimetylofenol**

- wzór:



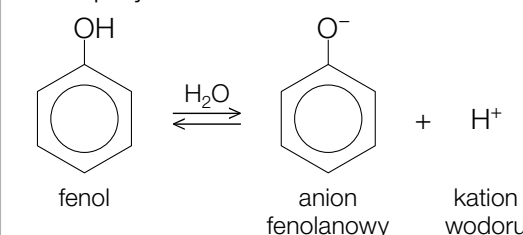
3. Rozpoznaję wzory izomerów położenia podstawników fenoli.

Na przykład:



4. Zapisuję równania dysocjacji elektrolitycznej fenoli.

Na przykład:



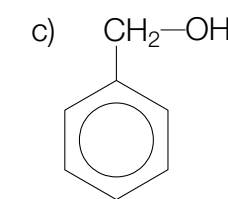
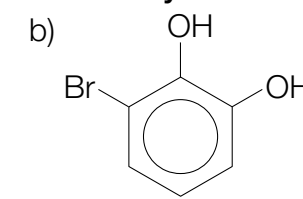
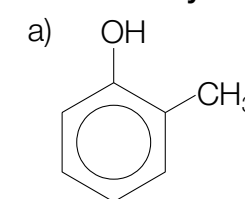
Zapamiętaj!

Fenole – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupy hydroksylowe —OH bezpośrednio przyłączone do atomów węgla należących do pierścienia aromatycznego.

Zadania

ROZWIĄZ
W ZESZYCIE

1. Wskaż wzory fenoli i napisz ich nazwy.



2. W celu porównania kwasowości alkoholi i fenoli przeprowadza się reakcję chemiczną każdego z tych związków z roztworem wodorotlenku sodu. **Napisz równania reakcji chemicznych etanolu i fenolu (benzenolu) z roztworem wodorotlenku sodu lub zaznacz, że dana reakcja nie zachodzi. Napisz, które z tych związków chemicznych mają silniejsze właściwości kwasowe.**

3. Oblicz, ilu gramów oraz ilu moli fenolu potrzeba, aby przereagował całkowicie z 200 cm³ roztworu wodorotlenku sodu o stężeniu 2 $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

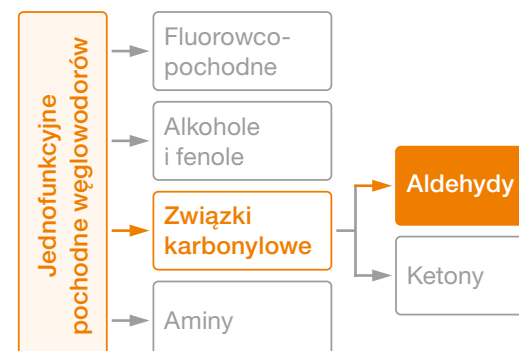
5 Aldehydy



Fot. 17. Aldehyd wanilinowy występuje w owocach wanilii płaskolistnej, z której produkuje się esencję zapachową dodawaną do ciast.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: grupa karbonylowa, aldehydy, grupa aldehydowa
- budowa aldehydów
- zapisywanie wzorów i nazw aldehydów
- izomery konstytucyjne aldehydów
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają aldehydy



Charakterystyczna woń wanilii, którą czujemy po dodaniu do ciasta cukru wanilinowego lub ekstraktu z wanilii (fot. 17.), to zapach **związku karbonylowego** – aldehydu.

Związki karbonylowe

Związki karbonylowe to jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupę karbonylową. Grupa karbonylowa $\text{C}=\text{O}$ jest zbudowana z atomu węgla połączonego **wiązaniami podwójnymi z atomem tlenu**. Wśród związków karbonylowych wyróżnia się m.in. **aldehydy** i ketony.

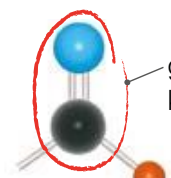
Budowa aldehydów

Aldehydy to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupę aldehydową** $-\text{CHO}$.

Grupa aldehydowa to **grupa funkcyjna, którą tworzy grupa karbonylowa połączona z jednym atomem wodoru**:



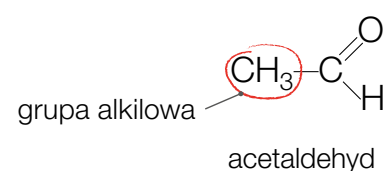
model grupy karbonylowej



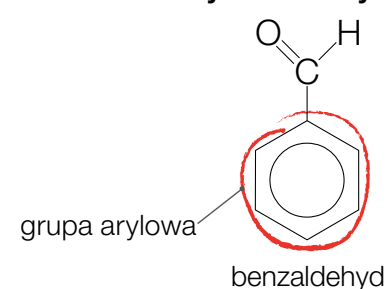
model grupy aldehydowej

W cząsteczkach aldehydów **grupa aldehydowa** jest połączona z **grupą węglowodorową** lub **atomem wodoru**. Grupa węglowodorowa może być grupą alkilową lub grupą arylową:

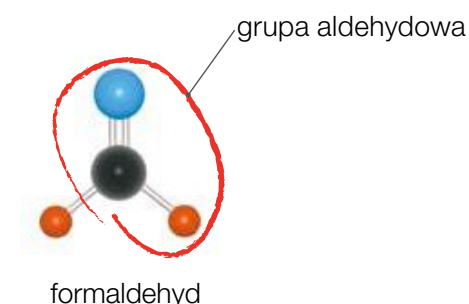
aldehyd alifatyczny



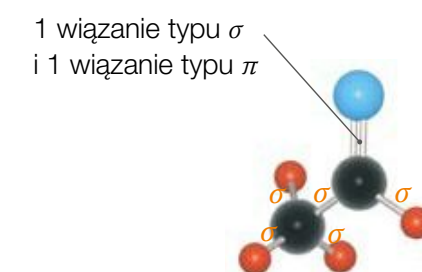
aldehyd aromatyczny



Najprostszy aldehyd zbudowany jest z grupy aldehydowej, do której jest przyłączony jeszcze jeden atom wodoru:



Jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ [czyt. sigma], a drugie – typu π [czyt. pi]. Pozostałe wiązania pojedyncze w cząsteczkach aldehydów są wiązaniami typu σ :



model cząsteczki acetaldehydu

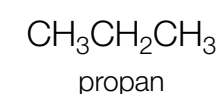
Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

Wiązania typu σ są wiązaniami o wyższej energii – są mocniejsze, natomiast wiązania typu π to wiązania o niższej energii – są słabsze.

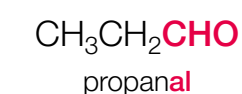
Nazewnictwo aldehydów alifatycznych

Nazwy **systematyczne** aldehydów alifatycznych tworzy się podobnie jak nazwy alkoholi. Do nazwy węglowodoru o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce dodaje się końcówkę „-al”, np.:

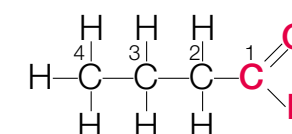
węglowodor



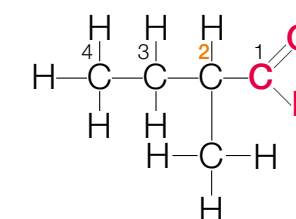
aldehyd



Jeżeli cząsteczka aldehydu zawiera podstawniki, trzeba podać w nazwie ich **lokanty**. Atomy węgla w łańcuchu głównym numeruje się, zaczynając od atomu węgla grupy aldehydowej, np.:



butanal



2-metylobutanal

Łańcuch główny – najdłuższy łańcuch węglowy.

■ Szereg homologiczny aldehydów alifatycznych

Aldehydy tworzą różne szeregi homologiczne. Jeden z szeregów tworzą nasycone nierozgałęzione aldehydy alifatyczne (tabela 7). Jest on podobny do poznanych wcześniej szeregów, w których związki chemiczne są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce.

Pierwszy w tym szeregu homologicznym jest formaldehyd. Każdy kolejny związek chemiczny ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru (jedną grupę $\text{—CH}_2\text{—}$) więcej niż poprzedni.

Tabela 7. Szereg homologiczny nasyconych nierozgałęzionych aldehydów alifatycznych do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa*	Wzór				
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy	szkieletowy
1	metanal (formaldehyd, aldehyd mrówkowy)	CH_2O		HCHO	HCHO	
2	etanal (acetaldehyd, aldehyd octowy)	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CHO}$	CH_3CHO	
3	propanal (aldehyd propionowy)	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	
4	butanal	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO}$	
5	pentanal	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$	
6	heksanal	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CHO}$	
7	heptanal	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CHO}$	
8	oktanal	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CHO}$	

* W tabeli 7. pogrubiono nazwy zalecane przez IUPAC.

■ Wzór ogólny aldehydów alifatycznych

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego nasyconych nierozgałęzionych aldehydów alifatycznych można wyprowadzić ich wzór ogólny:

R—CHO

lub

$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}$

gdzie:
—R to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (alkilowa),
—CHO to grupa aldehydowa, czyli grupa funkcyjna,
 n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; $n \geq 0$.

Przykład 4.

Plan rozwiązywania

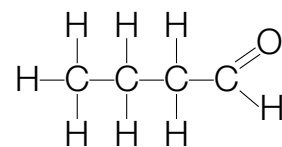
- 1 Napisz wzór ogólny aldehydów.
- 2 Określ wartość liczby n .
- 3 Podstaw wartość liczby n do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru w grupie alkilowej.
- 4 Napisz wzór sumaryczny aldehydu.
- 5 Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy aldehydu na podstawie jego wzoru sumarycznego.

Jak ustalić wzory nasyconego aldehydu alifatycznego na podstawie jego nazwy?

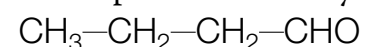
Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy butanal.

- 1 Wzór ogólny nasyconych aldehydów alifatycznych, do których należy butanal, to: $C_nH_{2n+1}CHO$.
- 2 Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w grupie alkilowej aldehydu. Butanal jest pochodną butanu, związku mającego cztery atomy węgla w cząsteczce. Jeden atom węgla tworzy grupę aldehydową $-CHO$, zatem $n = 3$.
- 3 $C_3H_2 \cdot 3 + 1 CHO$
 C_3H_7CHO
- 4 Wzór sumaryczny: C_4H_8O
- 5 Butanal jest aldehydem nasyconym.

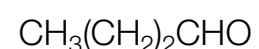
Wzór strukturalny:



Wzór półstrukturalny:

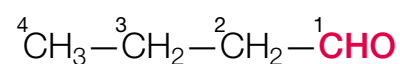


Wzór grupowy:

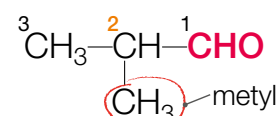


Izomery aldehydów alifatycznych

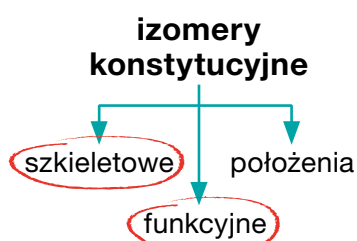
Aldehydy mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe** i **izomery funkcyjne** (poznasz je w temacie *Ketony*, s. 63.). Przykładem **izomerów szkieletowych** są związki zawierające 4 atomy węgla w cząsteczce:



butanal



2-metylopropanal



Chemia w akcji

Formalina, czyli wodny roztwór formaldehydu o stężeniu ok. 40 %, była powszechnie stosowana do konserwacji i przechowywania preparatów biologicznych, np. preparatów anatomicznych lub okazów zwierząt (fot. 18.). Obecnie wykorzystuje się do tego celu stężony roztwór etanolu, ponieważ jest mniej toksyczny.

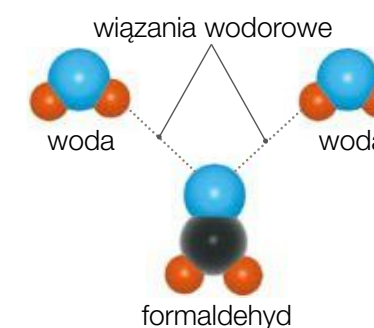
Fot. 18. Formalina jest bezbarwną cieczą o bardzo charakterystycznym, ostrym zapachu.

Zmiana właściwości fizycznych aldehydów w szeregu homologicznym

W temperaturze pokojowej aldehyd o najmniejszej masie cząsteczkowej, **formaldehyd, jest gazem**. Kolejne aldehydy w szeregu homologicznym to **ciecze**, na ogół bezbarwne.

Oddziaływania między cząsteczkami aldehydów są słabe, dlatego ich cząsteczki nie ulegają asocjacji. Z tego powodu aldehydy są bardziej lotne (czyli mają niższe temperatury wrzenia) niż alkohole o takiej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce – mimo iż mają podobną masę cząsteczkową (patrz tabela 9., s. 68).

Między cząsteczkami aldehydów **nie powstają wiązania wodorowe**, ponieważ aldehydy nie zawierają atomu wodoru połączanego z silnie elektroujemnym atomem, np. tlenem. Aldehydy mogą natomiast tworzyć wiązania wodorowe z cząsteczkami wody (rys. 6.) (ze względu na obecność atomu tlenu z wolnymi parami elektronowymi), dlatego dobrze się w niej rozpuszczają.



Oznaczenie wiązania wodorowego:

Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

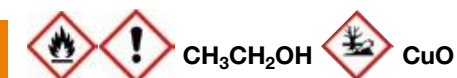
Rys. 6. Model wiązania wodorowego, które powstaje między cząsteczkami formaldehydu i wody.

Otrzymywanie aldehydów

Aldehydy powstają m.in. w wyniku **utleniania alkoholi pierwszorzędowych za pomocą słabych utleniaczy, np. CuO**. Użycie silnego utleniacza sprawia, że powstają kwasy karboksylowe.

Alkohole pierwszorzędowe
→ patrz s. 20

Doświadczenie 3.



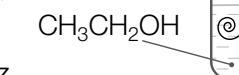
Otrzymywanie acetaldehydu

Odczynniki: drut miedziany (najlepiej gruby), etanol.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łapa drewniana, palnik gazowy.

Instrukcja: Chwyć łapą drewnianą drut miedziany i ogrzewaj go w płomieniu palnika do czerwoności, a następnie ostudź. Powtórz te czynności kilkakrotnie, aż powierzchnia metalu pokryje się nalotem. Wprowadź drut do probówki i bardzo ostrożnie zanurz go w cieplem etanolu (schemat).

rozgrzany drut miedziany pokryty CuO

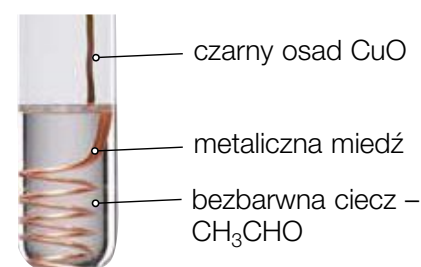


ciąg dalszy doświadczenia na s. 56

początek doświadczenia na s. 55

Obserwacje:

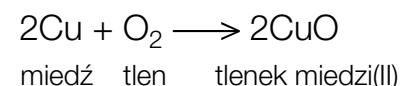
- Podczas ogrzewania drut miedziany pokrył się czarnym nalotem. Po zanurzeniu drutu w etanolu czarny nalot zanikł, a drut zmienił barwę na ceglastoczerwoną (fot. 19.).
- Zmienił się zapach zawartości probówki.



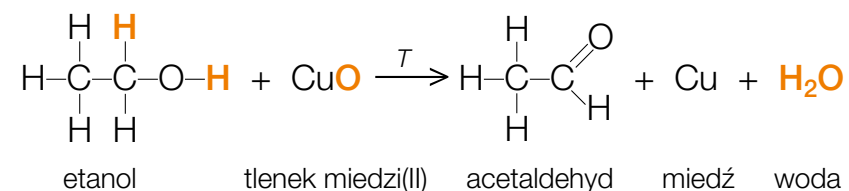
Fot. 19. Otrzymywanie acetaldehydu.

Wniosek: Czarny nalot to tlenek miedzi(II) CuO. Jest to produkt utleniania miedzi. Pod wpływem CuO etanol CH₃CH₂OH utlenił się do acetaldehydu, a miedź w tlenku miedzi(II) uległa redukcji do metalicznej miedzi.

Reakcja otrzymywania tlenku miedzi(II) przebiega zgodnie z równaniem:

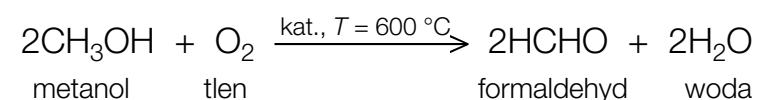


Po umieszczeniu w etanolu miedzianego drutu pokrytego warstwą tlenku miedzi(II) zaszła reakcja chemiczna zgodnie z równaniem:

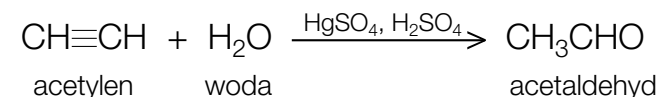


! Acetaldehyd jest substancją toksyczną, drażni błony śluzowe i powoduje łzawienie.

Aldehydy **na skalę przemysłową** otrzymuje się w reakcjach katalitycznych, np. alkeny z tlenkiem węgla(II) i wodorem, utleniania etenu tlenem z powietrza lub utleniania metanolu:



Innym sposobem otrzymywania aldehydów jest reakcja addycji cząsteczki wody do cząsteczki alkinu (uwodnienie) w obecności katalizatora. W ten sposób na skalę przemysłową otrzymuje się acetaldehyd:

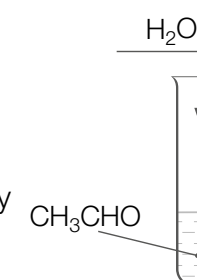
**Właściwości aldehydów****Doświadczenie 4.****Badanie właściwości acetaldehydu**

Odczynniki: acetaldehyd, woda destylowana.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, korek, uniwersalny papierek wskaźnikowy, pipeta.

Instrukcja: Nalej do probówki ok. 3 cm³ acetaldehydu.

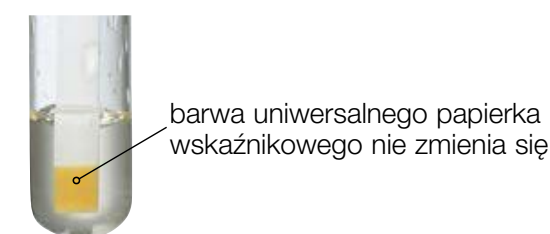
Określ jego stan skupienia i barwę. Następnie dodaj do probówki taką samą ilość wody destylowanej (schemat). Zamknij probówkę korkiem i mocno nią wstrząśnij. W otrzymanym roztworze zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy i porównaj jego barwę ze skalą umieszczoną na opakowaniu.



! Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem ze względu na toksyczne właściwości acetaldehydu.

**Obserwacje:**

Acetaldehyd jest bezbarwną cieczą. Po dodaniu wody i wymieszaniu powstał bezbarwny roztwór. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w tym roztworze nie zmienia barwy (fot. 20.).

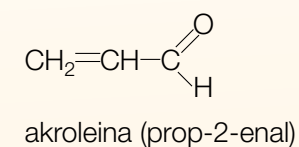


Fot. 20. Wodny roztwór acetaldehydu ma odczyn obojętny.

Wniosek: Acetaldehyd jest substancją rozpuszczalną w wodzie. Jego wodny roztwór ma odczyn obojętny.

Chemia w akcji

Podczas długotrwałego smażenia na oleju w wysokiej temperaturze następuje rozkład zawartych w nim związków chemicznych. W wyniku tego wydziela się aldehyd nienasycony – **akroleina** (fot. 21.).



Fot. 21. Akroleina to trująca, bezbarwna, lotna ciecz o gryzącej woni, która działa drażniąco na błony śluzowe oczu, nosa i gardła.



Reakcje aldehydów

Do identyfikowania związków chemicznych, w których cząsteczkach występują grupy aldehydowe, służą próba Tollensa i próba Trommera.

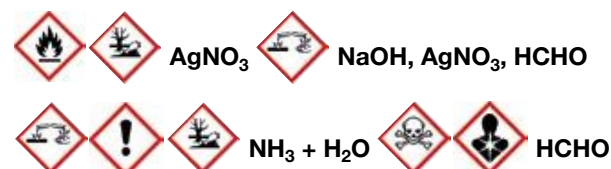


Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Należy stosować świeżo otrzymane roztwory amoniakalne.

Doświadczenie 5.

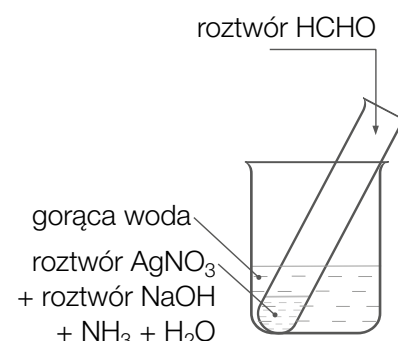


Próba Tollensa – reakcja formaldehydu z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I)

Odczynniki: wodny roztwór formaldehydu (formalina), roztwór azotanu(V) srebra(I), stężony roztwór wodorotlenku sodu, wodny roztwór amoniaku, woda destylowana, gorąca woda.

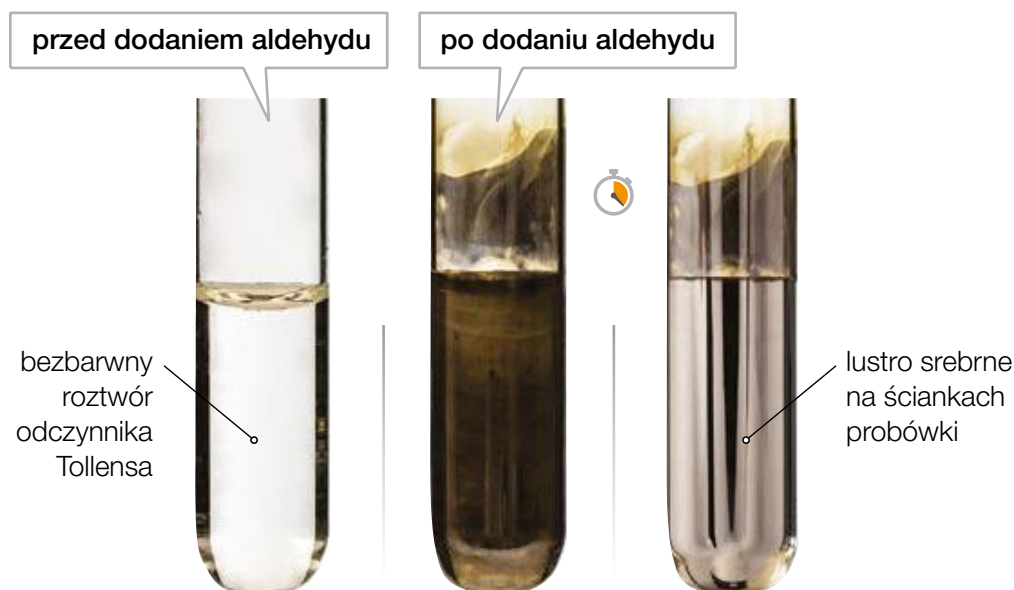
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipety.

Instrukcja: Wlej do probówki ok. 3 cm³ roztworu azotanu(V) srebra(I) i dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami roztwór amoniaku aż do całkowitego rozтворzenia się strąconego osadu. Do otrzymanego odczynnika Tollensa dodaj ok. 1 cm³ roztworu formaldehydu i umieść probówkę w zlewce z gorącą wodą (schemat).



Obserwacje:

Po dodaniu roztworu aldehydu do odczynnika Tollensa i ogrzaniu probówki na jej ściankach osadza się srebrna warstwa (fot. 22.).



Fot. 22. Próba Tollensa.

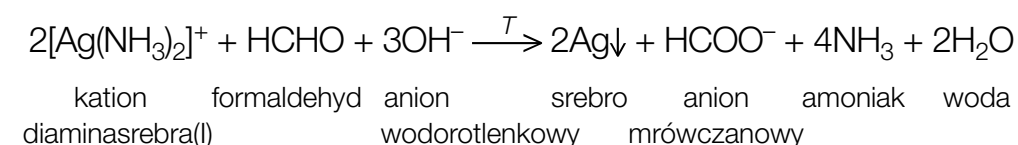
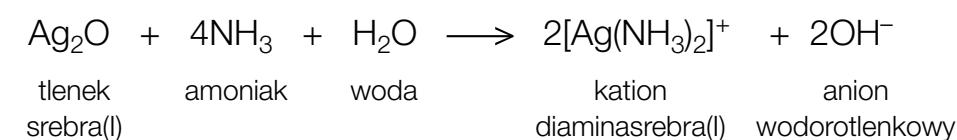
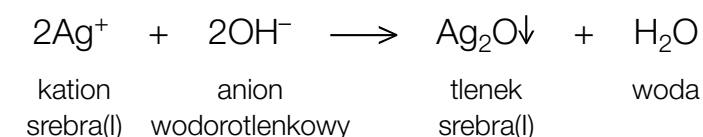
odczynnik Tollensa – jon $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

ciąg dalszy doświadczenia na s. 59

początek doświadczenia na s. 58

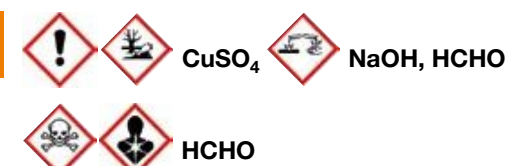
Wniosek: Po dodaniu roztworu formaldehydu do otrzymanego roztworu i ogrzaniu probówki aldehyd utlenia się. Jony srebra redukują się z I stopnia utlenienia **do metalicznego srebra**, które pokrywa ścianki probówki, tworząc tzw. lustro srebrne.

Równania zachodzących reakcji chemicznych:



Reakcja chemiczna przebiega w środowisku zasadowym, dlatego zamiast kwasu karboksylowego powstaje jego sól (zbudowana m.in. z anionu kwasu karboksylowego).

Doświadczenie 6.

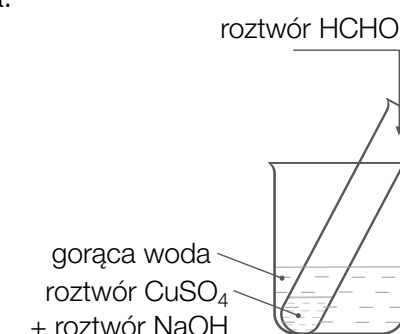


Próba Trommera – reakcja formaldehydu z wodorotlenkiem miedzi(II)

Odczynniki: wodny roztwór formaldehydu (formalina), roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipety.

Instrukcja: Do probówki zawierającej ok. 3 cm³ roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) dodawaj pipetą roztwór wodorotlenku sodu aż do strącenia się osadu. Następnie dodaj ok. 1 cm³ roztworu formaldehydu. Umieść probówkę w zlewce z gorącą wodą (schemat).



Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



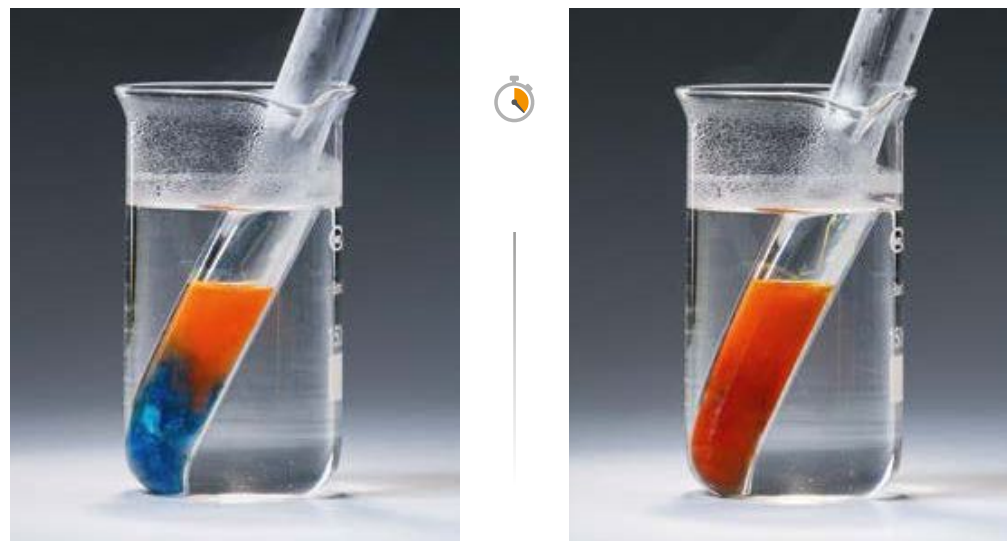
odczynnik Trommera – świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) w środowisku zasadowym

ciąg dalszy doświadczenia na s. 60

początek doświadczenia na s. 59

Obserwacje:

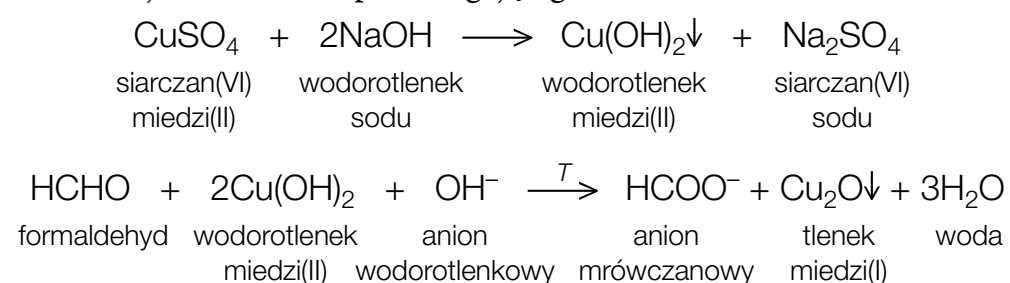
 Początkowo strąca się niebieski, galaretowaty osad, który po dodaniu roztworu aldehydu i ogrzaniu próbówki zmienia barwę z niebieskiej na ceglastoczerwoną (fot. 23.).



Fot. 23. Próba Trommera.

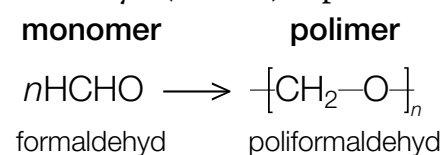
Wniosek: Otrzymany osad wodorotlenku miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ reaguje z formaldehydem HCHO i redukuje się do tlenku miedzi(I) Cu_2O . Formaldehyd ulega utlenieniu.

Reakcje chemiczne przebiegają zgodnie z równaniami:



Fot. 24. Poliformaldehyd jest wykorzystywany do produkcji m.in. kostek do gry na gitarze.

Formaldehyd może też **ulegać reakcji polimeryzacji** (np. pod wpływem światła). Produktem tej reakcji chemicznej jest wielkocząsteczkowy produkt – poliformaldehyd (fot. 24.) – polimer:



Reakcji polimeryzacji mogą ulegać również aldehydy, które zawierają w cząsteczkach wiązanie podwójne między atomami węgla, np.:



Zastosowania aldehydów

Formaldehyd (metanal) jest wykorzystywany do produkcji tworzyw sztucznych, leków i barwników. Przyjemny zapach aldehydów powoduje, że często stosuje się je też w przemyśle perfumeryjnym, kosmetycznym i spożywczym.



przemysł
spożywczy



przemysł perfumeryjny



przemysł kosmetyczny

■ Przemysł spożywczy

Wanilinę (4-hydroksy-3-metoksybenzaldehyd) wykorzystuje się w przemyśle spożywczym i cukierniczym jako **substancję zapachową**.

■ Przemysł perfumeryjny

Aldehyd cynamonowy (3-fenylprop-2-enal) to nienasycony związek chemiczny występujący np. w **olejku cynamonowym**. Jest on używany do produkcji perfum.



■ Przemysł kosmetyczny

Aldehyd mukonowy (heksa-2,4-dienal) stosuje się w **preparatach brązujących**. Grupa karbonylowa tego aldehydu bierze udział w reakcji chemicznej, dzięki której skóra zyskuje brązowy kolor.

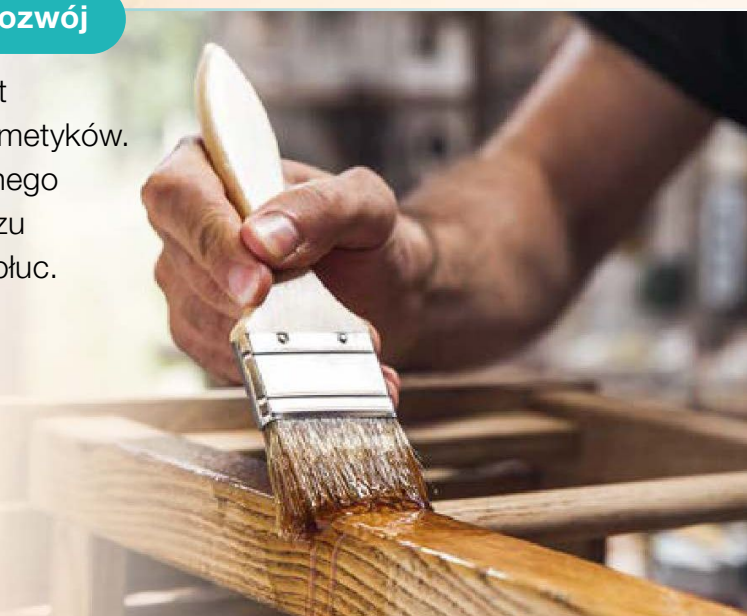


Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Formaldehyd to związek chemiczny, który jest składnikiem m.in. klejów i lakierów, ale też kosmetyków. Podwyższone stężenie tego związku chemicznego może wywoływać reakcje alergiczne skóry, oczu i dróg oddechowych, a nawet obrzęki krtani i płuc. Rozporządzenie Komisji Unii Europejskiej z 14 lipca 2023 r. określa dopuszczalną zawartość w różnych wyrobach formaldehydu i substancji uwalniających formaldehyd.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie są naturalne źródła formaldehydu?

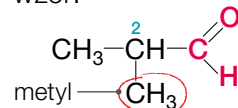


Ważne w temacie **Aldehydy**

1. Zapisuję nazwy aldehydów na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór:



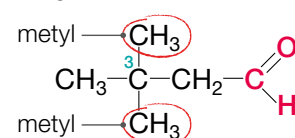
- nazwa: **2-metylopropanal**

2. Rysuję wzory aldehydów na podstawie ich nazw.

Na przykład:

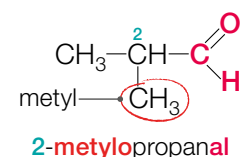
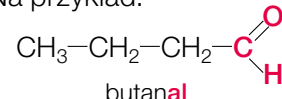
- nazwa: **3,3-dimetylobutanal**

- wzór:



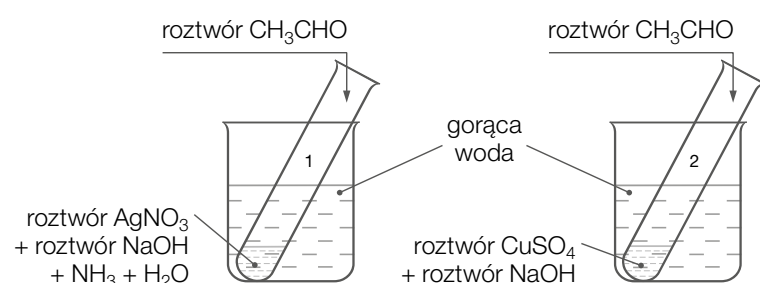
3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych aldehydów.

Na przykład:



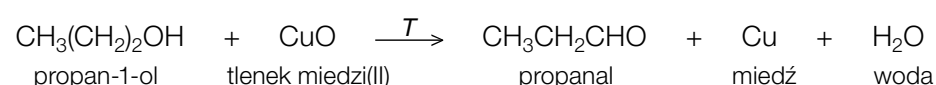
Aldehydy

4. Przewiduję produkty organiczne reakcji aldehydów z odczynnikami Tollensa i odczynnikiem Trommera.

W probówkach 1. i 2. **powstanie anion octanowy** CH_3COO^- .

5. Zapisuję równania reakcji otrzymywania aldehydów.

Na przykład w wyniku utleniania propan-1-olu:



Zapamiętaj!

Grupa karbonylowa – zbudowana jest z atomu węgla połączonego wiązaniem podwójnym z atomem tlenu.**Aldehydy** – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupę aldehydową $-\overset{\text{O}}{\text{C}}=\text{H}$.**Grupa aldehydowa** – grupa funkcyjna, którą tworzy grupa karbonylowa połączona z jednym atomem wodoru.

Zadania



1. Napisz wzory półstrukturalne aldehydów o podanych nazwach systematycznych. Wskaż, które związki chemiczne są względem siebie izomerami.

- a) pentanal b) heptanal c) 3-metylobutanal d) 2-etylo-4-metylopentanal

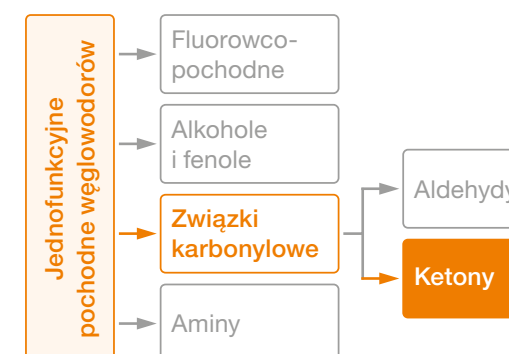
2. Wskaż zdania, które są prawdziwe.

- a) Benzaldehyd to związek aromatyczny.
 b) Aldehydy o niewielkiej liczbie atomów węgla w cząsteczce nie rozpuszczają się w wodzie.
 c) Cząsteczki aldehydów ulegają asocjacji.
 d) Formaldehyd w warunkach normalnych jest gazem.

6 Ketony

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *ketony* i *izomery funkcyjne*
- budowa ketonów
- zapisywanie wzorów i nazw ketonów
- izomery konstytucyjne ketonów
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają ketony
- odróżnianie ketonów od aldehydów

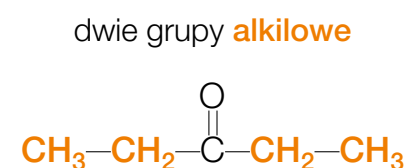


Fot. 25. Aceton zawarty w zmywaczach do paznokci może wysuszać płytkę paznokcia.

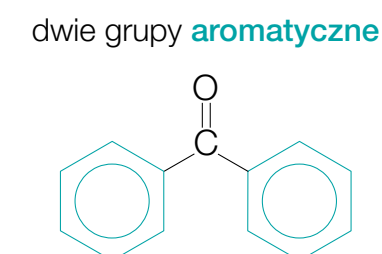
Najprostszym ketonem jest propan-2-on, częściej spotykany pod nazwą aceton. To dobry rozpuszczalnik, dlatego może być składnikiem zmywaczy lakieru do paznokci (fot. 25.).

Budowa ketonów

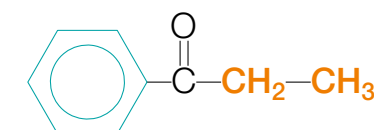
Ketony to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karbonylową** o wzorze $\text{C}=\text{O}$. Grupa karbonylowa to grupa funkcyjna połączona z **dwiema grupami węglowodorowymi**, np.:



pentan-3-on

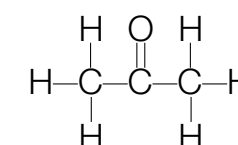


difenylometanon

jedna grupa **alkilowa** i jedna grupa **aromatyczna**

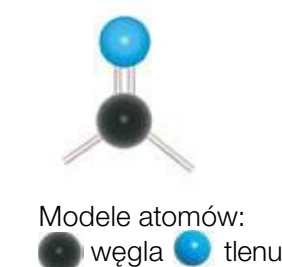
1-fenylpropan-1-on

Najprostszy keton zbudowany jest z grupy karbonylowej połączonej z dwiema grupami metylowymi $-\text{CH}_3$:



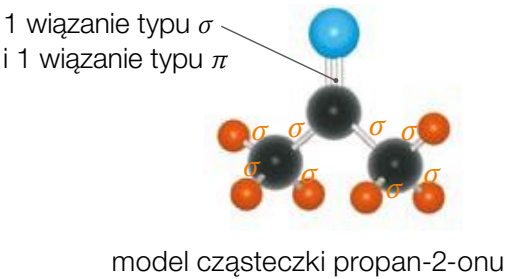
wzór strukturalny propan-2-onu

Model grupy karbonylowej



Grupa karbonylowa
 → patrz s. 50

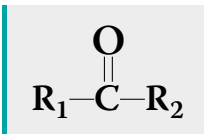
W grupie karbonylowej jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ , a drugie – typu π . Pozostałe wiązania (pojedyncze) w cząsteczkach ketonów są wiązaniami typu σ :



Modele atomów:  wodoru
 węgla  tlenu

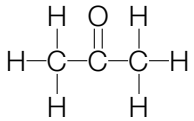
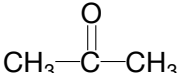
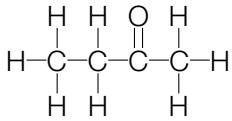
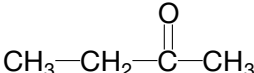
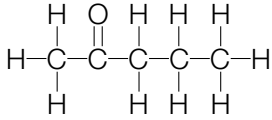
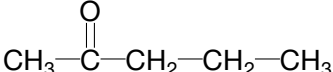
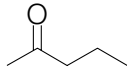
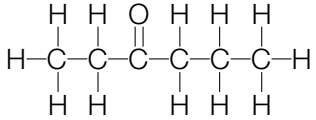
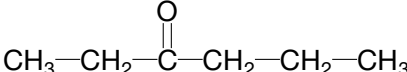
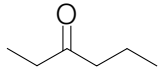
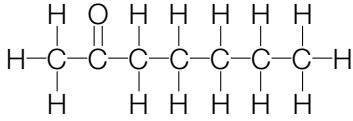
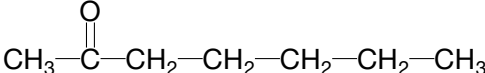
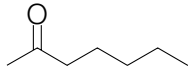
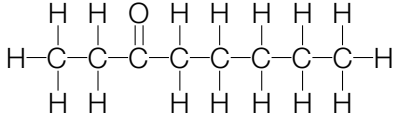
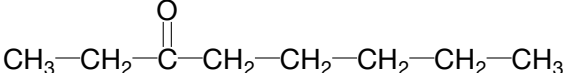
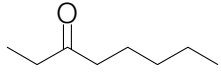
Wzór ogólny ketonów

Cząsteczki ketonów mogą mieć takie same lub różne grupy węglowodorowe. **Wzór ogólny ketonów** ma postać:



! W przypadku ketonów grupami $-R_1$ i $-R_2$ nie mogą być atomy wodoru.
gdzie:
 $-R_1, -R_2$ to grupy węglowodorowe (np. alkilowe lub aryłowe),
 C=O to grupa karbonylowa, czyli grupa funkcyjna.

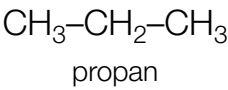
Tabela 8. Nazwy i wzory wybranych ketonów do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór				
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy	szkieletowy
3	propan-2-on	C_3H_6O			CH_3COCH_3	
4	butan-2-on	C_4H_8O			$CH_3CH_2COCH_3$	
5	pentan-2-on	$C_5H_{10}O$			$CH_3CO(CH_2)_2CH_3$	
6	heksan-3-on	$C_6H_{12}O$			$CH_3CH_2CO(CH_2)_2CH_3$	
7	heptan-2-on	$C_7H_{14}O$			$CH_3CO(CH_2)_4CH_3$	
8	oktan-3-on	$C_8H_{16}O$			$CH_3CH_2CO(CH_2)_4CH_3$	

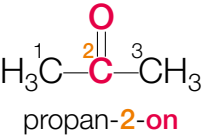
Nazewnictwo ketonów

Nazwy **systematyczne** ketonów (tabela 8., s. 64) tworzy się przez dodanie końcówki „-**on**” do nazwy węglowodoru o odpowiedniej liczbie atomów węgla w cząsteczce (łącznie z atomem węgla w grupie karbonylowej) i podanie **lokantu** określającego położenie grupy karbonylowej. Atomy węgla numeruje się tak, aby atom węgla tej grupy miał możliwie najmniejszy lokant, np.:

węglowodor

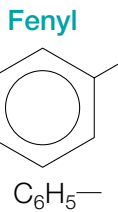
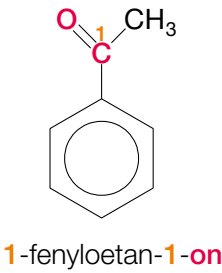


keton

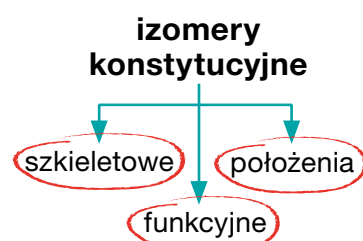


! Propan-2-on jest również znany pod nazwą aceton.

Jeżeli w cząsteczce ketonu występuje pierścień aromatyczny, to ten pierścień traktujemy jako podstawnik, np.:

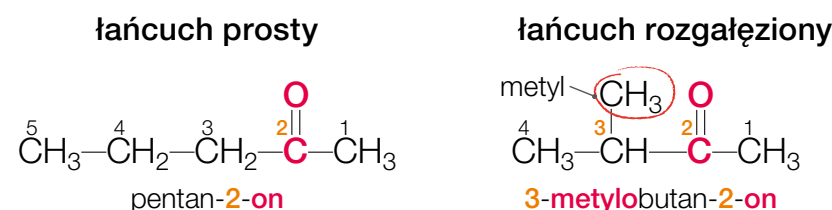


Izomery ketonów

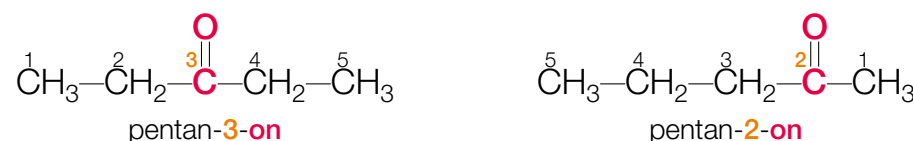


Ketony mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe**, **izomery położenia grupy funkcyjnej** oraz **izomery funkcyjne**. Ketony, które mają takie same wzory sumaryczne, mogą się różnić:

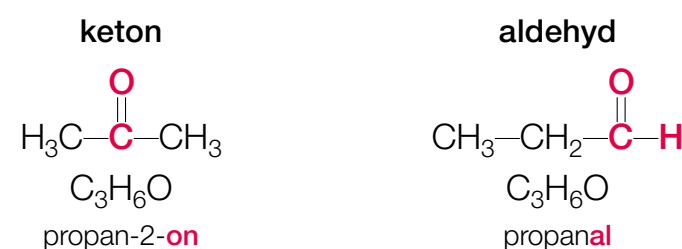
- ▶ budową łańcucha węglowego i tworzyć **izomery szkieletowe**, np. keton o wzorze $C_5H_{10}O$:



- ▶ położeniem grupy karbonylowej i tworzyć **izomery położenia grupy funkcyjnej**, np. keton o wzorze $C_5H_{10}O$:



Ketony tworzą również **izomery funkcyjne** z aldehydami. Izomery funkcyjne **mają taki sam wzór sumaryczny, ale zawierają w cząsteczkach różne grupy funkcyjne**. Przykładem takich izomerów są propan-2-on i propanal:



Chemia w akcji

Propan-2-on (aceton) występuje w niskim stężeniu w organizmie człowieka i zalicza się go do tzw. ciał ketonowych. Zwiększenie ich stężenia we krwi może świadczyć m.in. o cukrzycy. Do badania stężenia ciał ketonowych w moczu służą papierki testowe (fot. 26.).

Fot. 26. Zmiana barwy papierka testowego świadczy o podwyższonym stężeniu ciał ketonowych.



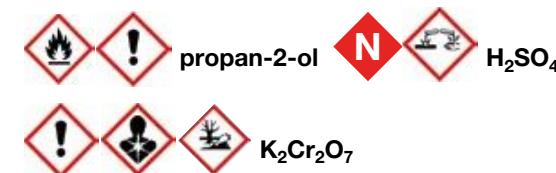
Otrzymywanie ketonów

Ketony, podobnie jak aldehydy, otrzymuje się w reakcjach utleniania alkoholi. Aldehydy powstają w wyniku utleniania alkoholi pierwszorzędowych (patrz doświadczenie 3., s. 55), natomiast **ketony – utleniania alkoholi drugorzędowych** (alkohole trzeciorzędowe nie ulegają utlenieniu).

Otrzymywanie aldehydów
→ patrz s. 55

Rzędowość alkoholi
→ patrz s. 20

Doświadczenie 7.

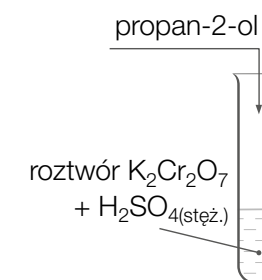


Badanie zachowania alkoholu drugorzędowego wobec utleniacza

Odczynniki: propan-2-ol, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), wodny roztwór dichromianu(VI) potasu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, pipety, bagietka.

Instrukcja: Do probówki wlej wodny roztwór dichromianu(VI) potasu, następnie dodaj stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), a na koniec propan-2-ol (schemat). Wymieszaj ostrożnie zawartość probówki bagietką.



Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4 .



Obserwacje:

👁️ Roztwór w probówce zmienił barwę z pomarańczowej na granatowo-zieloną (fot. 27.).

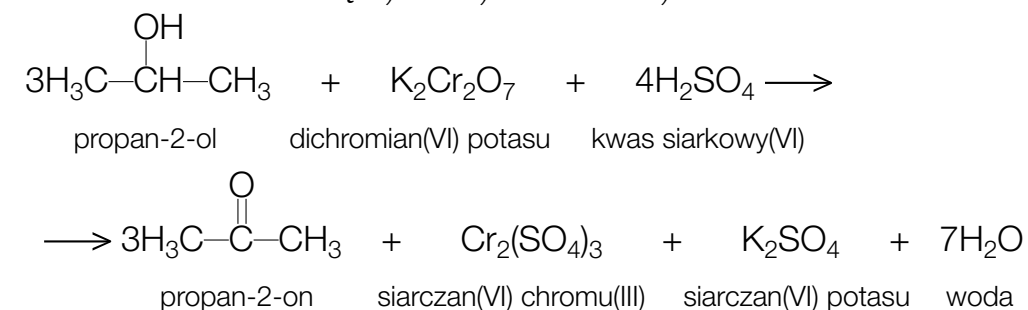
👃 Wyczuwalny jest zapach acetonu.



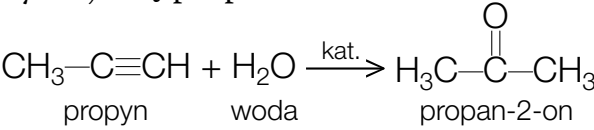
Fot. 27. Otrzymywanie propan-2-onu (acetonu).

➤ **Wniosek:** Zaszła reakcja chemiczna. Alkohol drugorzędowy w obecności utleniacza ulega reakcji utleniania do ketonu.

Równanie zachodzącej reakcji chemicznej:



Innym sposobem otrzymywania ketonów jest, poznana w części 2. podręcznika *NOWA To jest chemia*, addycja cząsteczki wody do alkinów (uwodnienie) w obecności katalizatora. W ten sposób na skalę przemysłową uzyskuje się propan-2-on:



Właściwości ketonów

W temperaturze pokojowej ketony są cieciami. Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach ketonów:

- ▶ wzrastają ich temperatury topnienia i wrzenia,
- ▶ zwiększa się ich gęstość.

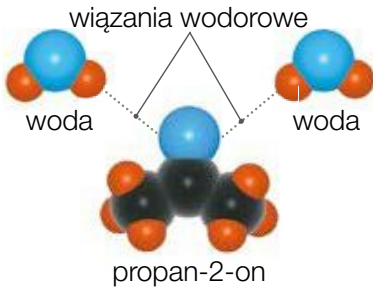
Cząsteczki ketonów, podobnie jak cząsteczki aldehydów, nie ulegają asocjacji – związki te są bardziej lotne niż alkohole o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce (tabela 9).

Tabela 9. Porównanie właściwości fizycznych alkoholi, aldehydów i ketonów o trzech atomach węgla w cząsteczkach (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Nazwa	Propan-2-ol	Propanal	Propan-2-on
Właściwość			
Szereg homologiczny	alkohole	aldehydy	ketony
Wzór grupowy	CH ₃ CH(OH)CH ₃	CH ₃ CH ₂ CHO	CH ₃ COCH ₃
Masa cząsteczkowa, u	60	58	58
Gęstość w 25 °C, g/cm ³	0,78	0,79	0,78
Temperatura topnienia, °C	–88	–80	–95
Temperatura wrzenia, °C	82	48	56
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	ciecz	ciecz	ciecz
Rozpuszczalność w wodzie, g/100g H ₂ O	nieograniczona	20	nieograniczona

Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

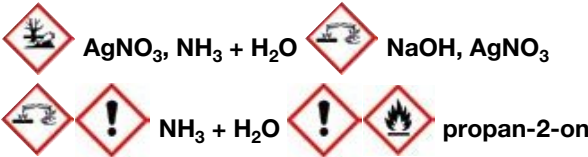
Cząsteczki ketonów, tak jak cząsteczki aldehydów, mogą tworzyć wiązania wodorowe z cząsteczkami wody (rys. 7.), dlatego **ketony o niewielkich masach cząsteczkowych dobrze rozpuszczają się w wodzie**.



Rys. 7. Model wiązania wodorowego, które powstaje między cząsteczkami propan-2-onu i wody.

Modele atomów:
● wodoru ● węgla
● tlenu

Doświadczenie 8.

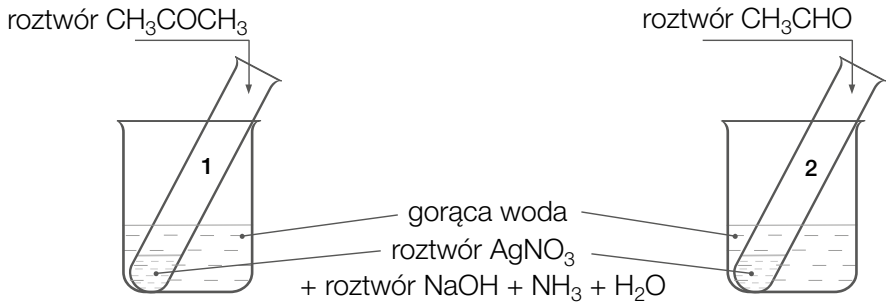


Odróżnianie ketonów od aldehydów

Odczynniki: roztwór azotanu(V) srebra(I), stężony roztwór wodorotlenku sodu, wodny roztwór amoniaku, propan-2-on, acetaldehyd, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, zlewki, pipety.

Instrukcja: Do dwóch probówek wlej po ok. 3 cm³ roztworu azotanu(V) srebra(I). Do każdej z nich dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami wodny roztwór amoniaku aż do całkowitego rozтворzenia się strąconego osadu. Na koniec do otrzymanego odczynnika Tollensa dodaj do probówki 1. ok. 1 cm³ roztworu propan-2-onu, a do probówki 2. – ok. 1 cm³ roztworu acetaldehydu. Probówki umieść w zlewkach z gorącą wodą (schemat).

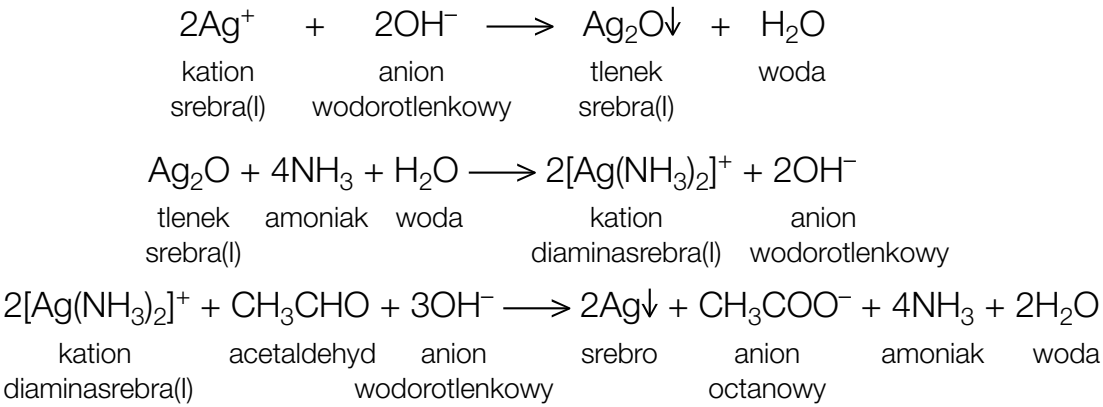


Obserwacje:

- ▶ **Probówka 1.** Po dodaniu roztworu ketonu do odczynnika Tollensa i ogrzaniu probówki nie widać oznak reakcji chemicznej.
- ▶ **Probówka 2.** Po dodaniu roztworu acetaldehydu do odczynnika Tollensa i ogrzaniu probówki na jej ściankach osadza się srebrna warstwa (fot. 22., s. 58).

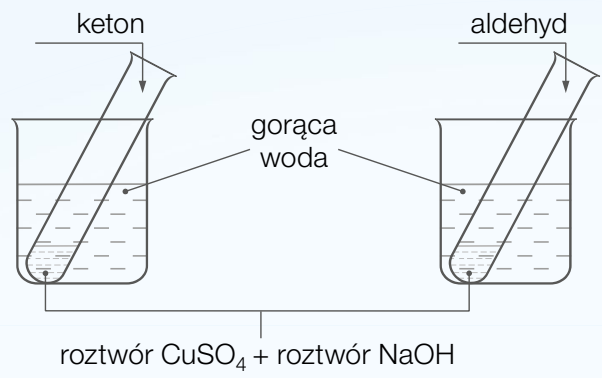
Wniosek: Propan-2-on nie reaguje z odczynnikiem Tollensa (probówka 1.) Acetaldehyd reaguje z odczynnikiem Tollensa (probówka 2.). Wynikiem tej reakcji chemicznej jest tzw. lustro srebrne powstające na ściankach probówki.

Zachodzące reakcje chemiczne przedstawiają równania:



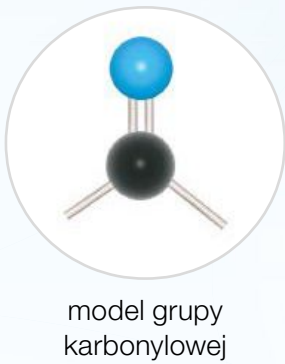
Próba Trommera

Ketony można odróżnić od aldehydów za pomocą próby Trommera. W próbie tej stosuje się **odczynnik Trommera**. Jest to **świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) Cu(OH)₂** w środowisku zasadowym.



Ketony

Ketony **nie reagują z odczynnikiem Trommera**, ponieważ w ich cząsteczkach grupa karbonylowa nie znajduje się na końcu łańcucha węglowego i nie jest połączona z atomem wodoru. **Rozerwanie wiązania C—C** między grupą karbonylową a atomem węgla w łańcuchu węglowym **wymaga dużej ilości energii**. Dlatego ketony **nie wykazują właściwości redukujących**.



! Próbę Trommera zawsze należy przeprowadzać w zlewce z gorącą wodą.

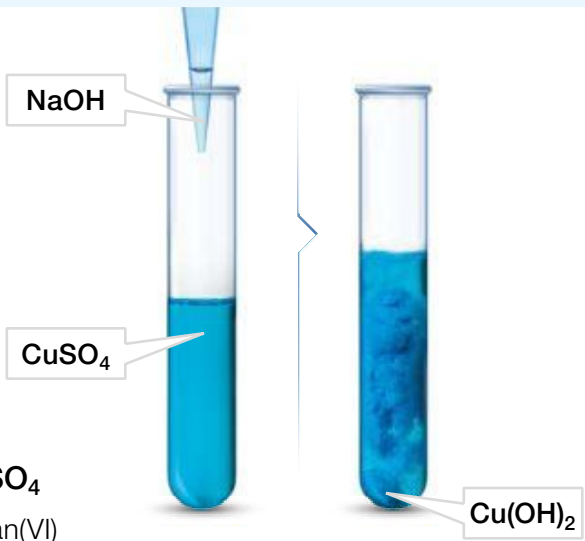
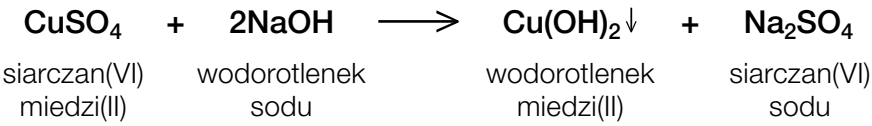


Czarny osad widoczny podczas przeprowadzania próby Trommera powstaje w wyniku **termicznego rozkładu wodorotlenku miedzi(II)**:



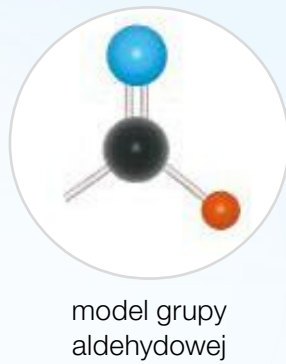
Przypomnij sobie – odczynnik Trommera

Świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) w środowisku zasadowym uzyskuje się w reakcji wodorotlenku sodu z siarczanem(VI) miedzi(II). **Środowisko zasadowe** otrzymuje się przez zastosowanie **nadmiaru wodorotlenku sodu NaOH** podczas strącania Cu(OH)₂.

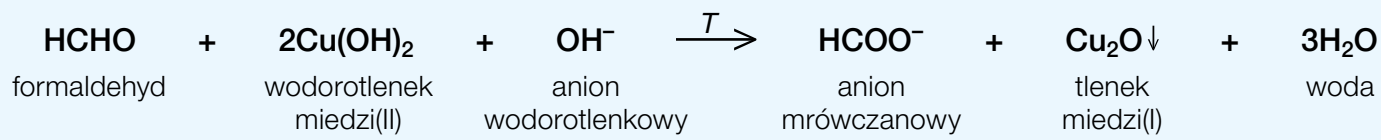


Aldehydy

Aldehydy **reagują z odczynnikiem Trommera**, ponieważ ich cząsteczki zawierają grupę karbonylową, która znajduje się na końcu łańcucha węglowego i jest połączona z atomem wodoru. **Rozerwanie wiązania C—H nie wymaga** tak **dużej ilości energii** jak rozerwanie wiązania C—C. Z tego względu **aldehydy wykazują właściwości redukujące**.



