

Chemia

ZAKRES PODSTAWOWY

3

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

Irena Bylińska

Chemia

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

3

ZAKRES PODSTAWOWY

 **OPERON**
Edukacja jest podróżą

2021

Projekt okładki: Paweł Kwacz
Redaktor prowadzący: Barbara Budny
Redakcja językowa: Marlena Dobrowolska
Redakcja graficzna i skład: Danuta Jarzembek
Korekta: zespół

Zdjęcia: Shutterstock.com

Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON oświadcza, że z należytą starannością podjęło wszelkie działania zmierzające do powiadomienia podmiotów majątkowych praw autorskich do utworów słownych i fotograficznych wykorzystanych w podręczniku o zamiarze ich publikacji celem uzyskania od twórców lub ich następców prawnych wymaganej zgody za przysługującym wynagrodzeniem w stosownej wysokości. Osoby, których prawa w sposób niezawiniony przez wydawnictwo zostały naruszone, prosimy o bezpośredni kontakt z wydawcą.

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 w zakresie podstawowym na poziomie szkoły ponadpodstawowej, na podstawie opinii rzeczoznawców: dr Jolanty Grażyny Sawickiej, dr Anny Wisty-Świder i dr. Krzysztofa Kaszewskiego.

Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa
Zakres kształcenia: podstawowy
Rok dopuszczenia: 2021

Numer dopuszczenia: 1050/3/2021

© Copyright by Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON Sp. z o.o. & Irena Bylińska

Gdynia 2021

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.
N7338

Wydawca:
OPERON Sp. z o.o.
81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3
tel. centrali 58 679 00 00
e-mail: info@operon.pl
www.operon.pl

ISBN 978-83-8197-116-4

08/21/XXI/K90

Spis treści

I. Wstęp do chemii organicznej

1. Wprowadzenie do chemii organicznej.....	8
2. Wzory sumaryczne, strukturalne, półstrukturalne. Izomery.....	13
3. Klasyfikacja związków organicznych. Szereg homologiczny. Typy reakcji, jakim ulegają związki organiczne	29

II. Węglowodory

1. Alkany	48
2. Alkeny	67
3. Alkiny	83
4. Tworzywa sztuczne	95
5. Węglowodory aromatyczne.....	104
6. Destylacja ropy naftowej. Piroliza węgla kamiennego	119

III. Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

1. Alkohole alifatyczne i cykliczne.....	142
2. Alkohole aromatyczne – fenole	161
3. Aldehydy – związki karbonylowe	176
4. Ketony – związki karbonylowe	189
5. Kwasy karboksylowe.....	199
6. Wyższe kwasy karboksylowe. Właściwości kwasów karboksylowych – doświadczenia	212
7. Estry	223
8. Tłuszcze ciekłe i stałe	233
9. Usuwanie brudu	241
10. Aminy.....	245

IV. Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

1. Aminokwasy. Peptydy	262
2. Polipeptydy – białka.....	277
3. Cukry proste – monosacharydy	288
4. Cukry złożone – disacharydy i polisacharydy	302

V. Chemia życia codziennego

1. Włókna celulozowe, białkowe, sztuczne i syntetyczne. Opakowania.....	326
2. Chemia kosmetyków. Chemia gospodarcza	336
3. Lek czy trucizna?	345
4. Procesy fermentacji. Konserwowanie żywności	353

Indeks	366
--------------	-----

Wstęp

Jak jest zbudowany nasz podręcznik

Podręcznik pozwala na pełne wykorzystanie nowoczesnych metod dydaktycznych w nauczaniu chemii. Zgodnie z założeniami reformy programowej uczniowie liceów i techników będą się uczyć tego przedmiotu w zakresie podstawowym w klasach:

- pierwszej, w wymiarze jednej godziny tygodniowo;
- drugiej, w wymiarze dwóch godzin tygodniowo;
- trzeciej, w wymiarze jednej godziny tygodniowo.

Zanim zaczniecie korzystać z podręcznika, zapoznajcie się z jego budową i przyjrzyjcie się wszystkim jego elementom. Zostały one skonstruowane tak, by ułatwić wam naukę i pomóc w błyskawicznym znalezieniu potrzebnych informacji.

The diagram illustrates the layout of the chemistry textbook, showing two pages with callouts explaining their structure.

Page 1 (Top): The title page for "I. Wstęp do chemii organicznej". A callout points to the table of contents, stating: "Każdy rozdział podręcznika otwiera **spis tematów** z danego obszaru."

Page 2 (Bottom): The first page of Chapter 9, "Usuwanie brudu". A callout points to the "NA TEJ LEKCJI DOWIEZ SIĘ:" section, stating: "Bezpośrednio pod tytułem rozdziału znajdziecie moduł **„Na tej lekcji dowiesz się”** – jego zadaniem jest ukierunkowanie was na cele realizowane w danym temacie."

A callout points to the definition of soap, stating: "Definicje wyróżniono kolorową czcionką. Dzięki temu od razu je zauważycie i szybko znajdziecie podczas powtórek."

A callout points to the chemical structure of a soap molecule, stating: "Hasła na marginesach to treści obowiązkowe do zapamiętania z lekcji. Zostaną one powtórzone w podsumowaniu lekcji."

A callout points to the text on the page, stating: "Przystępny język publikacji ułatwi wam zrozumienie treści i pozytywnie nastawi was do powtarzania materiału. W tekście pojawiają się **wytłuszczenia** – dzięki nim łatwiej odnajdziecie najistotniejsze zagadnienia, pojęcia i nazwy."



I. Wstęp do chemii organicznej

- ▶ Wprowadzenie do chemii organicznej
- ▶ Wzory sumaryczne, strukturalne, półstrukturalne. Izomery
- ▶ Klasyfikacja związków organicznych. Szereg homologiczny. Typy reakcji, jakim ulegają związki organiczne

1. Wprowadzenie do chemii organicznej

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jaki jest zakres chemii organicznej;
- jak powstawała chemia organiczna i jakie ma ona znaczenie obecnie;
- jakie są postulaty teorii strukturalnej związków organicznych.

Chemia organiczna to ogromny dział chemii, którego nazwa nawiązuje do obszaru jego zainteresowań – kiedyś chemię organiczną wiązano ze związkami występującymi w organizmach żywych. Obecnie określa się ją jako chemię związków węgla.

1.1. Zakres chemii organicznej

Określenie *chemia związków węgla* nie jest jednak precyzyjne. Znamy związki węgla, np. tlenek węgla(II), tlenek węgla(IV), kwas węglowy i jego sole związane z substancjami mineralnymi (kalcyt – CaCO_3 , magnezyt – MgCO_3 , syderyt – FeCO_3), które są przypisane chemii nieorganicznej. Nie ma wyraźnej granicy między chemią organiczną a nieorganiczną – podział ten jest umowny. Liczba związków węgla omawianych w dziale chemii nieorganicznej jest niewielka w porównaniu do liczby związków tego pierwiastka przypisanych chemii organicznej. Organiczne związki węgla charakteryzują się inną strukturą oraz innymi właściwościami niż związki nieorganiczne, a ich liczba i różnorodność wydaje się niemal nieograniczona.

chemia
organiczna

Chemia organiczna – dział chemii zajmujący się badaniem budowy, właściwości oraz reakcji związków chemicznych węgla.

1.2. Rys historyczny

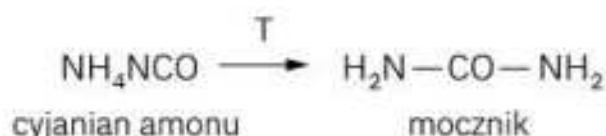
Niektóre związki organiczne znano już w starożytności. Przeprowadzono wówczas fermentację alkoholową. Znano także proces „kwaśnienia wina”, który prowadził do powstania kwasu octowego. W starożytności posługiwano się także naturalnymi barwnikami, takimi jak: indygo, purpura antyczna, alizaryna, które są związkami organicznymi. Jednak pojedyncze organiczne związki chemiczne nauczono się wyodrębniać znacznie później. Do przełomu XVIII–XIX w. znano niewiele substancji uzyskanych w czystej postaci z organizmów żywych. Była to m.in. sacharoza, alkohole metylowy i etylowy, alkaloidy (strychnina, chinina, ksantyna, kofeina, nikotyna), cholesterol, mocznik oraz niektóre kwasy (benzoesowy, szczawiowy, winowy, jabłkowy, mlekowy, cytrynowy). W związku z tym, że te związki nie były wynikiem syntezy laboratoryjnej, a zostały wydzielone z orga-

nizmów żywych, uznano, że powstawanie chemicznych związków organicznych jest możliwe jedynie przy udziale organizmu obdarzonego bliżej nieokreśloną „siłą witalną” (z łac. *vis vitalis* – siła życiowa). Powiązanie tych związków z przyrodą ożywioną poskutkowało stworzeniem **teorii witalistycznej**, którą w XIX w. ogłosił szwedzki uczoney Jöns Jacob Berzelius (czytaj: jens jakob berselius). Według niego związki organiczne to substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego zawierające w swoim składzie węgiel, które tworzą się wyłącznie w organizmach żywych w wyniku działania tzw. siły życiowej.

Teoria witalistyczna – pogląd głoszący, iż otrzymywanie chemicznych związków organicznych jest związane z nieokreśloną siłą życiową przypisaną wyłącznie organizmom żywym.

teoria
witalistyczna

Po 20 latach od sformułowania teorii witalistycznej, w 1828 r. niemiecki chemik Friedrich Wöhler (czytaj: fridriś wyler) dokonał przełomowej przemiany związku nieorganicznego w związek organiczny – z cyjanianu amonu (NH_4NCO) otrzymał mocznik ($\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$):



Zatem Wöhler otrzymał syntetycznie pierwszy związek organiczny stanowiący końcowy produkt przemiany białek u ssaków. Do tej pory mocznik był wyodrębniany tylko z moczu.

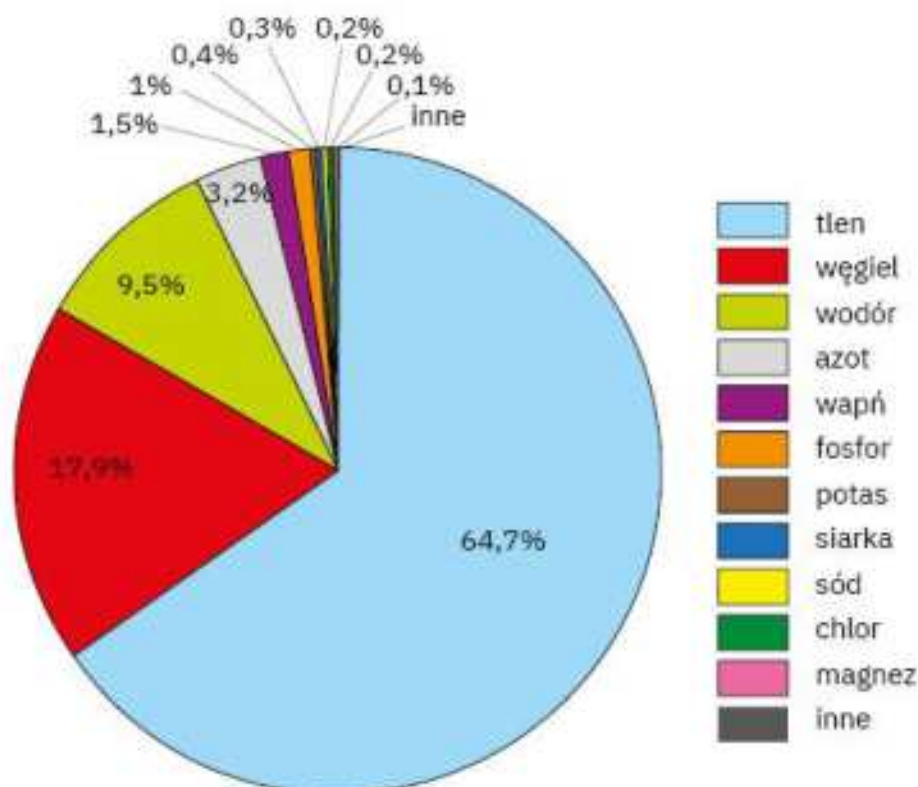
Udane syntezy kolejnych związków organicznych (kwasu octowego w 1845 r., tristéarynianu glicerolu w 1854 r. oraz sacharydów w 1861 r.) spowodowały porzucenie teorii witalistycznej i zmianę definicji chemii organicznej. Od 1848 r. uznaje się chemię organiczną za chemię związków węgla. Po raz pierwszy taką definicję podał niemiecki chemik Leopold Gmelin. Dlatego uznano, że chemiczne związki organiczne obejmują nie tylko związki węgla występujące w organizmach żywych, lecz także związki spokrewnione z nimi strukturalnie, niewystępujące w przyrodzie, a otrzymywane na drodze syntezy laboratoryjnej.

Znaczny postęp w chemii organicznej nastąpił na przełomie lat 50. i 60. XIX w. Przyczynili się do tego naukowcy: Niemiec Friedrich August Kekulé, Rosjanin Aleksandr Butlerow i Szkot Archibald Scott Couper (czytaj: arczibald skot kuper). Stworzyli oni teoretyczne podstawy budowy cząsteczek organicznych (patrz podrozdz. 1.4.). Pozwoliło to na wprowadzenie wzorów strukturalnych, w których kreski symbolizowały wiązania chemiczne między atomami. Od tej pory nastąpił burzliwy, trwający do chwili obecnej rozwój chemii organicznej.

1.3. Chemia organiczna obecnie

Węgiel występuje we wszystkich organizmach żywych, a jego zawartość w organizmie człowieka wynosi niemal 18%. Organiczne związki budujące organizm zwierzęcy to m.in.: węglowodany, tłuszcze, białka, kwasy nukleinowe, alkaloidy i witaminy. Zatem ten dział chemii zasługuje na szczególną uwagę.

Chemia organiczna ma obecnie bardzo duże znaczenie praktyczne. Otaczająca nas przyroda ożywiona to niemal wyłącznie chemia organiczna, zatem znajo-



Rys. 1. Skład pierwiastkowy organizmu człowieka.

mość tej dziedziny pozwala zrozumieć zjawiska i procesy zachodzące w organizmach żywych. Rozwój chemii organicznej to rozwój biochemii, która bada procesy przemian naturalnych związków organicznych. To z kolei wpływa korzystnie na postępy medycyny, ponieważ poznanie chemicznego podłoża będącego przyczyną lub objawem choroby wskazuje kierunek modyfikowania znanych leków lub syntezy nowych.

Poza naturalnie występującymi związkami organicznymi w otoczeniu znajduje się wiele związków organicznych zsyntezowanych przez człowieka. Należą do nich stosowane w gospodarce czy życiu codziennym: tworzywa sztuczne, włókna syntetyczne, farmaceutyki, kosmetyki, środki piorące, barwniki, paliwa silnikowe, farby, lakiery, materiały wybuchowe, środki ochrony roślin czy wyświetlacze OLED (organiczna dioda elektroluminescencyjna).

1.4. Elementy teorii strukturalnej

Węgiel – kluczowy, choć nie jedyny składnik związków organicznych – znajduje się w grupie 14 układu okresowego. Jego atomy zawierają zatem po cztery elektrony walencyjne i mogą tworzyć cztery wiązania kowalencyjne.

IVA	
14	
3850	14(2)
3600s	
C ₇₇	
carboneum	
14; 5715 lat	

Rys. 2. Węgiel znajduje się w grupie 14 w okresie 2 układu okresowego.

Duża różnorodność związków węgla wynika z właściwości atomów tego pierwiastka, zdolnych do łączenia się ze sobą i tworzenia krótkich lub długich łańcuchów oraz układów cyklicznych.

Powyższe stwierdzenia stanowią część postulatów teorii strukturalnej związków organicznych. Komplet postulatów podano poniżej.

1. Każdy związek chemiczny charakteryzuje się właściwą sobie budową, określoną przez rodzaj, liczbę i sposób powiązania atomów tworzących jego cząsteczkę.
2. Atomy węgla w związkach organicznych są zawsze czterowartościowe (tworzą cztery wiązania).
3. Atomy węgla mogą się łączyć ze sobą, tworząc łańcuchy o dowolnej długości, proste lub rozgałęzione bądź też zamknięte w układy cykliczne.
4. Atomy węgla mogą się łączyć ze sobą lub z innymi atomami wiązaniami pojedynczymi, podwójnymi bądź potrójnymi.
5. Elektrony nieuczestniczące w wiązaniach między atomami węgla są wykorzystywane do tworzenia wiązań z atomami innych pierwiastków.

Postulat 1. ma charakter ogólny i dotyczy wszystkich związków chemicznych o budowie kowalencyjnej. Pozostałe postulaty dotyczą związków organicznych. Szczególne znaczenie ma postulat 3. warunkujący wyjątkowość atomów węgla. Spośród wszystkich znanych pierwiastków tylko atom węgla ma zdolność do dowolnego łączenia się ze sobą w sposób ograniczony tylko wartościowością. To właśnie dzięki temu liczba i różnorodność związków organicznych przekracza wielokrotnie liczbę związków nieorganicznych (stanowiących połączenie wszystkich pozostałych pierwiastków).

PODSUMOWANIE LEKCJI



s. 9

- **Teoria witalistyczna** – pogląd głoszący, iż otrzymywanie związków organicznych jest związane z nieokreśloną siłą życiową przypisaną wyłącznie organizmom żywym.

s. 11

- **Postulaty teorii strukturalnej związków organicznych** Kekulégo, Butlerowa i Coupera:
 1. Każdy związek chemiczny charakteryzuje się właściwą sobie budową, określoną przez rodzaj, liczbę i sposób powiązania atomów tworzących jego cząsteczkę.
 2. Atomy węgla w związkach organicznych są zawsze czterowartościowe (tworzą cztery wiązania).
 3. Atomy węgla mogą się ze sobą łączyć, tworząc łańcuchy o dowolnej długości, proste lub rozgałęzione bądź też zamknięte w układy cykliczne.
 4. Atomy węgla mogą się łączyć ze sobą lub z innymi atomami wiązaniami pojedynczymi, podwójnymi bądź potrójnymi.
 5. Elektrony nieuczestniczące w wiązaniach między atomami węgla są wykorzystywane do tworzenia wiązań z atomami innych pierwiastków.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pochodzenie teorii witalistycznej i ją omów.
2. Przedstaw krótko, jak powstawał dział chemii organicznej.
3. Omów, czym zajmuje się chemia organiczna.
4. Wymień przykłady naturalnych związków organicznych.
5. Podaj przykłady zastosowań w gospodarce lub życiu codziennym syntetycznych związków organicznych.
6. Wymień postulaty teorii strukturalnej związków organicznych.

2. Wzory sumaryczne, strukturalne, półstrukturalne. Izomery

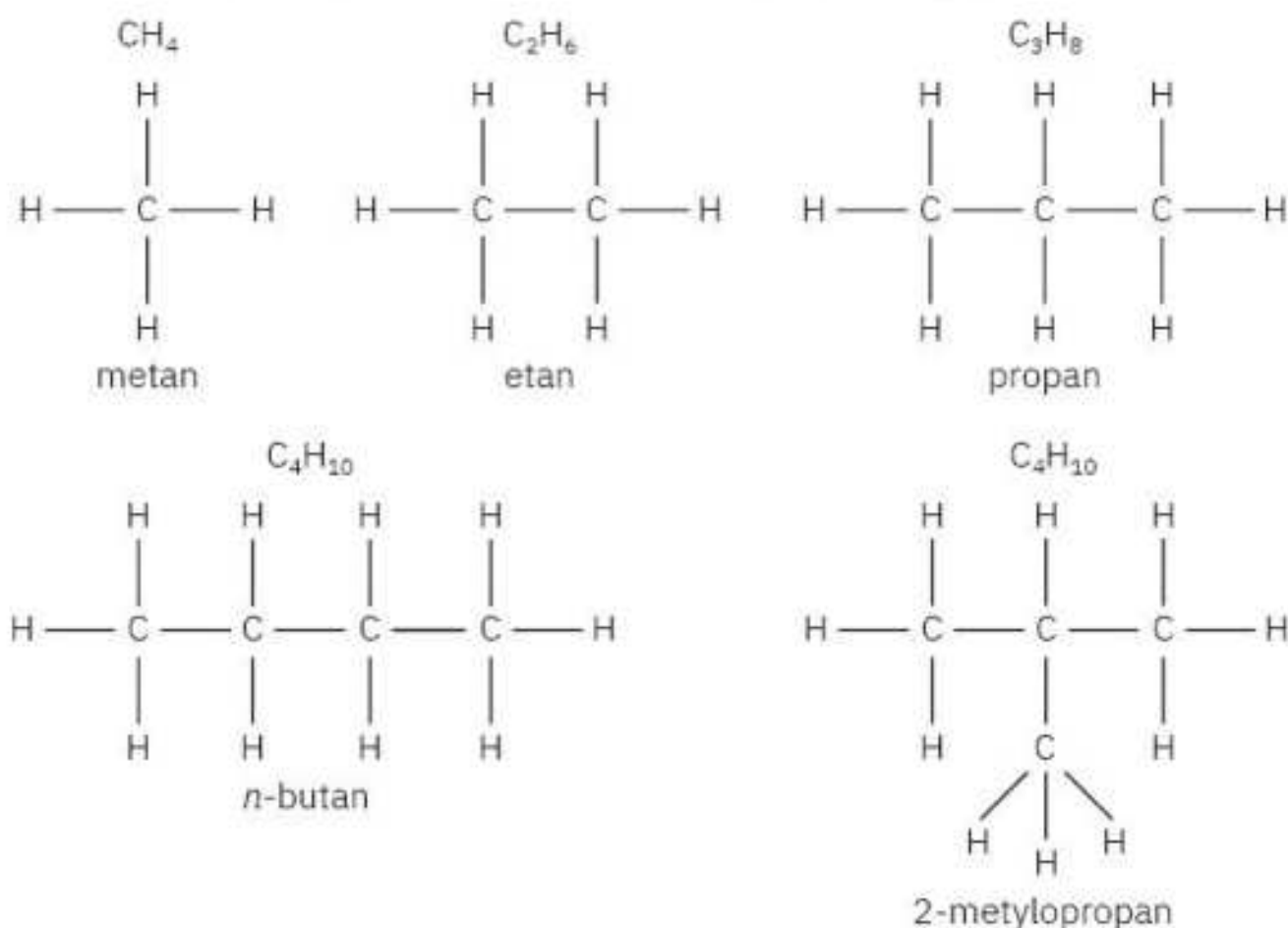
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- czym różnią się wzory sumaryczne, strukturalne i półstrukturalne;
- co to są izomery.

Ze względu na mnogość i różnorodność związków organicznych chemicy niezwykle rzadko zapisują je za pomocą wzorów sumarycznych. W przypadku związków nieorganicznych wzór sumaryczny jednoznacznie je określa. Dlatego nikt nie ma wątpliwości, o jaki związek chodzi w zapisie: NaOH , H_2SO_4 , K_2CO_3 . Inaczej jest w przypadku związków organicznych. Już prosty wzór sumaryczny C_4H_8 opisuje cztery różne związki organiczne.

2.1. Wzór sumaryczny

Wzór sumaryczny podaje wyłącznie informacje o składzie jakościowym i ilościowym atomów. Jednoznaczne wskazanie związku oraz podanie nazwy związku organicznego na podstawie jego wzoru sumarycznego jest możliwe wyłącznie w przypadku najprostszych związków tego typu, czyli tych zawierających ograniczoną liczbę atomów. Na przykład: CH_4 to metan, C_2H_6 – etan, C_3H_8 – propan, natomiast C_4H_{10} może opisywać *n*-butan lub 2-metylopropan (rys. 3).



Rys. 3. Najprostsze wzory sumaryczne związków organicznych i odpowiadające im wzory strukturalne.

wzór
sumaryczny

Wzór sumaryczny – wzór uwzględniający wyłącznie rodzaj i liczbę poszczególnych atomów tworzących cząsteczkę związku chemicznego.

Czasami związki w chemii organicznej opisuje się wzorami, w których ze wzoru sumarycznego wyróżnia się tzw. **grupy funkcyjne** (atom lub zbiór atomów tworzących charakterystyczną grupę, występujący w danym zbiorze cząsteczek należących do jednej rodziny). Ma to na celu jednoznaczne określenie konkretnego związku. Dla przykładu: wzór sumaryczny C_2H_6O może opisywać alkohol etylowy lub eter dimetylowy. Natomiast zapis wyróżniający grupę funkcyjną C_2H_5OH jednoznacznie opisuje alkohol etylowy.



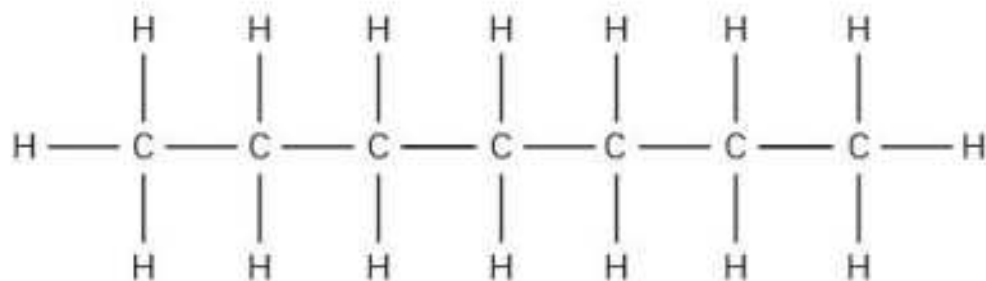
Rys. 4. Grupę funkcyjną alkoholi stanowi grupa hydroksylowa -OH, zatem zapis C_2H_5OH opisuje alkohol etylowy.

grupa funkcyjna

Grupa funkcyjna – atom lub zbiór atomów połączony ze szkieletem węglowym występujący we wszystkich cząsteczkach należących do jednej rodziny.

2.2. Wzór strukturalny i półstrukturalny

Wzór sumaryczny może odpowiadać większej liczbie związków organicznych, więc do ich opisu chemicy zdecydowanie częściej używają wzorów uwzględniających nie tylko skład jakościowy i ilościowy, lecz także kolejność atomów oraz sposób ich połączenia, czyli tzw. **konstytucję**. Takimi wzorami są **wzory strukturalne i półstrukturalne**. Najdokładniejszym wzorem jest **wzór strukturalny**. Uwzględnia on wszystkie atomy pierwiastków chemicznych oraz wszystkie wiązania występujące w cząsteczce. Stanowi dokładne odwzorowanie budowy cząsteczki – przedstawia określony atom w postaci symbolu danego pierwiastka chemicznego, a wiązania – w postaci kresek. We wzorach strukturalnych często zaniedbuje się kąty między wiązaniami, a strukturę przedstawia się jako płaską, mimo że związki organiczne mogą być cząsteczkami przestrzennymi (rys. 5).

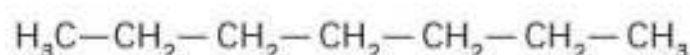


Rys. 5. Wzór strukturalny *n*-heptanu.

Wzór strukturalny – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także kolejność występowania atomów oraz sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego.

wzór
strukturalny

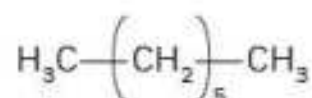
Uproszczoną formą wzorów strukturalnych są **wzory półstrukturalne**, nazywane także **wzorami grupowymi**. Nie uwzględniają one wiązań między atomami węgla a atomami wodoru. Zapisując taki wzór, należy zsumować liczbę atomów wodoru połączonych z określonym atomem węgla, a następnie obok symbolu węgla dopisać symbol pierwiastka wodoru z odpowiednią liczbą w indeksie dolnym.



wzór półstrukturalny (grupowy)

Rys. 6. Wzór półstrukturalny *n*-heptanu.

Wzory półstrukturalne można także uprościć i zapisać, ujmując powtarzające się fragmenty cząsteczki w nawias. Indeks dolny za nawiasem oznacza liczbę powtarzających się fragmentów.



uproszczony wzór półstrukturalny (grupowy)

Rys. 7. Wzór uproszczony półstrukturalny *n*-heptanu.

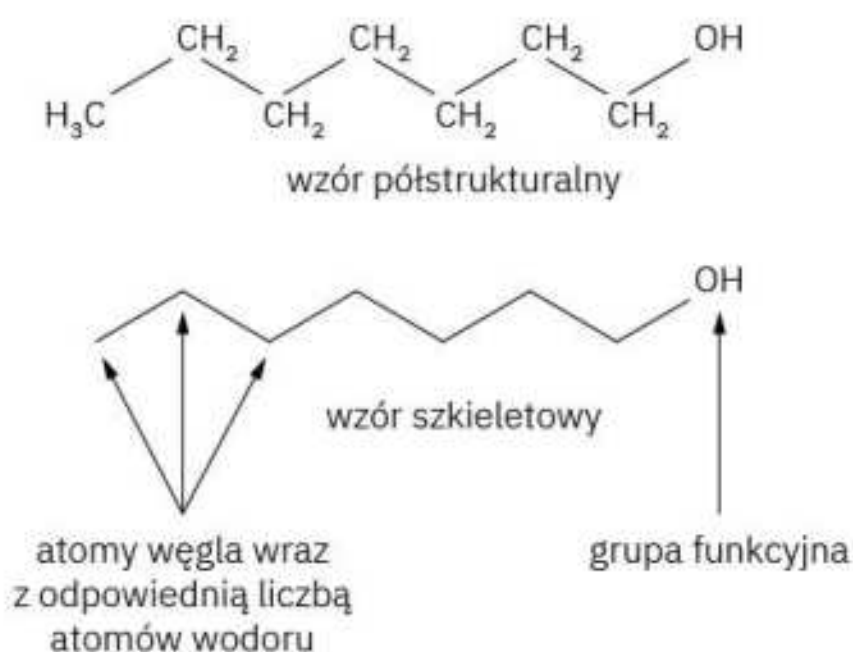
Wzór półstrukturalny (grupowy) – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego bez przedstawiania wiązań między węglem a wodorem.

wzór
półstrukturalny
(grupowy)

Wzór półstrukturalny (grupowy) uproszczony – wzór półstrukturalny, w którym powtarzające się fragmenty cząsteczki są podane w nawiasie.

wzór
półstrukturalny
(grupowy)
uproszczony

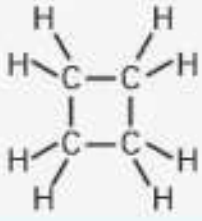
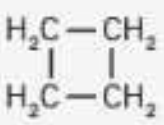
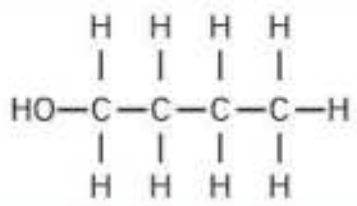
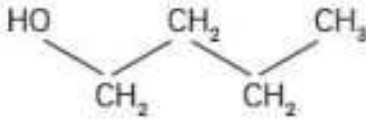
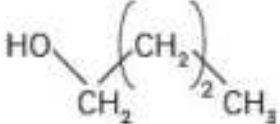
W chemii organicznej stosuje się także **wzory szkieletowe**, czasami nazywane **kreskowymi**. Przedstawiają one wyłącznie strukturę szkieletu węglowego wraz z grupami funkcyjnymi połączonymi wiązaniem z odpowiednim atomem węgla. We wzorach szkieletowych nie zaznacza się atomów węgla ani połączonych z nimi atomów wodoru. Atomy węgla znajdują się w punktach łączących poszczególne odcinki linii łamanej oraz na początku i na końcu linii szkieletu. Liczba kresek określa krotność wiązania. Wiązanie pojedyncze zaznacza się jedną kreską, podwójne – dwoma, a potrójne – trzema kreskami. Liczba atomów wodoru jest domyślna i stanowi dopełnienie do 4 (atom węgla jest czterowiązalny) po uwzględnieniu wiązań z innymi atomami węgla lub grupami funkcyjnymi.

Rys. 8. Wzór półstrukturalny i szkieletowy *n*-heptan-1-olu.wzór
szkieletowy

Wzór szkieletowy – wzór przedstawiający wyłącznie strukturę szkieletu węglowego wraz z grupami funkcyjnymi połączonymi wiązaniem z odpowiednim atomem węgla.