W próbie Trommera następuje **utlenienie aldehydu do soli kwasu karboksylowego** oraz **redukcja wodorotlenku miedzi(II) do tlenku miedzi(I)**. Ze względu na środowisko zasadowe powstaje anion kwasu karboksylowego, np.:



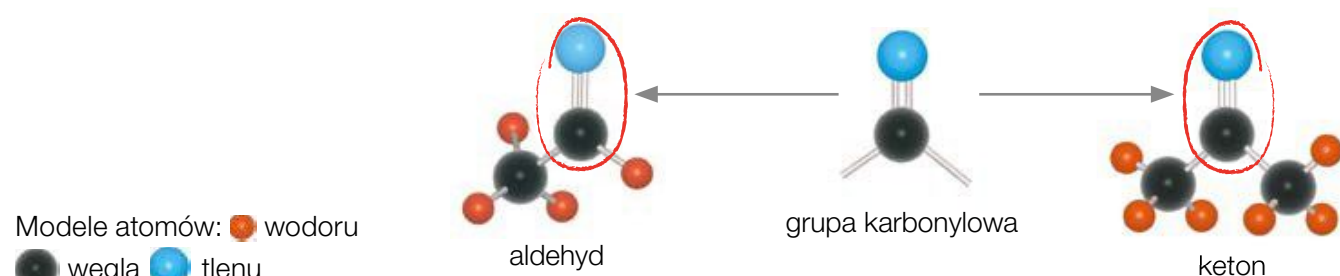
■ Porównanie właściwości aldehydów i ketonów

Pod względem właściwości fizycznych ketony są dość podobne do aldehydów (patrz tabela 9, s. 68), jednak różnią się od nich **reaktywnością** (tabela 10.).

Tabela 10. Porównanie aldehydów i ketonów

Nazwa grupy związków	Aldehydy	Ketony
Wzór ogólny	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ —R to atom wodoru, grupa węglowodorowa	$\begin{array}{c} \text{R}_1 \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R}_2 \end{array}$ —R₁ i —R₂ to grupy węglowodorowe
Wybrane sposoby otrzymywania	utlenianie alkoholi pierwszorzędowych łagodnym utleniaczem (np. CuO),	utlenianie alkoholi drugorzędowych (np. K ₂ Cr ₂ O ₇ w środowisku H ₂ SO ₄),
Próba Tollensa i próba Trommera	ulegają im (mają właściwości redukujące)	nie ulegają im (nie mają właściwości redukujących)
Przykład związku chemicznego	HCHO formaldehyd	CH ₃ COCH ₃ propan-2-on (aceton)

Grupa karbonylowa $\text{C}=\text{O}$ jest grupą funkcyjną ketonów i stanowi część grupy aldehydowej:



Jest na to sposób!

Jak nie pomylić próby Tollensa z próbą Trommera?

Spójrz na litery powtarzające się w nazwach prób i skojarz je z wynikiem doświadczeń.



próba Tollensa
lustro srebrne



próba Trommera
tlenek miedzi(II)

Zastosowania ketonów

Ketony są składnikami kompozycji zapachowych wielu perfum i stanowią nutę, która uwalnia się najdłużej. Najwięcej zastosowań w przemyśle ma jednak najprostszy z ketonów: propan-2-on (aceton).



przemysł
perfumeryjny



przemysł
tekstylny

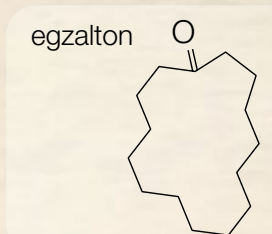
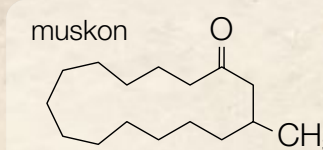
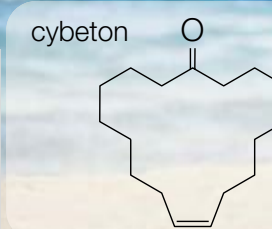


budownictwo



■ Przemysł perfumeryjny

Ze względu na trudności związane z pozyskiwaniem cybetonu i muskonu, wykorzystywanych do produkcji **perfum**, zastępuje się je syntetycznymi odpowiednikami – np. ketonem o nazwie egzalton.



■ Przemysł tekstylny

Lapachol jest jednym z **barwników** wykorzystywanych w produkcji sztucznych tkanin.



■ Budownictwo

Propan-2-on (aceton) stosuje się podczas remontów do odtłuszczania m.in. metalowych powierzchni przed malowaniem. Używa się go też do **czyszczenia** zabrudzonych narzędzi malarskich, np. **pędzli**.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Charakterystyczne zapachy **ketonów** wykorzystuje się m.in. podczas produkcji perfum. Przykładem może być 1-fenyletan-1-on (acetofenon), którego zapach przypomina zasuszone róże. Niestety, do otrzymania metodą laboratoryjną tego pięknie pachnącego związku chemicznego niezbędny jest rakotwórczy benzen.

► Wyszukaj i zaprezentuj

Jaka inna metoda otrzymywania acetofenonu nie wymaga użycia benzenu?



Ważne w temacie **Ketony**

1. Zapisuję nazwy ketonów na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór:

$$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{CH}-\text{CH}_3$$
- nazwa:
3-metylobutan-2-on

2. Rysuję wzory ketonów na podstawie ich nazw.

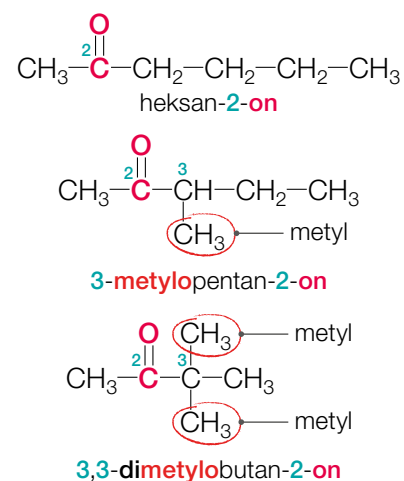
Na przykład:

- nazwa:
3-etylopentan-2-on
- wzór:

$$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$$

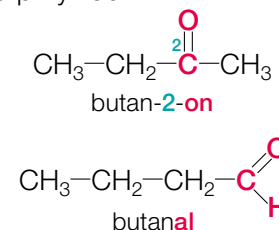
3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych ketonów.

Na przykład:



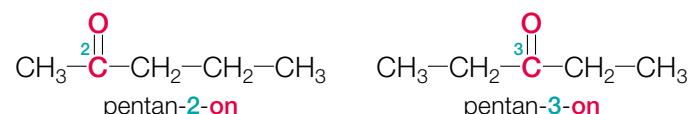
5. Rozpoznaję wzory izomerów funkcyjnych ketonów.

Na przykład:



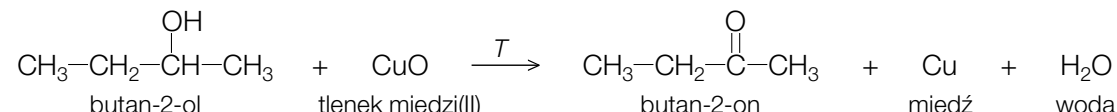
4. Rozpoznaję wzory izomerów położenia grupy funkcyjnej ketonów.

Na przykład:



6. Zapisuję równania reakcji otrzymywania ketonów.

Na przykład w wyniku utleniania butan-2-olu:



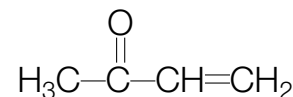
Zapamiętaj!

Ketony – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupę karbonylową $\text{C}=\text{O}$.**Izomery funkcyjne** – izomery, który mają taki sam wzór sumaryczny, ale zawierają w cząsteczkach inną grupę funkcyjną.

Zadania

ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE1. Ustal liczbę izomerów związanych z położeniem grupy funkcyjnej w heptanonie o wzorze sumarycznym $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$. Narysuj ich wzory strukturalne.

2. But-3-en-2-on to związek chemiczny o wzorze:

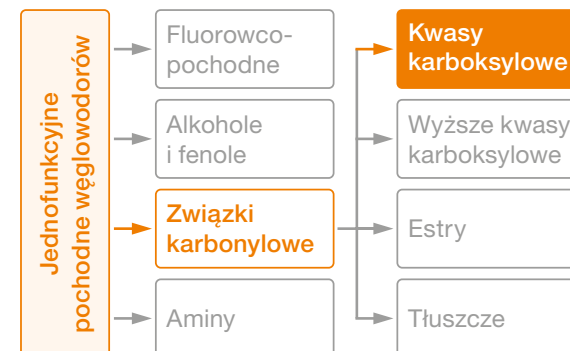


Oblicz, ile decymetrów sześciennych wodoru (odmierzonego w warunkach normalnych) należy dodać do tego związku chemicznego, aby otrzymać 1 kg butan-2-onu.

7 Kwasy karboksylowe

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: kwasy karboksylowe i grupa karboksylowa
- budowa kwasów karboksylowych
- zapisywanie wzorów i nazw kwasów karboksylowych
- izomery konstytucyjne kwasów karboksylowych
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają kwasy karboksylowe



Fot. 28. Jad mrówek ma odczyn kwasowy. Można go zobojętnić wodnym roztworem sody oczyszczonej.

Piekący ból po ugryzieniu mrówki (fot. 28.) jest skutkiem drażniących właściwości kwasu mrówkowego. Nazwy zwyczajowe kwasów karboksylowych (np. kwas mrówkowy) są częściej stosowane niż ich nazwy systematyczne. Te pierwsze pochodzą zwykle od miejsca występowania kwasów (tabela 11.).

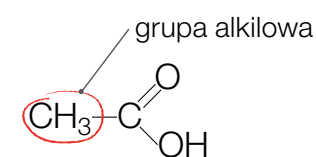
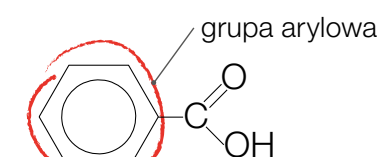
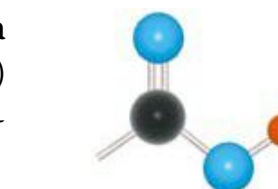
Tabela 11. Przykłady kwasów karboksylowych i ich występowanie

Kwas karboksylowy	Występowanie
kwas mrówkowy	jad mrówek
kwas octowy	ocet
kwas szczawiowy	szczaw
kwas masłowy	zjełczone masło

Budowa kwasów karboksylowych

Kwasy karboksylowe to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karboksylową** $-\text{COOH}$.

W cząsteczkach kwasów karboksylowych **grupa karboksylowa** jest połączona z **grupą alkilową** (alifatyczne kwasy karboksylowe) lub bezpośrednio z **grupą arylową** (aromatyczne kwasy karboksylowe). Na przykład:

alifatyczny
kwas karboksylowykwas octowy
(kwas etanowy)aromatyczny
kwas karboksylowykwas benzoesowy
(kwas benzenokarboksylowy)Model grupy
karboksylowejModele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

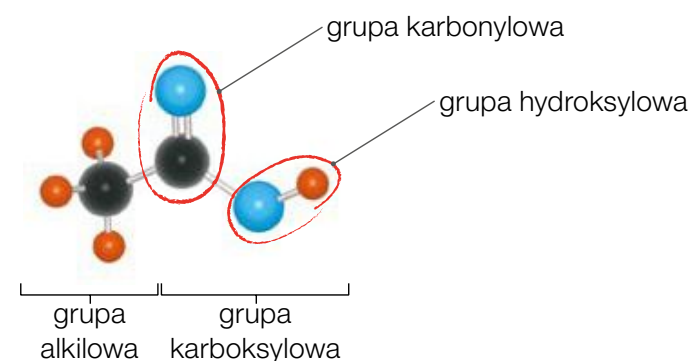
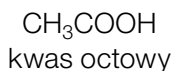
Grupa karbonylowa

→ patrz s. 50

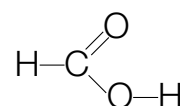
Grupa hydroksylowa

→ patrz s. 21

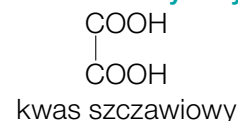
Grupa karboksylowa to **grupa funkcyjna kwasów karboksylowych**.
Jest zbudowana z dwóch grup: karbonylowej i hydroksylowej:

**Kwas monokarboksylowy**

Kwasy karboksylowe zawierające w cząsteczce jedną grupę $-\text{COOH}$ to **kwasy monokarboksylowe**. Najprostszy kwas monokarboksylowy zbudowany jest z atomu wodoru i grupy karboksylowej:



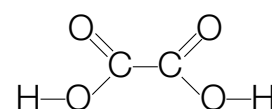
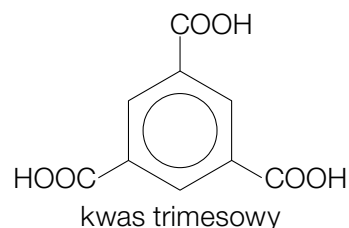
wzór strukturalny kwasu mrówkowego

Kwas dikarboksylowy

Istnieją również kwasy karboksylowe, które mają w cząsteczce więcej niż jedną grupę karboksylową. Przykładami takich związków chemicznych są:

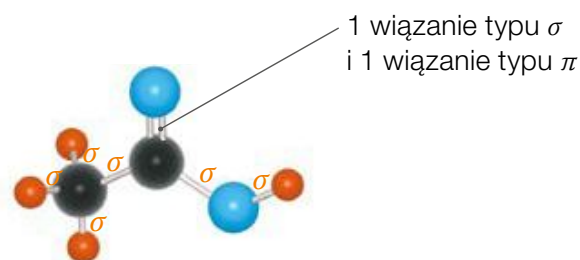
- ▶ **kwasy dikarboksylowe** (dwie grupy karboksylowe), np. kwas butanodiowy,
- ▶ **kwasy trikarboksylowe** (trzy grupy karboksylowe), np. kwas trimesowy.

Najprostszy kwas dikarboksylowy jest zbudowany z dwóch połączonych ze sobą grup karboksylowych:

Kwas trikarboksylowy

wzór strukturalny kwasu szczawiowego (kwasu etanodiowego)

W grupie karboksylowej jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ , a drugie – typu π . Pozostałe wiązania pojedyncze w cząsteczkach kwasów karboksylowych są wiązaniami typu σ :



model cząsteczki kwasu octowego

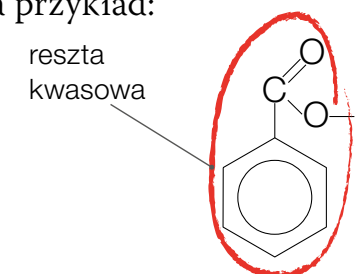
Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu

Nazewnictwo kwasów karboksylowych

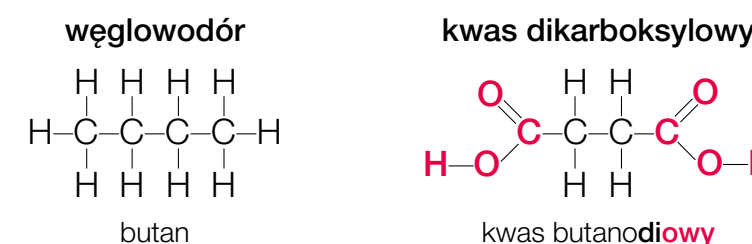
Nazwy **systematyczne** kwasów karboksylowych tworzy się przez dodanie do słowa „kwas” nazwy węglowodoru o odpowiedniej liczbie atomów węgla w cząsteczce, a następnie końcówki „-owy”. Podczas ustalania nazwy wyjściowego węglowodoru należy uwzględnić atom węgla z grupy karboksylowej. Na przykład:



Jeżeli nie można utworzyć nazwy systematycznej kwasu karboksylowego w opisany sposób, stosuje się inną metodę – dodaje się do słowa „kwas” nazwę odpowiedniego węglowodoru, literę „-o-” oraz końcówkę „-karboksylowy”. Na przykład:

kwas benzen**o**karboksylowy (kwas benzoesowy)

Nazwy kwasów karboksylowych mających więcej niż jedną grupę karboksylową rozpoczyna się od słowa „kwas”. Następnie podaje się nazwę węglowodoru o odpowiedniej liczbie atomów węgla w cząsteczce oraz literę „-o-”. Potem należy uwzględnić liczbę grup karboksylowych (dla dwóch grup karboksylowych „di-”, dla trzech – „tri-” itd.) i dodać końcówkę „-owy”. Na przykład:

**▶ Chemia w akcji**

Do usunięcia osadu (kamienia) (fot. 29.) można użyć octu i wody. Należy zmieszać ocet z wodą w proporcji 1 : 1, nasączyć tym roztworem ścierkę i położyć ją na miejscu wymagającym oczyszczenia. Po 15 minutach wystarczy przetrzeć powierzchnię i opłukać ją wodą. Zawarty w occie kwas octowy reaguje z osadem według równania:



Fot. 29. Ocet rozpuszcza osad (kamień).



■ Szereg homologiczny kwasów karboksylowych

Kwasy karboksylowe tworzą różne szeregi homologiczne. Jeden z nich składa się z nasyconych kwasów alifatycznych zawierających w cząsteczce jedną grupę karboksylową –COOH. W tabeli 12. został przedstawiony właśnie ten szereg homologiczny kwasów alifatycznych. Pierwszy w tym szeregu homologicznym jest kwas mrówkowy. Każdy kolejny związek chemiczny ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru (jedną grupę –CH₂–) więcej niż poprzedni.

Tabela 12. Szereg homologiczny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa*	Wzór				
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy	szkieletowy
1	kwas metanowy (kwas mrówkowy)	CH ₂ O ₂		H–COOH	HCOOH	
2	kwas etanowy (kwas octowy)	C ₂ H ₄ O ₂		CH ₃ –COOH	CH ₃ COOH	
3	kwas propanowy (kwas propionowy)	C ₃ H ₆ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –COOH	CH ₃ CH ₂ COOH	
4	kwas butanowy (kwas masłowy)	C ₄ H ₈ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –COOH	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	
5	kwas pentanowy (kwas walerianowy)	C ₅ H ₁₀ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –COOH	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	
6	kwas heksanowy (kwas kapronowy)	C ₆ H ₁₂ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –COOH	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	
7	kwas heptanowy (kwas enantowy)	C ₇ H ₁₄ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –COOH	CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	
8	kwas oktanowy (kwas kaprylowy)	C ₈ H ₁₆ O ₂		CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –COOH	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	

* W tabeli 12. pogrubiono nazwy zalecane przez IUPAC.

■ Wzór ogólny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych można wyprowadzić **wzór ogólny tych kwasów karboksylowych**:

R–COOH

 lub

C_nH_{2n+1}COOH

gdzie:
–R to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (alkilowa),
–COOH to grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna,
n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; *n* ≥ 0.

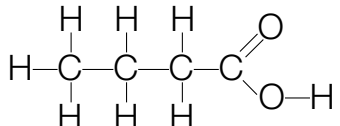
Przykład 5.

Plan rozwiązywania

- 1 Napisz wzór ogólny kwasów karboksylowych.
- 2 Określ wartość liczby n .
- 3 Podstaw wartość liczby n do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru w grupie alkilowej.
- 4 Napisz wzór sumaryczny kwasu karboksylowego.
- 5 Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy kwasu karboksylowego na podstawie jego wzoru sumarycznego.

Jak ustalić wzory kwasu karboksylowego na podstawie jego nazwy?

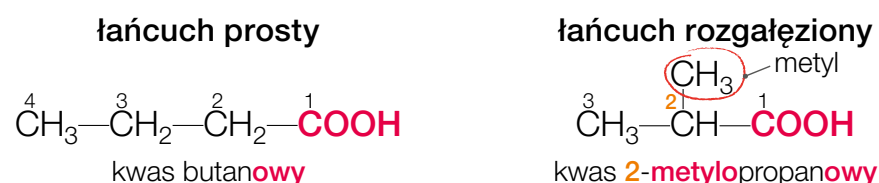
Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy kwasu butanowego.

- 1 Wzór ogólny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych, do których należy kwas butanowy, to: $C_nH_{2n+1}COOH$.
- 2 Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w grupie alkilowej kwasu karboksylowego. Kwas butanowy jest pochodną butanu, który ma cztery atomy węgla w cząsteczce. Jeden atom węgla wchodzi w skład grupy karboksylowej $-COOH$, zatem $n = 3$.
- 3 $C_3H_2 \cdot 3 + 1 COOH$ C_3H_7COOH
- 4 Wzór sumaryczny: $C_4H_8O_2$
- 5 Kwas butanowy jest nasyconym kwasem karboksylowym.
Wzór strukturalny:

Wzór półstrukturalny:
 $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$
Wzór grupowy:
 $CH_3(CH_2)_2COOH$

Izomery kwasów karboksylowych

Kwasy karboksylowe mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe**, **izomery położenia** oraz **izomery funkcyjne**.

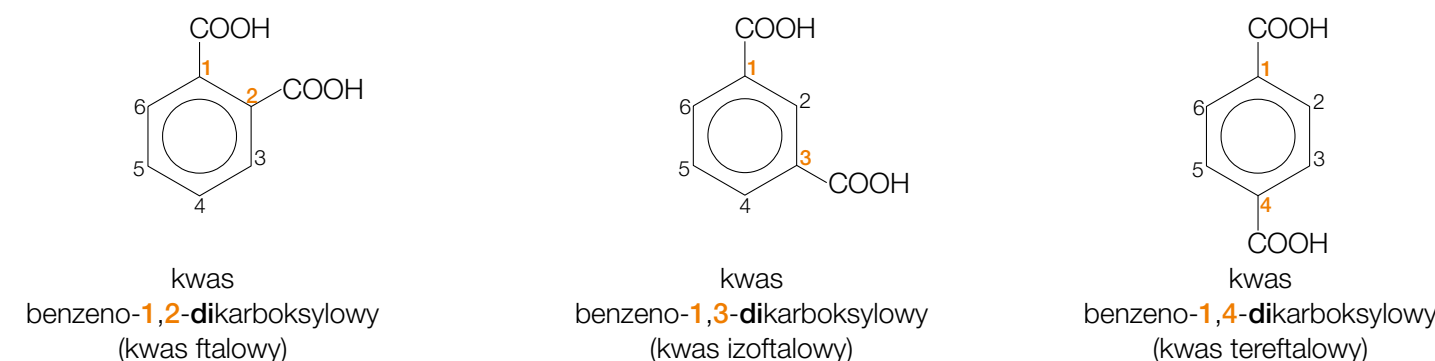
Przykładem **izomerów szkieletowych**, które różnią się budową łańcucha węglowego, są kwasy o wzorze sumarycznym $C_4H_8O_2$. W nazwie izomeru o łańcuchu rozgałęzionym należy podać **lokant** atomu węgla, z którym połączony jest podstawnik. **Numerowanie atomów węgla** trzeba zacząć **od atomu węgla grupy karboksylowej**:



Nienasycone kwasy karboksylowe, których cząsteczki zawierają więcej niż trzy atomy węgla, tworzą **izomery położenia wiązania wielokrotnego**. W nazwach tych izomerów należy uwzględnić położenie wiązania wielokrotnego w cząsteczce, czyli podać lokant atomu węgla, który jako pierwszy bierze udział w tworzeniu wiązania wielokrotnego:



Izomery położenia grupy funkcyjnej tworzą m.in. aromatyczne kwasy karboksylowe, które mają w cząsteczce dwie grupy karboksylowe:



Izomery funkcyjne kwasów karboksylowych poznasz w temacie *Estry*, s. 107.

Zmiana właściwości w szeregu homologicznym alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach kwasów karboksylowych wzrastają ich temperatury wrzenia.

Temperatury topnienia kwasów karboksylowych zmieniają się w zależności od liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 13.).

W temperaturze pokojowej pierwsze trzy alifatyczne nasycone kwasy monokarboksylowe, czyli kwasy: mrówkowy, octowy i propanowy, są cieczami dobrze rozpuszczalnymi w wodzie.

Tabela 13. Temperatury topnienia i wrzenia wybranych kwasów karboksylowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór	Temperatura		Stan skupienia*
		topnienia, °C	wrzenia, °C	
1	kwas mrówkowy $HCOOH$	8,3	100,7	ciecz
2	kwas octowy CH_3COOH	16,6	117,9	ciecz
3	kwas propanowy CH_3CH_2COOH	-20,7	141,0	ciecz
4	kwas butanowy $CH_3(CH_2)_2COOH$	-4,3	163,3	oleista ciecz
5	kwas pentanowy $CH_3(CH_2)_3COOH$	-33,8	186,3	oleista ciecz
6	kwas heksanowy $CH_3(CH_2)_4COOH$	-3,9	205,8	oleista ciecz
7	kwas heptanowy $CH_3(CH_2)_5COOH$	-7,3	223,0	oleista ciecz
8	kwas oktanowy $CH_3(CH_2)_6COOH$	16,5	239,7	oleista ciecz

* W temperaturze 25 °C

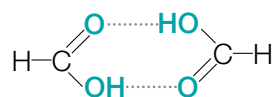
Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Kwasy karboksylowe od kwasu butanowego $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ aż do kwasu dekanowego $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ to oleiste ciecze, które trudno rozpuszczają się w wodzie. Nasycone kwasy karboksylowe, które mają co najmniej 11 atomów węgla w cząsteczce, są nierozpuszczalnymi w wodzie substancjami stałymi.

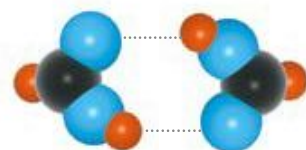
Im więcej atomów węgla tworzy grupę alkilową w cząsteczce kwasu karboksylowego, tym mniejsza jest rozpuszczalność tego kwasu w wodzie. Moc kwasu (czyli jego zdolność do odłączenia kationu wodoru od cząsteczki kwasu w roztworze wodnym) **zmniejsza się wraz z wydłużaniem się łańcucha węglowego.**

Między cząsteczkami kwasów karboksylowych powstają dodatkowo wiązania wodorowe (rys. 8.) i wówczas do rozdzielania takich cząsteczek jest potrzebna wyższa energia. Dlatego temperatury wrzenia kwasów karboksylowych są wyższe niż temperatury wrzenia alkanów o zbliżonych masach cząsteczkowych.

Wiązania wodorowe między cząsteczkami kwasu mrówkowego



Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu



kwas mrówkowy

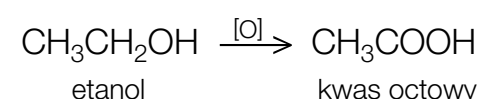
Rys. 8. Wiązania wodorowe między cząsteczkami kwasu mrówkowego.

■ Otrzymywanie kwasów karboksylowych

W warunkach laboratoryjnych kwasy karboksylowe otrzymuje się w **reakcjach utleniania alkoholi pierwszorzędowych i aldehydów**. Aby uzyskać kwas karboksylowy z alkoholu pierwszorzędowego, niezbędna jest obecność silnego utleniacza, np. dichromianu(VI) potasu $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ lub manganianu(VII) potasu KMnO_4 .

Ogólny zapis otrzymywania kwasu octowego w wyniku utleniania etanolu ma postać:

[O] oznaczenie utleniacza

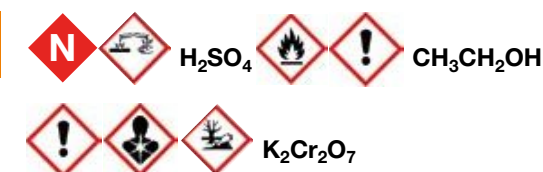


► Chemia w akcji

Ocet winny wytwarza się z wina w procesie fermentacji octowej. Stężenie roztworu kwasu octowego w occie wynosi od 6 % do 10 %. Ocet winny stosuje się jako przyprawę (fot. 30.). Ten pochodzący z wina czerwonego wykorzystuje się do marynowania wołowiny, cielęciny czy jagnięciny oraz do sałatek z czerwonych warzyw.

Fot. 30. Białego octu winnego używa się głównie do przyprawiania sałatek i surówek.

Doświadczenie 9.

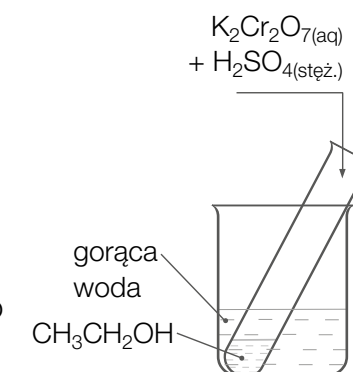


Badanie zachowania alkoholu pierwszorzędowego wobec silnego utleniacza

Odczynniki: etanol, wodny roztwór dichromianu(VI) potasu, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, probówka, pipety.

Instrukcja: Nalej etanolu do probówki (do $\frac{1}{4}$ jej wysokości). Dodaj dwie krople dichromianu(VI) potasu i jedną kroplę stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI). Umieść probówkę w zlewce z gorącą wodą (schemat).



! Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4 .



Obserwacje:

Roztwór w probówce zmienił barwę z pomarańczowej na granatowo-zieloną (fot. 31.).

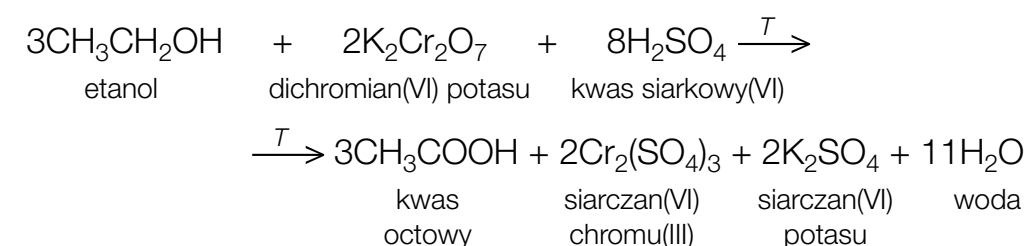
Wyczuwalny jest zapach octu.



Fot. 31. Zmiana barwy roztworu świadczy o tym, że zaszła reakcja chemiczna.

Wniosek: Etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ pod wpływem silnego utleniacza – dichromianu(VI) potasu $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – utlenia się do kwasu octowego CH_3COOH .

Zachodzącą reakcję chemiczną przedstawia równanie:



Właściwości alifatycznych nasyconych kwasów karboksylowych

Moc kwasu to zdolność do odłączenia kationu wodoru od cząsteczki kwasu w roztworze wodnym.



Kwas mrówkowy powoduje oparzenia, a jego opary drażnią błony śluzowe.

Doświadczenie 10.



Badanie właściwości kwasów mrówkowego i octowego

Odczynniki: kwas mrówkowy, kwas octowy, woda destylowana.

Szkló i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżki do spalań, palnik gazowy, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: Do probówki 1. wlej ok. 2 cm³ kwasu mrówkowego, a do probówki 2. – ok. 2 cm³ kwasu octowego. Określ stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach obu kwasów. Następnie do obu probówek wlej wodę destylowaną i zbadaj rozpuszczalność obu kwasów w wodzie. Potem określ odczyn ich wodnych roztworów za pomocą uniwersalnych papierków wskaźnikowych. Łyżkę do spalań z kwasem mrówkowym umieść w płomieniu palnika (schemat). Powtórz tę czynność z wykorzystaniem kwasu octowego.



Obserwacje:



Kwas mrówkowy i kwas octowy to bezbarwne ciecze.



Kwas mrówkowy ma charakterystyczny ostry zapach, a kwas octowy – zapach octu.

ciąg dalszy doświadczenia na s. 85



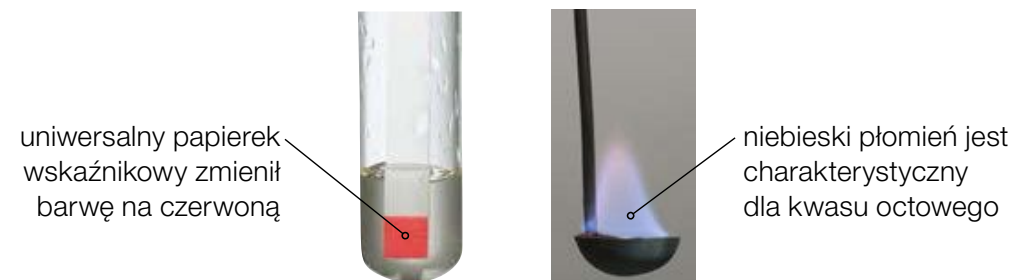
Chemia w akcji

To z owoców jarzębiny (fot. 32.) otrzymano po raz pierwszy kwas sorbowy. Ma on (oraz jego sole) szczególną właściwość, którą wykorzystuje się podczas produkcji serów – przy pH 3–6 hamuje rozwój pleśni oraz drożdży, a jednocześnie nie wpływa znacząco na bakterie, zwłaszcza bakterie kwasu mlekowego.

Fot. 32. Obecnie nie używa się już owoców jarzębiny do przemysłowej produkcji kwasu sorbowego.

początek doświadczenia na s. 84

- Uniwersalne papierki wskaźnikowe zanurzone w wodnych roztworach kwasów barwią się na czerwono (fot. 33.).
- Badane kwasy karboksylowe spalają się niebieskim płomieniem (fot. 33.).

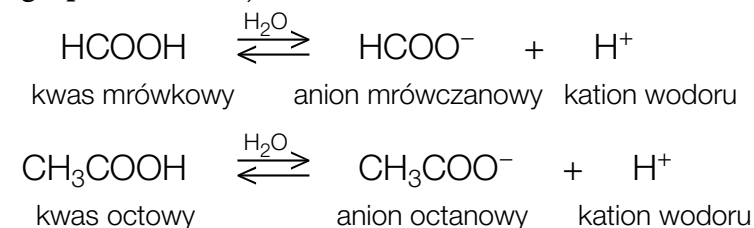


Fot. 33. Badanie odczynu kwasu mrówkowego i spalania kwasu octowego.

Wniosek:

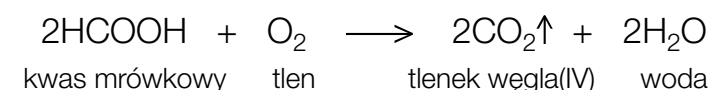
- Kwasy mrówkowy i octowy dobrze rozpuszczają się w wodzie – tworzą mieszaniny jednorodne.
- Roztwory kwasów mrówkowego i octowego mają odczyn kwasowy, czyli ich pH < 7.
- Kwas mrówkowy i kwas octowy są palne.

Kationy wodoru H⁺ powstające w wyniku dysocjacji elektrolitycznej badanych kwasów decydują o odczynie kwasowym ich roztworów. Proces dysocjacji elektrolitycznej kwasów mrówkowego i octowego przedstawiają równania:

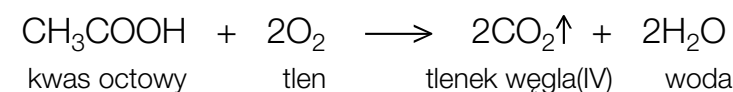


$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$
 oznaczenie dysocjacji
 odwracalnej

Równania reakcji spalania całkowitego kwasów mrówkowego i octowego:



spalanie całkowite



spalanie całkowite

Reakcje kwasów karboksylowych

Kwasy organiczne (np. CH₃COOH), podobnie jak kwasy nieorganiczne (np. HCl_(aq)), **reagują z metalami aktywnymi chemicznie, tlenkami metali, wodorotlenkami i solami słabszych kwasów. Jednym z produktów takich reakcji chemicznych są sole.** Reakcje kwasów nieorganicznych opisane zostały w części 1. podręcznika *NOWA To jest chemia*.

Doświadczenie 11.



Reakcja kwasu octowego z magnezem

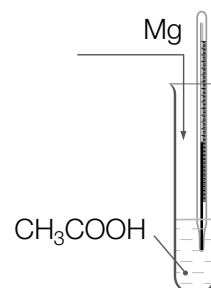
Odczynniki: roztwór kwasu octowego, wiórki magnezu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łyżka do odczynników, łuczywo, zapalniczka, łapa, statyw, termometr.

Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm³ wodnego roztworu kwasu octowego, a następnie umieść probówkę w łapie przymocowanej do statywu. Zbadaj temperaturę roztworu termometrem.

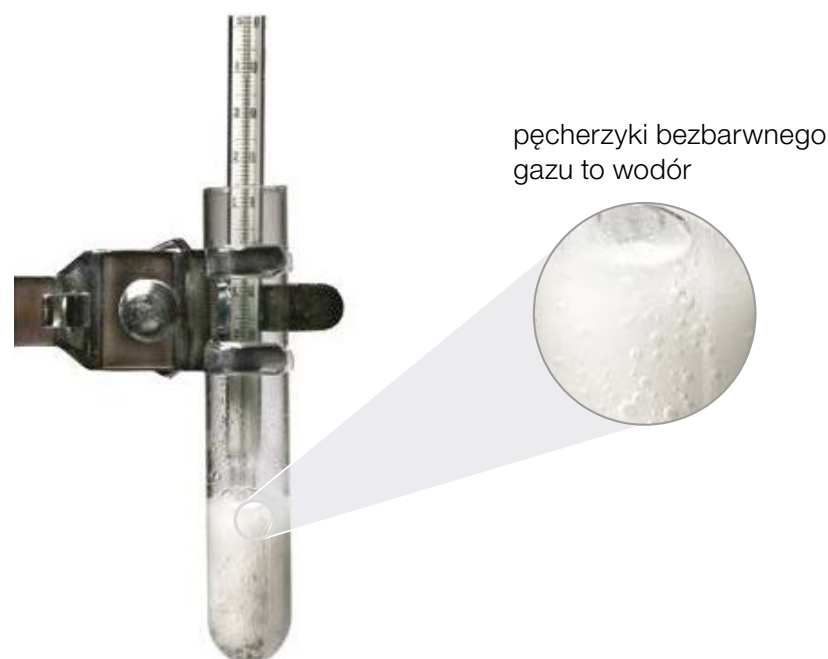
Wrzuć wiórki magnezu (schemat).

Sprawdź temperaturę zawartości probówki. Zapal łuczywo i zbliż je do wylotu probówki umieszczonej w statywie.

**Obserwacje:**

Wiórki magnezu zanikają, wydzielają się pęcherzyki bezbarwnego gazu (fot. 34.). Temperatura na termometrze wzrasta.

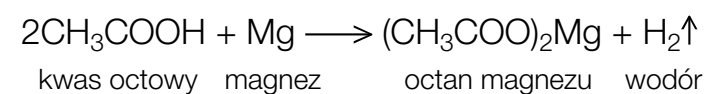
Wydzielający się z probówki gaz spala się z charakterystycznym dźwiękiem przypominającym szczeknięcie.



Fot. 34. Reakcja kwasu octowego z magnezem.

Wniosek: Kwas octowy reaguje z magnezem. Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest wodór. Ogrzanie się zawartości probówki oznacza, że zaszła reakcja egzoenergetyczna.

Zachodzącą reakcję chemiczną przedstawia równanie:



Doświadczenie 12.

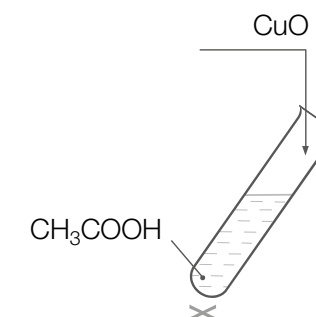


Reakcja kwasu octowego z tlenkiem miedzi(II)

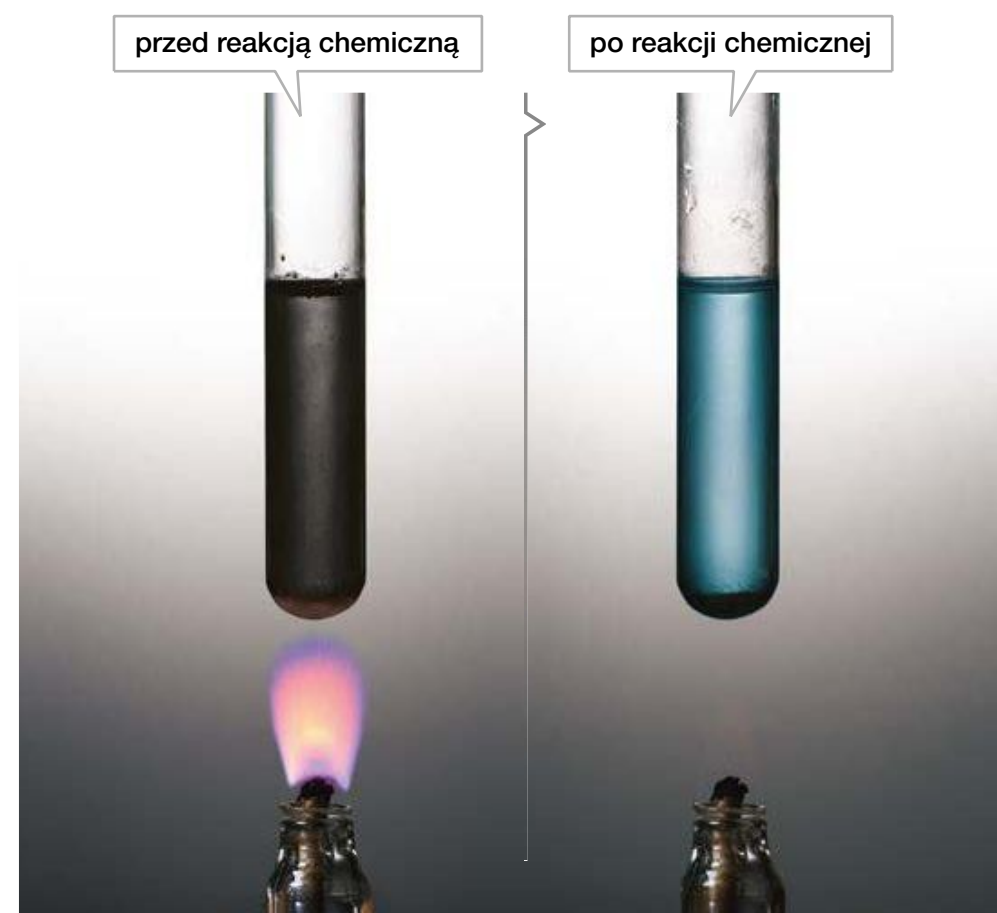
Odczynniki: roztwór kwasu octowego o stężeniu 10 %, stały tlenek miedzi(II).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łyżka do odczynników, łapa metalowa lub drewniana, palnik gazowy.

Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm³ roztworu kwasu octowego, a następnie dodaj niewielką ilość tlenku miedzi(II). Probówkę ogrzewaj w płomieniu palnika (schemat).

**Obserwacje:**

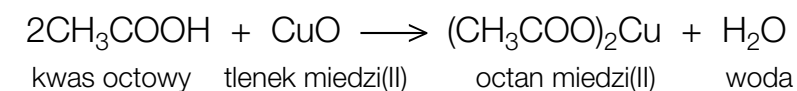
Po zakończeniu ogrzewania nie widać w probówce czarnego proszku, a roztwór zabarwił się na niebiesko (fot. 35.).



Fot. 35. Reakcja kwasu octowego z tlenkiem miedzi(II).

Wniosek: Kwas octowy reaguje z tlenkiem miedzi(II) CuO. Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest rozpuszczalna w wodzie sól – octan miedzi(II).

Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:



Doświadczenie 13.

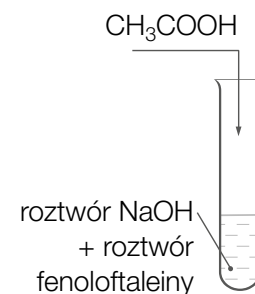
 CH_3COOH , NaOH

Reakcja kwasu octowego z wodorotlenkiem sodu

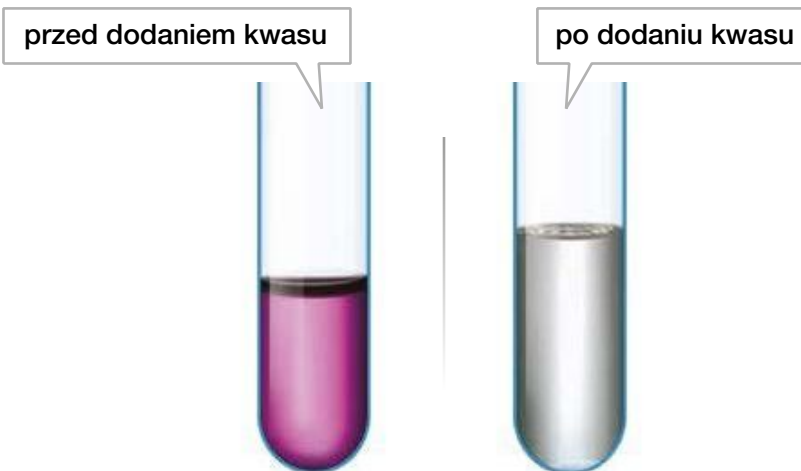
Odczynniki: roztwory o stężeniu 10 % kwasu octowego i wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny.

Szkoło i sprzęt laboratoryjny: probówka, pipeta.

Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm³ roztworu wodorotlenku sodu i dodaj kilka kropli roztworu fenoloftaleiny. Następnie do probówki dodawaj kroplami roztwór kwasu octowego (schemat).


Obserwacje:

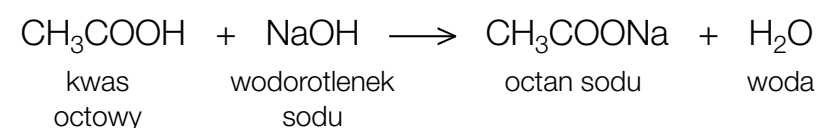
Roztwór wodorotlenku sodu po dodaniu roztworu fenoloftaleiny zabarwił się na malinowo, a po dodaniu kwasu octowego odbarwił się (fot. 36.).



Fot. 36. Reakcja kwasu octowego CH_3COOH z wodorotlenkiem sodu NaOH .

Wniosek: Kwas octowy reaguje z wodorotlenkiem sodu.

Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:



► **Chemia w akcji**

Jad mrówek zawiera kwas mrówkowy HCOOH . Jego odczyn kwasowy można zneutralizować okładem z wodnym roztworem sody oczyszczonej.

Jad os (fot. 37.) i szerszeni ma odczyn zasadowy. W przypadku żądlenia przez nie należy położyć okład z wodnym roztworem kwasu cytrynowego lub octu.

Fot. 37. Osy wprowadzają jad do organizmu człowieka przez użądlenie.

Doświadczenie 14.

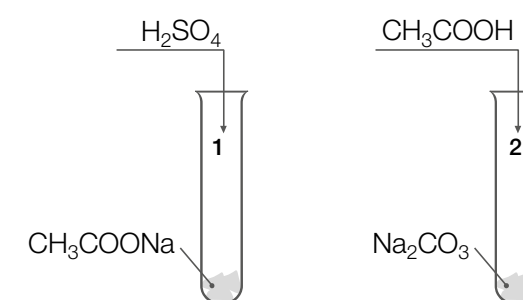
 CH_3COOH , H_2SO_4  Na_2CO_3

Porównanie mocy kwasów: octowego, węglowego i siarkowego(VI)

Odczynniki: roztwory o stężeniu 10 % kwasu octowego i kwasu siarkowego(VI), octan sodu, węglan sodu.

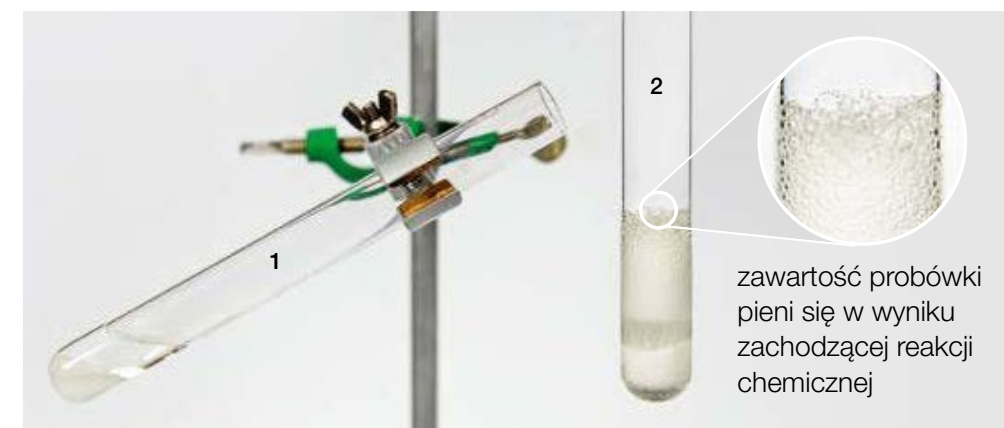
Szkoło i sprzęt laboratoryjny: probówki, pipety, łyżka do odczynników, łapa metalowa lub drewniana.

Instrukcja: Do probówki 1. wsyp niewielką ilość octanu sodu, a do probówki 2. – niewielką ilość węglanu sodu. Następnie do probówki 1. dodaj 3 cm³ roztworu kwasu siarkowego(VI), a do probówki 2. – 3 cm³ roztworu kwasu octowego (schemat).


Obserwacje:

Probówka 1. Z probówki wydziela się intensywny zapach octu.

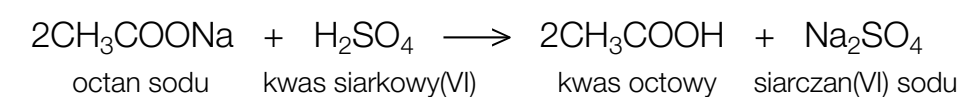
Probówka 2. Zawartość probówki mocno się pieni (fot. 38.).



Fot. 38. Porównanie mocy kwasów organicznych i nieorganicznych.

Wniosek: Kwas octowy jest słabszym kwasem od kwasu siarkowego(VI) – kwas siarkowy(VI) wypiera kwas octowy z roztworu jego soli. Kwas octowy jest mocniejszym kwasem od kwasu węglowego, ponieważ wypiera go z roztworu jego soli.

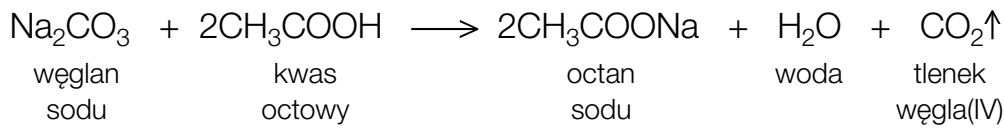
Równania zachodzących reakcji chemicznych:

Probówka 1.

ciąg dalszy doświadczenia na s. 90

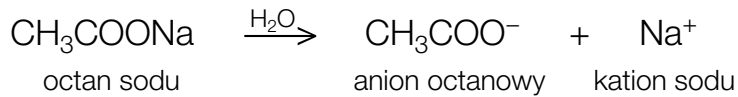
początek doświadczenia na s. 89

Probówka 2.

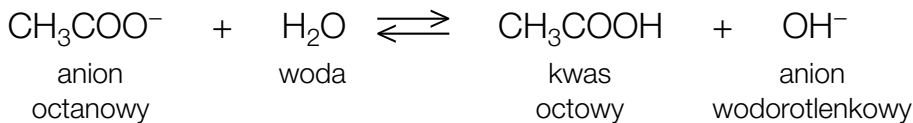


Kwas węglowy jest nietrwały – rozkłada się na tlenek węgla(IV) i wodę.

Wodny roztwór, otrzymany w doświadczeniu 14., s. 89, octanu sodu (probówka 2.) ma **odczyn zasadowy**. Dysocjacja elektrolityczna CH₃COONa przebiega zgodnie z równaniem:



Jony CH₃COO⁻ reagują z wodą zgodnie z równaniem:



Aniony wodorotlenkowe OH⁻ odpowiadają za **odczyn zasadowy** roztworu (fot. 39.).



Fot. 39. Zielona barwa uniwersalnego papierka wskaźnikowego świadczy o odczynie zasadowym roztworu.

CH₃COONa to **sól słabego kwasu** CH₃COOH i **mocnej zasady** NaOH.

Nazwy soli kwasów karboksylowych

Nazwy **systematyczne** soli kwasów karboksylowych (tabela 14.) tworzy się, dodając do nazwy węglowodoru, od którego pochodzi kwas, końcówkę „-ian” i nazwę metalu podaną w dopełniaczu. Gdy metal tworzy związki chemiczne na więcej niż jednym stopniu utlenienia, podaje się jego wartość w nawiasie po nazwie metalu, np. etan**ian** miedzi(II).

Często stosuje się też **nazwy zwyczajowe** soli kwasów karboksylowych, np. octan magnezu.

Tabela 14. Nazwy wybranych soli kwasów karboksylowych

Wzór kwasu karboksylowego	Nazwa kwasu karboksylowego	Nazwa soli
CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	kwas butanowy	butan ian
CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	kwas pentanowy	pentan ian

Zastosowania kwasów karboksylowych

Kwas octowy jest stosowany jako rozpuszczalnik podczas otrzymywania kwasu benzeno-1,4-dikarboksylowego. Ten ostatni kwas wykorzystuje się do produkcji poli(tereftalanu etylenu) (PET), z którego wykonane są butelki. Natomiast właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne kwasu benzoesowego znajdują zastosowanie w maściach do twarzy.



przemysł kosmetyczny



przemysł spożywczy



medycyna

Przemysł kosmetyczny

Kwas azelainowy (kwas nonanodiowy), ze względu na działanie przeciwzapalne i antybakteryjne, wykorzystuje się jako składnik **peelingów** oczyszczających skórę. Stosowany jest też w kremach rozjaśniających przebarwienia.



Przemysł spożywczy

Kwas benzoesowy (oznaczany numerem E 210), kwas mrówkowy (kwas metanowy – E 236) i kwas octowy (kwas etanowy – E 260) są używane jako substancje konserwujące, np. **napoje gazowane** i soki owocowe.

Medycyna

Kwas cynamonowy wykorzystuje się do produkcji acemetacyny – **niesteroidowego leku przeciwzapalnego (NLP)**, który stosuje się głównie do uśmierzania bólu związanego z przewlekłym zapaleniem mięśni i ścięgien, a także chorobą zwyrodnieniową stawów. Ma on także właściwości przeciwgrzybiczne i przeciwbakteryjne.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Kwas octowy jest wykorzystywany w procesie konserwacji żywności, ponieważ środowisko kwasowe hamuje rozwój szkodliwych mikroorganizmów. Przetworzona w ten sposób żywność ma dłuższy okres przydatności do spożycia. Warzywa można marynować w zalewie z wody, roztworu kwasu octowego o stężeniu 10 %, cukru, soli i przypraw.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie znasz inne sposoby konserwacji żywności?



Ważne w temacie **Kwasy karboksylowe**

1. Zapisuję nazwy kwasów karboksylowych na podstawie ich wzorów.

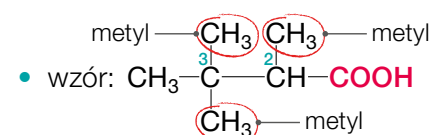
Na przykład:

- wzór: $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- nazwa: kwas **3-metylobutanowy**

2. Rysuję wzory kwasów karboksylowych na podstawie ich nazw.

Na przykład:

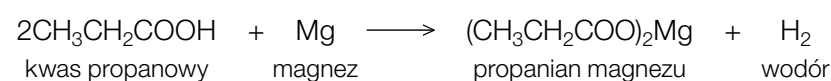
- nazwa: kwas **2,3,3-trimetylobutanowy**

**Kwasy karboksylowe**

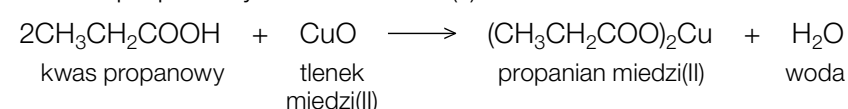
5. Zapisuję równania reakcji, którym ulegają kwasy karboksylowe.

Na przykład równanie reakcji:

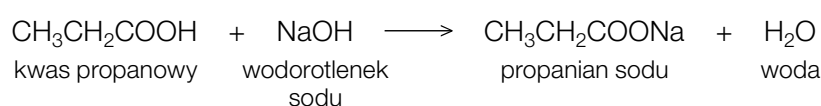
- kwas propanowy + magnez:



- kwas propanowy + tlenek miedzi(II):

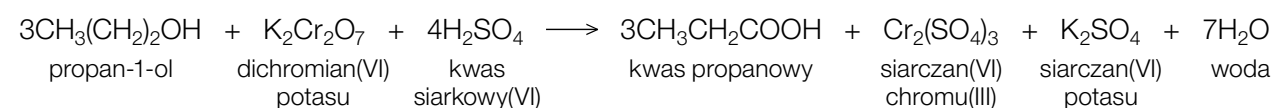


- kwas propanowy + wodorotlenek sodu:



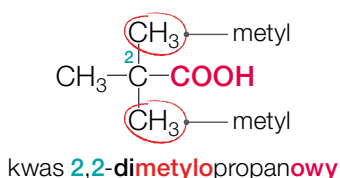
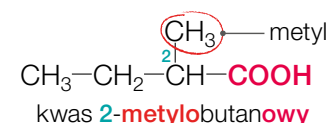
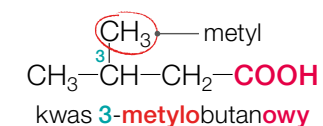
4. Zapisuję równania reakcji otrzymywania kwasów karboksylowych.

Na przykład w wyniku utleniania propan-1-olu:



3. Rozpoznaję wzory izomerów szkieletowych kwasów karboksylowych.

Na przykład:



Zapamiętaj!

Kwasy karboksylowe – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które mają w cząsteczce grupę karboksylową o wzorze $-\text{COOH}$.

Grupa karboksylowa – grupa funkcyjna kwasów karboksylowych zbudowana z dwóch grup: karbonylowej i hydroksylowej.

Zadania

ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

1. Narysuj wzory półstrukturalne kwasów karboksylowych o podanych nazwach.

- a) kwas mrówkowy b) kwas butanowy c) kwas propanowy

2. Napisz nazwy systematyczne i zwyczajowe kwasów karboksylowych o podanych wzorach.

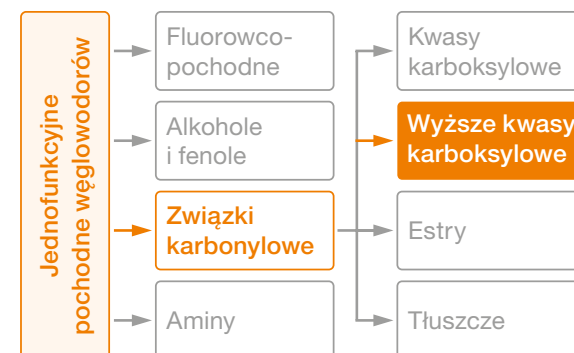
- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ b) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ c) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$

3. Napisz, jakie zabarwienie przyjmują wskaźniki kwasowo-zasadowe: roztwór fenoloftaleiny, roztwór oranżu metylowego i uniwersalny papierek wskaźnikowy, w roztworze wodnym kwasu octowego.

8 Wyższe kwasy karboksylowe

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: wyższe kwasy karboksylowe, kwasy tłuszczowe, fragment hydrofobowy, fragment hydrofilowy
- budowa wyższych kwasów karboksylowych
- zapisywanie wzorów i nazw wyższych kwasów karboksylowych
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają wyższe kwasy karboksylowe



Fot. 40. Stearyna to mieszanina kwasów palmitynowego i stearynowego.

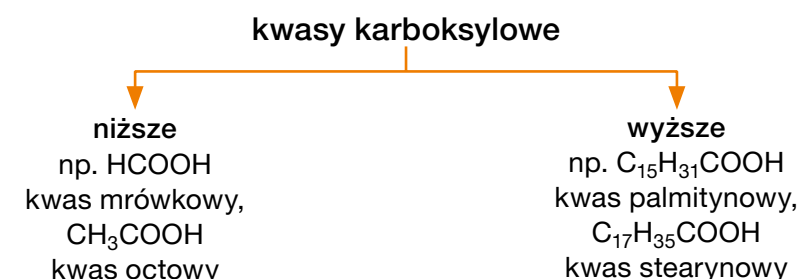
Stearyna, z której wytwarza się świece (fot. 40.), to mieszanina wyższych kwasów karboksylowych. Jednym z jej składników jest kwas stearynowy, używany też do produkcji kosmetyków, m.in. szamponów.

■ Podział kwasów karboksylowych

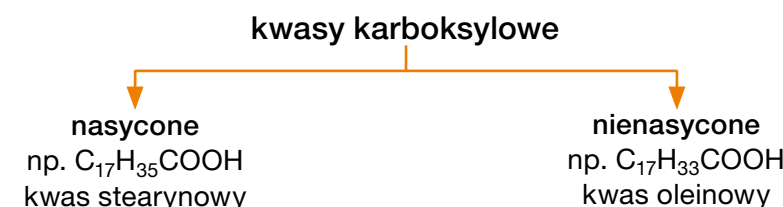
Kwasy karboksylowe, należące do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów, można podzielić m.in. ze względu na:

Kwasy karboksylowe
→ patrz s. 75

- długość łańcucha węglowego:



- rodzaj wiązań występujących między atomami węgla:



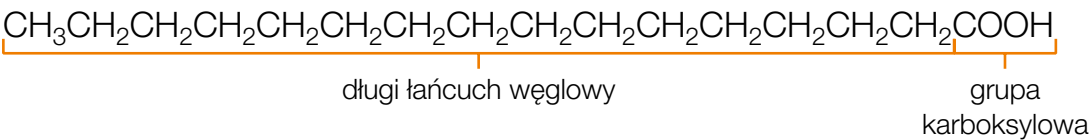
► Chemia w akcji

W butelce oleju słonecznikowego (fot. 41.) znajdziesz kwas linolowy. To nienasycony kwas tłuszczowy, który nie jest wytwarzany przez organizm, więc powinien być składnikiem naszej diety.

Fot. 41. Oprócz kwasu linolowego nasiona słonecznika zawierają m.in. witaminy A i D.

Budowa wyższych kwasów karboksylowych

Wyższe kwasy karboksylowe to kwasy karboksylowe, które w cząsteczkach zawierają grupę karboksylową oraz długie łańcuchy węglowe:



Wyższe kwasy karboksylowe, które występują naturalnie w tłuszczach, to kwasy tłuszczowe.

Kwasy tłuszczowe

Kwasy tłuszczowe mają w cząsteczkach parzystą liczbę atomów węgla (tabela 15.). Przykładami takich kwasów są:

- ▶ kwas palmitynowy,
- ▶ kwas oleinowy,
- ▶ kwas stearynowy.

Tabela 15. Przykłady kwasów tłuszczowych

Nazwa zwyczajowa	Nazwa systematyczna	Wzór
kwas palmitynowy	kwas heksadekanowy	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
kwas stearynowy	kwas oktadekanowy	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
kwas oleinowy	kwas (9Z)-oktadec-9-enowy	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ¹⁰ =CH ⁹ (CH ₂) ₇ COOH

Właściwości wyższych kwasów karboksylowych

Wyższe kwasy karboksylowe, w przeciwieństwie do niższych kwasów karboksylowych, praktycznie nie ulegają w wodzie dysocjacji elektrolitycznej.



Chemia w akcji

Wyższe kwasy karboksylowe, takie jak kwas stearynowy C₁₇H₃₅COOH czy kwas laurynowy C₁₁H₂₃COOH, występują nie tylko w tłuszczach roślinnych i zwierzęcych. Jednym z najbogatszych naturalnych źródeł kwasu laurynowego jest miąższ orzechów kokosowych (fot. 42.).

Fot. 42. Dzięki kwasowi laurynowemu kokos ma właściwości antybakteryjne.

Doświadczenie 15.

Badanie właściwości kwasu stearynowego

Odczynniki: kwas stearynowy, woda destylowana.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, bagietka, łyżka do spalań, palnik gazowy, uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Instrukcja: Umieść w probówce kwas stearynowy. Określ jego stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach. Następnie wlej do probówki trochę wody destylowanej i wymieszaj zawartość probówki bagietką. Zbadaj odczyn roztworu za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Łyżkę do spalań z kwasem stearynowym umieść w płomieniu palnika (schemat).



Obserwacje:

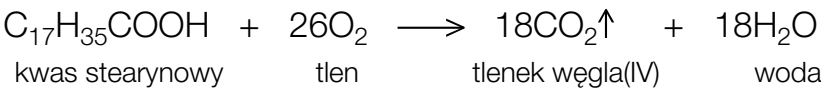
- ▶ Kwas stearynowy ma charakterystyczny zapach.
- ▶ Badany kwas karboksylowy to biała substancja stała (fot. 43.).
- ▶ Kwas stearynowy stanowi górną warstwę w mieszaninie z wodą (fot. 43.).
- ▶ Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w otrzymanej mieszaninie nie zmienia barwy.
- ▶ W wyniku ogrzewania kwas stearynowy się topi. Badany kwas spala się żółtym płomieniem.



Fot. 43. Badanie właściwości kwasu stearynowego.

Wniosek: Kwas stearynowy nie rozpuszcza się w wodzie, ma gęstość mniejszą niż woda. Mieszanina tego kwasu z wodą ma odczyn obojętny. Badany kwas karboksylowy ulega reakcji spalania.

Zachodzącą reakcję spalania całkowitego kwasu stearynowego przedstawia równanie:



spalanie całkowite

Przy ograniczonym dostępie tlenu kwas stearynowy ulega m.in. reakcjom spalania niecałkowitego. Produktami tych reakcji chemicznych mogą być tlenek węgla(II) i woda lub węgiel i woda.

Doświadczenie 16.

Badanie właściwości kwasu palmitynowego

Odczynniki: kwas palmitynowy, woda destylowana.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, bagietka, łyżka do spalań, palnik gazowy, uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Instrukcja: Umieść w probówce kwas palmitynowy. Określ jego stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach. Następnie wlej do probówki trochę wody destylowanej i wymieszaj zawartość probówki bagietką. Zbadaj odczyn roztworu za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Łyżkę do spalań z kwasem palmitynowym umieść w płomieniu palnika (schemat).



Obserwacje:

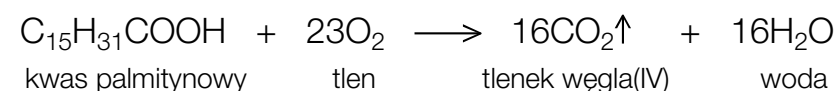
- 👁️ Kwas palmitynowy ma charakterystyczny zapach.
- 👁️ ▶️ Badany kwas to biała substancja stała (fot. 44.).
- ▶️ Kwasy palmitynowy stanowi górną warstwę w mieszaninie z wodą.
- ▶️ Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w otrzymanej mieszaninie nie zmienia barwy.
- ▶️ W wyniku ogrzewania kwas palmitynowy topi się. Badany kwas spala się żółtym płomieniem.



Fot. 44. Kwas palmitynowy.

Wniosek: Kwas palmitynowy nie rozpuszcza się w wodzie, ma gęstość mniejszą niż woda. Mieszanina tego kwasu z wodą ma odczyn obojętny. Badany kwas karboksylowy ulega reakcji spalania.

Zachodzącą reakcję spalania całkowitego kwasu palmitynowego przedstawia równanie:



spalanie całkowite

Przy ograniczonym dostępie tlenu kwas palmitynowy ulega m.in. reakcjom spalania niecałkowitego. Produktami tych reakcji chemicznych mogą być tlenek węgla(II) i woda lub węgiel i woda.

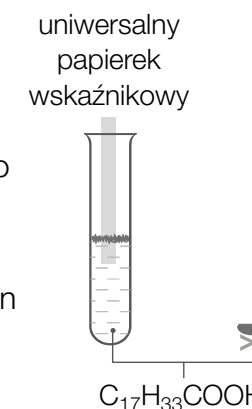
Doświadczenie 17.

Badanie właściwości kwasu oleinowego

Odczynniki: kwas oleinowy, woda destylowana.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, bagietka, łyżka do spalań, palnik gazowy, uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Instrukcja: Wlej do probówki kwas oleinowy. Określ jego stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach. Następnie wlej do probówki trochę wody destylowanej i wymieszaj zawartość probówki bagietką. Zbadaj odczyn roztworu za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Łyżkę do spalań z kwasem oleinowym umieść w płomieniu palnika (schemat).



Obserwacje:

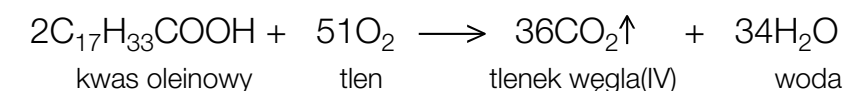
- 👁️ Kwas oleinowy ma charakterystyczny zapach.
- 👁️ ▶️ Badany kwas karboksylowy jest bezbarwną, oleistą cieczą (żółknie pod wpływem tlenu z powietrza).
- ▶️ Kwasy oleinowy stanowi górną warstwę w mieszaninie z wodą (fot. 45.).
- ▶️ Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w otrzymanej mieszaninie nie zmienia barwy.
- ▶️ Kwas oleinowy spala się żółtym płomieniem.



Fot. 45. Badanie właściwości kwasu oleinowego.

Wniosek: Kwas oleinowy nie rozpuszcza się w wodzie, ma gęstość mniejszą niż woda. Mieszanina tego kwasu z wodą ma odczyn obojętny. Badany kwas karboksylowy ulega reakcji spalania.

Zachodzącą reakcję spalania całkowitego kwasu oleinowego przedstawia równanie:



spalanie całkowite

■ Odróżnianie kwasów nasyconych od nienasyconych

Nienasycone kwasy karboksylowe można odróżnić od nasyconych kwasów karboksylowych przy użyciu wody bromowej lub zakwaszonego roztworu manganianu(VII) potasu.

Doświadczenie 18.

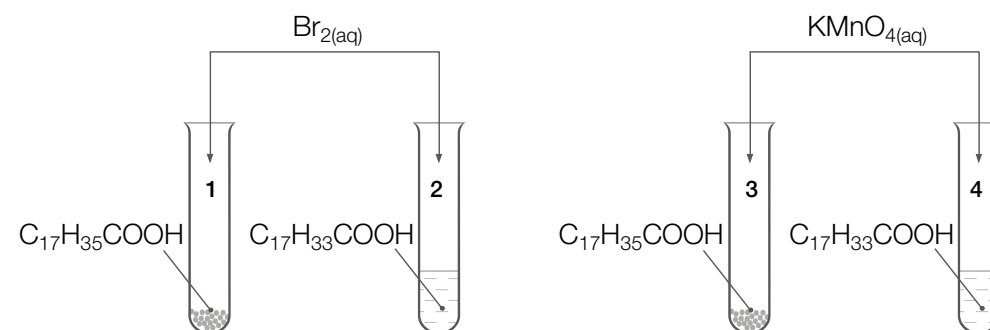


Odróżnianie kwasów nasyconych od kwasów nienasyconych

Odczynniki: kwas stearynowy, kwas oleinowy, woda bromowa, zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu.

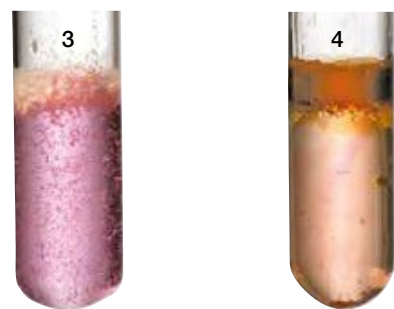
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników, pipeta.

Instrukcja: W probówkach 1. i 3. umieść kwas stearynowy, a w 2. i 4. – kwas oleinowy. Następnie do probówek 1. i 2. wlej niewielką ilość wody bromowej, a do probówek 3. i 4. nieco zakwaszonego roztworu manganianu(VII) potasu (schemat). Zawartość probówek wymieszaj, wstrząsając nimi lekko.



Obserwacje:

- ▶ **Probówki 1. i 3.** Nie widać w nich zmian (fot. 46.).
- ▶ **Probówki 2. i 4.** Woda bromowa i zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu odbarwiają się (fot. 46.).



Fot. 46. Kwas stearynowy nie odbarwia zakwaszonego roztworu manganianu(VII) potasu (probówka 3.), natomiast kwas oleinowy zmienia barwę zakwaszonego roztworu KMnO₄ (probówka 4.).

Wniosek: Kwas oleinowy odbarwia wodę bromową i zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu – jest związkiem nienasyconym. Kwas stearynowy nie odbarwia wody bromowej ani zakwaszonego roztworu manganianu(VII) potasu – jest związkiem nasyconym.

■ Reakcje wyższych kwasów karboksylowych

Wyższe kwasy karboksylowe **nie reagują z metalami** (np. magnezem Mg) i **tlenkami metali** (np. tlenkiem magnezu MgO). **Reagują natomiast z wodorotlenkami metali** (np. wodorotlenkiem sodu NaOH).

Doświadczenie 19.

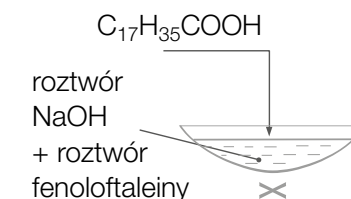


Reakcja kwasu stearynowego z wodorotlenkiem sodu

Odczynniki: kwas stearynowy, stężony roztwór wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny.

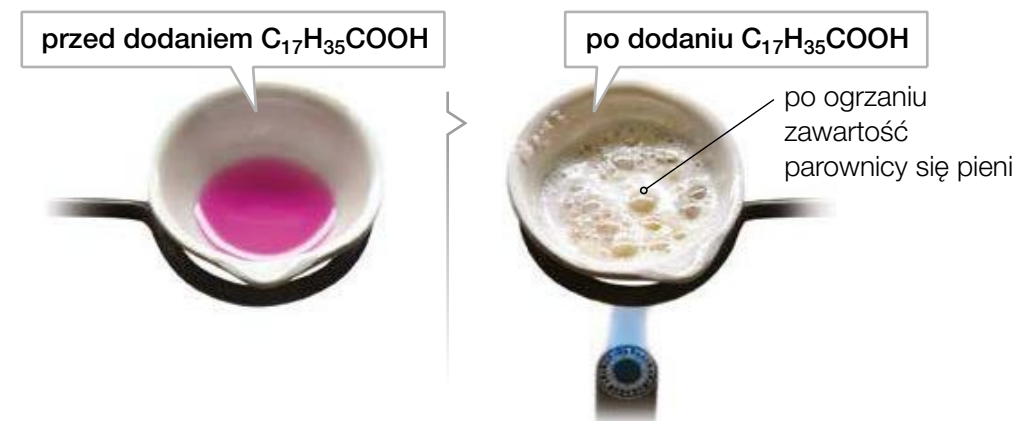
Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica porcelanowa, łyżka do odczynników, pipeta, bagietka, statyw z pierścieniem metalowym, palnik gazowy.

Instrukcja: Do parownicy wlej 3 cm³ stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Dodaj kroplę roztworu fenoloftaleiny, a następnie – stale mieszając bagietką zawartość parownicy – dodawaj niewielkimi porcjami kwas stearynowy. Przerwij dodawanie kwasu, gdy mieszanina się odbarwi. Ogrzewaj zawartość parownicy przez kilka minut (schemat), ciągle mieszając.



Obserwacje:

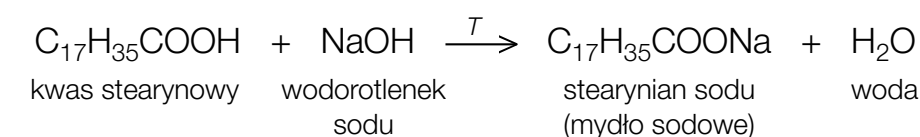
- ▶ Zawartość parownicy podczas dodawania kwasu stearynowego odbarwia się (fot. 47.).
- ▶ Wydziela się charakterystyczny zapach mydlin.



Fot. 47. Zawartość parownicy po dodaniu kwasu stearynowego odbarwia się.

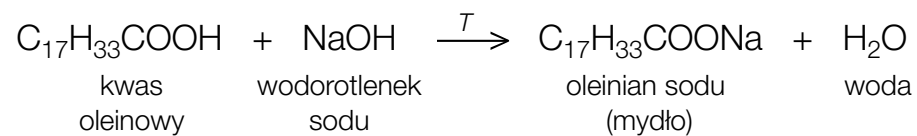
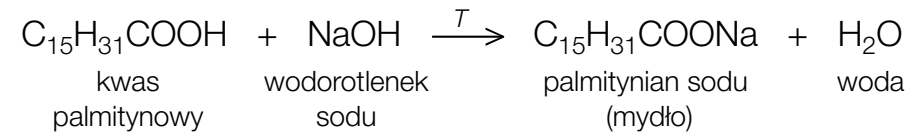
Wniosek: Kwas stearynowy reaguje z wodorotlenkiem sodu. Pienienie się jest konsekwencją powstawania soli, która jest przykładem mydła, a nie wydzielania się produktu gazowego.

Produktami reakcji chemicznej są stearynian sodu (mydło) i woda:



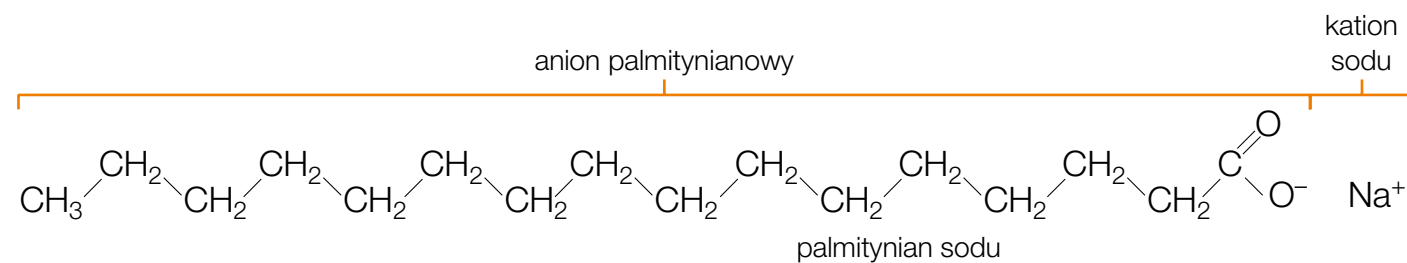


Kwasy palmitynowy i oleinowy w reakcji z wodorotlenkami metali zachowują się podobnie jak kwas stearynowy. Reakcje tych kwasów z wodorotlenkiem sodu zachodzą zgodnie z równaniami:



Mydła

Mydła to **sole wyższych kwasów karboksylowych** (kwasów tłuszczowych), np. stearynowego, oleinowego lub palmitynowego. Stosuje się je m.in. do produkcji mydeł toaletowych (fot. 48.). Mydła należą do substancji powierzchniowo czynnych i mają budowę jonową:



► **Chemia w akcji**

Mydła glinowe to substancje stałe, miękkie, nierozpuszczalne w wodzie, wykazujące właściwości żelujące. Są stosowane m.in. do impregnacji tkanin bawełnianych (brezent), z których szyje się odporne na deszcz namioty (fot. 49.), odzież, plecaki itp.

Fot. 49. Nieprzemakalne namioty zapewniają komfort i bezpieczeństwo nawet podczas ulewy.



■ Substancje powierzchniowo czynne

Substancje powierzchniowo czynne to **substancje, które zmniejszają napięcie powierzchniowe cieczy**. To napięcie jest wynikiem sił przyciągania międzycząsteczkowego działających na powierzchni cieczy (fot. 50.). Przykładem substancji powierzchniowo czynnej jest mydło, np. stearynian sodu $C_{17}H_{35}COO^- Na^+$. Mieszaninami zawierającymi substancje powierzchniowo czynne są m.in. płyny do mycia naczyń, proszki do prania oraz mydła toaletowe.



Oznaczenie produktu
wytworzonego przez
firmę, która dobrowolnie
zobowiązała się
do ciągłego podwyższania
standardów produkcji
w zakresie ochrony
środowiska
przyrodniczego.

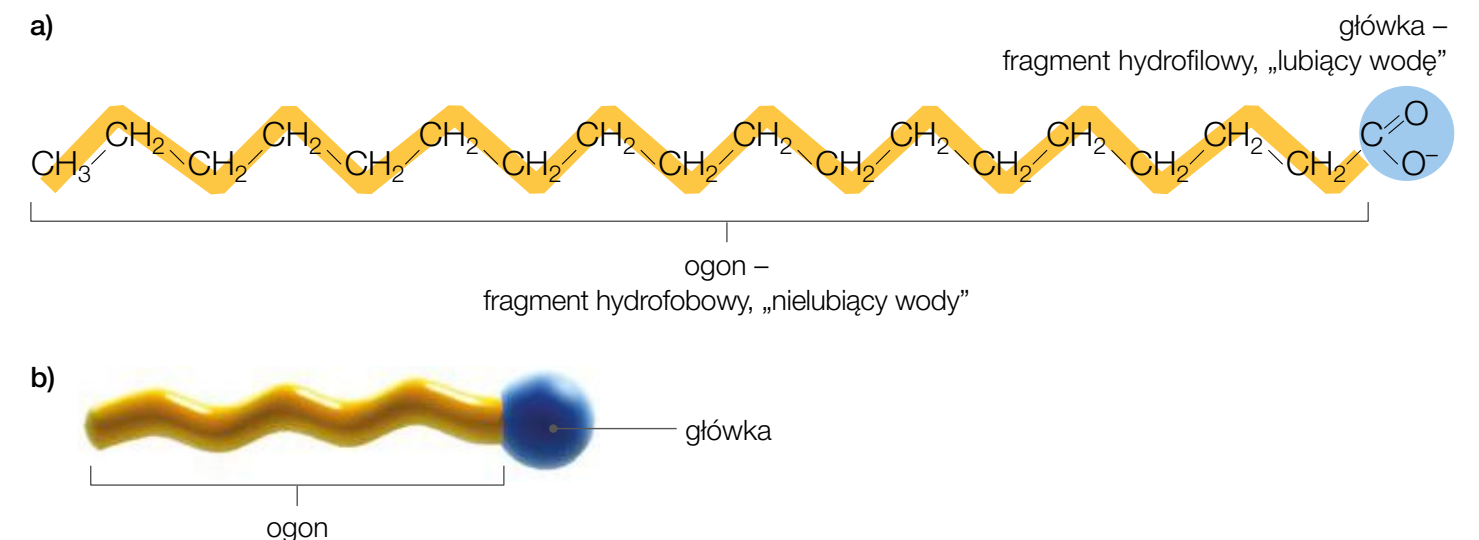


Fot. 50. Nartnik utrzymuje się na powierzchni wody dzięki zjawisku napięcia powierzchniowego.

Mydło rozpuszczalne w wodzie, podobnie jak inne substancje powierzchniowo czynne, jest zbudowane z dwóch części (rys. 9.):

- ▶ fragmentu hydrofobowego – ogona,
- ▶ fragmentu hydrofilowego – główki.

Fragment hydrofobowy to **część niepolarna cząsteczki**, „**nie lubiąca wody**”. Natomiast fragment hydrofilowy to **część polarna cząsteczki**, „**lubiąca wodę**”.



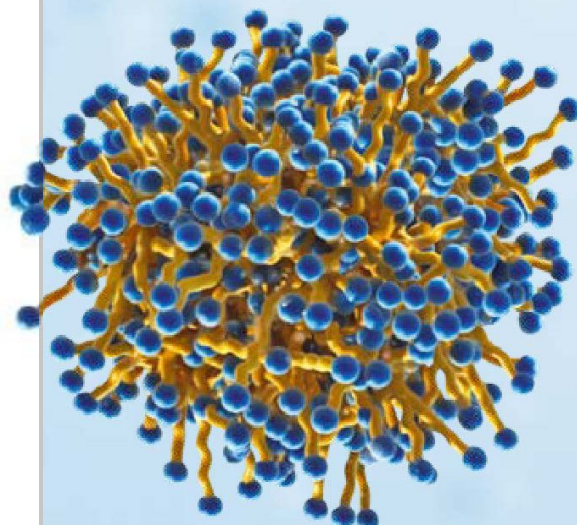
Rys. 9. Jon stearynianowy: a) wzór półstrukturalny, b) model.

Mechanizm usuwania brudu

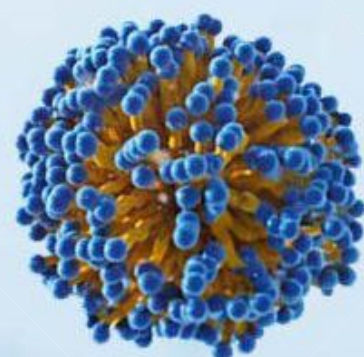
Dodanie do wody substancji powierzchniowo czynnej, np. mydła, powoduje, że lepiej zwilża ona powierzchnie hydrofobowe i łatwiej wnika w tkaninę, a dzięki temu skuteczniej usuwa brud.

► W jaki sposób powstaje piana?

Podczas prania roztwór zostaje napowietrzony. Jony mydła, skupiając się, tworzą micelle, w których są zamknięte pęcherzyki powietrza – powstaje piana.



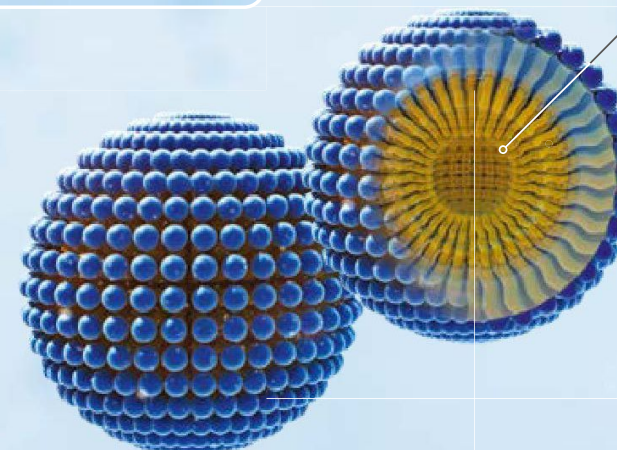
1 Jony mydła tworzą w wodzie struktury zwane **micelami**.



2 We wnętrzu miceli jest zamknięty **pęcherzyk powietrza**.

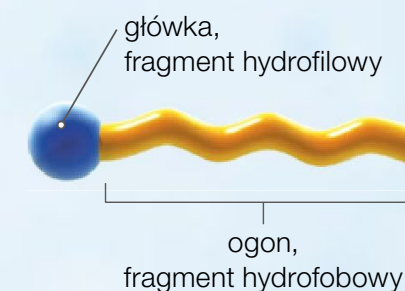
powietrze

woda

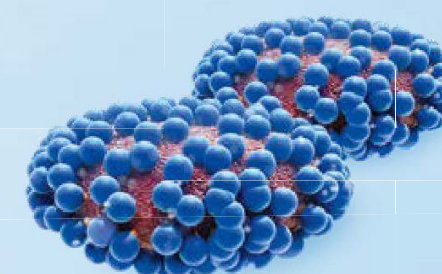


3 Micela unosi się na powierzchnię wody.

powietrze



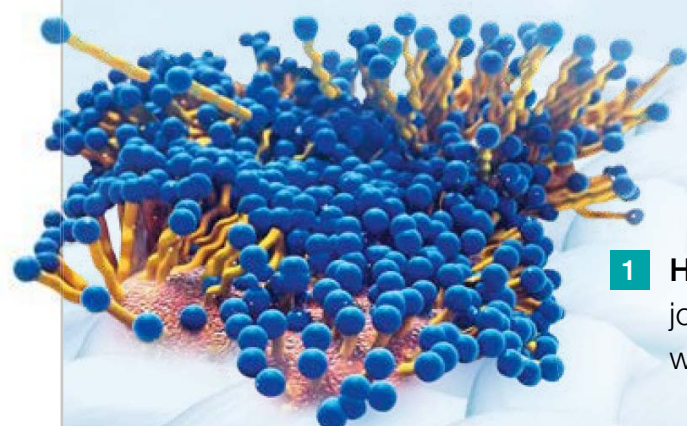
4 **Pianę** na powierzchni tworzy cienka warstwa wody zamknięta z obu stron jonami mydła.



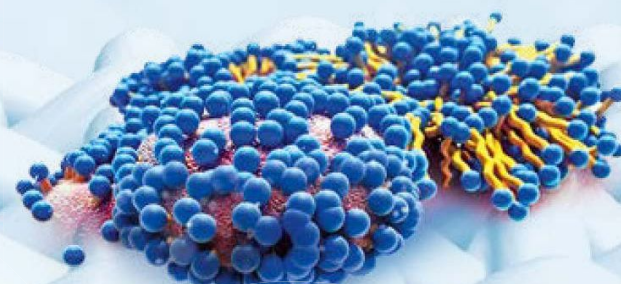
4 Brud zostaje usunięty z tkaniny.

► W jaki sposób usuwa się brud z tkaniny?

Mydło tworzy otoczkę wokół cząstki brudu, a pęcherzyki piany ułatwiają unoszenie go na powierzchnię wody.



1 **Hydrofobowe ogony** jonów mydła wnikają w cząstki brudu.



2 **Tarcie i mieszanie** ułatwia oderwanie cząstek brudu od tkaniny.



3 **Jony mydła** zamykają w miceli oderwany brud.

Oznaczenie BHP
substancji drażniącej



■ Zasady bezpieczeństwa podczas stosowania środków czystości

Na opakowaniach środków czyszczących, których składnikami są substancje żrące lub drażniące skórę i oczy, znajdują się piktogramy. Informują one o możliwych zagrożeniach podczas korzystania z tych produktów. Bezwzględnie należy się zapoznać z tymi piktogramami i zastosować odpowiednie środki ostrożności.

W skład **środków do mycia m.in. szyb i luster** (fot. 51.) wchodzi substancje lotne, które mogą powodować łzawienie oczu lub podrażnienie skóry. Dlatego należy unikać kontaktu tych środków z oczami i skórą.



Fot. 51. Jednym ze składników płynów do czyszczenia szklanych powierzchni może być etanol.

Oznaczenie BHP
substancji żrącej



Głównymi składnikami **środków do udrożniania rur** odprowadzających ścieki komunalne są wodorotlenek sodu NaOH i wodorotlenek potasu KOH, czyli bardzo żrące substancje. Podczas ich stosowania należy zawsze zakładać rękawice gumowe. Jeżeli nie zachowamy odpowiednich środków ostrożności, może dojść do poważnych oparzeń skóry.

Rękawice ochronne trzeba zakładać także podczas używania **środków do czyszczenia powierzchni metalowych** (fot. 52.) **lub biżuterii**. Zawierają one kwas chlorowodorowy $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ lub roztwór wodorotlenku sodu NaOH, które mogą powodować podrażnienie skóry i oczu.



Fot. 52. Do czyszczenia powierzchni metalowych można wykorzystywać również kwas octowy.



Na produktach oznaczonych symbolem *cleanright* są ostrzeżenia o potencjalnych zagrożeniach związanych z używaniem tych środków i zalecenia dotyczące ich użytkowania.

Zastosowania wyższych kwasów karboksylowych

Mieszanina kwasów stearynowego $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ i palmitynowego $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$, czyli stearyna, to jedna z najbardziej cenionych substancji wykorzystywanych do produkcji świec. Świece stearynowe podczas spalania nie uwalniają szkodliwych substancji.



przemysł
lakierniczy



medycyna



przemysł
farbiarski

■ Przemysł lakierniczy

Olej tungowy, którego głównym składnikiem jest kwas oleostearynowy, stosuje się do produkcji lakierów i bardzo trwałych **impregnatów do drewna**. Służą one np. do zabezpieczania łodzi przed działaniem wody morskiej.



■ Medycyna

Składnikiem preparatów wykorzystywanych w **leczeniu trądziku** i stanów zapalnych skóry jest kwas laurynowy, który ma właściwości przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe. Używa się go też jako suplementu wspomagającego układ odpornościowy i regulującego poziom cholesterolu w organizmie.

■ Przemysł farbiarski

Do produkcji **farb olejnych** stosuje się oleje zawierające mieszaninę kwasów linolowego i α -linolenowego. Pod wpływem tlenu zawartego w powietrzu dochodzi do zerwania wiązań podwójnych w cząsteczkach kwasów, co powoduje powstanie twardej, błyszczącej warstwy.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Stearyna jest wykorzystywana m.in. do produkcji wyrobów gumowych, np. opon i uszczelek. Pełni w tych produktach funkcję zmiękczacza – zwiększa ich elastyczność oraz wytrzymałość na rozciąganie. Stearynę stosuje się też w kosmetykach. Wydłuża okres ich przydatności do użycia oraz chroni je przed rozwarstwieniem.

► Wyszukaj i zaprezentuj

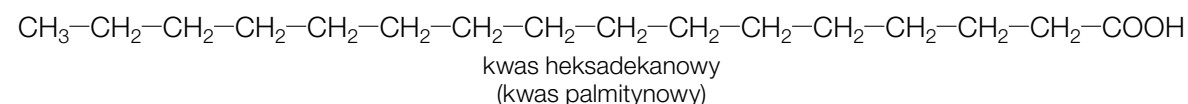
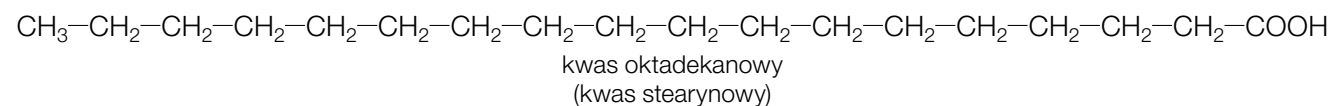
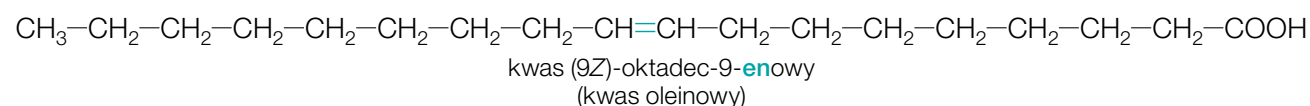
Jakie są ekologiczne źródła pozyskiwania stearyny?



Ważne w temacie Wyższe kwasy karboksylowe

1. Zapisuję nazwy i rysuję wzory wyższych kwasów karboksylowych.

Na przykład:

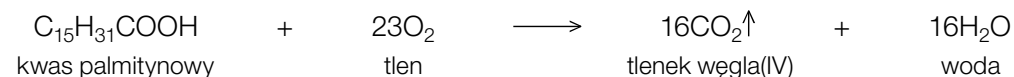


Wyższe kwasy karboksylowe

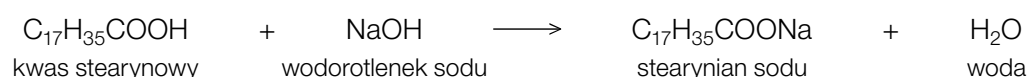
2. Zapisuję równania reakcji, którym ulegają wyższe kwasy karboksylowe.

Na przykład równania reakcji:

- spalania całkowitego kwasu palmitynowego:



- kwas stearynowy + wodorotlenek sodu:



Zapamiętaj!

Wyższe kwasy karboksylowe – kwasy karboksylowe o długich łańcuchach węglowych.

Kwasy tłuszczowe – wyższe kwasy karboksylowe występujące naturalnie w tłuszczach.

Fragment hydrofobowy – część niepolarna cząsteczki, „niełubiąca wody”.

Fragment hydrofilowy – część polarna cząsteczki, „lubiąca wodę”.

Zadania



ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

- Napisz i uzgodnij równanie reakcji kwasu palmitynowego z wodorotlenkiem potasu. Nazwij otrzymane produkty reakcji chemicznej.
- Witamina F zawiera niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), które muszą być dostarczane do organizmu. Przykładem takiego kwasu jest kwas linolowy, którego masa cząsteczkowa wynosi 280 u, a $m_{\text{C}} : m_{\text{H}} : m_{\text{O}} = 27 : 4 : 4$. **Ustal wzór sumaryczny kwasu linolowego.**
- Kwas arachidonowy może powstawać w tkankach ssaków (z wyjątkiem tych z rodziny kotów). Masa cząsteczkowa tego kwasu wynosi 304 u, a masy wodoru i tlenu stanowią po 10,53 % masy cząsteczki. **Ustal wzór sumaryczny kwasu arachidonowego, a następnie oceń, czy ten kwas będzie odbarwiał wodę bromową. Uzasadnij swoją odpowiedź.**
- Stearynian magnezu jest używany do produkcji leków. Może stanowić 0,3–2 % masy tabletki. Jeden z leków, który zawiera stearynian magnezu, jest dostępny w postaci tabletek o masie 500 mg. **Oblicz, ile miligramów stearynianu magnezu może zawierać 1 tabletkę.**

9

Estry

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *estry, grupa estrowa, wiązanie estrowe, reakcja estryfikacji, hydroliza kwasowa, hydroliza zasadowa*
- budowa estrów
- zapisywanie wzorów i nazw estrów
- izomery konstytucyjne estrów
- zapisywanie równań reakcji estryfikacji
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają estry



Fot. 53. Charakterystyczny zapach nadaje ananasom ester butanian metylu.

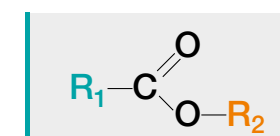
Estry występują w środowisku przyrodniczym jako substancje zapachowe roślin (fot. 53.).

Budowa estrów

Estry mogą powstawać zarówno z kwasów organicznych, jak i nieorganicznych. Estry kwasów karboksylowych to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę estrową** o wzorze ---COO--- . Grupa estrowa jest **grupą funkcyjną**.

W cząsteczkach estrów **grupa estrowa** łączy dwa fragmenty cząsteczek – jeden pochodzi od kwasu (---R_1), a drugi od alkoholu lub fenolu (---R_2).

Wzór ogólny estrów kwasów karboksylowych ma postać:



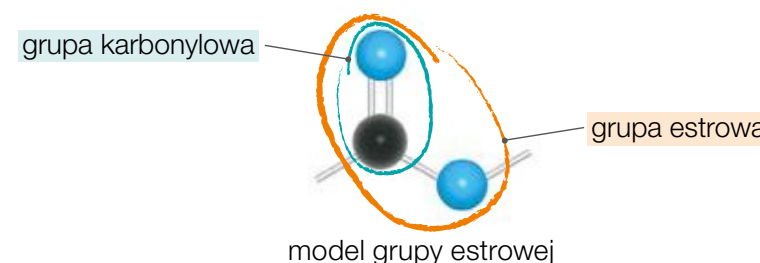
gdzie:

---R_1 to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (np. alifatyczna lub aromatyczna) pochodząca od kwasu karboksylowego,

---R_2 to grupa węglowodorowa (np. alifatyczna lub aromatyczna) pochodząca od alkoholu lub fenolu,

---COO--- to grupa estrowa, czyli grupa funkcyjna.

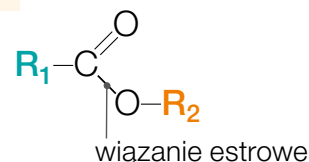
W skład **grupy estrowej** wchodzi grupa karbonylowa, która występuje również w cząsteczkach aldehydów, ketonów i kwasów karboksylowych:



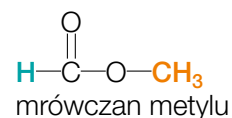
Najpopularniejszą grupą estrów są pochodne kwasów karboksylowych i alkoholi.

Modele atomów:
● węgla ● tlenu

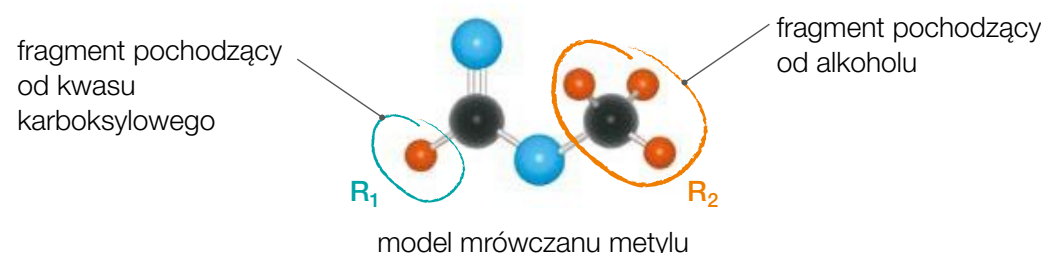
Wiązanie pojedyncze łączące atom węgla z grupy karbonylowej z atomem tlenu pochodzącym z cząsteczki alkoholu jest nazywane wiązaniem estrowym:



Jeśli we wzorze ogólnym estrów za $-R_1$ podstawimy symbol atomu wodoru, a za $-R_2$ wzór grupy metylowej, otrzymamy wzór związku chemicznego: $HCOOCH_3$. Nazwa tego związku to mrówczan metylu:



Modele atomów: ● wodoru
● węgla ● tlenu



Mrówczan metylu jest najprostszym przedstawicielem estrów kwasów karboksylowych. Ten związek chemiczny powstał w wyniku połączenia najprostszego kwasu karboksylowego, czyli kwasu mrówkowego $HCOOH$, z najprostszym alkoholem monohydroksylowym, czyli metanolem CH_3OH .

Nazewnictwo estrów

Nazwa mrówczan metylu $HCOOCH_3$ jest nazwą zalecaną (tabela 16.) i tak jak nazwy wszystkich estrów składa się z dwóch wyrazów. Pierwszy pochodzi od nazwy kwasu karboksylowego, a drugi od nazwy alkoholu.

Tabela 16. Wzory i nazwy wybranych estrów kwasów karboksylowych

Wzór estru	Nazwa estru*
$HCOOCH_3$	mrówczan metylu
$CH_3CH_2COOCH_2CH_3$	propanian etylu
$CH_3COOCH_2CH_2CH_3$	octan propylu

* W tabeli podano nazwy estrów zalecane przez IUPAC.

Nazwy systematyczne estrów, podobnie jak nazwy zalecane, składają się z dwóch wyrazów. Pierwszy z nich to nazwa węglowodoru, od którego pochodzi kwas karboksylowy ($-R_1$), z końcówką „-ian”. Drugi wyraz to nazwa grupy węglowodorowej – najczęściej alkilu – pochodząca od alkoholu ($-R_2$) i podana w dopełniaczu. Na przykład:

kwas karboksylowy	alkohol	ester
CH_3COOH kwas etanowy (kwas octowy)	CH_3CH_2OH alkohol etylowy (etanol)	$CH_3COOCH_2CH_3$ etanian etylu (octan etylu)

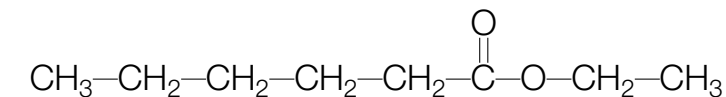
Przykład 6.

Plan rozwiązywania

- 1 Ustal wzory i nazwy kwasu i alkoholu, z których powstał ester.
- 2 Ustal nazwę grupy alkilowej pochodzącej od alkoholu.
- 3 Ustal nazwę anionu kwasu karboksylowego.
- 4 Połącz nazwę anionu kwasowego z nazwą grupy alkilowej.
- 5 Napisz odpowiedź.

Jak ustalić nazwę estru na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

Podaj nazwę estru o wzorze półstrukturalnym:

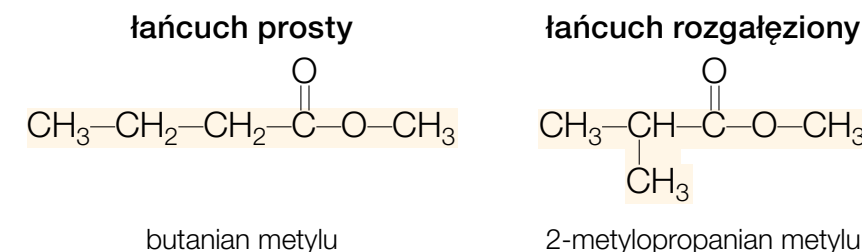


- 1 Ester o wzorze $CH_3(CH_2)_4COOCH_2CH_3$ powstał z:
 - ▶ kwasu heksanowego o wzorze $CH_3(CH_2)_4COOH$,
 - ▶ etanolu o wzorze CH_3CH_2OH .
- 2 Grupa alkilowa o wzorze CH_3CH_2- to **etyl**.
- 3 Nazwa systematyczna anionu kwasu karboksylowego o wzorze $CH_3(CH_2)_4COOH$, czyli kwasu heksanowego, to **heksanian**.
- 4 Nazwę grupy alkilowej podaje się w dopełniaczu: **heksanian etylu**.
- 5 Nazwa estru o podanym wzorze to heksanian etylu.

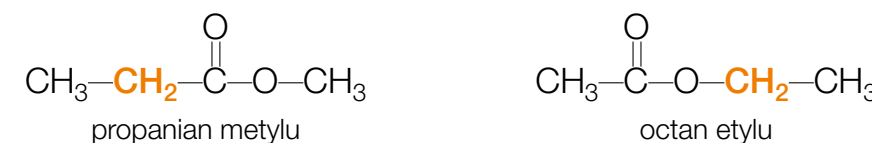
Izomery estrów

Wiele estrów, podobnie jak omawiane wcześniej związki organiczne, może tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe**, **izomery położenia grupy funkcyjnej** oraz **izomery funkcyjne**.

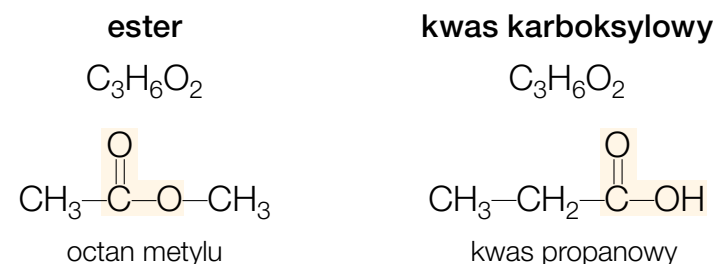
Przykładem **izomerów szkieletowych**, które różnią się tylko budową łańcucha węglowego, są np. butanian metylu i 2-metylopropanian metylu:



Izomerami położenia grupy funkcyjnej estrów są np. propanian metylu i octan etylu. Mają one taki sam wzór sumaryczny $C_4H_8O_2$ i różnią się tylko tym, że w propanianie metylu grupa metylenowa $-CH_2-$ znajduje się we fragmencie pochodzącym od cząsteczki kwasu karboksylowego, a w octanie etylu – we fragmencie pochodzącym od cząsteczki alkoholu:



Izomerami funkcyjnymi są np. estry nasyconych kwasów karboksylowych i nasycone alifatyczne kwasy karboksylowe, które mają ten sam wzór sumaryczny. Na przykład:



Otrzymywanie estrów

Estry otrzymuje się w wyniku działania kwasów na alkohole w reakcji chemicznej nazywanej **reakcją estryfikacji**. Wymaga ona obecności mocnego kwasu. Najczęściej stosuje się stężony roztwór kwasu siarkowego(VI) – zapewnia on kwasowe środowisko reakcji chemicznej (dostarcza jonów H^+) i dzięki właściwościom higroskopijnym wiąże wodę będącą jej produktem ubocznym.

Doświadczenie 20.

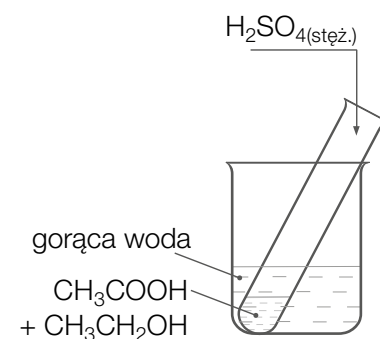


Otrzymywanie estru w reakcji etanolu z kwasem octowym

Odczynniki: etanol, roztwór kwasu octowego, woda destylowana, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), gorąca i zimna woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewki, cylinder miarowy, bagietka, pipeta.

Instrukcja: Ostrożnie zbadaj zapach etanolu i roztworu kwasu octowego. Następnie wlej do probówki po 2 cm³ etanolu i kwasu octowego. Dodaj pipetą ok. 0,5 cm³ stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI). Wymieszaj zawartość probówki bagietką. Wstaw probówkę na 10–15 minut do zlewki z gorącą wodą (schemat). Następnie wlej zawartość probówki do następnej zlewki z 10–15 cm³ zimnej wody. Zbadaj zapach i wygląd substancji w zlewce z zimną wodą.



ciąg dalszy doświadczenia na s. 111

początek doświadczenia na s. 110

Obserwacje:

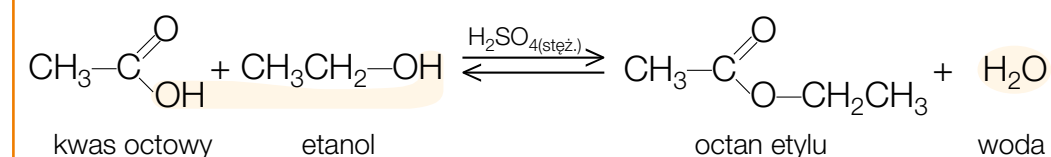
- ▶ Etanol ma charakterystyczny zapach.
- ▶ Kwas octowy ma zapach przypominający zapach octu.
- ▶ Ze zlewki z zimną wodą wydzielą się przyjemny owocowy zapach.
- ▶ Na powierzchni wody w zlewce unosi się tłusta plama (fot. 54.).



Fot. 54. Reakcja etanolu z kwasem octowym.

Wniosek: Etanol reaguje z kwasem octowym w obecności kwasu siarkowego(VI). Otrzymany produkt słabo rozpuszcza się w wodzie i ma gęstość mniejszą od gęstości wody.

Zachodzącą reakcję chemiczną przedstawia równanie:



Reakcja estryfikacji

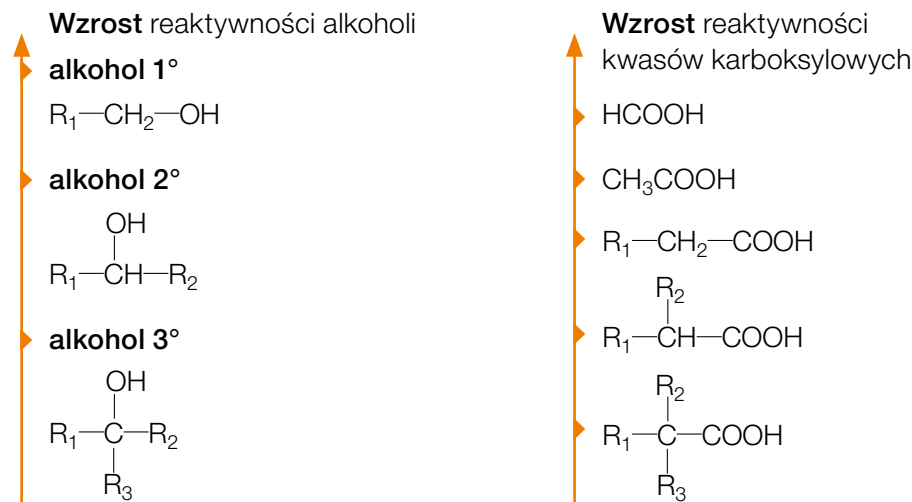
Reakcja etanolu z kwasem octowym (patrz doświadczenie 20., s. 110.) to przykład reakcji estryfikacji. Estryfikacja to **reakcja chemiczna kwasu z alkoholem, w wyniku której powstają ester i woda**. Cząsteczka wody H_2O powstaje w wyniku połączenia grupy hydroksylowej pochodzącej od grupy karboksylowej kwasu i atomu wodoru pochodzącego od alkoholu.

Podczas reakcji estryfikacji niezbędna jest obecność stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 . Kwas ten dzięki właściwościom higroskopijnym wiąże się z cząsteczkami wody, które są jednym z produktów reakcji chemicznej. **Kationy wodoru H^+** pochodzące z dysocjacji stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 pełnią funkcję katalizatora.

! Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4 .



Reaktywność alkoholi w reakcjach estryfikacji zwiększa się wraz z ich zmniejszającą się rzędowością. Z kolei w przypadku kwasów karboksylowych wzrasta wraz ze zmniejszającą się liczbą grup węglowodorowych (rys. 10.).



Rys. 10. Wzrost reaktywności alkoholi i kwasów karboksylowych w reakcji estryfikacji.

Właściwości estrów



Fot. 55. Pszczoły atakują, gdy czują zapach octanu pentylu, czyli bananów.

Estry niższych kwasów karboksylowych i alkoholi monohydroksylowych to **bezbabarne lotne ciecze o gęstości mniejszej od gęstości wody. Słabo rozpuszczają się w wodzie** (rozpuszczalne są jedynie estry o małych masach cząsteczkowych, np. mrówczan metylu). Estry wyższych kwasów karboksylowych występują w środowisku przyrodniczym w postaci półpłynnych substancji, które wyglądem przypominają tłuszcz lub wosk.

Estry, podobnie jak aldehydy i ketony, **nie tworzą wiązań wodorowych** między swoimi cząsteczkami. Pomimo wyraźnie większej masy cząsteczkowej są bardziej lotne i o wiele słabiej rozpuszczalne w wodzie niż kwasy karboksylowe i alkohole, z których powstały. Temperatury topnienia i wrzenia estrów (tabela 17.) są niższe niż kwasów karboksylowych o zbliżonej masie cząsteczkowej, a podobne do temperatur topnienia i wrzenia odpowiednich węglowodorów. Większość estrów ma **przyjemny zapach**. Na ogół są to aromaty owocowe (fot. 55.) lub kwiatowe (fot. 56.).



Fot. 56. Octan benzylu ma taki zapach jak kwiaty jaśminowca.

Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Tabela 17. Porównanie temperatur topnienia i wrzenia wybranych estrów (pod ciśnieniem 1013 hPa)

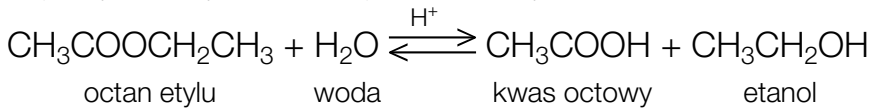
Nazwa	Wzór	Temperatura	
		topnienia, °C	wrzenia, °C
mrówczan metylu	$HCOOCH_3$	-99	31
mrówczan etylu	$HCOOCH_2CH_3$	-80	54
mrówczan propylu	$HCOOCH_2CH_2CH_3$	-93	81
octan metylu	CH_3COOCH_3	-98	56
octan etylu	$CH_3COOCH_2CH_3$	-84	77
benzoesan etylu	$C_6H_5COOCH_2CH_3$	-35	212

Reakcje estrów

Estry ulegają m.in. **hydrolizie kwasowej i hydrolizie zasadowej**.

Hydroliza kwasowa estrów to **odwracalna reakcja estru z wodą w obecności katalizatora** (np. kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4). W wyniku tej reakcji **powstają kwas karboksylowy i alkohol**.

Reakcję hydrolizy kwasowej octanu etylu przedstawia równanie:

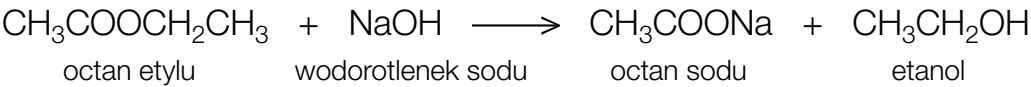


Reakcja estryfikacji
→ patrz s. 111

Hydroliza kwasowa estrów jest reakcją odwrotną do reakcji estryfikacji.

Hydroliza zasadowa estrów to **praktycznie nieodwracalna reakcja chemiczna zachodząca w środowisku zasadowym, w wyniku której powstają sól kwasu karboksylowego i alkohol**.

Reakcję hydrolizy zasadowej octanu etylu przedstawia równanie:



Estry alkoholi trzeciorzędowych nie są wrażliwe na działanie wodnych roztworów wodorotlenków.

Produkty polimeryzacji estrów

Produktami polimeryzacji kwasów dikarboksylowych i alkoholi dihydroksylowych są polimery – poliestry. Reakcji polimeryzacji mogą również ulegać estry, w których cząsteczkach występuje wiązanie wielokrotne w grupie węglowodorowej.

Przykładem powszechnie wykorzystywanego poliestru jest poli(tereftalan etylenu) PET.

Skrót **PET** pochodzi od angielskiej nazwy polimeru *polyethylene terephthalate*.

Chemia w akcji

Polar to popularny rodzaj tkaniny wykorzystywanej do produkcji odzieży sportowej (fot. 57.). Można go wytwarzać z odpadów wykonanych z poli(tereftalanu etylenu), np. z butelek PET. Polar ma lepsze właściwości termoizolacyjne niż wełna.

Fot. 57. Butelka PET może zostać wykorzystana ponownie.



Zastosowania estrów

Estry słabo rozpuszczają się w wodzie, ale same są dobrymi rozpuszczalnikami. Powszechnie stosuje się je do produkcji substancji zapachowych, np. perfum, mydeł, a także esencji zapachowych wykorzystywanych w cukiernictwie.



przemysł
spożywczy



przemysł
kosmetyczny



medycyna

Przemysł spożywczy

Substancje zapachowe, które są składnikami **aromatów do ciast** i innych słodczy, to m.in. mrówczan etylu (metanian etylu) o zapachu rumu i octan propylu (etanian propylu) o zapachu gruszek.

Przemysł kosmetyczny

Preparaty stosowane na rozstępy oraz **stymulujące wzrost włosów** zawierają ester benzyłowy kwasu nikotynowego (ester benzyłowy kwasu 3-pirydynokarboksylowego).

Medycyna

Ze względu na właściwości przeciwzapalne niektóre estry kwasu fumarowego są substratami w produkcji doustnych leków stosowanych w **leczeniu łuszczycy**.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Biodiesel powstaje w reakcji estryfikacji olei roślinnych z alkoholami, np. metanolem.

Uznaje się go za paliwo ekologiczne, ponieważ jest otrzymywany z surowców odnawialnych, m.in. z rzepaku. Ponadto podczas jego spalania emisja tlenu węgla(IV) do atmosfery jest mniejsza niż emisja tlenu węgla(IV) podczas spalania oleju napędowego.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie inne argumenty proekologiczne przemawiają za wykorzystaniem biodiesla?

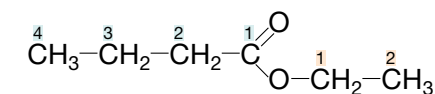


Ważne w temacie Estry

1. Zapisuję nazwy estrów na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór:



- nazwa: butanian etylu

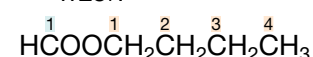
2. Rysuję wzory estrów na podstawie ich nazw.

Na przykład:

- nazwa:

mrówczan butylu

- wzór:

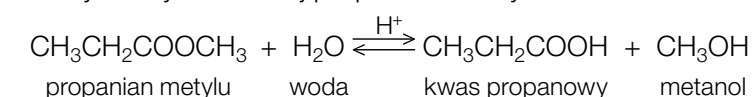


Estry

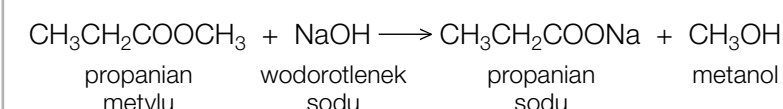
5. Zapisuję równanie hydrolizy kwasowej i zasadowej estrów.

Na przykład równania reakcji:

- hydrolizy kwasowej propanianu metylu:

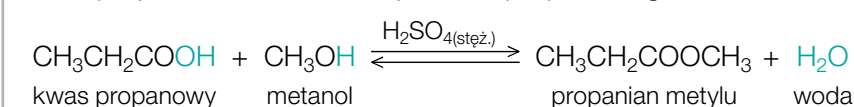


- hydrolizy zasadowej propanianu metylu:



4. Zapisuję równania reakcji estryfikacji.

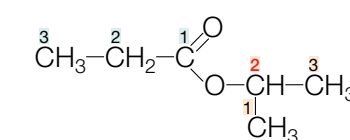
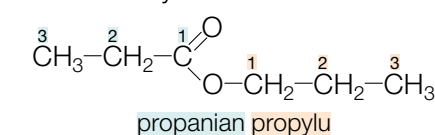
Na przykład równanie reakcji kwasu propanowego z metanolem:



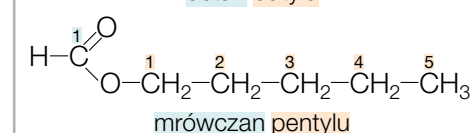
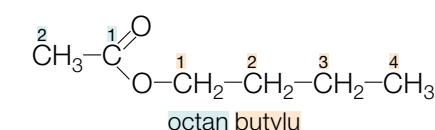
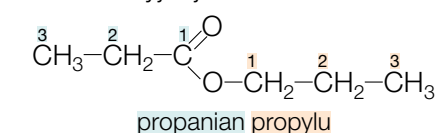
3. Rozpoznaję izomery konstytucyjne estrów.

Na przykład:

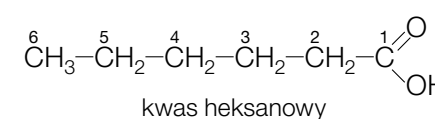
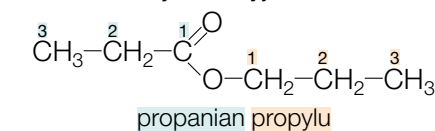
- izomery szkieletowe:



- izomery położenia grupy funkcyjnej:



- izomery funkcyjne:



Zapamiętaj!

Estry – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczce grupę estrową o wzorze $-\text{COO}-$.

Grupa estrowa – grupa funkcyjna estrów.

Wiązanie estrowe – pojedyncze wiązanie łączące atom węgla z grupy karbonylowej z atomem tlenu pochodzącym z cząsteczki alkoholu.

Reakcja estryfikacji – reakcja chemiczna kwasu z alkoholem, w której wyniku powstają ester i woda.

Hydroliza kwasowa estru – odwracalna reakcja estru z wodą w obecności katalizatora, w wyniku której powstają kwas karboksylowy i alkohol.

Hydroliza zasadowa estru – praktycznie nieodwracalna reakcja chemiczna zachodząca w środowisku zasadowym, w wyniku której powstają sól kwasu karboksylowego i alkohol.

Zadania



1. Narysuj wzory półstrukturalne estrów o podanych nazwach (a–b) i napisz nazwy estrów o podanych wzorach (c–d).

a) mrówczan propylu

b) propanian etylu

c) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$

d) $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$

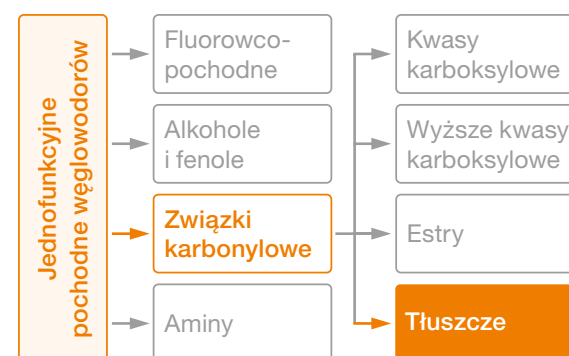
10 Tłuszcze



Fot. 58. Masło jest tłuszczem pochodzenia zwierzęcego.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *tłuszcze*, *emulsja*
- budowa tłuszczów stałych i tłuszczów ciekłych
- zapisywanie wzorów i nazw tłuszczów
- tworzenie emulsji
- zapisywanie równania reakcji hydrolizy zasadowej tłuszczów



Masło (fot. 58.), smalec, oliwa i oleje to powszechnie stosowane tłuszcze. Wyodrębnia się je ze źródeł naturalnych pochodzenia roślinnego (roślin oleistych, np. nasion słonecznika) lub zwierzęcego (np. mleka krowiego).

Tłuszcze występujące w środowisku przyrodniczym, np. w orzechach włoskich (fot. 59.), są mieszaninami estrów propano-1,2,3-triolu (glicerolu) i kwasów tłuszczowych.



Fot. 59. Tłusta plama pozostawiona na bibule przez orzechy jest dowodem na to, że jest w nich tłuszcz.

Chemia w akcji

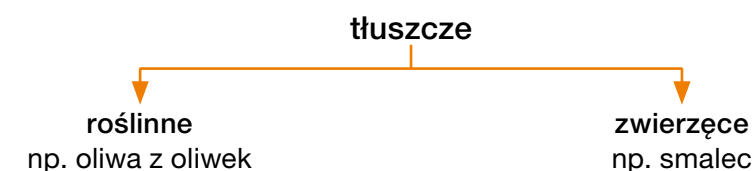
Olej palmowy (fot. 60.) wykorzystuje się w postaci utwardzonej, jest to wówczas tłuszcz palmowy. Olej palmowy może mieć szkodliwy wpływ na zdrowie, ponieważ zawiera dużo tłuszczów nasyconych – ok. 44 % jego składu to kwas palmitynowy. Ponadto produkcja tego oleju powoduje degradację środowiska przyrodniczego, bo plantacje palmy olejowej są zakładane na terenach zajmowanych przez lasy deszczowe. Oznacza to stratę ogromnych powierzchni lasów i zagraża bioróżnorodności.

Fot. 60. Olej palmowy jest tłuszczem roślinnym otrzymywanym z nasion lub miąższu owoców olejowca gwinejskiego.

Podział tłuszczów

Tłuszcze można podzielić ze względu na:

▶ pochodzenie lub występowanie:

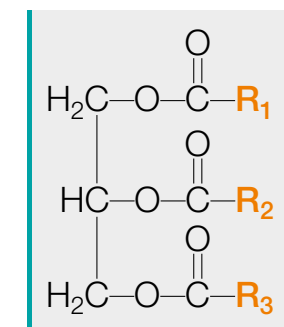


▶ rodzaj wiązania w cząsteczce:



Budowa tłuszczów

Tłuszcze to **estry propano-1,2,3-triolu (glicerolu) i kwasów tłuszczowych**. W cząsteczkach tłuszczów fragment pochodzący od cząsteczki propano-1,2,3-triolu (glicerolu) połączony jest wiązaniami estrowymi z trzema fragmentami pochodzącymi od cząsteczek kwasów tłuszczowych ($-R_1$, $-R_2$, $-R_3$). **Wzór ogólny tłuszczów** ma postać:



Przykłady **kwasów tłuszczowych**:

- ▶ $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ kwas palmitynowy,
- ▶ $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ kwas stearynowy,
- ▶ $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ kwas oleinowy.

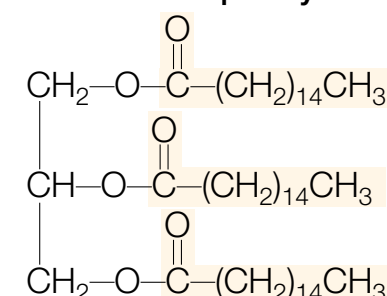
gdzie:

$-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ to grupy alifatyczne pochodzące od cząsteczek kwasów tłuszczowych,

$-\text{COO}-$ to grupa estrowa, czyli grupa funkcyjna.