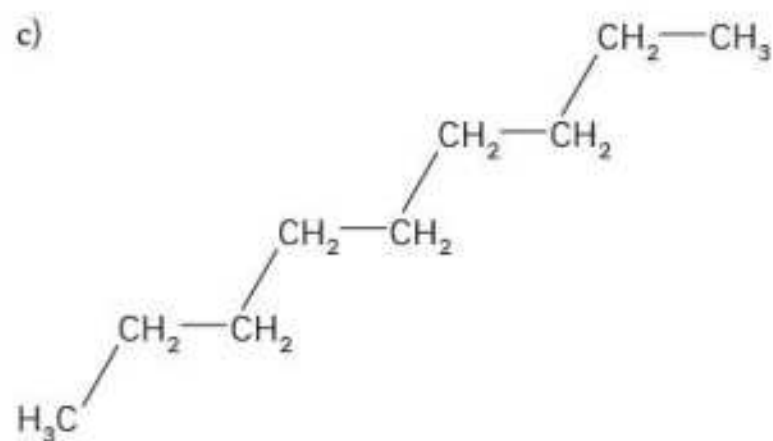
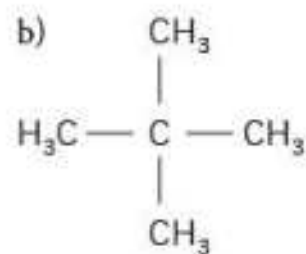
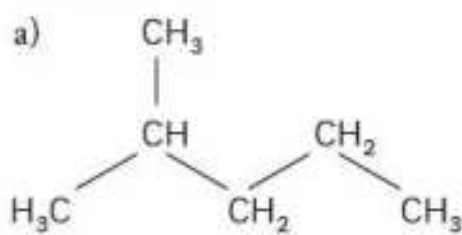
Tab. 1. Wzory stosowane do opisu organicznych związków chemicznych

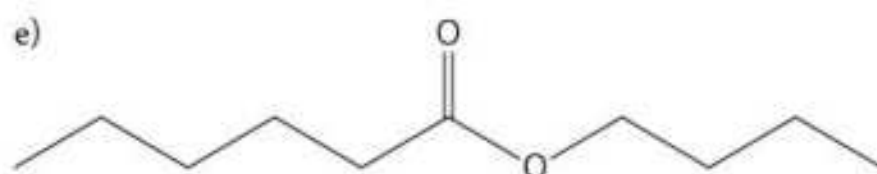
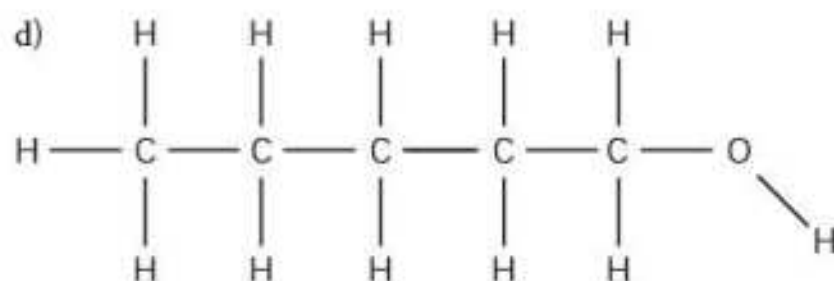
Wzór sumaryczny i struktury przykładowych związków organicznych:			C_4H_{10}
Wzór strukturalny	Wzór półstrukturalny (grupowy)	Uproszczony wzór półstrukturalny	Wzór szkieletowy (kreskowy)
$ \begin{array}{cccc} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{ccccc} & CH_2 & & CH_3 \\ & / \quad \backslash & & / \\ H_3C & & CH_2 & \end{array} $	$H_3C(CH_2)_2CH_3$	butan
Wzór sumaryczny i struktury przykładowych związków organicznych:			C_4H_8
Wzór strukturalny	Wzór półstrukturalny (grupowy)	Uproszczony wzór półstrukturalny	Wzór szkieletowy (kreskowy)
$ \begin{array}{cccc} H & & H & H \\ & & & \\ C & =C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{ccccc} & CH & & CH_3 \\ & // \quad \backslash & & / \\ H_2C & & CH_2 & \end{array} $	brak	but-1-en

Wzór sumaryczny i struktury przykładowych związków organicznych:			C_4H_8
Wzór strukturalny	Wzór półstrukturalny (grupowy)	Uproszczony wzór półstrukturalny	Wzór szkieletowy (kreskowy)
		brak	 cyklobutan
Wzór sumaryczny i struktury przykładowych związków organicznych:			$C_4H_{10}O$
Wzór strukturalny	Wzór półstrukturalny (grupowy)	Uproszczony wzór półstrukturalny	Wzór szkieletowy (kreskowy)
			 butan-1-ol

Ćwiczenia

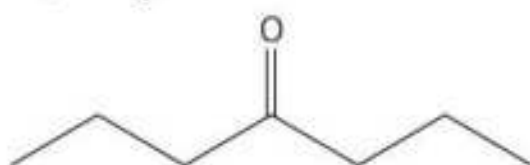
1. Ustal i zapisz w zeszycie wzór sumaryczny dla podanych struktur związków organicznych.



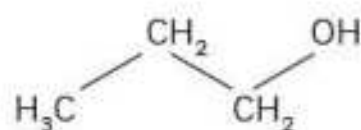


2. Napisz w zeszycie wskazane wzory podanych związków.

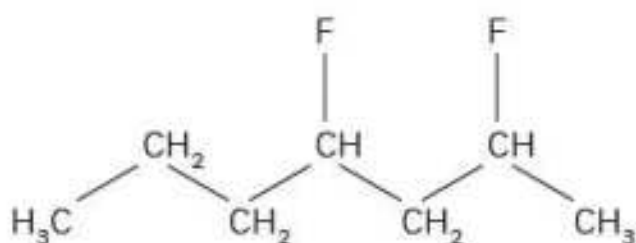
a) wzory strukturalne



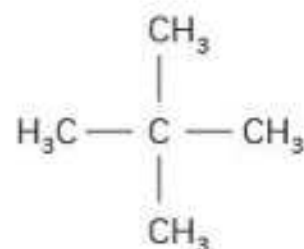
oraz



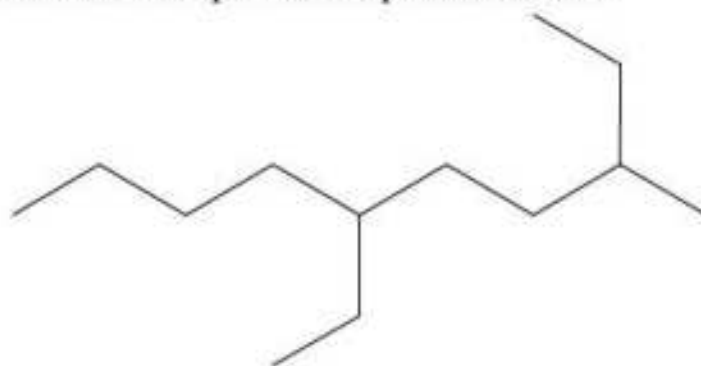
b) wzory szkieletowe



oraz



c) wzory półstrukturalne i uproszczone półstrukturalne



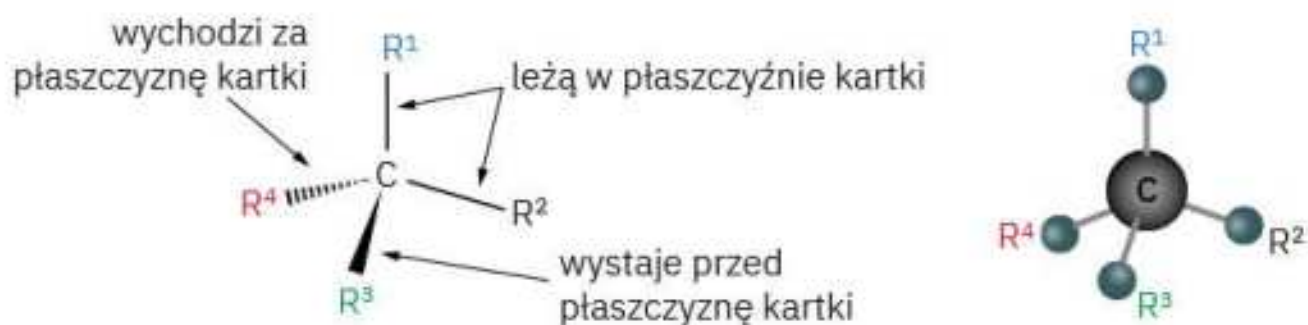
oraz



2.3. Wzory perspektywiczne

Wszystkie omawiane dotąd wzory obrazowały wyłącznie płaskie struktury (w płaszczyźnie kartki) organicznych cząsteczek chemicznych. Wzory, które przedstawiają budowę trójwymiarową cząsteczek, nazywa się **perspektywicznymi**. Przykładem jest wzór zwany klinowym. W tym wzorze wiązania znajdujące się w płaszczyźnie kartki są przedstawione za pomocą cienkiej linii, wiązania

wychodzące za płaszczyznę kartki – linią przerywaną, a te wychodzące przed płaszczyznę kartki przedstawia się w postaci klina.



Rys. 9. Wzory perspektywiczne.

2.4. Izomeria

Jak wiadomo, określony wzór sumaryczny może opisywać więcej niż jeden związek chemiczny. Związki te różnią się między sobą budową. Występowanie dwóch lub większej liczby związków chemicznych mających ten sam wzór sumaryczny, ale inne wzory strukturalne nazywa się **izomerią**. Natomiast związki mające ten sam wzór sumaryczny, ale różniące się wzorami strukturalnymi nazywa się **izomerami**. Ze względu na różnice w budowie cząsteczek poszczególnych form izomerycznych (izomerów) wykazują one odmienne właściwości fizyczne oraz chemiczne. To właśnie zjawisko izomerii powoduje tak ogromną mnogość związków organicznych. Wzór sumaryczny C_6H_{14} opisuje 5 różnych związków chemicznych, wzór C_8H_{18} – 18 izomerów, a wzór $C_{10}H_{22}$ – aż 75 izomerów. Ciekawe jest, że związek o stosunkowo prostym wzorze sumarycznym $C_{30}H_{62}$ ma teoretycznie 4111846763 izomerów, z czego jak dotąd tylko kilka jest znanych.

Izomeria – zjawisko związane z występowaniem związków o takim samym składzie atomowym, ale różniących się budową cząsteczki.

izomeria

Izomery – związki mające ten sam wzór sumaryczny, ale różniące się wzorem strukturalnym.

izomery

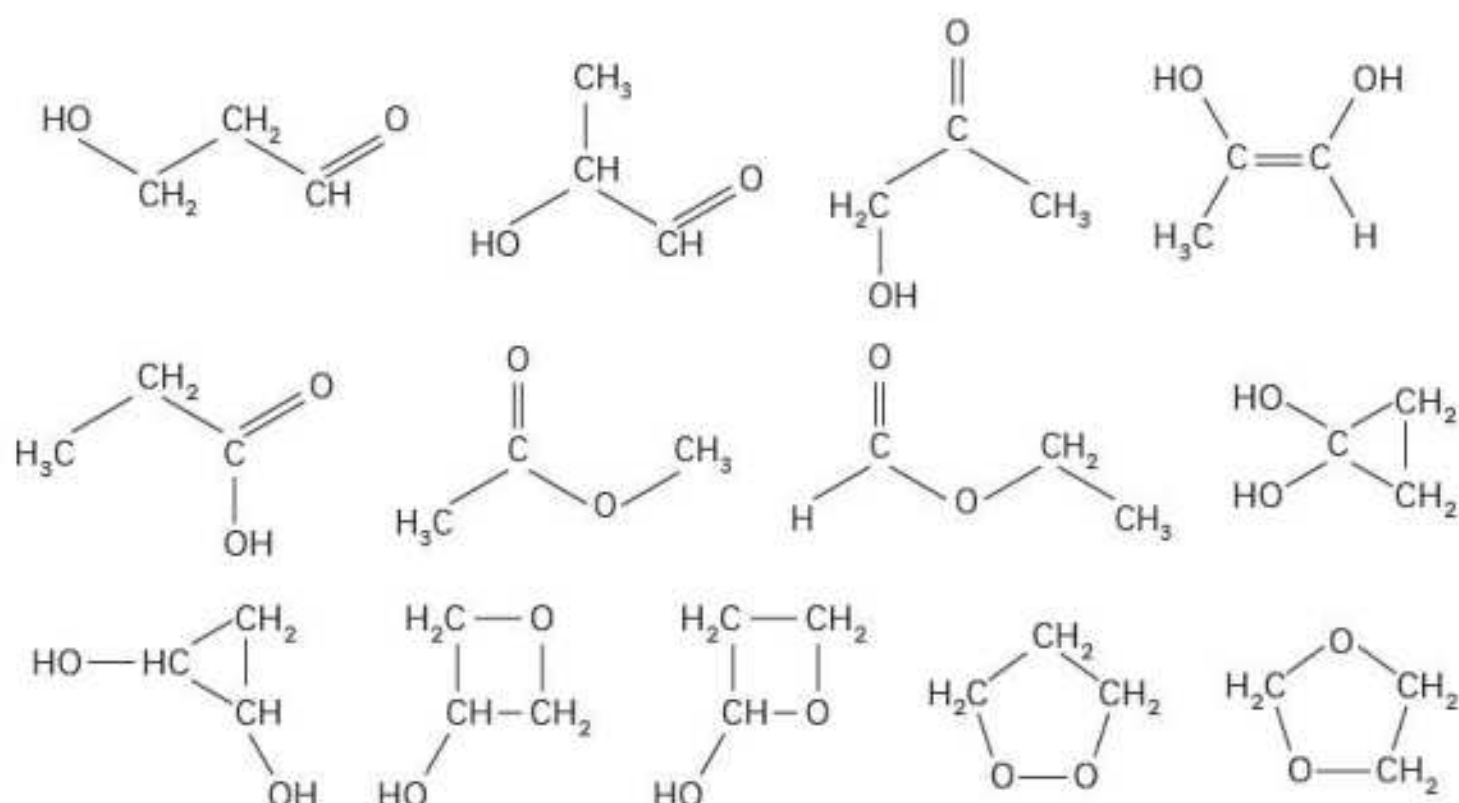
Ćwiczenia

3. Pamiętaj, że atom węgla jest w związkach organicznych zawsze czterowartościowy (tworzy cztery wiązania), a wiązanie wodór-węgiel jest zawsze pojedyncze, narysuj w zeszycie wzory strukturalne wszystkich możliwych izomerów opisanych wzorem sumarycznym C_4H_{10} .
4. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne wszystkich możliwych izomerów opisanych wzorem sumarycznym C_6H_{14} .

Sytuacja jeszcze bardziej się komplikuje, jeśli w cząsteczkach związków organicznych pojawiają się atomy innych pierwiastków niż węgiel i wodór. Wzór su-

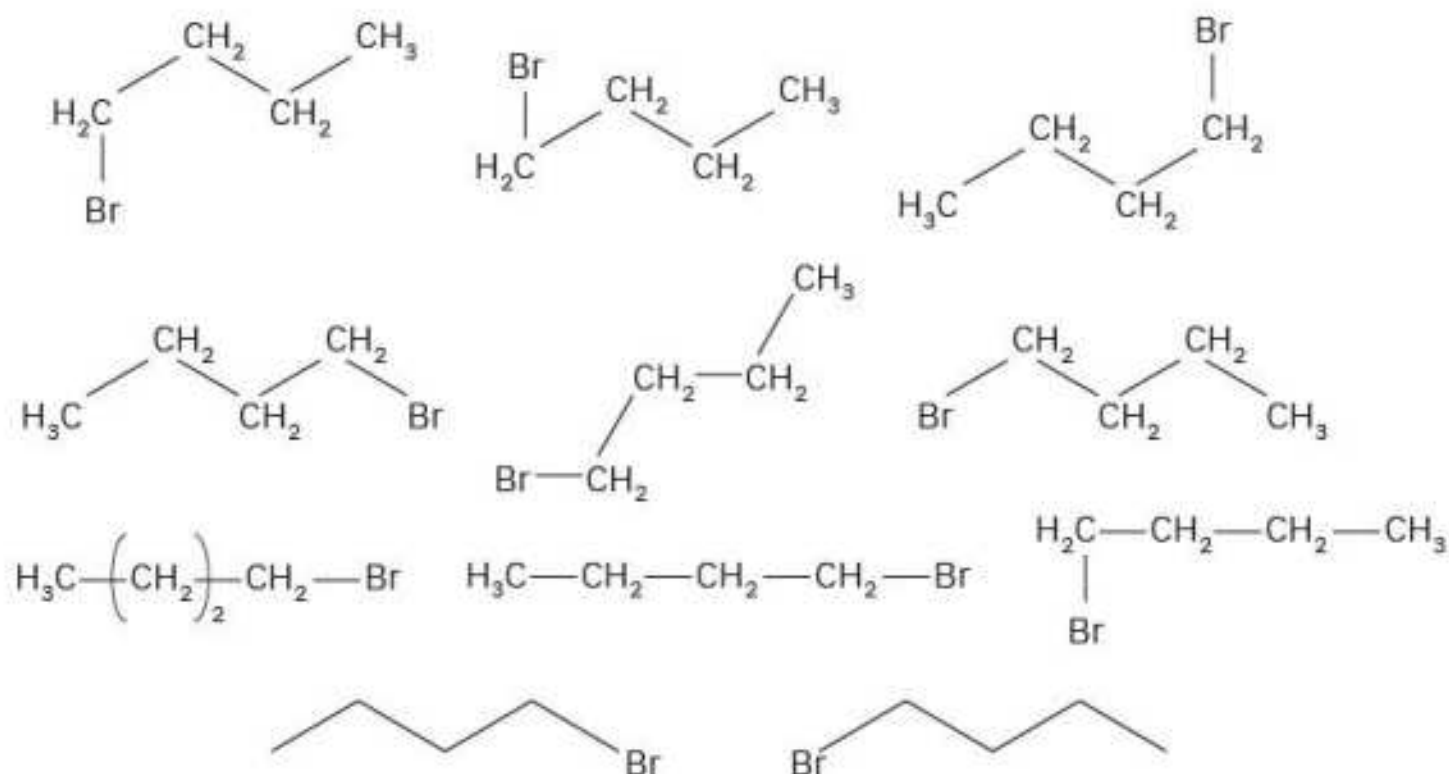


maryczny $C_3H_6O_2$ opisuje co najmniej kilkanaście izomerów. Większość z nich przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 10. Przykładowe izomery opisane wzorem $C_3H_6O_2$.

Ważne jest, by nie mylić izomerów z inaczej przedstawioną strukturą. Dla przykładu: poniższy rysunek nie obrazuje izomerów, ale ten sam związek (rys. 11).



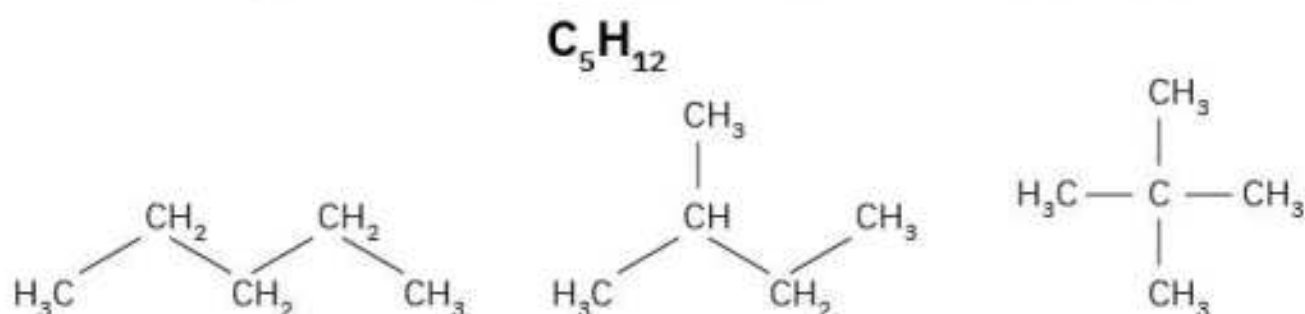
Rys. 11. Wzory grupowe oraz szkieletowe 1-bromobutanu.

2.5. Typy izomerii

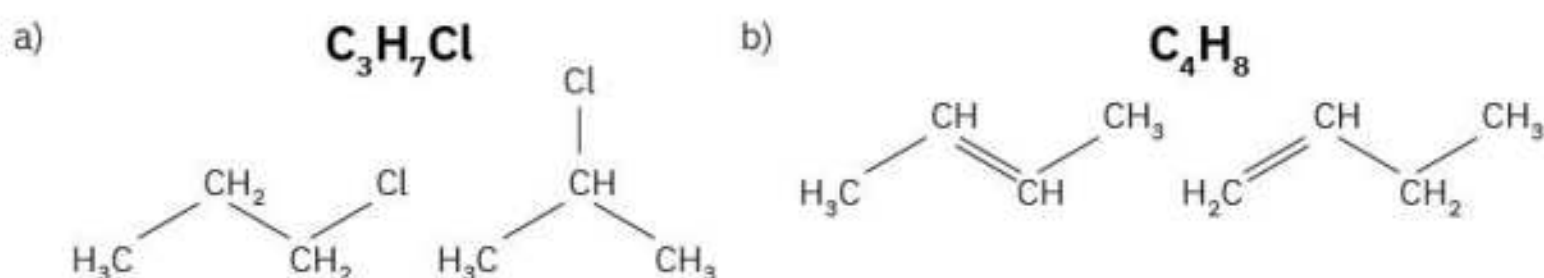
Izomeria to zjawisko polegające na tym, że związki chemiczne mające identyczny wzór sumaryczny różnią się strukturą. W zależności od różnic, jakie występują między izomerami, wyróżnia się typy izomerów, a tym samym – typy izomerii.

Izomery różniące się sposobem położenia atomów oraz kolejnością wiązań chemicznych nazywa się **konstytucyjnymi**. Z kolei izomery, które różnią się przestrzennym rozmieszczeniem atomów, nazywa się **stereoizomerami**. Wśród izomerów konstytucyjnych wyróżnia się izomery:

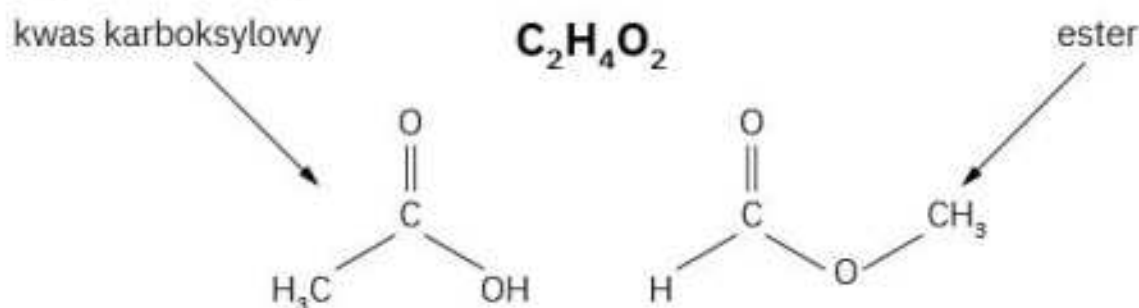
- szkieletowe (łańcuchowe) – różnią się budową szkieletu węglowego;



- położenia – różnią się miejscem wiązania grupy funkcyjnej ze szkieletem węglowym (a) lub występowania wiązania wielokrotnego (b);



- grup funkcyjnych – mają różne grupy funkcyjne (izomery tego typu należą do różnych rodzin związków).



Tym samym wyróżnia się **izomerię szkieletową**, **położenia** oraz **grup funkcyjnych**, nazywaną także **metamerią**.

Izomeria konstytucyjna – zjawisko występowania izomerów różniących się kolejnością i sposobem powiązania atomów w cząsteczce.

izomeria
konstytucyjna

Stereoizomeria – zjawisko występowania izomerów różniących się ułożeniem podstawników w przestrzeni.

stereoizomeria

Izomeria szkieletowa – rodzaj izomerii konstytucyjnej, w którym różnice pomiędzy izomerami wynikają z odmiennej budowy szkieletu węglowego.

izomeria
szkieletowa

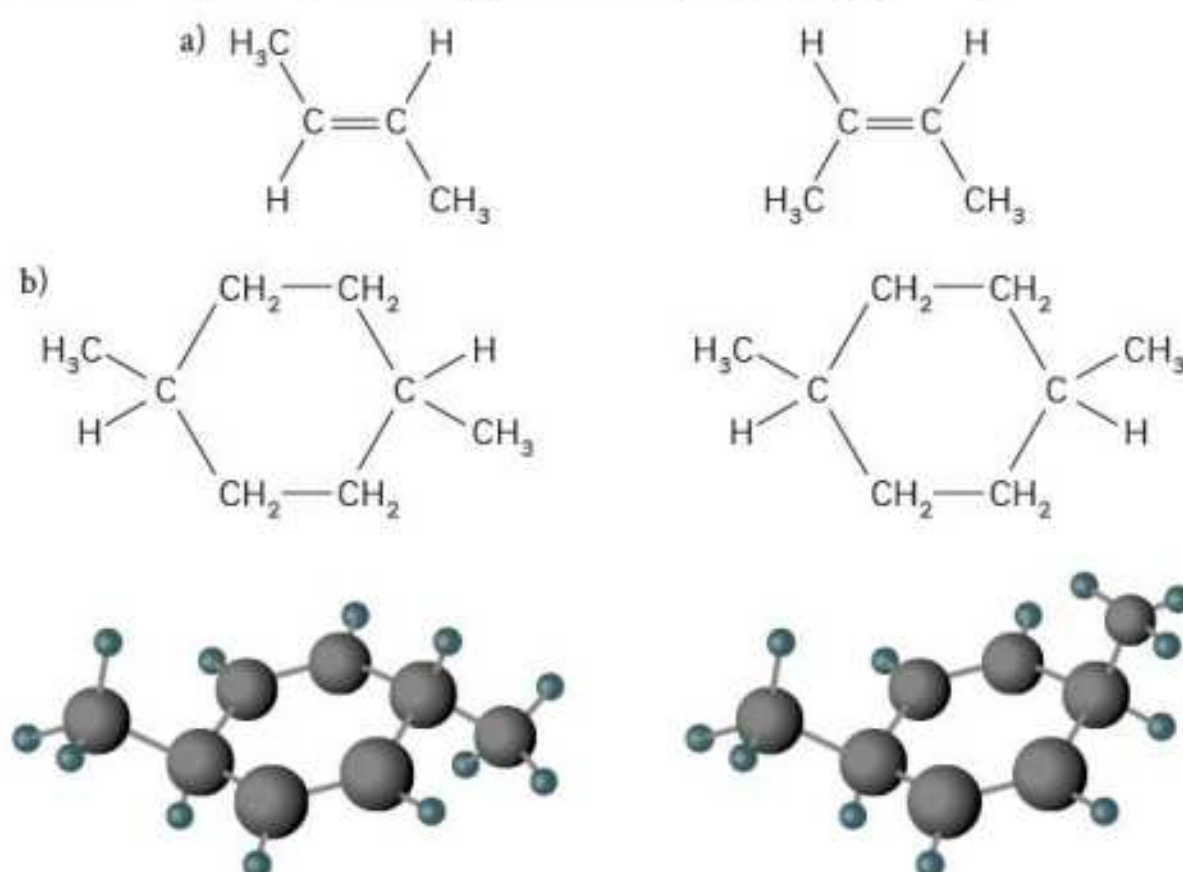
izomeria
położenia

Izomeria położenia – rodzaj izomerii konstytucyjnej, w którym różnice pomiędzy izomerami wynikają ze zmiany miejsca występowania podstawnika lub wiązania wielokrotnego.

izomeria grup
funkcyjnych

Izomeria grup funkcyjnych – rodzaj izomerii konstytucyjnej, w którym różnice pomiędzy izomerami wynikają z obecności innego typu grup funkcyjnych.

Wśród stereoizomerów także wyróżnia się kilka typów. Jednym z nich są **izomery geometryczne** wskazujące na położenie podstawników względem płaszczyzny odniesienia, jaką wyznacza wiązanie podwójne między atomami węgla (a) lub też układ cykliczny tworzony przez atomy węgla (b) (rys. 12).



Rys. 12. Przykładowe izomery geometryczne.

*Innym typem stereoizomerów są **konformery**. Jest to rodzaj izomerów wynikający z obrotu podstawników wokół wiązania pojedynczego lub też ze zmiany kątów między wiązaniami w układach cyklicznych będącej skutkiem wzajemnych oddziaływań atomów. W niektórych przypadkach nie można wyizolować konkretnego izomeru konformacyjnego, ponieważ konformery nieustannie przekształcają się wzajemnie. Przewagę danego konformera można zauważyć w przypadku, gdy ma on zdecydowanie niższą energię niż konformer „konkurencyjny”.

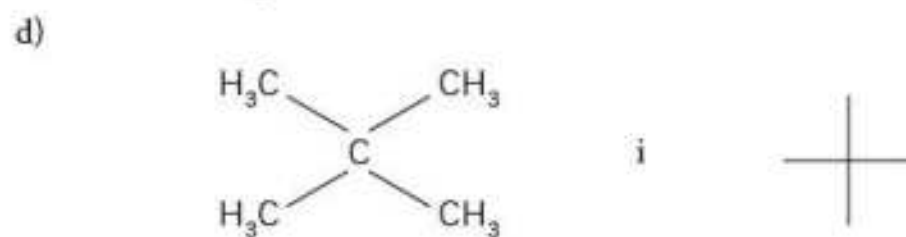
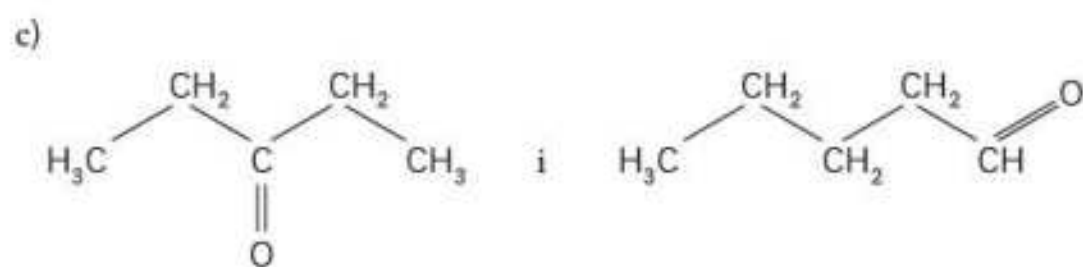
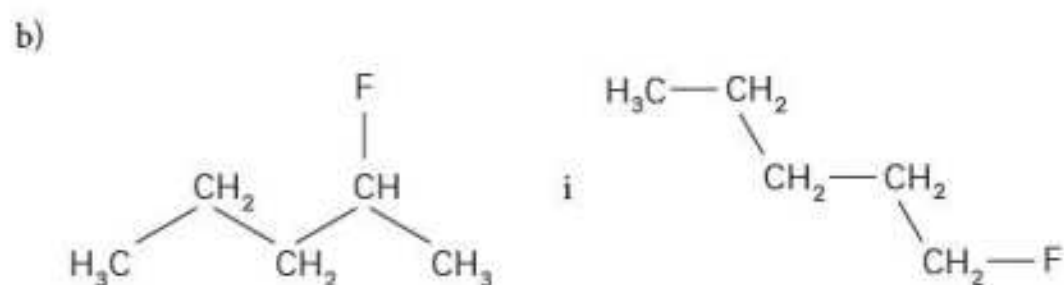
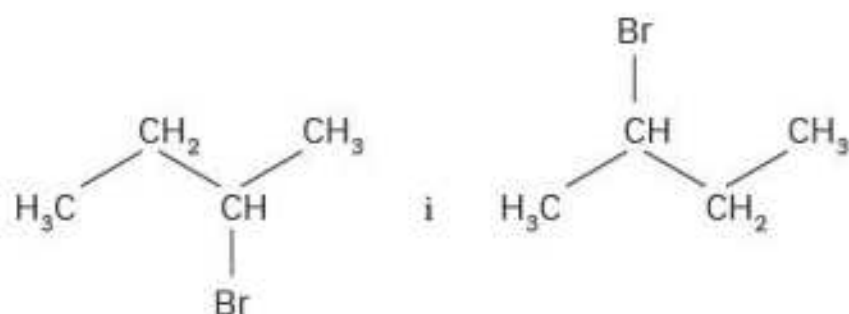


Rys. 13. Modele przykładowych konformerów.

Izomery geometryczne – rodzaj izomerów różniących się rozmieszczeniem podstawników względem płaszczyzny wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub układ cykliczny.

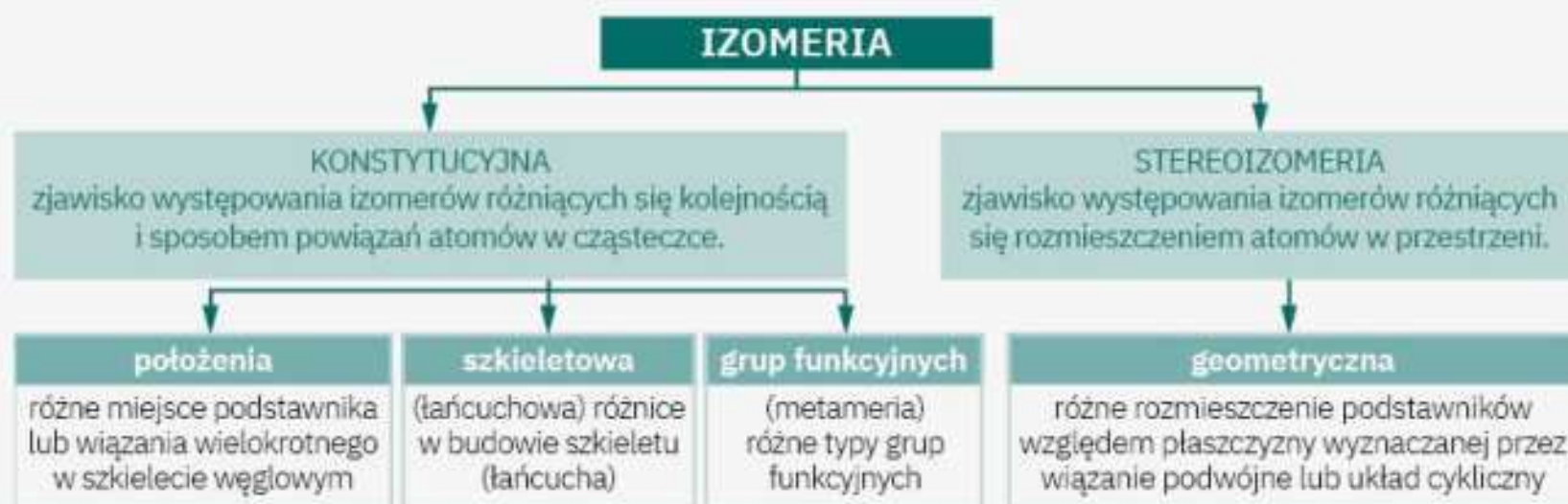
Ćwiczenia

- Napisz wzór strukturalny izomeru bromobutanu przedstawionego na rysunku 11.
- Pamiętając o teorii strukturalnej związków organicznych oraz o tym, że tlen tworzy dwa wiązania, narysuj strukturę izomerów opisanych wzorem sumarycznym C_2H_6O za pomocą wzorów: strukturalnych, półstrukturalnych i szkieletowych.
- Wskaż pary izomerów wśród poniższych par związków.



PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 14 • **Wzór sumaryczny** – wzór uwzględniający wyłącznie rodzaj i liczbę poszczególnych atomów tworzących cząsteczkę związku chemicznego.
- s. 14 • **Grupa funkcyjna** – atom lub zbiór atomów połączony ze szkieletem węglowym występujący we wszystkich cząsteczkach należących do jednej rodziny.
- s. 15 • **Wzór strukturalny** – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także kolejność występowania kolejnych atomów oraz sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego.
- s. 15 • **Wzór półstrukturalny (grupowy)** – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego bez przedstawiania wiązań między węglem a wodorem.
- s. 15 • **Wzór półstrukturalny (grupowy) uproszczony** – wzór półstrukturalny, w którym powtarzające się fragmenty cząsteczki są podane w nawiasie.
- s. 16 • **Wzór szkieletowy** – wzór przedstawiający wyłącznie strukturę szkieletu węglowego wraz z grupami funkcyjnymi połączonymi wiązaniem z odpowiednim atomem węgla.
- s. 19 • **Izomeria** – zjawisko występowania cząsteczek o tym samym składzie jakościowym i ilościowym (taki sam wzór sumaryczny) różniących się budową strukturalną (różne wzory strukturalne).

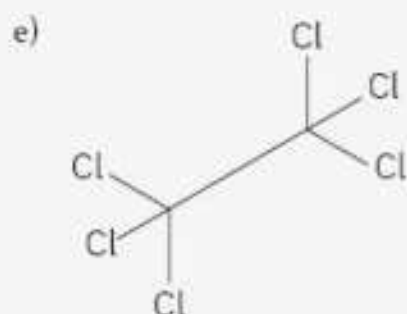
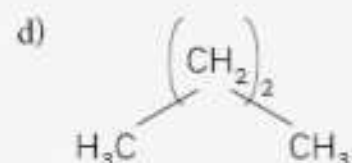
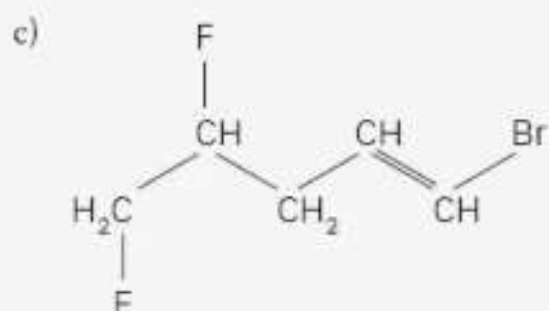
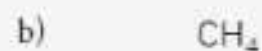
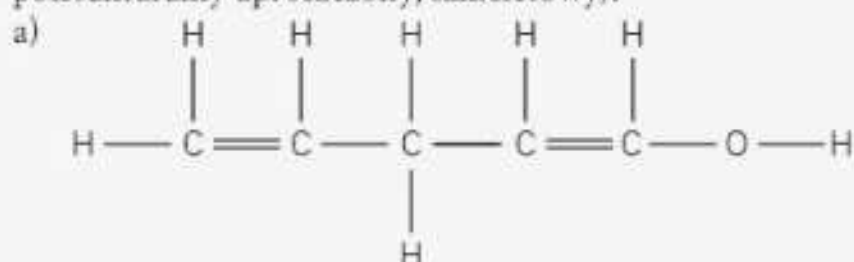


Typy wzorów			
Wzór sumaryczny	Wzór strukturalny		
$C_5H_{10}O$			
Wzór półstrukturalny	Wzór półstrukturalny uproszczony	Wzór szkieletowy	

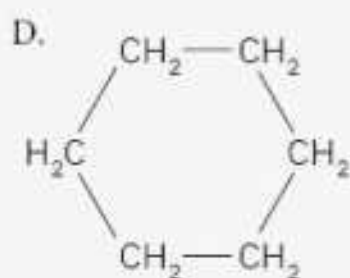
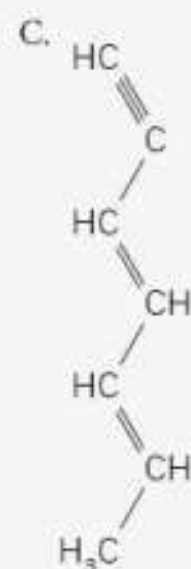
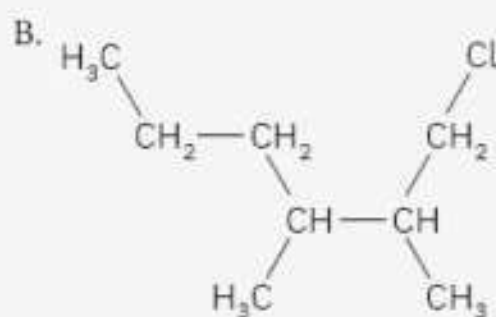
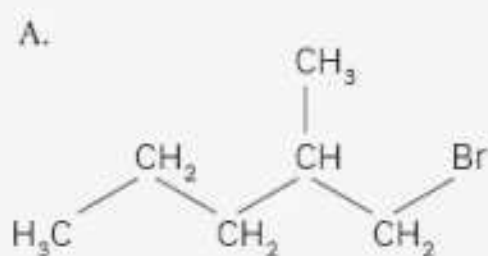
Typy izomerów	konstrytucyjnych	Izomery szkieletowe	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH} \quad \text{OH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{HC}-\text{CH}=\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
		Izomery położenia	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$
		Izomery grupy funkcyjnej	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad // \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$
	stereoizomerów	Izomery geometryczne	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przepisz do zeszytu poniższe wzory i określ ich rodzaj (sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny, półstrukturalny uproszczony, szkieletowy).

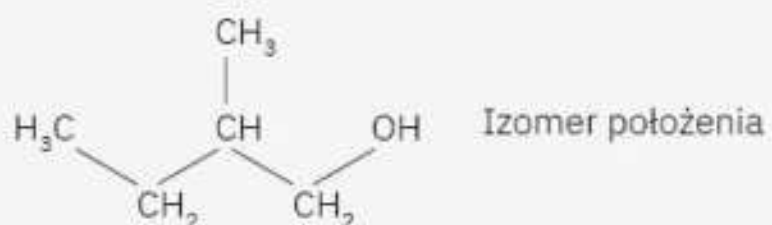
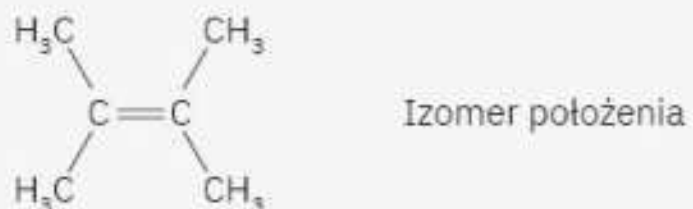
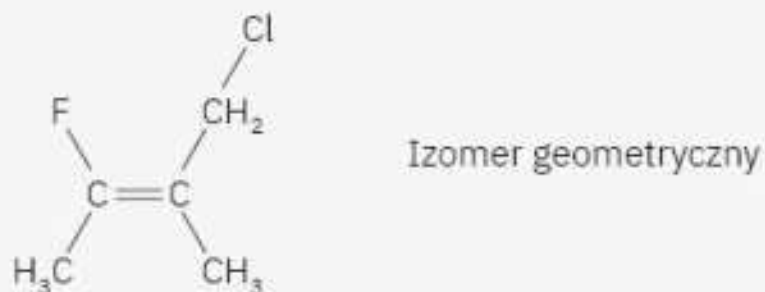
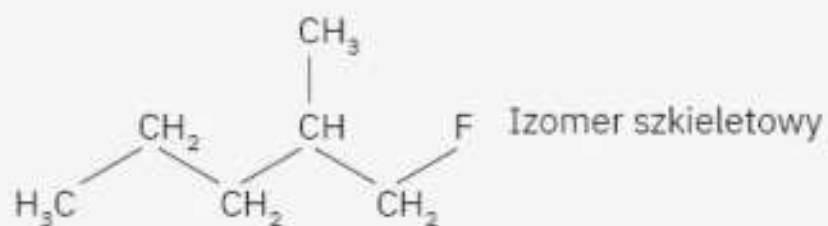


2. Dla poniższych struktur (A–D) narysuj w zeszycie podane wzory (a–d).

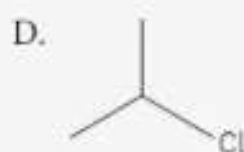
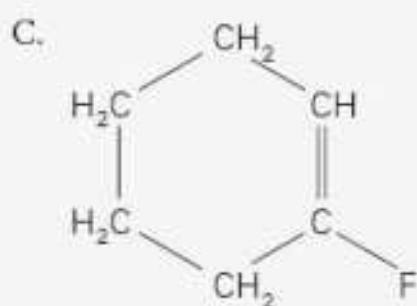
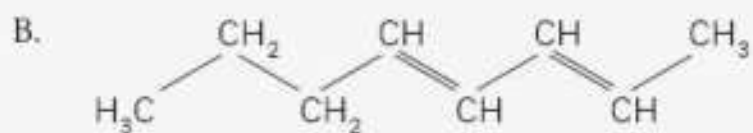
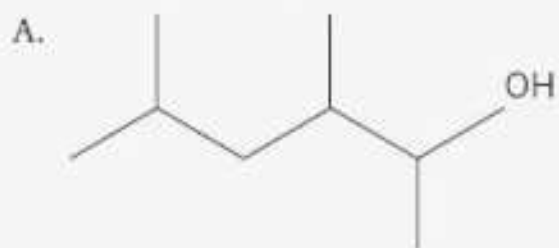


- a) wzór sumaryczny
 b) wzór strukturalny
 c) wzór półstrukturalny uproszczony (wszędzie tam, gdzie jest to możliwe)
 d) wzór szkieletowy

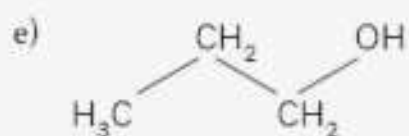
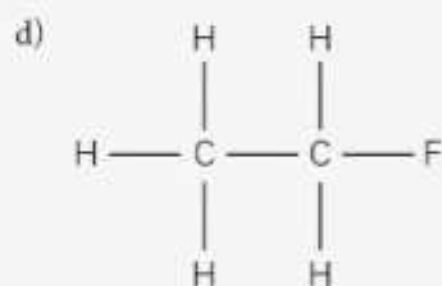
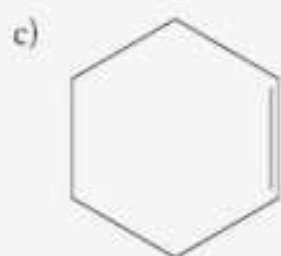
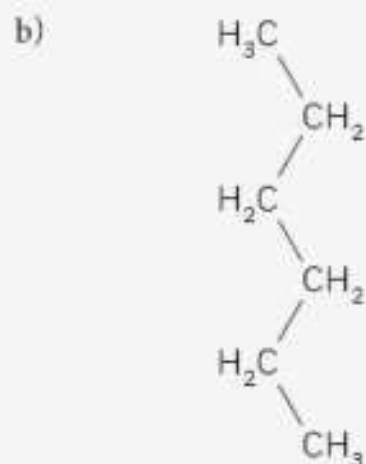
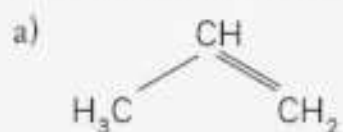
3. Dla poniższych związków narysuj w zeszycie strukturę wskazanego przykładowego izomeru.



4. Dla poniższych struktur (A–D) zaproponuj i narysuj w zeszycie struktury co najmniej dwóch izomerów konstytucyjnych oraz określ typ narysowanych izomerów.



5. Pamiętaj, że izomerami nie są struktury związków różniące się sposobem zapisu, spośród poniższych wybierz te, dla których jest możliwe narysowanie dowolnego typu izomeru konstytucyjnego. Dla wybranych struktur narysuj w zeszycie struktury ich izomerów, stosując wzór szkieletowy.



3. Klasyfikacja związków organicznych. Szereg homologiczny. Typy reakcji, jakim ulegają związki organiczne

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak klasyfikuje się związki organiczne;
- czym jest szereg homologiczny;
- jakim typom reakcji ulegają związki organiczne.

Ze względu na analogię struktur szkieletu węglowego w cząsteczkach związków organicznych klasyfikuje się je do odpowiedniej grupy. Ze względu na podobieństwo strukturalne występujące w obrębie jednej grupy związki należące do jednej rodziny wykazują podobne właściwości chemiczne, czyli ulegają tym samym typom reakcji.

3.1. Klasyfikacja związków organicznych

W zależności od struktury szkieletu węglowego cząsteczek organicznych dzielą się one na **łańcuchowe** (zwane także alifatycznymi, a czasami acyklicznymi) oraz **cykliczne** (nazywane czasami pierścieniowymi). Do pierwszej grupy zalicza się związki niezawierające układów cyklicznych, a do drugiej – związki zawierające co najmniej jeden taki układ. Związki cykliczne dzielą się natomiast na związki **karbocykliczne**, czyli takie, których układy pierścieniowe tworzą wyłącznie atomy węgla oraz **heterocykliczne**, których pierścienie zawierają przynajmniej jeden inny pierwiastek niż węgiel, nazywany heteroatomem. Zarówno związki karbocykliczne, jak i heterocykliczne mogą być **aromatyczne** lub **niearomatyczne** (rys. 14). O tym, czy związek jest aromatyczny, czy niearomatyczny decyduje m.in. reguła Hückla* (czytaj: hukla; więcej dowiesz się o niej w dalszej części podręcznika).



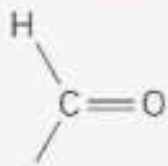
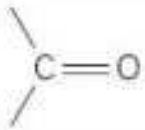
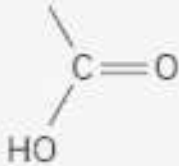
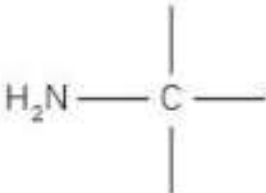
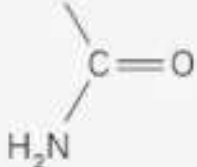
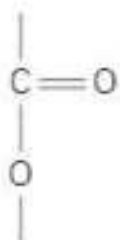
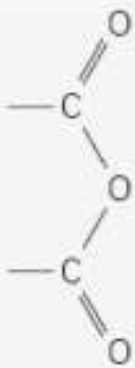
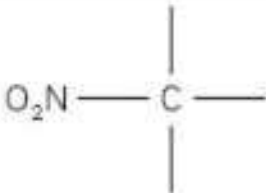
Rys. 14. Podział związków organicznych uwzględniający strukturę szkieletu węglowego oraz obecność heteroatomów.

Na podstawie krotności wiązania między atomami węgla związki organiczne dzieli się na **nasycone** i **nienasycone**. Związki nasycone zawierają wyłącznie wiązania pojedyncze między atomami węgla. W cząsteczkach związków nienasyconych między atomami węgla występują wiązania wielokrotne (podwójne lub potrójne). Ponadto spośród układów nienasyconych można wyróżnić wspomniane wcześniej związki aromatyczne, czyli takie, które zawierają pierścienie aromatyczne (spełniają regułę Hückla*).

Każda z wymienionych grup dzieli się na odpowiednie rodziny/klasę związków. Rodzaj grupy funkcyjnej występujący w cząsteczkach związków organicznych determinuje – poza właściwościami chemicznymi danych związków – ich przynależność do określonej rodziny/klasę związków. Najprostszą grupę związków organicznych stanowią węglowodory, których cząsteczki są zbudowane wyłącznie z atomów węgla i wodoru. Do pozostałych klas związków organicznych zalicza się: fluorowcopochodne (zwane także halogenopochodnymi lub halogenkami), alkohole, etery, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, aminy, amidy, estry, bezwodniki kwasowe, związki nitrowe, a także np. związki nitrylowe. Wszystkie wymienione powyżej klasy związków zawierają inną, charakterystyczną dla siebie grupę funkcyjną (tab. 2).

Tab. 2. Najważniejsze klasy związków organicznych

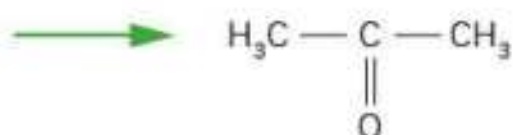
Nazwa klasy związków organicznych	Wzór strukturalny fragmentu szkieletu danej klasy związków zawierającego grupę funkcyjną	Nazwa grupy funkcyjnej	Przykład związku
węglowodory	$\begin{array}{c} \\ \text{---C---H} \\ \end{array}$	–	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ propan
fluorowcopochodne (halogenopochodne, halogenki)	$\begin{array}{c} \\ \text{---C---X} \\ \end{array}$ $\text{X} = \text{F, Cl, Br lub I}$	fluorowiec, halogen	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 1-chloropropan
alkohole	$\begin{array}{c} \\ \text{---C---OH} \\ \end{array}$	grupa hydroksylowa	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ propan-1-ol (alkohol propylowy)
etery	$\begin{array}{c} \qquad \\ \text{---C---O---C---} \\ \qquad \end{array}$	grupa eterowa	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ eter dipropylowy

Nazwa klasy związków organicznych	Wzór strukturalny fragmentu szkieletu danej klasy związków zawierającego grupę funkcyjną	Nazwa grupy funkcyjnej	Przykład związku
aldehydy		grupa aldehydowa (C=O – grupa karbonylowa)	CH ₃ CH ₂ CHO propanal (aldehyd propionowy)
ketony		grupa ketonowa	CH ₃ C(O)CH ₃ (*) propanon (aceton)
kwasy karboksylowe		grupa karboksylowa	CH ₃ CH ₂ COOH kwas propanowy (kwas propionowy)
aminy		grupa aminowa	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NH ₂ propyloamina
amidy		grupa amidowa	CH ₃ CH ₂ C(O)NH ₂ propyloamid, propionamid (amid kwasu propanowego)
estry		grupa estrowa	CH ₃ C(O)OCH ₃ ester metylowy kwasu etanowego (octan metylu)
bezwodniki kwasowe		–	CH ₃ CH ₂ C(O)COC(O)CH ₂ CH ₃ bezwodnik propionowy (bezwodnik kwasu propanowego, bezwodnik kwasu propionowego)
związki nitrowe		grupa nitrowa	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂ nitropropan

Nazwa klasy związków organicznych	Wzór strukturalny fragmentu szkieletu danej klasy związków zawierającego grupę funkcyjną	Nazwa grupy funkcyjnej	Przykład związku
związki nitrylowe (nityle)	$\begin{array}{c} \\ \text{N} \equiv \text{C} - \text{C} - \\ \end{array}$	grupa nitrylowa	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ nitrylopropan (propionitryl)

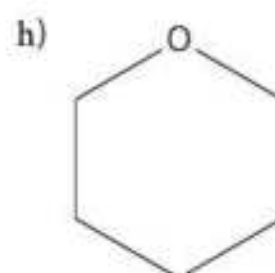
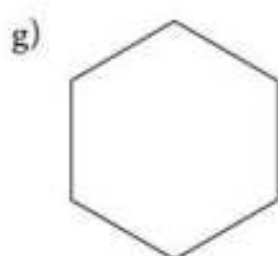
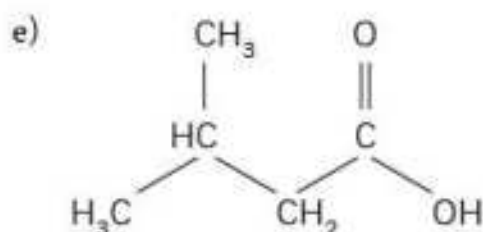
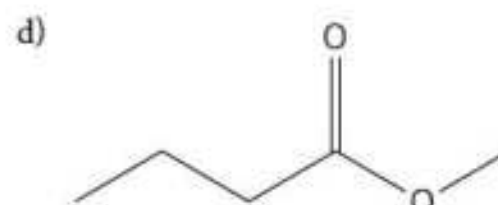
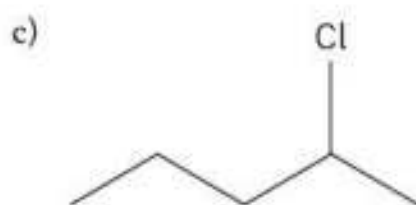
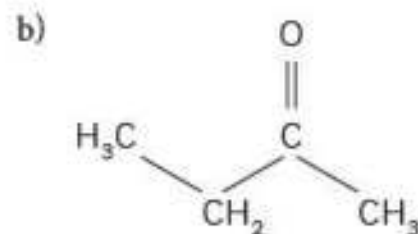
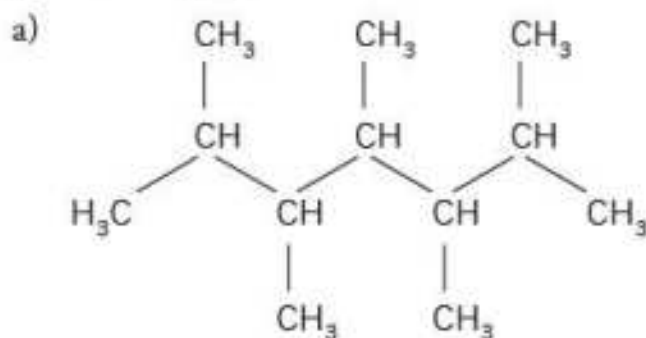
Uwaga!

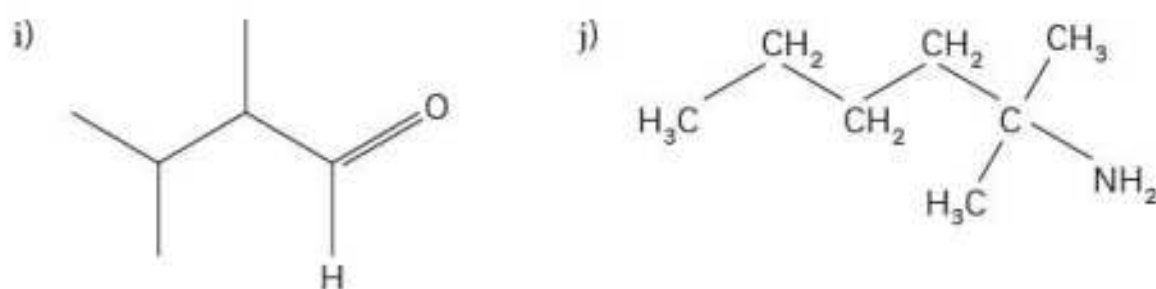
(*) Zapis $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_3$ oznacza, że atom lub grupa atomów umieszczona w nawiasie jest połączona wyłącznie z atomem poprzedzającym.



Ćwiczenie

1. Na podstawie informacji podanych w tabeli 2 zaklasyfikuj poniższe związki do odpowiednich grup.





Istnieją także związki zawierające kilka grup funkcyjnych w jednej cząsteczce. Związki mające kilka tych samych grup funkcyjnych zalicza się do tej samej grupy, co związki zawierające jedną grupę funkcyjną, a ich nazwy tworzy się przez dodanie przedrostka liczebnikowego wskazującego na liczbę grup funkcyjnych obecnych w jednej cząsteczce danego związku. Dla przykładu: aminy zawierające dwie grupy aminowe nazywa się diaminami, a związki zawierające dwie grupy hydroksylowe nazywa się diolami, ponieważ nazwy wszystkich alkoholi mają końcówkę -ol. W chemii organicznej wyróżnia się także **związki wielofunkcyjne**, czyli takie, które zawierają kilka rodzajów grup funkcyjnych w jednej cząsteczce. Przykładem związków dwufunkcyjnych są aminokwasy z grupą funkcyjną -COOH oraz -NH₂.

Związki wielofunkcyjne – związki mające więcej niż jeden rodzaj grupy funkcyjnej.

związki
wielofunkcyjne

3.2. Szeregi homologiczne

Związki ze wszystkich klas związków organicznych tworzą **szeregi homologiczne**. Szeregiem homologicznym nazywa się nieskończony szereg związków chemicznych, których cząsteczki różnią się od siebie dowolną liczbą grup -CH₂- (grup metylenowych). Związki te mają zatem podobną budowę oraz taką samą grupę funkcyjną, a różnią się tylko liczbą atomów węgla w szkielecie węglowym. Oznacza to, że związki z tego samego szeregu homologicznego, zwane **homologami**, wykazują podobne właściwości chemiczne.

Szereg homologiczny – nieograniczony liczbowo szereg związków chemicznych, których cząsteczki różnią się od siebie dowolną liczbą grup metylenowych (-CH₂-) i wykazują podobne właściwości chemiczne.

szereg
homologiczny

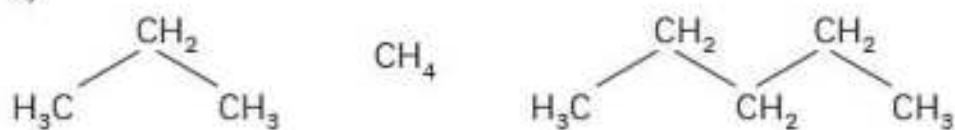
Homologi – związki chemiczne należące do tego samego szeregu homologicznego.

homologi

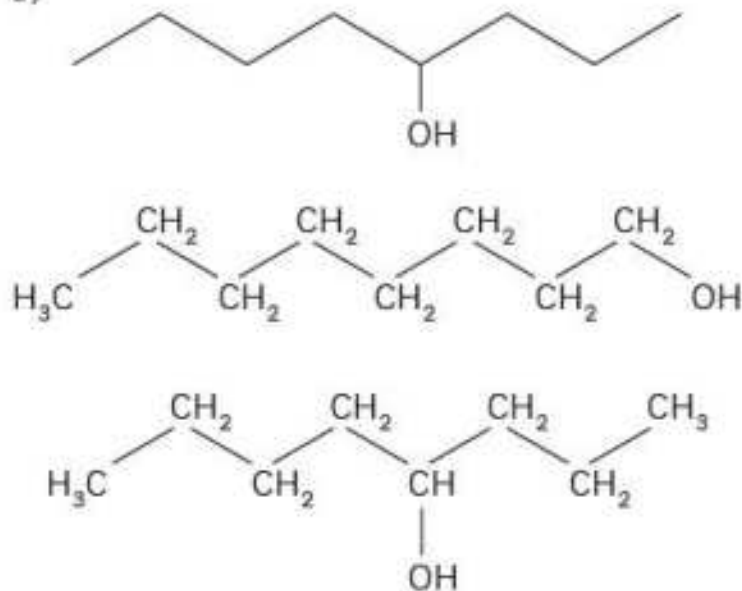
Ćwiczenia

2. Wskaż wśród poniższych grup związków te, które tworzą szereg homologiczny.

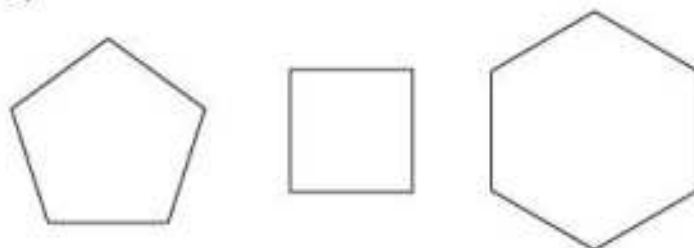
a)



b)



c)

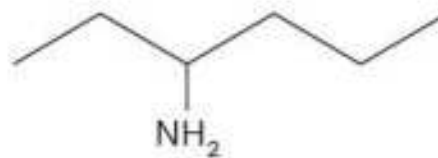


3. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne trzech dowolnych homologów dla podanych związków.

a)



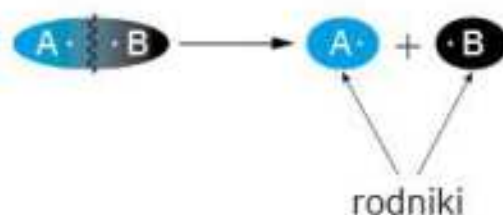
b)



c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

3.3. Typy reakcji chemicznych w chemii organicznej

Jak już wiadomo, związki należące do jednej klasy związków organicznych mają analogiczne właściwości chemiczne, czyli ulegają tym samym reakcjom. Reakcje w chemii organicznej dzielą się na dwa główne typy: **reakcje rodnikowe (homolityczne)** oraz **jonowe (heterolityczne)**. W reakcjach rodnikowych pary elektronowe tworzące wiązania kowalencyjne ulegają rozerwaniu w taki sposób, że każdy z powstających indywiduów chemicznych ma jeden niesparowany elektron.



Rozkład homolityczny wiązania prowadzi do powstania reaktywnych form przejściowych o nieparzystej liczbie elektronów. Takie indywiduum zawierające niesparowany elektron nazywa się **rodnikiem**.

Rodnik – reaktywne indywiduum chemiczne mające niesparowany elektron.

rodnik

W reakcjach jonowych z kolei w wyniku rozerwania wiązania kowalencyjnego para elektronów tworzących to wiązanie zostaje przy jednym z powstających fragmentów. Fragment przejmujący parę elektronową staje się indywiduum o ładunku ujemnym – **anionem**, a drugi fragment staje się indywiduum o ładunku dodatnim – **kationem**.



Warto zwrócić uwagę, że oznaczenie ładunków, ze względu na odróżnienie zwłaszcza ładunków ujemnych od wolnych par elektronowych, w chemii organicznej podaje się w kółkach ($\ominus$; $\oplus$). Powstające w wyniku rozpadu heterolitycznego aniony i kationy są nietrwałymi produktami przejściowymi i szybko ulegają dalszym przemianom. Reakcje następujące po rozpadzie heterolitycznym zachodzą z udziałem powstałego kationu (**czynnika elektrofilowego – elektrofila** – indywiduum mającego deficyt elektronów, a zatem duże powinowactwo do elektronów) lub z udziałem anionu (**czynnika nukleofilowego – nukleofila** – indywiduum mającego nadmiar elektronów, a zatem duże powinowactwo do jąder atomowych). Czynnikiem elektrofilowym mogą być także inne układy charakteryzujące się luką elektronową, np. bieguny dodatnie dipoli. Funkcję czynnika nukleofilowego mogą także pełnić cząsteczki obojętne elektrycznie mające wolną parę elektronową lub pary elektronowe albo bieguny ujemne dipoli.

czynnik
elektrofilowy
(elektrofil)

Czynnik elektrofilowy (elektrofil) – indywiduum chemiczne mające deficyt elektronów. Jest akceptorem pary elektronowej i przyjmuje parę elektronową, tworząc nowe wiązanie chemiczne.

czynnik
nukleofilowy
(nukleofil)

Czynnik nukleofilowy (nukleofil) – indywiduum chemiczne mające nadmiar elektronów. Jest dawcą pary elektronowej i przekazuje parę elektronową, tworząc nowe wiązanie chemiczne.

Reakcje organiczne zachodzą w wyniku aktywnych zderzeń dwóch indywiduów. Takim zderzeniom mogą ulegać dwie obojętne elektrycznie cząsteczki, dwa jony lub dwa rodniki. Reagować ze sobą mogą także cząsteczki obojętne z jonem bądź też z rodnikiem.

Reakcje chemiczne związków organicznych dzieli się na trzy główne typy reakcji:

- reakcje podstawienia (substytucji), oznaczane często symbolem S;
- reakcje przyłączenia (addycji), oznaczane symbolem A;
- reakcje odszczepienia (eliminacji), oznaczane symbolem E.

3.4. Reakcje substytucji

Reakcje substytucji polegają na tym, że pojedynczy atom lub grupa funkcyjna w danej cząsteczce substratu zostaje podstawiona, czyli zastąpiona innym atomem lub grupą funkcyjną. Podstawienie może następować w wyniku działania rodnika. Taka reakcja nazywa się **substytucją rodnikową (S_R)**.

Jeśli podstawienie zachodzi w wyniku działania czynnika elektrofilowego, taką reakcję substytucji określa się jako **substytucję elektrofilową (S_E)**.

Analogicznie podstawienie zachodzące poprzez działanie czynnika nukleofilowego nazywa się **substytucją nukleofilową (S_N)**.

reakcja
substytucji

Reakcja substytucji – reakcja, w której następuje podstawienie atomu lub grupy funkcyjnej innym atomem lub inną grupą funkcyjną.

reakcja
substytucji
rodnikowej

Reakcja substytucji rodnikowej – reakcja podstawienia, w której czynnikiem powodującym reakcję jest rodnik.

reakcja
substytucji
elektrofilowej

Reakcja substytucji elektrofilowej – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik elektrofilowy.

Reakcja substytucji nukleofilowej – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik nukleofilowy.

reakcja
substytucji
nukleofilowej

3.5. Reakcje addycji

Innym typem reakcji są **reakcje addycji**, czyli przyłączenia. Reakcje te są charakterystyczne dla związków zawierających wiązania wielokrotne między atomami węgla. W zależności od indywiduum (rodnik, elektrofil, nukleofil), które przyłącza się do wiązania nienasyconego jako pierwsze, wśród reakcji addycji wyróżnia się odpowiednio: addycję rodnikową, elektrofilową i nukleofilową. Najczęściej spotykanym rodzajem addycji jest **addycja elektrofilowa (A_E)**.