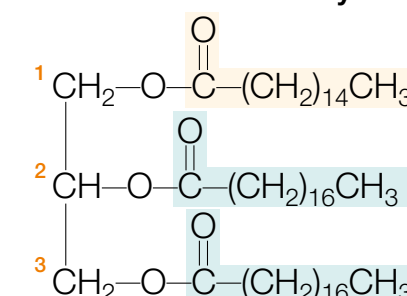
Jeśli w cząsteczce tłuszczu wszystkie trzy fragmenty $-R_1$, $-R_2$ i $-R_3$ są jednakowe, jest to **tłuszcz prosty**, a jeśli $-R_1$, $-R_2$ i $-R_3$ są różne, jest to **tłuszcz mieszany**, np.:

tłuszcz prosty



triheksadekanian propano-1,2,3-triolu
(tripalmitynian glicerolu)

tłuszcz mieszany

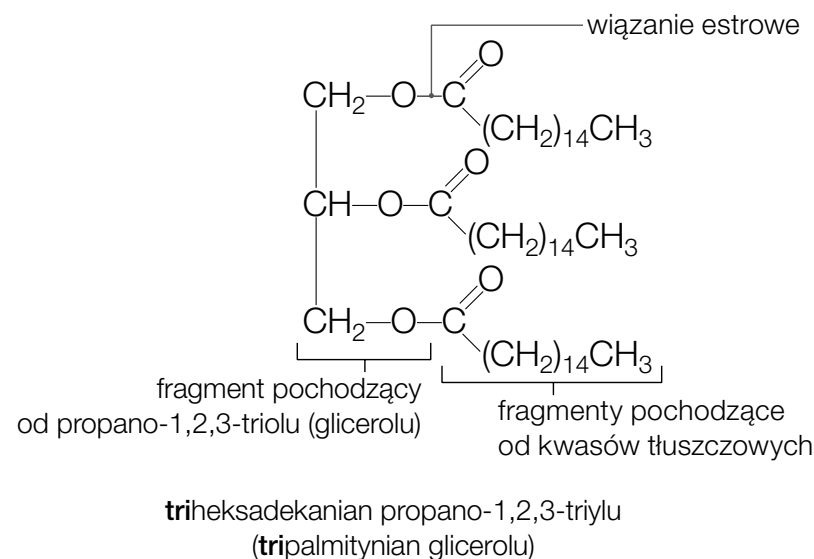


1-heksadekanian-2,3-dioktadekanian propano-1,2,3-triolu
(1-palmitynian-2,3-distearynian glicerolu)

Nazewnictwo tłuszczów

Estry zbudowane z cząsteczek, w których jedna cząsteczka propano-1,2,3-triolu (glicerolu) połączona jest z trzema resztami trzech kwasów tłuszczowych, często nazywane są triglicerydami.

Tworzenie **nazwy tłuszczu prostego**, w którego cząsteczce fragmenty $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ pochodzą od tego samego kwasu tłuszczowego, należy rozpocząć od podania nazwy anionu kwasu tłuszczowego z przedrostkiem „**tri-**”, a następnie dodać „propano-1,2,3-triylu”, np.:



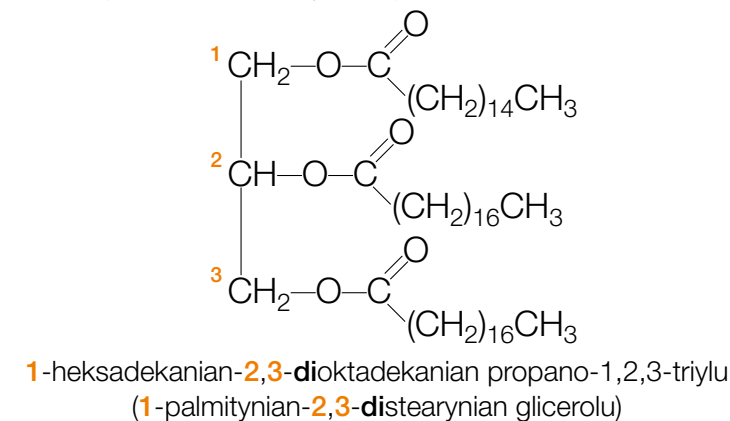
! Nazwami tłuszczów zalecanymi przez IUPAC są nazwy pochodzące od nazw systematycznych wyższych kwasów karboksylowych i alkoholu polihydroksylowego.

Chemia w akcji

Tłuszcze stanowią źródło propano-1,2,3-triolu (glicerolu) i potrzebnych organizmom kwasów tłuszczowych, np. wykorzystywanych do syntezy hormonów. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) to kwasy tłuszczowe, których organizm zwierzęcy nie potrafi syntezować, dlatego powinny być dostarczane wraz z pożywieniem. Przykładem jest kwas eikozapentaenowy (EPA), który występuje np. w mięsie łososia (fot. 61.).

Fot. 61. Mięso łososia jest źródłem NNKT.

Aby utworzyć **nazwę tłuszczu mieszanego**, czyli takiego, w którym fragmenty $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ pochodzą od różnych kwasów tłuszczowych, należy ponumerować atomy węgla z fragmentu cząsteczki propano-1,2,3-triolu, a następnie podać nazwy reszt kwasów tłuszczowych w kolejności alfabetycznej, np.:



Właściwości tłuszczów

Tłuszcze roślinne zwykle występują w temperaturze pokojowej w ciekłym stanie skupienia. Wyjątkiem jest m.in. olej kokosowy, który jest w takiej temperaturze substancją stałą.

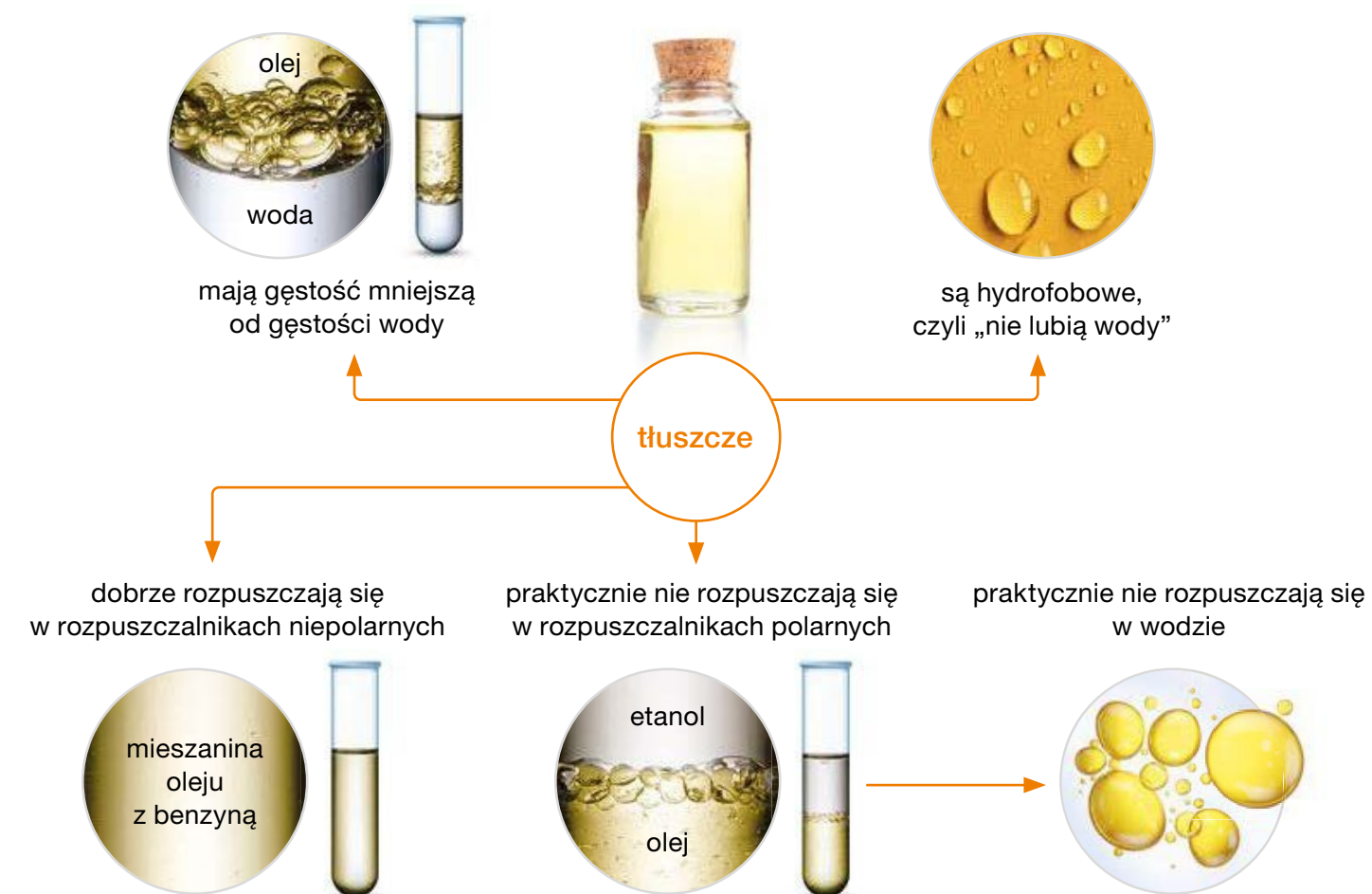
Tłuszcze zwierzęce są w temperaturze pokojowej substancjami stałymi. Wyjątkiem jest tran, który jest w takiej temperaturze cieczą, ponieważ w jego skład wchodzi łańcuchy węglowodorowe nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Przykłady **tłuszczów roślinnych**:

- ▶ olej rzepakowy,
- ▶ olej słonecznikowy.

Przykłady **tłuszczów zwierzęcych**:

- ▶ masło,
- ▶ łój.



Palącego się oleju nie wolno gasić wodą.

Aby zgasić płonący tłuszcz (fot. 62.), należy odciąć dostęp powietrza, np. przykrywając patelnię pokrywką.



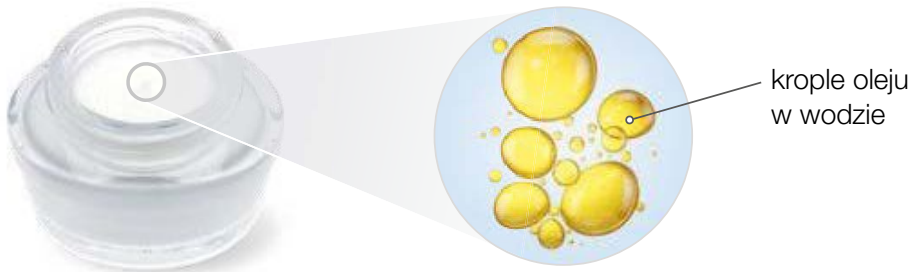
Fot. 62. Olej, podobnie jak ropa naftowa i benzyna, ma gęstość mniejszą od gęstości wody, dlatego wypływa na powierzchnię wody i pali się dalej.

Tłuszcze są bezbarwne i najczęściej bezwonne. Ich **właściwości chemiczne** zależą od budowy reszt kwasów tłuszczowych występujących w cząsteczce.

Tłuszcze praktycznie nie rozpuszczają się w wodzie, ale mogą tworzyć z nią emulsje.

Emulsja

Emulsja (fot. 63.) to **mieszanina przynajmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna jest rozproszona w drugiej w postaci bardzo małych kropli. Rozproszenie** oznacza rozmieszczenie kropli jednej cieczy, **cieczy rozproszonej**, w całej objętości drugiej cieczy, **cieczy rozpraszającej**.



Fot. 63. Emulsjami są np. kremy kosmetyczne.

Emulsja jest przykładem koloidu, czyli mieszaniny, w której rozmiary cząstek substancji rozpuszczonej mieszczą się w przedziale 1–100 nm. Ze względu na wielkość cząstek substancji rozpuszczonej wyróżnia się także zawiesiny oraz roztwory właściwe (tabela 18.).

Tabela 18. Podział mieszanin ze względu na wielkość cząstek substancji rozproszonej

	Roztwór właściwy	Koloid	Zawiesina
Rozmiar cząstek substancji rozpuszczonej, nm	< 1	1–100	> 100
Przykłady	perfumy	majonez	peeling do ciała

nm to nanometr
1 nm = 10⁻⁹ m

Krok po kroku

Powstawanie emulsji

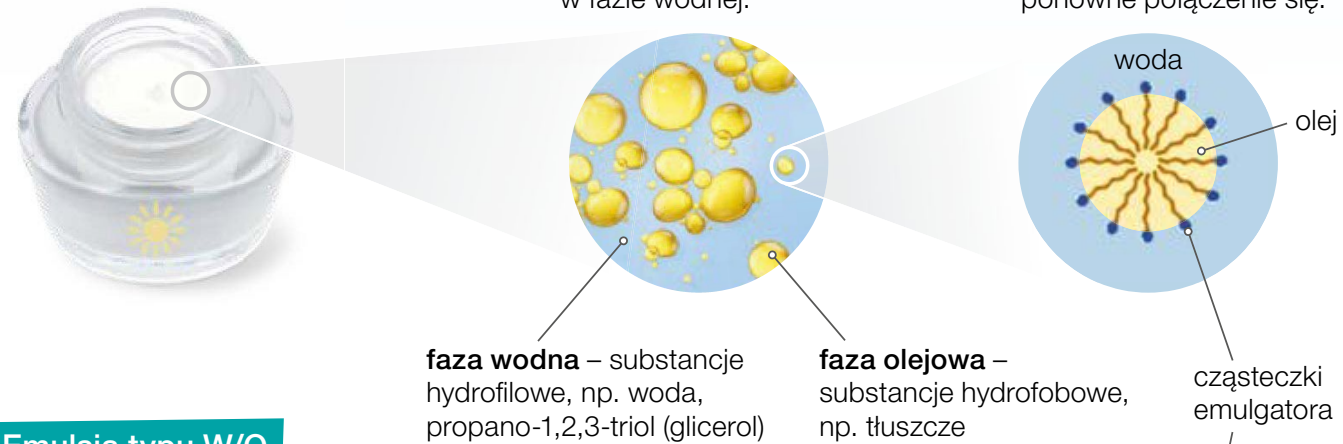
Wyróżnia się dwa typy emulsji. Jeżeli dominującym składnikiem jest substancja hydrofilowa, a składnikiem w niej rozproszonym – substancja hydrofobowa, to mówimy o **emulsji typu olej w wodzie (O/W)**. **Emulsja typu woda w oleju (W/O)** występuje wówczas, gdy w substancji hydrofobowej jest rozproszona substancja hydrofilowa.

Emulsja typu O/W

Postać emulsji typu **olej w wodzie (O/W)** mają np. kosmetyki o działaniu nawilżającym.

Kropelki fazy olejowej są rozproszone w fazie wodnej.

W emulsji **typu O/W** cząsteczki emulgatora otaczają kropelki tłuszczu, uniemożliwiając im ponowne połączenie się.



Emulsja typu W/O

Postać emulsji typu **woda w oleju (W/O)** mają np. kosmetyki o działaniu natłuszczającym.

Kropelki fazy wodnej są rozproszone w fazie olejowej.

W emulsji **typu W/O** cząsteczki emulgatora otaczają kropelki wody.

Jaką funkcję pełni emulgator?

Dodatek emulgatora ułatwia **tworzenie się emulsji**, która jest najczęściej mieszaniną tłuszczu i wody. Substancja pełniąca funkcję emulgatora musi składać się zarówno z części hydrofilowej, jak i hydrofobowej, tak jak np. mydło. Cząsteczka emulgatora w emulsji ustawia się tak, że jego część **hydrofilowa** styka się z **wodą** (substancją hydrofilową), a część **hydrofobowa** – z **tłuszczem** (substancją hydrofobową).

Emulgatora nie zawiera np. płyn dwufazowy do demakijażu.



Reakcje tłuszczów

Tłuszcze są estrami, zatem mogą ulegać **hydrolizie w środowisku kwasowym lub środowisku zasadowym**. W wyniku hydrolizy w środowisku kwasowym powstają odpowiednie kwasy karboksylowe i propano-1,2,3-triol (glicerol), a w efekcie hydrolizy w środowisku zasadowym – odpowiednie sole kwasów karboksylowych i propano-1,2,3-triol.

Doświadczenie 21.



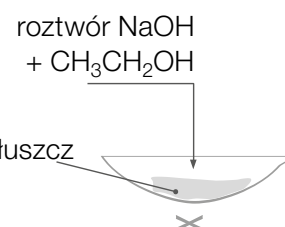
Hydroliza zasadowa tłuszczów

Odczynniki: tłuszcz stały (np. masło), stężony roztwór wodorotlenku sodu, woda destylowana, etanol, nasycony roztwór wodny chlorku sodu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica porcelanowa, statyw z pierścieniem metalowym, palnik gazowy, łyżeczka, probówki, bagietki.

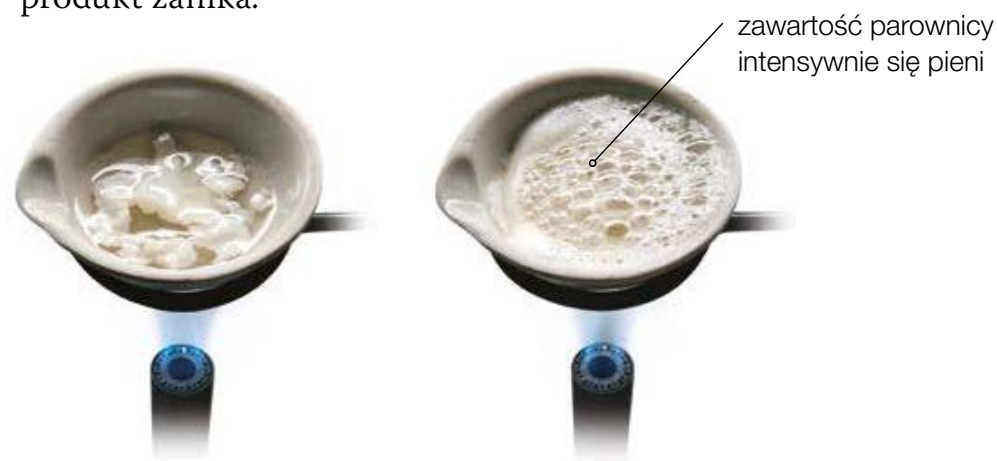
Instrukcja: W parownicy umieść łyżeczkę tłuszczu (ok. 5 g), dodaj 10 cm^3 stężonego roztworu wodorotlenku sodu i $3\text{--}5\text{ cm}^3$ etanolu (aby ułatwić rozpuszczanie tłuszczu). Ogrzewaj i mieszaj zawartość parownicy przez ok. 10 min (schemat). Następnie wlej 10 cm^3 roztworu chlorku sodu (aby ułatwić rozdzielanie składników mieszaniny), wymieszaj wszystko i pozostaw do ochłodzenia.

Po ostudzeniu powstałej substancji sprawdź palcem w rękawicy, jaki jest w dotyku stały produkt tej reakcji chemicznej. Niewielką ilość produktu przenieś bagietką do probówki z wodą destylowaną i silnie wstrząsaj probówką.



Obserwacje:

- Wydziela charakterystyczny zapach mydlin.
- Ogrzewana w parownicy mieszanina intensywnie się pieni (fot. 64.).
- Produkt ma postać białej masy, śliskiej w dotyku.
- Po dodaniu wody destylowanej i wstrząśnięciu produkt zanika.



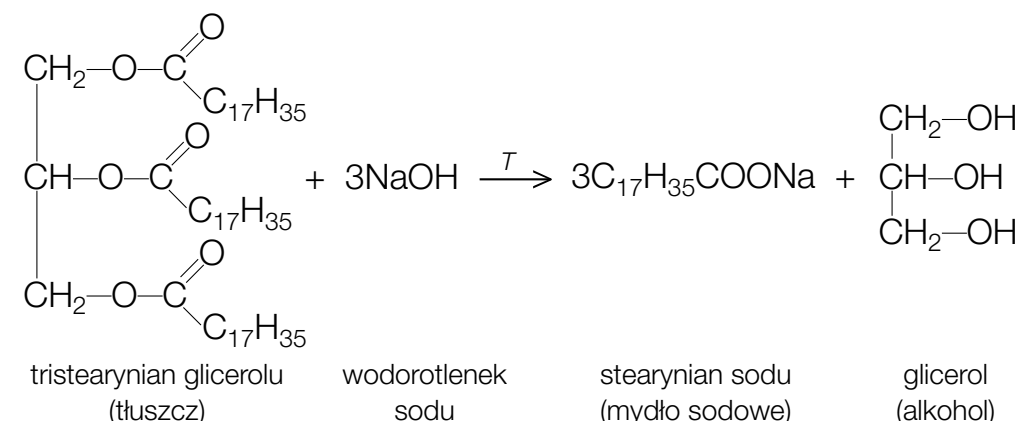
Fot. 64. Reakcja hydrolizy zasadowej tłuszczów.

ciąg dalszy doświadczenia na s. 122

początek doświadczenia na s. 121

Wniosek: Tłuszcz reaguje z wodorotlenkiem sodu, w wyniku czego powstaje mydło. Substancja ta dobrze rozpuszcza się w wodzie.

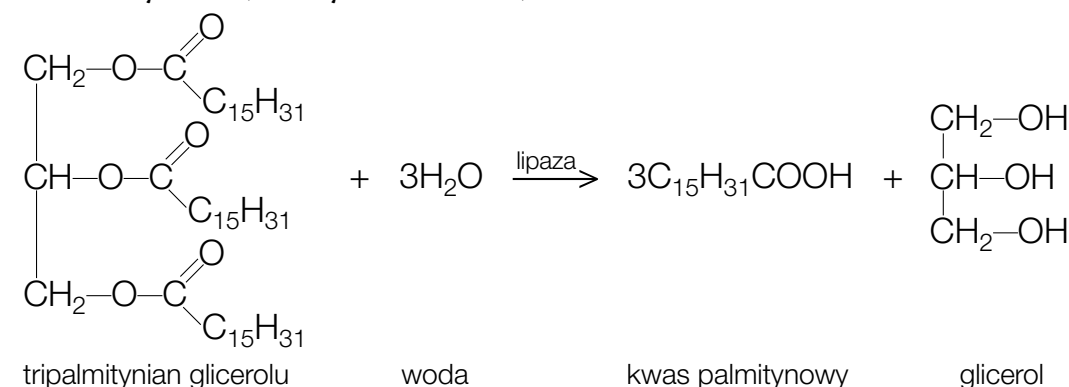
Reakcję hydrolizy zasadowej tłuszczu przedstawia równanie:



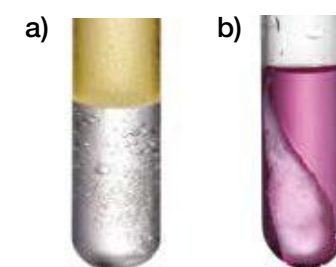
W doświadczeniu 21., s. 122, w reakcji hydrolizy zasadowej tristearynianu glicerolu powstały mydło sodowe i glicerol. Ogólny zapis reakcji hydrolizy zasadowej tłuszczów ma postać:



Tłuszcze w organizmach ludzi i zwierząt ulegają pod wpływem wody i w obecności odpowiednich enzymów (np. lipazy) reakcji hydrolizy, czyli rozpadu na glicerol oraz odpowiednie wyższe kwasy karboksylowe (kwasy tłuszczowe):



Tłuszcze nienasycone, czyli takie, które mają w cząsteczce wiązania wielokrotne między atomami węgla, **ulegają reakcjom addycji do wiązania wielokrotnego**, odbarwiają wodę bromową i zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu (fot. 65.). Tłuszcze nienasycone ulegają też **uwodornieniu**, czyli reakcji addycji wodoru do wiązania wielokrotnego.



Fot. 65. Zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu: a) odbarwia się w probówce z olejem roślinnym (tłuszcz nienasycony), b) nie odbarwia się w probówce ze smalcem (tłuszcz nasycony).

Zastosowania tłuszczów

Smażenie i pieczenie to powszechne sposoby użycia tłuszczów. Dzięki tłuszczom organizm człowieka łatwiej wchłania takie witaminy jak np. A, D, E i K, ponieważ te witaminy rozpuszczają się w tłuszczach.



przemysł
spożywczy



przemysł
chemiczny



przemysł
kosmetyczny

Przemysł spożywczy

Do produkcji słodczy, m.in. **czekolad**, używa się masła kakaowego. Podobne zastosowanie ma tłuszcz kokosowy, który wykorzystuje się również do smażenia.

Przemysł chemiczny

Drewno impregnuje się olejem lnianym. Chroni on powierzchnię drewna przed zniszczeniem. Olej lniany, podobnie jak większość substancji naturalnych, jest biodegradowalny.

Przemysł kosmetyczny

Stosowane w kosmetykach oleje roślinne, takie jak np. olej arganowy czy olej z awokado, zapewniają odpowiednie nawilżenie skóry. Dodatkowo pomagają odbudować naturalną barierę ochronną skóry i wspierają jej regenerację.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Olej palmowy jest najczęściej używanym olejem na świecie. Jest składnikiem wielu produktów żywnościowych i kosmetyków. Niestety, zwiększające się zapotrzebowanie na ten olej stanowi zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, ponieważ pod nowe plantacje palm wycina się i wypala lasy tropikalne w Afryce, Azji i Ameryce Środkowej.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie są skutki niszczenia lasów tropikalnych?

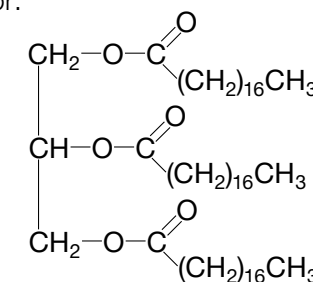


Ważne w temacie Tłuszcze

1. Zapisuję nazwy tłuszczów na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

• wzór:



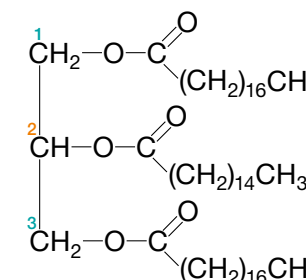
• nazwa:
trioktadekanian propano-1,2,3-triilu
(tristearynian glicerolu)

2. Rysuję wzory tłuszczów na podstawie ich nazw.

Na przykład:

• nazwa:
2-heksadekanian-1,3-dioktadekanian propano-1,2,3-triilu
(2-palmitynian-1,3-distearynian glicerolu)

• wzór:

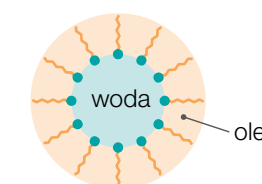


Tłuszcze

3. Opisuję tworzenie się emulsji.

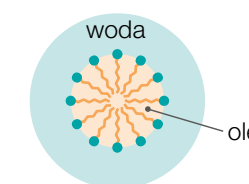
Emulsja typu woda w oleju W/O

Kropelki fazy wodnej są rozproszone w fazie olejowej.



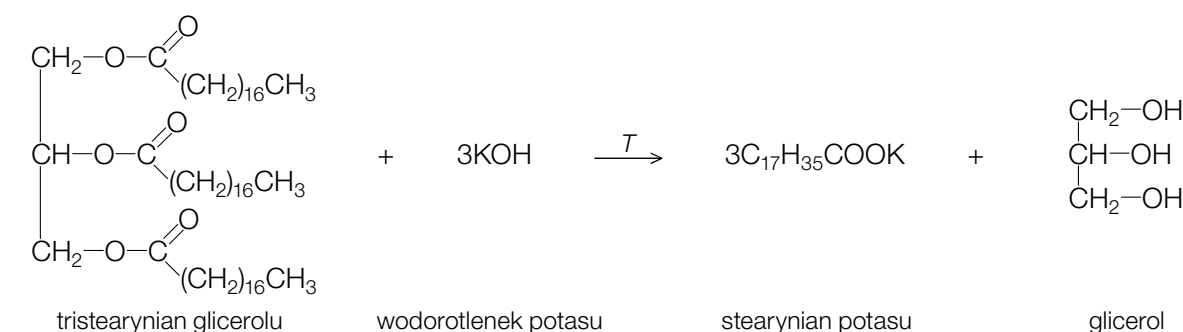
Emulsja typu olej w wodzie O/W

Kropelki fazy olejowej są rozproszone w fazie wodnej.



4. Zapisuję równania reakcji hydrolizy zasadowej tłuszczów.

Na przykład równanie reakcji hydrolizy tristearynian glicerolu z wodorotlenkiem potasu:



Zapamiętaj!

Tłuszcze – estry propano-1,2,3-trioli (glicerolu) i kwasów tłuszczowych.

Emulsja – mieszanina przynajmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna jest rozproszona w drugiej w postaci bardzo małych kropli.

Zadania



1. Napisz równanie reakcji hydrolizy tristearynianu glicerolu w środowisku kwasowym.
2. Wyjaśnij, dlaczego tłuszcze ułatwiają przyswajanie niektórych witamin. Napisz, z jakiej cechy ich budowy to wynika. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

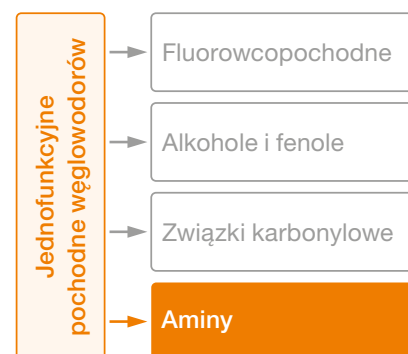
11 Aminy



Fot. 66. Skropienie ryby przed smażeniem sokiem z cytryny neutralizuje jej zapach.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *aminy* i *grupa aminowa*
- budowa amin
- zapisywanie wzorów i nazw amin
- izomery konstytucyjne amin
- zapisywanie równań reakcji, którym ulegają aminy

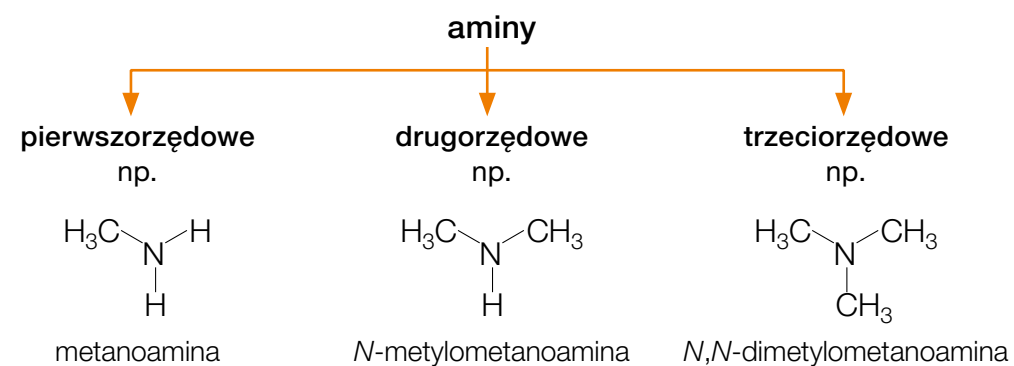


Charakterystyczny zapach ryb (fot. 66.) jest spowodowany obecnością w ich organizmach metanoaminy – związku organicznego, w którego cząsteczce występuje atom azotu.

■ Podział amin

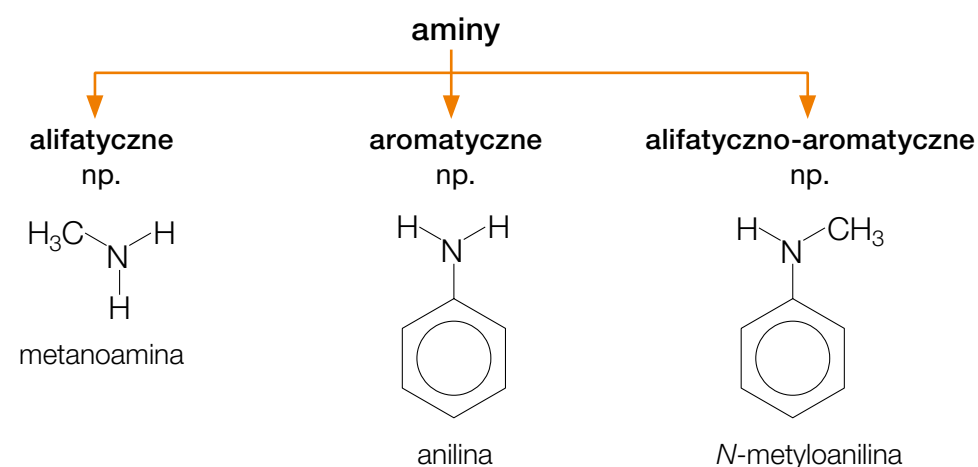
Aminy można podzielić ze względu na:

- **rzędowość atomu azotu**, do którego są przyłączone grupy węglowodorowe:



! Rzędowość amin określa się jako liczbę grup węglowodorowych przyłączonych do atomu azotu.

- **rodzaj grup węglowodorowych** połączonych z atomem azotu:

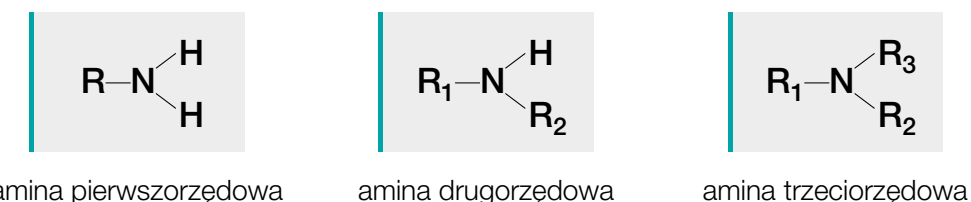


■ Budowa amin

Aminy to **jednofunkcyjne pochodne amoniaku**, w którym atom lub atomy wodoru zostały zastąpione grupą lub grupami węglowodorowymi. Grupa aminowa jest **grupą funkcyjną amin**.

W cząsteczkach amin pierwszorzędowych **grupa aminowa** —NH_2 jest połączona z jedną grupą alkilową (aminy alifatyczne) lub bezpośrednio z grupą arylową (aminy aromatyczne). W przypadku amin drugo- i trzeciorzędowych odpowiednio dwa albo trzy atomy wodoru cząsteczki amoniaku są zastąpione grupami węglowodorowymi.

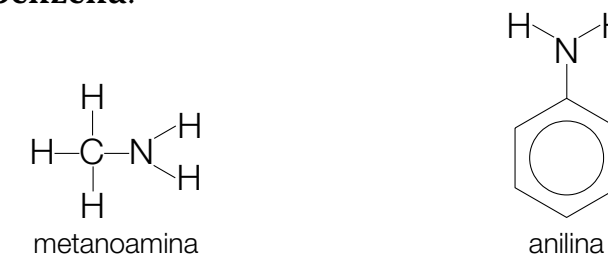
Wzory ogólne amin to:



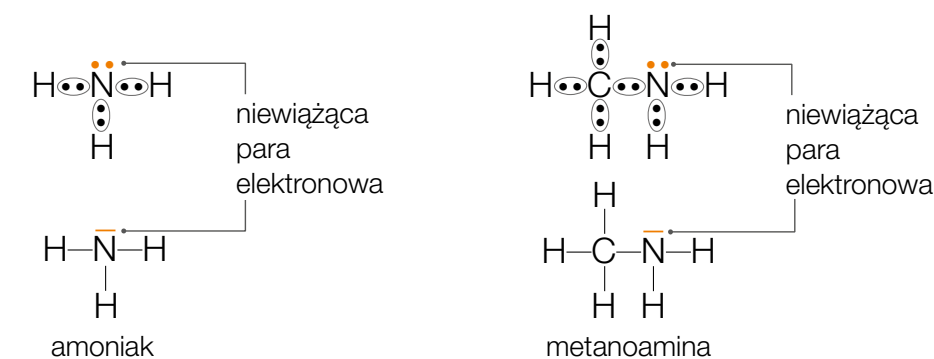
gdzie:

$-\text{R}, -\text{R}_1, -\text{R}_2, -\text{R}_3$ to grupy węglowodorowe (np. alkilowe lub aryłowe),
 $-\text{NH}_2, -\text{NH}-, -\text{N}-$ to grupy aminowe, czyli grupy funkcyjne odpowiednio amin pierwszo- drugo- i trzeciorzędowych.

Najprostsza alifatyczna amina pierwszorzędowa – **metanoamina** – jest zbudowana z **grupy aminowej** połączonej z **grupą metylową**, a najprostsza aromatyczna amina pierwszorzędowa – **anilina** – składa się z **grupy aminowej** bezpośrednio połączonej z **atomem węgla pierścienia benzenu**:



W cząsteczce amin, podobnie jak w cząsteczce amoniaku, atom azotu uwspólnia trzy z pięciu swoich elektronów walencyjnych i tworzy **trzy wiązania kowalencyjne spolaryzowane**. Dwa pozostałe **elektrony** walencyjne atomu azotu, które nie biorą udziału w tworzeniu wiązań, tworzą **wolną** (niewiążącą) **parę elektronową**.



NH_3
amoniak

Model grupy aminowej aminy pierwszorzędowej



Modele atomów: wodoru
 azotu

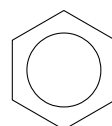
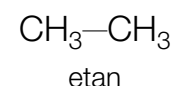
wzory elektronowe
kropkowe

wzory elektronowe
kreskowe

Nazewnictwo amin

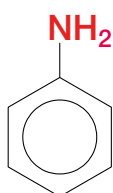
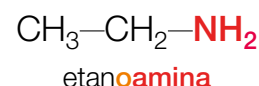
Nazwy systematyczne amin pierwszorzędowych tworzy się, łącząc nazwę odpowiedniego węglowodoru lub nazwę podstawnika z przyrostkiem „-amina” przy użyciu litery „-o-”, np.:

węglowodory



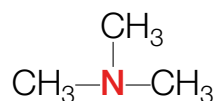
benzen

aminy

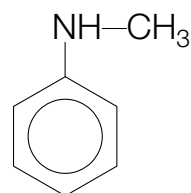
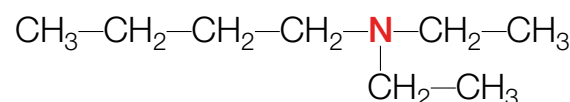
benzen**o**amina
(anilina)

Anilina jest jedyną nazwą aminy pierwszorzędowej $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ zachowaną jako nazwa zalecana przez IUPAC.

Nazwy systematyczne amin drugo- i trzeciorzędowych można utworzyć, traktując związek chemiczny jako *N*-podstawioną (podstawnik jest połączony z atomem azotu) aminę pierwszorzędową. W takim przypadku do nazwy aminy pierwszorzędowej dopisuje się nazwy podstawników poprzedzone literą „*N*-”.

*N*-metylometan**o**amina*N,N*-dimetylometan**o**amina

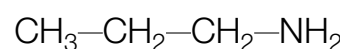
Jeżeli w cząsteczce aminy występują różne podstawniki, jako aminę pierwszorzędową wybiera się tę o największej masie cząsteczkowej, np.:

*N*-metylo**o**anilina*N,N*-dietylobutan**o**-1-**amina**

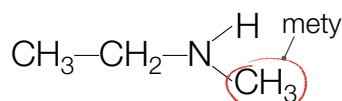
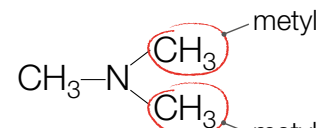
Izomery amin

Aminy mogą tworzyć izomery konstytucyjne: **izomery szkieletowe** oraz **izomery położenia grupy funkcyjnej**.

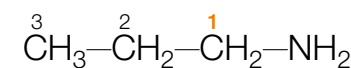
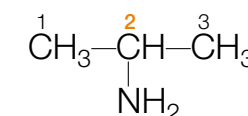
Pierwszo-, drugo- i trzeciorzędowe aminy alifatyczne o co najmniej trzech atomach węgla w cząsteczce są względem siebie **izomerami szkieletowymi**:



propano-1-amina

*N*-metyloetanoamina*N,N*-dimetyloetanoamina

Aminy pierwszorzędowe, które mają co najmniej trzy atomy węgla w cząsteczce, mogą różnić się **położeniem grupy aminowej**. Dlatego w nazwach takich amin tuż przed końcówką „-amina” należy wpisać **lokant** atomu węgla, z którym połączona jest grupa aminowa. Atomy węgla w cząsteczce trzeba numerować tak, aby lokant grupy aminowej był jak najmniejszy. Na przykład:

propano-**1**-aminapropano-**2**-amina

Właściwości amin

W temperaturze pokojowej metanoamina i etanoamina są gazami. Aminy alifatyczne o większej masie cząsteczkowej oraz aminy aromatyczne są cieciami. Aminy o bardzo dużych masach cząsteczkowych są substancjami stałymi.

Aminy alifatyczne **dobrze rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ za pomocą wolnej pary elektronowej atomu azotu **tworzą wiązanie wodorowe z cząsteczkami wody**. Aminy aromatyczne **słabiej rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ wolna para elektronowa atomu azotu oddziałuje z chmurą zdelokalizowanych elektronów pierścienia aromatycznego, co **zmniejsza zdolność tych amin do tworzenia wiązań wodorowych**.

Temperatury wrzenia i topnienia amin są wyższe niż alkanów o podobnej masie cząsteczkowej, ale niższe niż odpowiadających im alkoholi (tabela 19.).

Tabela 19. Porównanie właściwości fizycznych alkanów, alkoholi monohydroksylowych i amin o zbliżonych masach cząsteczkowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Właściwość \ Nazwa	pentan	butan-1-ol	butano-1-amina
Szereg homologiczny	alkany	alkohole monohydroksylowe	aminy alifatyczne
Wzór grupowy	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
Masa cząsteczkowa, u	72	74	73
Gęstość w 25 °C, $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	0,62	0,81	0,74
Temperatura topnienia, °C	−130	−89	−49
Temperatura wrzenia, °C	36	118	77
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	ciecz	ciecz	ciecz
Rozpuszczalność w wodzie, g/100 g H_2O	0,0041	7,9	nieograniczona

Na podstawie: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

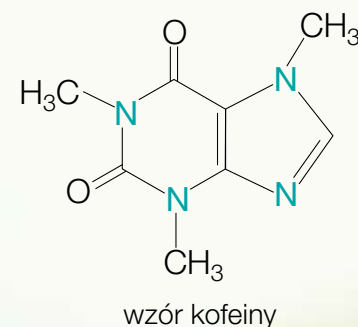
Alkaloidy

Aminy pochodzenia naturalnego zaliczane są do alkaloidów, czyli zasadowych związków chemicznych zawierających atom lub atomy azotu. Przykładami alkaloidów są **kofeina** i **nikotyna**.

Kofeina

Związek chemiczny powszechnie znany pod nazwą kofeina występuje m.in. w ziarnach kawy i liściach herbaty. Małe ilości kofeiny działają stymulująco na organizm człowieka – poprawiają nastrój, pobudzają pracę serca i ośrodkowego układu nerwowego.

Większe dawki kofeiny wywołują rozkojarzenie, stan niepokoju, bóle głowy czy bezsenność.



ziarna kawowca zawierają 0,6–2,8 % kofeiny

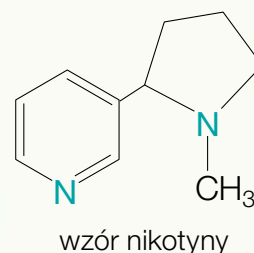
! Częste lub długotrwałe picie napojów zawierających kofeinę, np. napojów energetycznych, może prowadzić do uzależnienia.

liście herbaty zawierają 2–3,5 % kofeiny (teiny)

◀ Pod względem budowy kofeina i teina są takie same.

Nikotyna

Związek chemiczny o nazwie zwyczajowej nikotyna występuje m.in. w liściach tytoniu, które są wykorzystywane do produkcji papierosów. **Nikotyna działa drażniaco na błony śluzowe i jest bardzo silną trucizną.**

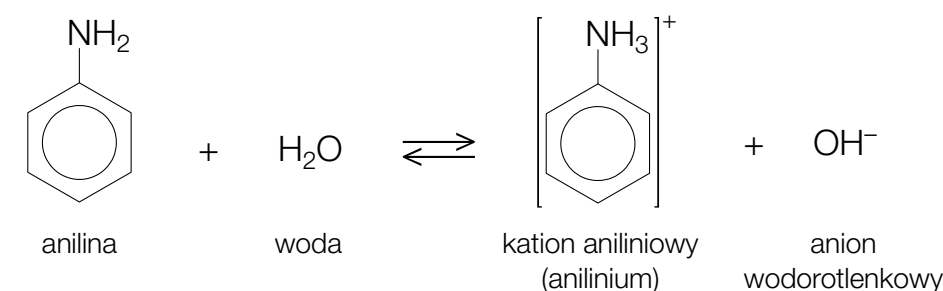
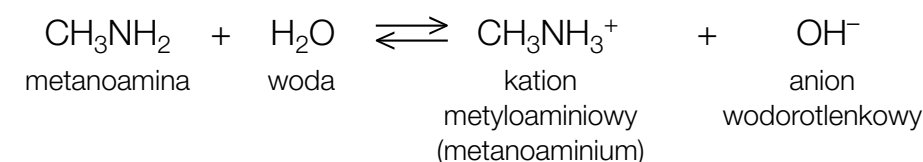
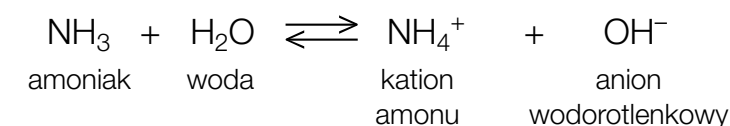


tytoń zawiera 6–8 % nikotyny

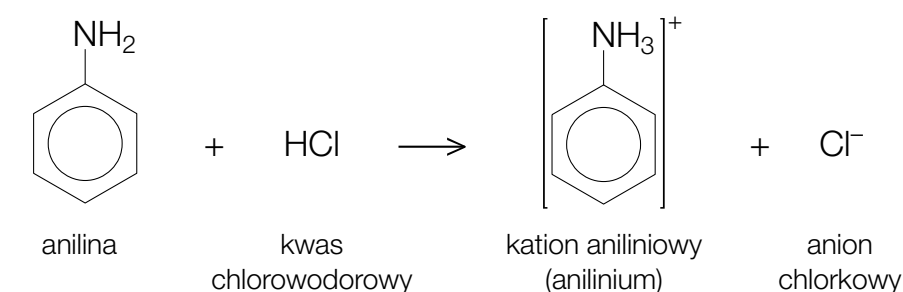
! Palenie papierosów prowadzi do uzależnienia od nikotyny, czyli **nikotynizmu**. Skutkiem długotrwałego palenia papierosów mogą być m.in. choroby nowotworowe.

Reakcje amin

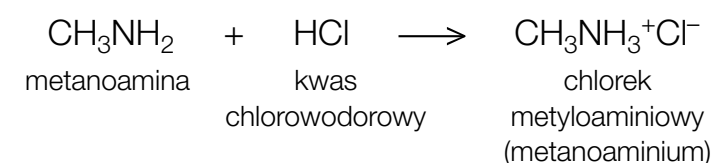
Obecność wolnej pary elektronowej w atomie azotu wpływa nie tylko na rozpuszczalność, ale również **na charakter chemiczny** amin. Podobnie jak amoniak mają one charakter zasadowy i w reakcji z wodą lub kwasami ich cząsteczki mogą przyłączać kation wodoru:



Aminy ze względu na swój charakter zasadowy mogą reagować m.in. z kwasem chlorowodorowym. Reakcję aniliny z kwasem chlorowodorowym przedstawia równanie:



W taki sam sposób reagują aminy alifatyczne, np. metanoamina:



Chemia w akcji

Świąd i ból odczuwany po poparzeniu pokrzywą (fot. 67.) wywołuje wydzielana przez organizm **histamina**, czyli amina, która – wydzielona w dużych ilościach do tkanki podskórnej – drażni zakończenia nerwowe.

Fot. 67. Liście i łodygę pokrzywy pokrywają włoski parzące, które z kolei wydzielają drażniący skórę kwas mrówkowy.



Zastosowania amin

Metanoamina CH_3NH_2 jest używana do produkcji surfaktantów, czyli związków powierzchniowo czynnych, które są składnikami detergentów i środków czyszczących. Aminy wykorzystywane są też do produkcji środków dezynfekujących oraz mydeł.



medycyna

przemysł
włókienniczyprzemysł
energetyczny

Medycyna

Adrenalina (epinefryna) silnie pobudza kurczliwość mięśnia sercowego, dlatego podaje się ją w przypadku zatrzymania akcji serca. Otrzymują ją też alergicy, np. w przypadku ukąszenia przez owady.

Przemysł włókienniczy

W reakcji kwasów karboksylowych z diaminami, np. z 1,6-diaminoheksanem, otrzymuje się nylon, czyli włókno syntetyczne z którego produkuje się m.in. pończochy i szczoteczki do zębów.

Przemysł energetyczny

Wodne roztwory etanoloaminy i dietanoloaminy stosuje się do oczyszczania gazu ziemnego z tlenku węgla(IV) i siarkowodoru w procesach rafineryjnych.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Nitrozoaminy, czyli pochodne amin, powstają podczas obróbki termicznej żywności, której składnikami są azotany, powszechnie stosowane jako konserwanty. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) uznała nitrozoaminy za substancje prawdopodobnie rakotwórcze (mogą powodować u ludzi nowotwory). Dlatego lepiej ograniczyć jedzenie np. smażonych lub grillowanych wyrobów mięsnych, do których konserwacji użyto azotanów.



Wyszukaj i zaprezentuj

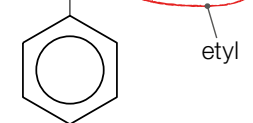
Podaj nazwy nitrozoamin uznawanych za związki prawdopodobnie rakotwórcze.

Ważne w temacie Aminy

1. Zapisuję nazwy amin na podstawie ich wzorów.

Na przykład:

- wzór: $\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

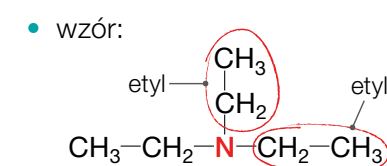


- nazwa: *N*-etyloanilina

2. Rysuję wzory amin na podstawie ich nazw.

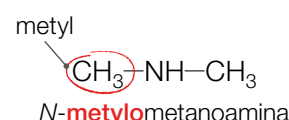
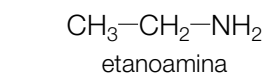
Na przykład:

- nazwa: *N,N*-dietyloetanoamina



3. Rozpoznaję izomery szkieletowe amin.

Na przykład:

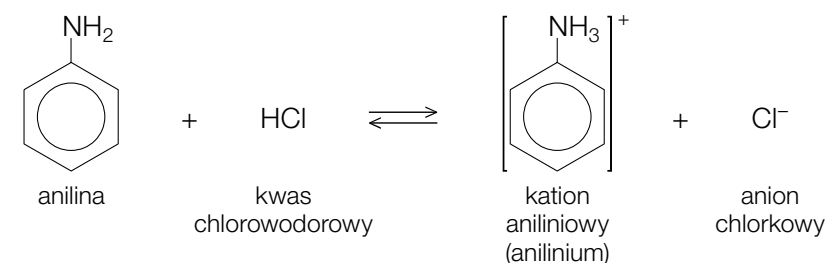


Aminy

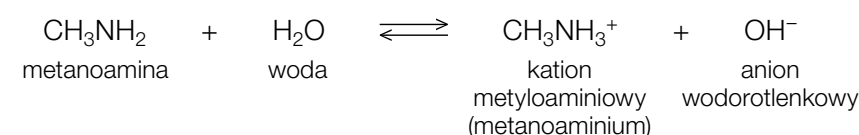
5. Zapisuję równania reakcji, którym ulegają aminy.

Na przykład równania reakcji:

- anilina + kwas chlorowodorowy:

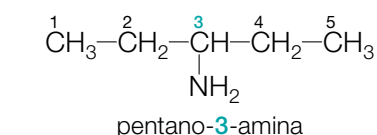
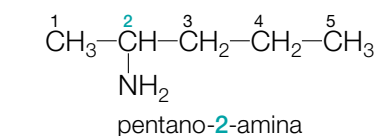
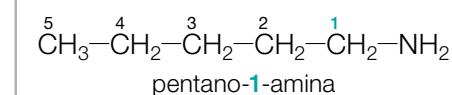


- metanoamina + woda:



4. Rozpoznaję izomery położenia grupy funkcyjnej amin.

Na przykład:



Zapamiętaj!

Aminy – jednofunkcyjne pochodne amoniaku, w którym atom lub atomy wodoru zostały zastąpione grupą lub grupami węglowodorowymi.

Grupa aminowa – grupa funkcyjna amin.

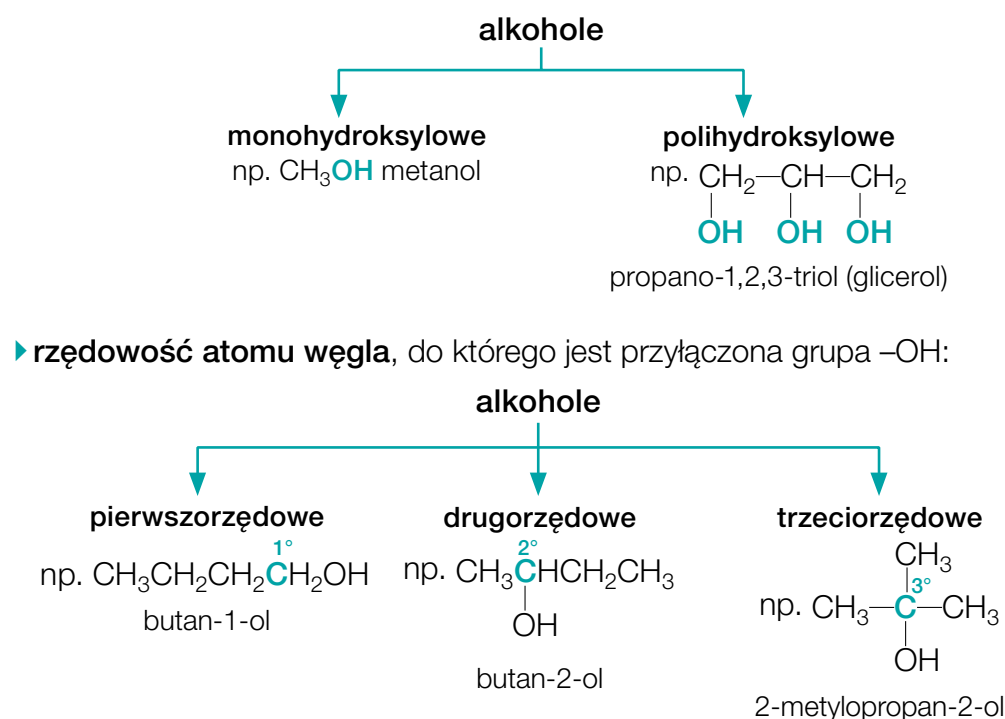
Zadania

ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

- Napisz nazwy systematyczne amin o podanych wzorach.
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
 - $(\text{CH}_3)_3\text{N}$
- Narysuj wzory strukturalne amin o podanych nazwach.
 - butano-1-amina
 - N*-metryloanilina
 - N*-fenyloanilina
 - 2-metylopentano-2-amina
- Napisz równanie reakcji propano-1-aminy z wodą i z kwasem chlorowodorowym. Podaj nazwy produktów tej reakcji chemicznej.
- N*-fenyloanilina jest aminą aromatyczną zawierającą dwa podstawniki fenyłowe przy atomie azotu. Określ rzędowość i oblicz masę cząsteczkową *N*-fenyloaniliny.
- Napisz równania reakcji otrzymywania metanoaminy z fluorowcopochodnej węglowodoru i amoniaku. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Podsumowanie

- Co to są pochodne węglowodorów?** ▶ Pochodne węglowodorów to **związki chemiczne**, które oprócz grupy węglowodorowej **zawierają** w swoich cząsteczkach **grupę funkcyjną**.
- Co to jest grupa funkcyjna?** ▶ Grupa funkcyjna to **atom lub grupa atomów**, która **nadaje** związkowi organicznemu **charakterystyczne właściwości**.
- Co to są jednofunkcyjne pochodne węglowodorów?** ▶ Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów to **pochodne**, które zawierają w cząsteczkach **grupę funkcyjną jednego rodzaju**.
- Jakie związki chemiczne zalicza się do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów?** ▶ Do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów zalicza się: **fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry, tłuszcze i aminy**.
- Co to są fluorowcopochodne węglowodorów?** ▶ Fluorowcopochodne węglowodorów to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, w których cząsteczkach **występują atom lub atomy fluorowca**, np. fluoru F, chloru Cl, bromu Br.
- Jak można podzielić alkohole?** ▶ Alkohole można podzielić ze względu na:
▶ **liczbę grup hydroksylowych w cząsteczce:**



- Co to są alkohole monohydroksylowe?** ▶ Alkohole monohydroksylowe to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **jedną grupę hydroksylową** $-\text{OH}$ połączoną z atomem węgla nienależącym do pierścienia aromatycznego.
- Co to jest grupa hydroksylowa?** ▶ Grupa hydroksylowa to **grupa funkcyjna alkoholi** składająca się z atomu tlenu i wodoru połączonych wiązaniem kowalencyjnym.

Alkohole polihydroksylowe to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **co najmniej dwie grupy hydroksylowe** połączone z atomem lub atomami węgla nienależącymi do pierścienia aromatycznego.

Należy przeprowadzić **reakcję alkoholu z wodorotlenkiem miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$** . Alkohole monohydroksylowe nie reagują z tą substancją, a alkohole polihydroksylowe reagują. W wyniku reakcji alkoholu polihydroksylowego z $\text{Cu}(\text{OH})_2$ powstaje klarowny roztwór o szafirowej barwie.



alkohol monohydroksylowy



alkohol polihydroksylowy

Fenole to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę (lub grupy) hydroksylową przyłączoną bezpośrednio do atomu węgla pierścienia aromatycznego**.

Związki karbonylowe to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karbonylową**.

Grupa karbonylowa to grupa zbudowana z **atomu węgla połączonego wiązaniem podwójnym z atomem tlenu**.

Aldehydy to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę aldehydową**.

Grupa aldehydowa to **grupa funkcyjna aldehydów**, którą tworzy **grupa karbonylowa połączona z jednym atomem wodoru**.

Ketony to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karbonylową połączoną z dwiema grupami węglowodorowymi**.

Należy przeprowadzić **próbę Trommera** (reakcja ze świeżo strąconym wodorotlenkiem miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ w środowisku zasadowym) lub **próbę Tollensa** (reakcja z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I)). Aldehydy to związki chemiczne o właściwościach redukujących, które dają pozytywny wynik prób Trommera i Tollensa. Ketony nie mają właściwości redukujących i dają negatywny wynik prób Tollensa i Trommera.



pozytywny wynik próby Trommera



pozytywny wynik próby Tollensa

◀ **Co to są alkohole polihydroksylowe?**

◀ **Jak odróżnić alkohole polihydroksylowe od alkoholi monohydroksylowych?**

◀ **Co to są fenole?**

◀ **Co to są związki karbonylowe?**

◀ **Co to jest grupa karbonylowa?**

◀ **Co to są aldehydy?**

◀ **Co to jest grupa aldehydowa?**

◀ **Co to są ketony?**

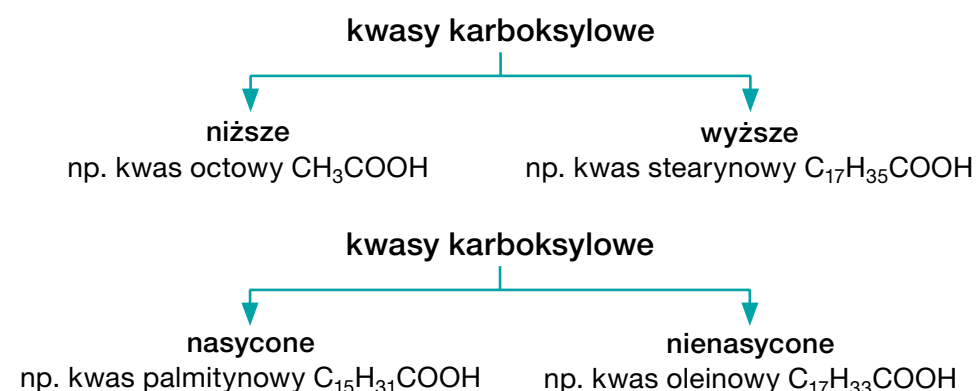
◀ **Jak odróżnić aldehydy od ketonów?**

Podsumowanie

Co to są kwasy karboksylowe? ► Kwasy karboksylowe to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które w cząsteczkach **zawierają grupę karboksylową**.

Co to jest grupa karboksylowa? ► Grupa karboksylowa to **grupa funkcyjna kwasów karboksylowych** zbudowana z dwóch grup: karbonylowej i hydroksylowej.

Jak można podzielić kwasy karboksylowe? ►



Co to są wyższe kwasy karboksylowe? ► Wyższe kwasy karboksylowe to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które w cząsteczkach **zawierają długie łańcuchy węglowodorowe**.

Jak odróżnić nienasycone kwasy karboksylowe od nasyconych kwasów karboksylowych? ► Aby odróżnić nienasycone kwasy karboksylowe od kwasów karboksylowych nasyconych, należy przeprowadzić po kolei **reakcję** każdego z badanych kwasów **z wodą bromową lub zakwaszonym roztworem manganianu(VII) potasu**. Odczynniki te odbarwiają się pod wpływem nienasyconych kwasów karboksylowych, ponieważ kwasy te zawierają wiązania wielokrotne.

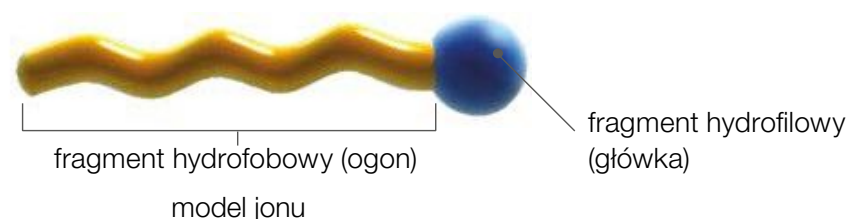


Kwas stearynowy **nie odbarwia** wody bromowej i zakwaszonego roztworu manganianu(VII) potasu KMnO_4 .



Kwas oleinowy **odbarwia** wodę bromową i zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu KMnO_4 .

Czym są fragmenty hydrofobowy i hydrofilowy? ► Fragment hydrofobowy to **część niepolarna cząsteczki**, „niełubiąca wody”, natomiast fragment hydrofilowy to **część polarna cząsteczki**, „lubiąca wodę”.



Co to są estry? ► Estry to jednofunkcyjne **pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę estrową**.

Grupa estrowa to **grupa funkcyjna estrów**, w której skład wchodzi grupa karbonylowa.

Wiązanie estrowe to **wiązanie pojedyncze łączące atom węgla grupy karbonylowej z atomem tlenu pochodzącym z cząsteczki alkoholu**.

Reakcja estryfikacji to **reakcja kwasu z alkoholem**, w wyniku której **powstają ester i woda**.

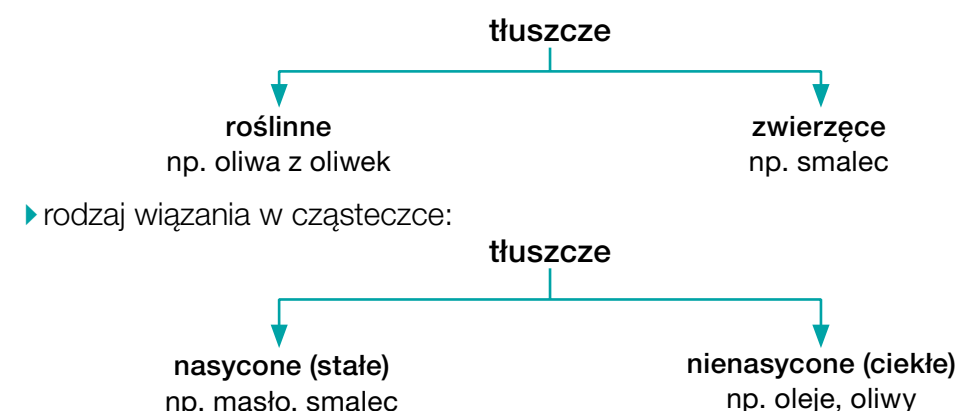
Hydroliza kwasowa estrów to **odwracalna reakcja estru z wodą** w obecności katalizatora (np. stężonego kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4), w wyniku której **powstają kwas karboksylowy i alkohol**.