Reakcja addycji – reakcja, w której następuje przyłączenie substratu najczęściej do wiązania nienasyconego.

reakcja addycji

Reakcja addycji elektrofilowej – reakcja przyłączenia, w której jako pierwszy przyłącza się czynnik elektrofilowy.

reakcja addycji
elektrofilowej

3.6. Reakcje eliminacji

Poza reakcjami substytucji oraz addycji wyróżnia się **reakcje eliminacji**, czyli odszczepienia. Dwa podstawniki zostają odłączone od cząsteczki substratu. Jeżeli eliminacji ulegają podstawniki z sąsiadujących atomów węgla, zachodzi wówczas tzw. β -eliminacja, której produktami są związki zawierające wiązania wielokrotne.

Znane są także reakcje eliminacji polegające na odłączeniu dwóch podstawników od tego samego atomu w cząsteczce substratu lub też eliminacji dwóch podstawników z atomów niesąsiadujących ze sobą w cząsteczce substratu. Ten drugi rodzaj eliminacji prowadzi do powstawania produktów cyklicznych.

Reakcja eliminacji – reakcja polegająca na odszczepieniu dwóch podstawników.

reakcja eliminacji

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 29

ZWIĄZKI ORGANICZNE				
łańcuchowe	cykliczne (pierścieniowe)			
	karbocykliczne		heterocykliczne	
	aromatyczne	nienaromatyczne	aromatyczne	nienaromatyczne

ZWIĄZKI ORGANICZNE	
ZWIĄZKI NASYCONY	ZWIĄZKI NENASYCONY

s.
30–32

Nazwa klasy związków organicznych	Wzór sumaryczny grupy funkcyjnej danej klasy związków	Nazwa grupy funkcyjnej
węglowodory	–	–
fluorowcopochodne (halogenopochodne, halogenki)	–X X – F, Cl, Br lub I	halogen, fluorowiec
alkohole	–OH	grupa hydroksylowa
etery	–COC–	grupa eterowa
aldehydy	–CHO	grupa aldehydowa
ketony	–CO	grupa ketonowa
kwasy karboksylowe	–COOH	grupa karboksylowa
aminy	–NH ₂	grupa aminowa
amidy	–CONH ₂	grupa amidowa
estry	–COOC–	grupa estrowa
bezwodniki kwasowe	–C(O)OC(O)–	–
związki nitrowe	–NO ₂	grupa nitrowa
związki nitrylowe (nitryle)	–CN	grupa nitrylowa

- **Związki wielofunkcyjne** – związki mające więcej niż jeden rodzaj grupy funkcyjnej. s. 33
- **Szereg homologiczny** – nieograniczony liczbowo szereg związków chemicznych, których cząsteczki różnią się od siebie dowolną liczbą grup metylenowych ($-\text{CH}_2-$) i charakteryzują się podobnymi właściwościami chemicznymi. s. 33
- **Homologi** – związki chemiczne należące do tego samego szeregu homologicznego. s. 33

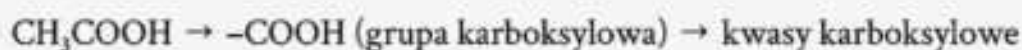
RODNIK	ELEKTROFIL	NUKLEOFIL	s. 35
$\text{R} \cdot$	$\text{E}^{\oplus} / \text{E}$	$\text{Nu}^{\ominus} / \text{Nu}$	
• reaktywne indywiduum chemiczne mające nie-sparowany elektron	• indywiduum chemiczne mające deficyt elektronów • akceptor pary elektronowej	• indywiduum chemiczne mające nadmiar elektronów • dawca pary elektronowej	



- **Reakcja substytucji** – reakcja, w której następuje podstawienie atomu lub grupy funkcyjnej innym atomem lub inną grupą funkcyjną. s. 36
 - **Reakcja substytucji rodnikowej** – reakcja podstawienia, w której czynnikiem powodującym reakcję jest rodnik. s. 36
 - **Reakcja substytucji elektrofilowej** – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik elektrofilowy. s. 36
 - **Reakcja substytucji nukleofilowej** – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik nukleofilowy. s. 37
- **Reakcja addycji** – reakcja, w której następuje przyłączenie substratu najczęściej do wiązania nie-nasyconego. s. 37
 - **Reakcja addycji elektrofilowej** – reakcja przyłączenia, w której jako pierwszy przyłącza się czynnik elektrofilowy. s. 37
- **Reakcja eliminacji** – reakcja polegająca na odszczepieniu dwóch podstawników. s. 37

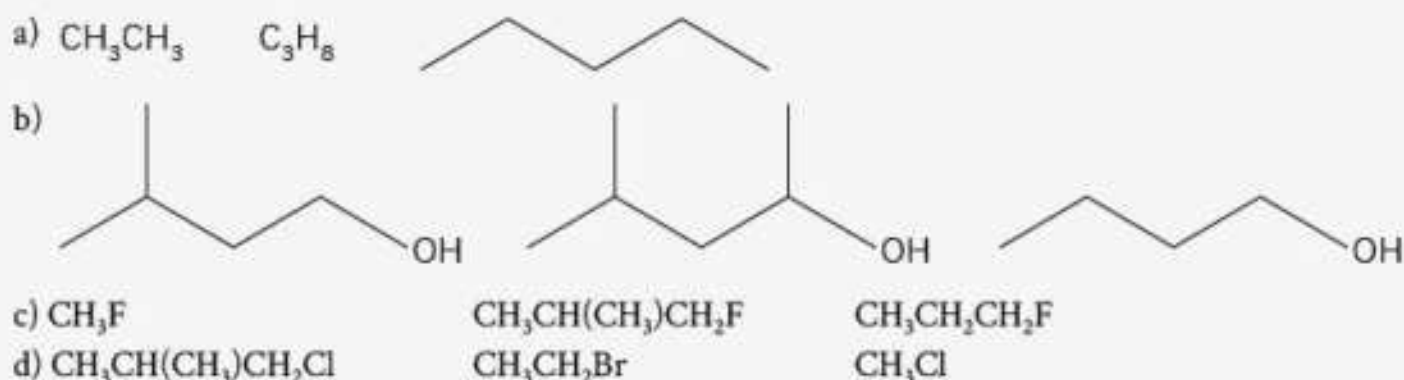
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Nazwij grupy funkcyjne w poniższych związkach i określ, do jakiej grupy związków organicznych należą, np.:



- | | |
|---|--|
| a) CH_3Cl | f) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$ |
| b) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ | g) $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ | h) CH_3NO_2 |
| d) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | i) $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ |
| e) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Br}$ | j) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$ |

2. Wskaż podpunkty, w których przedstawiono związki tworzące szereg homologiczny.



3. Narysuj w zeszycie wzory strukturalne trzech dowolnych homologów podanych związków.

- a) CH_3NH_2
 b) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$
 c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$

4. Oceń prawdziwość poniższych zdań.

- a) Grupą funkcyjną alkoholi jest grupa karboksylowa.
 b) Elektrofil pełni funkcję akceptora pary elektronowej.
 c) Rodnik to indywiduum chemiczne mające nieparzystą liczbę elektronów.
 d) Czynniki nukleofilowe mają nadmiar elektronów.
 e) Nukleofilem może być cząsteczka obojętna elektrycznie mająca wolną parę elektronową lub pary elektronowe albo bieguny ujemne dipoli.
 f) Grupa $-\text{OH}$ jest nazywana grupą hydroksylową.
 g) Homologi mają taki sam wzór sumaryczny, a różnią się wzorem strukturalnym.
 h) Reakcje związków organicznych dzielą się na trzy główne typy: substytucji, addycji oraz eliminacji.

5. Uzupełnij brakujące wyrazy w poniższych zdaniach i zapisz je w zeszycie.

- a) Reakcja substytucji to reakcja, w której następuje atomu lub grupy funkcyjnej innym atomem lub inną grupą funkcyjną.
 b) Reakcja substytucji rodnikowej to reakcja, w której czynnikiem powodującym reakcję jest .
 c) Reakcja addycji to reakcja, w której następuje przyłączenie substratu najczęściej do wiązania .
 d) W zależności od indywiduum (rodnik, elektrofil, nukleofil), które przyłącza się w reakcji addycji jako pierwsze, reakcje addycji dzieli się na: rodnikowe, i nukleofilowe.
 e) Reakcja polegająca na odszczepieniu dwóch podstawników nazywa się reakcją .

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM



- Postulaty teorii strukturalnej związków organicznych Kekulégo, Butlerowa i Coupera:
 1. Każdy związek chemiczny charakteryzuje się właściwą sobie budową, określoną przez rodzaj, liczbę i sposób powiązania atomów tworzących jego cząsteczkę.
 2. Atomy węgla w związkach organicznych są zawsze czterowartościowe (tworzą cztery wiązania).
 3. Atomy węgla mogą się ze sobą łączyć, tworząc łańcuchy o dowolnej długości, proste lub rozgałęzione bądź też zamknięte w układy cykliczne.
 4. Atomy węgla mogą się łączyć ze sobą lub z innymi atomami wiązaniami pojedynczymi, podwójnymi bądź potrójnymi.
 5. Elektrony nieuczestniczące w wiązaniach między atomami węgla są wykorzystywane do tworzenia wiązań z atomami innych pierwiastków.
- **Grupa funkcyjna** – atom lub zbiór atomów połączony ze szkieletem węglowym występujący we wszystkich cząsteczkach należących do jednej rodziny.

s. 11

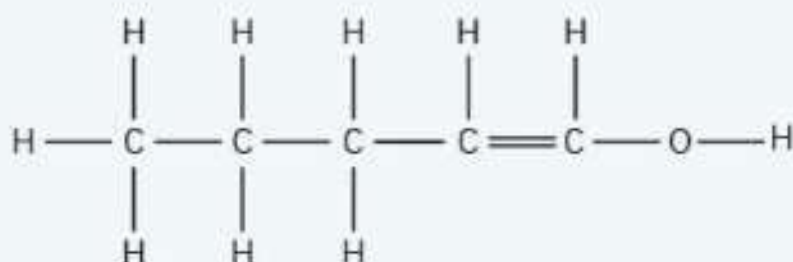
s. 14

Wzory związków chemicznych stosowane w chemii organicznej:

- **Wzór sumaryczny** – wzór uwzględniający wyłącznie rodzaj i liczbę poszczególnych atomów tworzących cząsteczkę związku chemicznego, np. $C_5H_{10}O$.
- **Wzór strukturalny** – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także kolejność występowania kolejnych atomów oraz sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego, np.:

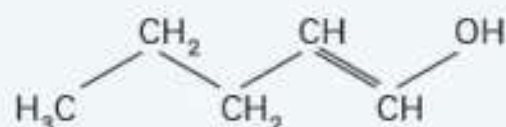
s. 14

s. 15



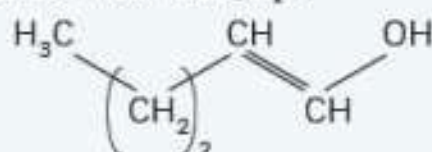
s. 15

- **Wzór półstrukturalny (grupowy)** – wzór uwzględniający rodzaj i liczbę atomów, a także sposób ich połączenia w cząsteczce związku chemicznego bez przedstawiania wiązań między węglem a wodorem, np.:



s. 15

- **Wzór półstrukturalny (grupowy) uproszczony** – wzór półstrukturalny, w którym powtarzające się fragmenty cząsteczki są podane w nawiasie, np.:



s. 16

- **Wzór szkieletowy** – wzór przedstawiający wyłącznie strukturę szkieletu węglowego wraz z grupami funkcyjnymi połączonymi wiązaniem z odpowiednim atomem węgla, np.:

s.
19–24

IZOMERIA

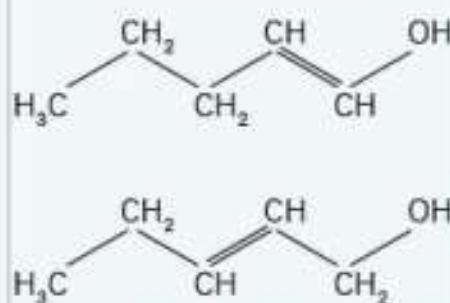
zjawisko występowania cząsteczek o tym samym składzie jakościowym i ilościowym (taki sam wzór sumaryczny), różniących się budową strukturalną (różne wzory strukturalne).

KONSTITUCYJNA

zjawisko występowania izomerów różniących się kolejnością i sposobem powiązania atomów w cząsteczce.

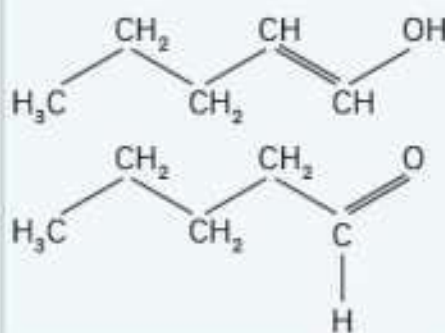
położenia

różne miejsce podstawnika lub wiązania wielokrotnego w szkielecie węglowym



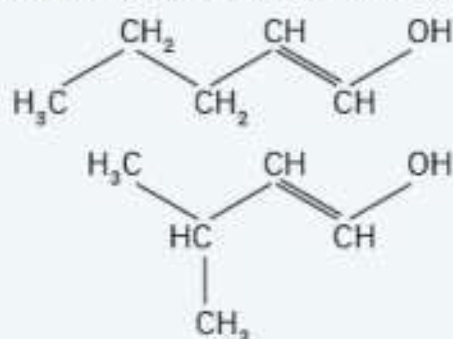
grup funkcyjnych

(metameria)
różne typy grup funkcyjnych



szkieletowa

(łańcuchowa) różnice w budowie szkieletu (łańcucha)

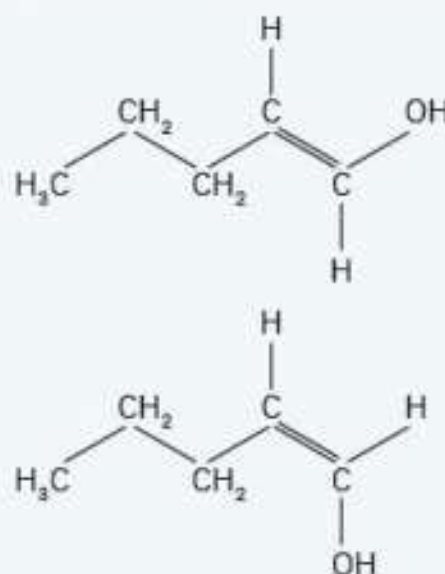


STEREOIZOMERIA

zjawisko występowania izomerów różniących się rozmieszczeniem atomów w przestrzeni.

geometryczna

różne rozmieszczenia podstawników względem płaszczyzny wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub układ cykliczny



ZWIĄZKI ORGANICZNE					s. 29
łańcuchowe	cykliczne (pierścieniowe)				
	karbocykliczne		heterocykliczne		
	aromatyczne	nienaromatyczne	aromatyczne	nienaromatyczne	

Nazwa klasy związków organicznych	Wzór sumaryczny grupy funkcyjnej danej klasy związków	Nazwa grupy funkcyjnej	s. 30–32
węglowodory	–	–	
fluorowcopochodne (halogenopochodne, halogenki)	–X X – F, Cl, Br lub I	halogen, fluorowiec	
alkohole	–OH	grupa hydroksylowa	
etery	–COC–	grupa eterowa	
aldehydy	–CHO	grupa aldehydowa	
ketony	–CO	grupa ketonowa	
kwasy karboksylowe	–COOH	grupa karboksylowa	
aminy	–NH ₂	grupa aminowa	
amidy	–CONH ₂	grupa amidowa	
estry	–COOC–	grupa estrowa	
bezwodniki kwasowe	–C(O)OC(O)–	–	
związki nitrowe	–NO ₂	grupa nitrowa	
związki nitrylowe (nitryle)	–CN	grupa nitrylowa	

- **Związki wielofunkcyjne** – związki mające więcej niż jeden rodzaj grupy funkcyjnej. s. 33
- **Szereg homologiczny** – nieograniczony liczbowo szereg związków chemicznych, których cząsteczki różnią się od siebie dowolną liczbą grup metylenowych (–CH₂–) i charakteryzują się podobnymi właściwościami chemicznymi. s. 33
- **Homologi** – związki chemiczne należące do tego samego szeregu homologicznego. s. 33

RODNIK	ELEKTROFIL	NUKLEOFIL	s. 39
R•	$E^{\oplus} / E$	$Nu^{\ominus} / Nu$	
• reaktywne indywiduum chemiczne mające niesparowany elektron	• indywiduum chemiczne mające deficyt elektronów • akceptor pary elektronowej	• indywiduum chemiczne mające nadmiar elektronów • dawca pary elektronowej	

REAKCJE ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH

Substytucja

- rodnikowa S_R
- elektrofilowa S_E
- nukleofilowa S_N

Addycja

- np. elektrofilowa A_E

Eliminacja E

Reakcje związków organicznych

Reakcja substytucji – reakcja, w której następuje podstawienie atomu lub grupy funkcyjnej innym atomem lub inną grupą funkcyjną.

Reakcja substytucji rodnikowej – reakcja podstawienia, w której czynnikiem powodującym reakcję jest rodnik.

Reakcja substytucji elektrofilowej – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik elektrofilowy.

Reakcja substytucji nukleofilowej – reakcja podstawienia, w której reakcję wywołuje czynnik nukleofilowy.

Reakcja addycji – reakcja, w której następuje przyłączenie substratu, najczęściej do wiązania nienasyconego.

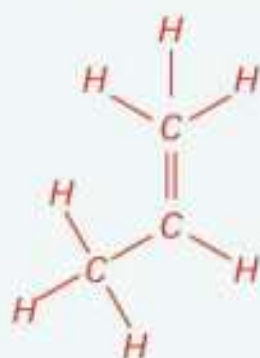
Reakcja addycji elektrofilowej – reakcja przyłączenia, w której jako pierwszy przyłącza się czynnik elektrofilowy.

Reakcja eliminacji – reakcja polegająca na odszczepieniu dwóch podstawników.

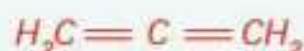
SPRAWDŹ, CZY UMIESZ!

1. Wytlumacz, na czym polegała teoria witalistyczna i dlaczego przestała być aktualna.
2. Każdy związek chemiczny charakteryzuje się właściwą dla siebie budową, określoną przez rodzaj, liczbę i sposób powiązania atomów tworzących cząsteczkę – to pierwszy postulat teorii strukturalnej. Streść pozostałe.
3. Ustal, które z poniższych wzorów są sprzeczne z założeniami teorii strukturalnej, i wyjaśnij dlaczego.

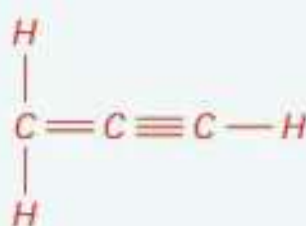
a)



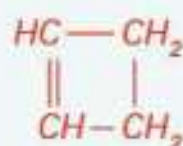
b)

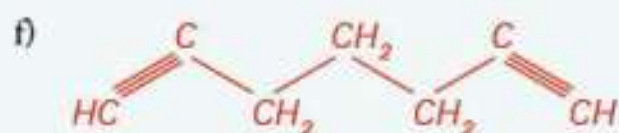
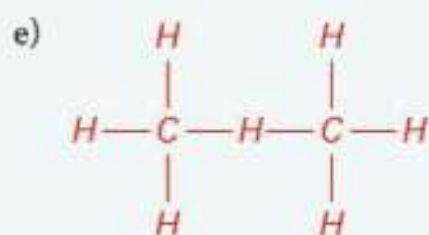


c)

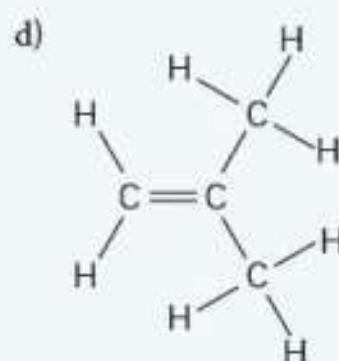
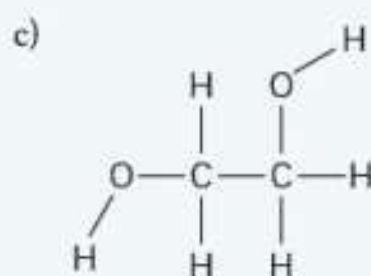
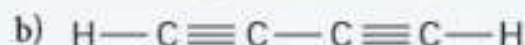
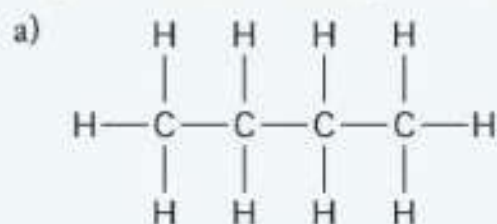


d)



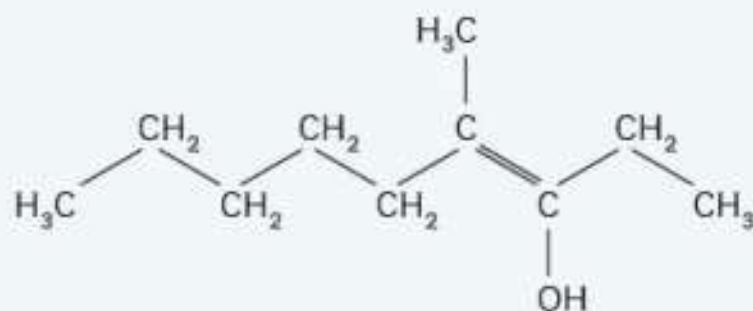


4. Napisz w zeszycie wzory szkieletowe trzech różnych węglowodorów, które zawierają w jednej cząsteczce pięć atomów węgla.
5. Napisz w zeszycie wzory półstrukturalne oraz szkieletowe podanych związków.

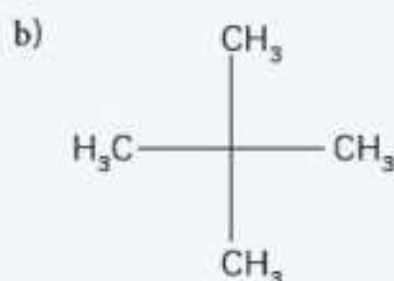
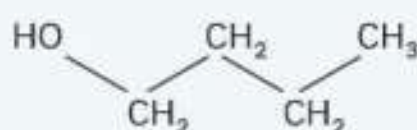
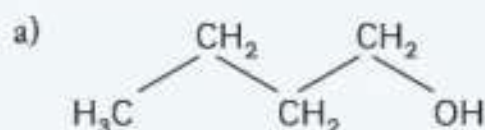


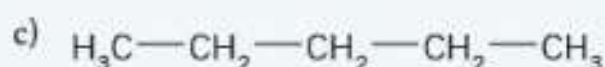
6. Dla poniższego związku napisz w zeszycie podane wzory.

- a) wzór sumaryczny
 b) wzór strukturalny
 c) wzór półstrukturalny uproszczony
 d) wzór półstrukturalny przykładowego izomeru szkieletowego
 e) wzór półstrukturalny przykładowego izomeru położenia
 f) wzór szkieletowy izomeru geometrycznego.

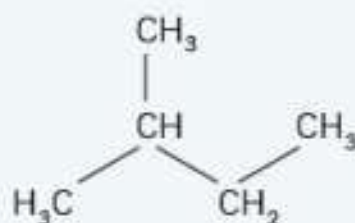
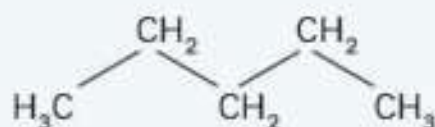


7. Na wybranym przykładzie wyjaśnij, na czym polega zjawisko izomerii.
8. Wskaż, które z poniższych związków są homologami, izomerami, a które wzory przedstawiają te same cząsteczki.

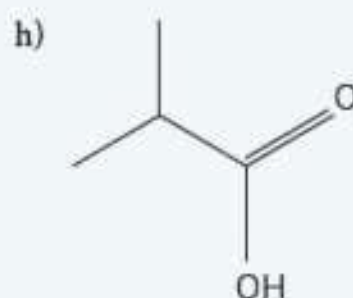
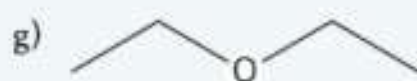
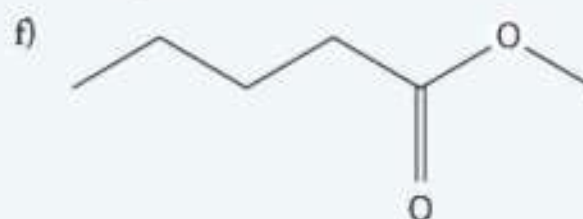
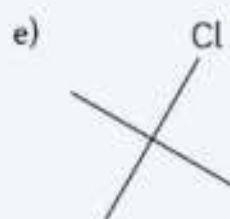
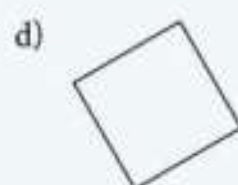
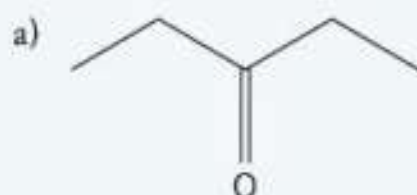




d)



9. Na podstawie poniższych wzorów szkieletowych ustal wzór sumaryczny związków. Wskaż, do jakiej grupy związków należy dany związek, oraz zaproponuj wzór wybranego homologu i izomeru.



10. Oceń prawdziwość podanych zdań.

- Wzór sumaryczny mówi tylko o składzie jakościowym, a nie ilościowym atomów w cząsteczce.
- Izomery to związki mające ten sam wzór sumaryczny, a inne wzory szkieletowe.
- Wszystkie grupy organicznych związków chemicznych tworzą szereg homologiczny.
- Homologię różnią się właściwościami chemicznymi.
- Na podstawie wzoru szkieletowego nie można stwierdzić, z iloma atomami wodoru są połączone poszczególne atomy węgla.
- Reakcja substytucji to reakcja podstawienia wybranego atomu lub grupy funkcyjnej innym atomem lub inną grupą funkcyjną.
- Reakcja addycji to reakcja odłączenia.
- Reakcja eliminacji może zachodzić z udziałem dwóch atomów połączonych z jednym atomem lub z dwoma różnymi atomami.
- Rodnik to trwale indywiduum chemiczne, które ma jeden niesparowany elektron.
- Nukleofil to cząstka mająca deficyt elektronowy.
- Elektrofil wykazuje duże powinowactwo do ładunku ujemnego.



II. Węglowodory

- ▶ Alkany
- ▶ Alkeny
- ▶ Alkiny
- ▶ Tworzywa sztuczne
- ▶ Węglowodory aromatyczne
- ▶ Destylacja ropy naftowej. Piroliza węgla kamiennego

1. Alkany

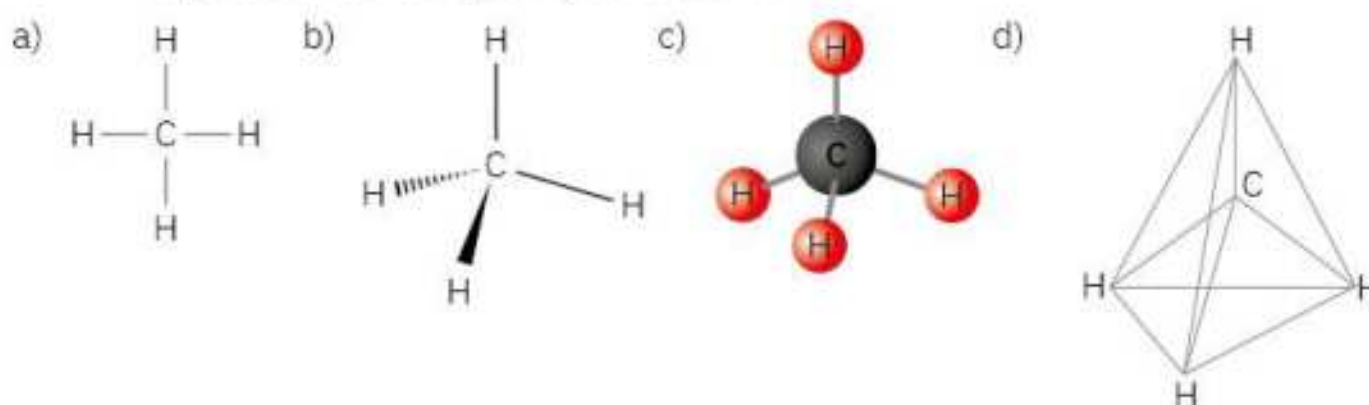
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak zbudowana jest cząsteczka najprostszego alkanu – metanu;
- jak prezentuje się szereg homologiczny węglowodorów nasyconych – alkanów;
- jak nazywa się alkany łańcuchowe, rozgałęzione oraz cykliczne*;
- jakie właściwości fizyczne mają alkany;
- jakim reakcjom ulegają alkany;
- jak określa się rzędowość atomów węgla*.

Węglowodory to związki, których cząsteczki są zbudowane wyłącznie z atomów węgla i wodoru, a alkany to węglowodory mające wyłącznie wiązania pojedyncze (nasycone) między atomami węgla.

1.1. Metan – najprostsz y alkan

CH_4 to wzór sumaryczny metanu, najprostszego alkanu. Wzór strukturalny sugeruje płaską budowę cząsteczki metanu, a w rzeczywistości ma ona kształt czworościanu foremnego – tetraedru. W tetraedrze atom węgla zajmuje miejsce centralne, a atomy wodoru znajdują się w jego narożnikach (rys. 1). Wszystkie wiązania C–H są takie same, ich długości wynoszą 109 pm (pm – czytaj: piko-metr; $1 \text{ pm} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m}$), a kąty między nimi wynoszą $109^\circ 28'$. O takich samych wiązaniach mówi się, że są równocenne.



Rys. 1. Wzór strukturalny (a), wzór perspektywiczny (b), model kulkowy (c) oraz budowa przestrzenna – tetraedryczna cząsteczki metanu.

1.2. Szereg homologiczny *n*-alkanów. Nazewnictwo

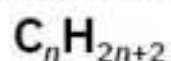
Łańcuchowe alkany tworzą szereg homologiczny, w którym kolejne homologi, zgodnie z definicją, różnią się o grupę $-\text{CH}_2-$. W tabeli podano kilkanaście wybranych homologów wraz z ich właściwościami fizycznymi.

Tab. 1. Nazwy, wzory sumaryczne oraz półstrukturalne lub półstrukturalne uproszczone oraz temperatura wrzenia i topnienia wybranych związków z szeregu homologicznego *n*-alkanów

Nazwa	Wzór su- maryczny	Wzór strukturalny lub strukturalny uproszczony	T _{wrzenia} [°C]	T _{topnienia} [°C]
metan	CH ₄	CH ₄	-162	-182
etan	C ₂ H ₆	CH ₃ CH ₃	-89	-183
propan	C ₃ H ₈	CH ₃ CH ₂ CH ₃	-42	-187
butan	C ₄ H ₁₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	0,5	-138
pentan	C ₅ H ₁₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	36	-130
heksan	C ₆ H ₁₄	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	69	-94
heptan	C ₇ H ₁₆	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	98	-90
oktan	C ₈ H ₁₈	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	125	-57
nonan	C ₉ H ₂₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	150	-54
dekan	C ₁₀ H ₂₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	174	-30
undekan*	C ₁₁ H ₂₄	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH ₃	194	-26
dodekan*	C ₁₂ H ₂₆	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	216	-10
tridekan*	C ₁₃ H ₂₈	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ CH ₃	234	-6
tetrade- kan*	C ₁₄ H ₃₀	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ CH ₃	252	6
pentade- kan*	C ₁₅ H ₃₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CH ₃	270	10
ejkozan*	C ₂₀ H ₄₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ CH ₃	–	36
triakon- tan*	C ₃₀ H ₆₂	CH ₃ (CH ₂) ₂₈ CH ₃	–	69

Alkany, w których dwa skrajne atomy węgla są połączone z trzema atomami wodoru, a pozostałe tylko z dwoma, nazywa się **alkanami normalnymi** lub w skrócie ***n*-alkanami**. Struktura takich *n*-alkanów ma budowę liniową tworzoną przez proste łańcuchy węglowe.

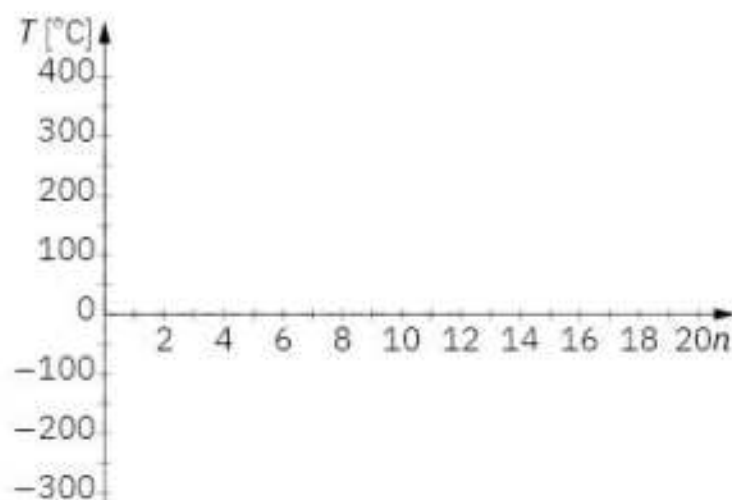
Na podstawie analizy wzorów sumarycznych *n*-alkanów zawartych w tabeli 1 można łatwo ustalić, że ogólny wzór sumaryczny *n*-alkanów to:



n – liczba atomów węgla w cząsteczce.

Ćwiczenie

1. Na podstawie danych z tabeli 1 narysuj w zeszycie w jednym układzie współrzędnych wykresy temperatury wrzenia i topnienia w funkcji liczby atomów węgla w cząsteczkach n -alkanów. Przeanalizuj uzyskany wykres i wyciągnij wnioski na temat stanu skupienia n -alkanów w temperaturze pokojowej.



Nazwy n -alkanów mają wyjątkowe znaczenie, ponieważ stanowią podstawy nazw innych grup związków organicznych. Cztery pierwsze alkany szeregu homologicznego n -alkanów noszą nazwy zwyczajowe: metan, etan, propan i butan. Kolejne tworzy się przez dodanie do rdzenia określającego liczbę atomów węgla w cząsteczce (utworzonego z liczebników greckich i łacińskich, np. penta z gr. to pięć, hekso z gr. to sześć) końcówki **-an** charakterystycznej dla alkanów (np. C_5H_{12} – pentan, C_6H_{14} – heksan) (tab. 1, 2). Są to nazwy systematyczne i zalecane przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry). Czasami dla podkreślenia przynależności związków do n -alkanów w ich nazwach podaje się przedrostek n -, np. n -butan lub n -pentan.

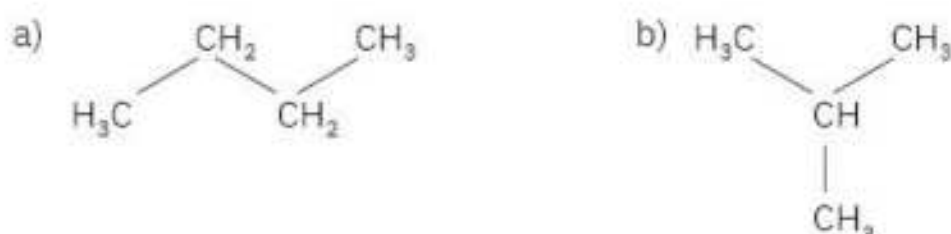
Tab. 2. Liczebniki greckie

	Liczebniki greckie
1	mono-
2	di-
3	tri-
4	tetra-
5	penta-
6	heksa-
7	hepta-
8	okta-
9	nona-
10	deka-

	Liczebniki greckie
11*	undeka-
12*	dodeka-
13*	trideka-
14*	tetradeka-
15*	pentadeka-
16*	heksadeka-
17*	heptadeka-
18*	oktadeka-
19*	nonadeka-
20*	ejkoza-
30*	triakonta-

1.3. Alkany rozgałęzione i cykliczne. Nazewnictwo

Zgodnie z teorią strukturalną, która dopuszcza rozgałęzienia łańcuchów węglowych, obok alkanów łańcuchowych – *n*-alkanów – występują alkany rozgałęzione oraz cykliczne. Najprostszy rozgałęziony alkan zawiera cztery atomy węgla:



Rys. 2. Wzór półstrukturalny *n*-butanu i najprostszego rozgałęzionego alkanu o tej samej liczbie atomów węgla – metylopropanu.

Ogólny wzór sumaryczny alkanów rozgałęzionych jest taki sam, jak *n*-alkanów.

Ćwiczenie

2. Wskaż poprawną odpowiedź.

Taki sam ogólny wzór sumaryczny *n*-alkanów i alkanów rozgałęzionych oraz ich różnice w budowie strukturalnej wskazują, że te związki są dla siebie:

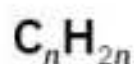
- a) homologami,
- b) izomerami konstytucyjnymi,
- c) izomerami geometrycznymi,
- d) izomerami grup funkcyjnych.

Najprostszy alkan cykliczny, czyli cykloalkan, jest zbudowany z trzech atomów węgla:



Rys. 3. Wzór półstrukturalny propanu i najprostszego cykloalkanu – cyklopropanu.

Ogólny wzór sumaryczny cykloalkanów pomniejszony jest o dwa atomy wodoru względem alkanów łańcuchowych zawierających taką samą liczbę węgla z racji utworzenia układu cyklicznego i braku skrajnych atomów węgla połączonych tylko z jednym atomem węgla:



n – liczba atomów węgla w cząsteczce. Propan i cyklopropan nie są zatem względem siebie ani homologami, ani izomerami.

Nazwa związku musi go jednoznacznie określać. Dlatego też w przypadku alkanów rozgałęzionych nazwa powinna zawierać informacje o liczbie atomów węgla w najdłuższym łańcuchu prostym, o rodzaju i liczbie podstawników, a także o ich lokalizacji.



Nazwy systematyczne alkanów rozgałęzionych

Tworzenie nazwy systematycznej alkanów rozgałęzionych składa się z kilku operacji:

1. Znalezienie najdłuższego łańcucha węglowego – nazywanego **łańcuchem głównym**. W przypadku dwóch łańcuchów węglowych o tej samej długości głównym jest ten, który ma większą liczbę podstawników. Nazwa *n*-alkanu o łańcuchu zawierającym tyle samo atomów węgla, co łańcuch główny stanowi podstawę nazwy alkanu rozgałęzionego. Wprowadzenie numeracji atomów węgla zaczyna się od końca łańcucha głównego, w którym wcześniej występuje rozgałęzienie. Jeśli rozgałęzienie jest tak samo oddalone od końca łańcucha głównego z dwóch jego stron, o numeracji decyduje priorytet podstawników. Wyższy priorytet mają podstawniki zawierające atomy o większej liczbie atomowej, a w przypadku izotopów decyduje liczba masowa.

2. Ustalenie liczby i rodzaju łańcuchów bocznych, które stanowią podstawniki łańcucha głównego. Podstawniki te określa się mianem **grup alkilowych** i często opisuje się je symbolem **-R**. Nazwy grup alkilowych tworzy się, zamieniając w nazwie *n*-alkanu o tej samej liczbie atomów węgla końcówkę **-an** na **-yl** (tab. 3).

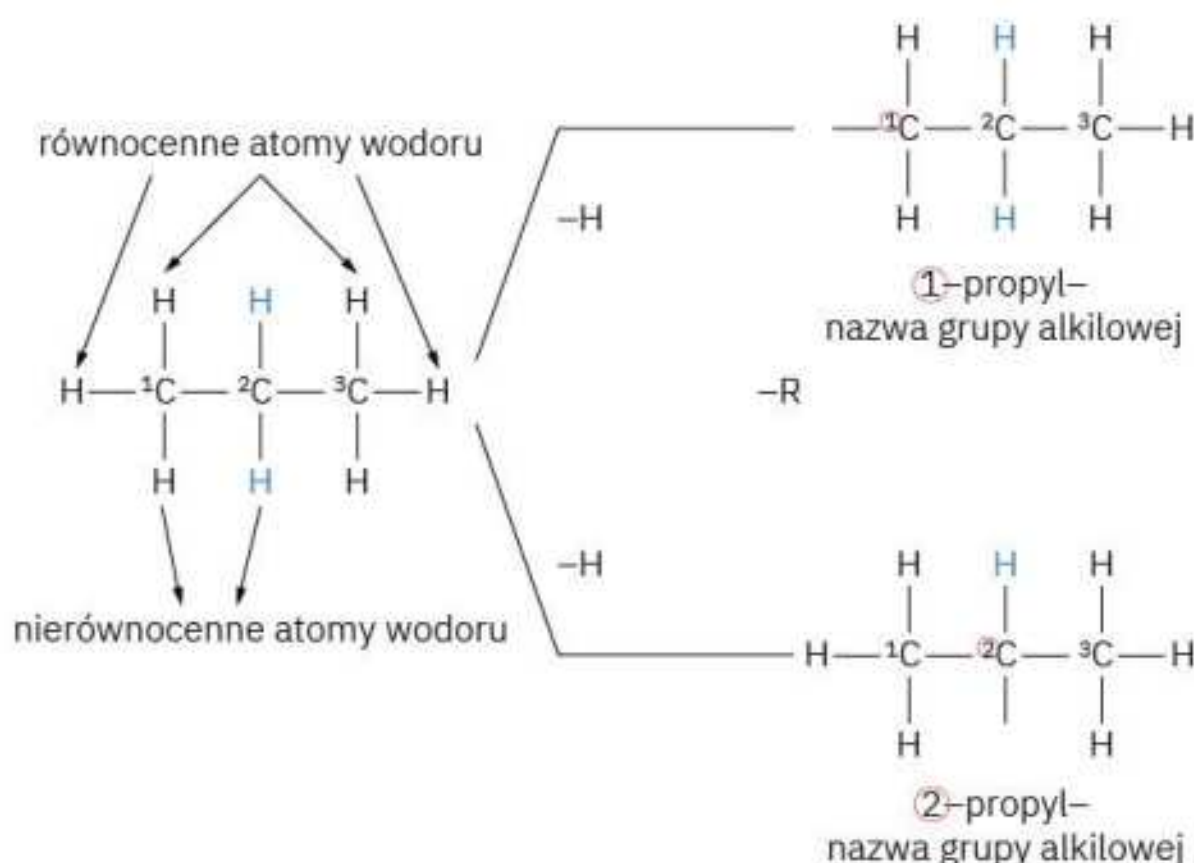
Tab. 3. Nazwy grup alkilowych

Wzór półstrukturalny <i>n</i> -alkanu	Nazwa <i>n</i> -alkanu	Wzór półstrukturalny grupy alkilowej	Nazwa grupy alkilowej
CH ₄	metan	CH ₃ –	metyl
CH ₃ CH ₃	etan	CH ₃ CH ₂ –	etyl
CH ₃ CH ₂ CH ₃	propan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ –	propyl
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	butan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ –	butyl
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	pentan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ –	pentyl
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	heksan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ –	heksyl
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	heptan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ –	heptyl
.....	-an		-yl

Nazwę metyl- często zamienia się na określenie „grupa metylowa”. Tworząc nazwę grupę CH₃- określa się jako **metylo**. Pozostałe grupy alkilowe w nazwach związków także występują z końcówką **-ylo**.

Uwaga!

W przypadku obecności nierównocennych atomów wodoru (czyli takich, które mają różne otoczenie) oderwanie każdego z nich daje inną grupę alkilową.



*Nazwy niektórych rozgałęzionych grup alkilowych mają swoje odpowiedniki z wykorzystaniem przedrostków *iso-*, *sec-*, *tert-*. Przedrostki te zawierają informacje o miejscu podstawienia w łańcuchu bocznym (tab. 4).

Tab. 4*. Nazwy zwyczajowe podstawników alkilowych

$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} - \text{CH}_2 \\ / \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \end{array}$
izopropyl- (lub prop-2-yl-)	izobutyl- (lub 2-metylopropyl-)	sec-butyl- (lub 1-metylobutyl-)	tert-butyl- (t-butyl) (lub 1,1-dimetyloetyl-)

Liczbę grup alkilowych podaje się, stosując liczebniki greckie (tab. 2).

3. Określenie lokantów, czyli numerów atomów węgla w łańcuchu głównym, z którymi są związane wszystkie podstawniki. Lokantów w nazwie można nie podawać, jeżeli położenie podstawnika jest oczywiste.

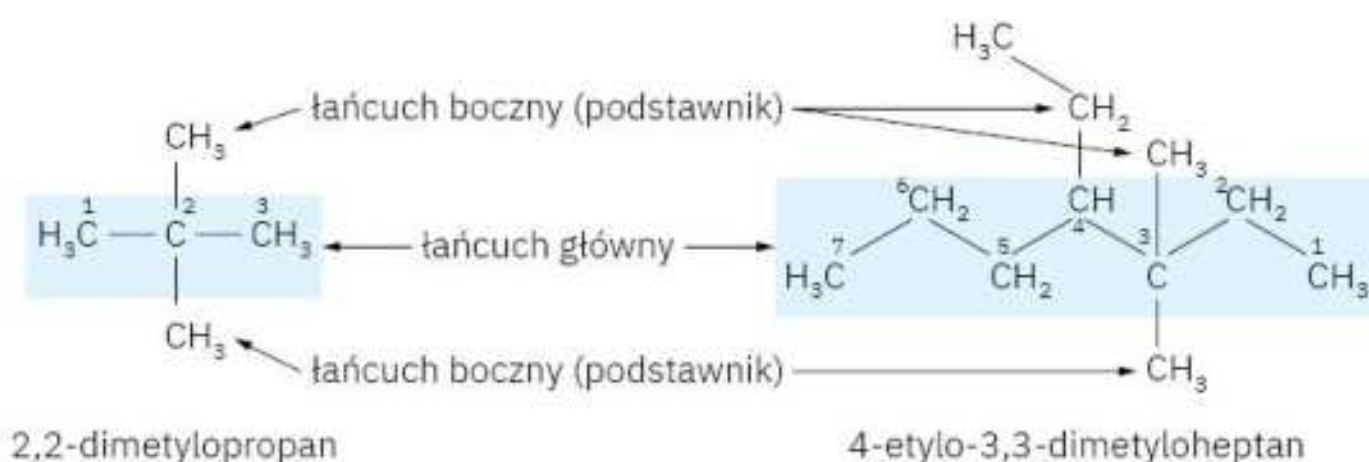
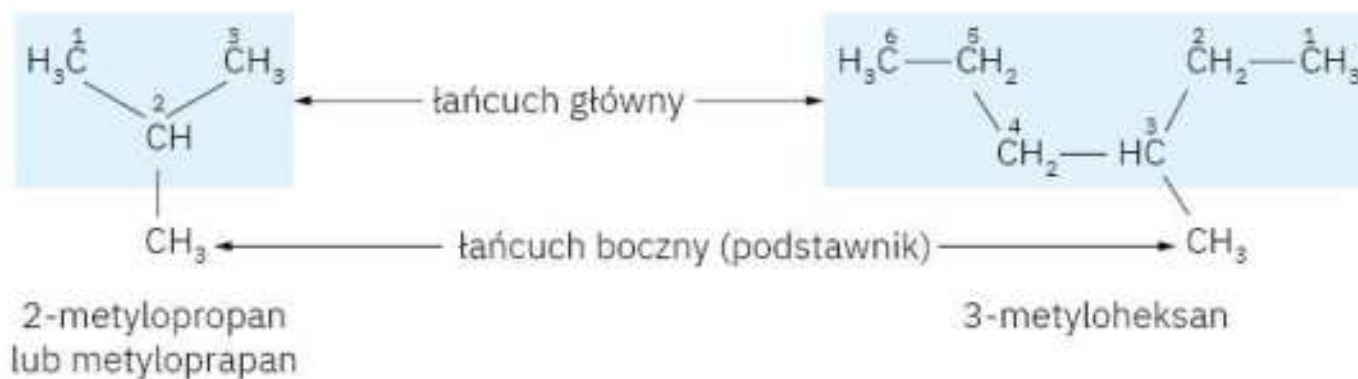
Lokant – numer atomu węgla w łańcuchu głównym, z którym jest związany podstawnik.

lokant

4. W przypadku obecności różnych grup alkilowych ustalenie kolejności alfabetycznej podawania grup alkilowych. Ustalając ich kolejność alfabetyczną, nie uwzględnia się przedrostków wskazujących na liczbę grup alkilowych.

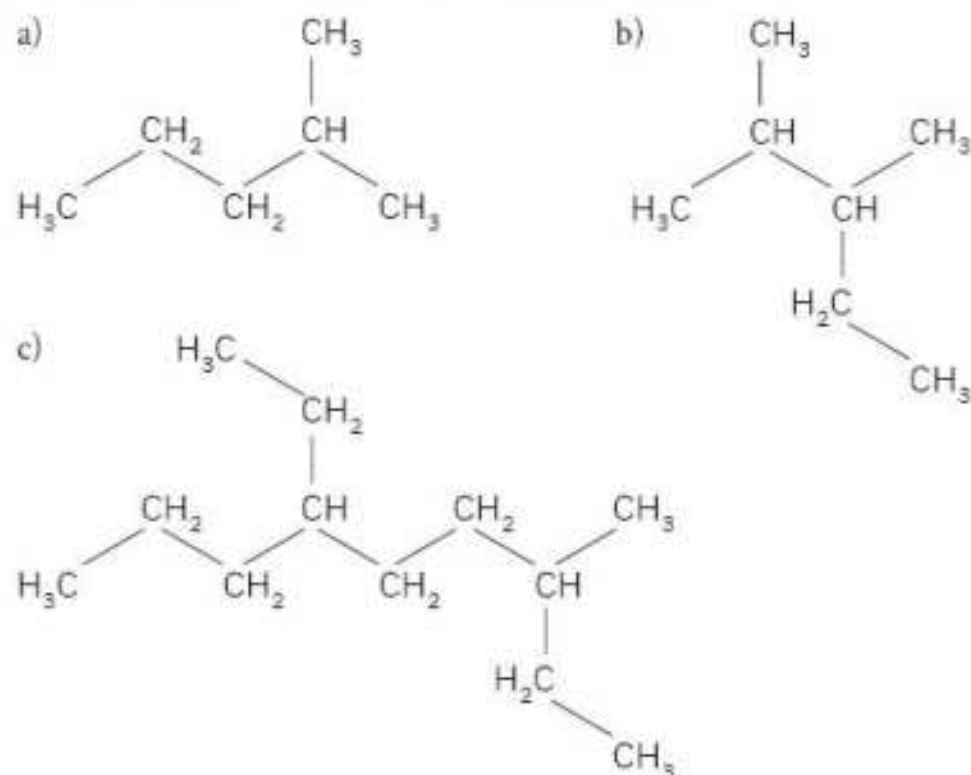
5. Tworzenie nazwy: opis podstawników + nazwa łańcucha głównego (rdzeń).

Nazwy systematyczne przykładowych alkanów rozgałęzionych ilustrujące powyższe reguły:



Ćwiczenie

3. Podaj nazwę systematyczną poniższych alkanów.



Znając zasady nazewnictwa alkanów, można łatwo narysować wzór odzwierciedlający strukturę związku na podstawie jego nazwy.

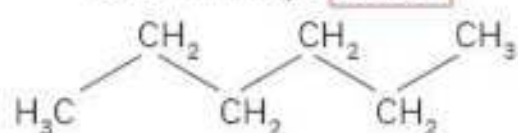
Przykład

Narysuj wzór półstrukturalny poniższych alkanów.

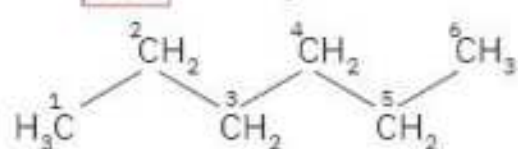
- a) 2,2,3-trimetyloheksan
 b) 4,5-dietylo-2,3-dimetylododekan
 c) 3,3-dietylo-2,2,4-trimetylo-4-propylodekan

Rozwiązanie:

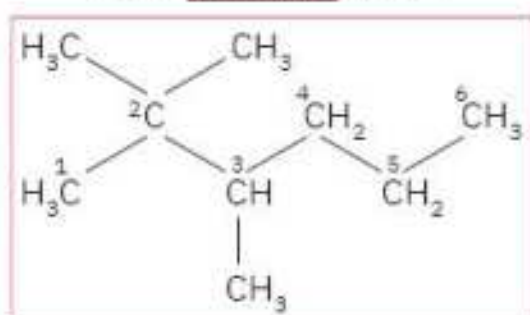
- a) 2,2,3-trimetyloheksan



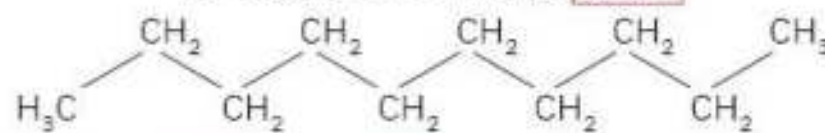
2,2,3-trimetyloheksan



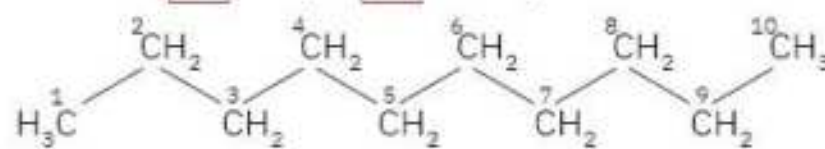
2,2,3-trimetyloheksan



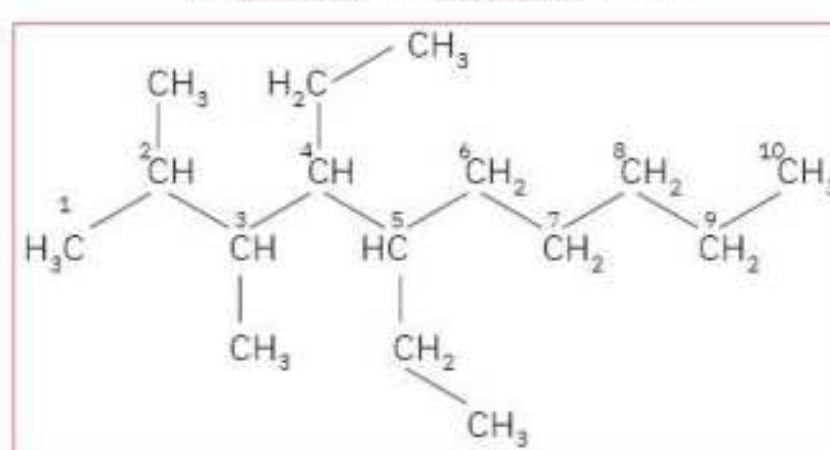
- b) 4,5-dietylo-2,3-dimetylododekan



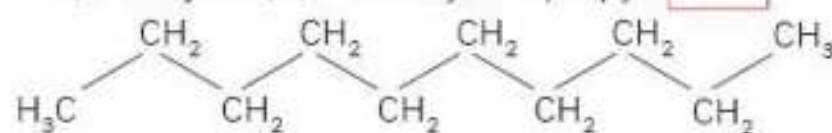
4,5-dietylo-2,3-dimetylododekan



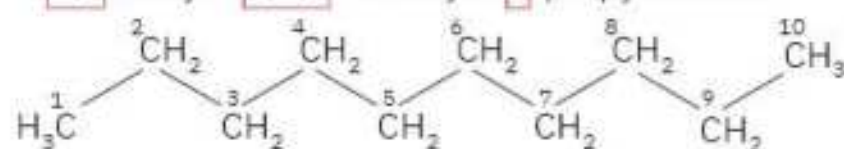
4,5-dietylo-2,3-dimetylododekan



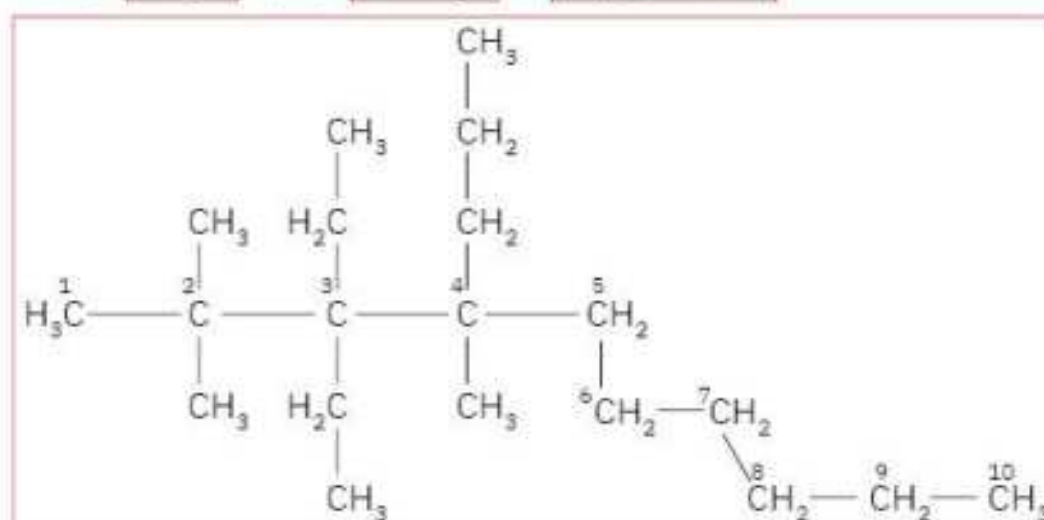
- c) 3,3-dietylo-2,2,4-trimetylo-4-propylodekan



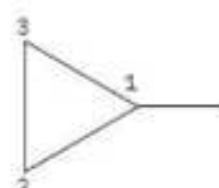
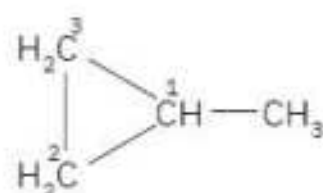
3,3-dietylo-2,2,4-trimetylo-4-propylodekan



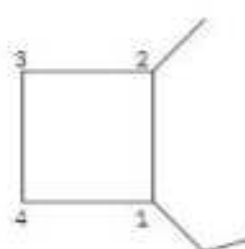
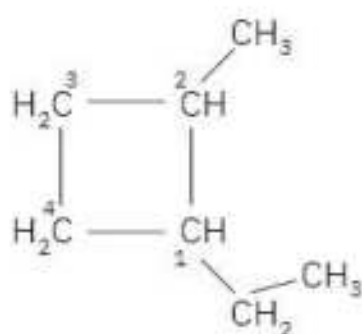
3,3-dietylo-2,2,4-trimetylo-4-propylodekan



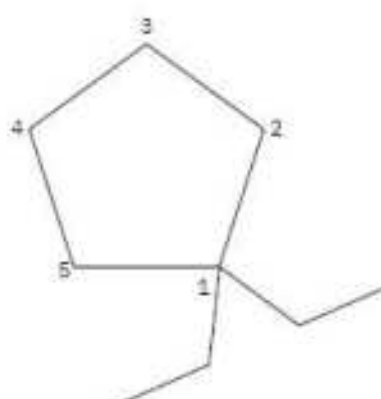
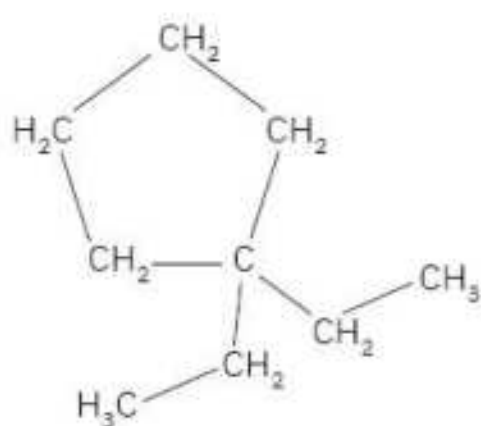
*Nazwy cykloalkanów tworzy się, dodając do nazwy alkanów łańcuchowych przedrostek **cyklo-**. Cykloalkany mogą być także połączone z łańcuchami węglowymi. Takie rozgałęzione cykloalkany nazywa się zgodnie z zasadami obowiązującymi dla alkanów o łańcuchach rozgałęzionych, przy czym rdzeń nazwy zależy od układu cyklicznego, jeśli w tym układzie jest więcej atomów węgla niż w części łańcuchowej cząsteczki (w przeciwnym razie to układ cykliczny traktuje się jak podstawnik). Numerację atomów węgla w układzie cyklicznym rozpoczyna się od atomu węgla zawierającego podstawnik. W przypadku większej liczby podstawników numerację nadaje się tak, by uzyskana suma lokantów wszystkich podstawników była jak najmniejsza. Jeśli suma lokantów jest taka sama, o kolejności numeracji decyduje priorytet podstawników. Wyższy priorytet mają podstawniki zawierające atomy o większej liczbie atomowej, a w przypadku izotopów decyduje liczba masowa.



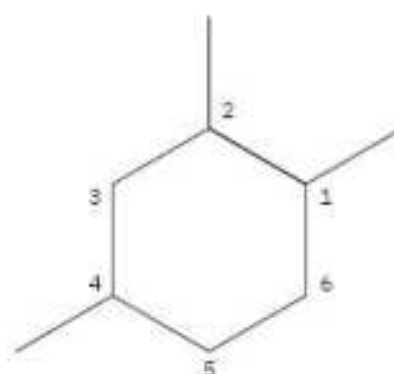
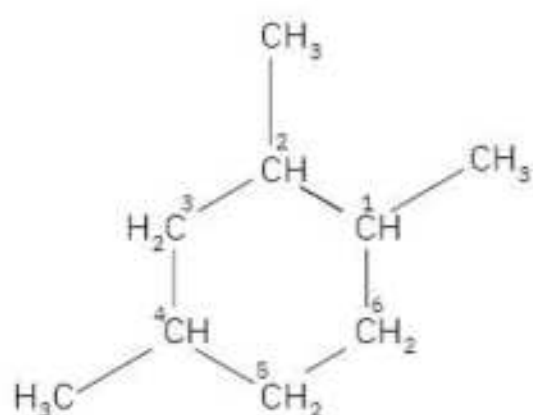
metylocyklopropan



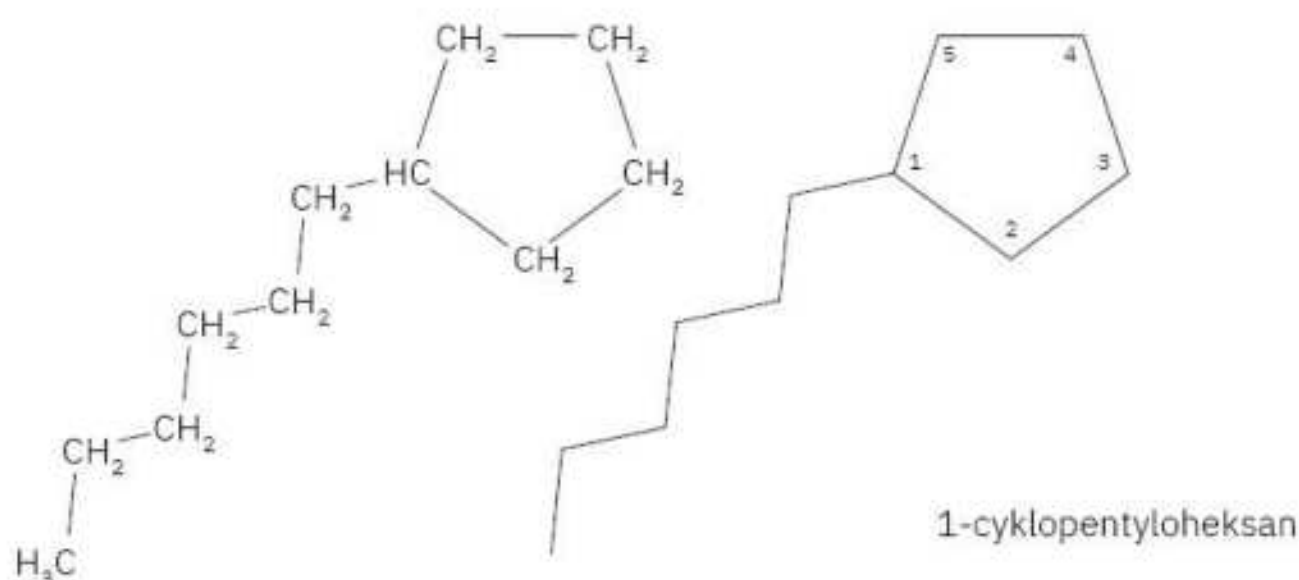
1-etylo-2-metylocyklobutan



1,1-dietylocyklopentan



1,2,4-trimetylocykloheksan



Ćwiczenie

4. Narysuj wzory półstrukturalne oraz szkieletowe związków o podanych nazwach.
- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| a) 3-etylo-5,5-dimetylooktan | d*) metylocyklopentan |
| b) 2,2,3,3-tetrametyloheptan | e*) 1,2,3-trimetylocyklobutan |
| c) 3,5-dietylo-6-metylononan | f*) 2-etylo-1,3-dimetylocykloheksan |

1.4. Właściwości fizyczne alkanów

Wartości temperatury wrzenia i topnienia *n*-alkanów podane w tabeli 1 wskazują, że cztery pierwsze *n*-alkany w warunkach normalnych są gazami. Pentan, heksan oraz dalsze homologi aż do pentadekanu ($C_{15}H_{32}$) są cieczami. Dwa kolejne – heksadekan ($C_{16}H_{34}$) oraz heptadekan ($C_{17}H_{36}$) – topią się w temperaturze pokojowej. Wszystkie dalsze homologi są ciałami stałymi.

Zarówno *n*-butan, jak i metylopropan mają ten sam wzór sumaryczny, natomiast różnią się wzorem strukturalnym. Związki te są zatem izomerami i ze względu na inną budowę cząsteczkową wykazują inne właściwości fizyczne.

Tab. 5. Porównanie wybranych właściwości fizycznych *n*-butanu i metylopropanu

Nazwa systematyczna	$T_{\text{wrzenia}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{topnienia}} [^{\circ}\text{C}]$
<i>n</i> -butan	0,5	-138
metylopropan	-12	-159

Temperatury wrzenia alkanów o łańcuchach rozgałęzionych są niższe niż alkanów liniowych zawierających tę samą liczbę atomów węgla, ponieważ ze względu na zmniejszenie powierzchni oddziaływania cząsteczek rozgałęzionych w stosunku do cząsteczek liniowych obniża się liczba i siła oddziaływań międzycząsteczkowych van der Waalsa. Pozwala to pokonać działające siły w niższych temperaturach.