Hydroliza zasadowa estrów to **praktycznie nieodwracalna reakcja** zachodząca w środowisku zasadowym, w wyniku której **powstają sól kwasu karboksylowego i alkohol**.

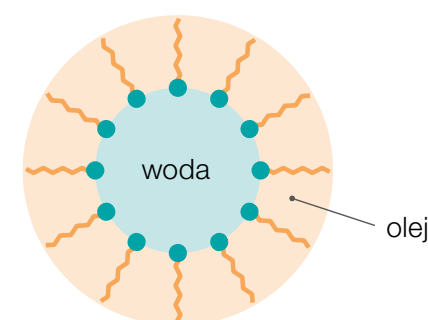
Tłuszcze to **estry propano-1,2,3-triolu** (glicerolu) i **kwasów tłuszczowych**.

Tłuszcze można podzielić ze względu:

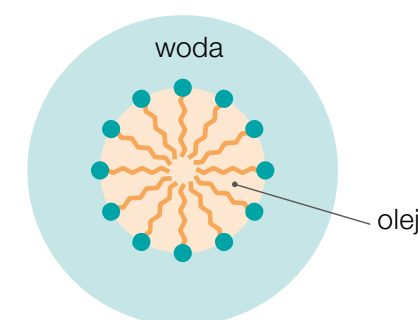
► pochodzenie lub występowanie:



Emulsja **powstaje w wyniku mieszania dwóch niemieszających się ze sobą cieczy** (np. wody i oleju), z których jedna zostaje rozproszona w drugiej. Tworzenie się i utrwalenie emulsji ułatwia emulgator.



W emulsji typu woda w oleju kropelki fazy wodnej są rozproszone w fazie olejowej.



W emulsji typu olej w wodzie kropelki fazy olejowej są rozproszone w fazie wodnej.

◀ **Co to jest grupa estrowa?**

◀ **Co to jest wiązanie estrowe?**

◀ **Co to jest reakcja estryfikacji?**

◀ **Jak przebiega hydroliza kwasowa estrów?**

◀ **Jak przebiega hydroliza zasadowa estrów?**

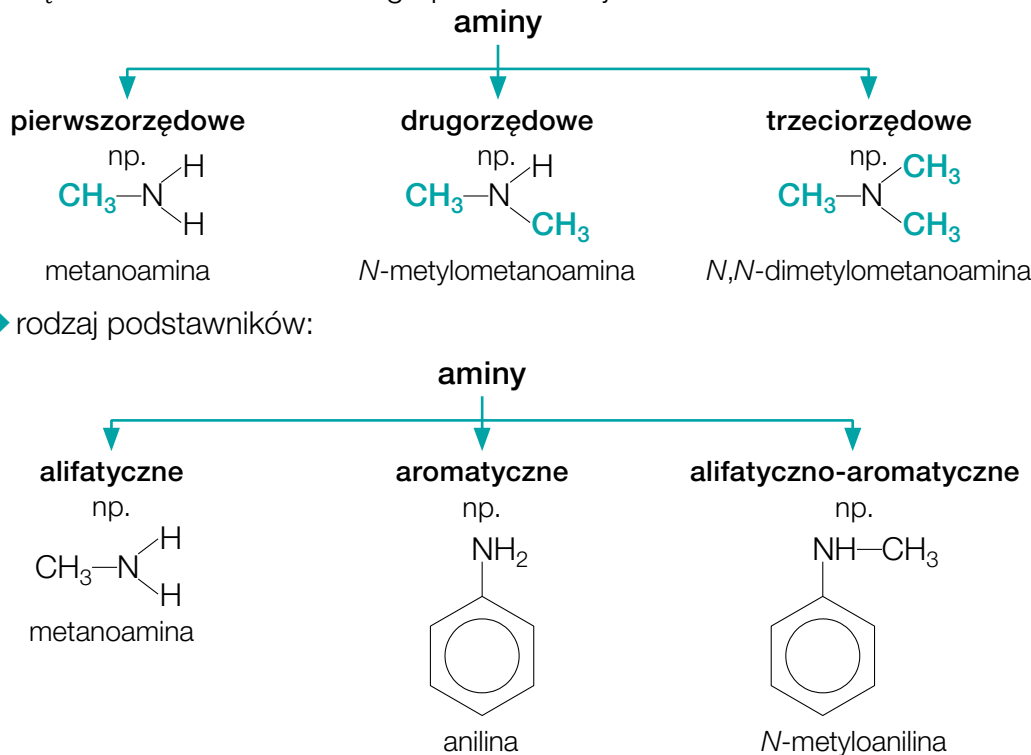
◀ **Co to są tłuszcze?**

◀ **Jak można podzielić tłuszcze?**

◀ **Jak powstaje emulsja?**

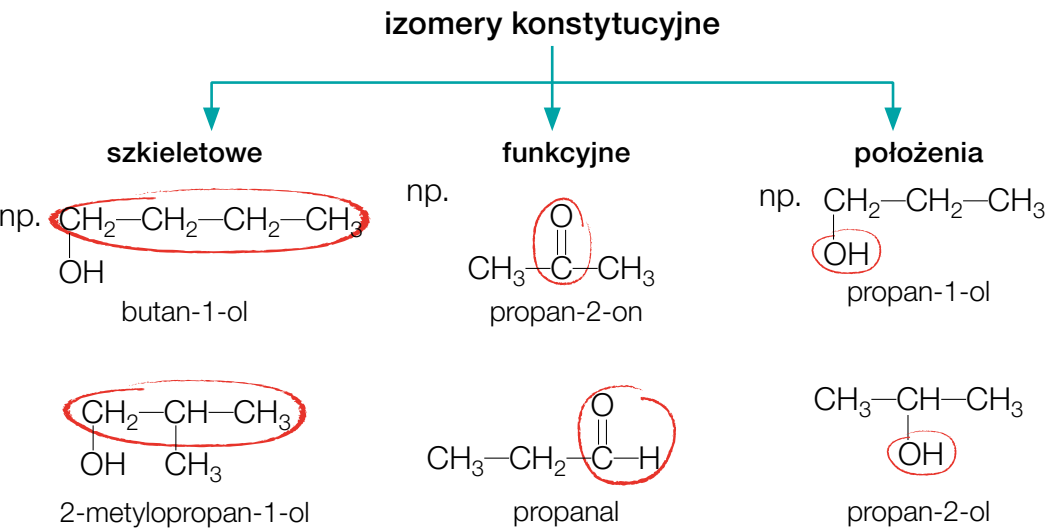
Podsumowanie

- Co to są aminy?
- Aminy to związki chemiczne pochodzące od amoniaku, w których atom lub atomy wodoru zostały zastąpione grupą lub grupami węglowodorowymi. Aminy zawierają grupę aminową jako grupę funkcyjną.
- Co to jest grupa aminowa?
- Grupa aminowa to grupa funkcyjna amin, która połączona jest z grupą lub grupami węglowodorowymi.
- Jak można podzielić aminy?
- Aminy można podzielić ze względu na:
► rzędowość atomu azotu w grupie aminowej:



- Czym się różnią izomery konstytucyjne?
- Izomery konstytucyjne mają takie same wzory sumaryczne, ale różnią się budową. Izomery szkieletowe mają różną budowę łańcucha węglowego. Izomery położenia różnią się położeniem np. grupy funkcyjnej. Izomery funkcyjne mają różne grupy funkcyjne.

- Jakie izomery tworzą pochodne węglowodorów?



Budowa jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów

Nazwa grupy związków chemicznych	Wzór ogólny	Wzór i nazwa grupy funkcyjnej
fluorowcopochodne	$R-X$ —R to grupa węglowodorowa (alkilowa lub arylowa), —X to atom fluorowca	—F atom fluoru —Cl atom chloru —Br atom bromu —I atom jodu
alkohole	$R-OH$ lub $C_nH_{2n+1}OH$ —R to grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa), n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce; $n \geq 1$	—OH grupa hydroksylowa
fenole	$Ar-OH$ —Ar to grupa węglowodorowa (arylowa)	—OH grupa hydroksylowa
aldehydy	$R-CHO$ lub $C_nH_{2n+1}CHO$ —R to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa), n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie węglowodorowej; $n \geq 0$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \\ \\ H \end{array}$ grupa aldehydowa
ketony	$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1-C-R_2 \end{array}$ —R ₁ , —R ₂ to grupy węglowodorowe (np. alkilowe lub arylowe)	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$ grupa karbonylowa
kwasy karboksylowe (w tym kwasy tłuszczowe)	$R-COOH$ lub $C_nH_{2n+1}COOH$ —R to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa), n to liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie węglowodorowej; $n \geq 0$	—COOH grupa karboksylowa
estry	$R_1-COO-R_2$ —R ₁ to atom wodoru lub grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa) pochodząca od kwasu karboksylowego, —R ₂ to grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub arylowa) pochodząca od alkoholu lub fenolu	—COO— grupa estrowa
aminy	aminy pierwszorzędowe: $R-NH_2$	—NH ₂ grupa aminowa
	aminy drugorzędowe: R_1-NH-R_2	—NH— grupa aminowa
	aminy trzeciorzędowe: $R_1-N(R_2)R_3$ —R, —R ₁ , —R ₂ , —R ₃ to grupy węglowodorowe (np. alkilowe lub arylowe)	—N— grupa aminowa

Sprawdź, czy potrafisz...



1. Narysuj wzory półstrukturalne jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów o podanych nazwach.

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| a) 2-chloro-2-metylopropan | f) kwas 2-metylo-2-etylobutanowy |
| b) 2-metylobutan-2-ol | g) propanian butan-2-ylu |
| c) 4-etylo-2-metylofenol | h) <i>N,N</i> -difenylanilina |
| d) 3,3-dimetylopentanal | i) octan butylu |
| e) 3,3-dimetylopentan-2-on | j) <i>N</i> -metyloanilina |

2. Napisz nazwy jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów o podanych wzorach.

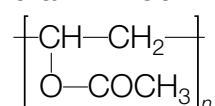
- | | |
|--|---|
| a) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | e) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| b) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | f) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| c) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | g) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| d) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |

3. Zakwalifikuj związki chemiczne o podanych wzorach do fluorowcopochodnych węglowodorów, alkoholi, aldehydów, ketonów, kwasów karboksylowych lub estrów.

Wskaż izomery konstytucyjne wśród podanych wzorów i podaj rodzaj tych izomerów.

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$, CH_3OH , $\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)_2$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$, $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$, CH_3COCH_3 , $\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$, $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$, $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{CH}_3$, $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$

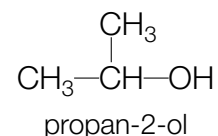
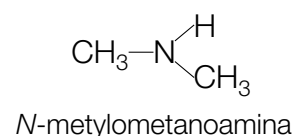
4. Oblicz masę cząsteczkową polimeru poli(octanu winylu) (PVAc) o podanym wzorze dla $n = 250$.



5. Napisz równania reakcji otrzymywania estrów o podanych nazwach.

- | | |
|----------------------|---------------------|
| a) mrówczan etylu | c) benzoesan metylu |
| b) propanian propylu | d) butanian metylu |

6. Ustal rzędowość *N*-metylometanoaminy i propan-2-olu. Wyjaśnij sposób ustalania rzędowości amin i alkoholi.



2. Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów



Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

- ▶ **Aminokwasy** to związki organiczne, których cząsteczki zawierają dwie grupy funkcyjne: **grupę aminową** ($-\text{NH}_2$) i **grupę karboksylową** ($-\text{COOH}$).
- ▶ **Peptydy** to związki organiczne otrzymane w wyniku **reakcji kondensacji cząsteczek aminokwasów**.
- ▶ **Białka** to naturalne polimery powstające z aminokwasów. W ich cząsteczkach występują **wiązania peptydowe**.
- ▶ **Reakcja ksantoproteinowa** to reakcja charakterystyczna białek, podczas której pod wpływem stężonego roztworu kwasu azotowego(V) **białko zmienia barwę na żółtą**.
- ▶ **Cukry** to związki organiczne zbudowane z atomów węgla, wodoru i tlenu, o wzorze ogólnym $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$.



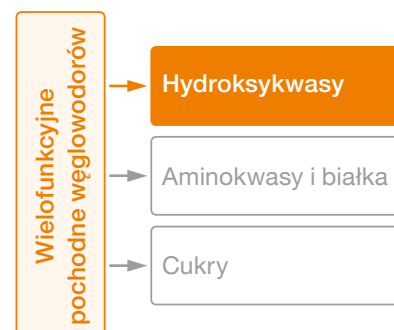
12 Hydroksykwasy



Fot. 68. Kwas cytrynowy znajduje się m.in. w cytrynie, porzeczkach i liściach tytoniu.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *wielofunkcyjne pochodne węglowodorów* i *hydroksykwasy*
- budowa, występowanie i zastosowania hydroksykwasów
- fermentacja mlekowa
- właściwości lecznicze i toksyczne związków chemicznych
- działanie kwasu acetylosalicylowego



Przekrojone jabłko po skropieniu sokiem z cytryny dłużej zachowuje świeżość – nie ciemnieje. Zapobiega temu obecny w cytrynie (fot. 68.) kwas cytrynowy. Zalicza się go do grupy związków organicznych nazywanych **hydroksykwasami**. Nazwy zwyczajowe tych kwasów informują, gdzie można je znaleźć, np. kwas jabłkowy – w jabłkach, a kwas salicylowy – w korze wierzby (łac. *salix*).

■ Jednofunkcyjne i wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów to **związki organiczne, w których cząsteczkach występują co najmniej dwie grupy funkcyjne różnego rodzaju**.

W cząsteczkach alkoholi polihydroksylowych (np. propano-1,2,3-triolu) i kwasów polikarboksylowych (np. kwasu szczawowego) znajduje się więcej niż jedna grupa funkcyjna, ale są to **grupy jednakowe**, stąd nazwa tych związków chemicznych – **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**.

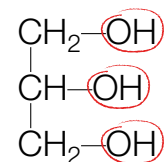
Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów
→ patrz s. 10

Alkohole polihydroksylowe
→ patrz s. 35

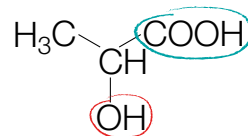
Jest na to sposób!

Jak odróżnić związki jednofunkcyjne od wielofunkcyjnych?

Porównaj wzory grup funkcyjnych występujących we wzorach związków chemicznych. Sprawdź, czy są one jednakowe, czy też różne.



W cząsteczce są trzy **jednakowe grupy funkcyjne**, a więc jest to **związek jednofunkcyjny**.

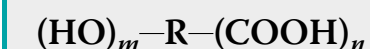


W cząsteczce są dwie **różne grupy funkcyjne**, a więc jest to **związek wielofunkcyjny**.

■ Budowa hydroksykwasów

Hydroksykwasy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach występują grupa węglowodorowa oraz grupy funkcyjne: hydroksylowa (—OH) i karboksylowa (—COOH)**.

Wzór ogólny hydroksykwasów ma postać:

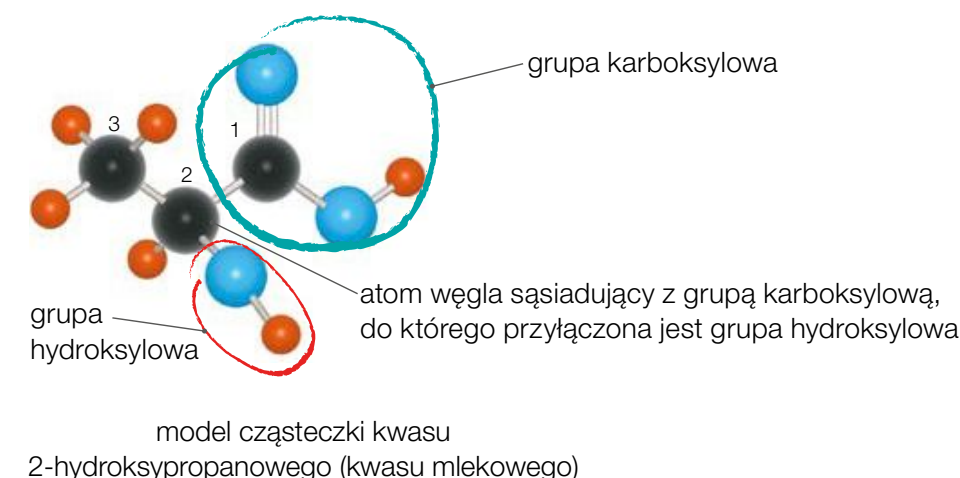


gdzie:

- R to grupa węglowodorowa (np. alkilowa lub aryłowa),
- OH to grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna,
- COOH to grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna,
- m, n to liczby naturalne; $m, n \geq 1$.

Najprostszy hydroksykwas jest pochodną kwasu octowego, w którego cząsteczce jeden **atom wodoru** grupy alkilowej **został zastąpiony grupą hydroksylową**.

Najczęściej w środowisku przyrodniczym występują hydroksykwasy, w których grupa —OH jest przyłączona do atomu węgla sąsiadującego z grupą —COOH, czyli **2-hydroksykwasy**, np. kwas 2-hydroksypropanowy (kwas mlekowy):

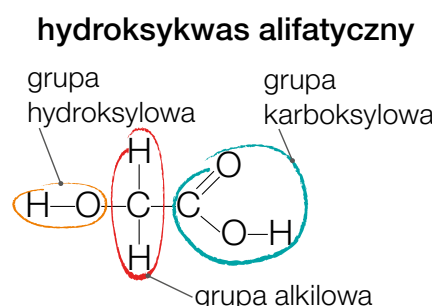


Model grupy karboksylowej

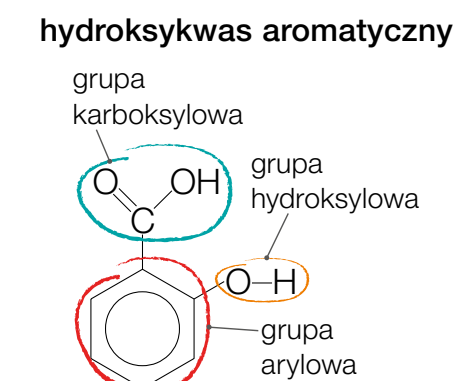
Model grupy hydroksylowej

Modele atomów: ● wodoru ● węgla ● tlenu

W cząsteczkach hydroksykwasów grupa węglowodorowa może być grupą alkilową lub grupą aryłową:



kwas hydroksyoctowy (kwas glikolowy)

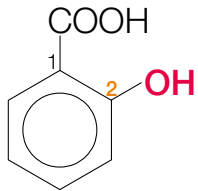


kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy (kwas salicylowy)

Kwasy karboksylowe
→ patrz s. 75

Nazewnictwo hydroksykwasów

Nazwy systematyczne hydroksykwasów tworzy się przez dodanie do nazw systematycznych odpowiednich kwasów karboksylowych przedrostka „hydroksy-” poprzedzonego lokantem atomu węgla, z którym połączona jest grupa hydroksylowa w łańcuchu (lub pierścieniu) węglowodorowym, np.:



kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy

Często używa się także nazw zwyczajowych (tabela 20.). Na przykład kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy to inaczej kwas salicylowy.

Tabela 20. Nazwy i wzory wybranych hydroksykwasów

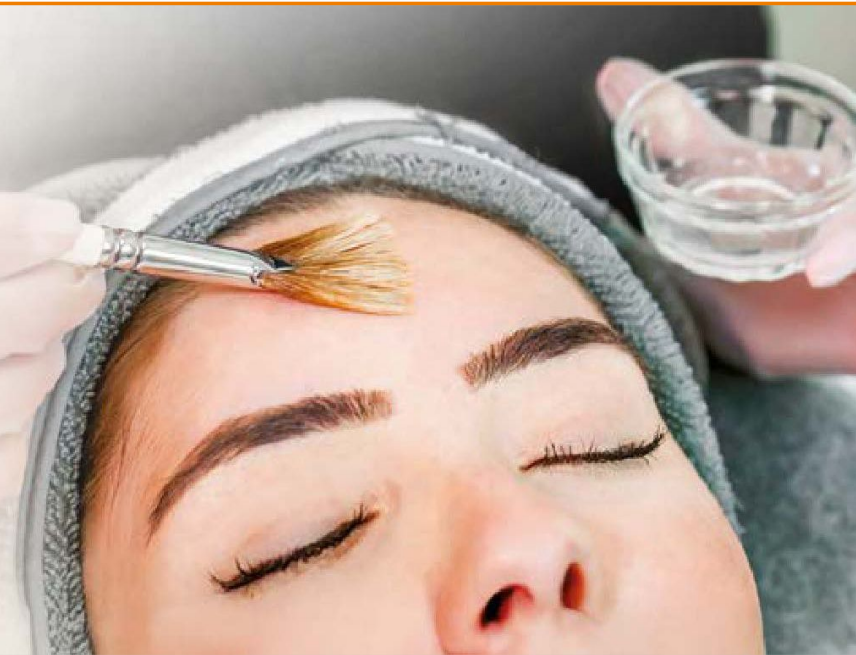
Nazwa		Wzór	
systematyczna*	zwyczajowa	sumaryczny	półstrukturalny
kwas 2-hydroksypropanowy	kwas mlekowy	C ₃ H ₆ O ₃	$\text{CH}_3\text{—CH—COOH}$ OH
kwas 2-hydroksybutanodiowy	kwas jabłkowy	C ₄ H ₆ O ₅	$\text{HOOC—CH—CH}_2\text{—COOH}$ OH
kwas 2,3-dihydroksybutanodiowy	kwas winowy	C ₄ H ₆ O ₆	HOOC—CH—CH—COOH OH OH
kwas 2-hydroksy-1,2,3-propanotrikarboksylowy	kwas cytrynowy	C ₆ H ₈ O ₇	$\text{HOOC—CH}_2\text{—C—CH}_2\text{—COOH}$ COOH OH

* Nazwy systematyczne są zalecane przez IUPAC.

Chemia w akcji

2-hydroksykwasy są potocznie nazywane α-hydroksykwasami (fot. 69.). W przemyśle kosmetycznym α-hydroksykwasy [czyt. alfa-hydroksykwasy] oznacza się też skrótem AHA (ang. **Alpha Hydroxy Acid**).

Fot. 69. Ze względu na swoje właściwości (m.in. złuszczenia naskórek) α-hydroksykwasy są składnikami kremów i peelingów do ciała.



Właściwości hydroksykwasów

Polarne wiązanie O—H w cząsteczkach hydroksykwasów występuje zarówno w grupie karboksylowej, jak i w grupie hydroksylowej. Dzięki temu cząsteczki hydroksykwasów mogą tworzyć więcej wiązań wodorowych niż cząsteczki kwasów karboksylowych. Efektem tego jest:

- ▶ znacznie mniejsza lotność hydroksykwasów,
- ▶ wyższe temperatury topnienia i wrzenia hydroksykwasów niż kwasów karboksylowych.

Cząsteczki hydroksykwasów mogą tworzyć wiązania wodorowe także z cząsteczkami wody, dzięki czemu są dobrze rozpuszczalne w wodzie. Obecność grup karboksylowej i hydroksylowej sprawia, że hydroksykwasy mają określone właściwości.

Skutki obecności w cząsteczce grupy hydroksylowej:

- ▶ hydroksykwasy są mocniejszymi kwasami niż odpowiednie kwasy karboksylowe,
- ▶ mogą tworzyć sole (np. w reakcji z metalami aktywnymi chemicznie) i estry (w reakcji z kwasami), a także ulegać dehydratacji (utracie wody z reagującej cząsteczki).

Skutki obecności w cząsteczce grupy karboksylowej:

- ▶ hydroksykwasy mogą tworzyć sole (w reakcji z niektórymi metalami i wodorotlenkami), estry (w reakcji z alkoholami), i inne pochodne kwasów karboksylowych.

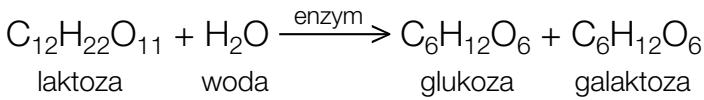
Hydroksykwasy mające w cząsteczkach pierścień aromatyczny trudno rozpuszczają się w wodzie.

Fermentacja mlekowa

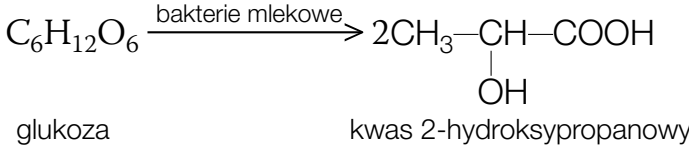
Kwas 2-hydroksypropanowy (kwas mlekowy) można otrzymać w wyniku fermentacji mlekowej. Zachodzi ona w warunkach beztlenowych oraz pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie – pałeczki kwasu mlekowego.

Składnikiem mleka jest laktoza, która ulega przemianom prowadzącym do powstania kwasu 2-hydroksypropanowego. Proces ten zachodzi w dwóch etapach, przedstawionych za pomocą uproszczonych równań reakcji:

Etap I. Odpowiedni enzym przekształca laktozę w cukier prosty:

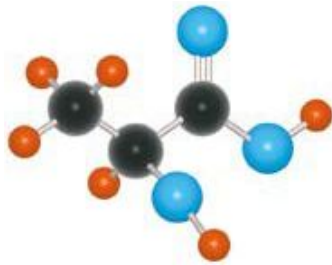


Etap II. Glukoza ulega przetworzeniu przez bakterie mlekowe:



W etapie II zachodzi fermentacja mlekowa, w wyniku której słodki smak mleka zmienia się w kwaśny. Powstają związki chemiczne, których roztwory mają odczyn kwasowy.

Model cząsteczki kwasu mlekowego

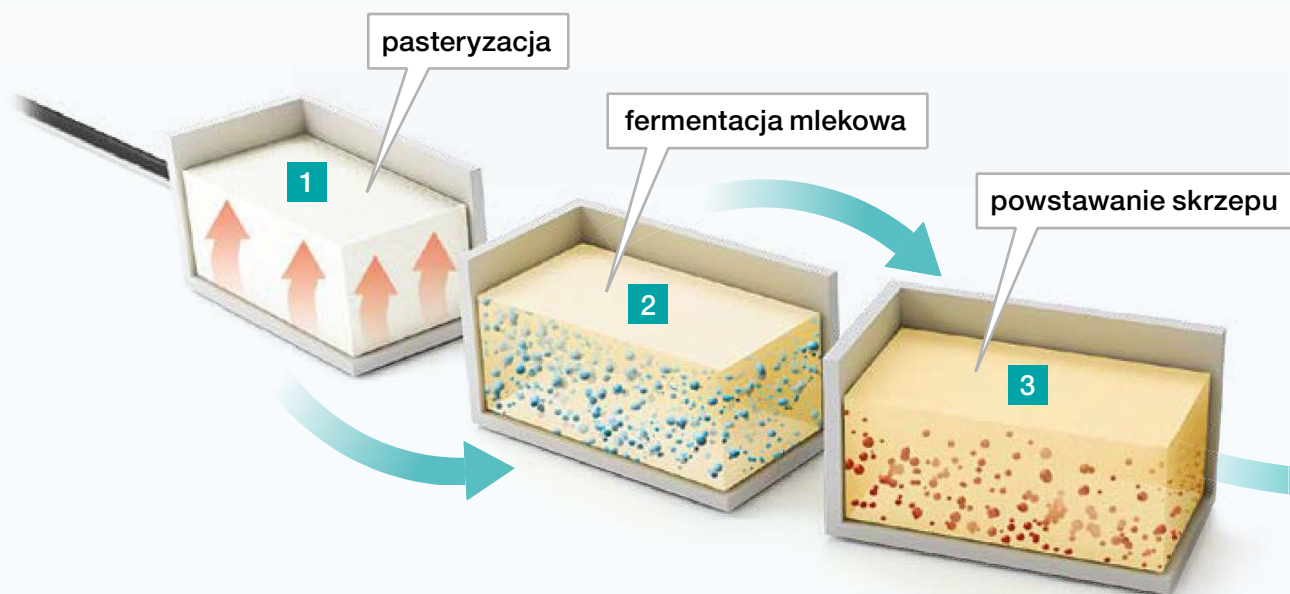


Modele atomów: ● wodoru ● węgla ● tlenu

Glukoza
→ patrz s. 172

Fermentacja mlekowa

Fermentacja mlekowa to **proces przekształcania cukrów**, np. laktozy, w kwas 2-hydroksypropanowy (kwas mlekowy) **pod wpływem enzymów** wytwarzanych przez bakterie – pałeczki kwasu mlekowego. Proces ten jest wykorzystywany m.in. w przemyśle mleczarskim do produkcji serów. Aby powstał ser o właściwym smaku, zapachu i kształcie, mleko musi przejść kilka etapów produkcji. Jest to proces długotrwały.



1 Dostarczone do mleczarni **mleko poddaje się pasteryzacji**, która polega na ogrzewaniu go przez kilkanaście sekund w temperaturze ok. 80 °C, a następnie szybkim ochłodzeniu.

2 Do mleka wprowadza się specjalne bakterie, **które powodują fermentację mlekową**. Powstaje kwas mlekowy, mleko gęstnieje i zyskuje kwaśny smak.

3 Po ogrzaniu mleka **dodaje się do niego podpuszczkę** – enzym trawienny ze śluzówki żołądka cielęcego. **Powoduje on częściowe ścinanie się mleka** – tworzy się skrzep.

Krażki sera dojrzewają w specjalnych pomieszczeniach, w temperaturze 8–24 °C i przy wilgotności powietrza (zawartości pary wodnej w powietrzu) 85–95 %. **Jakość i smak** różnych gatunków sera **zależą od czasu dojrzewania, pochodzenia mleka, dodatkowych zabiegów** przeprowadzonych podczas dojrzewania oraz dodatków.



4 Skrzep **rozdrabnia się**, aby łatwiej oddzielić od niego serwatkę.



5 Do masy serowej **dodaje się sól i usuwa resztki serwatki**, po czym nadaje się jej odpowiedni kształt.



► W jaki sposób wykorzystuje się fermentację mlekową?

Fermentacja mlekowa znalazła zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu spożywczego, m.in. w przemyśle warzywnym, mleczarskim, piekarskim oraz mięsnym.

◀ **Kiszenie warzyw** to sposób na przedłużenie ich trwałości i uzyskanie produktów o nowych walorach smakowych.

◀ Proces fermentacji mlekowej zachodzi podczas dojrzewania **surowych wędlin**, np. salami.



◀ Fermentacja mlekowa jest wykorzystywana do zakwaszania ciasta podczas wyrobu **pieczywa z mąki żytniej**.

W zależności od użytych dodatków (np. bakterii) z mleka otrzymuje się **sery, jogurty i kefir**. ▶



W wyniku fermentacji mlekowej z upływem czasu mleko się rozwarstwia (fot. 70.). Powstają dwie fazy. Dolna, klarowna część sfermentowanego mleka to **serwatka**, czyli roztwór cukrów (glukozy i niewielkich ilości laktozy), białek, soli mineralnych i niewielkiej ilości tłuszczu. Z kolei górna, galaretowata warstwa nad serwatką to twaróg.

W wyniku fermentacji mlekowej przeprowadzanej w temperaturze pokojowej można otrzymać zsiadłe mleko.

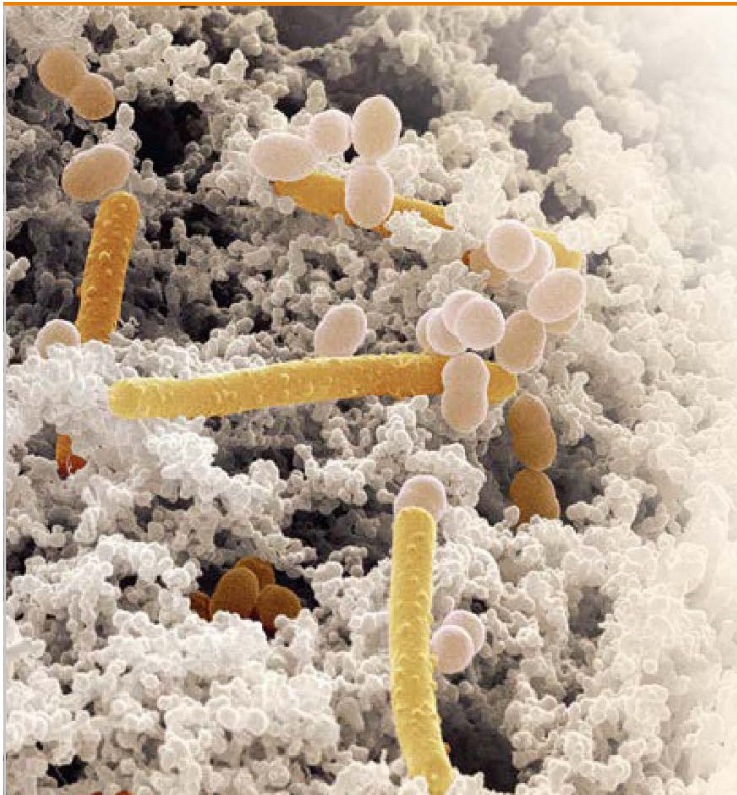
Laktoza
→ patrz s. 181



w kwaśnym mleku
powstają dwie fazy:
przezroczysta na dole
i biała, galaretowata
na górze

Fot. 70. Słodkie mleko jest mieszaniną jednorodną, a kwaśne – mieszaniną niejednorodną.

! Fermentacja mlekowa może zachodzić zarówno w mleku krowim, jak i kozim oraz owczym.



► **Chemia w akcji**

Jogurt otrzymuje się w wyniku kilkugodzinnej fermentacji mlekowej z użyciem bakterii (fot. 71.) w temperaturze 40–50 °C. Bakterie te rozmnażają się, co powoduje gęstnienie mleka. Dodatkowo zmniejsza się w nim zawartość laktozy, ponieważ jest przekształcana w kwas mlekowy. **Jogurt mogą więc spożywać osoby cierpiące na nietolerancję laktozy.** Zawiera on duże ilości białek, wapnia i witamin z grupy B.

Fot. 71. Do produkcji jogurtu stosuje się bakterie *Lactobacillus bulgaricus* oraz *Lactococcus thermophilus*.

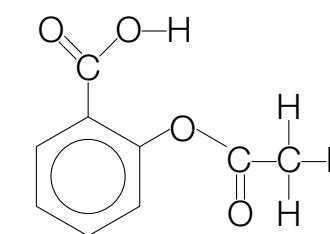
■ Rozwój chemii w kierunku tworzenia leków

Zadaniem chemika zajmującego się badaniem i opracowywaniem substancji leczniczych jest tworzenie leków:

- na nieuleczalne dotąd choroby,
- pozbawionych skutków ubocznych,
- takich, które będą skuteczniejsze niż obecnie znane leki.

Leki są mieszaninami substancji leczniczej i składników pomocniczych. Te ostatnie nadają smak, barwę i ułatwiają uzyskanie określonej formy leku. Przykładem substancji leczniczej jest kwas acetylosalicylowy (fot. 72.).

Kwas acetylosalicylowy



Fot. 72. Kwas acetylosalicylowy (aspiryna) występuje m.in. w postaci tabletek musujących.

! Witaminy nie są lekami, ale to takie związki organiczne, które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu.

► Chemia w akcji

Witamina C, czyli kwas askorbinowy, to związek chemiczny zaliczany do hydroksykwasów. Jest to substancja powszechnie występująca w środowisku przyrodniczym. Jej źródłem są m.in. nać pietruszki, koperek, brukselka, owoce róży, czarnej porzeczki, papryki (fot. 73.). Kwas askorbinowy może występować w postaci **izomerów** będących swoimi odbiciami lustrzanymi (izomery te oznacza się literami L i D). **Kwas L-askorbinowy** jest izomerem występującym w środowisku przyrodniczym. Kwas D-askorbinowy nie jest aktywny biologicznie.

Fot. 73. Papryka zawiera duże ilości witaminy C.



Właściwości lecznicze i toksyczne substancji

Działanie lecznicze mają te pierwiastki i związki chemiczne, które tak modyfikują czynności organizmu, aby zapobiec chorobie lub ją wyleczyć.

O tym, czy dana substancja jest lekiem czy trucizną, decyduje dawka.

Dawka to ilość substancji, która została podana do organizmu lub wchłonięta przez niego. Pamiętaj, że każda substancja w nadmiarze może spowodować zatrucie.

Czynniki wpływające na działanie substancji leczniczych

Na sposób działania danej substancji na organizm człowieka, oprócz dawki, wpływają: struktura chemiczna, stopień rozdrobnienia, rozpuszczalność w wodzie oraz droga przenikania do organizmu. Najszybciej działa substancja wprowadzona bezpośrednio do układu krwionośnego.

drogi przenikania substancji do organizmu

skóra

układ
oddechowy

układ
pokarmowy

! Lek podany w formie zastrzyków dożylnych lub kroplówek są natychmiast rozprowadzane z krwią po całym organizmie.

Jak obliczyć dawkę leku?

Na ulotce syropu przeciwgorączkowego podano, że dobową dawkę zależy od masy ciała pacjenta. Zalecane dawkowanie to 10 mg na 1 kg masy ciała. Syrop ma stężenie 200 mg/5 ml. **Oblicz jednorazową dawkę syropu dla dziecka ważącego 40 kg.**

$$\begin{array}{l} 10 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 40 \text{ kg} = 400 \text{ mg} \\ 200 \text{ mg} \text{ — } 5 \text{ ml} \\ 400 \text{ mg} \text{ — } x \\ \hline x = 10 \text{ ml} \end{array}$$

! 1 ml odpowiada 1 cm³.

Jednorazowa dawka syropu dla dziecka ważącego 40 kg to 10 ml.

Działanie kwasu acetylosalicylowego

Przykładem substancji leczniczej jest pochodna kwasu salicylowego – kwas acetylosalicylowy. Leki zawierające tę substancję to aspiryna lub polopiryna. **Działanie lecznicze kwasu acetylosalicylowego zależy od podanej dawki.**

W profilaktyce przeciwzawałowej, jako lek zapobiegający zlepianiu się płytek krwi, stosuje się dzienną dawkę 30–150 mg kwasu acetylosalicylowego.

◀ Jako lek przeciwgorączkowy i przeciwbólowy stosuje się jednorazową dawkę 300–500 mg kwasu acetylosalicylowego.

Jak rodzaj napoju wpływa na działanie aspiryny?

Rodzaj napoju, którym popijasz aspirynę, wpływa na jej działanie i wchłanianie. Na przykład spożywanie aspiryny z mlekiem zmniejsza jej skuteczność, ponieważ białka z mleka wiążą się z lekiem. Popijanie aspiryny kawą czy herbatą, które zawierają m.in. kofeinę lub teinę, również zakłóca działanie tego leku.

Leki najlepiej popijać niegazowaną wodą. ▶

Zastosowania hydroksykwasów

Najczęściej wykorzystywanymi w kosmetyce hydroksykwasami są kwasy AHA (α -hydroksykwasy), BHA (β -hydroksykwasy) oraz PHA (polihydroksykwasy).



przemysł kosmetyczny



przemysł spożywczy



przemysł farmaceutyczny



■ Przemysł kosmetyczny

Kwasy mlekowy, cytrynowy i salicylowy ze względu na działanie nawilżające są składnikami maseczek do twarzy.

■ Przemysł spożywczy

Kwas jabłkowy (E 296) i kwas mlekowy (E 270) stosuje się podczas produkcji soków owocowych jako substancje konserwujące.



■ Przemysł farmaceutyczny

Kwas salicylowy wykorzystuje się do produkcji środka dezynfekcyjnego – spirytusu salicylowego.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Kwas mlekowy otrzymywany w procesie fermentacji mlekowej surowców roślinnych, np. kukurydzy, może być substratem w produkcji biopolimerów, takich jak polilaktyd PLA. Naczynia, np. talerze i kubki, wytwarzane z PLA w odpowiednich warunkach łatwo ulegają biodegradacji, czyli są przyjazne dla środowiska przyrodniczego.

▶ Wyszukaj i zaprezentuj

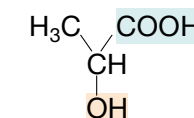
Jakie inne wyroby można wytwarzać z polilaktydu?



Ważne w temacie Hydroksykwasy

1. Klasyfikuję hydroksykwasy do związków wielofunkcyjnych na podstawie budowy ich cząsteczki.

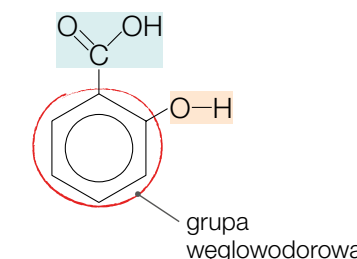
Hydroksykwasy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, w których cząsteczkach występują dwie grupy funkcyjne: grupa karboksylowa i grupa hydroksylowa.



W cząsteczce są **dwie grupy funkcyjne** różnego rodzaju, a więc jest to **związek wielofunkcyjny**.

2. Rozpoznaję hydroksykwasy na podstawie budowy ich cząsteczki.

W cząsteczkach hydroksykwasów występują **grupa węglowodorowa** oraz **grupy funkcyjne – karboksylowa i hydroksylowa**.



Hydroksykwasy

4. Klasyfikuję dany związek chemiczny do określonej grupy związków na podstawie jego właściwości.

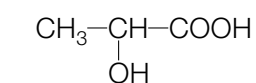
Hydroksykwasy

- substancje o małej lotności,
- dobrze rozpuszczalne w wodzie (oprócz hydroksykwasów z pierścieniem aromatycznym w cząsteczkach),
- tworzą estry w reakcjach z alkoholami i kwasami.

3. Rozpoznaję hydroksykwasy na podstawie wzoru sumarycznego i półstrukturalnego.

Na przykład:

- nazwa: kwas 2-hydroksypropanowy (kwas mlekowy)
- wzór sumaryczny: $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$
- wzór półstrukturalny:



Zapamiętaj!

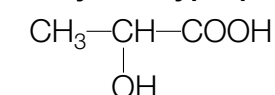
Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów – związki organiczne, w których cząsteczkach występują co najmniej dwie grupy funkcyjne różnego rodzaju.

Hydroksykwasy – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach występują grupa węglowodorowa oraz dwie grupy funkcyjne: karboksylowa $-\text{COOH}$ i hydroksylowa $-\text{OH}$.

Zadania



1. Oblicz zawartość procentową oraz stosunek masowy pierwiastków chemicznych w kwasie 2-hydroksypropanowym (kwasie mlekowym) o podanym wzorze.



2. Wykonaj doświadczenie *Badanie właściwości kwasu acetylosalicylowego*. Napisz obserwacje i sformułuj wniosek.

Instrukcja: Na szalce Petriego rozkrusz łyżeczką tabletkę aspiryny lub polopiryny. Proszek wsyp do probówki, a następnie wlej do ok. połowy jej pojemności wodę destylowaną. Wymieszaj zawartość probówki. W zawieszynie znajdującej się w probówce zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy i porównaj jego barwę ze skalą pH umieszczoną na opakowaniu.

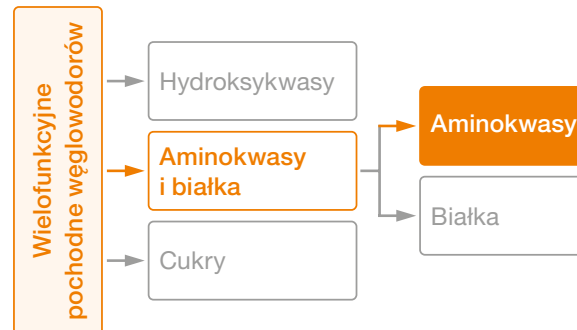
13 Aminokwasy



Fot. 74. Po uszkodzeniu czosnku, np. w wyniku jego rozdrabniania, alliina przekształca się w allicynę – substancję o charakterystycznym zapachu i właściwościach bakteriobójczych.

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *aminokwasy*, *jon obojnaczy*, *reakcja kondensacji*, *reakcja hydrolizy peptydów*
- opisywanie właściwości kwasowo-zasadowych aminokwasów oraz mechanizmu powstawania jonów obojnych
- zapisywanie równań reakcji kondensacji cząsteczek aminokwasów
- wskazywanie wiązania peptydowego
- opisywanie przebiegu hydrolizy peptydów



Aminokwasy występują powszechnie w organizmach zwierzęcych i roślinnych. W środowisku przyrodniczym naliczono ich ok. 500. W czosnku (fot. 74.) znajduje się bezwonny aminokwas o nazwie alliina.

Budowa aminokwasów

Aminokwasy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, w których cząsteczkach występują **grupy funkcyjne: aminowa** ($-\text{NH}_2$) i **karboksylowa** ($-\text{COOH}$). Zawierają również grupę węglowodorową.

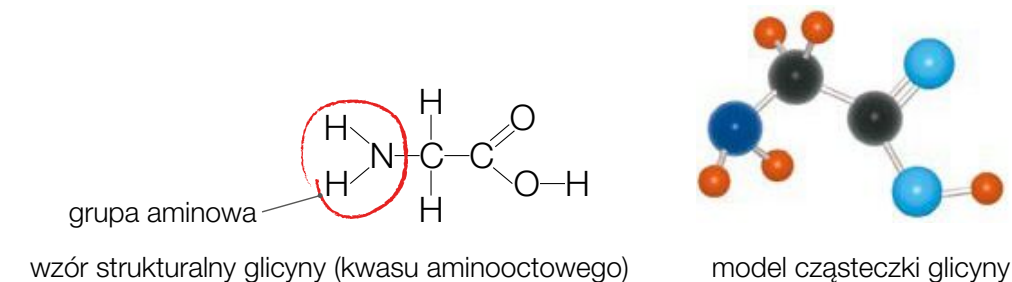
Wzór ogólny aminokwasów białkowych ma postać:



gdzie:

- $-\text{R}$ to atom wodoru lub podstawnik,
- $-\text{NH}_2$ to grupa aminowa, czyli grupa funkcyjna,
- $-\text{COOH}$ to grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Najprostszy aminokwas jest pochodną kwasu octowego. W cząsteczce kwasu octowego jeden z atomów wodoru w grupie metylowej $-\text{CH}_3$ został zastąpiony grupą aminową $-\text{NH}_2$:



W cząsteczkach aminokwasów oprócz grupy karboksylowej i grupy aminowej **mogą występować też inne grupy funkcyjne**, np. grupa hydroksylowa.

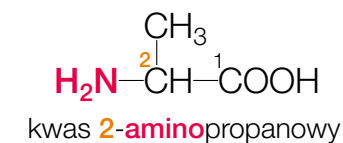
Niektóre aminokwasy mają więcej niż jedną grupę karboksylową (np. kwas glutaminowy) lub więcej niż jedną grupę aminową (np. lizyna).

Aminokwasy białkowe

Aminokwasy, które występują w białkach, to tzw. **aminokwasy białkowe**. Jest 20 takich związków chemicznych, ale tylko 11 z nich może powstawać w organizmie człowieka – są to aminokwasy **endogenne**. Pozostałe, czyli **egzogenne**, powinny być dostarczane organizmowi wraz z pokarmem.

Nazewnictwo aminokwasów białkowych

Nazwy **systematyczne** aminokwasów tworzy się przez dodanie do nazw systematycznych odpowiednich kwasów karboksylowych przedrostka „**amino-**”. **Lokant** w nazwie określa położenie grupy aminowej, a atomy węgla numeruje się tak samo jak w przypadku kwasów karboksylowych, np.:



W aminokwasach białkowych **dwie grupy funkcyjne** (aminowa i karboksylowa) **są przyłączone do tego samego atomu węgla**. Jest to drugi atom węgla w łańcuchu węglowym (licząc zawsze od atomu węgla w grupie karboksylowej), stąd lokant **2** przed nazwą grupy aminowej. Te związki chemiczne są nazywane **α -aminokwasami** [czyt. alfa-aminokwasami].

Każdy z aminokwasów białkowych ma swoją **nazwę zwyczajową** oraz **międzynarodowy symbol** (trzyliterowy lub jednoliterowy skrót od nazwy zwyczajowej, tabela 21.). Na przykład kwas 2-aminopropanowy to inaczej **alanina**, czyli **Ala** lub po prostu **A**.

Tabela 21. Nazwy, symbole i wzory półstrukturalne wybranych aminokwasów białkowych

Nazwa	Symbol	Wzór półstrukturalny
glicyna (kwas aminooctowy)	Gly, G	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
alanina (kwas 2-aminopropanowy)	Ala, A	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{COOH}$
kwas glutaminowy (kwas 2-aminopentanodiowy)	Glu, E	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$ CH_2-COOH

Białka

→ patrz s. 163

Przykłady **aminokwasów endogennych**:

- ▶ alanina,
- ▶ seryna,
- ▶ kwas glutaminowy,
- ▶ kwas asparaginowy.

Przykłady **aminokwasów egzogennych**:

- ▶ fenyloalanina,
- ▶ metionina,
- ▶ leucyna,
- ▶ tryptofan.

Kwasy karboksylowe

→ patrz s. 75

Grupa aminowa

→ patrz s. 127

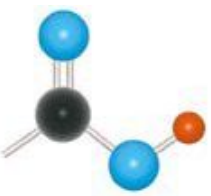
Wzory i nazwy aminokwasów białkowych

→ patrz s. 217

Model grupy aminowej



Model grupy karboksylowej

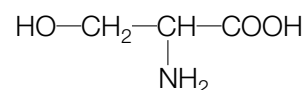
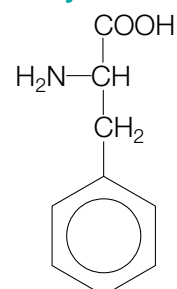


Kwas octowy



Modele atomów:

- wodoru ● węgla
- tlenu ● azotu

Seryna**Fenylalanina**

Zachowaj szczególną ostrożność podczas pracy z mocnymi kwasami i wodorotlenkami!



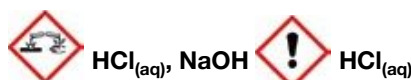
Właściwości aminokwasów

W temperaturze pokojowej **aminokwasy są bezbarwnymi i bezwonnymi substancjami stałymi**. Wiele z nich ma słodki smak. Aminokwasy mogą tworzyć wiele międzycząsteczkowych wiązań wodorowych, co zmniejsza ich lotność.

Aminokwasy mające krótkie łańcuchy węglowodorowe oraz te, które zawierają polarne dodatkowe grupy funkcyjne (np. grupę hydroksylową $-\text{OH}$), dobrze rozpuszczają się w wodzie.

Aminokwasy o dłuższych łańcuchach węglowodorowych oraz te, które zawierają niepolarne dodatkowe grupy funkcyjne (np. grupę fenylową $-\text{C}_6\text{H}_5$), trudniej rozpuszczają się w wodzie.

Doświadczenie 22.

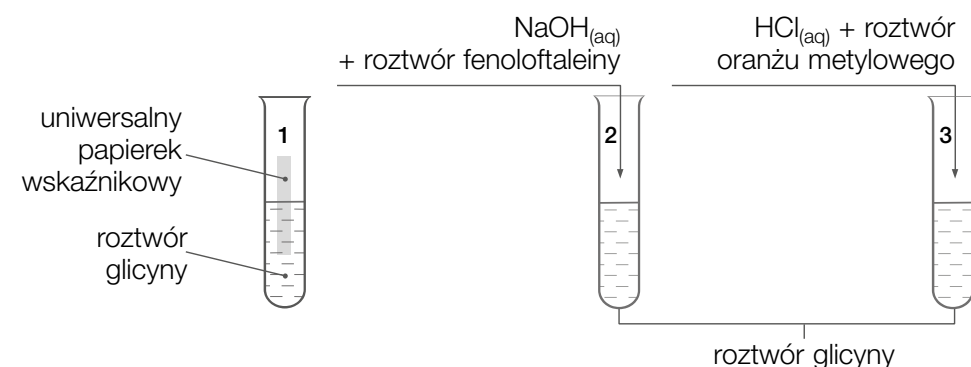


Badanie właściwości kwasu aminooctowego (glicyny)

Odczynniki: kwas aminooctowy (glicyna), rozcieńczony kwas chlorowodorowy, rozcieńczony roztwór wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny, roztwór oranżu metylowego, woda destylowana.

Szkoło i sprzęt laboratoryjny: probówki, pipety, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: Do trzech probówek wsyp po ok. 0,5 g glicyny, a następnie dodaj po ok. 2,5 cm³ wody destylowanej. Wymieszaj zawartość probówek, wstrząsając nimi ostrożnie. W probówce 1. zbadaj stan skupienia, barwę, zapach, rozpuszczalność w wodzie glicyny oraz odczyn jej wodnego roztworu za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego. Do probówki 2. dodawaj kroplami roztwór wodorotlenku sodu z dodatkiem roztworu fenoloftaleiny, a do probówki 3. dodaj ok. 0,5 cm³ rozcieńczonego kwasu chlorowodorowego z dodatkiem roztworu oranżu metylowego (schemat).



Obserwacje:

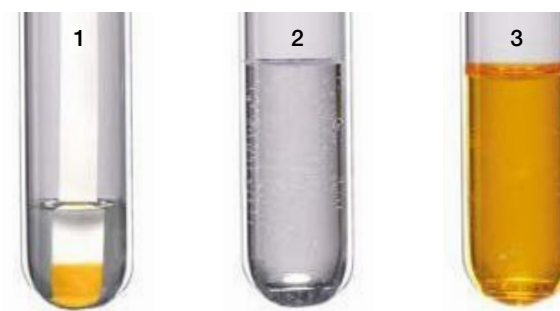


► **Probówka 1.** Glicyna jest bezbarwną i bezwoną substancją krystaliczną. Po dodaniu do wody substancja stała zanika. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w roztworze glicyny nie zmienia swojej barwy.

ciąg dalszy doświadczenia na s. 157

początek doświadczenia na s. 156

- **Probówka 2.** Wkraplany odczynnik odbarwia się.
- **Probówka 3.** Wkraplany odczynnik zmienia barwę z czerwonej na żółtą (fot. 75.).



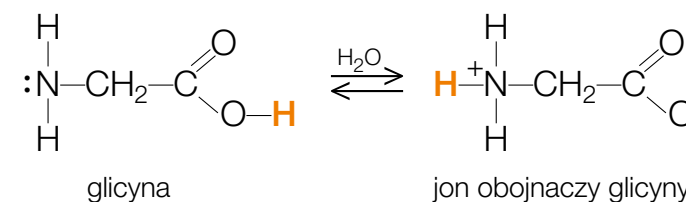
Fot. 75. Badanie odczynu wodnego roztworu glicyny (probówka 1.), reakcja glicyny: z roztworami wodorotlenku sodu i fenoloftaleiny (probówka 2.), z kwasem chlorowodorowym i roztworem oranżu metylowego (probówka 3.).

Wniosek:

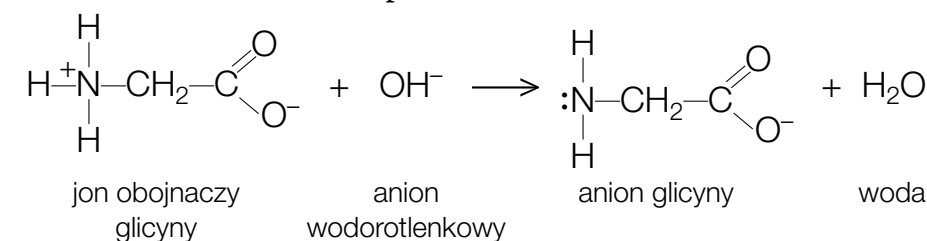
- Glicyna dobrze rozpuszcza się w wodzie. Jej wodny roztwór ma **odczyn obojętny**. Jest to wynikiem wzajemnego zobojętniania grup karboksylowej (kwasowej) i aminowej (zasadowej), wchodzących w skład cząsteczek aminokwasu.
- **Glicyna reaguje z zasadą.** Zachodzi **reakcja z udziałem grupy karboksylowej** glicyny, w wyniku której powstaje sól.
- **Glicyna reaguje z kwasem.** Zachodzi **reakcja z udziałem grupy aminowej** glicyny prowadząca do otrzymania soli amoniowej.

Jon obojnaczy

Na skutek przeniesienia kationu wodoru H^+ z grupy $-\text{COOH}$ do grupy $-\text{NH}_2$ powstaje tzw. jon obojnaczy. **Zawiera on zarówno grupę o ładunku dodatnim, jak i grupę o ładunku ujemnym:**

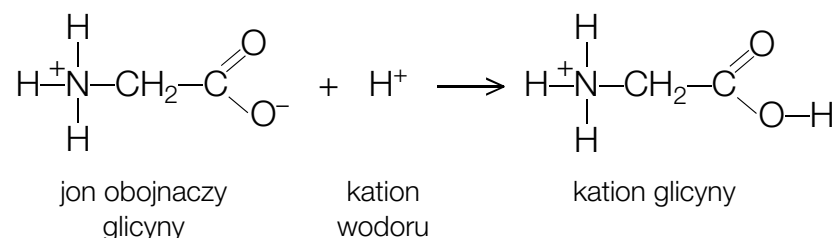


Glicyna reaguje i z zasadami, i z kwasami. **Reakcję chemiczną z udziałem grupy karboksylowej** glicyny, zachodzącą w probówce 2. w doświadczeniu 22., s. 156, przedstawia równanie:



Jon obojnaczy zawiera dwie grupy: o ładunku dodatnim i o ładunku ujemnym.

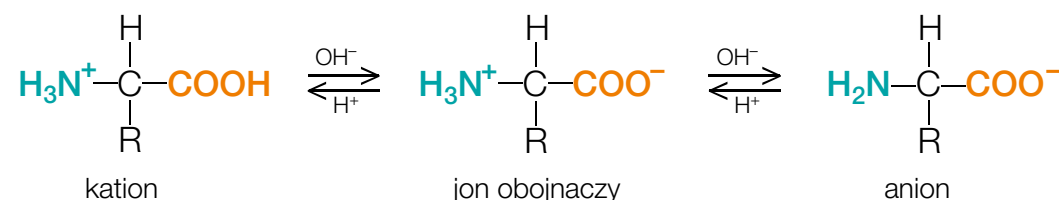
Reakcję chemiczną z udziałem grupy aminowej glicyny, zachodzącą w probówce 3. w doświadczeniu 22., s. 156, przedstawia równanie:



Substancja, która może reagować zarówno z kwasem, jak i zasadą, to **substancja amfoteryczna**.

Ze względu na występowanie w cząsteczce zarówno kwasowej grupy funkcyjnej, jak i zasadowej grupy funkcyjnej **aminokwasy są związkami amfoterycznymi**. Oznacza to, że **mogą reagować i z kwasami, i z zasadami**.

Obecność tych dwóch grup funkcyjnych umożliwia wymianę między nimi kationu wodoru H^+ . Wraz ze wzrostem pH roztworu następuje przejście z kationu przez jon obojnaczy do anionu:



Punkt izoelektryczny

Wartość pH, przy której występuje maksymalne stężenie jonu obojnego aminokwasu, jest nazywana **punktem izoelektrycznym** i oznaczana skrótem **pI**. Wartość pI zależy od budowy cząsteczki danego aminokwasu i jest dla niego charakterystyczna. Rozpuszczalność danego aminokwasu w wodzie jest najmniejsza, gdy wartość pH środowiska jest równa pI tego aminokwasu.

Wartość pI może zatem służyć do identyfikowania tych związków chemicznych.

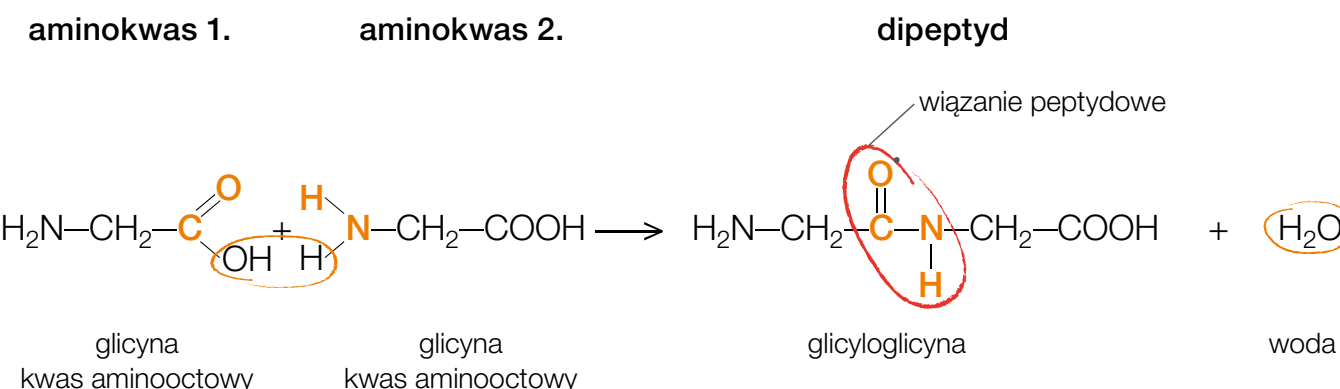
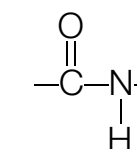
Reakcja kondensacji

Reakcja chemiczna, w której w wyniku połączenia dwóch lub więcej cząsteczek powstaje produkt główny o dużej masie cząsteczkowej oraz produkt uboczny o małej masie cząsteczkowej (np. H_2O , NH_3 , HCl), nazywa się reakcją kondensacji. W takiej reakcji otrzymuje się np. peptydy, czyli **związki organiczne powstające w wyniku połączenia kilku cząsteczek aminokwasów**. **Wiązanie powstające między cząsteczkami aminokwasów to wiązanie peptydowe**.

Dipeptydy

Cząsteczki aminokwasów łączą się ze sobą w specyficzny sposób. Grupa karboksylowa pochodząca z jednej cząsteczki aminokwasu reaguje z grupą aminową pochodzącą od drugiej cząsteczki aminokwasu. Produktem takiej reakcji chemicznej jest **dipeptyd**, czyli związek chemiczny utworzony z dwóch cząsteczek aminokwasów:

Wiązanie peptydowe



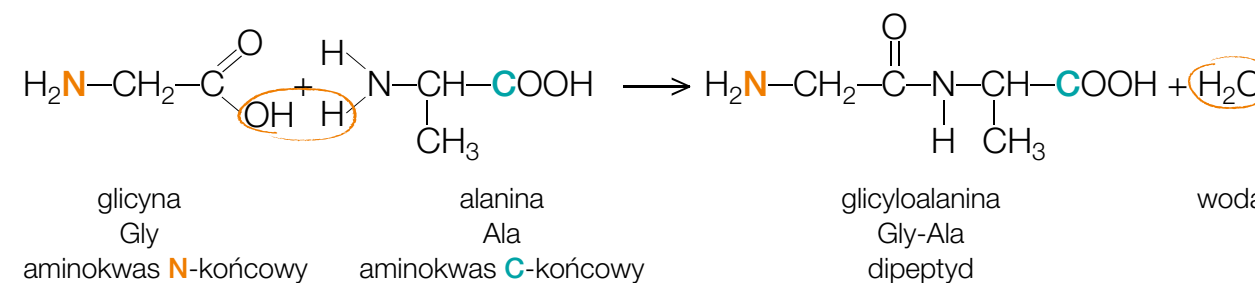
W reakcji kondensacji powstaje dipeptyd, którego cząsteczka składa się z dwóch reszt aminokwasowych.