Nazwa systematyczna	$T_{\text{wrzenia}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{topnienia}} [^{\circ}\text{C}]$
cyklobutan	12,5	-91

Cykloalkany mają wyższą temperaturę wrzenia niż odpowiednie alkanany liniowe.

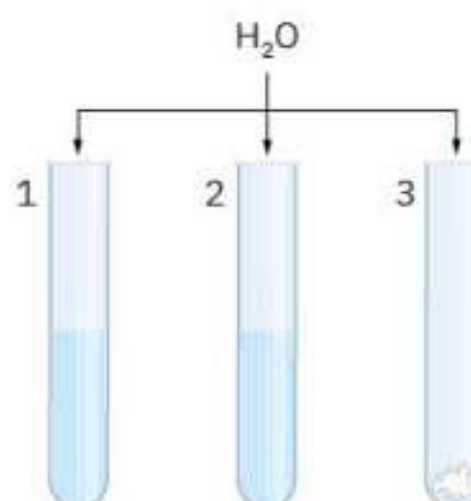
Ze względu na budowę niepolarną węglowodory, w tym alkanany, są praktycznie nierozpuszczalne w rozpuszczalnikach polarnych, np. w wodzie. Rozpuszczają się natomiast w rozpuszczalnikach niepolarnych.

Doświadczenie

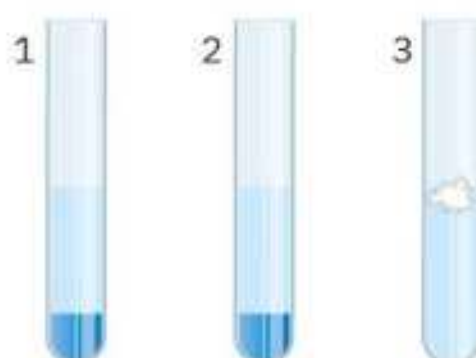
Badanie właściwości fizycznych (stanu skupienia, barwy, zapachu, rozpuszczalności w wodzie) *n*-alkanów

Opis:

W trzech probówkach umieść odpowiednio: 1. heksan (ewentualnie benzynę), 2. olej parafinowy (mieszanina *n*-alkanów o kilkunastu atomach węgla w cząsteczkach), 3. parafinę (mieszanina *n*-alkanów zawierających powyżej 18 atomów węgla w cząsteczce). Po badaniu wizualnym i ocenie zapachu dodaj kilka mililitrów wody do probówki 3., a następnie do wody dodaj niewielką ilość atramentu i taką mieszaninę wlej do probówek 1. i 2.



Obserwacje i wnioski:



Badana substancja	Stan skupienia/ barwa	Zapach	Rozpuszczalność w wodzie
heksan	bezbarwna ciecz	charakterystyczny dla benzyny	praktycznie nierozpuszczalne
olej parafinowy	bezbarwna ciecz	bezwonna substancja	praktycznie nierozpuszczalne
parafina	białe ciało stałe	bezwonna substancja	praktycznie nierozpuszczalne

Ćwiczenie

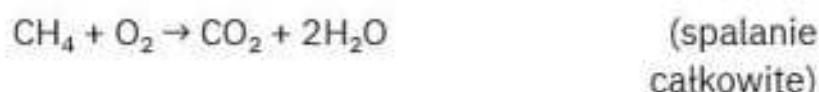
5. Na podstawie obserwacji powyższego doświadczenia porównaj gęstość heksanu, oleju parafinowego i parafiny z gęstością wody.

1.5. Właściwości chemiczne alkanów

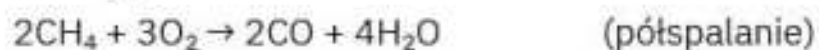
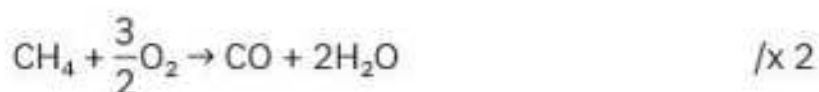
Alkany są związkami biernymi chemicznie. Wiązania pojedyncze węgiel-węgiel oraz węgiel-wodór są bardzo trwałe – ulegają rozerwaniu tylko wobec bardzo reaktywnych odczynników i po dostarczeniu energii niezbędnej do zapoczątkowania reakcji.

Reakcje spalania

Alkany, jak wszystkie związki organiczne, ulegają reakcjom spalania. W obecności dostatecznej ilości tlenu spalają się całkowicie do tlenku węgla(IV) i wody:



W przypadku niedostatecznej ilości tlenu może dojść do półspalania lub spalania niecałkowitego:



Reakcja spalania – reakcja z tlenem pełniącym funkcję utleniacza.

Spalanie całkowite – reakcja związków organicznych z tlenem, prowadząca do powstania wody i tlenku węgla(IV).

Półspalanie – reakcja związków organicznych z tlenem, prowadząca do powstania wody i tlenku węgla(II) (czadu).

Spalanie niecałkowite – reakcja związków organicznych z tlenem, prowadząca do powstania wody i węgla.



Rys. 4. Spalanie gazu ziemnego, którego głównym składnikiem jest metan.



Rys. 5. Gazowy palnik wykorzystywany w laboratoriach chemicznych (palnik Bunsena).

reakcja spalania

spalanie
całkowite

półspalanie

spalanie
niecałkowite

Tab. 6. Reakcja spalania alkanów

Reakcja spalania	Ilość tlenu	Ogólny schemat reakcji spalania alkanów
całkowite	↑	$2C_nH_{2n+2} + (3n+1)O_2 \rightarrow 2nCO_2 + (2n+2)H_2O$
półspalanie		$2C_nH_{2n+2} + (2n+1)O_2 \rightarrow 2nCO + (2n+2)H_2O$
niecałkowite		$2C_nH_{2n+2} + (n+1)O_2 \rightarrow 2nC + (2n+2)H_2O$

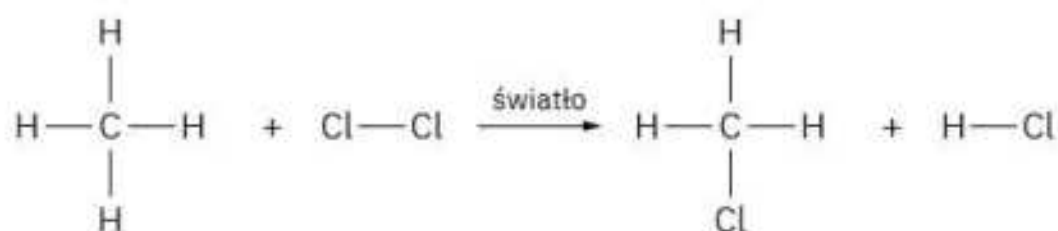
Ćwiczenie

6. Napisz reakcje:
- spalania całkowitego,
 - półspalania,
 - spalania niecałkowitego
- etanu, butanu, heksanu.

Reakcje z fluorowcami

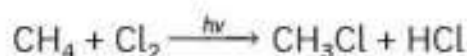
Inną charakterystyczną reakcją alkanów jest reakcja z fluorowcami. Zachodzi ona pod wpływem światła i jest przykładem substytucji rodnikowej. Atomy wodoru zostają podstawione atomem fluorowca. Reaktywność fluorowców jest różna i zmniejsza się wraz z ich zmniejszającą się elektroujemnością. Reakcja z fluorem zachodzi bardzo gwałtownie, natomiast z jodem – w stopniu ograniczonym.

Najprostszym przykładem reakcji substytucji rodnikowej jest reakcja chloru z metanem.

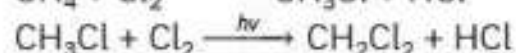


Produktem ubocznym tej reakcji jest chlorowodór. Jeśli reakcja zachodzi z udziałem innego fluorowca, produktem ubocznym jest odpowiedni halogenowodór.

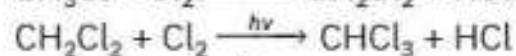
W zależności od stosunku ilościowego fluorowca do alkanu podstawiony zostanie jeden atom wodoru bądź kilka atomów wodoru:



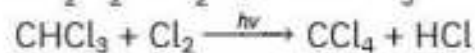
chlorometan



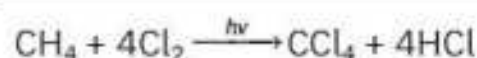
dichlorometan



trichlorometan



tetrachlorometan



Ćwiczenie

7. Napisz w zeszycie równanie reakcji otrzymywania chloroetanu.

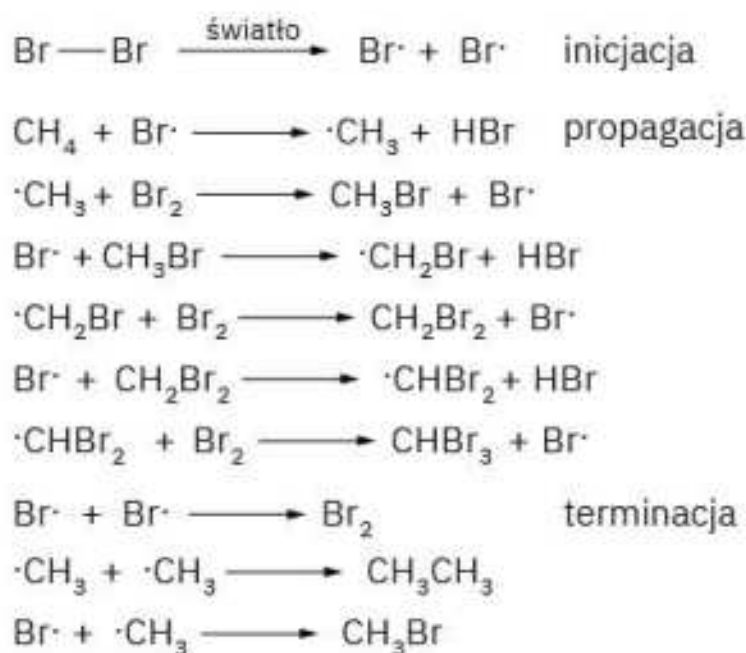
Zatem wszystkie atomy wodoru mogą zostać podstawione. W przypadku reakcji z etanem, przy odpowiedniej ilości fluorowca, sześć atomów wodoru może zostać zastąpionych. Podobnie w przypadku węglowodorów zawierających większą liczbę atomów węgla oraz wodoru.

Substytucja rodnikowa to ciąg następujących po sobie reakcji, w których produkt poprzedniej reakcji jest substratem kolejnej. Takie reakcje nazywa się **reakcjami łańcuchowymi**.

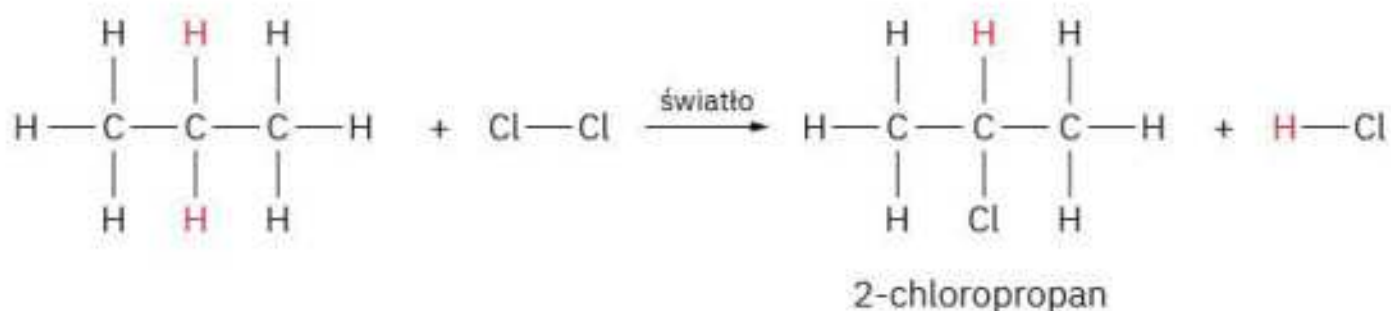
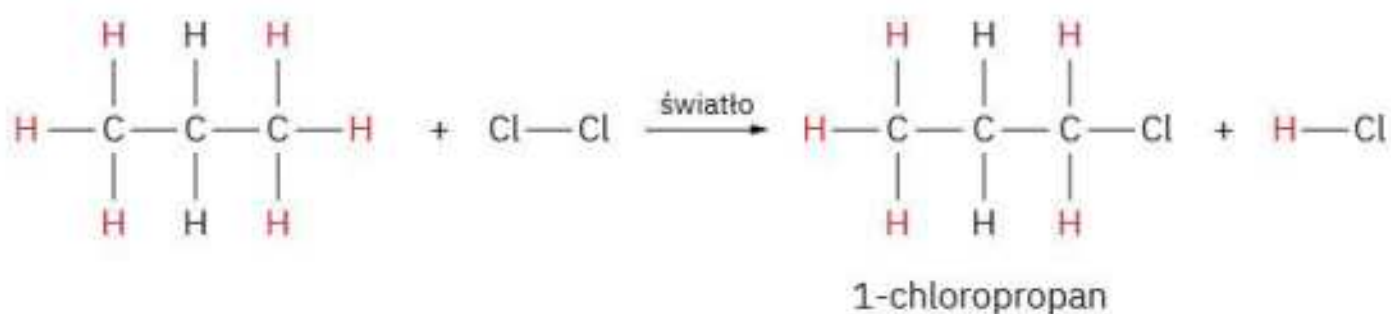
Reakcje łańcuchowe – ciąg następujących po sobie reakcji, w których produkt poprzedniej reakcji jest substratem kolejnej.

reakcje
łańcuchowe

*W reakcji substytucji rodnikowej można wyróżnić trzy etapy. Etap pierwszy, w którym powstają rodniki, to zapoczątkowanie reakcji (inicjacja). Drugi etap stanowi kontynuację reakcji i wiąże się z powstawaniem fluorowcopochodnych (propagacja). Ostatni etap to zakończenie reakcji – ze środowiska reakcji zostają wyeliminowane rodniki (terminacja).



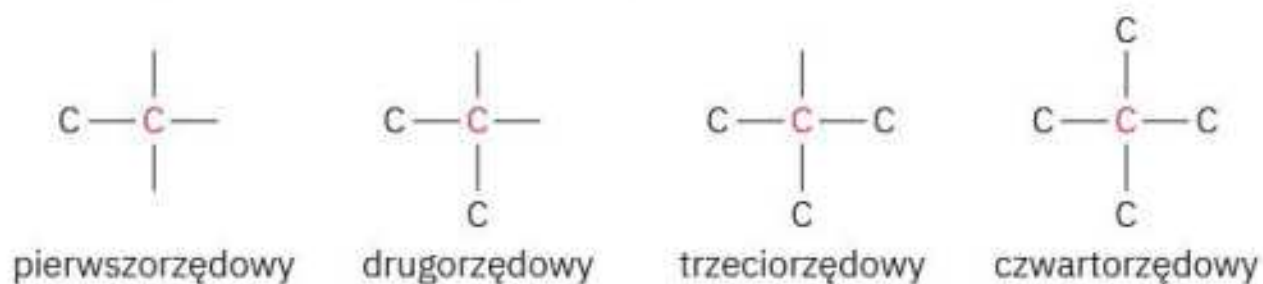
W przypadku metanu i etanu wszystkie wiązania C–H są równocenne, ponieważ mają takie samo otoczenie. Zatem produkt monochlorowania (pojedynczego podstawienia atomu wodoru atomem chloru) jest jeden – to chlorometan lub chloroetan. Inaczej jest w cząsteczkach zawierających większą liczbę atomów węgla. Propan ma dwie równocenne grupy metylowe: –CH₃ oraz grupę –CH₂– (zwaną metylenową). Atomy wodoru są równocenne względem siebie w obrębie grup –CH₃ oraz grupy –CH₂–, natomiast nierównocenne są atomy wodoru z grupy –CH₃ oraz z grupy –CH₂–. Produktów monochlorowania może być tyle, ile jest nierównocennych grup zawierających atomy wodoru.



Ćwiczenie

8. Określ wzajemną relację związków będących produktami powyższych reakcji: 1-chloropropanu i 2-chloropropanu.

*Produktem przeważającym ilościowo, czyli tzw. **produktem głównym** substytucji rodnikowej, jest zawsze produkt, który powstał w wyniku podstawienia atomu wodoru połączonego z węglem sąsiadującym z jak największą liczbą atomów węgla, czyli z węglem o tzw. wyższej **rzędowości**.



rzędowość

Liczbę atomów węgla związanych z rozpatrywanym atomem węgla nazywa się jego **rzędowością**.

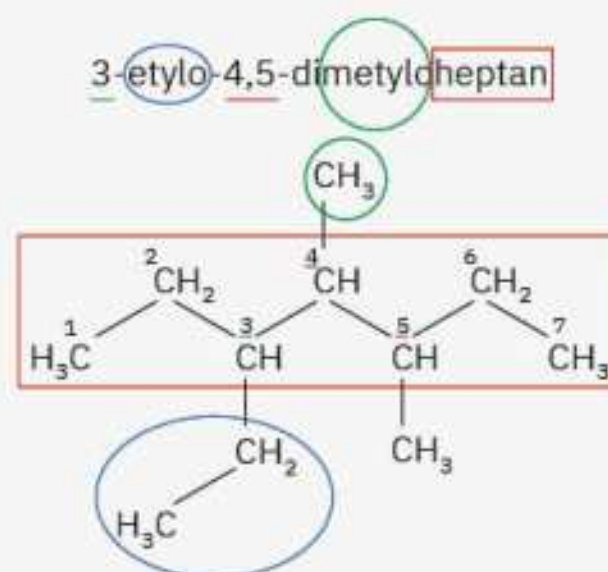
PODSUMOWANIE LEKCJI

ALKANY		
<i>n</i> -alkany	Alkany rozgałęzione	Cykloalkany
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$		C_nH_{2n}

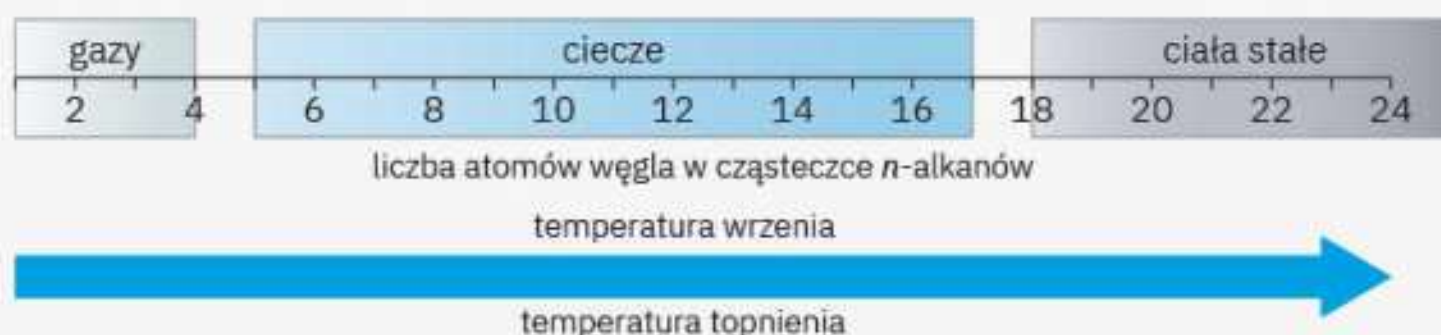
Szereg homologiczny <i>n</i> -alkanów		
Nazwa	Wzór sumaryczny	Wzór strukturalny lub strukturalny uproszczony
metan	CH ₄	CH ₄
etan	C ₂ H ₆	CH ₃ CH ₃
propan	C ₃ H ₈	CH ₃ CH ₂ CH ₃
butan	C ₄ H ₁₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
pentan	C ₅ H ₁₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
heksan	C ₆ H ₁₄	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
heptan	C ₇ H ₁₆	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
oktan	C ₈ H ₁₈	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
nonan	C ₉ H ₂₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
dekan	C ₁₀ H ₂₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃

- Nazwa zawiera informacje o:
 - liczbie atomów węgla w łańcuchu głównym
 - rodzaju i liczbie podstawników
 - miejscu podstawienia wszystkich podstawników (lokantach).

	Liczebniki greckie
1	mono-
2	di-
3	tri-
4	tetra-
5	penta-
6	heksa-
7	hepta-
8	okta-
9	nona-
10	deka-



s. 48

Właściwości fizyczne *n*-alkanów

s. 48

- Alkany są nierozpuszczalne w rozpuszczalnikach polarnych, a rozpuszczalne w rozpuszczalnikach niepolarnych.

s. 59

- Właściwości chemiczne *n*-alkanów

Reakcja spalania		
spalanie całkowite	↑ ilość tlenu	$2 C_n H_{2n+2} + (3n+1) O_2 \rightarrow 2n CO_2 + (2n+2) H_2O$
półspalanie		$2 C_n H_{2n+2} + (2n+1) O_2 \rightarrow 2n CO + (2n+2) H_2O$
spalanie niecałkowite		$2 C_n H_{2n+2} + (n+1) O_2 \rightarrow 2n C + (2n+2) H_2O$
Substytucja rodnikowa		
monohalogenowanie	↓ ilość halogenu (fluorow- ca)	$C_n H_{2n+2} + X_2 \rightarrow C_n H_{2n+1} X + HX$
podstawienie dwóch atomów wodoru halogenem X		$C_n H_{2n+2} + 2X_2 \rightarrow C_n H_{2n} X_2 + 2HX$
podstawienie trzech atomów wodoru halogenem X		$C_n H_{2n+2} + 3X_2 \rightarrow C_n H_{2n-1} X_3 + 3HX$
podstawienie czterech atomów wodoru halogenem X		$C_n H_{2n+2} + 4X_2 \rightarrow C_n H_{2n-2} X_4 + 4HX$

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Przepisz do zeszytu i uzupełnij szereg homologiczny *n*-alkanów.

Liczba atomów węgla	Wzór sumaryczny	Nazwa systematyczna	Wzór półstrukturalny
1	CH ₄		
2	C ₂ H ₆		
3			CH ₃ CH ₂ CH ₃
4		butan	
5			CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
6	C ₆ H ₁₄		
7			
8			CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
9		nonan	
10	C ₁₀ H ₂₂		

2*. Przepisz do zeszytu i uzupełnij szereg homologiczny cykloalkanów.

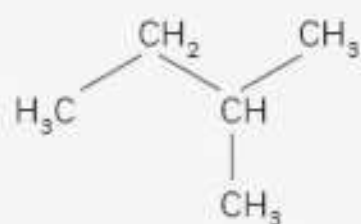
Liczba atomów węgla	Wzór sumaryczny	Nazwa systematyczna	Wzór szkieletowy
3			
4			
5			
6			

3. Narysuj w zeszycie wzory:

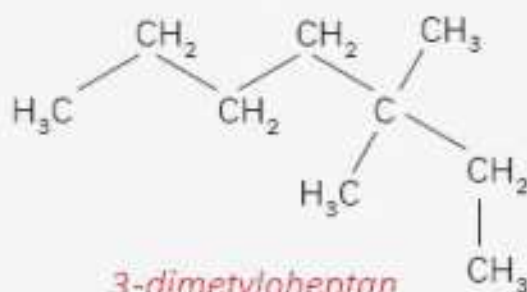
a) szkieletowe: *n*-heksanu, 3,3,4,4-tetrametylononanu, 3,4-dietylo-2,2,3-trimetylo-4-propylooktanu, 2-fluorobutanu;

b) półstrukturalne: 3,5-dietylo-2,2,6-trimetyloheptanu, 3-etylo-2-metylopentanu, 2,2,4-trimetylopentanu, 3-bromopentanu.

4. Zweryfikuj poprawność nazw poniższych związków. Błędne nazwy zapisz poprawnie w zeszycie.



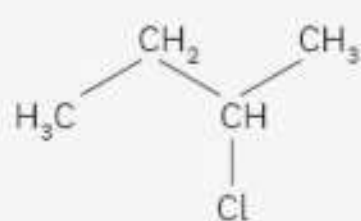
3-metylobutan



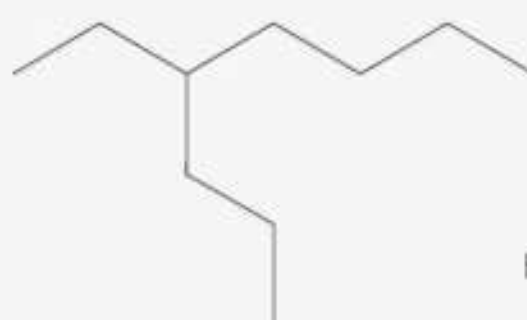
3-dimetyloheptan



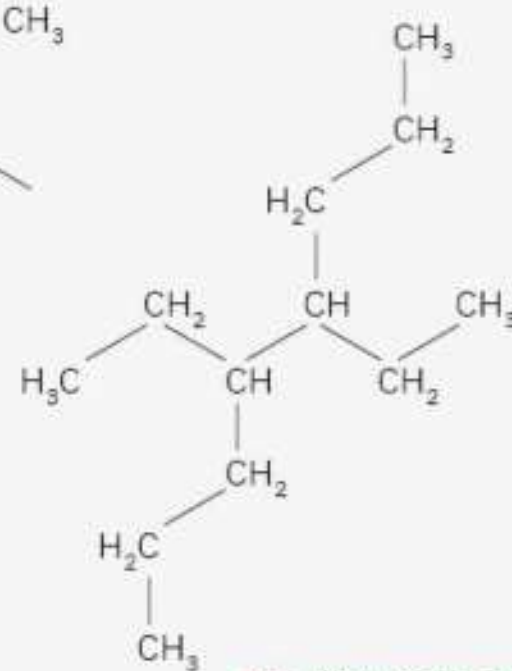
2,2-dimetylopropan



1-chloro-1-metylopropan



3-propyloheptan



4,5-dietylooktan

5. Narysuj wzory strukturalne podanych związków oraz ich izomerów konstytucyjnych.
- | | |
|-------------------|---------------------|
| a) 2-chlorobutan | c) <i>n</i> -heksan |
| b) 3-metylopentan | d) 1-fluoropropan |
- Podaj nazwy izomerów.
6. Przepisz zdania do zeszytu i uzupełnij tak, by zawierały prawdziwe informacje.
- a) Metan, etan, C_3H_8 , C_4H_{10} są gazami.
- b) $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ oraz $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ w temperaturze pokojowej są $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$.
- c) Alkany zawierające powyżej $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ atomów węgla w cząsteczce są ciałami stałymi.
- d) Alkany $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ w wodzie, natomiast $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ w rozpuszczalnikach niepolarnych.
7. Napisz w zeszycie równania podanych reakcji.
- | | |
|-----------------------------------|--|
| a) spalania całkowitego etanu | e) $\text{CH}_4 + 3\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + 2\text{HCl}$ |
| b) półspalania butanu | f) $\text{CH}_4 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HCl}$ |
| c) spalania niecałkowitego oktanu | g) $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2\text{O}$ |
| d) monochlorowania metanu | h) monobromowania etanu |
- Podaj nazwy produktów reakcji d–h.
- 8^a. Napisz w zeszycie równania reakcji oraz wszystkie możliwe produkty monohalogenowania. Podkreśl produkt główny reakcji.
- a) propan + $\text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$
- b) butan + $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
- c) 2-metylopropan + $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$

2. Alkeny

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowana cząsteczka najprostszego alkenu – etenu;
- jak otrzymuje się eten;
- jak prezentuje się szereg homologiczny alkenów;
- jak nazywa się alkeny;
- jakimi właściwościami fizycznymi wyróżniają się alkeny;
- jakim reakcjom ulegają alkeny.

Alkeny to węglowodory nienasycone mające wiązanie podwójne między atomami węgla. Związki z tej grupy znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach. Dla przykładu: eten wykorzystuje się w ogrodnictwie i sadownictwie jako środek przyspieszający dojrzewanie owoców, natomiast buten jest przetwarzany w celu otrzymywania paliw płynnych, m.in. gazu płynnego LPG.

2.1. Eten – najprostszy alken

C_2H_4 to najprostszy alken. Analiza liczby atomów w cząsteczce oraz teoria strukturalna wskazuje, że między atomami węgla w alkenach znajduje się wiązanie podwójne:



Rys. 6. Wzór strukturalny (a) i model kulkowy (b) etenu.

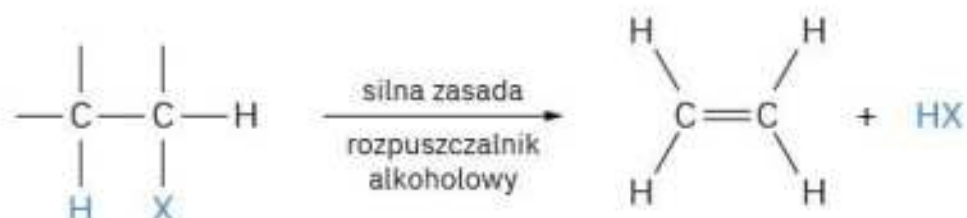
Na podstawie badań fizykochemicznych ustalono, że wszystkie atomy tworzące cząsteczkę etenu leżą w jednej płaszczyźnie, a kąty między wiązaniami $C=C-H$ oraz $H-C-H$ wynoszą 120° . Długość wiązania podwójnego wynosi 134 pm i jest ono krótsze od wiązania pojedynczego. Długości wiązań $C-H$ są zbliżone do tych samych w alkanach; w przypadku etenu wynoszą 110 pm.

Bardzo istotną cechą wiązania podwójnego, decydującą o właściwościach chemicznych alkenów, jest nierównocенność obu par elektronowych tworzących to wiązanie. Jedna z nich tworzy wiązanie σ , które charakterem zbliżone jest do wiązania pojedynczego. Trudno ulega rozerwaniu, zatem jest mało reaktywne. Druga para tworzy wiązanie typu π i jest zdecydowanie bardziej reaktywna.

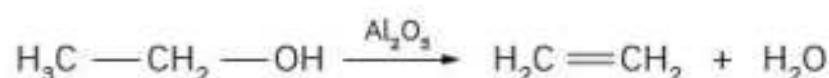
Obecność wiązania podwójnego powoduje zablokowanie rotacji wokół wiązania $C-C$. Możliwe jest zatem tworzenie izomerów geometrycznych (*cis/trans*).

2.2. Otrzymywanie etenu

Eten otrzymuje się w reakcjach eliminacji. Jako substraty wykorzystuje się alkohole ($-X = -OH$) lub fluorowcopochodne ($-X =$ np. $-Cl, Br$). Reakcje te zachodzą z udziałem silnych zasad i w rozpuszczalniku alkoholowym. Sprzyja im podwyższona temperatura.



Alkohol przekształca się w alken w wyniku odłączenia się (eliminacji) cząsteczki wody wymuszonego działaniem substancji odwadniającej. Przykładem substancji odwadniającej może być tlenek glinu (Al_2O_3), który w wyniku działania temperatury prowadzi do wyeliminowania cząsteczki wody z etanolu (C_2H_5OH) i powstania etenu:

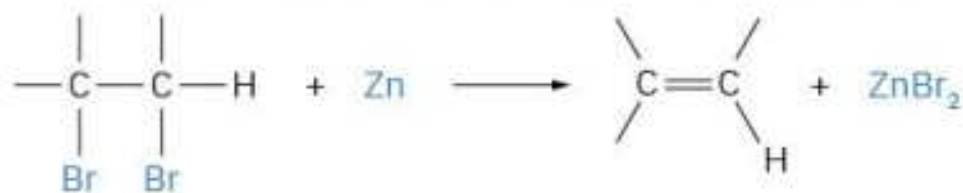


Reakcje odwadniania alkoholi można także prowadzić w obecności stężonego kwasu siarkowego(VI).

Poprzez eliminację cząsteczki fluorowcowodoru z chloropochodnej lub bromopochodnej również otrzymuje się eten:



Z dihalogenopochodnej, w której atomy halogenu znajdują się na dwóch sąsiadujących atomach węgla, można otrzymać alken, działając metalem(II). Najczęściej stosuje się cynk. Produktem ubocznym tych reakcji są sole cynku:



Eten można także otrzymać, ogrzewając folię polietylenową.

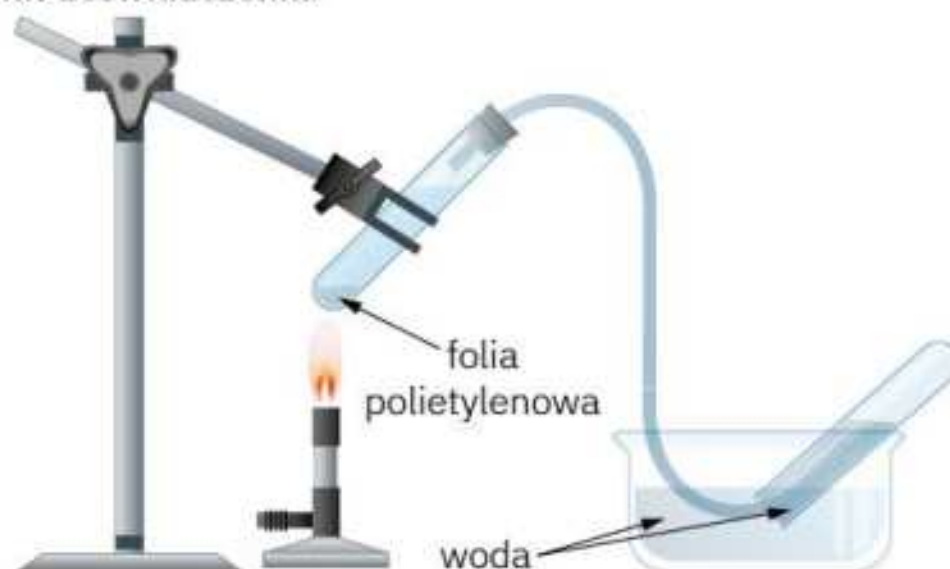
Doświadczenie 1.