Analogicznie może się łączyć kilka cząsteczek aminokwasów i mogą powstawać tri-, tetra-, penta- lub polipeptydy.

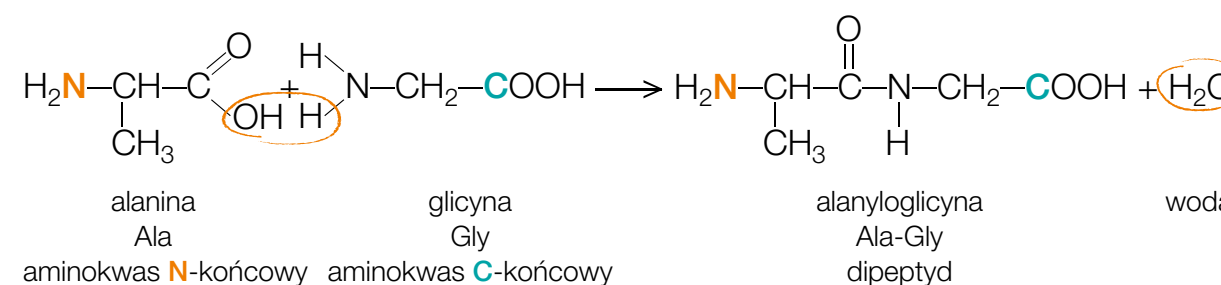
Otrzymywanie dipeptydów

Peptydy można też uzyskać z cząsteczek różnych aminokwasów, np. **glicyny i alaniny**. Kolejność uszeregowania reszt aminokwasowych w łańcuchu **jest istotna**, ponieważ z dwóch różnych cząsteczek aminokwasów można otrzymać kilka produktów różniących się kolejnością ich połączenia. Kolejność ta nazywana jest **sekwencją**:

Glicyna i alanina
→ patrz s. 155



Produktami reakcji glicyny i alaniny może być zarówno glicyloalanina (Gly-Ala), jak i alanyloglicyna (Ala-Gly):



Aminokwasy kwasowe

pI ok. 2–3
liczba liczba
 $-\text{NH}_2 < -\text{COOH}$

Aminokwasy obojętne

pI ok. 5–6
liczba liczba
 $-\text{NH}_2 = -\text{COOH}$

Aminokwasy zasadowe

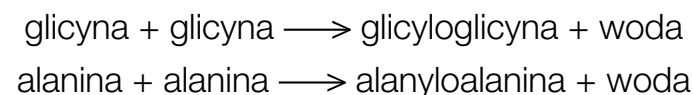
pI ok. 9–10
liczba liczba
 $-\text{NH}_2 > -\text{COOH}$

Przykładem reakcji kondensacji jest **reakcja estryfikacji**.

Reakcja estryfikacji

→ patrz s. 111

W przypadku reakcji alaniny z glicyną **możliwe są cztery produkty**, ponieważ cząsteczki glicyny mogą też reagować z innymi cząsteczkami glicyny, a cząsteczki alaniny – z innymi cząsteczkami alaniny:



Przebieg reakcji kontroluje się, **modyfikując pH środowiska**. Wpływa ono na to, jaka postać aminokwasu występuje w roztworze w największej ilości.

■ Nazewnictwo peptydów

Aminokwas **N-końcowy**
ma wolną **grupę aminową**.

Nazwy peptydów tworzy się od nazw zwyczajowych aminokwasów, z których powstały. **Jako pierwszą podaje się zawsze nazwę aminokwasu N-końcowego** (czyli tego, który ma wolną **grupę aminową**) z końcówką „-ylo”, a następnie – kolejno nazwy reszt aminokwasów tworzących łańcuch peptydowy.

Aminokwas **C-końcowy**
ma wolną **grupę**
karboksylową.

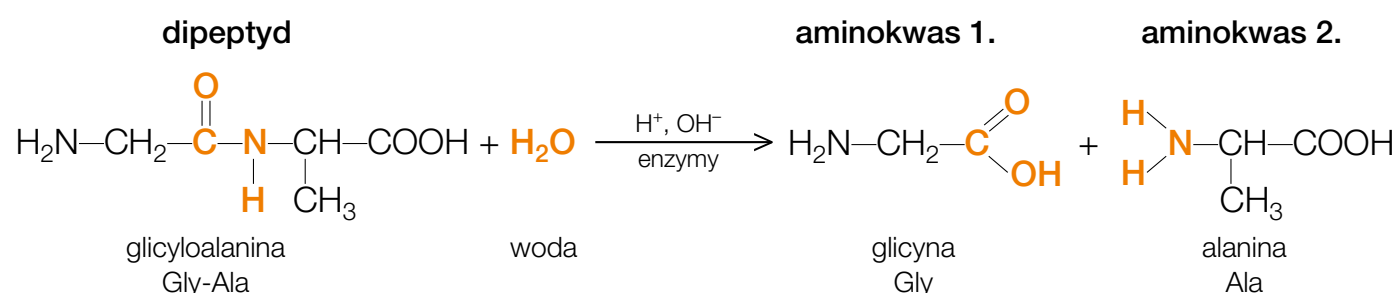
Powstawanie glicyloglicyny (Gly-Gly)
→ patrz s. 159

Nazwę ostatniego aminokwasu, tzw. aminokwasu **C-końcowego** (czyli tego, który ma wolną **grupę karboksylową**), pozostawia się w formie mianownika.

Peptydy mogą powstawać także z cząsteczek tego samego aminokwasu, np. glicyny. Nazwa dipeptydu otrzymanego z **dwóch cząsteczek glicyny** to **glicyloglicyna** (skrótowo **Gly-Gly** lub **GG**).

Hydroliza peptydów

Peptydy ulegają m.in. reakcji hydrolizy, czyli **reakcji peptydu z wodą**, w wyniku której **wiązańia peptydowe ulegają rozerwaniu**. **Produktami** reakcji hydrolizy peptydów **są aminokwasy**, np.:



Reakcja hydrolizy peptydów zachodzi zarówno w środowisku kwasowym, jak i zasadowym, a także pod wpływem działania różnych enzymów występujących w organizmach.

Hydroliza peptydów katalizowana przez enzymy jest specyficzna, tzn. zachodzi w określonych punktach cząsteczki peptydu. Enzym może katalizować np. rozpad wiązania peptydowego tylko między resztą glicyny a resztą alaniny. Będzie zatem mieć wpływ wyłącznie na peptydy zawierające takie ugrupowanie.

! Enzymy **przyspieszają reakcje chemiczne**, które zachodzą w organizmach żywych.

Zastosowania aminokwasów

W wykrywaniu sprawców przestępstw pomaga analiza aminokwasów w odciskach palców pozostawionych na miejscu zdarzenia. Umożliwia ona m.in. identyfikację płci podejrzanego – stężenie aminokwasów w pocie kobiet jest większe niż u mężczyzn.



medycyna

przemysł
spożywczyprzemysł
kosmetyczny

■ **Medycyna**

Tryptofan jest przekształcany w organizmie w serotoninę, czyli „hormon szczęścia”. Dodaje się go do preparatów **poprawiających jakość snu i nastrój**. Natomiast lizynę stosuje się w preparatach łagodzących objawy przeziębienia oraz hamujących rozwój opryszczki. Z kolei metionina występuje w preparatach działających ochronnie na wątrobę i nerki.

■ Przemysł spożywczy

Kwas glutaminowy jest popularnym dodatkiem spożywczym, poprawiającym smak m.in. **konserwowanych produktów mięsnych**. Tymczasem lizyna dodawana do żywności podnosi jej wartość odżywczą.



■ Przemysł kosmetyczny

Składnikiem kremów przeciwzmarszczkowych jest prolina, która odbudowuje i regeneruje komórki skóry. Natomiast jako dodatek do **preparatów do pielęgnacji włosów** wzmacnia ich komórki.

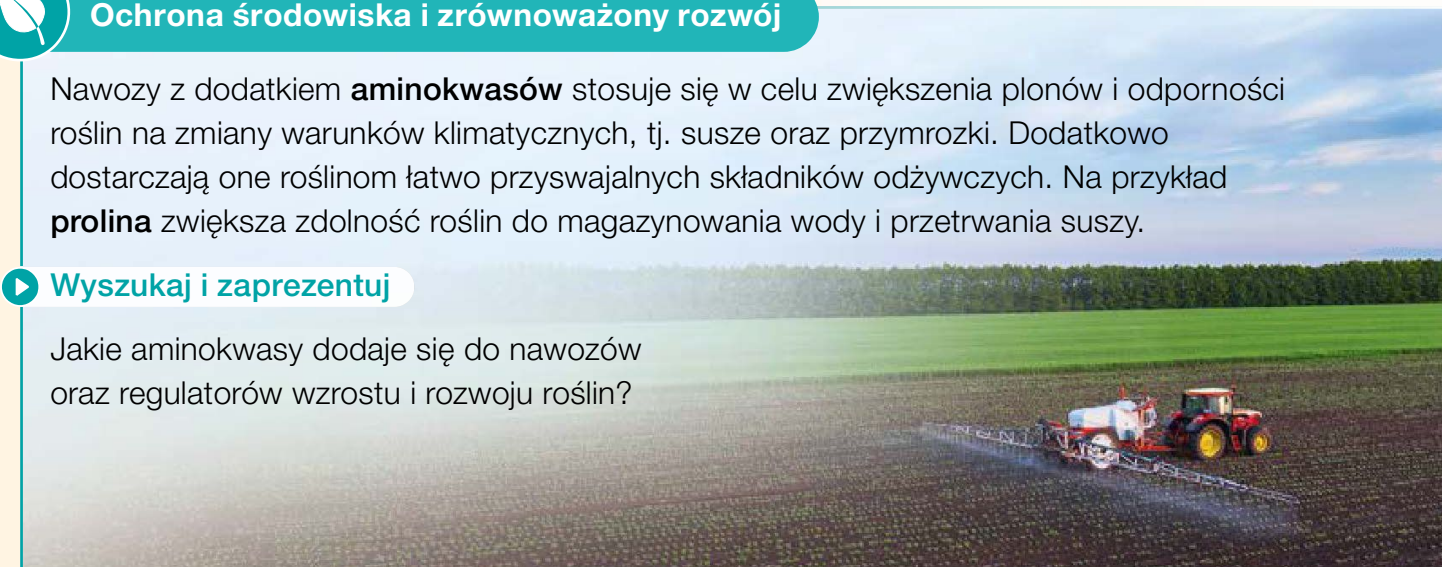


Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Nawozy z dodatkiem **aminokwasów** stosuje się w celu zwiększenia plonów i odporności roślin na zmiany warunków klimatycznych, tj. susze oraz przymrozki. Dodatkowo dostarczają one roślinom łatwo przyswajalnych składników odżywczych. Na przykład **prolina** zwiększa zdolność roślin do magazynowania wody i przetrwania suszy.

 Wyszukaj i zaprezentuj

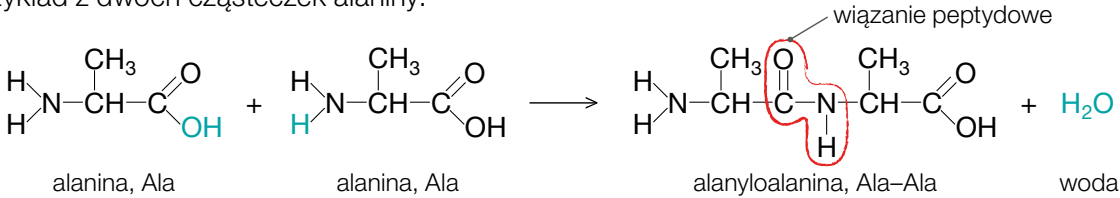
Jakie aminokwasy dodaje się do nawozów oraz regulatorów wzrostu i rozwoju roślin?



Ważne w temacie **Aminokwasy**

1. Zapisuję równanie reakcji kondensacji cząsteczek aminokwasów i wskazuję wiązanie peptydowe.

Na przykład z dwóch cząsteczek alaniny:



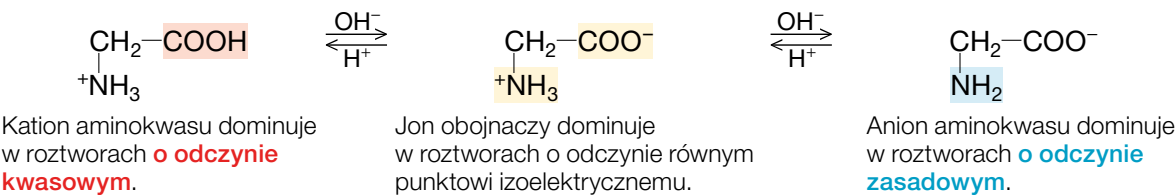
Aminokwasy

2. Opisuję właściwości kwasowo-zasadowe aminokwasów.

Aminokwasy mogą reagować z kwasami i zasadami ze względu na występowanie w ich cząsteczce zarówno kwasowej, jak i zasadowej grupy funkcyjnej. Obecność tych dwóch grup funkcyjnych umożliwia wymianę między nimi kationu wodoru.

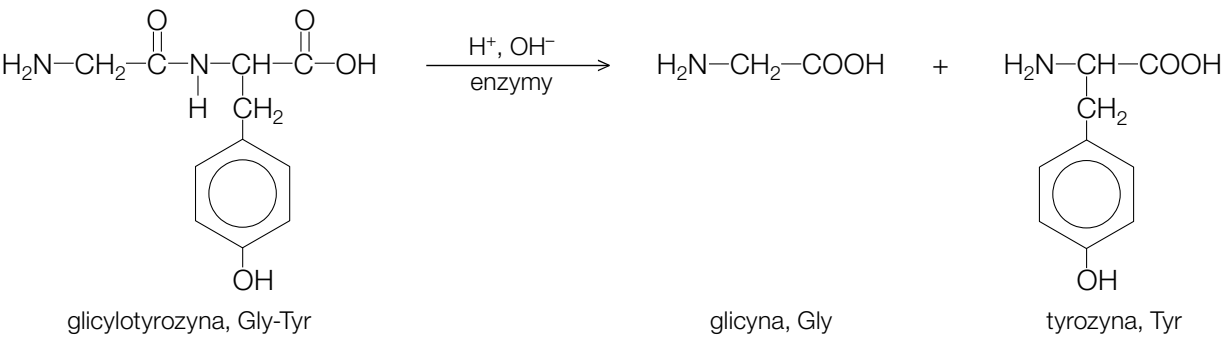
3. Zapisuję mechanizm powstawania jonów obojnych.

Na przykład:



4. Zapisuję równanie reakcji hydrolizy peptydów.

Na przykład z glicylotyrozyny:



Zapamiętaj!

Aminokwasy – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach występują grupy funkcyjne $-COOH$ i $-NH_2$. Zawierają również grupę węglowodorową.

Jon obojny – jon, w którego skład wchodzi grupa o ładunku ujemnym oraz grupa o ładunku dodatnim.

Reakcja kondensacji – reakcja chemiczna, w której w wyniku połączenia dwóch lub więcej cząsteczek powstają produkt główny o dużej masie cząsteczkowej oraz produkt uboczny o małej masie cząsteczkowej (np. H_2O , NH_3 , HCl).

Reakcja hydrolizy peptydu – reakcja chemiczna peptydu z wodą, w wyniku której wiązania peptydowe ulegają rozerwaniu.

Zadania



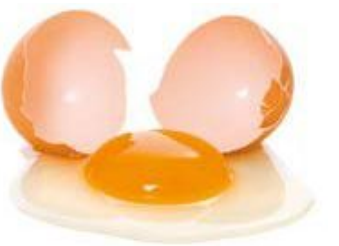
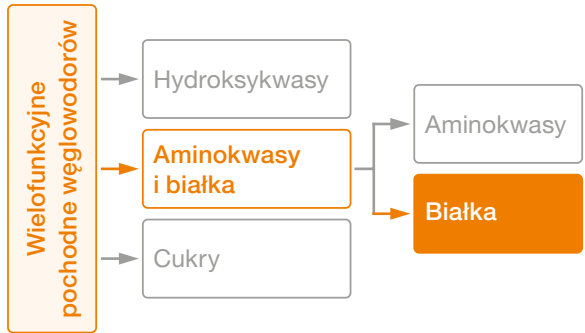
ROZWIĄŻ
W ZESZYCIE

1. Napisz równania reakcji kondensacji zachodzących w mieszaninie fenyloalaniny i glicyny. Nazwij otrzymane dipeptydy. W każdym z dipeptydów zaznacz aminokwas N-końcowy i C-końcowy.

14 **Białka**

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *białko* i *denaturacja*
- budowa białek
- obserwowanie procesu denaturacji białek
- wykrywanie białek w reakcjach biuretowej i ksantoproteinowej



Fot. 76. Białkiem potocznie nazywa się przezroczystą, galaretowatą część jaja kurzego, ale to w żółtku jaja znajduje się więcej białek (ok. 16 %) niż w białku jaja (ok. 11 %).

Białka są jednym z podstawowych elementów diety. Codzienna porcja białka spożywanego przez dorosłego człowieka powinna wynosić ok. 1 g na kilogram masy ciała (sportowcy 1,2–1,5 g na kg masy ciała). Źródłem tych związków chemicznych są pokarmy mięsne i rybne, jajka (fot. 76.), mleko i jego przetwory, a także rośliny strączkowe. Białka są składnikami komórek i tkanek wszystkich organizmów. Stanowią materiał budulcowy organizmu oraz pełnią różne funkcje, np. transportowe, regulacyjne, zapasowe i odpornościowe.

Budowa białek

Białka są polimerami kondensacyjnymi aminokwasów, które powstają w reakcji kondensacji. Białka należą do związków wielkocząsteczkowych zawierających 100 lub więcej reszt aminokwasowych połączonych wiązaniami peptydowymi. Oznacza to, że ich cząsteczki mają bardzo duże masy cząsteczkowe (rzędu kilku milionów unitów). Mogą powstawać z 20 różnych aminokwasów białkowych.

Aminokwasy
→ patrz s. 154

Reakcja kondensacji
→ patrz s. 158

Jest na to sposób!

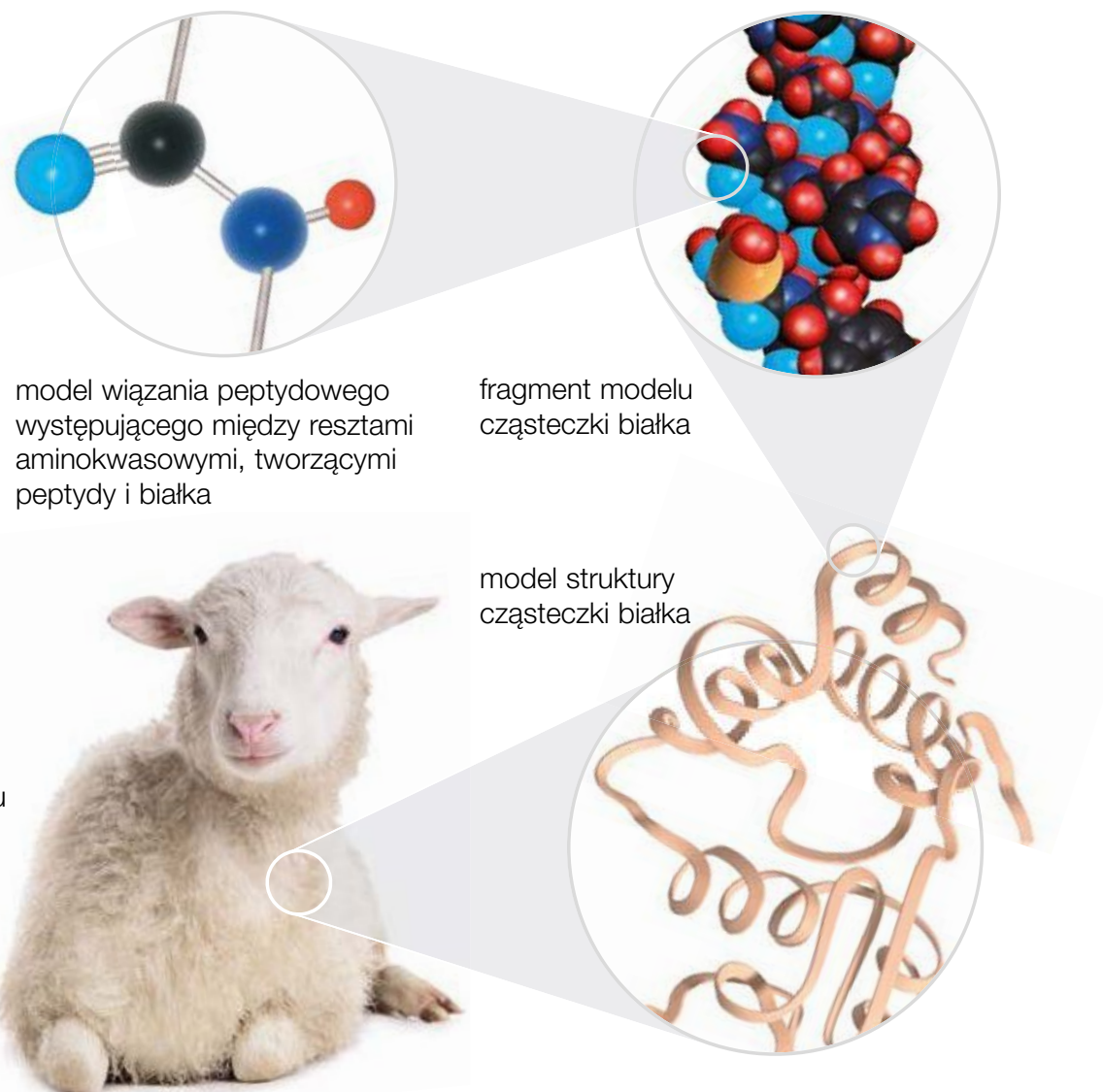
Jak rozpoznać, kiedy związek chemiczny jest jeszcze peptydem, a kiedy już białkiem?

Związki chemiczne zawierające w cząsteczce setki reszt aminokwasowych to białka. Jednak granica między peptydami a białkami nie jest wyraźna. O zakwalifikowaniu danej cząsteczki do peptydów lub do białek często **decyduje** nie liczba reszt aminokwasowych, ale **funkcja, jaką ta cząsteczka pełni w komórce**. Klasyfikacja cząsteczek składających się z reszt aminokwasowych wygląda następująco:

liczba reszt aminokwasowych	ogólna nazwa peptydu
2	dipeptyd
3	tripeptyd
4	tetrapeptyd
...	...
10 lub kilkanaście	oligopeptyd
kilkadziesiąt	polipeptyd
≥100	białko

Skład pierwiastkowy białek

Cząsteczki białek są zbudowane z **atomów węgla, tlenu, wodoru, azotu i siarki** (fot. 77.). W niektórych białkach występują też jony, np.: żelaza, magnezu, cynku, i inne pierwiastki chemiczne.



Fot. 77. Wełna jest włóknem pochodzenia zwierzęcego (włóknem białkowym). Zawiera białko (keratynę), które występuje m.in. w sierści zwierząt.

Wiązanie peptydowe
→ patrz s. 158

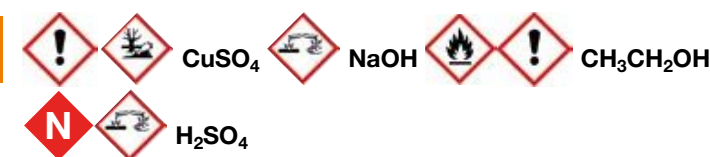


Fot. 78. Białko jaja ścina się podczas smażenia.

Właściwości białek

Właściwości białek zmieniają się pod wpływem działania różnych czynników, np. temperatury (fot 78.).

Doświadczenie 23.

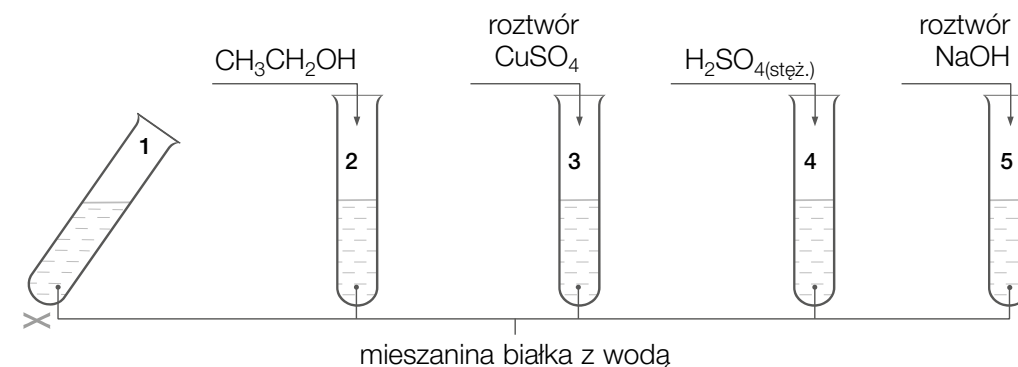


Badanie działania różnych substancji i wysokiej temperatury na roztwór białka

Odczynniki: białko jaja kurzego, woda destylowana, etanol, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), stężony roztwór wodorotlenku sodu.

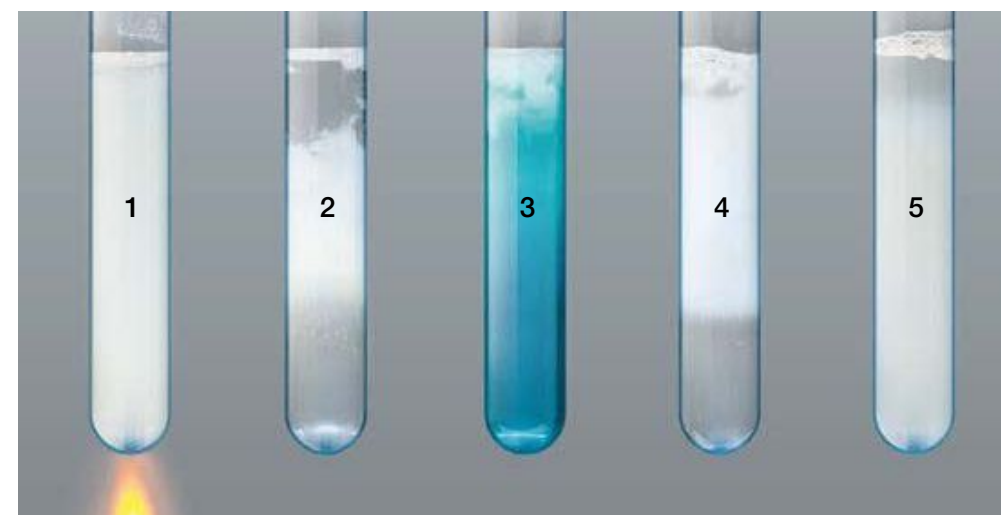
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, wkraplacze, korki do probówek, palnik gazowy.

Instrukcja: Do pięciu probówek nalej po ok. 3 cm³ mieszaniny białka z wodą. Zawartość probówki 1. ogrzewaj ostrożnie w płomieniu palnika. Do kolejnych probówek dodaj po kilka kropli: do probówki 2. etanolu, do 3. – roztworu siarczanu(VI) miedzi(II), do 4. – stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI), do 5. – stężonego roztworu wodorotlenku sodu (schemat). Probówki 2.–5. zamknij korkami i wstrząśnij zawartością.



Obserwacje:

We wszystkich probówkach białko zmienia swój wygląd (fot. 79.).



temperatura $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{stęż.})}$ NaOH

Fot. 79. Białko jaja ścina się pod wpływem różnych czynników.

Wniosek: Białko ścina się pod wpływem wysokiej temperatury, alkoholi oraz roztworów: soli metali ciężkich, kwasów i wodorotlenków.

! Zachowaj ostrożność podczas pracy ze stężonymi roztworami kwasu i wodorotlenku!



Białko jaja kurzego i woda tworzą **koloid**.

Koloidy
→ patrz s. 120

Przykłady **metali ciężkich**:

- ▶ miedź,
- ▶ ołów,
- ▶ kadm.

Pod wpływem roztworów soli metali ciężkich (np. siarczanu(VI) miedzi(II)), a także innych agresywnych czynników (takich jak stężone roztwory kwasów i wodorotlenków, etanolu lub wysokiej temperatury) zachodzi denaturacja.

! Metale ciężkie to te, których gęstość jest większa od $4,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Denaturacja jest to **proces ścinania białka**, który polega na zniszczeniu jego struktury. Następuje wówczas rozerwanie wiązań chemicznych, które stabilizują strukturę przestrzenną łańcuchów polipeptydowych (fot. 80.).



Fot. 80. Wysoka temperatura oraz roztwory alkoholi, soli metali ciężkich, kwasów i wodorotlenków powodują zmiany w strukturze białka.

! Łańcuch peptydowy zawiera **reszty aminokwasowe połączone ze sobą wiązaniami peptydowymi**.

► Chemia w akcji

Tkaniny poplamione krwią należy prać lub płukać w bardzo zimnej wodzie z dodatkiem soli kuchennej (fot. 81.).

Zimna woda wypłukuje barwnik krwi – hemoglobinę (białko).

Tkaninę z zaschniętą plamą trzeba długo moczyć w zimnej wodzie, często ją zmieniając, a następnie wyprać w zimnej wodzie z mydłem. **Zastosowanie ciepłej lub gorącej wody spowoduje ścięcie białka i utrwalenie plamy.**

Fot. 81. Kiedy plama zniknie lub zblednie, tkaninę należy wyprać w proszku. Jeżeli pozostały żółte plamy, trzeba zwilżyć tkaninę wodą utlenioną, która utlenia barwnik do substancji o barwie białej lub żółtawej.



■ Wykrywanie wiązań peptydowych

Do wykrywania wiązań peptydowych w białkach i peptydach można stosować reakcję biuretową przedstawioną w doświadczeniu 24.

Doświadczenie 24.

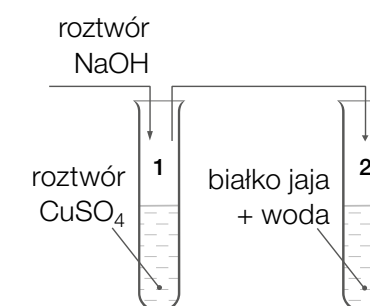


Wykrywanie wiązań peptydowych w cząsteczce białka – reakcja biuretowa

Odczynniki: białko jaja kurzego, woda destylowana, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników, pipety.

Instrukcja: Przygotuj wodorotlenek miedzi(II): do probówki z roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) wkrapłaj roztwór wodorotlenku sodu, by strącić osad (nie dodawaj nadmiaru NaOH). Otrzymaną zawieszynę z osadem wlej do probówki z wodnym roztworem białka jaja (schemat).

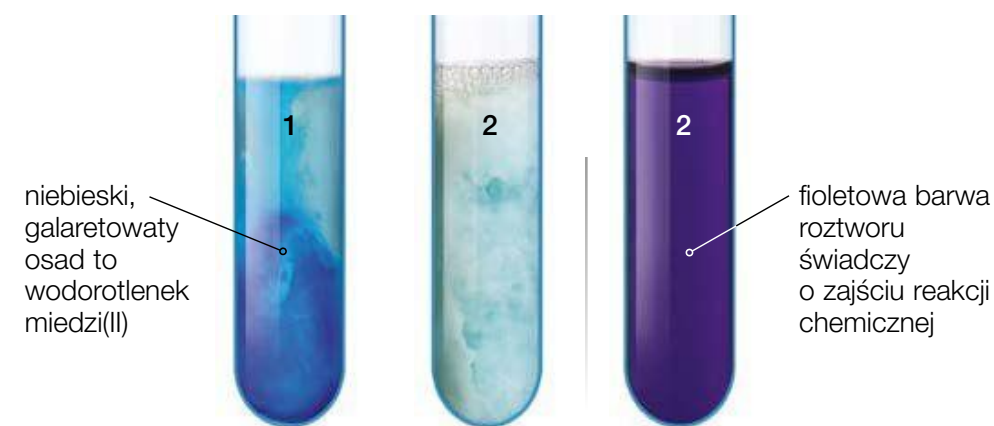


Zachowaj ostrożność podczas pracy z mocną zasadą!



Obserwacje:

- ▶ **Probówka 1.** Strąca się niebieski, galaretowaty osad (fot. 82.).
- ▶ **Probówka 2.** Przeniesienie osadu z próbówki 1. do roztworu powoduje ścięcie się białka. Zawartość probówki przyjmuje barwę fioletową (fot. 82.).



Fot. 82. Po dodaniu wodorotlenku miedzi(II) do probówki 2. z roztworem białka jaja zawartość probówki przyjmuje barwę fioletową.

► **Wniosek:** Powstanie fioletowego zabarwienia świadczy o obecności wiązań peptydowych w cząsteczce białka.

Osad wodorotlenku miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ reaguje z białkiem i tworzy się związek chemiczny o fioletowej barwie. Dzieje się tak, ponieważ kation miedzi(II) Cu^{2+} wiąże się z atomami azotu, które wchodzą w skład wiązań peptydowych.

Doświadczenie 25.

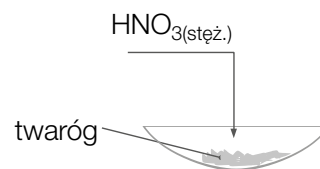


Wykrywanie białka – reakcja ksantoproteinowa

Odczynniki: twaróg, stężony roztwór kwasu azotowego(V).

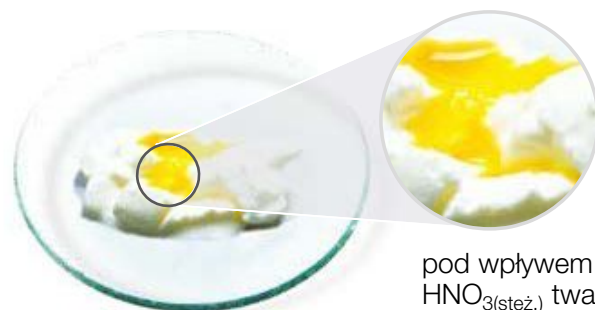
Szkło i sprzęt laboratoryjny: szkiełko zegarkowe, pipeta.

Instrukcja: Na szkiełku zegarkowym umieść niewielką ilość twarogu. Nalej na próbkę kilka kropli stężonego roztworu kwasu azotowego(V) i pozostaw ją na ok. 10 minut (schemat).



Obserwacje:

👁️ Twaróg zabarwił się na żółto (fot. 83.).

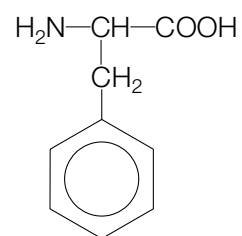


pod wpływem roztworu $\text{HNO}_3(\text{stęż.})$ twaróg barwi się na żółto

Fot. 83. W miejscu nakropienia stężonego roztworu kwasu azotowego(V) twaróg zmienił barwę na żółtą.

➤ **Wniosek:** Pojawienie się żółtej barwy świadczy o tym, że twaróg zawiera białko.

Przykład **aminokwasu aromatycznego**:



Reakcja zaobserwowana w doświadczeniu 25. nazywa się **reakcją ksantoproteinową**. Jest to reakcja charakterystyczna białek (i peptydów), umożliwiająca wykrywanie aminokwasów aromatycznych. Powstające w wyniku tej reakcji **związki chemiczne mają charakterystyczną żółtą barwę**.

Fakty czy mity

Alkohol jest szkodliwy dla organizmów – **FAKT**

Etanol może niszczyć strukturę białek (fot. 84.). Na organizm ludzki toksycznie wpływają głównie produkty metabolizmu etanolu. W następstwie długotrwałego lub powtarzającego się narażenia organizmu na działanie alkoholu i produktów jego przemiany może dojść do uszkodzenia narządów wewnętrznych, m.in. wątroby.

Fot. 84. Etanol powoduje nieodwracalną zmianę w białku jaja kurzego – pod wpływem alkoholu ulega ono **denaturacji** (ścina się).



Zastosowania białek

Żelatyna to mieszanina białek i peptydów, która powstaje w reakcji hydrolizy kolagenu. W przemyśle spożywczym pełni funkcję emulgatora oraz środka żelującego, np. w galaretkach.



przemysł
spożywczy



przemysł
kosmetyczny



przemysł
chemiczny

Przemysł spożywczy

Gluten, czyli mieszanina białek roślinnych, odgrywa ważną rolę podczas **wypieku pieczywa**. Dzięki glutenowi ciasto jest kleiste i ciągliwe.



Symbolem przekreślonego kłosa jest oznaczona żywność, która nie zawiera glutenu.

Przemysł kosmetyczny

Keratynę stosuje się w **szamponach i odżywkach do włosów**. Wbudowuje się ona w ich strukturę, dzięki czemu działa regenerująco.



Przemysł chemiczny

Z żelatyny produkuje się **amunicję** używaną do gry w **klasycznym paintballu**. Z kolei do produkcji klejów do tapet wykorzystuje się kazeinę.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Sproszkowane **białko jaja kurzego** jest powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym. Niestety, przemysłowa hodowla kur, podobnie jak innych zwierząt, przyczynia się do zwiększenia emisji gazów cieplarnianych i zużycia dużych ilości wody. Dlatego poszukuje się innych sposobów pozyskiwania białka. Jednym z nich jest wykorzystanie grzyba *Trichoderma reesei*.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie są inne źródła białka w żywności?



Ważne w temacie **Białka**

1. Opisuję budowę białek.

Białka to:

- związki wielkocząsteczkowe,
- polimery kondensacyjne aminokwasów,
- 100 lub więcej reszt aminokwasowych połączonych wiązaniami peptydowymi.

Białka

3. Wykrywam białka w różnych substancjach.

► **Reakcja biuretowa**



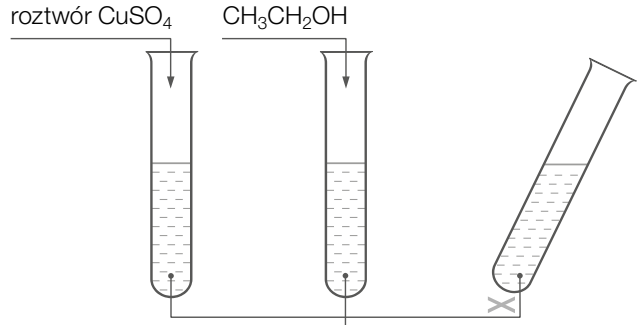
Powstanie **fioletowego zabarwienia** świadczy o obecności wiązań peptydowych w cząsteczce białka.

► **Reakcja ksantoproteinowa**



Pojawienie się **żółtej barwy** świadczy o obecności białka w produkcie spożywczym.

2. Badam działanie różnych substancji (roztworów soli metali ciężkich i alkoholu) oraz wysokiej temperatury na roztwór białka.



roztwór CuSO_4 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

mieszanina białka z wodą

Białko ścina się m.in. pod wpływem:

- roztworów soli metali ciężkich,
- alkoholi,
- wysokiej temperatury.

Zapamiętaj!

Białka – polimery kondensacyjne aminokwasów, które powstają w wyniku reakcji kondensacji.

Denaturacja – proces ścinania białka.

Zadania

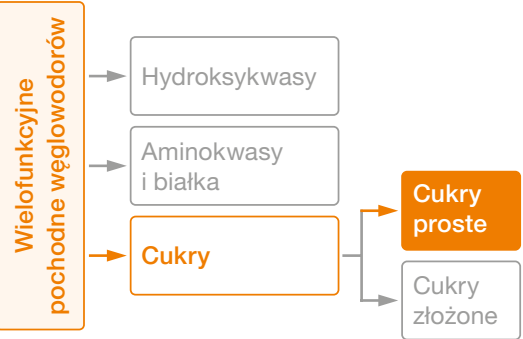


1. Działanie na skórę temperatury powyżej 55 °C powoduje uszkodzenie białka tkankowego. Gorączka śmiertelna dla człowieka to 42–43 °C. **Napisz nazwę procesu, który zachodzi w opisanych przypadkach, i wyjaśnij, na czym polega.**
2. Zaprojektuj doświadczenie, w którym udowodnisz, że śmietana zawiera białko. **Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.**
3. Roztwór białka kurzego poddano działaniu roztworu chlorku sodu. **Napisz nazwę zachodzącego procesu, wyjaśnij jego przebieg oraz czym różni się ten proces od procesu denaturacji.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

15 **Cukry proste**

Ważne w tym temacie:

- pojęcia: *cukry, cukry proste, aldozy, ketozy*
- podział cukrów
- klasyfikacja cukrów prostych
- wzory glukozy i fruktozy w projekcji Fischera
- polihydroksyaldehydy i polihydroksyketony
- badanie właściwości glukozy i fruktozy

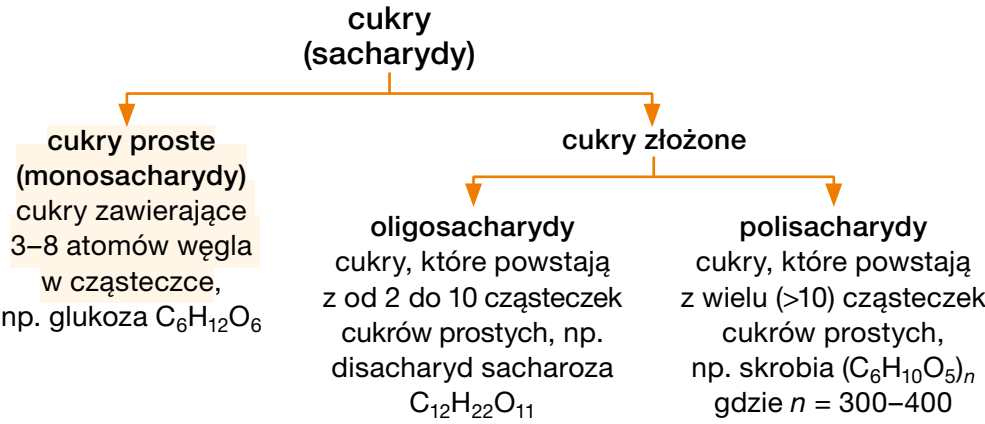


Fot. 85. Glukoza znajdująca się m.in. w dojrzałych owocach jest potocznie nazywana cukrem gronowym.

Owoce zawdzięczają swój słodki smak cukrom, nazywanym również sacharydami. Cukry obecne w owocach, np. winogronach (fot. 85.), to glukoza i fruktoza.

■ **Podział cukrów**

Cukry można podzielić ze względu na **budowę cząsteczek**:



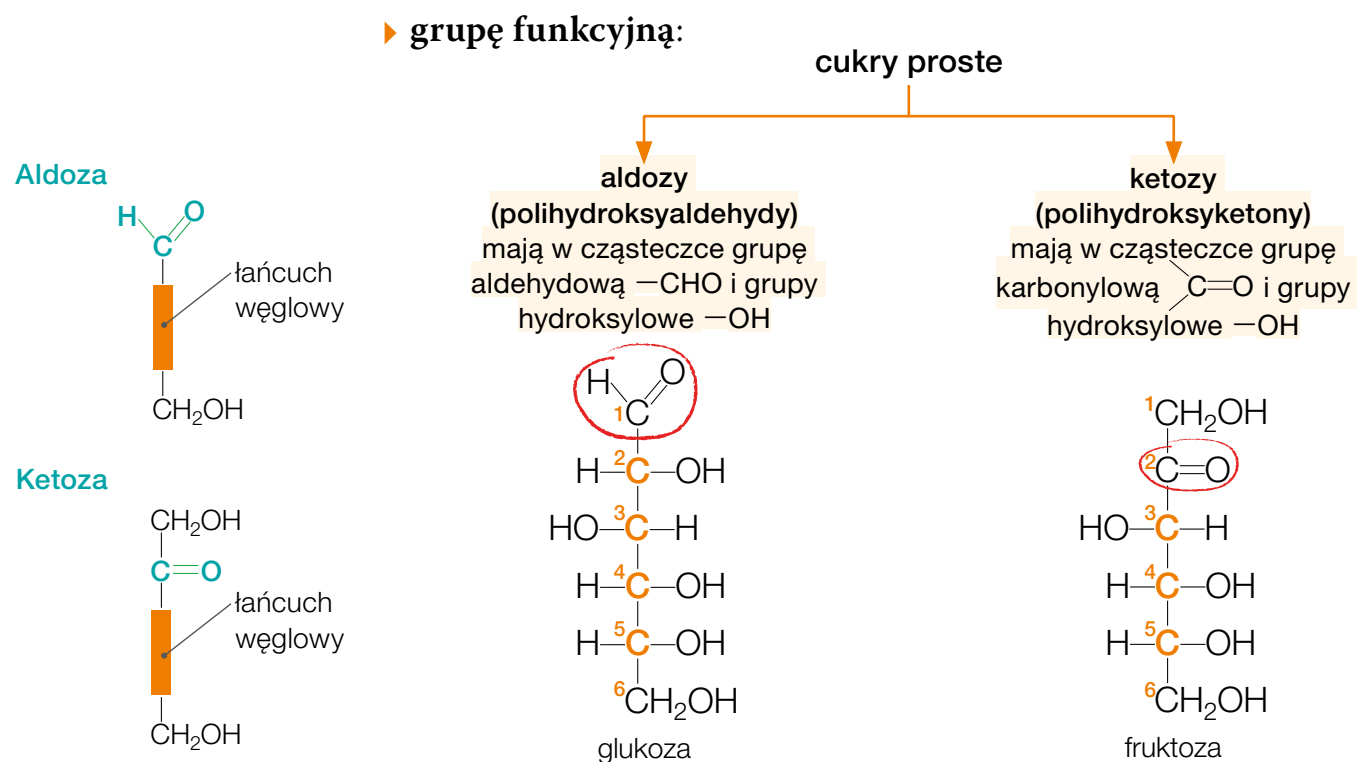
■ **Podział cukrów prostych**

Cukry proste można podzielić ze względu na dwa kryteria:

► **liczbę atomów węgla** w cząsteczce (tabela 22.):

Tabela 22. Podział cukrów prostych ze względu na liczbę atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa systematyczna	Wzór sumaryczny
3	trioza	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$
4	tetroza	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$
5	pentoza	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$
6	heksoza	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
7	heptoza	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$



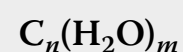
Te dwie klasyfikacje cukrów prostych nakładają się na siebie. To oznacza, że na przykład każdy cukier o sześciu atomach węgla w cząsteczce jest heksozą i **równocześnie aldozą lub ketozą**, np. glukoza to **aldoheksoza**, a fruktoza to **ketoheksoza**.

■ Budowa cukrów

Cukry (sacharydy) to grupa **związków organicznych zbudowanych z atomów węgla, wodoru i tlenu**. Proporcje zawartości poszczególnych pierwiastków chemicznych stały się źródłem nazwy „węglowodany” – związków chemicznych składających się z węgla i wody. Wynika to z tego, że stosunek liczby atomów wodoru do liczby atomów tlenu wynosi 2 : 1, czyli jest taki jak w cząsteczce wody (H₂O).

Cukry to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które **zawierają** w cząsteczkach **grupy hydroksylowe —OH** oraz **grupę aldehydową —CHO** lub **grupę karbonylową C=O**.

Wzór ogólny cukrów ma postać:



gdzie:

m, n to liczby naturalne; $n \geq 3$; $n \geq m$.

Najprostsze cukry zawierają w cząsteczce trzy atomy węgla, grupę hydroksylową oraz grupę aldehydową lub karbonylową.

■ Nazewnictwo cukrów

Nazwy systematyczne cukrów są bardzo długie i skomplikowane. Z tego powodu zwykle stosuje się nazwy zwyczajowe z charakterystyczną końcówką „-oza”, np.: gluko**za**, frukto**za**, sacharo**za**.

Model grupy hydroksylowej



Model grupy aldehydowej



Model grupy karbonylowej



Modele atomów:



■ Izomery cukrów prostych

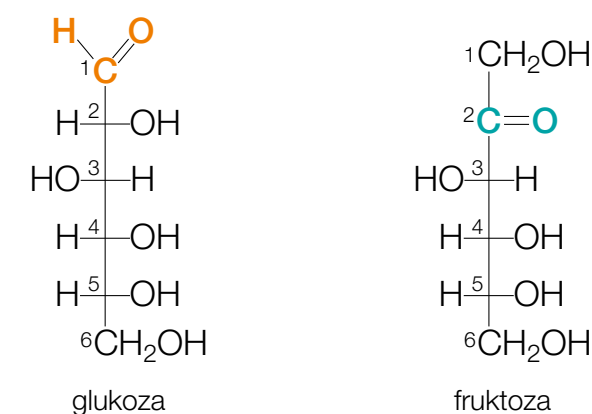
Cukry proste mogą tworzyć izomery konstytucyjne – **izomery funkcyjne**. Aldozy i ketozy, podobnie jak aldehydy i ketony, są względem siebie **izomerami funkcyjnymi**. A to oznacza, że mają taki sam wzór sumaryczny, ale różne grupy funkcyjne.

■ Wzory Fischera

Wzory cukrów prostych można zapisać w postaci tzw. **wzorów (projekcji) Fischera** [czyt. fiszera]. Stosuje się je, aby pokazać **budowę cząsteczki w formie liniowej (łańcuchowej)**.

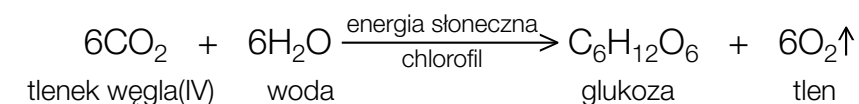
Zapisując wzory Fischera, należy pamiętać, że:

- **przecięcia linii** symbolizują atomy węgla połączone z grupą hydroksylową i atomem wodoru,
- **grupa aldehydowa** lub **grupa karbonylowa** są zawsze **na górze** wzoru,
- **grupy hydroksylowe i atomy wodoru** są zawsze **po bokach łańcucha węglowego**,
- **numerację** atomów węgla rozpoczyna się od góry wzoru, np.:

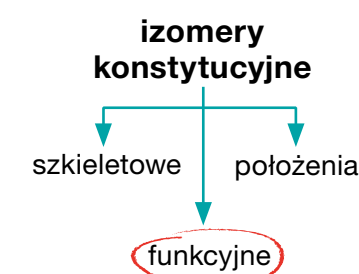


■ Fotosynteza

Glukoza powstaje **w wyniku reakcji fotosyntezy**, której substratami są tlenek węgla(IV) i woda. Fotosynteza przebiega pod wpływem energii światła słonecznego dzięki obecności chlorofilu. W jej wyniku oprócz **glukozy** powstaje także niezbędny do życia **tlen** (fot. 86.). Fotosynteza jest złożonym wieloetapowym procesem, który zachodzi zgodnie z uproszczonym równaniem:

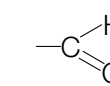


Szacuje się, że rocznie w procesie fotosyntezy rośliny wytwarzają ok. 100 mld ton glukozy oraz 107 mld ton tlenu. Glukoza może być dalej przekształcana w inne cukry.

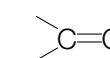


Izomery funkcyjne
→ patrz s. 66

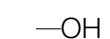
grupa **aldehydowa**



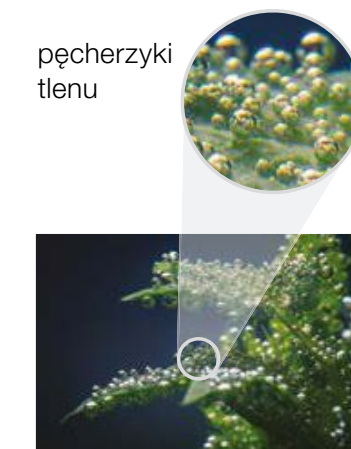
grupa **karbonylowa**



grupa **hydroksylowa**



pęcherzyki tlenu



Fot. 86. Rośliny wodne przeprowadzają fotosyntezę pod wodą. Jej widocznym efektem są pęcherzyki wytworzonego gazu – tlenu.

Właściwości cukrów prostych

Cząsteczki glukozy i fruktozy mają budowę polarną.

Doświadczenie 26.



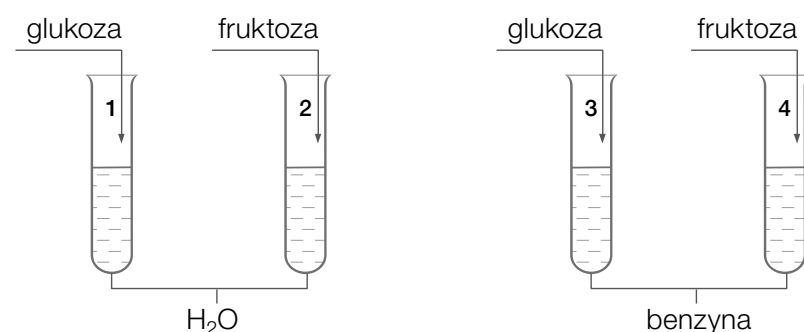
benzyna

Badanie właściwości glukozy i fruktozy

Odczynniki: glukoza, fruktoza, woda destylowana, benzyna.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżki do odczynników, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: Określ zapach, stan skupienia oraz barwę glukozy i fruktozy. Do dwóch probówek wlej wody destylowanej, a następnie do probówki 1. wsyp glukozę, a do probówki 2. – fruktozę. Powtórz te same czynności z benzyną (schemat). Zbadaj odczyn otrzymanych wodnych roztworów glukozy i fruktozy.



Obserwacje:

- ▶ Badane substancje są bezwonne.
- ▶ Badane substancje są bezbarwne, krystaliczne i mają stały stan skupienia (fot. 87).
- ▶ W probówkach 1. i 2. powstaje bezbarwny roztwór, a w probówkach 3. i 4. – substancja stała opada na dno.
- ▶ Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w wodnych roztworach badanych substancji nie zmienia barwy (fot. 87.).



Fot. 87. Badanie właściwości glukozy i fruktozy.

Wniosek:

- ▶ Dobra rozpuszczalność w wodzie (rozpuszczalniku polarnym) glukozy i fruktozy wynika z polarnej budowy ich cząsteczek. Te cukry proste trudno rozpuszczają się natomiast w rozpuszczalnikach niepolarnych, np. benzynie.
- ▶ Wodne roztwory glukozy i fruktozy mają odczyn obojętny.

Doświadczenie 27.

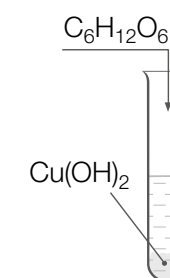
 CuSO_4 NaOH

Wykrywanie obecności grup hydroksylowych w cząsteczce glukozy

Odczynniki: roztwór glukozy, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, wkraplacze.

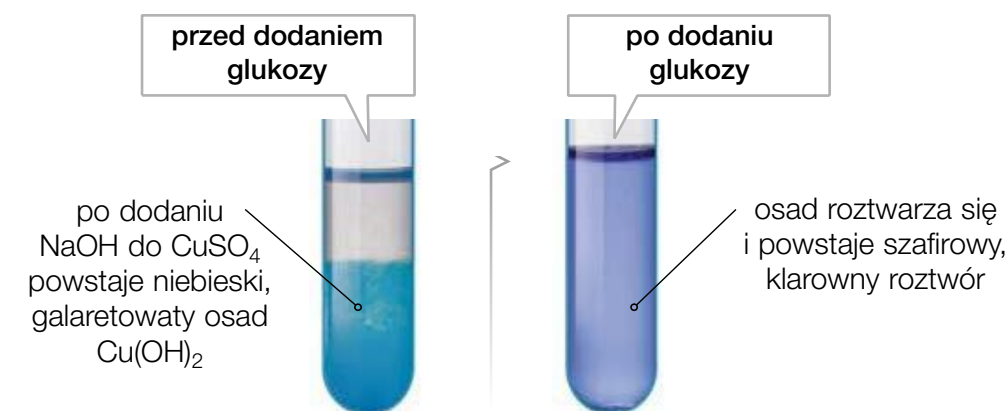
Instrukcja: Nalej do probówki ok. 2 cm³ roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) i dodawaj roztwór wodorotlenku sodu do strącenia osadu. Następnie dodaj ok. 2 cm³ roztworu glukozy (schemat). Wstrząśnij zawartością probówki.



Obserwacje:

- ▶ W probówce początkowo strącił się niebieski, galaretowaty osad.
- ▶ Po dodaniu do osadu roztworu glukozy osad w probówce zanika – powstaje szafirowy, klarowny roztwór (fot. 88.).

Klarowny roztwór jest przezroczysty i pozbawiony osadu.



Fot. 88. Reakcja glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II).

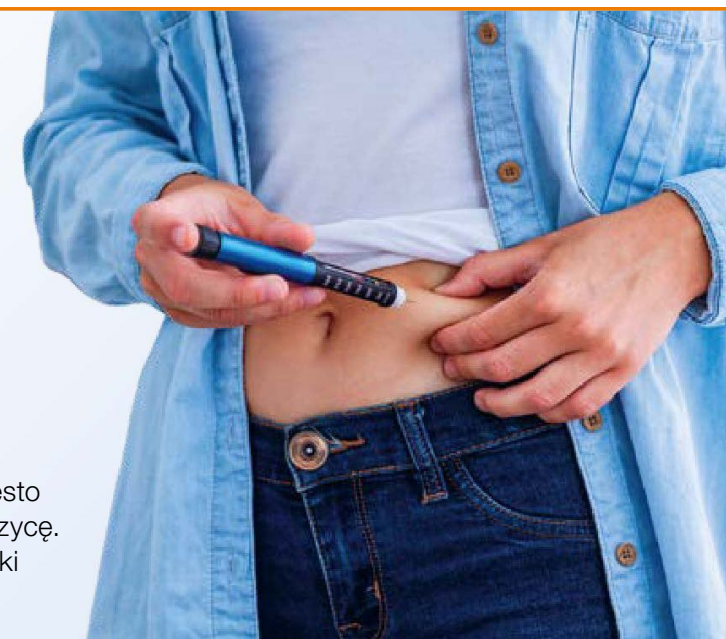
Wniosek: Glukoza reaguje z wodorotlenkiem miedzi(II) w temperaturze pokojowej. W jej cząsteczce występują grupy hydroksylowe przy sąsiednich atomach węgla.

Reakcja alkoholu polihydroksylowego z wodorotlenkiem miedzi(II)
→ patrz s. 39

Chemia w akcji

Glukoza dostarcza organizmowi energię, która jest potrzebna do przeprowadzania wszystkich procesów życiowych. Za regulację poziomu glukozy we krwi odpowiada insulina – hormon wytwarzany przez trzustkę. Nieprawidłowe funkcjonowanie tego narządu może prowadzić do cukrzycy (fot. 89.).

Fot. 89. Leczenie insuliną, czyli insulinoterapia, często jest konieczne w przypadku osób chorych na cukrzycę. Preparat insulinowy wstrzykuje się w warstwę tkanki tłuszczowej znajdującą się tuż pod skórą.



Doświadczenie 28.

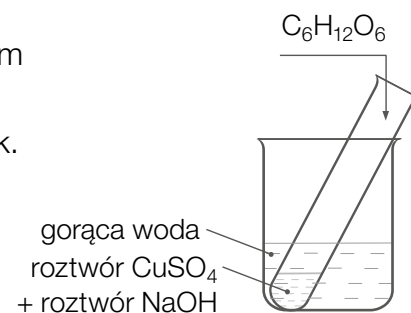


Próba Trommera – reakcja glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II)

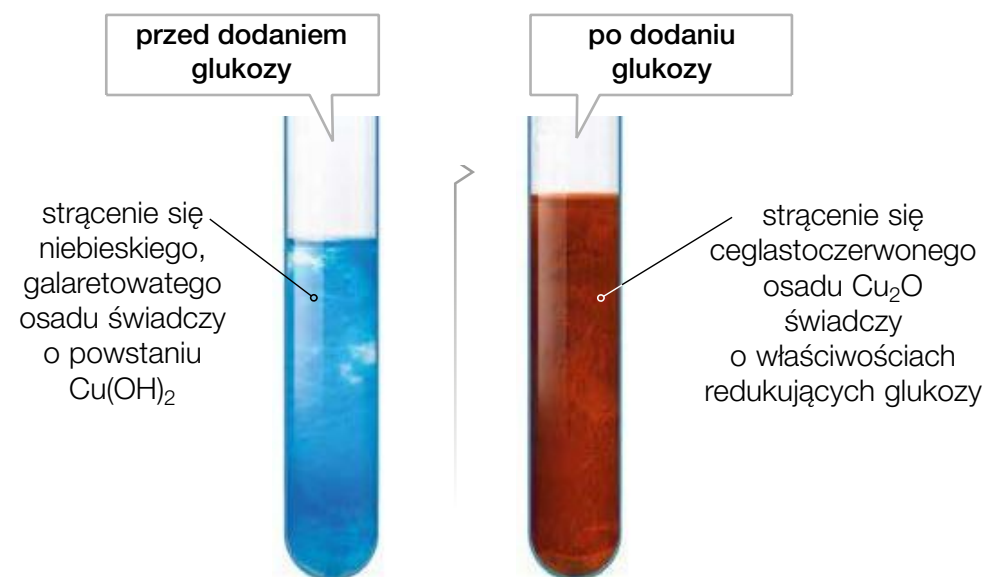
Odczynniki: stężony roztwór glukozy, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, łapa drewniana, pipety.

Instrukcja: Otrzymaj wodorotlenek miedzi(II) – odczynnik Trommera, w taki sam sposób jak w doświadczeniu 6., s. 59. Następnie do probówki z osadem dodaj ok. 2 cm³ stężonego roztworu glukozy. Wstrząśnij zawartością probówki i ogrzej probówkę, umieszczając ją w zlewce z gorącą wodą (schemat).

**Obserwacje:**

- ▶ Początkowo w probówce strąca się niebieski, galaretowaty osad.
- ▶ Dodanie roztworu glukozy i ogrzanie probówki powoduje, że zawartość probówki zmienia barwę z niebieskiej na ceglastoczerwoną (fot. 90).



Fot. 90. Reakcja glukozy z odczynnikiem Trommera.

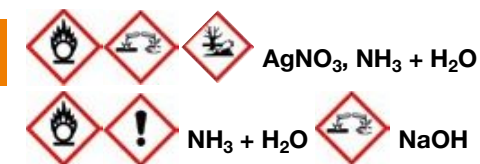
Wniosek:

- ▶ Pod wpływem wysokiej temperatury w probówce nastąpiła **redukcja wodorotlenku miedzi(II) do tlenku miedzi(I)**, który ma postać ceglastoczerwonego osadu.
- ▶ Glukoza **ma właściwości redukujące**.

Reakcja aldehydów z odczynnikiem Trommera
→ patrz s. 59

Podobnie jak w przypadku reakcji aldehydów z odczynnikiem Trommera, w reakcji z glukozą wodorotlenek miedzi(II) redukuje się do tlenku miedzi(I).

Doświadczenie 29.

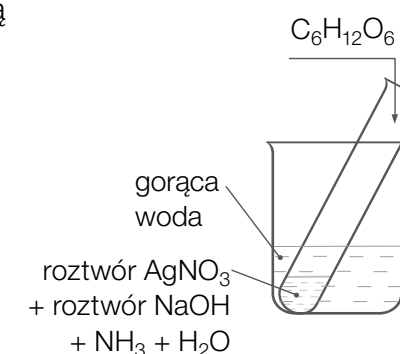


Próba Tollensa – reakcja glukozy z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I)

Odczynniki: stężony roztwór glukozy, roztwór azotanu(V) srebra(I), wodny roztwór amoniaku, woda destylowana, stężony roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipety, łapa drewniana, wkraplacz.