Otrzymywanie etenu

Opis:

Probówkę z kawałkami folii polietylenowej zamknij korkiem z rurką odprowadzającą, a następnie ogrzej probówkę w płomieniu palnika. Wydzielający się gaz zbierz do dwóch probówek zanurzonych w krystalizatorze wypełnionym wodą. Probówki z produktem reakcji szczelnie zamknij korkiem.



Schemat doświadczenia:**Obserwacje:**

Woda zostaje wyparta przez bezbarwny gaz.

Wniosek:

Produktem reakcji jest gaz – eten, którego obecność potwierdzą dalsze doświadczenia.

2.3. Szereg homologiczny alkenów. Nazewnictwo

Eten, nazywany zwyczajowo etylenem, rozpoczyna szereg homologiczny alkenów – węglowodorów nienasyconych zawierających wiązanie podwójne między atomami węgla.

Na podstawie wzoru sumarycznego etenu C_2H_4 i znajomości definicji, zgodnie z którą kolejne homologi różnią się o grupę $-CH_2-$, można łatwo ustalić, że wzór ogólny alkenów ma postać:



n – liczba atomów węgla w cząsteczce.

Przedłużając szkielet węglowy tylko z jednej strony, otrzymuje się szereg homologiczny alk-1-enów. To węglowodory nienasycone, w których wiązanie podwójne znajduje się między pierwszym a drugim atomem węgla.

Szereg homologiczny alk-1-enów		
Wzór sumaryczny	Wzór półstrukturalny	Nazwa
C_2H_4	$CH_2=CH_2$	eten
C_3H_6	$CH_2=CHCH_3$	propen
C_4H_8	$CH_2=CHCH_2CH_3$	but-1-en
C_5H_{10}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_3$	pent-1-en
C_6H_{12}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_3$	heks-1-en
C_7H_{14}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	hept-1-en
C_8H_{16}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	okt-1-en
C_9H_{18}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	non-1-en
$C_{10}H_{20}$	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	dek-1-en

Nazwy alk-1-enów tworzy się przez analogię do nazw alkanów: zmienia się ich końcówki -an na **-en**. Dodatkowo podaje się miejsce położenia wiązania podwójnego.

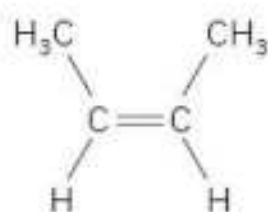
Izomery położenia alk-1-enów tworzą m.in. szereg homologiczny alk-2-enów. Pierwszym homologiem z tego szeregu jest but-2-en.

Szereg homologiczny alk-2-enów		
Wzór sumaryczny	Wzór półstrukturalny	Nazwa
C_4H_8	$CH_3CH=CHCH_3$	but-2-en
C_5H_{10}	$CH_3CH=CHCH_2CH_3$	pent-2-en
C_6H_{12}	$CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_3$	heks-2-en
C_7H_{14}	$CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_2CH_3$	hept-2-en
C_8H_{16}	$CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	okt-2-en
C_9H_{18}	$CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	non-2-en
$C_{10}H_{20}$	$CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	dek-2-en

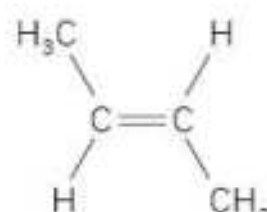
Nazwy alk-1-enów oraz alk-2-enów różni tylko lokant wskazujący na położenie wiązania podwójnego.

Powyższe wzory półstrukturalne homologów z szeregu alk-2-enów opisują dwa izomery geometryczne: *cis* i *trans*.

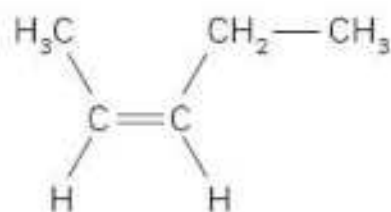
*Izomery geometryczne występują tylko w alkenach mających różne podstawniki na atomie węgla tworzącym wiązanie podwójne (ze względu na obecność dwóch atomów wodoru przy tym samym atomie węgla alk-1-eny nie tworzą izomerów *cis/trans*).



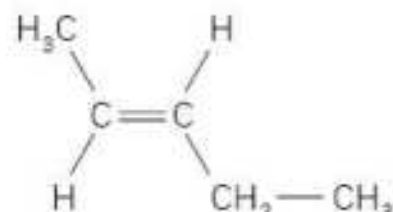
cis-but-2-en



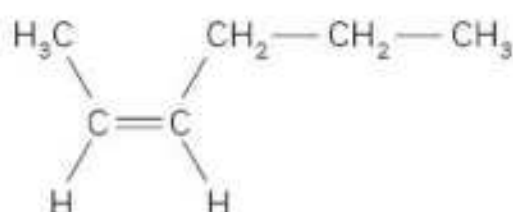
trans-but-2-en



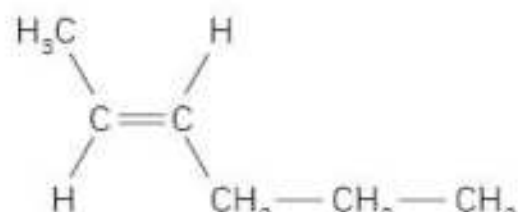
cis-pent-2-en



trans-pent-2-en

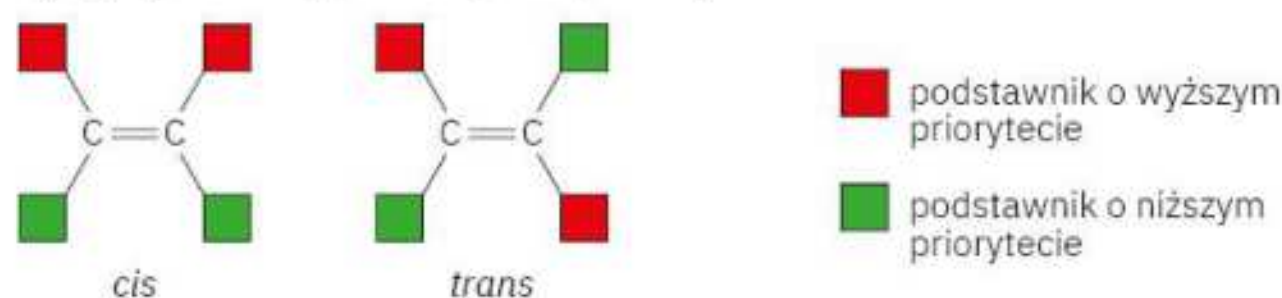


cis-heks-2-en



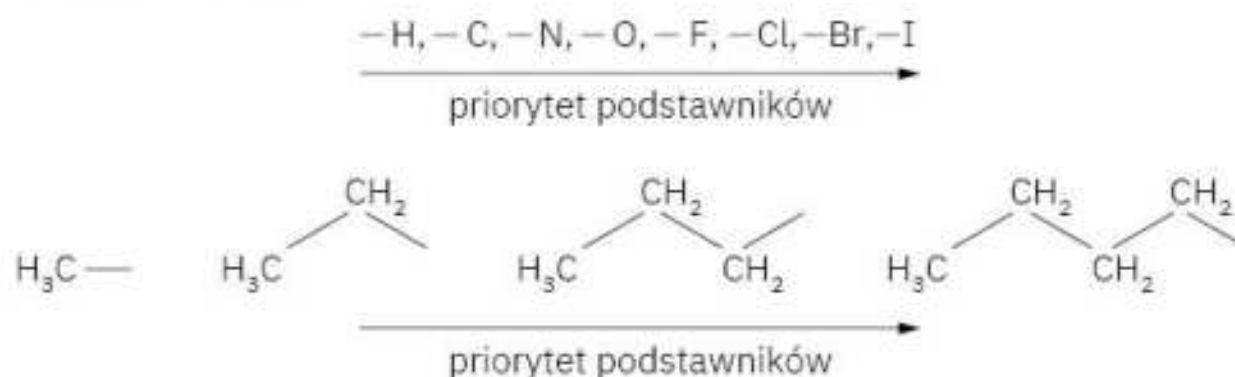
trans-heks-2-en

W przypadku izomerów *cis* podstawniki o wyższym priorytecie, rozpatrywane osobno na każdym atomie węgla, są po tej samej stronie wiązania podwójnego, a po drugiej stronie wiązania podwójnego znajdują się podstawniki o niższym priorytecie. Wyższy priorytet mają podstawniki zawierające atomy o większej liczbie atomowej, a dla izotopów rozpatruje się liczby masowe. Izomery *trans* natomiast mają podstawniki o wyższym priorytecie po różnych stronach płaszczyzny wyznaczonej przez wiązanie podwójne.



Rys. 7. Izomery *cis* mają podstawniki z wyższym priorytetem na dwóch atomach węgla połączonych wiązaniem podwójnym, znajdujące się po tej samej stronie płaszczyzny wyznaczonej przez to wiązanie, a izomery *trans* mają podstawniki z wyższym priorytetem po przeciwnych stronach wiązania podwójnego.

Najniższy priorytet ma atom H otwierający układ okresowy pierwiastków. W pierwiastkach ułożonych kolejno w układzie okresowym zgodnie ze wzrostem liczby atomowej wzrasta priorytet atomów będących podstawnikami. Podobnie wydłużanie liczby atomów węgla w łańcuchu bocznym powoduje wzrost priorytetu podstawników (rys. 8).



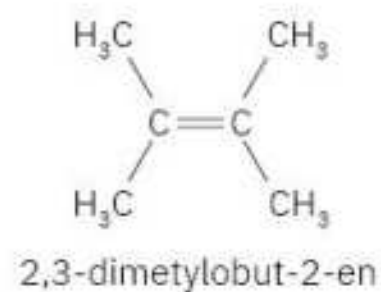
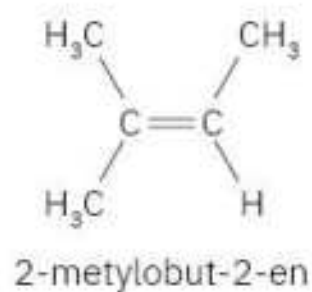
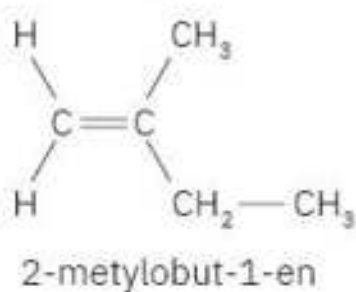
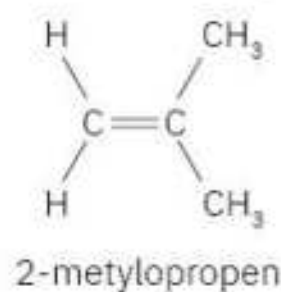
Rys. 8. Zmiana priorytetu podstawników na wybranych przykładach.

W nazewnictwie alkenów o łańcuchach rozgałęzionych stosuje się podobne reguły, co przy nazewnictwie rozgałęzionych alkanów.

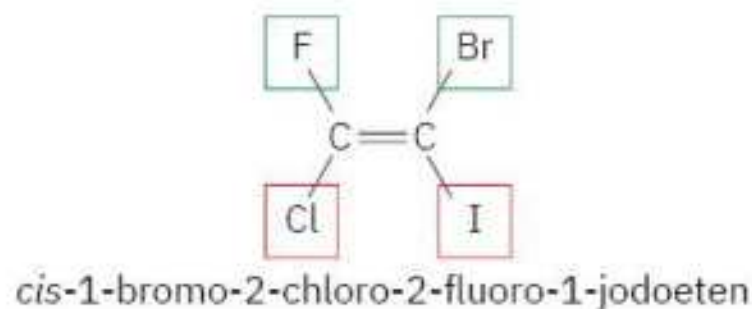
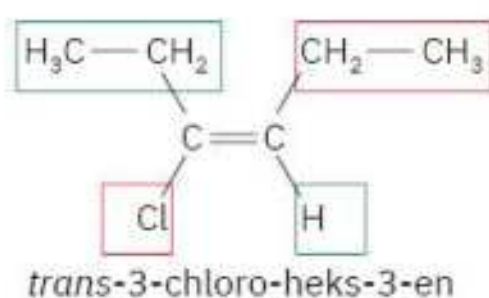
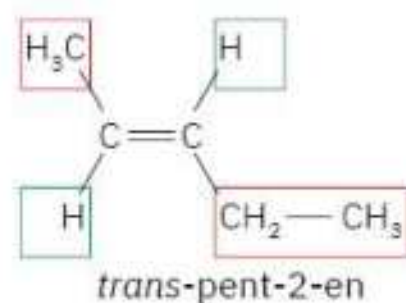
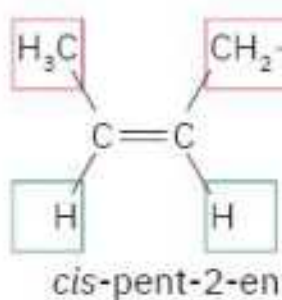
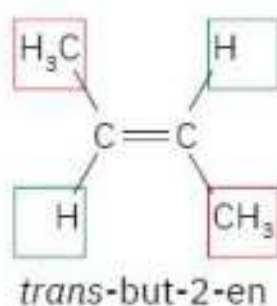
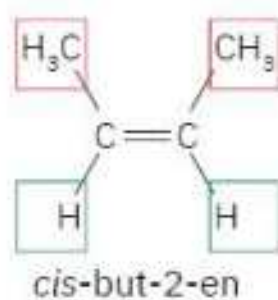
1. Wybranie najdłuższego łańcucha węglowego z wiązaniem podwójnym.
2. Ponumerowanie atomów węgla z łańcucha głównego, tak by wiązanie podwójne miało najniższy lokant.
3. Ustalenie rodzaju i liczby podstawników.
4. Podanie lokantów podstawników oraz określenie ich ilości i rodzaju. Należy pamiętać, by w rdzeniu nazwy zmienić końcówkę charakterystyczną dla alkanów -an na **-en** oraz podać lokant wiązania podwójnego.

*W ostatnim kroku należy rozważyć występowanie izomerów geometrycznych i w razie konieczności określić typ izomeru jako *cis* lub *trans*.

Przykładowe nazwy:

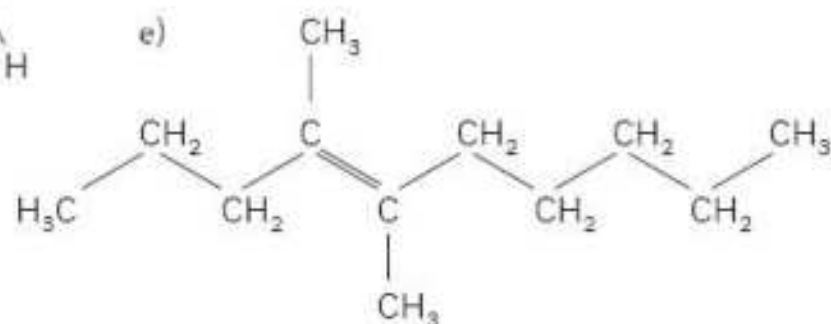
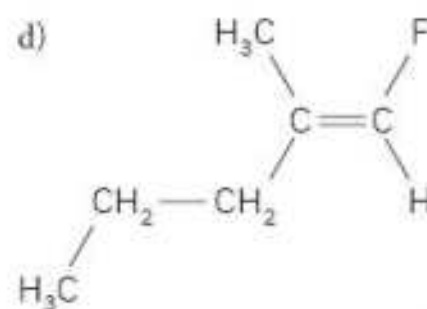
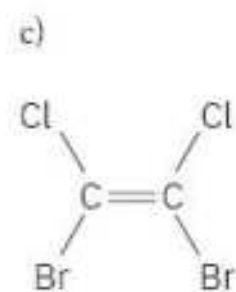
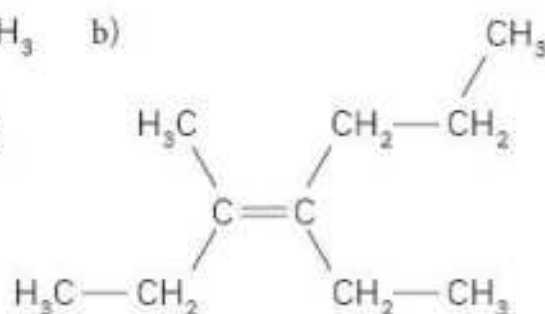
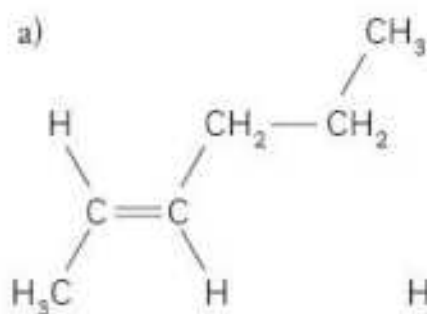


*



Ćwiczenia

1. Wyjaśnij, dlaczego część powyższych przykładów nie występuje w postaci izomerów geometrycznych.
- 2*. Napisz w zeszycie dwa izomery geometryczne okt-2-enu.
- 3*. Określ izomer jako *cis* lub *trans*. Nazwy poniższych związków zapisz w zeszycie.



2.4. Właściwości fizyczne

Właściwości fizyczne alkenów są bardzo podobne do właściwości alkanów. Temperatury topnienia oraz wrzenia alkenów i alkanów zawierających tę samą liczbę atomów węgla w cząsteczce różnią się nieznacznie. Analogicznie do alkanów, temperatura wrzenia i topnienia alkenów wzrasta wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczce. Ponadto temperatura topnienia i wrzenia alk-1-enów w porównaniu z odpowiednimi alk-2-enami jest niższa (tab. 7).

Tab. 7. Przykładowe zestawienie wybranych właściwości fizycznych alk-1-enów i alk-2-enów

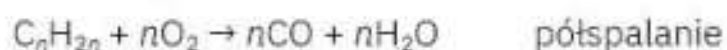
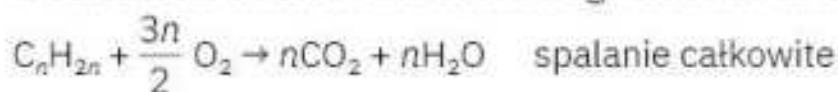
Nazwa izomeru	Temperatura wrzenia [°C]	Temperatura topnienia [°C]
but-1-en	-6	-185
cis-but-2-en	4	-139
trans-but-2-en	1	-106

Alkeny podobnie jak alkany nie rozpuszczają się w wodzie i innych rozpuszczalnikach polarnych, a rozpuszczają się w rozpuszczalnikach niepolarnych.

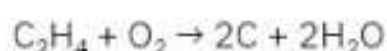
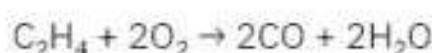
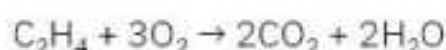
2.5. Właściwości chemiczne

Reakcje spalania

Alkeny ulegają reakcjom spalania: całkowitego, półspalania i niecałkowitego w zależności od stosunku ilościowego tlenu do alkenu:



Równania reakcji spalania etenu C_2H_4 wyglądają następująco:



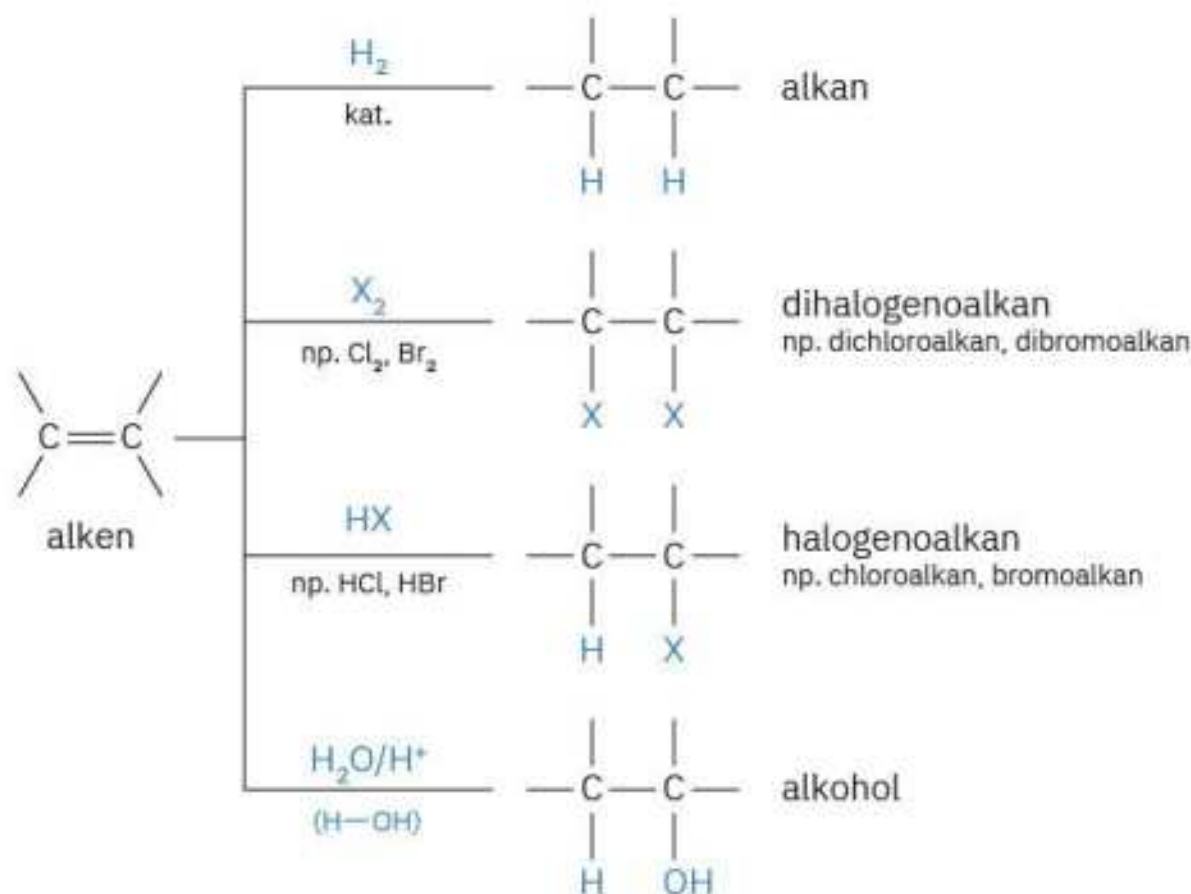
Ćwiczenia

- Wskaż równanie reakcji spalania całkowitego, niecałkowitego i półspalania wśród powyższych równań reakcji spalania etenu.
- Napisz w zeszycie równanie reakcji spalania całkowitego, półspalania oraz spalania niecałkowitego butenu.



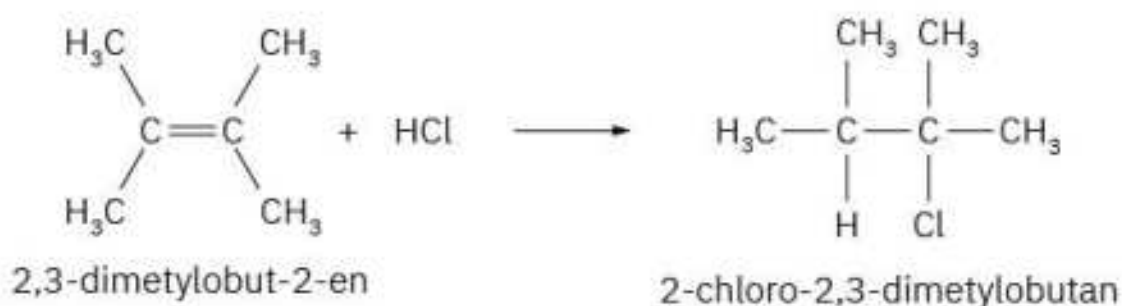
Reakcje addycji

Jedną z najbardziej charakterystycznych reakcji węglowodorów nienasyconych jest reakcja addycji elektrofilowej. Addycji, czyli przyłączeniu do atomów węgla tworzących wiązanie podwójne, ulegają atomy pochodzące z cząsteczek symetrycznych (H_2 , X_2) lub niesymetrycznych (HX , H_2O) (rys. 9).

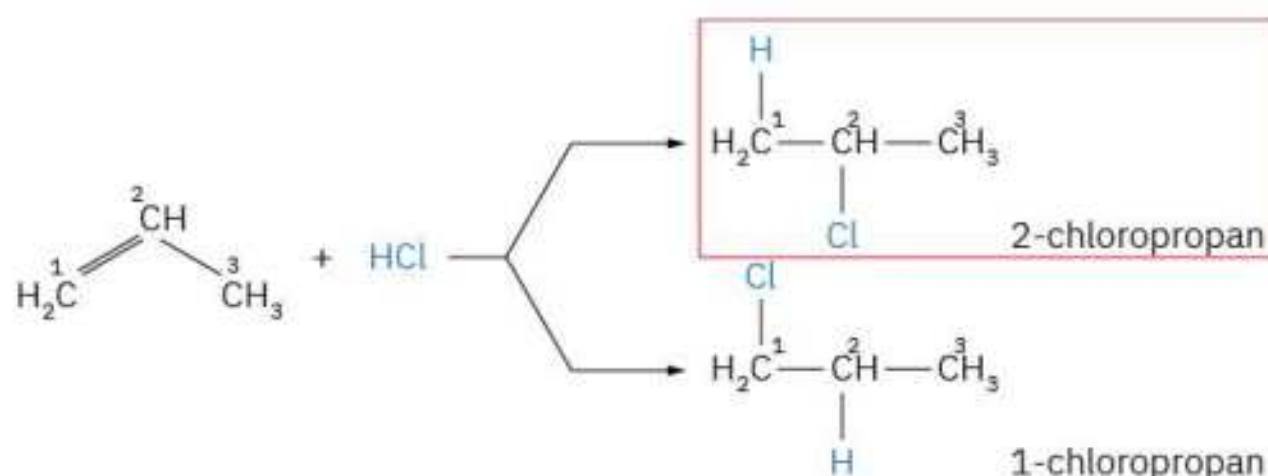


Rys. 9. Reakcje addycji do alkenów.

W przypadku addycji atomów z cząsteczek symetrycznych może powstać tylko jeden produkt. Również w reakcji addycji cząsteczek niesymetrycznych do alkenów symetrycznych powstaje jeden produkt:



Inaczej jest w przypadku addycji cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych cząsteczek alkenów. W reakcji addycji HCl do propenu powstają dwa izomeryczne produkty:



Analogicznie produktami reakcji addycji wody (reakcja zachodzi w środowisku kwasowym) do propenu są związki mający grupę hydroksylową –OH przy pierwszym atomie węgla (propan-1-ol) oraz związek mający grupę hydroksylową przy drugim atomie węgla (propan-2-ol).

Badania na dużej liczbie związków wskazały, że rzeczywiście powstają dwa produkty, jednak jeden z nich powstaje w zdecydowanej przewadze. Produktem głównym reakcji addycji niesymetrycznych cząsteczek (HZ, Z = –Cl, –Br, –OH) do niesymetrycznych alkenów jest związek powstały po przyłączeniu atomu wodoru do atomu węgla, który związany jest z większą liczbą atomów wodoru. Reguła ta nosi nazwę **Markownikowa** (od nazwiska jej odkrywcy). Zgodnie z tą regułą produktem głównym reakcji addycji HCl lub cząsteczki wody do propenu będą odpowiednio 2-chloropropan i 2-hydroksypropan. Reguła ta jest uniwersalna dla wszystkich reakcji addycji elektrofilowej.

Reguła Markownikowa – reguła dotycząca produktów reakcji addycji elektrofilowej wskazująca, że produktem głównym jest związek powstający w wyniku addycji atomu wodoru do atomu węgla tworzącego wiązanie podwójne, który połączony jest z większą liczbą atomów wodoru.

reguła
Markownikowa

Ćwiczenie

6. Napisz w zeszycie równanie reakcji addycji:

a) HCl,

b) H₂O

do cząsteczki:

1) but-1-enu,

2) 2-metylobut-2-enu.

Podaj wyłącznie produkt główny i go nazwij.

Reakcja addycji jest wykorzystywana do odróżniania węglowodorów nasyconych od nienasyconych. Brom reaguje z alkenami bez udziału światła, które konieczne jest do przebiegu reakcji alkanów z bromem.





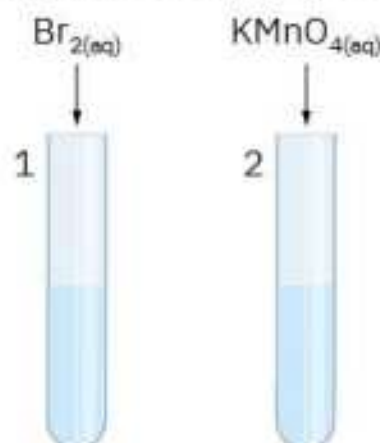
Doświadczenie 2.

Wykrywanie obecności wiązania wielokrotnego

Opis:

Do doświadczenia należy użyć gazu otrzymanego w doświadczeniu 1. Do jednej probówki z gazem dodaj 2 cm^3 wody bromowej, a do drugiej – 2 cm^3 roztworu manganianu(VII) potasu. Następnie probówki zamknij korkiem, a dodatkowo probówkę z wodą bromową owiń ciemnym materiałem (aby uniemożliwić dostęp światła) i energicznie potrząsaj probówkami przez chwilę.

Schemat doświadczenia:

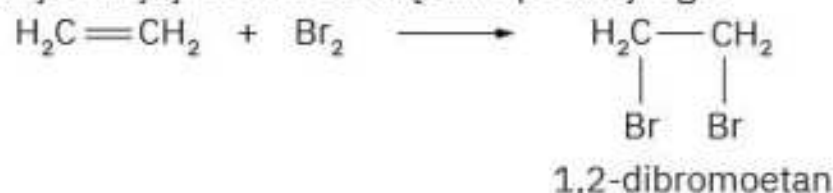


Obserwacje:

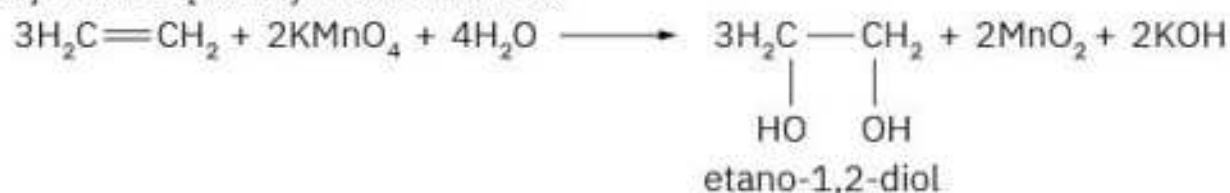
Dodana brunatna woda bromowa się odbarwiła. W probówce z KMnO_4 zniknęło fioletowe zabarwienie, a pojawił się brunatny osad.

Wnioski:

Zaszła reakcja addycji bromu do wiązania podwójnego:



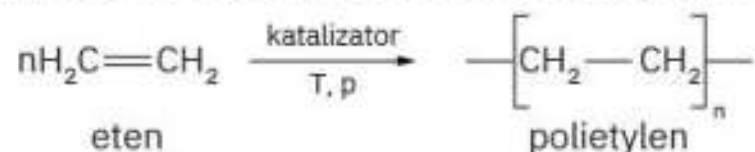
Zaszła reakcja utleniania i redukcji – powstał tlenek manganu(IV), co wskazuje na dużą reaktywność alkenów:



Otrzymanym w doświadczeniu 1 gazem był eten.

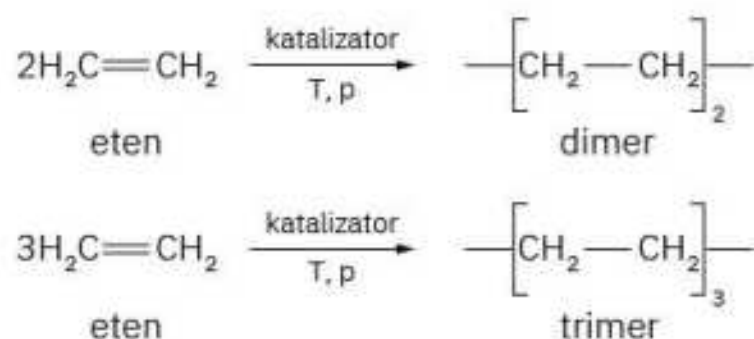
Reakcje polimeryzacji

Drugą najbardziej charakterystyczną reakcją dla węglowodorów nienasyconych jest reakcja polimeryzacji. Ogrzewanie etenu w wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem w obecności katalizatora powoduje rozrywanie wiązań podwójnych (typu π) i łączenie się cząsteczek etenu w długie łańcuchy:



Wzór polimeru zapisuje się, podając w nawiasie budowę **meru**, czyli powtarzającej się jednostki budującej polimer powstałej z cząsteczki substratu, tzw. **monomeru**.

Produkt polimeryzacji dwóch cząsteczek nazywa się dimerem, trzech cząsteczek – trimerem itd. (rys. 10). Produkt polimeryzacji większej, bliżej nieokreślonej liczby cząsteczek określa się oligomerem lub polimerem.



Rys. 10. Dimeryzacja oraz trimeryzacja etenu.