Instrukcja: Wlej do probówki ok. 3 cm³ roztworu azotanu(V) srebra(I) i dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami wodny roztwór amoniaku aż do całkowitego rozтворzenia się strąconego osadu. Dodaj ok. 2 cm³ stężonego roztworu glukozy. Wstrząśnij zawartością probówki, a następnie ogrzej probówkę, umieszczając ją w zlewce z gorącą wodą (schemat).

**Obserwacje:**

- ▶ Po dodaniu stężonego roztworu glukozy i ogrzaniu probówki jej ścianki pokrywają się błyszczącym, srebrzystym nalotem (fot. 91).



Fot. 91. Reakcja glukozy z odczynnikiem Tollensa.

- ▶ **Wniosek:** Po dodaniu do odczynnika Tollensa stężonego roztworu glukozy i ogrzaniu probówki jony srebra redukują się z I stopnia utlenienia **do metalicznego srebra**. Pokrywa ono ścianki probówki i tworzy tzw. **lustro srebrne**.



Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Należy stosować świeżo otrzymane roztwory amoniakalne srebra: roztwór AgNO_3 + roztwór NaOH + NH_3 + H_2O .

odczynnik Tollensa – jon $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

Pozytywne wyniki próby Trommera oraz próby Tollensa świadczą o tym, że glukoza, podobnie jak aldehydy, wykazuje właściwości redukujące.

Zastosowania cukrów prostych

Do słodzenia potraw używa się glukozy. Jednak diabetycy zamiennie stosują fruktozę, która powoduje wolniejszy wzrost poziomu cukru we krwi. Kosmetyki zawierające związki glukozy działają nawilżająco i zmiękczejaco.



przemysł
szklarski



przemysł
włókienniczy



przemysł
spożywczy

Przemysł szklarski

Próba Tollensa, czyli lustra srebrnego, to reakcja charakterystyczna glukozy. Dzięki niej uzyskuje się **błyszczącą powierzchnię szklanych bombek** i luster.

Przemysł włókienniczy

Glukozę wykorzystuje się w procesie barwienia skór, **bielenia** bawełny oraz nadawania połysku tkaninom.

Przemysł spożywczy

Syrop glukozowo-fruktozowy używany jest do produkcji soków, napojów izotonicznych oraz dżemów. Stosuje się go też jako zamiennik miodu, np. w **piernikach**.

Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Jednym z przykładów badań innowacyjnych są prace nad wykorzystaniem **glukozy** do otrzymywania węglowodorów nienasyconych. Do badań użyto genetycznie zmodyfikowanych bakterii *Escherichia coli*, dla których pożywką była glukoza. Bakterie przekształciły glukozę w kwasy tłuszczowe, które następnie poddano reakcji chemicznej w obecności katalizatora. W efekcie otrzymano alkeny.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie inne związki można otrzymać w reakcjach chemicznych z udziałem glukozy?

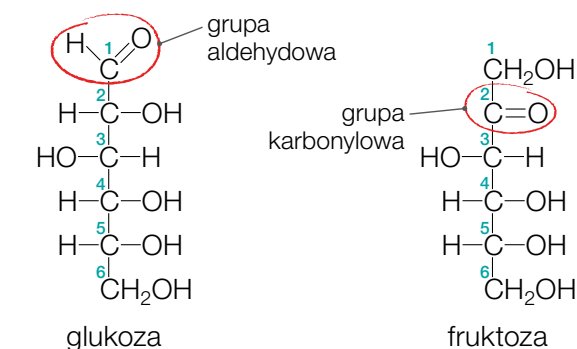


Ważne w temacie Cukry proste

1. Klasyfikuję cukry proste ze względu na liczbę atomów węgla w cząsteczce.

Cukry proste to cukry zawierające od 3 do 8 atomów węgla w cząsteczce, np. trioza $C_3H_6O_3$.

2. Zapisuję w projekcji Fischera wzory łańcuchowe glukozy i fruktozy. Wykazuję, że glukoza i fruktoza należą do polihydroksyaldehydów lub polihydroksyketonów.



Cukry proste

4. Przeprowadzam próbę Trommera – badam właściwości redukujące glukozy.



Ceglastoczerwony osad świadczy o **redukcji wodorotlenku miedzi(II) do tlenku miedzi(I)**.

3. Wymieniam właściwości cukrów prostych.

Glukoza i fruktoza to substancje:

- stałe,
- bezwonne,
- bezbarwne,
- krystaliczne,
- bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie.

Zapamiętaj!

Cukry proste – cukry zawierające w cząsteczce od trzech do ośmiu atomów węgla.

Cukry (sacharydy) – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach grupy hydroksylowe $-\text{OH}$ oraz grupę aldehydową $-\text{CHO}$ lub grupę karbonylową $>\text{C}=\text{O}$.

Aldozy – (polihydroksyaldehydy) – cukry zawierające w cząsteczce grupę aldehydową $-\text{CHO}$ i grupy hydroksylowe $-\text{OH}$.

Ketozy – (polihydroksyketony) – cukry zawierające w cząsteczce grupę karbonylową $>\text{C}=\text{O}$ i grupy hydroksylowe $-\text{OH}$.

Zadania



1. *Rocket candy* (ang. cukierek raketowy) jest potoczną nazwą paliwa raketowego stosowanego w modelarstwie. Wytwarza się je w wyniku mieszania glukozy z utleniaczem (zwykle azotanem(V) potasu) w stosunku masowym 7 : 13. **Oblicz, ile gramów glukozy oraz ile gramów utleniacza potrzeba do wytworzenia 1 kg paliwa.** Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.
2. Do probówki zawierającej odczynnik Trommera dodano stężony wodny roztwór galaktozy (należącej do aldoz), po czym ogrzano zawartość probówki. **Napisz obserwacje i sformułuj wniosek dotyczący właściwości cząsteczki galaktozy.**
3. **Oblicz zawartość procentową węgla w glukozie. Oszacuj, jaka będzie zawartość procentowa węgla we fruktozie. Odpowiedź uzasadnij.**

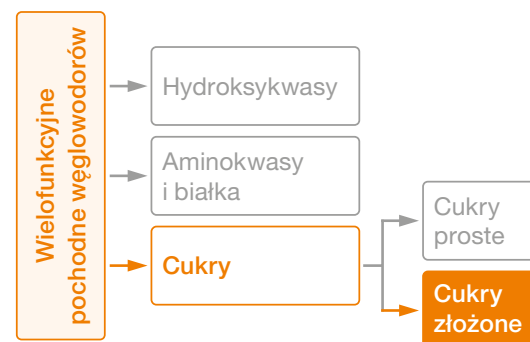
16 Cukry złożone



Fot. 92. Skrobię do produkcji mąki ziemniaczanej pozyskuje się z ziemniaków.

Ważne w tym temacie:

- pojęcie *cukry złożone*
- badanie właściwości sacharozy, skrobi i celulozy
- obserwowanie różnic we właściwościach skrobi i celulozy
- składniki mleka



Cukier powszechnie używany m.in. do słodzenia herbaty i kawy to **sacharoza**. Pozyskuje się go z trzciny cukrowej oraz buraków cukrowych. Przykładami innych cukrów są **skrobia i laktoza**. Bogatym źródłem skrobi są m.in. kuskus i ziemniaki (fot. 92.). Z kolei laktoza znajduje się w mleku krowim. Informacje o innych składnikach mleka krowiego przedstawione zostały na s. 181.

Disacharydy i polisacharydy

Cukry złożone to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, których cząsteczki powstają z dwóch lub większej liczby cząsteczek cukrów prostych**. Cząsteczki disacharydów powstają w wyniku reakcji kondensacji dwóch cząsteczek cukrów prostych. Z kolei cząsteczki polisacharydów powstają w przypadku reakcji kondensacji więcej niż dziesięciu cząsteczek cukrów prostych.

Przykładem disacharydu jest sacharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Przykładami polisacharydów są:

- ▶ skrobia $(C_6H_{10}O_5)_n$, gdzie $n = 300-400$,
- ▶ celuloza $(C_6H_{10}O_5)_n$, gdzie $n = 100-10\,000$.

► Fakty czy mity

Jeśli w składzie produktu spożywczego nie ma sacharozy, to znaczy, że ten wyrób nie zawiera cukru – **MIT**

Oprócz sacharozy w przemyśle spożywczym stosuje się inne dodatki słodzące, np. syrop glukozowo-fruktozowy (fot. 93.). Jest to oczyszczony i zagęszczony roztwór cukrów prostych (55 % glukozy, 42 % fruktozy i 3 % innych cukrów). Syrop glukozowo-fruktozowy ma niekorzystne skutki zdrowotne, m.in. zwiększa apetyt i powoduje szybkie tycie.

Fot. 93. Syrop glukozowo-fruktozowy jest dodawany m.in. do słodczy.

Korzystam z informacji

Składniki mleka i ich wpływ na organizm ludzki

Mleko jest pełnowartościowym produktem spożywczym. Zawiera składniki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, m.in. tłuszcze, białka, cukry, witaminy A, D, E, K i z grupy B oraz sole mineralne, np. związki wapnia, magnezu, potasu, fosforu.



■ Niepożądane reakcje organizmu po spożyciu mleka

Czasami mleko może wywoływać problemy trawienne. U dorosłych niedobór laktazy (enzymu rozkładającego laktozę na cukry proste) może powodować **nietolerancję laktozy**. Dlatego wytwarza się coraz więcej produktów mlecznych niezawierających laktozy.

Jednym z produktów, którymi można zastąpić mleko, jest napój owsiany.

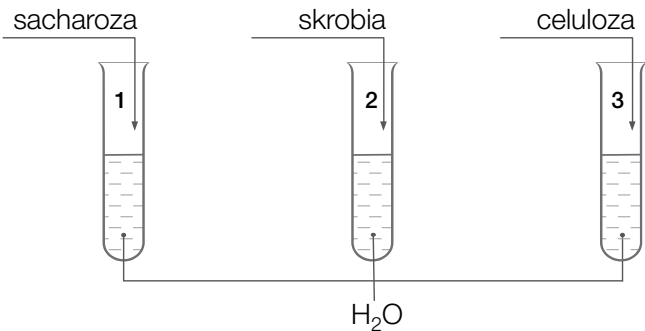


Właściwości cukrów złożonych

Doświadczenie 30.

Badanie właściwości sacharozy, skrobi i celulozy

Odczynniki: sacharoza, skrobia, celuloza, zimna woda destylowana.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżki do odczynników.
Instrukcja: Określ zapach, stan skupienia i barwę sacharozy, skrobi oraz celulozy. Do trzech probówek wlej zimnej wody destylowanej, a następnie do probówki 1. wsyp sacharozę, do probówki 2. – skrobię, a do 3. – celulozę (schemat). Następnie zbadaj rozpuszczalność substancji stałych w zimnej wodzie destylowanej.



Obserwacje:

Wszystkie badane substancje mają stały stan skupienia (fot. 94.), pozostałe właściwości przedstawione są w tabeli.



Fot. 94. Badanie właściwości cukrów złożonych – obserwowana biała barwa sacharozy wynika ze stopnia rozdrobienia substancji.

Nazwa	sacharoza	skrobia	celuloza
Zapach	bezwonna	bezwonna	bezwonna
Stan skupienia	substancja stała	substancja stała	substancja stała
Barwa	bezbarwna	biała	biała
Rozpuszczalność w wodzie	po dodaniu substancji do wody substancja rozpuszcza się, a ciecz pozostaje bezbarwna	po dodaniu substancji do zimnej wody powstaje osad	po dodaniu substancji do wody substancja opada na dno probówki

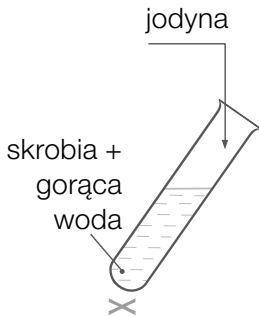
Wniosek:

- Sacharoza bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie. Dobra rozpuszczalność tej substancji w rozpuszczalniku polarnym wynika z tego, że jej cząsteczki mają budowę polarną.
- Skrobia nie rozpuszcza się w zimnej wodzie.
- Celuloza nie rozpuszcza się w wodzie.

Doświadczenie 31.

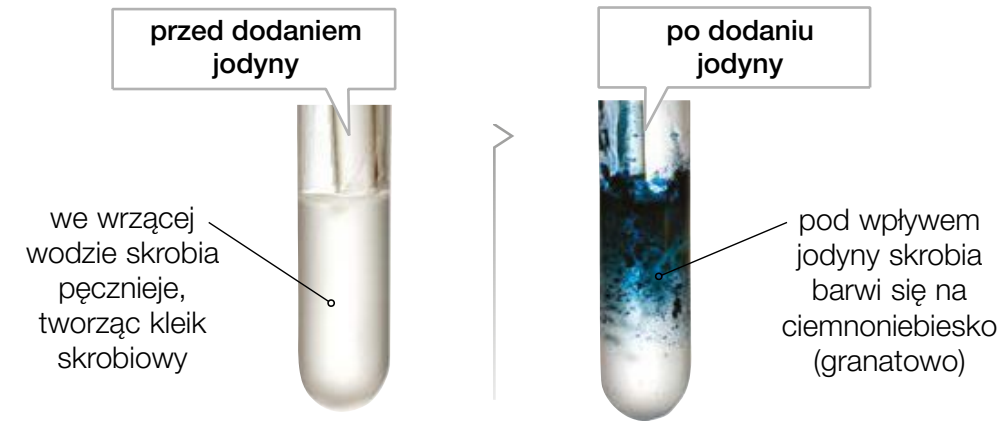
Reakcja skrobi z jodyną

Odczynniki: skrobia, gorąca woda, jodyna.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, statyw do probówek, łapa drewniana, palnik gazowy.
Instrukcja: Ogrzej w płomieniu palnika probówkę zawierającą mieszaninę skrobi i gorącej wody. Po ostudzeniu mieszaniny dodaj do probówki kilka kropli jodyny (schemat).



Obserwacje:

Zawartość probówki barwi się pod wpływem jodyny na ciemnoniebiesko (granatowo) (fot. 95.).



Fot. 95. Reakcja skrobi z jodyną.

Wniosek: Zawarty w jodynie jod w reakcji ze skrobią tworzy związek chemiczny o charakterystycznej ciemnoniebieskiej (granatowej) barwie.

Dzięki tej reakcji chemicznej można wykryć nawet śladowe ilości skrobi. Ta reakcja jest nazywana **próbą jodoskrobiową**.

Chemia w akcji

Skrobia jest stosowana jako dodatek zagęszczający w produktach spożywczych. Żeby wykryć, czy dany produkt zawiera skrobię, można przeprowadzić próbę z użyciem jodyny (fot. 96.).



Fot. 96. Jeśli w miejscu nakropienia jodyny pojawia się ciemnoniebieskie zabarwienie, to oznacza, że dany produkt zawiera skrobię.



Fot. 97. Organizm kozy jest zdolny do trawienia celulozy.

■ **Podobieństwa i różnice we właściwościach skrobi i celulozy**

Organizm człowieka względnie łatwo trawi **skrobię**, ale nie trawi **celulozy**. Inne ssaki też mają ograniczoną możliwość trawienia celulozy. Enzymy rozkładające celulozę są wytwarzane jedynie przez mikroorganizmy żyjące w przewodzie pokarmowym niewielkiej grupy zwierząt, np. termitów i ssaków roślinożernych takich jak kozy (fot. 97.), krowy czy konie.

Skrobia i celuloza, pomimo że **są zbudowane z takich samych cząsteczek glukozy, mają odmienne właściwości** (tabela 23.).

Tabela 23. Porównanie wybranych właściwości skrobi i celulozy

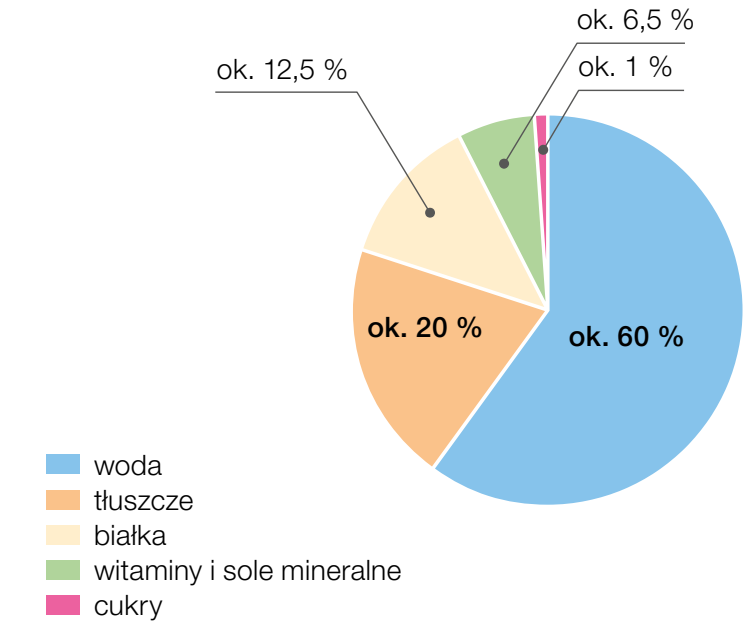
Nazwa	skrobia	celuloza
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	substancja stała	substancja stała
Barwa	biała	biała
Zapach	bezwonna	bezwonna
Rozpuszczalność w wodzie	nie rozpuszcza się w zimnej wodzie, a we wrzącej tworzy kleik skrobiowy	nie rozpuszcza się
Ulega hydrolizie	łatwo	trudno

■ **Znaczenie cukrów dla organizmu**



Fot. 98. Warunkiem prawidłowego funkcjonowania organizmu jest dostarczanie mu wraz z pokarmem odpowiedniej ilości składników odżywczych.

Cukry, podobnie jak białka, tłuszcze, witaminy i sole mineralne, są zaliczane do **składników odżywczych** (fot. 98.). Składniki odżywcze to pierwiastki i związki chemiczne, od których zależy prawidłowe funkcjonowanie organizmu (rys. 11.).



Rys. 11. Skład procentowy organizmu zdrowego, dorosłego człowieka.

Zastosowania cukrów złożonych

Sacharoza jest najpopularniejszym cukrem stosowanym w przemyśle spożywczym. Pod wpływem wysokiej temperatury ulega ona karmelizacji, a powstały karmel jest wykorzystywany m.in. do produkcji cukierków.

- przemysł papierniczy**
- przemysł chemiczny**
- przemysł spożywczy**

■ **Przemysł papierniczy**

Głównym surowcem do **produkcji papieru** jest celuloza. Dodaje się do niej m.in. skrobię, która umożliwia sklejenie masy papierniczej.



■ **Przemysł chemiczny**

Laktoza jest składnikiem mieszanin dymotwórczych. Stosuje się je m.in. w **świecach dymnych**, używanych w wojsku oraz ratownictwie do oznaczania miejsca wypadku.

■ **Przemysł spożywczy**

Skrobia jest głównym składnikiem mąki używanej do **produkcji wyrobów spożywczych**. Jest też wykorzystywana jako dodatek zagęszczający do mrożonych dań.



Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój

Sacharozę najczęściej pozyskują się z buraków cukrowych. Te rośliny mają korzystny wpływ na glebę – ich korzenie osiagające nawet 2 m długości poprawiają żyzność gleby. Od pewnego czasu wielu producentów substancji słodzących wspiera rolników w ograniczaniu stosowania nawozów, herbicydów i pestycydów. Chętnie kupują rośliny z upraw ekologicznych.

Wyszukaj i zaprezentuj

Jakie jest inne źródło pozyskiwania sacharozy?



Ważne w temacie **Cukry złożone**

1. Wymieniam podobieństwa we właściwościach skrobi i celulozy.

Skrobia i celuloza to substancje:

- stałe,
- bezwonne,
- o białej barwie.

2. Wymieniam różnice we właściwościach skrobi i celulozy.

► Skrobia:

- po dodaniu do zimnej wody tworzy osad, a we wrzącej wodzie – kleik skrobiowy,
- łatwo ulega hydrolizie,
- jest trawiona w organizmie człowieka.

► Celuloza:

- po dodaniu do wody opada na dno probówki,
- trudno ulega hydrolizie,
- nie jest trawiona w organizmie człowieka.

Cukry złożone

3. Badam zachowanie skrobi w reakcji z jodyną (roztworem jodu w etanolu).



Pojawienie się **ciemnoniebieskiej** (granatowej) **barwy** świadczy o reakcji jodu ze skrobią.

Zapamiętaj!

Cukry złożone – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, których cząsteczki powstają z dwóch lub większej liczby cząsteczek cukrów prostych.

Zadania



1. Sacharoza jest stosowana m.in. jako substancja słodząca w przemyśle spożywczym. Używana w nadmiarze ma niekorzystne skutki zdrowotne, dlatego zaczęto stosować zamienniki sacharozy o podobnie słodkim smaku. Substancje takie nazywa się sztucznymi słodzikami. Znajdują się one w produktach spożywczych typu light. **Napisz nazwy czterech przykładowych substancji słodzących będących zamiennikami sacharozy.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.
2. Błonnikiem pokarmowym nazywa się polisacharydy, które nie ulegają strawieniu w organizmie człowieka, np. celulozę. Błonnik jest ważnym elementem procesu trawienia, ponieważ reguluje pracę jelit. W 100 g banana obranego ze skórki znajduje się 2,6 g błonnika. **Oblicz, ile gramów błonnika:**
 - a) zawiera obrany banan o masie 30 g,
 - b) spożywa uczeń w ciągu tygodnia, jeżeli zjada w tym czasie kilogram obranych bananów.

Podsumowanie

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów to związki organiczne, w których cząsteczkach występują co najmniej **dwie grupy funkcyjne różnego rodzaju**.

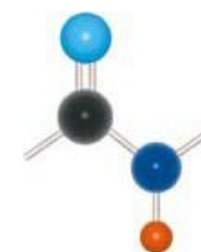
Do wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów zalicza się m.in.: **hydroksykwasy, aminokwas, białka i cukry (sacharydy)**.

Hydroksykwasy to wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczkach **grupę węglowodorową i dwie grupy funkcyjne**: grupę hydroksylową —OH i grupę karboksylową —COOH.

Aminokwas to wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, które w cząsteczkach **zawierają dwie grupy funkcyjne**: grupę aminową —NH₂ i grupę karboksylową —COOH. Zawierają również grupę węglowodorową.

Reakcja kondensacji to reakcja chemiczna, w której w wyniku połączenia dwóch lub więcej cząsteczek powstaje produkt główny o dużej masie cząsteczkowej oraz produkt uboczny o małej masie cząsteczkowej, np. H₂O.

Wiązanie peptydowe to rodzaj wiązania chemicznego, które tworzy się **między cząsteczkami aminokwasów** w wyniku reakcji kondensacji.



model wiązania peptydowego

Modele atomów:
 ● wodoru
 ● węgla
 ● tlenu
 ● azotu

Białka to **polimery kondensacyjne aminokwasów**, które powstają w wyniku reakcji kondensacji.

Denaturacja to **proces ścinania białka**.

Czynniki powodujące **denaturację** białka to:

- wysoka temperatura,
- roztwory kwasów,
- roztwory wodorotlenków,
- alkohole,
- roztwory soli metali ciężkich.



proces denaturacji białka pod wpływem etanolu

◀ Co to są wielofunkcyjne pochodne węglowodorów?

◀ Jakie związki chemiczne zalicza się do wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów?

◀ Co to są hydroksykwasy?

◀ Co to są aminokwas?

◀ Co jest reakcja kondensacji?

◀ Co to jest wiązanie peptydowe?

◀ Co to są białka?

◀ Co to jest proces denaturacji?

◀ Jakie czynniki powodują denaturację białka?

Podsumowanie

Co to jest reakcja biuretowa?

Reakcja biuretowa to **reakcja chemiczna białek lub peptydów z wodorotlenkiem miedzi(II)**. Powstanie fioletowego zabarwienia świadczy o obecności wiązań peptydowych w cząsteczkach białek lub peptydów.



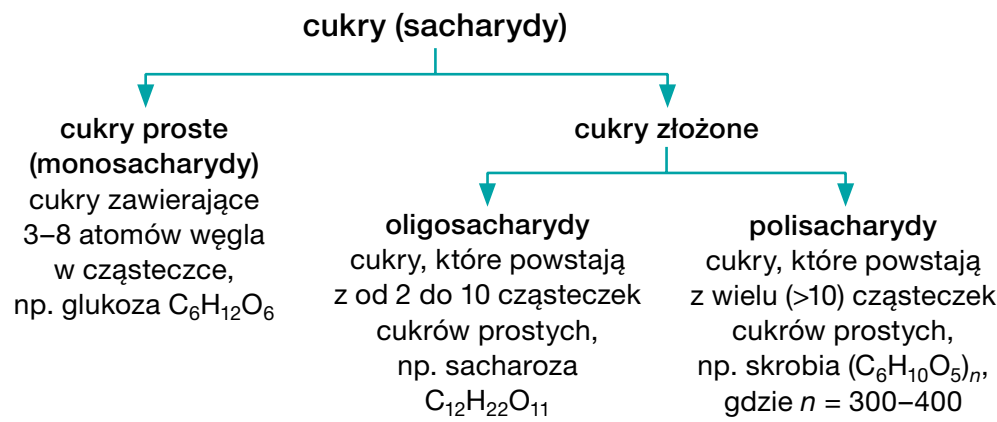
Co to jest reakcja ksantoproteinowa?

Reakcja ksantoproteinowa to reakcja chemiczna **białek i peptydów** (zawierających aminokwasy aromatyczne) **ze stężonym roztworem kwasu azotowego(V)**. Pojawienie się żółtej barwy świadczy o obecności białka (lub peptydu).



Jak można podzielić cukry?

Cukry można podzielić ze względu **na budowę** cząsteczek:

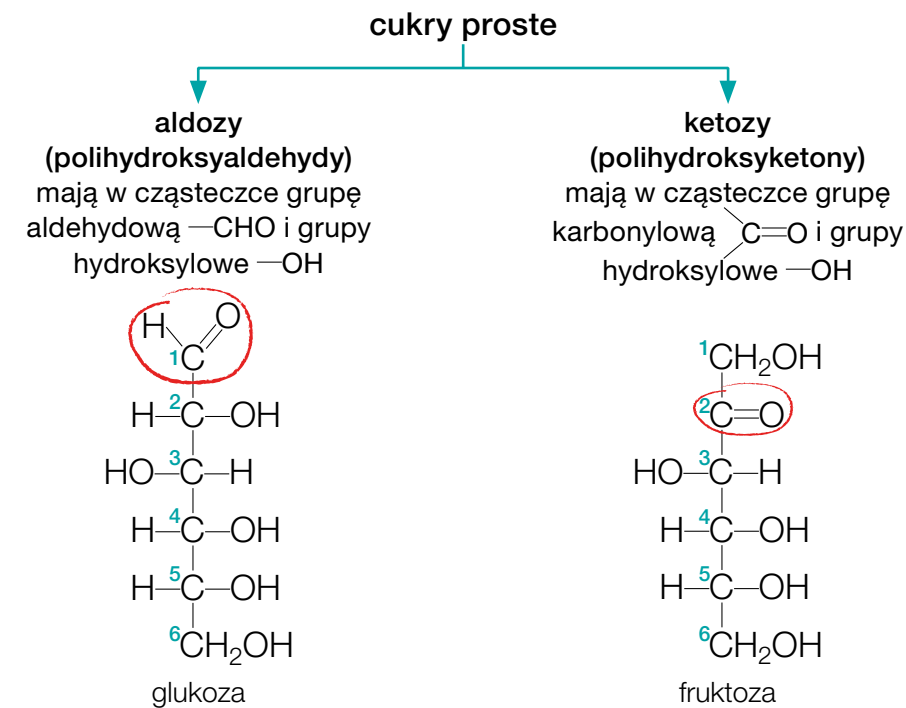


Jak można podzielić cukry proste?

Tę grupę związków klasyfikuje się ze względu na dwa kryteria:
• **liczbę atomów węgla** w cząsteczce:

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa systematyczna	Wzór sumaryczny
3	trioza	$C_3H_6O_3$
4	tetroza	$C_4H_8O_4$
5	pentoza	$C_5H_{10}O_5$
6	heksoza	$C_6H_{12}O_6$
7	heptoza	$C_7H_{14}O_7$
8	oktoza	$C_8H_{16}O_8$

• grupę funkcyjną:



Właściwości redukujące glukozy można potwierdzić za pomocą prób Trommera i Tollensa.



W wyniku reakcji skrobi z jodem zawartym w jodynie powstaje związek chemiczny o ciemnoniebieskim (granatowym) zabarwieniu. Ta reakcja chemiczna pozwala **wykryć skrobię w badanej próbce**.



◀ Jak potwierdzić właściwości redukujące glukozy?

◀ Jak wykryć obecność skrobi w badanej próbce?

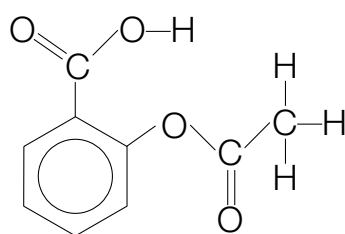
Sprawdź, czy potrafisz...



1. Wskaż zdania, które są prawdziwe. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

- a) Kefir otrzymuje się z mleka w procesie fermentacji mlekowej.
- b) Kwas acetylosalicylowy to jeden z najczęściej stosowanych leków na dolegliwości żołądkowe.
- c) Dawka lecznicza to taka ilość leku, która powoduje działanie lecznicze.
- d) Jon obojnaczy jest elektrycznie obojętny.
- e) Celuloza to cukier złożony pochodzenia roślinnego.

2. Napisz wzór sumaryczny kwasu acetylosalicylowego przedstawionego poniżej. Oblicz zawartość procentową węgla w cząsteczce tego kwasu.

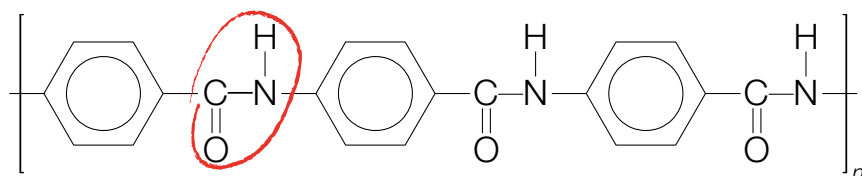


3. W pomieszczeniu o objętości 75 m^3 znajduje się 60 g chloru w stanie gazowym (LC_{50} dla chloru to $864,1 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$ powietrza). Oblicz zawartość chloru w metrze sześciennym powietrza.

Oceń, czy wartość LC_{50} dla chloru została przekroczona w tym pomieszczeniu.

Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

4. Włókno kevlarowe składa się z polimeru o wzorze:



Napisz nazwę wiązania zaznaczonego w cząsteczce polimeru.

5. Tworzywa sztuczne otrzymuje się m.in. w reakcji kondensacji. Pojedyncze cząsteczki łączą się, ale powstaje dodatkowo małowcząsteczkowy produkt, np. woda. Napisz równanie reakcji polikondensacji dwóch cząsteczek o wzorze półstrukturalnym:

$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$, wiedząc, że między cząsteczkami powstanie wiązanie $-\text{CO}-\text{NH}-$.

6. Wyjaśnij, w jaki sposób aminokwasy łączą się ze sobą, tworząc peptydy. Napisz reakcję otrzymywania dipeptydu o nazwie glutamylcysteina.

7. Glukoza ulega reakcji spalania całkowitego w tlenie. Napisz równanie tej reakcji chemicznej.

8. Napisz, dlaczego skrobię i celulozę zalicza się do polimerów.

9. Rozstrzygnij, czy skrobia i celuloza mają właściwości redukujące. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

10. Zaprojektuj doświadczenie **Wykrywanie skrobi w ziemniakach**. Opisz jego przebieg, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.

Zbiór zadań

- ▶ Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów
- ▶ Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

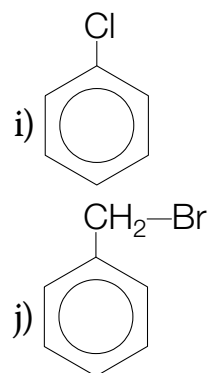
Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów



Fluorowcopochodne węglowodorów

1. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach (a–j).

- a) CH_3F
 b) CCl_4
 c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—Br}$
 d) $\text{CH}_3\text{—CHCl—CH}_3$
 e) $\text{CH}_2\text{Br—CH}_2\text{Br}$
 f) CHI_3
 g) $\text{CH}_2=\text{CHCl}$
 h) $\text{CF}_2=\text{CF}_2$



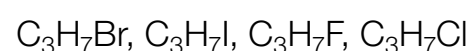
2. Narysuj wzory półstrukturalne związków chemicznych o podanych nazwach (a–e).

- a) 2-bromopropan
 b) 2-bromo-3-chlorobutan
 c) 1-bromo-2-metylopropan
 d) 3-chloroprop-1-en
 e) 2,3-dibromobut-2-en

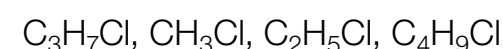
3. Freony, stosowane dawniej m.in. w lodówkach jako czynniki chłodzące, oznacza się kodem złożonym z litery R (ang. *refrigerant* – chłodziwo) oraz odpowiedniej liczby. Napisz nazwy i wzory strukturalne pochodnych węglowodorów o podanych oznaczeniach (a–d). Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

- a) R-12 c) R-123
 b) R-21 d) R-134a

4. Uszereguj związki o podanych wzorach sumarycznych zgodnie z ich rosnącą temperaturą wrzenia, wiedząc, że temperatura wrzenia fluorowcopochodnych węglowodorów jest tym wyższa, im większa jest masa fluorowca w ich cząsteczkach.



5. Uszereguj związki o podanych wzorach sumarycznych zgodnie z ich malejącą temperaturą wrzenia, wiedząc, że temperatura wrzenia fluorowcopochodnych węglowodorów jest tym wyższa, im dłuższy jest łańcuch węglowy w ich cząsteczkach.



6. Dioksyny są związkami chemicznymi, które powstają podczas spalania śmieci w niewłaściwych warunkach. Przykładem dioksyn jest związek chemiczny o wzorze sumarycznym $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2$. Oblicz zawartość procentową chloru w cząsteczce tego związku chemicznego.

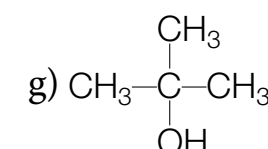
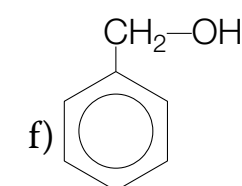
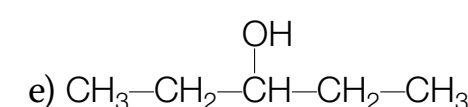
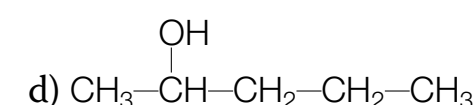
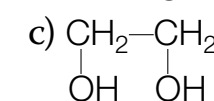
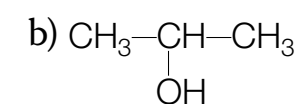
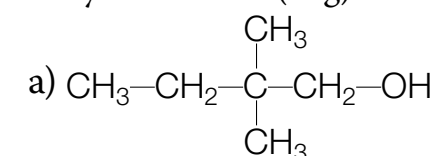
7. Epibatydyna jest organicznym związkiem chemicznym zawierającym w cząsteczce m.in. atom chloru. Stosunek masowy pierwiastków w opisanym związku chemicznym wynosi $m_{\text{C}} : m_{\text{H}} : m_{\text{Cl}} : m_{\text{N}} = 132 : 13 : 35 : 28$. Ustal wzór empiryczny epibatydyny, który jest taki sam jak wzór rzeczywisty, i oblicz jej masę cząsteczkową.

Alkohole monohydroksylowe i polihydroksylowe

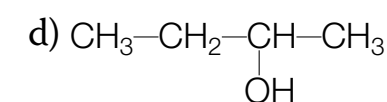
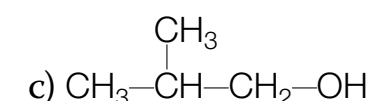
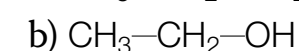
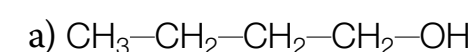
8. Narysuj wzory półstrukturalne alkoholi o podanych nazwach systematycznych (a–i).

- a) propan-1-ol
 b) propan-2-ol
 c) 2-metylobutan-1-ol
 d) etanol
 e) butan-2-ol
 f) pentan-3-ol
 g) 2,2-dimetylopropan-1-ol
 h) etano-1,2-diol
 i) propano-1,2,3-triol

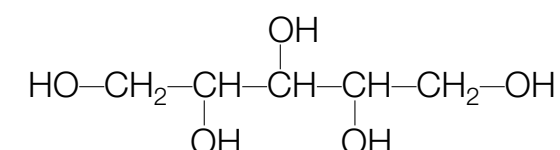
9. Podaj nazwy systematyczne alkoholi o podanych wzorach (a–g).



10. Wskaż wzory półstrukturalne alkoholi monohydroksylowych, które są względem siebie izomerami konstytucyjnymi. Podaj ich nazwy systematyczne.



11. Ksylitol to alkohol polihydroksylowy będący składnikiem soku z brzozy. Wzór półstrukturalny tego alkoholu ma postać:



Napisz wzór strukturalny i nazwę systematyczną ksylitolu.

12. Narysuj wzory półstrukturalne wszystkich izomerów konstytucyjnych alkoholu o wzorze sumarycznym $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$. Podaj ich nazwy systematyczne.

13. Napisz i zbilansuj równania reakcji spalania:

- a) etanolu do tlenku węgla(IV) i wody,
 b) propan-2-olu do tlenku węgla(II) i wody,
 c) butan-2-olu do węgla i wody.

14. Uszereguj alkohole: pentan-1-ol, metanol, propan-1-ol, etanol, butan-1-ol zgodnie z:

- a) rosnącą temperaturą wrzenia,
 b) zmniejszającą się rozpuszczalnością w wodzie,
 c) zmniejszającą się lotnością.

Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

15. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–d).

- a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, T} ? + \text{H}_2\text{O}$
 b) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+}$
 c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH} + \text{Na} \longrightarrow$
 d) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} + \text{HBr} \longrightarrow$

16. Zaproponuj sposoby odróżnienia etanolu od propano-1,2,3-triolu na podstawie ich właściwości chemicznych i fizycznych.

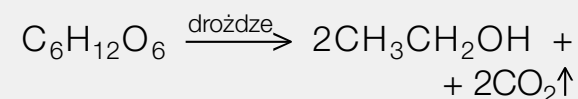
17. W wyniku przeprowadzonej na zimno reakcji pewnego związku chemicznego ze świeżo strąconym wodorotlenkiem miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ powstał szafirowy roztwór. Wskaż nazwę związku chemicznego, który został zidentyfikowany w wyniku opisanej reakcji.

metanol, etano-1,2-diol, fenol, benzen

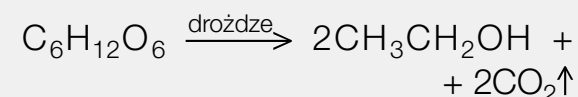
18. Napisz równanie reakcji chemicznej metanolu CH_3OH z sodem Na. Oblicz objętość metanolu użytego w tej reakcji, jeżeli wiadomo, że wydzielilo się $5,6 \text{ dm}^3$ wodoru H_2 odmierzonego w warunkach normalnych. Gęstość metanolu wynosi $d = 0,792 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Dla dociekliwych

19. Oblicz, ile moli glukozy wzięło udział w fermentacji alkoholowej, jeżeli otrzymano 23 g etanolu. Reakcja chemiczna przebiegała zgodnie z uproszczonym równaniem:

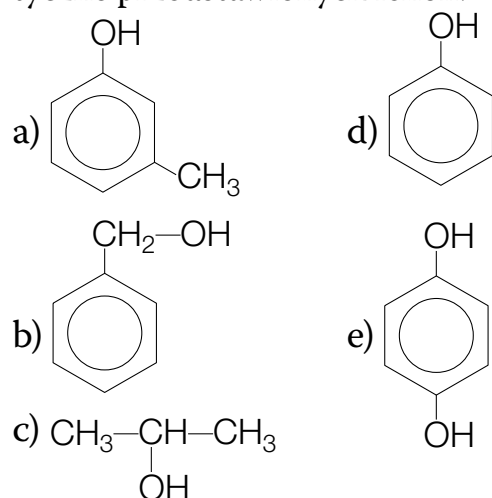


20. Oblicz masę glukozy, która uległa fermentacji alkoholowej, jeżeli powstało 100 cm³ etanolu o gęstości $d = 0,7851 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Reakcja chemiczna przebiegała zgodnie z uproszczonym równaniem:



Fenole

21. Wskaż, które ze związków chemicznych o podanych wzorach (a–e) są alkoholami, a które fenolami. Napisz nazwy systematyczne przedstawionych fenoli.



22. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, za pomocą którego wykazesz, że fenol jest słabszym kwasem niż kwas węglowy. Narysuj schemat, zaproponuj obserwacje i wnioski oraz napisz odpowiednie równanie reakcji chemicznej.

23. Oblicz skład procentowy fenolu o wzorze sumarycznym $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$.

24. Napisz podane równania reakcji chemicznych (a–h) lub zaznacz, że dana reakcja nie zachodzi. Na podstawie zapisanych równań reakcji porównaj właściwości chemiczne alkoholi i fenoli, uwzględniając ich: charakter chemiczny, odczyn roztworu wodnego, zdolność do dysocjacji elektrolitycznej, grupę funkcyjną i reaktywność.

- a) fenol + Na $\longrightarrow$
 b) etanol + Na $\longrightarrow$
 c) fenol $\xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}}$
 d) etanol $\xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}}$
 e) fenol + NaOH $\longrightarrow$
 f) etanol + NaOH $\longrightarrow$
 g) fenol + HBr $\longrightarrow$
 h) etanol + HBr $\longrightarrow$

25. Napisz w postaci cząsteczkowej równania reakcji chemicznych, które wskazują na zasadowy charakter podanych związków chemicznych.

- a) etoksylian potasu (etanolan potasu)
 b) fenoksylian potasu (fenolan potasu)
 Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

26. W wyniku reakcji pewnego związku chemicznego z chlorkiem żelaza(III) FeCl_3 powstał fioletowy roztwór. Wskaż nazwę związku chemicznego, który został zidentyfikowany w wyniku opisanej reakcji.
 metanol, etano-1,2-diol, fenol, benzen

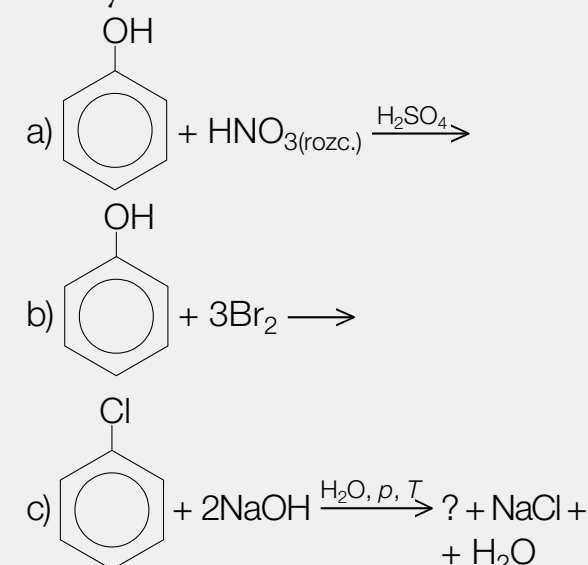
27. Zaproponuj trzy sposoby doświadczonego odróżnienia etanolu od fenolu. Napisz obserwacje.

28. Rozpuszczalność fenolu w wodzie w temperaturze 20 °C wynosi 8,2 g na 100 g H_2O . Oblicz stężenie procentowe nasyconego roztworu wodnego fenolu w tej temperaturze.

29. Wykaż, że wodny roztwór fenolu ma odczyn kwasowy. Napisz odpowiednie równanie reakcji chemicznej.

Dla dociekliwych

30. Dokończ lub uzupełnij i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych (a–c). Podaj nazwy produktów organicznych.

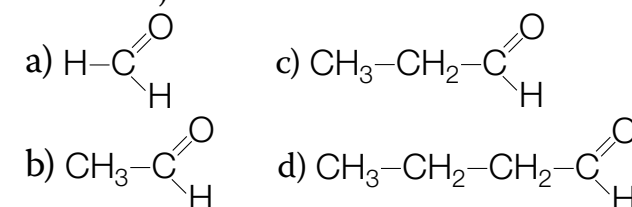


Aldehydy i ketony

31. Narysuj wzory strukturalne związków chemicznych o podanych nazwach (a–f).

- a) propanal
 b) pentanal
 c) 2-metylobutanal
 d) acetaldehyd
 e) pentan-2-on
 f) butan-2-on

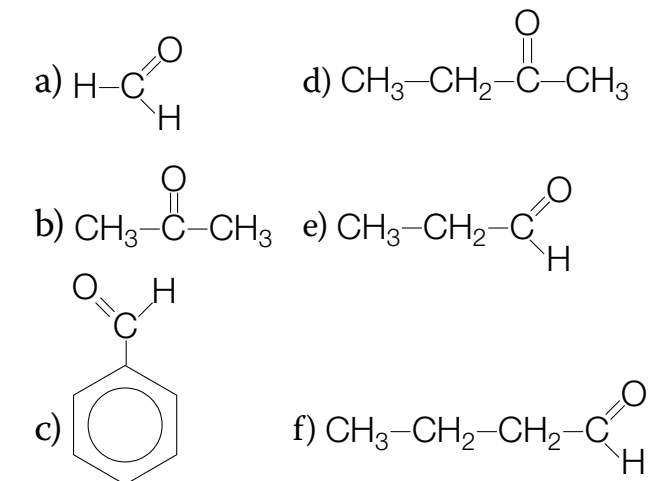
32. Podaj zalecane przez IUPAC nazwy aldehydów o podanych wzorach półstrukturalnych (a–d). Skorzystaj z różnych źródeł informacji.



33. Wskaż nazwy aldehydów (a–d), które są względem siebie izomerami. Uzasadnij odpowiedź.

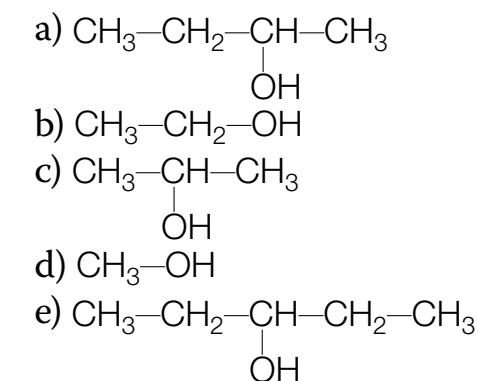
- a) pentanal
 b) heptanal
 c) 3-metylobutanal
 d) 2,4-dimetylopentanal

34. Określ, które ze związków chemicznych o podanych wzorach (a–f) są aldehydami, a które ketonami. Wskaż wśród nich pary izomerów. Podaj nazwy systematyczne wszystkich przedstawionych aldehydów i ketonów.



35. Narysuj wzory strukturalne i nazwy systematyczne wszystkich aldehydów i ketonów o wzorze sumarycznym $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$, które są względem siebie izomerami.

36. Narysuj wzór półstrukturalny aldehydu lub ketonu, który można otrzymać w wyniku utlenienia alkoholu o wzorze:



37. Narysuj wzór półstrukturalny aldehydu, z którego w wyniku próby Tollensa otrzymano anion kwasu karboksylowego o wzorze CH_3COO^- . Podaj nazwę tego aldehydu.

38. Reakcją charakterystyczną aldehydów jest próba Tollensa. Napisz wzór półstrukturalny związku organicznego, który powstanie w reakcji chemicznej zachodzącej podczas próby Tollensa z propanalem.

39. Oblicz, który związek chemiczny: propan-1-ol, propanal czy propan-2-on ma najmniejszą zawartość procentową tlenu w cząsteczce.

40. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–h). Podaj nazwy systematyczne produktów organicznych.

- a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} + \text{CuO} \xrightarrow{T}$
 b) $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4}$
 c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{T}$
 d) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{T}$
 e) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- \xrightarrow{T}$
 f) $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{OH})\text{—CH}_3 + \text{CuO} \xrightarrow{T}$
 g) $n\text{HCHO} \xrightarrow{\text{polimeryzacja}}$
 h) $[\text{CH}_2\text{—O}]_n \xrightarrow{T}$

41. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych przedstawionych na schematach (a–b). Zastosuj wzory półstrukturalne substancji.

- a) but-2-yn $\xrightarrow{1}$ but-2-en $\xrightarrow{2}$ butan-2-ol $\xrightarrow{3}$ butan-2-on
 b) acetylen $\xrightarrow{1}$ eten $\xrightarrow{2}$ etanol $\xrightarrow{3}$ acetaldehyd

42. Aby odróżnić propanal od propan-2-onu, uczeń poddał obie substancje próbom Trommera i Tollensa. Wyjaśnij, co zaobserwował uczeń podczas przeprowadzania tego doświadczenia chemicznego. Uzasadnij swoją odpowiedź, zapisując odpowiednie równania reakcji chemicznych.

43. Metyloketony to ketony, w których grupa karbonylowa jest połączona bezpośrednio z grupą metylową. Ulegają one reakcji jodoformowej. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, za pomocą którego udowodnisz, że butan-2-on jest metyloketonem. Napisz obserwacje, wnioski oraz równanie reakcji chemicznej jodoformowania butanonu. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

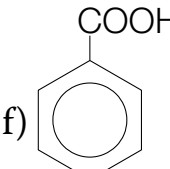
Dla dociekliwych

44. Formalina to wodny, nasycony roztwór metanolu o stężeniu 40 %. Oblicz, jaką objętość wody należy dodać do 100 g formaliny, aby otrzymać roztwór o stężeniu 5 %, wykorzystywany do konserwacji anatomicznych preparatów zwierzęcych. Gęstość wody wynosi $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

45. Kamfora to złożony keton, wykorzystywany m.in. w medycynie jako składnik preparatów na bóle stawów i mięśni. Stosunek masowy węgla, wodoru i tlenu w tym związku wynosi 15 : 2 : 2. Ustal wzór sumaryczny kamfory, wiedząc, że jej wzory elementarne i rzeczywiste są takie same.

Kwasy karboksylowe

46. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach, a w przypadku podpunktów od a) do f) dodatkowo nazwy zwyczajowe tych związków.

- a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$
 b) $\text{H—C}(=\text{O})\text{OH}$
 c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$
 d) $\text{CH}_3\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$
 e) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$
 f) 
 g) $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$

47. Narysuj wzory półstrukturalne i podaj nazwy systematyczne wszystkich kwasów karboksylowych o wzorze sumarycznym $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$.

48. Ustal wzór rzeczywisty kwasu karboksylowego o masie molowej $88 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ i stosunku masowym węgla, wodoru i tlenu 6 : 1 : 4.

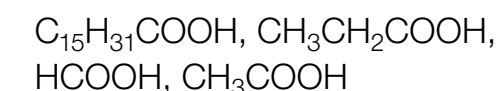
49. Pewien kwas dikarboksylowy zawiera w swojej cząsteczce 26,7 % węgla, a jego masa cząsteczkowa wynosi 90 u. Ustal wzór rzeczywisty tego kwasu.

50. Wskaż w każdej parze (a–g) wzór kwasu karboksylowego o większej mocy. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

- a) HCOOH i CH_3COOH
 b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ i HCOOH
 c) CH_3COOH i $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 d) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ i CH_3COOH
 e) CH_3COOH i H_2CO_3
 f) HCOOH i HCl
 g) CH_3COOH i $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$

51. Uszereguj podane kwasy karboksylowe zgodnie:

- a) ze wzrastającą rozpuszczalnością w wodzie,
 b) z malejącą temperaturą wrzenia.



Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

52. Napisz równania reakcji dysocjacji elektrolitycznej kwasów o podanych nazwach (a–c). Podaj nazwy anionów powstających w jej wyniku.

- a) kwas mrówkowy c) kwas octowy
 b) kwas propanowy

53. Ustal, jaki odczyn ma roztwór wodny propanianu potasu. Napisz odpowiednie równania reakcji chemicznych, stosując skrócony zapis jonowy.

54. Dokończ podane schematy reakcji chemicznych (a–d).

- a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} \xrightarrow{[\text{O}]}$
 b) $\text{HCHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- \xrightarrow{T}$
 c) $\text{CH}_3\text{CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{T}$
 d) $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{kat.}}$

55. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–j) lub zaznacz, że dana reakcja nie zachodzi.

- a) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na} \longrightarrow$
 b) $\text{HCOOH} + \text{CaO} \longrightarrow$
 c) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH} \longrightarrow$
 d) $\text{HCOOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow$
 e) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow$
 f) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$
 g) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$
 h) $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} + \text{Na} \longrightarrow$
 i) $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa} + \text{HCOOH} \longrightarrow$
 j) $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{CuO} \longrightarrow$

56. Napisz równania reakcji oznaczonych cyframi 1–2. Uwzględnij warunki, w jakich zachodzą te reakcje chemiczne. Niektóre etapy mogą wymagać więcej niż jednej reakcji.



57. Kwas octowy jest powszechnie wykorzystywany w przemyśle spożywczym i gospodarstwach domowych. Jego roztwór o stężeniu 70 % jest nazywany esencją octową, a roztwór o stężeniu 6 % to ocet. Oblicz, jaką masę esencji octowej i jaką objętość wody należy zmieszać, aby otrzymać 1,5 kg octu.

58. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, w którym zbadasz, czy kwas szczawiowy jest mocniejszy od kwasu węglowego. Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wnioski. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

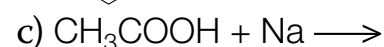
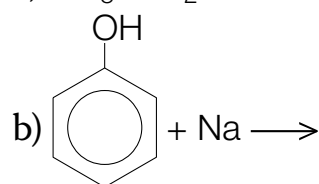
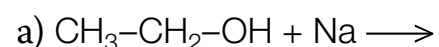
59. Napisz w formie cząsteczkowej, jonowej pełnej oraz jonowej skróconej równania reakcji chemicznych, których substratami są podane związki chemiczne (a–c).

- kwas oleinowy i wodorotlenek sodu
- kwas stearynowy i wodorotlenek potasu
- kwas palmitynowy i wodorotlenek sodu

60. Napisz równania reakcji chemicznych, które wskazują na zasadowy charakter roztworów podanych substancji (a–b).

- mrówczan potasu
- stearynian sodu

61. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–d) lub zaznacz, że reakcja nie zachodzi.



62. Narysuj wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wymienionych jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów, które można otrzymać z alkanów o podanych nazwach (a–c).

- metan – pochodne: alkohol, aldehyd, kwas karboksylowy
- propan – pochodne: alkohol I-rzędowy, aldehyd, kwas karboksylowy
- propan – pochodne: alkohol drugorzędowy, keton

63. Ustal wzór sumaryczny kwasu laurynowego, jeżeli wiadomo, że masa molowa kwasu wynosi $200 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$, a jego cząsteczka zawiera 24 atomy wodoru, 16 % tlenu oraz węgla.

64. Napisz równania reakcji spalania całkowitego i niecałkowitego kwasów oleinowego i palmitynowego.

65. Oblicz, jaka objętość tlenku węgla(IV) CO_2 (odmierzonego w warunkach normalnych) powstanie, jeżeli reakcji spalania całkowitego poddano 1,5 mola kwasu stearynowego.

Dla dociekliwych

66. Oblicz, ile maksymalnie miligramów kwasu benzoowego E 210 może znajdować się w 0,25 kg napoju, jeżeli dopuszczalna ilość tego dodatku w napojach wynosi $200 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$ (wg rozporządzenia ministra zdrowia z 22 listopada 2010 r.).

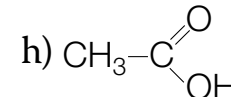
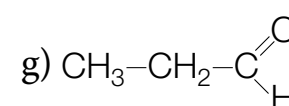
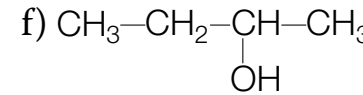
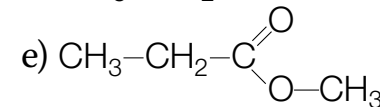
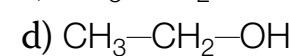
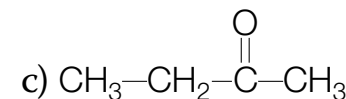
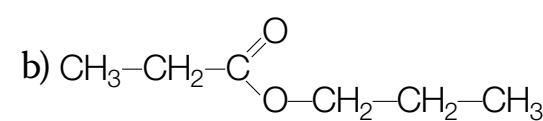
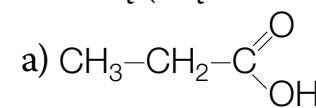
67. Mrówczan sodu jest stosowany m.in. do otrzymywania kwasu mrówkowego i kwasu szczawiowego. Uzyskuje się go na skalę przemysłową pod zwiększonym ciśnieniem i w podwyższonej temperaturze w reakcji tlenku węgla(II) ze stałym wodorotlenkiem sodu. Napisz równanie tej reakcji. Oblicz, ile kilogramów wodorotlenku sodu potrzeba, aby otrzymać 1 t mrówczanu sodu.

Estry i tłuszcze

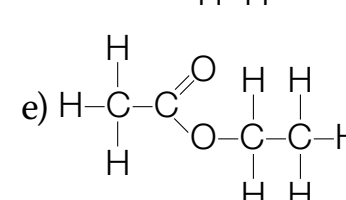
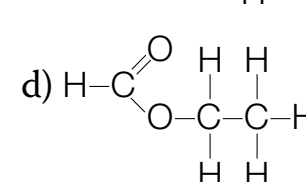
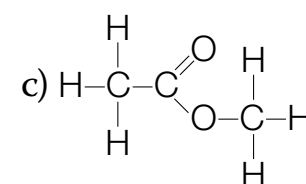
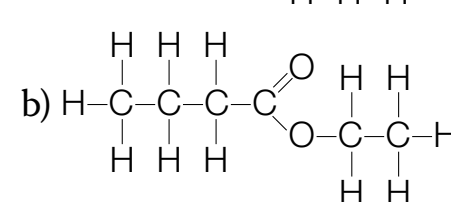
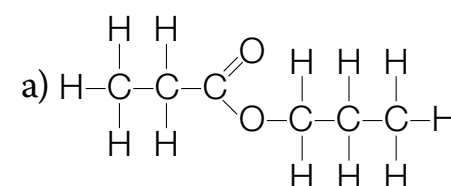
68. Narysuj wzory półstrukturalne estrów o podanych nazwach (a–g).

- mrówczan metylu
- octan etylu
- propanian metylu
- mrówczan propylu
- butanian propylu
- mrówczan etylu
- octan butylu

69. Wskaż, które z podanych wzorów związków chemicznych (a–h) zawierają grupę estrową (wiązanie estrowe).



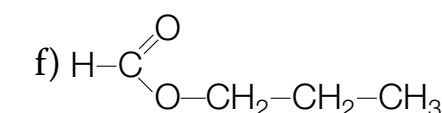
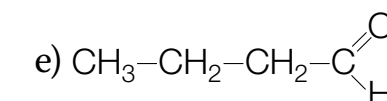
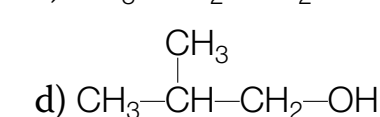
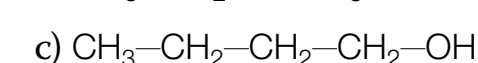
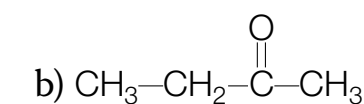
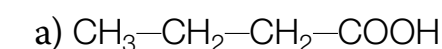
70. Podaj nazwy systematyczne i zwyczajowe estrów o podanych wzorach strukturalnych (a–e).



71. Narysuj wzory strukturalne wszystkich izomerycznych estrów o łańcuchach prostych, których wzór sumaryczny to $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$. Podaj ich nazwy systematyczne.

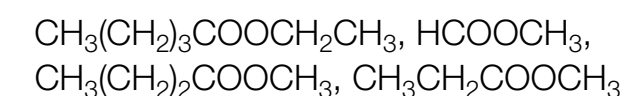
72. Kwasy karboksylowe i estry, które mają w cząsteczkach taką samą liczbę atomów węgla, wodoru i tlenu, są względem siebie izomerami konstytucyjnymi. Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich estrów, które są izomerami kwasu propanowego.

73. Wskaż wzory półstrukturalne związków chemicznych, które są parami izomerów (a–f). Podaj ich nazwy systematyczne.



74. Ustal wzór sumaryczny estru. Wiadomo, że podczas spalania całkowitego 1 mola tego estru otrzymano $89,6 \text{ dm}^3$ tlenku węgla(IV) odmierzonego w warunkach normalnych i 4 mole wody. Napisz wzór półstrukturalny kwasu karboksylowego będącego izomerem tego estru.

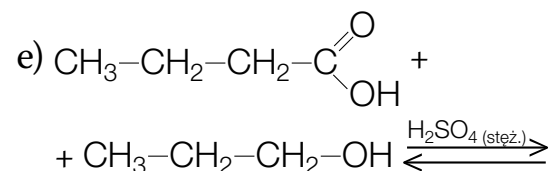
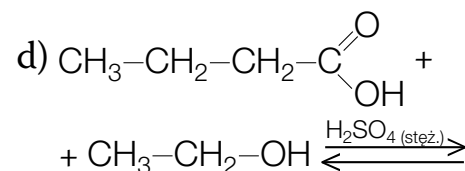
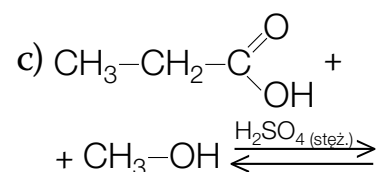
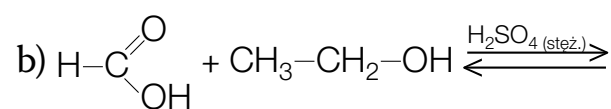
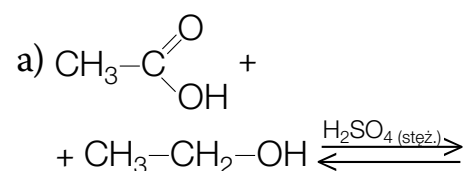
75. Uszereguj estry o podanych wzorach zgodnie z rosnącą temperaturą wrzenia.



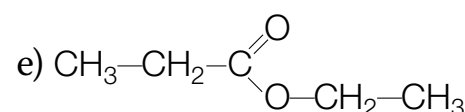
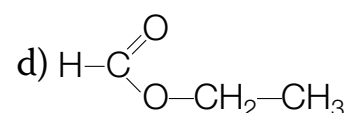
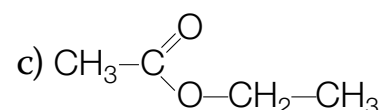
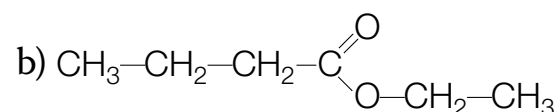
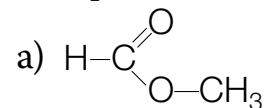
Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

76. Ustal wzory i nazwy systematyczne wszystkich ośmiu estrów będących izomerami konstytucyjnymi butanianu metylu $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$.

77. Dokończ podane schematy reakcji estryfikacji (a–e). Zaznacz te fragmenty cząsteczek kwasu i alkoholu, z których powstaje cząsteczka wody.



78. Napisz równania reakcji estryfikacji, w których powstają estry o podanych wzorach półstrukturalnych (a–e).



79. Napisz nazwy i narysuj wzory półstrukturalne kwasów karboksylowych i alkoholi potrzebnych do otrzymania estrów o podanych nazwach (a–b).

- a) octan pentylu
b) mrówczan butylu

80. W produktach spożywczych i kosmetycznych stosuje się aromaty pochodzenia naturalnego lub otrzymywane sztucznie. Mrówczan etylu ma zapach rumu. Napisz równanie reakcji otrzymywania tego estru.

81. Napisz równania reakcji hydrolizy kwasowej podanych związków chemicznych.

- a) mrówczan metylu
b) octan propylu
c) propanian etylu
d) octan metylu

82. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji hydrolizy zasadowej (a–d).

- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow$
b) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow$
c) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow$
d) $\text{HCOO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow$

83. Oleinian etylu jest wytwarzany przez organizm podczas zatrucia alkoholem. Napisz równanie reakcji otrzymywania tego estru.

84. Salicylan metylu jest pozyskiwany z kory jednej z odmian brzozy. Jest składnikiem maści – wcierany w skórę działa przeciwbólowo. Napisz wzór salicylanu metylu, a następnie zaznacz w nim grupę estrową i wiązanie estrowe. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

85. Mieszanina estrów: octanu pentylu, butanianu pentylu, mrówczanu pentylu, butanianu etylu oraz octanu etylu ma morelowy zapach. Napisz wzory sumaryczne tych substancji. Oblicz, która z nich ma największą zawartość procentową węgla w cząsteczce.

86. Estry są składnikiem środków czystości, kosmetyków oraz perfum. Dzięki estrom produkty te mają przyjemny zapach. Jeśli w rogu pomieszczenia rozpyli się perfumy lub dezodorant, to po chwili ich zapach będzie wyczuwalny w całym pomieszczeniu. Napisz nazwę zjawiska, dzięki któremu możliwe jest rozprzestrzenianie się zapachów w pomieszczeniu.

87. Podziel podane tłuszcze na:

- a) roślinne i zwierzęce,
b) nasycone i nienasycone,

oliwa z oliwek, smalec, tran, masło, olej rzepakowy, łój, masło kakaowe

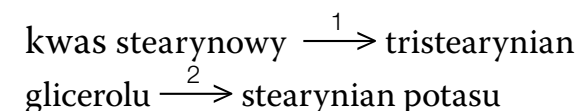
Skorzystaj z różnych źródeł informacji. Wyjaśnij, co jest podstawą takiego podziału tłuszczów.

88. Napisz równania reakcji otrzymywania związków chemicznych o podanych nazwach (a–c).

- a) tripalmitynian glicerolu
b) trioleinian glicerolu
c) tristearynian glicerolu

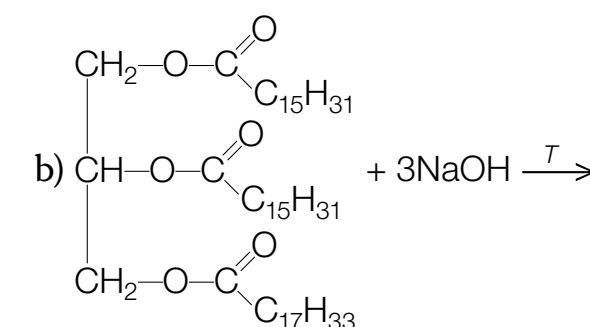
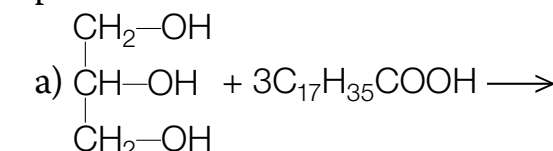
89. Narysuj wzór półstrukturalny tłuszczu, jeśli wiadomo, że w wyniku hydrolizy zasadowej 1 cząsteczki tego tłuszczu powstały 2 cząsteczki stearynianu sodu i 1 cząsteczka palmitynianu sodu.

90. Napisz równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1–2.



91. Tłuszcze są substancjami hydrofobowymi. Napisz, co to oznacza oraz dlaczego tłuszcze są substancjami hydrofobowymi i jakie są tego konsekwencje.

92. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–b). Podaj nazwy ich produktów.



93. Napisz równanie reakcji hydrolizy zasadowej tristearynianu glicerolu. Oblicz, ile gramów tłuszczu użyto, jeżeli otrzymano 200 g mydła sodowego. Masa molowa tristearynianu glicerolu wynosi $891 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

94. Uczeń dodał do probówki 3 cm³ wody oraz 3 cm³ oleju słonecznikowego. Probówkę zamknął korkiem i intensywnie wstrząsał nią przez 30 sekund. Następnie odstawił probówkę do statywu i przyglądał się zachodzącym zmianom. Zaobserwował, że po chwili mieszanina rozwarstwiła się. Narysuj schemat oraz opisz go, stosując nazwy substancji, które stanowiły górną i dolną warstwę cieczy w probówce po wykonaniu opisanego doświadczenia chemicznego.

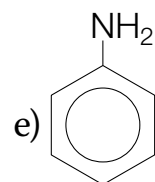
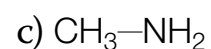
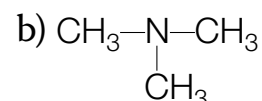
Dla dociekliwych

95. Określ, z której substancji – stearyny czy parafiny – można otrzymać mydło. Odpowiedź uzasadnij, porównując skład chemiczny tych substancji.

96. Oblicz, ile gramów oleinianu glinu można otrzymać ze 100 g trioleinianu glicerolu. Wynik podaj do dwóch miejsc po przecinku.

Aminy

97. Wskaż wzory amin pierwszorzędowych (a–e). Podaj ich nazwy systematyczne.



98. Narysuj wzory strukturalne oraz podaj nazwy amin otrzymanych w wyniku zastąpienia:

- jednego atomu wodoru w cząsteczce amoniaku grupą etylową,
- dwóch atomów wodoru w cząsteczce amoniaku grupami metylowymi,
- trzech atomów wodoru w cząsteczce amoniaku grupami etylowymi.

99. Narysuj wzór elektronowy cząsteczki metanoaminy i podaj:

- liczbę elektronów tworzących wiązania chemiczne,
- liczbę elektronów niewiążących,
- liczbę wiązań typu π ,
- liczbę wiązań typu σ .

100. Aminy mają zdolność do tworzenia wiązań wodorowych, co wpływa na ich lotność, temperaturę wrzenia i rozpuszczalność w wodzie. Przedstaw na rysunku sposób tworzenia wiązań wodorowych między cząsteczkami metanoaminy i wody.

101. Wskaż różnice w budowie cząsteczek oraz właściwościach aniliny i metanoaminy, uwzględniając:

- rodzaj grupy węglowodorowej obecnej w ich cząsteczkach,
- ich stan skupienia,
- ich zapach,
- ich rozpuszczalność w wodzie.

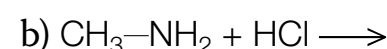
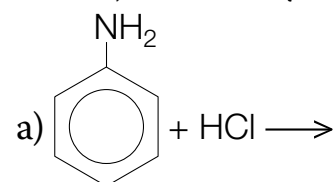
102. Uporządkuj podane substancje zgodnie ze zwiększaniem się ich charakteru zasadowego.

kwasek octowy, anilina, amoniak, woda, metanoamina

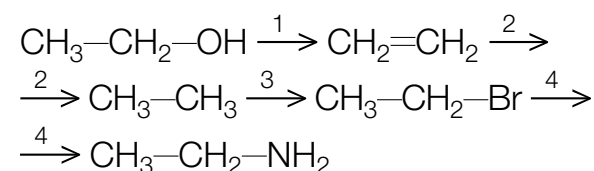
103. Wyjaśnij, dlaczego wodny roztwór metanoaminy ma odczyn zasadowy. Napisz równania reakcji metanoaminy z:

- wodą,
- kwaskiem solnym.

104. Dokończ i zbilansuj podane schematy reakcji chemicznych (a–b).



105. Napisz równania reakcji chemicznych oznaczonych cyframi 1–4.



106. Napisz równanie reakcji aniliny z kwasem chlorowodorowym. Oblicz, ile gramów aniliny wzięło w niej udział, jeżeli zużyto 80 g kwasu chlorowodorowego o stężeniu 30 %. Masa molowa aniliny wynosi $93 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Dla dociekliwych

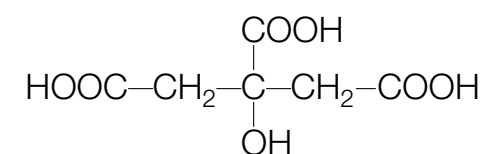
107. Organizm człowieka wchłania 50–80 % kadmu zawartego we wdychanym dymie papierosowym. Oblicz, ile kadmu wdycha w ciągu dnia osoba, która wypala w tym czasie 20 papierosów i wchłania przy tym 4,4–6 μg kadmu. Do obliczeń przyjmij górne granice danych.

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

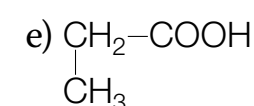
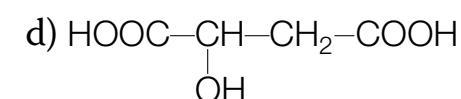
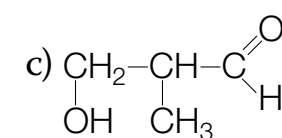
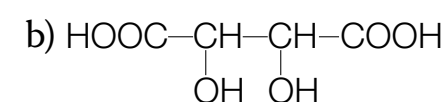
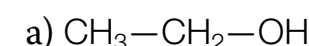


Hydroksykwasy

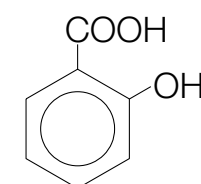
108. Wskaż i nazwij grupy funkcyjne w podanym wzorze hydroksykwasu.



109. Wskaż wzory półstrukturalne hydroksykwasów (a–e). Zaznacz w nich grupy funkcyjne.



110. Oblicz zawartość procentową pierwiastków chemicznych w hydroksykwasie przedstawionym za pomocą wzoru:

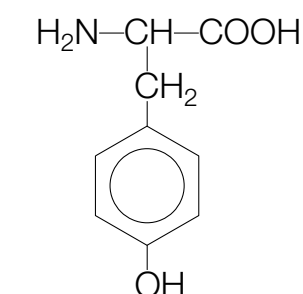


Dla dociekliwych

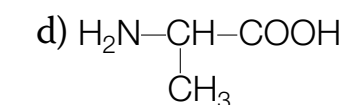
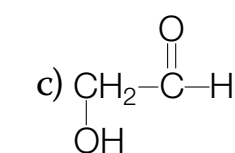
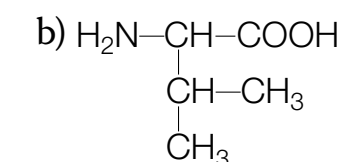
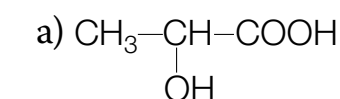
111. Na ulotce syropu przeciwgorączkowego podano, że zalecana dobową dawką to 7,5 mg na 1 kg masy ciała. Syrop ma stężenie 150 mg/5 ml. Oblicz jednorazową dawkę syropu dla dziecka ważącego 40 kg.

Aminokwasy

112. Wskaż i nazwij grupy funkcyjne w podanym wzorze aminokwasu.



113. Wskaż wzory półstrukturalne aminokwasów w przykładach (a–d). Zaznacz w nich grupy aminową i karboksylową.



114. Napisz nazwy wszystkich grup funkcyjnych występujących w cząsteczkach aminokwasów o podanych nazwach (a–b).

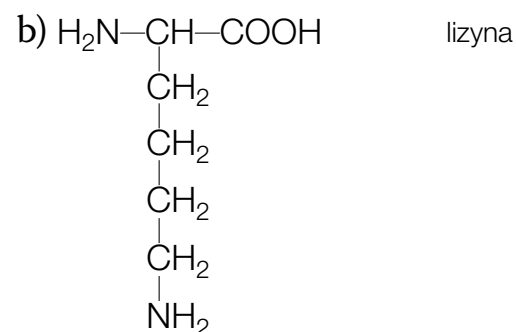
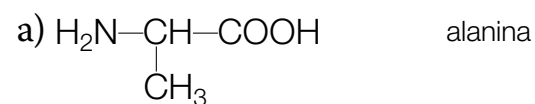
- seryna
- kwasek glutaminowy

Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

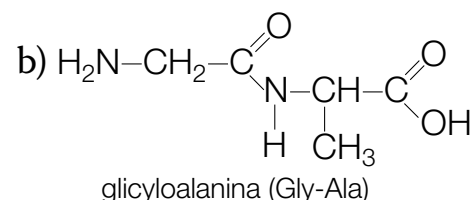
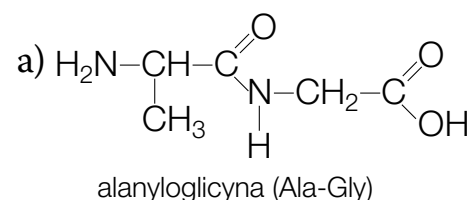
115. Narysuj wzory półstrukturalne aminokwasów o podanych nazwach systematycznych (a–b). Wskaż, który z nich jest α -aminokwasem. Odpowiedź uzasadnij.

- kwasek 2-aminopropanowy
- kwasek 3-aminopropanowy

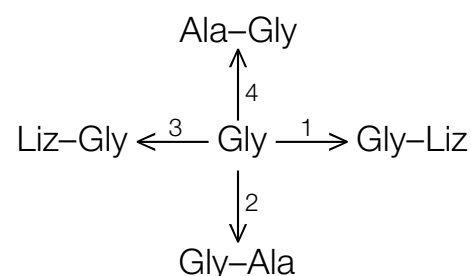
131. Określ, ile różnych dipeptydów może powstać z aminokwasów o podanych wzorach (a–b). Narysuj wzory półstrukturalne tych dipeptydów i napisz ich nazwy.



132. Napisz równania reakcji hydrolizy podanych dipeptydów.



133. Napisz równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1–4.



Białka

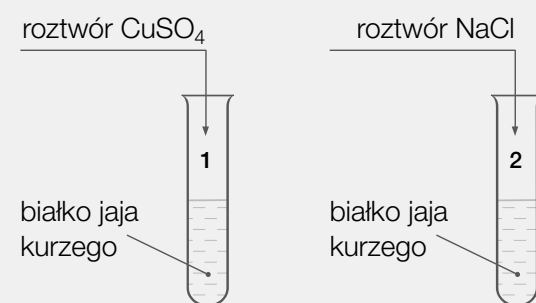
134. Próby biuretowa i ksantoproteinowa służą do wykrywania konkretnych ugrupowań atomów w cząsteczkach białek. Określ, która próba umożliwia wykrycie aminokwasów aromatycznych w łańcuchu białkowym, a która – wiązań peptydowych.

135. Na szalce Petriego umieszczono niewielką porcję białego twarogu, a następnie dodano kilka kropli stężonego roztworu kwasu azotowego(V) HNO_3 . Podaj nazwę przeprowadzonej próby. Napisz, jakie zmiany zaobserwowano po dodaniu kwasu i o czym one świadczą.

136. W dwóch probówkach umieszczono białko jaja kurzego. Następnie do pierwszej próbki dodano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$, a do drugiej stężony roztwór kwasu azotowego(V) HNO_3 . Wskaż numer próbki, w której powstał fioletowy roztwór. Podaj nazwę przeprowadzonej próby.

Dla dociekliwych

137. Przeprowadzono doświadczenie chemiczne przedstawione na schemacie. Napisz obserwacje. Określ, w której próbce zmiany cofną się po dodaniu wody destylowanej, a w której białko uległo denaturacji. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.



Cukry

138. Napisz wzory sumaryczne podanych cukrów prostych (a–c), wiedząc, że wzór ogólny cukrów prostych ma postać $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ i $n = m$.

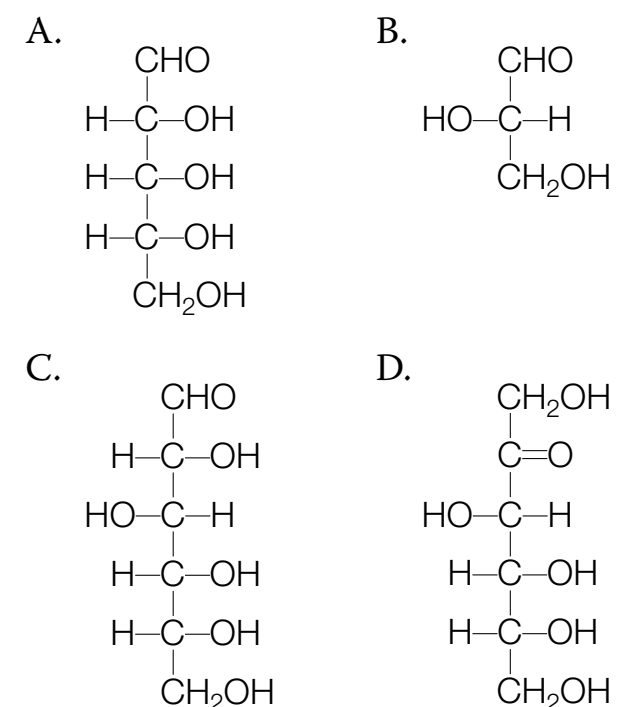
- a) trioza
b) tetroza
c) pentoza

139. Narysuj wzór Fischera i podaj nazwę aldoheksozy, która występuje w winogronach. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

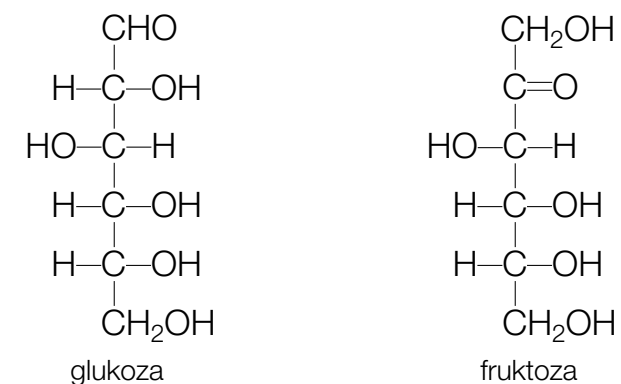
140. Ustal wzór rzeczywisty cukru prostego, jeżeli wiadomo, że jego masa molowa wynosi $150 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Skorzystaj ze wzoru ogólnego cukrów prostych.

141. Wskaż wzór cukru prostego (A–D), który jest:

- a) pentozą i zawiera grupę aldehydową,
b) ketoheksozą,
c) aldoheksozą.



142. Wskaż grupy aldehydową i karbonylową w cząsteczkach glukozy i fruktozy przedstawionych za pomocą wzorów:

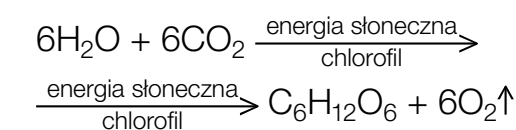


143. Glukozę zalicza się do polihydroksyaldehydów, a fruktozę do polihydroksyketonów. Udowodnij zasadność tej klasyfikacji na podstawie analizy budowy cząsteczek glukozy i fruktozy.

144. Określ, czy można odróżnić glukozę od fruktozy za pomocą próby Trommera lub próby Tollensa. Odpowiedź uzasadnij. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

145. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, które umożliwi odróżnienie glukozy od glicerolu. Do doświadczenia wykorzystaj: propano-1,2,3-triol (glicerol) i wodne roztwory NaOH , CuSO_4 , glukozy oraz niezbędny sprzęt laboratoryjny. Napisz krótki opis doświadczenia i obserwacje.

146. Oblicz, jaka objętość tlenu (odmierzonego w warunkach normalnych) powstała w wyniku fotosyntezy, jeżeli otrzymano 10 moli glukozy. Reakcja chemiczna przebiegała zgodnie z uproszczonym równaniem:



147. Napisz uproszczone równanie reakcji fermentacji alkoholowej. Oblicz, ile moli glukozy przereagowało, jeżeli otrzymano 500 g etanolu. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

148. Oblicz, ile gramów fruktozy znajduje się w $1,2 \text{ dm}^3$ roztworu o stężeniu $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$.

149. Przygotowano dwie próbki z roztworem sacharozy. Do pierwszej z nich dodano kilka kropli stężonego kwasu solnego. Następnie do obu probówek dodano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ i umieszczono próbki w łaźni wodnej. Wyjaśnij, dlaczego ceglasty osad pojawił się tylko w pierwszej próbce. Uzasadnij swoją odpowiedź, zapisując równanie reakcji chemicznej.

150. Ustal stosunek masowy pierwiastków w cząsteczce sacharozy i oblicz jej procentowy skład masowy.

151. Wyjaśnij, dlaczego mieszanina sacharozy i zawiesiny wodorotlenku miedzi(II) po ogrzaniu zmienia zabarwienie na czarne, a bez ogrzewania zmienia kolor na szafirowy. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

152. Oblicz, ile moli glukozy można otrzymać w wyniku hydrolizy 1 kg skrobi. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

153. Oblicz, z ilu cząsteczek glukozy zbudowana jest cząsteczka celulozy o masie cząsteczkowej 1 215 000 u, wiedząc, że wzór ogólny cukrów złożonych ma postać $(C_6H_{10}O_5)_n$.

154. Środkami żelującymi stosowanymi do produkcji galaretek spożywczych są m.in. żelatyna i karagen. Żelatyna to białko pochodzenia zwierzęcego zawierające głównie takie aminokwasy jak glicyna, prolina i hydroskypolina. Z kolei karagen izoluje się z wodorostów i jest on mieszaniną cukrów złożonych. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, które pozwoli rozróżnić, w której galaretkie jest żelatyna, a w której karagen. Napisz krótki opis doświadczenia i obserwacje.

155. Opisz, w jaki sposób można doświadczalnie sprawdzić, czy gęsta śmietana kupiona na targu nie zawdzięcza swojej konsystencji dodatkowi mąki.

156. Zaprojektuj doświadczenie, w którym udowodnisz, że do zagęszczenia śmietany użyto mąki ziemniaczanej. Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.

157. Hydroliza skrobi zachodzi zgodnie z równaniem:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \longrightarrow nC_6H_{12}O_6$$

skrobia glukoza

Oblicz, ile gramów glukozy otrzymano, jeżeli hydrolizie poddano 1 kg skrobi.

158. Uczennica wykrywała obecność pewnego składnika w produktach spożywczych. Do eksperymentu wykorzystała ziemniak, kawałek rogalika oraz wędlinę drobiową. Po naniesieniu na każdy produkt kropli jodiny zauważyła, że na wszystkich tych artykułach pojawiły się granatowe plamy. Dodatni wynik tej próby na wędlinie zaskoczył uczennicę. Przeanalizowała więc skład produktu opisany na etykiecie.

Skład: 85 % filet z kurczaka, woda, skrobia, sól, białko serwatkowe, białko wieprzowe, wzmacniacz smaku – glutamian sodu, przyprawy.

Wyjaśnij, dlaczego wędlina drobiowa zabarwiła się na granatowo w miejscu naniesienia kropli jodiny. Odpowiedź uzasadnij.

Dla dociekliwych

159. Do dwóch probówek zawierających roztwór glukozy dodano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II). Jedną z probówek ogrzano w łaźni wodnej. Napisz obserwacje i sformułuj wniosek.
160. Owocowy serek homogenizowany zawiera ok. 2,9 % laktozy. Oblicz, ile gramów laktozy spożywa człowiek zjadający na śniadanie jedno opakowanie takiego serka o masie 250 g.
161. Oblicz, ile gramów srebra wydzieli się w reakcji 120 g roztworu wodnego glukozy o stężeniu 20 % z odczynnikiem Tollensa. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych

PODRĘCZNIK

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

s. 41

zadanie 5. %C : %H : %O = 38,7 % : 9,7 % : 51,6 %

s. 49

zadanie 3. 37,6 g i 0,4 mol

s. 74

zadanie 2. ok. 311 dm³

s. 106

zadanie 2. $C_{18}H_{32}O_2$

zadanie 3. $C_{20}H_{32}O_2$

zadanie 4. 1,5 mg – 10 mg

s. 140

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 4. 21 500 u

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

s. 153

zadanie 1. %C : %H : %O = 40 % : 6,67 % : 53,33 %;

$$m_C : m_H : m_O = 6 : 1 : 8$$

s. 179

zadanie 1. 350 g glukozy i 650 g utleniacza

zadanie 3. %C = 40 %

s. 186

zadanie 2. a) 0,78 g, b) 26 g

s. 190

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 2. $C_9H_8O_4$; %C = 60 %

zadanie 3. $800 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$, wartość LC_{50} nie została przekroczona

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych

ZBIÓR ZADAŃ

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

- zadanie 6. %Cl = 44 %
zadanie 7. C₁₁H₁₃ClN₂, 208 u
zadanie 18. 20,2 cm³ CH₃OH
zadanie 23. 76,6 % C, 6,4 % H, 17 % O
zadanie 28. 7,6 %
zadanie 39. propan-1-ol
zadanie 48. C₄H₈O₂
zadanie 49. CH₃COOH
zadanie 57. 129 kg esencji octowej i 1,371 m³ wody
zadanie 63. C₁₂H₂₄O₂
zadanie 65. 604,8 dm³ CO₂
zadanie 74. C₄H₈O₂
zadanie 85. butanian pentylu %C = 68,35 %
zadanie 93. 194 g tłuszczu
zadanie 106. 61,2 g aniliny

Dla dociekliwych

- zadanie 19. 0,25 mol C₆H₁₂O₆
zadanie 20. 153,6 g glukozy
zadanie 44. 700 cm³ wody
zadanie 45. C₁₀H₁₆O
zadanie 66. 50 mg kwasu benzoesowego
zadanie 67. ok. 588 kg wodorotlenku sodu
zadanie 96. 98,42 g oleinianu glinu
zadanie 107. 7,5 µg kadmu

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

- zadanie 110. 60,9 % C, 4,3 % H, 34,8 % O
zadanie 119. C₅H₁₁O₂N
zadanie 120. 40,3 % C, 7,6 % H, 40,3 % O, 11,8 % N
zadanie 121. 8,17 %
zadanie 122. 12,5 g glicyny
zadanie 123. 3,75 g glicyny
zadanie 140. C₅H₁₀O₅
zadanie 146. 1344 dm³ O₂
zadanie 147. 5,43 mol glukozy
zadanie 148. 21,6 g fruktozy
zadanie 150. m_C : m_H : m_O = 72 : 11 : 88; 42,1 % C, 6,4 % H, 51,5 % O
zadanie 152. 6,17 mol
zadanie 153. 7 500 reszt glukozy
zadanie 157. 1111 g glukozy

Dla dociekliwych

- zadanie 111. 10 ml
zadanie 126. 10 % leucyny, 5 % izoleucyny, 5 % waliny
zadanie 160. 7,25 g laktozy
zadanie 161. 28,8 g Ag

Szereg homologiczny alkanów do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Wzór				Nazwa
	grupowy	półstrukturalny	strukturalny	sumaryczny	
	CH ₄			CH ₄	metan
	CH ₃ CH ₃			C ₂ H ₆	etan
	CH ₃ CH ₂ CH ₃			C ₃ H ₈	propan
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

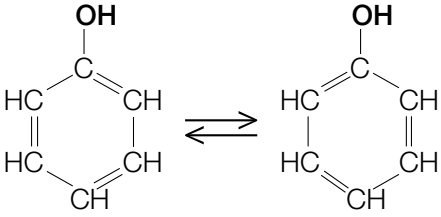
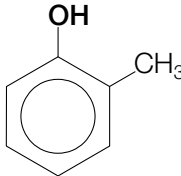
Szereg homologiczny alkenów
do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór			
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy
2	eten (etylen)	C ₂ H ₄		CH ₂ =CH ₂	CH ₂ =CH ₂
3	propen	C ₃ H ₆		CH ₂ =CH-CH ₃	CH ₂ =CHCH ₃
4	but-1-en	C ₄ H ₈		CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₃	CH ₂ =CHCH ₂ CH ₃
5	pent-1-en	C ₅ H ₁₀		CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH ₂ =CH(CH ₂) ₂ CH ₃
6	heks-1-en	C ₆ H ₁₂		CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH ₂ =CH(CH ₂) ₃ CH ₃
7	hept-1-en	C ₇ H ₁₄		CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH ₂ =CH(CH ₂) ₄ CH ₃
8	okt-1-en	C ₈ H ₁₆		CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH ₂ =CH(CH ₂) ₅ CH ₃

Szereg homologiczny alkinów
do 8 atomów węgla w cząsteczce

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór			
		sumaryczny	strukturalny	półstrukturalny	grupowy
2	etyń (acetylen)	C ₂ H ₂		CH≡CH	CH≡CH
3	propyn	C ₃ H ₄		CH≡C-CH ₃	CH≡CCH ₃
4	but-1-yn	C ₄ H ₆		CH≡C-CH ₂ -CH ₃	CH≡CCCH ₃
5	pent-1-yn	C ₅ H ₈		CH≡C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH≡C(CH ₂) ₂ CH ₃
6	heks-1-yn	C ₆ H ₁₀		CH≡C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH≡C(CH ₂) ₃ CH ₃
7	hept-1-yn	C ₇ H ₁₂		CH≡C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH≡C(CH ₂) ₄ CH ₃
8	okt-1-yn	C ₈ H ₁₄		CH≡C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	CH≡C(CH ₂) ₅ CH ₃

Najważniejsze pochodne węglowodorów

Nazwa grupy	Charakterystyczne ugrupowania atomów	Przykład
fluorowcopochodne węglowodorów	$\begin{array}{c} \\ -C-X \\ \end{array}$ gdzie X to atom fluorowca	CH_3-CH_2-Cl chloroetan
alkohole	$\begin{array}{c} \\ -C-OH \\ \end{array}$	CH_3-CH_2-OH etanol
fenole		 2-metylofenol
aldehydy	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-H \end{array}$	$CH_3-C(=O)H$ acetaldehyd
ketony	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-C-C- \\ \quad \end{array}$	$CH_3-C(=O)-CH_3$ propan-2-on
kwasy karboksylowe	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$	$CH_3-C(=O)OH$ kwas octowy
estry	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-O-C- \\ \quad \end{array}$	$CH_3-C(=O)O-CH_2-CH_3$ octan etylu
aminy	$\begin{array}{c} \\ -C-NH_2 \\ \end{array}$	$CH_3-CH_2-NH_2$ etanoamina

Właściwości fizyczne wybranych związków organicznych

Nazwa	Wzór	Gęstość ^a , $\frac{g}{cm^3}$	Temperatura	
			topnienia ^f , °C	wrzenia ^f , °C
acetaldehyd (etanal, aldehyd octowy)	CH_3CHO	0,778	-123	20,7
anilina (benzenoamina)	$C_6H_5NH_2$	1,0175	-5,98	184,17
benzaldehyd (benzenokarboaldehyd)	C_6H_5CHO	1,043	57,1	178,9
butan-1-ol (alkohol butylowy)	$CH_3(CH_2)_3OH$	0,8057	-88,6	117,7
etano-1,2-diol	$C_2H_4(OH)_2$	1,110	-12,3	197,3
etanoamina	$CH_3CH_2NH_2$	0,677 ^c	-80,53	16,59
etanol (alkohol etylowy)	CH_3CH_2OH	0,7851	-114,1	78,3
fenol (benzenol)	C_6H_5OH	1,058 ^b	40,91	181,82
formaldehyd (metanal, aldehyd mrówkowy)	$HCHO$	0,815 ^b	-92	-19,1
kwas benzoesowy (kwas benzenokarboksylowy)	C_6H_5COOH	1,26	122,35	249
kwas butanowy (kwas masłowy)	$CH_3(CH_2)_2COOH$	0,9529	-4,3	163,3
kwas heksadekanowy (kwas palmitynowy)	$C_{15}H_{31}COOH$	0,841	62,5	390
kwas 2-hidroksybenzoesowy (kwas salicylowy)	$C_6H_4(OH)COOH$	1,443	158,6 ^c	211
kwas mrówkowy (kwas metanowy)	$HCOOH$	1,2131	8,3	100,7
kwas octowy (kwas etanowy)	CH_3COOH	1,0439	16,63	117,9
kwas (9Z)-oktadec-9-enowy (kwas oleinowy)	$C_{17}H_{33}COOH$	0,887	16,2	360
kwas oktadekanowy (kwas stearynowy)	$C_{17}H_{35}COOH$	0,838	69,3	360 ^(a-f)
kwas propanowy (kwas propionowy)	CH_3CH_2COOH	0,9881	-20,7	141
kwas szczawiowy (kwas etano-1,2-diowy)	$(COOH)_2$	1,653	189,5	^d
metanoamina	CH_3NH_2	0,656 ^c	-95,44	-6,35

Nazwa	Wzór	Gęstość ^a , g cm ³	Temperatura	
			topnienia ^f , °C	wrzenia ^f , °C
metanol (alkohol metylowy)	CH ₃ OH	0,7866	−97,7	64,65
mrówczan etylu (metanian etylu)	HCOOCH ₂ CH ₃	0,9153	−79,4	54,1
mrówczan metylu (metanian metylu)	HCOOCH ₃	0,9664	−99	31,5
<i>N</i> -etyloetanoamina	(CH ₃ CH ₂) ₂ NH	0,7016	−49,8	56,3
<i>N</i> -metyloetanoamina	(CH ₃) ₂ NH	0,650 ^b	−92,2	6,9
<i>N,N</i> -dietyloetanoamina	(CH ₃ CH ₂) ₃ N	0,7231	−114,7	89,5
<i>N,N</i> -dimetyloetanoamina	(CH ₃) ₃ N	0,627 ^c	−117,3	2,9
octan etylu (etanian etylu)	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	0,8945	−83,8	77,1
octan metylu (etanian metylu)	CH ₃ COOCH ₃	0,9279	−98,1	56,3
propan-2-on (aceton)	CH ₃ COCH ₃	0,7844	−94,7	56,2
propano-1,2,3-triol (glicerol)	C ₃ H ₅ (OH) ₃	1,258	18,2	290 ^e
tetrachlorometan	CCl ₄	1,5844	−23,0	76,54
trichlorometan (chloroform)	CHCl ₃	1,4718	−63,49	61,73

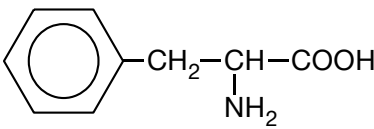
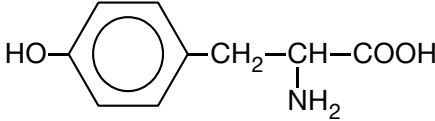
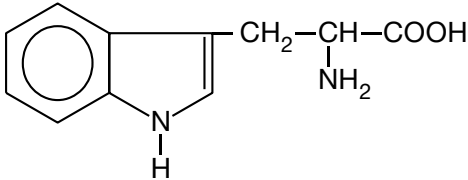
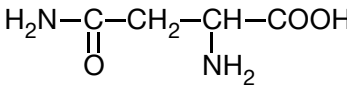
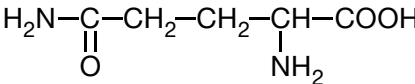
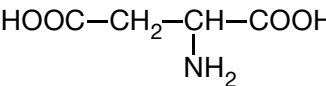
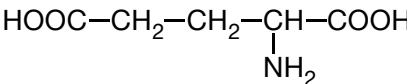
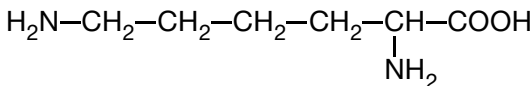
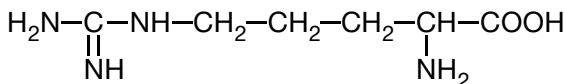
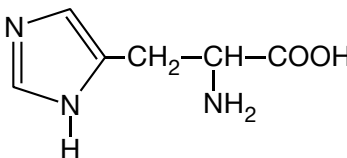
Wyjaśnienia symboli:

^a Mierzona w temperaturze 25 °C i pod ciśnieniem 1013 hPa.
^b Mierzona po skropleniu w temperaturze wrzenia.
^c Mierzona pod zwiększonym ciśnieniem.
^d Sublimacja.
^e Rozkłada się.
^f Mierzona pod ciśnieniem 1013 hPa.

Nazwy i wzory aminokwasów białkowych

Nazwa zwyczajowa	Skróty nazwy zwyczajowej*	Wzór	pI
glicyna	Gly, G	H ₂ N—CH ₂ —COOH	5,97
alanina	Ala, A	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6,00
walina	Val, V	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5,96
leucyna	Leu, L	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5,98
izoleucyna	Ile, I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6,02
seryna	Ser, S	HO—CH ₂ —CH—COOH NH ₂	5,68
cysteina	Cys, C	HS—CH ₂ —CH—COOH NH ₂	5,07
treonina	Thr, T	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5,60
prolina	Pro, P	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	6,30
metionina	Met, M	H ₃ C—S—CH ₂ —CH ₂ —CH—COOH NH ₂	5,74

* Międzynarodowe skróty stosowane dla aminokwasów białkowych.

Nazwa zwyczajowa	Skróty nazwy zwyczajowej*	Wzór	pI
fenyloalanina	Phe, F		5,48
tyrozyna	Tyr, Y		5,66
tryptofan	Trp, W		5,89
asparagina	Asn, N		5,41
glutamina	Gln, Q		5,65
kwask asparaginowy	Asp, D		2,77
kwask glutaminowy	Glu, E		3,22
lizyna	Lys, K		9,74
arginina	Arg, R		10,76
histydyna	His, H		7,59

* Międzynarodowe skróty stosowane dla aminokwasów białkowych.

Bibliografia

Białecka-Florjańczyk E., Włostowska J., *Chemia organiczna*, wyd. 3, WNT, Warszawa 2007.

Biotechnologia żywności, W. Bednarski, A. Reps (red.), wyd. 2, WNT, Warszawa 2017.

Bojarski J., *Chemia organiczna*, wyd. 7, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2003.

Emsley J., *Chemia – przewodnik po pierwiastkach*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.

Emsley J., *Przewodnik po chemii życia codziennego*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.

Encyklopedia szkolna. Biologia, G. Góralski i inni (red.), Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2008.

Encyklopedia szkolna. Chemia, T.M. Krygowski (red.), WSiP, Warszawa 2001.

Favre H.A., Powell W.H., *Nomenclature of Organic Chemistry*, The Royal Society of Chemistry, 2013.

Galikowski M., Hassa R., Kaczmarzyk M., Mrzigod A., Mrzigod J., Więckowski M., *Przyroda 2. Materiał edukacyjny przeznaczony do nauki przyrody w liceum ogólnokształcącym i technikum*, Nowa Era, Warszawa 2016.

Grzywa E., Molenda J., *Technologia podstawowych syntez organicznych*, t. 2, WNT, Warszawa 2008.

Hames B.D., Hooper N.M., *Biochemia. Krótkie wykłady*, wyd. 4, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021.

Hart H., Craine L.E., Hart D.J., *Chemia organiczna. Krótki kurs*, wyd. 13, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2012.

Kanicky J.R., Shah D.R., *Effect of Degree, Type, and Position of Unsaturation on the pK_a of Long-Chain Fatty Acids*, „Journal of Colloid and Interface Science” 2002, nr 256, s. 201–207.

Kołodziejczyk A., *Naturalne związki organiczne*, wyd. 3, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.

Lautenschläger K.H., Schröter W., Wanninger A., *Nowoczesne kompendium chemii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.

Manahan S.E., *Toksykologia środowiska. Aspekty chemiczne i biochemiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.

Mastalerz P., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Chemiczne, Wrocław 2000.

Matematyka. Fizyka. Chemia. *Encyklopedia szkolna*, W. Baturo (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

McMurry J., Castellion M., Ballantine S.D., Hoeger A.C., Petterson E.V., *Fundamentals of General, Organic, and Biological Chemistry*, 7th edition, Prentice Hall 2013.

McMurry J., *Chemia organiczna*, t. 1–2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.

McMurry J., *Chemistry*, 5th edition, Pearson 2012.

McMurry J., Fay R.C., *Chemistry*, 6th edition, Pearson, Londyn 2011.

McMurry J., *Organic chemistry*, 9th edition, Cengage 2015.

Megiel E., *NOWA Teraz matura. Chemia. Vademecum*, Nowa Era, Warszawa 2024.

Mizerski W., *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Mizerski W., *Tablice szkolne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2011.

Morrison R.T., Boyd R.N., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021.

Nicholson J.W., *Chemia polimerów*, wyd. 3, WNT, Warszawa 2007.

Patrick G.L., *Chemia organiczna. Krótkie wykłady*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.

Podręczny słownik chemiczny, R. Hassa, J. Mrzigod, J. Nowakowski (red.), Videograf II, Katowice 2004.

Ryan L., *New Chemistry for You*, Nelson Thornes, Cheltenham 2011.

Seńczuk W. i inni, *Toksykologia współczesna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006.

Solomons T.W.G., Fryhle C.B., Snyder S.A., *Chemia organiczna*, t. 1–2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022.

Timberlake K.C., *Chemistry*, 13th Pearson, Londyn 2018.

Indeks

A

acetaldehyd 30, 50, 55–57, 69
 aceton → propan-2-on
 alanina 155, 159–160
 aldehyd mrówkowy → formaldehyd
 – octowy → acetaldehyd
 aldehydy 50–62
 –, budowa 50–51
 –, izomery 54
 –, nazewnictwo 51
 –, otrzymywanie 55–56
 –, polimeryzacja 60
 –, reaktywność 58–60
 –, właściwości 55, 57
 –, wzór ogólny 53
 –, zastosowania 61
 aldoheksoza 172
 aldozy 172
 alkaloidy 130
 alkohol etylowy → etanol
 alkohol 31, 47
 alkohole 20–41
 – monohydroksylowe 20–34
 –, budowa 21
 –, izomery 24
 –, nazewnictwo 21, 25
 –, otrzymywanie 31
 –, reaktywność 31–32
 –, właściwości 26–29
 –, wzór ogólny 23
 –, zastosowania 33
 –, podział 20
 – polihydroksylowe 35–41
 –, budowa 35
 –, izomery 36
 –, nazewnictwo 36
 –, reaktywność 38–39
 –, właściwości 37
 –, zastosowania 40
 –, rzędowość 20

aminokwasy 154–162
 – białkowe 155
 – egzogenne 155
 – endogenne 155
 – kwasowe 158
 –, nazewnictwo 155
 – obojętne 158
 –, właściwości 156–157
 –, wzór ogólny 155
 – zasadowe 158
 –, zastosowania 161
 aminy 126–133
 –, budowa 127
 –, izomery 128–129
 –, nazewnictwo 128
 –, reaktywność 131
 –, rzędowość 126
 –, właściwości 129
 –, wzory ogólne 127
 –, zastosowania 132
 amoniak 127, 131
 anilina 126–128, 131
 anion fenolanowy 45
 – palmitynianowy 100
 asocjacja 27, 55, 68
 azot 126–127, 129–131

B

benzenol → fenol
 białka 163–170
 –, skład pierwiastkowy 164
 –, właściwości 164–166
 –, wykrywanie 168
 –, zastosowania 169

C

celuloza 180, 182, 184
 chlorek winylu 15, 17
 chlorofil 173
 chloroform 12, 28
 cukry 171–186
 – proste 171–179
 –, budowa 172
 –, izomery 173
 –, nazewnictwo 172

–, podział 171–172
 –, właściwości 174–177
 –, zastosowania 178
 – złożone 180–186
 –, właściwości 182–183
 –, zastosowania 185

D

dehydratacja 32
 denaturacja 166, 168
 dichromian(VI) potasu 67, 82–83
 dipeptydy 159
 –, otrzymywanie 159
 disacharydy 180
 duroplasty 16

E

emulgator 121
 emulsja 120–121
 estry 107–115
 –, budowa 107–108
 –, izomery 109
 –, nazewnictwo 108
 –, otrzymywanie 110–111
 –, polimeryzacja 113
 –, reaktywność 113
 –, właściwości 112–113
 –, wzór ogólny 107
 –, zastosowania 114
 etanal → acetaldehyd
 etano-1,2-diol 35–38
 etanol 21–22, 26, 28, 30–32, 37–39, 55–56, 82–83, 110–111, 113, 165–166, 168
 etyl 47, 109

F

fenol 42–46
 fenole 42–49
 –, budowa 42–43
 –, izomery 44
 –, nazewnictwo 43–44
 –, reaktywność 45–56

–, właściwości 45
 –, wzór ogólny 43
 –, zastosowania 48
 fenyl → grupa fenylowa
 feniloamina → anilina
 fermentacja alkoholowa 29–30
 – octowa 82
 – mlekowa 145–148
 fluorowcopochodne węglowodorów 10–19
 –, budowa 11
 –, izomery 14
 –, nazewnictwo 12–13
 –, otrzymywanie 14
 –, podział 10
 –, polimeryzacja 15
 –, reaktywność 15
 –, właściwości 15
 –, zastosowania 18
 formaldehyd 58–60
 formalina 54
 fotosynteza 173
 fragment hydrofilowy 101
 – hydrofobowy 101
 fruktoza 172–174

G

galaktoza 145
 glicerol 36, 38–39, 116–118, 123
 glicyna 155–157, 159–160
 glukoza 30, 145, 171–177, 180
 grupa aldehydowa 50–51, 72, 172–173
 – alkilowa 10–11, 23, 50, 53, 63–64, 75–76, 79, 127, 143
 – aminowa 127, 129
 – aryłowa 10–11, 43, 50, 53, 64, 75, 79, 127, 143
 – estrowa 107, 117
 – fenylowa 156

– funkcyjna 10–11, 21, 23, 43, 50, 53, 63–64, 72, 76, 79, 107, 117, 127, 142–143, 154–155, 172
 – hydroksylowa 21, 23, 35, 39, 42–43, 47, 76, 143, 145, 154, 172–173, 175
 – karboksylowa 75–76, 79, 94, 143, 145, 154, 159, 160
 – karbonyłowa 50, 63–64, 72, 76, 107, 172–173
 – metylowa 44, 127
 – węglowodorowa 10–11, 21, 23, 43, 50, 53, 63–64, 79, 107, 126–127, 143, 154

H

hemoglobina 166
 hydroksykwas 142–153
 –, budowa 143
 –, nazewnictwo 144
 –, właściwości 145
 –, wzór ogólny 143
 –, zastosowania 152
 hydroliza kwasowa 113, 122
 – zasadowa 113, 122–123

I

IUPAC 22, 42, 52, 78, 108, 118, 128, 144
 izomeria 6, 14, 24, 36, 44, 54, 66, 80–81, 109, 128, 173
 – funkcyjna 54, 66, 81, 110, 173
 – konstytucyjna 6, 14, 24, 36, 44, 54, 66, 80–81, 109–110, 128–129, 173
 – położenia 6, 25, 14, 24, 36, 44, 66, 80, 128
 – szkieletowe 6, 14, 24, 36, 54, 66, 80, 109, 128

J

jon obojnaczy 157–158

K

ketoheksoza 172
 ketony 63–74
 –, budowa 63–64
 –, izomery 66
 –, nazewnictwo 65
 –, otrzymywanie 67–68
 –, właściwości 68–72
 –, wzór ogólny 64
 –, zastosowania 73
 ketozy 172
 kofeina 130
 koloid 120, 165
 kontrakcja 28
 kwas aminooctowy → glicyna
 – cytrynowy 88, 142, 144
 – etanowy → kwas octowy
 – glutaminowy 155
 – hydroksypropanowy → kwas mlekowy
 – jabłkowy 142, 144
 – metanowy → kwas mrówkowy
 – mlekowy 144–148
 – mrówkowy 75, 78, 81–82, 84–85, 131
 – octowy 75–76, 78, 81, 83–90, 113
 – oleinowy 94, 96, 98, 100
 – palmitynowy 94, 97, 100, 117, 123
 – salicylowy 142–144
 – stearynowy 93–95, 98–100, 117
 kwasy karboksylowe 75–92
 –, budowa 75–76
 –, izomery 80–81
 –, nazewnictwo 77
 –, otrzymywanie 82–83
 –, reaktywność 85–90
 –, właściwości 84–85
 –, wzór ogólny 79

– –, zastosowania 91
kwasы tłuszczowe 94

L

laktoza 145, 180–181
leki 149
–, działanie 150–151

M

manganian(VII) potasu 82, 98, 123
mechanizm usuwania
brudu 102–103
mer 7, 15, 17
metanal → formaldehyd
metanol 21–22, 56
monomer 7, 15, 17, 60
monosacharydy → cukry
proste
mydło 99–101

N

napięcie powierzchniowe 101

O

oligosacharydy 171

P

peptydy 160
–, hydroliza 160
–, nazewnictwo 160
PET → poli(tereftalan
etylenu)
podstawniki 13–14, 25, 44, 51, 80, 128, 154
poli(chlorek winylu) (PVC) 15, 18
poliformaldehyd 60
polimer 7, 15–17, 60, 113, 163
polimeryzacja 7, 15, 17, 32, 60, 113
polisacharydy → cukry
złożone

poli(tereftalan etylenu) (PET) 113
politetrafluoroeten → teflon
poliuretany 16
propano-1,2,3-triol → glicerol
propan-2-on 63–69
próba jodoskrobiowa 183
– Tollensa 58–59, 69, 72, 177
– Trommera 59–60, 70–72, 176
punkt izoelektryczny 158
PVC → poli(chlorek winylu)

R

reakcja addycji 7, 14, 31–32, 56, 68, 128
– biuretowa 167
– eliminacji 15, 32
– estyfikacji 110–112
– ksantoproteinowa 168
– podstawienia → reakcja
substytucji
– przyłączania → reakcja
addycji
– substytucji 7, 14, 15, 31, 32

S

sacharoza 171–172, 180, 182
sacharydy → cukry
seryna 155–156
siarka 164
skrobia 180, 182–184
spalanie całkowite 7, 31, 38, 85, 95–97
– niecałkowite 7, 31, 38, 85, 95–97
substancje
powierzchniowo czynne 101
szereg homologiczny 7, 22–23, 52–53, 78–79

Ś

środki czystości 104

T

teflon 15
termoplasty 16
tlen 21, 27, 29, 36, 45, 50, 55, 64, 72, 76, 108, 143, 154, 164, 172–173
tłuszcze 116–125
–, budowa 117–118
–, hydroliza zasadowa 122–123
–, nazewnictwo 118–119
–, podział 117
–, reaktywność 122–123
–, właściwości 119–120
–, wzór ogólny 117
–, zastosowania 124
trichlorometan → chloroform

W

węgiel, rzędowość 20
węglowodany → cukry
wiązanie estrowe 108
– kowalencyjne 11, 21, 35, 127
– peptydowe 158–159, 163–164, 166–167
– –, wykrywanie 167
– podwójne 17, 43, 50–51, 60, 64, 76
– pojedyncze 11, 15, 21, 32, 35, 51, 64, 76, 108
– potrójne 11
– typu σ 11, 21, 35, 51, 64, 76
– typu π 51, 64, 76
– wodorowe 27, 55, 68, 82, 129, 145

wyższe kwasy
karboksylowe 93–106
– –, budowa 94
– –, reaktywność 99–100
– –, właściwości 94–98
– –, zastosowania 105

wzór Fischera 173

– grupowy 6, 13, 23, 53, 65, 79
– kreskowy → wzór
szkieletowy
– półstrukturalny 6, 13, 23, 53, 65, 79, 101, 144, 155
– rzeczywisty → wzór
sumaryczny
– strukturalny 6, 12, 22, 43, 53, 64, 79, 100
– sumaryczny 6, 12, 22, 52, 64, 78, 144, 171
– szkieletowy 6, 23, 43, 52, 64–65, 78

Z

związki amfoteryczne 158

Ilustracje na okładce: Krzysztof Mrawiński: s. 4; **Wojciech Sendal:** s.1 (szalki i kryształy).
Zdjęcia na okładce: Indigo: Martyn F. Chillmaid s. 4 okładki (próba Tollensa); **Shutterstock:** Media Home s. 1 okładki (szalki Petriego).

Ilustracje: Rafał Buczkowski: s. 11, 15 (atomy i cząsteczki),16, 166 (struktury białek), 21, 27, 35–36, 50–51, 55, 63-64, 68, 70–72, 75–76, 82, 107–108, 127, 143, 145, 154, 164, 172, 187 (atomy i cząsteczki); **Adam Klodecki:** s. 146–147; **Joanna Ptak:** 18, 33, 40, 48, 61, 73, 91, 105, 114, 124, 132, 152, 161, 169, 178, 185 (ikony); **Wojciech Sendal:** s. 32 (schematy), 125 (schematy emulsji), 137, 184 (wykres); **Ewa Sowulewska:** s. 26–27 (wykresy), 101 (schemat jonu).

Zdjęcia: Archiwum Wydawnictwa: s. 168 (szkiełko zegarkowe), s. 188 (szkiełko zegarkowe); **BE&W:** Alamy Stock Photo – Lothar Drechsel s. 66, mcool s. 46 (pociski), Pixel-shot s. 82, sciencephotos s. 148 (kwaśne mleko); **Depositphotos:** belchonock s. 73 (perfumy), s. 124 (czekolada); **Getty Images:** E+ - andres. s. 113, Antagain s. 100 (mydło), dem10 s. 163, Flavio Vallenari s. 105 (kuter), gilaxia s. 91 (choroby stawów), LauriPatterson s. 132 (kielbaski), ljubaphoto s. 151 (przeziębienie), loveguli s. 132 (rafineria), ma-k s. 151 (tabletki), Pgiarn s. 73 (parasol), seraficus s. 147 (sery), South_agency s. 40 (lakierowanie), EyeEm/Sirinate Kaewma s. 154, fStop/Caspar Benson s. 48 (kule bilardowe), iStock/Getty Images Plus – ADragan s. 63, aoldman s. 132 (użycie adrenaliny), ChamilleWhite s. 28 (spryskiwacz), EyeEm Mobile GmbH s. 185 (buraki cukrowe), kolesnikovserg s. 166 (gotowane jajko), Lana_M s. 147 (nabiał), Liudmila Chernetska s. 151 (popijanie leku), Nosyrevy s. 126, PicturePartners s. 149 (papryka), sapegin s. 119 (krople wody na materiale), shironosov s. 161 (ser), Suntorn Suwannasri s. 130 (tytoń), valio84s. s. 161 (nawożenie pola), xijian s. 48 (oczyszczalnia), YelenaYemchuk s. 181 (mleko owsiane), Love Lanner/Folio Images s. 152 (sok), Moment Open/Photo by Stephanie Lynn Warga s. 105 (paleta z farbami), Moment – 100 s. 130 (herbata), Boy_Anupong s. 105 (preparat na trądzik), Pramote Polyamate s. 150 (kroplówka), S.Norero Image s. 112 (pszczoły), Warut Lakam s. 178 (laboratorium), Witthaya Prasongsin s. 18 (zastrzyk), YS graphic s. 114 (rzepak), Photodisc/Ekaterina Fedulyeva s. 91 (napój jagodowy), PhotoObjects.net/Getty Images Plus/Hemera Technologies s. 54, Stockbyte s. 120 (krem), s. 121 (krem), The Image Bank/Per Winblad s. 169 (mycie włosów); **Indigo:** Science Photo Library s. 45, 148 (bakterie), Martyn F. Chillmaid s. 58, 135 (próba Tollensa), s. 177, 183 (banan), s. 189 (reakcja glukozy z odczynnikiem Tollensa); **Shutterstock.com:** afotostock s. 130 (kawa), Africa Studio s. 61 (lody), s. 93 (świece), Aleksandr Rybalko s. 48 (pszczoły), alexzrv s. 146 (kiszonki), Andrey Pavlov s. 75, Anna Gawlik s. 152 (spirytus), Anusorn Nakdee s. 119 (krople oleju), s. 120 (krople oleju), s. 121 (krople oleju), Anze Furlan s. 173, Ari N s. 57 (frytki), Billion Photos s. 36, BLACKDAY s. 132 (szczoteczka do zębów), Bozhena Melnyk s. 61 (olejek), Carlos andre Santos s. 61 (lakierowanie drewna), Clara Bastian s. 181 (krowy), Daniel Krason s. 16 (filtry), DeawSS s. 33 (trzcina cukrowa), Den_Man – photographer s. 84, DenisProduction.com s. 169 (pieczywo), didis s. 116 (nasiona palmy olejowej), Dobrovizcki s. 105 (opona), EkDaniilishina s. 37 (bańka mydlana), elenavolf s. 114 (nakładanie preparatu na włosy), Ellenshou s. 93 (pestki słonecznika), Ellyy s. 166 (pranie), Evgeny Atamanenko s. 114 (aromat do ciasta), Evgeny Karandaev s. 180 (cukierki), FOTOGRIN s. 185 (świece dymane), Galdric PS s. 169 (kury), Gerain0812 s. 48 (chirurg), goffkein.pro s. 33 (chusteczka, płyn do płukania jamy ustnej), s. 42, 175 (insulina), GSDesign s. 146 (salamy), Gus Andi s. 142, gyn9037 s. 178 (bielenie bawełny), lancu Cristian s. 60 (gitara), ingae s. 73 (pędzel i farba), Inna Astakhova s. 164 (owca), Irina Rostokina s. 15, Iurii Kachkovskiy s. 171, Kabardins photo s. 116 (smarowanie kromki chleba), Katyau s. 191, Khomulo Anna s. 102–103 (piana), Kolonko s. 28 (probówka), s. 70 (probówka), s. 71 (probówka), s. 83 (probówka), s. 170 (probówka), s. 179 (probówka), s. 186 (probówka), Krasula s. 77, leolintang s. 10, Leonid and Anna Dedukh s. 40 (niemowlę), Levent Konuk s. 166 (rozbite jajko), Lilia Solonari s. 18 (ramy okienne), Madlen s. 184 (koza), Maria Meester s. 88 (osa), Maridav s. 9, 20, Maryna Pleshkun s. 104 (czyszczenie zlewu), matka_Wariatka s. 178 (pierniki), maxbelchenko s. 30 (zboże), Monika Wisniewska s. 161 (puszka), Nadezhda Murinets s. 91 (kiszonki), natalia.k.photography s. 164 (jajka), Nataliya Schmidt s. 30 (ziemniaki), Nattika s. 73 (róża), s. 180 (ziemniaki), Netrun78 s. 118, New Africa s. 124 (lakierowanie drewna), s. 149 (tabletki w wodzie), Nitr s. 112 (jaśminowiec), OffSet/The Picture Pantry s. 50, Oleg Kopyov s. 169 (paintball), Olexandr Osipov s. 18 (granat dymny), Olena Serzhanova s. 150 (syrop), Olga Zinkevych s. 102–103 (tkanina), PeopleImages.com – Yuri A s. 104 (mycie okna), Photoongraphy s. 124 (olejek z awokado), Piotr Velixar s. 37 (płyn do chłodnicy), Praew stock s. 100 (namiot), Pressmaster s. 40 (kremowanie twarzy), progressman s. 161 (preparat do pielęgnacji włosów), Prostock-studio s. 152 (naczynia z polilaktydu PLA), Quayside s. 29, rame435 s. 185 (rolka papieru), Rich Carey s. 124 (wycinanie lasów), RusAKphoto s. 91 (peeling), s_a_j s. 131, Santhos. Varghes. s. 94, SciePro s. 30 (wątroba), sergey kolesnikov s. 152 (krem), Shebeko s. 120 (palący się olej), Stasique s. 141, 184 (przygotowanie ciasta), Stefan Holm s. 33 (motocykl), Tanawat Chantradiokrat s. 178 (bombki), tcsaba s. 61 (spray), Ternavskaia Olga Alibec s. 114 (luszczyca), thoughtsofjoyce s. 144, tristan tan s. 40 (owoce olejowca gwinejskiego), truembie s. 119 (butelka oleju), Vasilii Koval s. 101, Viktor Malyshchyts s. 107, vitals s. 185 (pieróg), Vlada Tikhonova s. 18 (patelnia), Vyalov Denis s. 35, Wstudio s. 16 (pająk), Yada's Room s. 181 (mleko w butelce), Zagorulko Inka s. 147 (chleb); **Włodzimierz Echeński:** s. 28 (mieszanie etanolu z wodą), s. 57 (papiererek uniwersalny), s. 60 (próba Trommera), s. 71 (otrzymywanie wodorotlenku miedzi), s. 72, 85 (barwa wskaźnika), s. 86, 87, 88 (reakcja kwasu etanowego), s. 90, 95, 96, 97, 98, 99, 111, 119 (rozpuszczalność oleju), s. 122, 123, 136, 157 (badanie odczynu wodnego roztworu glicyny), s. 167 (probówka z wodorotlenkiem miedzi(II)), s. 168 (wpływ etanolu na białko jaja), s. 174 (papiererek uniwersalny), s. 183 (skrobia w zimnej wodzie, kleik skrobiowy z jodyną), s. 186, 187, 189 (kleik skrobiowy z jodyną); **PUTTO/Piotr Kubat:** s. 26, 39, 46 (wykrywanie fenolu), s. 56, 85 (spalanie kwasu), s. 116 (wykrywanie tłuszczu w orzechach), s. 121 (płyn dwufazowy), s. 135 (reakcja glicerolu, próba Trommera), s. 157 (badanie odczynu wodnego roztworu glicyny z dodatkiem NaOH), s. 165, 167 (reakcja biuretowa), s. 168 (wykrywanie białka w twarogu), s. 170, 174 (glukoza), s. 175 (reakcja glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II)), s. 176, 179, 182, 188, 189 (reakcja glukozy z odczynnikiem Trommera); **Robert Wolski:** s. 67, 89, 70 (doświadczenie), s. 71 (doświadczenie), s. 83 (doświadczenie).

Wydawnictwo Nowa Era oświadcza, że podjęło starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwo Nowa Era, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępuje zgodnie z art. 27¹ ust. 1 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Nowa Era oświadcza, że jest jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w przypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.

Za co polubisz podręcznik **NOWA To jest chemia 3?**



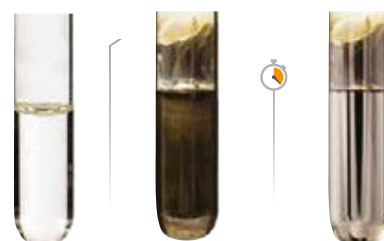
Powód 1

Jest tu dokładnie tyle treści, ile trzeba, **nie ma nadmiaru**. Ten podręcznik jest w pełni dostosowany, co oznacza, że wycięliśmy z niego to, co od roku 2024 nie jest już wymagane.



Powód 2

Duże **zdjęcia** i czytelne **infografiki**. Zobaczysz na nich przebieg doświadczeń chemicznych. Czy to przydatne? Tak, bo łatwiej napiszesz obserwacje i wnioski.



Powód 3

Krótkie podsumowania. Żeby było jasne, co trzeba wiedzieć i umieć z każdego tematu. Już nie musisz się zastanawiać, czego się nauczyć na sprawdzian.

Ważne w temacie