Polimeryzacja – proces łączenia się cząsteczek mających wiązanie podwójne (monomerów) w długie łańcuchy nazywane polimerami.

polimeryzacja

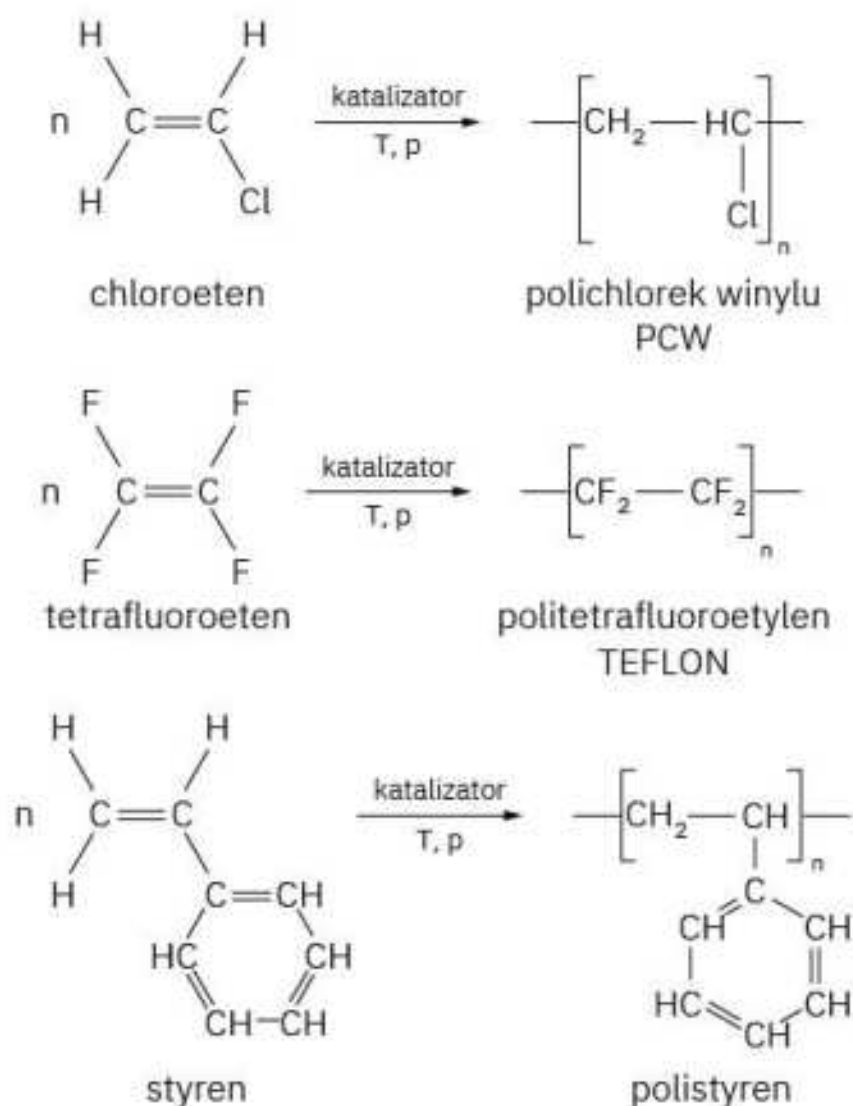
Mer – powtarzający się cyklicznie fragment polimeru.

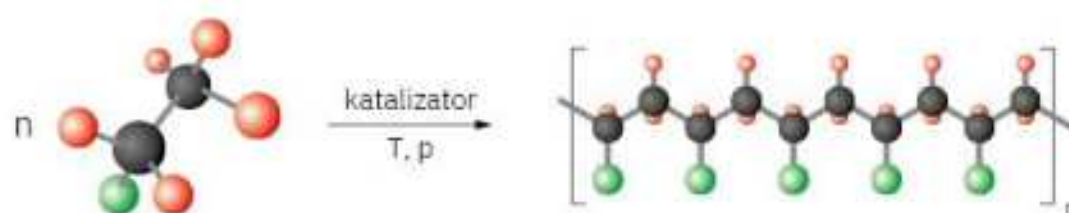
mer

Monomer – substrat ulegający reakcji polimeryzacji.

monomer

Poza etenem polimeryzacji ulegają jego pochodne, np.: chloroeten, tetrafluoroeten lub styren.





Rys. 11. Reakcja polimeryzacji chloroetenu przedstawiona na modelach kulkowych.

Znanym polimerem jest także polipropylen otrzymywany w wyniku polimeryzacji propenu.



Rys. 12. Granulki polipropylenu oraz rolki z folią polipropylenową (PP).

Ćwiczenie

- Napisz w zeszycie równanie reakcji polimeryzacji propenu. Wskaż monomer oraz mer.

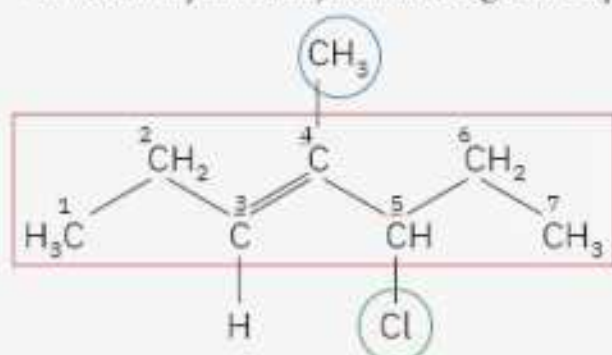
PODSUMOWANIE LEKCJI

ALKENY		
łańcuchowe	cykloalkeny*	dieny*
C_nH_{2n}	C_nH_{2n-2}	

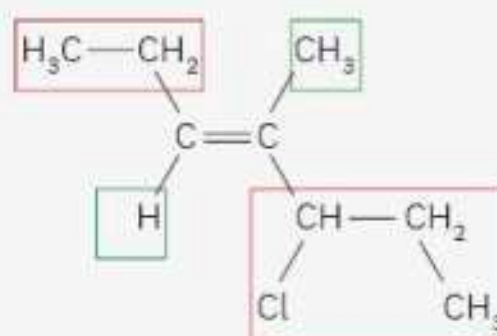
Szereg homologiczny alk-1-enów		
Wzór sumaryczny	Wzór strukturalny lub strukturalny uproszczony	Nazwa
C_2H_4	$CH_2=CH_2$	eten
C_3H_6	$CH_2=CHCH_3$	propen
C_4H_8	$CH_2=CHCH_2CH_3$	but-1-en
C_5H_{10}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_3$	pent-1-en
C_6H_{12}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_3$	heks-1-en
C_7H_{14}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	hept-1-en
C_8H_{16}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	okt-1-en
C_9H_{18}	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	non-1-en
$C_{10}H_{20}$	$CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	dek-1-en

• **Nazwa alkenów zawiera informacje o:**

- liczbie atomów węgla w łańcuchu głównym zawierającym wiązanie podwójne
- lokalizacji wiązania podwójnego
- rodzaju i liczbie podstawników
- miejscu podstawienia wszystkich podstawników
- ewentualnym rodzaju izomeru geometrycznego.



4-metylo-5-chloro-hept-3-en



*trans-4-metylo-5-chloro-hept-3-en

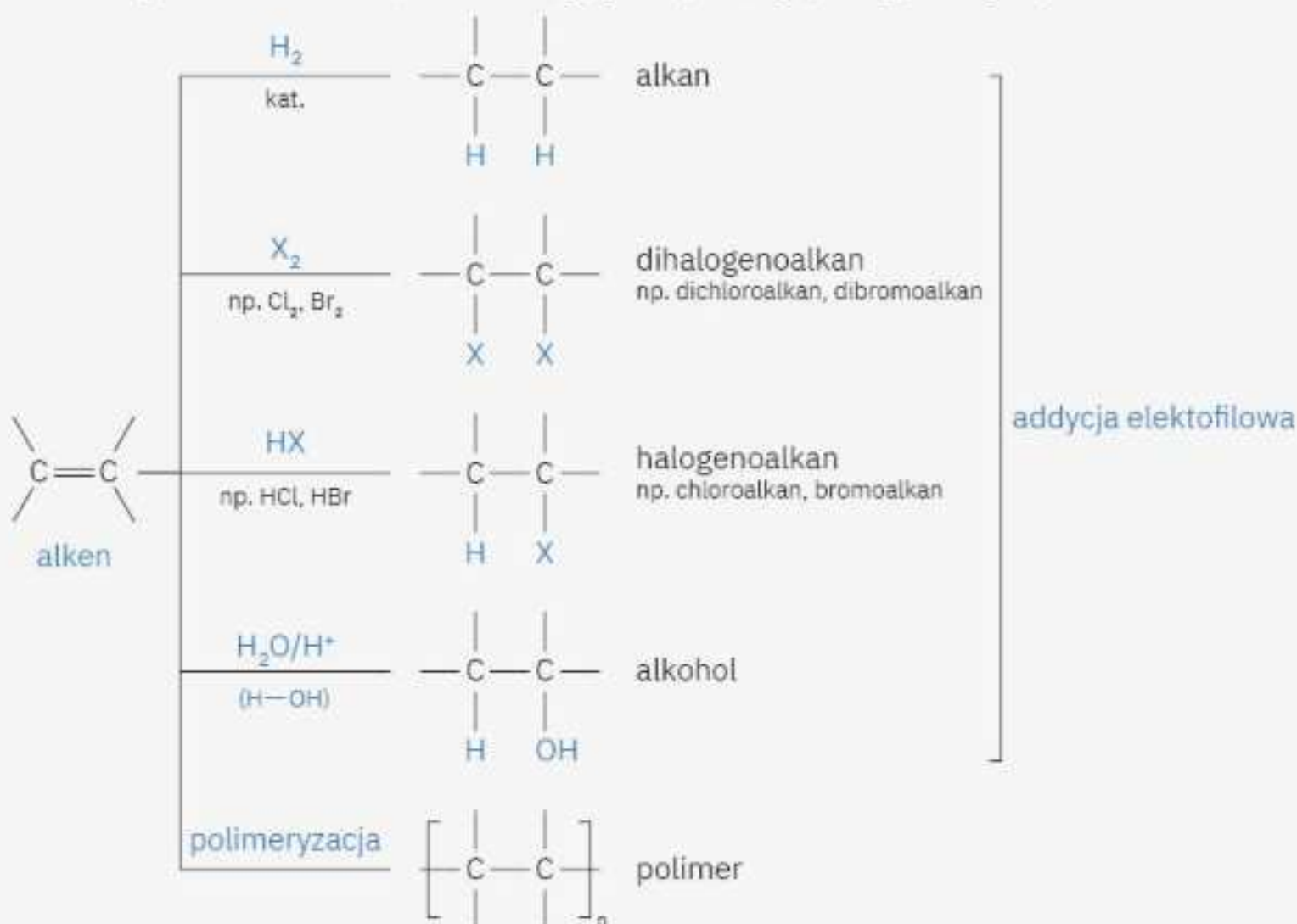
• **Właściwości fizyczne** alkenów są podobne do właściwości fizycznych alkanów.

s. 73

• **Właściwości chemiczne alkenów:**

s. 73

Alkeny, jak wszystkie związki organiczne, ulegają reakcji spalania (spalanie całkowite, półspalanie oraz spalanie niecałkowite). Ponadto ulegają reakcjom addycji oraz polimeryzacji.



s. 75

- **Reguła Markownikowa** – reguła dotycząca produktów reakcji addycji elektrofilowej niesymetrycznych cząsteczek do niesymetrycznych alkenów, wskazująca, że produktem głównym jest związek powstający w wyniku addycji atomu wodoru do atomu węgla tworzącego wiązanie podwójne, który połączony jest z większą liczbą atomów wodoru.

s. 77

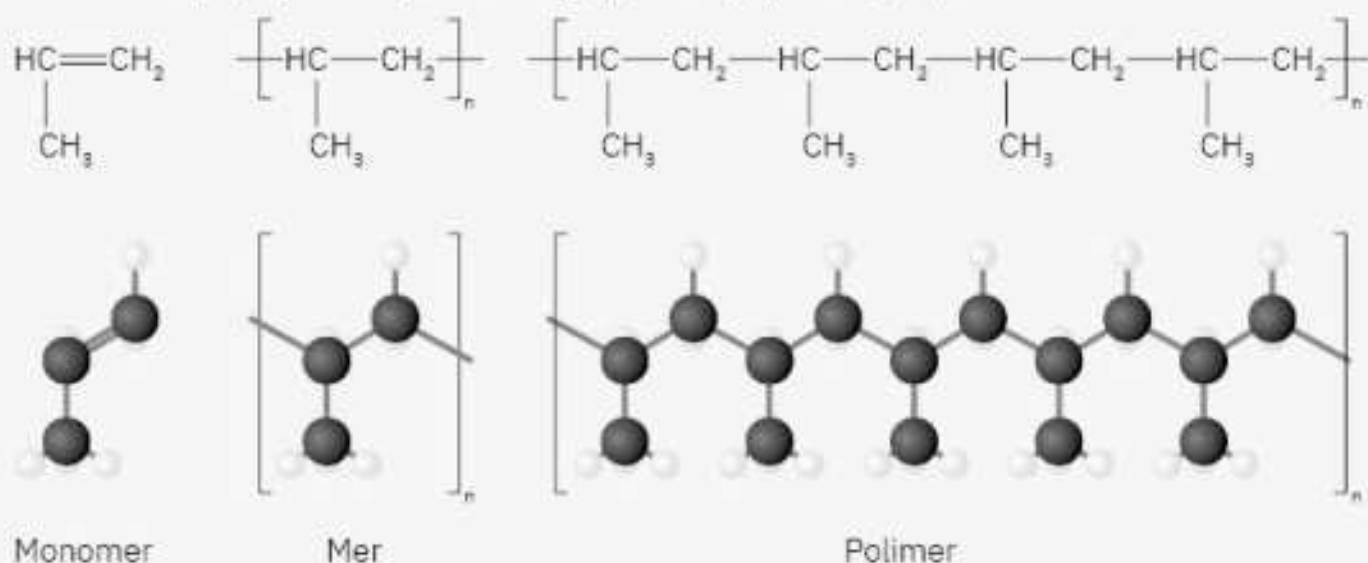
- **Polimeryzacja** – proces łączenia się cząsteczek mających wiązanie podwójne (monomerów), w długie łańcuchy nazywane polimerami.

s. 77

- **Mer** – powtarzający się cyklicznie fragment polimeru.

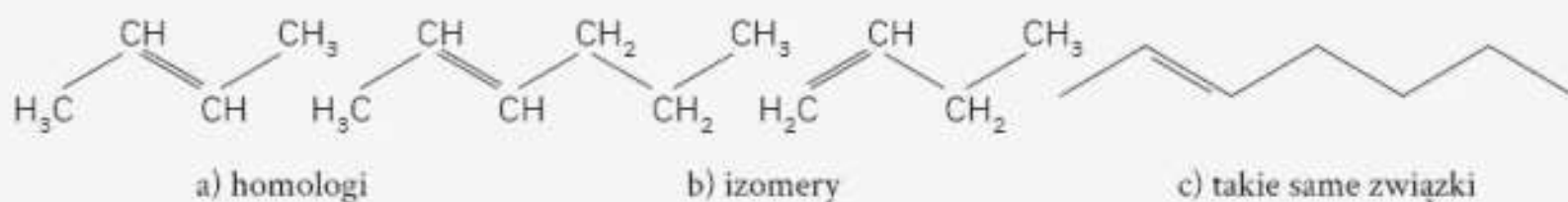
s.77

- **Monomer** – pojedyncza cząsteczka ulegająca reakcji polimeryzacji.

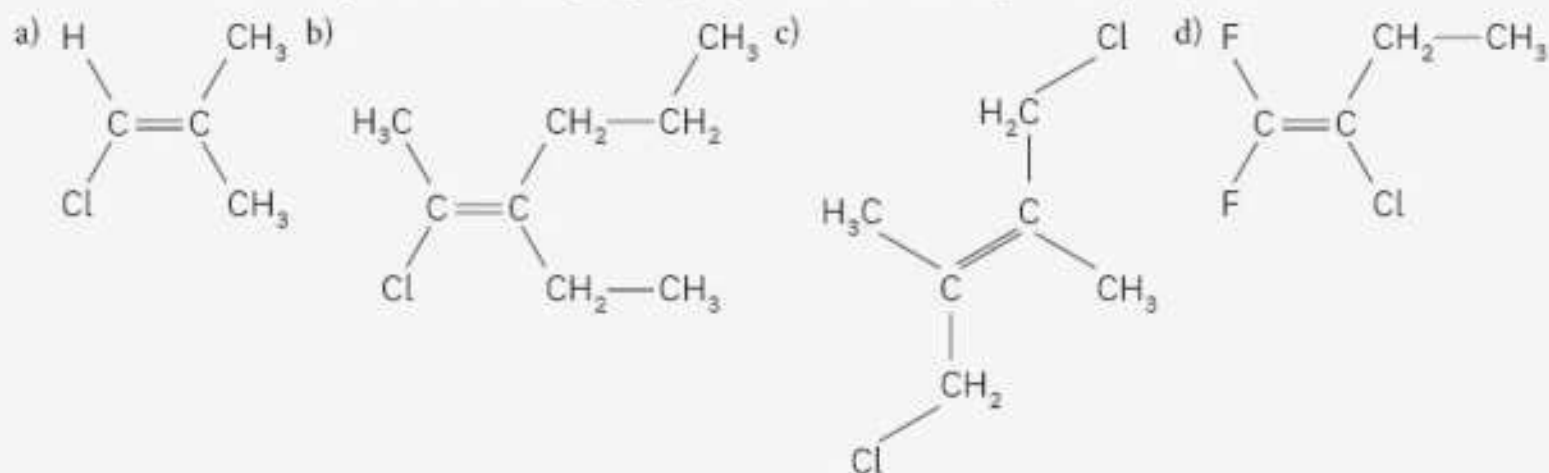


ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

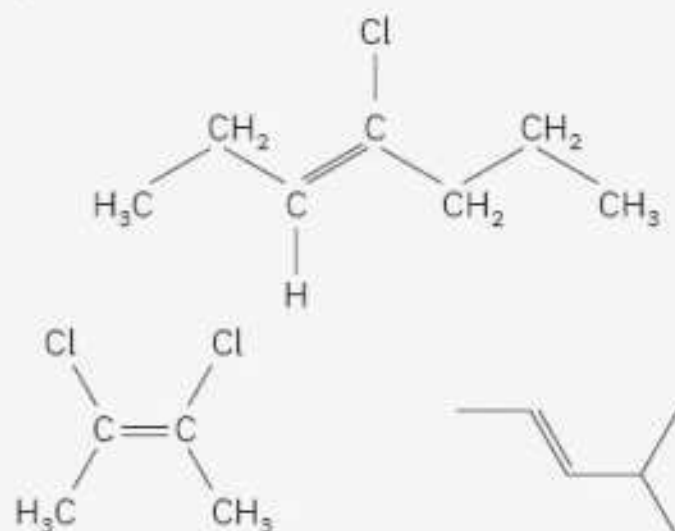
1. Określ zależności między poniższymi związkami i przepisuj do zeszytu ich struktury w odpowiednich parach.



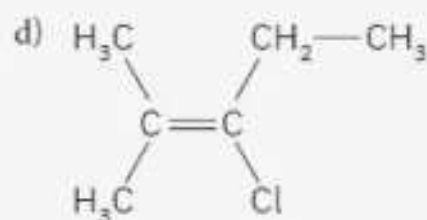
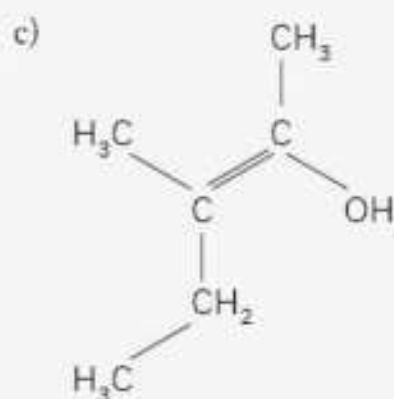
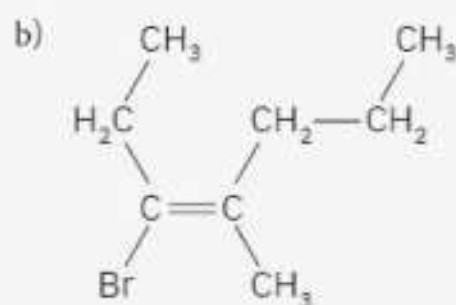
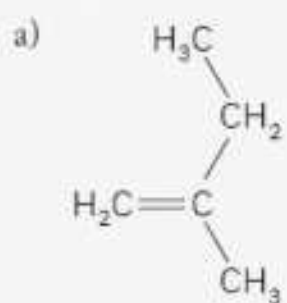
2. Wskaż związki, które nie występują w postaci izomerów geometrycznych.



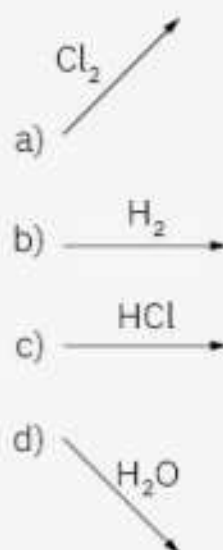
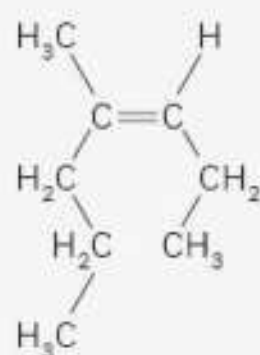
- 3*. Określ poniższe alkeny jako izomery *cis* lub *trans*. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne ich izomerów geometrycznych.



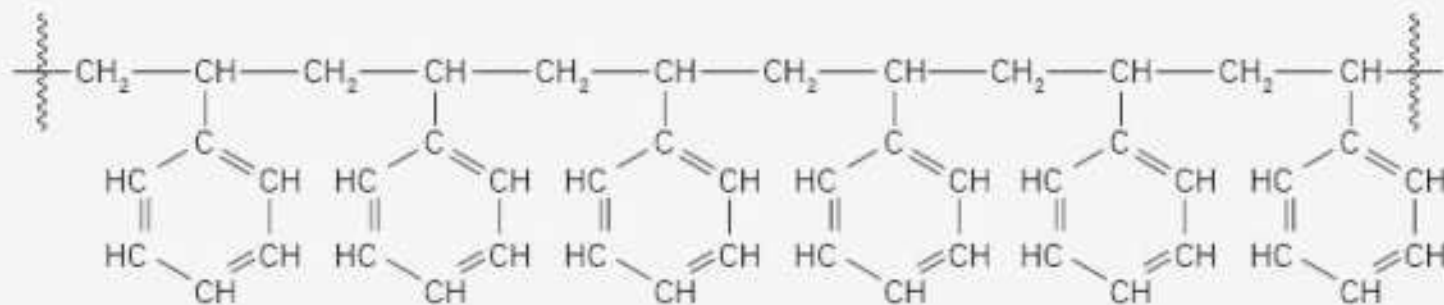
4. Narysuj w zeszycie struktury związków o podanych nazwach.
- 3,4-dimetyloheks-2-en
 - 4-etylo-3-metylohept-3-en
 - 3-propylohept-1-en
 - 3,4,4-trimetylopent-1-en
 - 4-bromo-4-metylopent-1-en
 - 1,2-dichloro-1,2-difluoroeten
5. Spośród związków z zadania 4. wybierz dwa przykłady i narysuj wzory półstrukturalne izomerów szkieletowych oraz izomerów położenia.
6. Nazwij podane związki.



7. Napisz w zeszycie równania podanych reakcji.
- spalanie całkowite propenu
 - spalanie niecałkowite C_5H_{10}
 - półspalanie dek-1-enu
 - addycja Cl_2 do but-2-enu
 - otrzymywanie propanu z propenu
 - polimeryzacja but-2-enu
 - trimeryzacja chloropropenu
8. Na podstawie poniższego diagramu napisz w zeszycie równania reakcji. W podpunktach c i d napisz wzory dwóch możliwych produktów reakcji i podkreśl produkt główny. Nazwij produkty reakcji a–c.



9. Napisz w zeszycie strukturę meru powstającego w wyniku polimeryzacji tetrafluoroetenu.
10. Napisz w zeszycie strukturę meru oraz monomeru tworzącego w wyniku reakcji polimeryzacji polimer o podanym wzorze.



11. Oceń prawdziwość podanych zdań.
- Eten to najprostszy przedstawiciel alkenów.
 - Alk-1-eny i alk-2-eny zawierające tyle samo atomów węgla w cząsteczce są względem siebie izomerami.
 - Alkeny bardzo dobrze rozpuszczają się w wodzie i innych rozpuszczalnikach polarnych.
 - Temperatura wrzenia i topnienia alkenów rośnie wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczkach.
 - PCW (polichlorek winylu) powstaje w wyniku polimeryzacji chloroetenu.
 - Alkeny, jak wszystkie inne związki organiczne, ulegają reakcjom spalania całkowitego w ograniczonej ilości tlenu.
 - But-1-en i pent-2-en są homologami.

3. Alkiny

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowana cząsteczka najprostszego alkinu – etynu;
- jak otrzymuje się etyn;
- jak prezentuje się szereg homologiczny alkinów;
- jak nazywa się alkiny;
- jakie właściwości fizyczne mają alkiny;
- jakim reakcjom ulegają alkiny.

Obok alkenów węglowodorami nienasyconymi są alkiny. Różnią się od alkenów tym, że między atomami węgla mają wiązanie potrójne zamiast podwójnego. Najprostszym alkinem jest etyn zwany także acetylenem. Acetylen to związek nietrwały, bardzo reaktywny. Jego temperatura spalania może przewyższyć 3000°C , dlatego palniki acetylenowo-tlenowe wykorzystuje się do cięcia lub spawania metali.



Rys. 13. Cięcie metali za pomocą palnika acetylenowego.

3.1. Najprostszy alkin

Przedstawicielem alkinów jest związek o wzorze sumarycznym C_2H_2 . Zawiera on wiązanie potrójne między atomami węgla.



Rys. 14. Wzór strukturalny (a) oraz model kulkowy (b) etynu.

Budowa cząsteczki etynu jest liniowa. Kąt między $\text{H}-\text{C}$ oraz między $-\text{C}-\text{C}-$ wynosi 180° . Nawet dłuższe cząsteczki alkinów w obszarze wiązania potrójnego

zachowują liniowość. Wiązanie potrójne w alkinach jest krótsze od wiązania podwójnego występującego w alkenach (tab. 8).

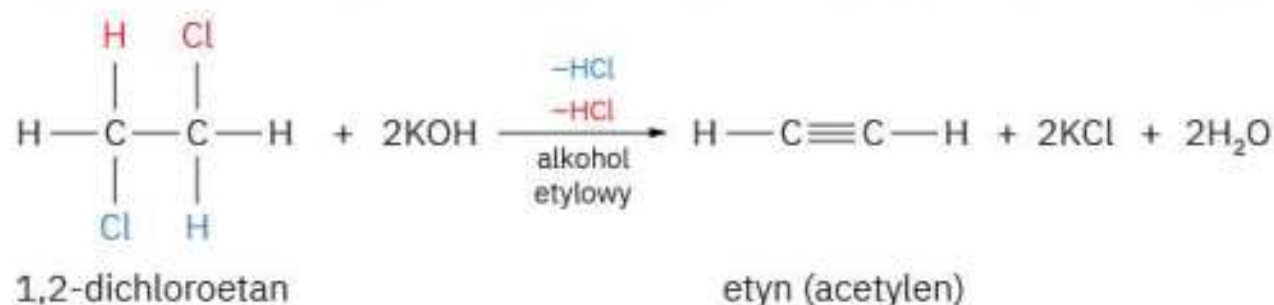
Tab. 8. Zestawienie długości wiązania pojedynczego, podwójnego oraz potrójnego między atomami węgla w węglowodorach

Nazwa związku	Wzór półstrukturalny	Długość wiązania węgiel-węgiel [pm]
etan	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3$	153
eten	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$	134
etyn	$\text{HC} \equiv \text{CH}$	120

Podobnie jak w cząsteczce etenu pary elektronowe tworzące wiązanie potrójne w etynie nie są równocenne. Etyn między atomami węgla ma jedno wiązanie typu σ oraz dwa typu π . To właśnie wiązania typu π odpowiadają za dużą reaktywność etynu.

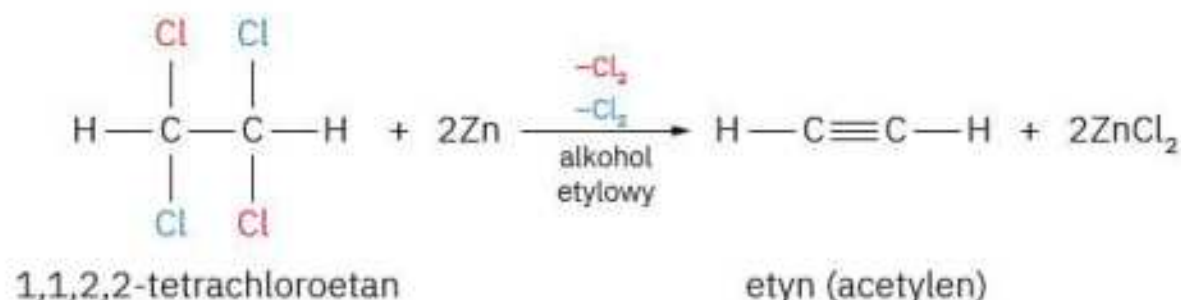
3.2. Otrzymywanie etynu

Alkiny, podobnie jak alkeny, otrzymuje się w reakcjach eliminacji. Jako substratów używa się halogenopochodnych. W celu otrzymania wiązania potrójnego należy odłączyć dwie cząsteczki związku nieorganicznego (podwójna eliminacja):

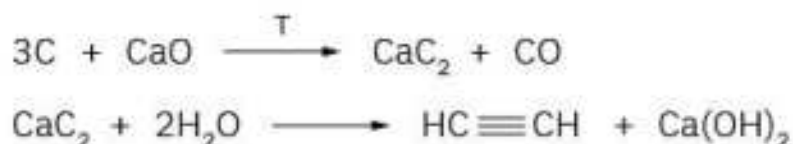


Ze względu na zasadowe środowisko reakcji produktem ubocznym reakcji eliminacji nie są dwie cząsteczki halogenowodoru, ale dwie cząsteczki soli i wody.

Wiązanie potrójne można także otrzymać, eliminując dwie cząsteczki fluorowca. Substratem dla tej reakcji jest tetrafluorowcopochodna, zawierająca po dwa atomy fluorowca na sąsiednich atomach węgla. Można je usunąć, działając na cząsteczkę metalem(II), np. cynkiem. Reakcja zachodzi tak, jak w przypadku otrzymywania alkenów.



Obydwie przedstawione metody otrzymywania rzadko stosuje się do otrzymania etynu. Acetylen uzyskuje się przede wszystkim ze związku nieorganicznego, węgliku wapnia (karbidu), który z kolei otrzymuje się przez spiekanie w piecach elektrycznych tlenku wapnia z koksem:



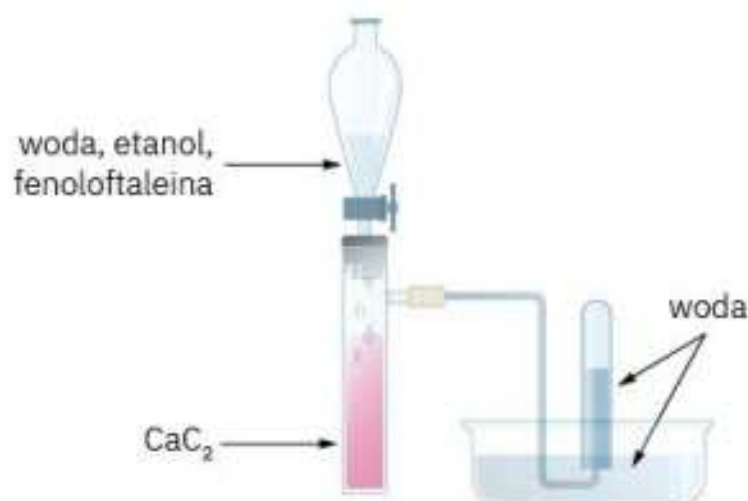
Doświadczenie

Otrzymywanie acetylenu

Opis:

Do probówki (z rurką odprowadzającą) zawierającej niewielką ilość węgliku wapnia (karbidu) wkrapłaj powoli 3 cm^3 mieszaniny wody i alkoholu etylowego (w stosunku objętościowym 1:1) z kroplą fenoloftaleiny. Wydzielający się gaz zbierz do probówki. Po zebraniu gazu probówkę szczelnie zamknij korkiem.

Schemat:

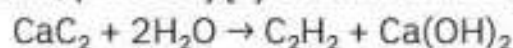


Obserwacje:

Z probówki wydziela się gaz nierozpuszczalny w wodzie. Probówka z karbidem zabarwia się na malinowo.

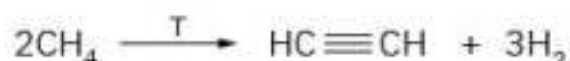
Wnioski:

Powstającym gazem jest najprawdopodobniej acetylen, obok którego powstaje zasadowy produkt, powodujący zabarwienie się fenoloftaleiny.



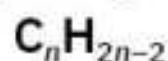
Gaz można zidentyfikować, wykonując doświadczenie 2 z poprzedniego rozdziału (dla etenu i etynu wyniki doświadczenia będą takie same).

Na skalę przemysłową acetylen otrzymuje się z metanu:



3.3. Szereg homologiczny alkinów. Nazewnictwo

Alkiny tworzą szereg homologiczny, którego wzór ogólny ma postać:



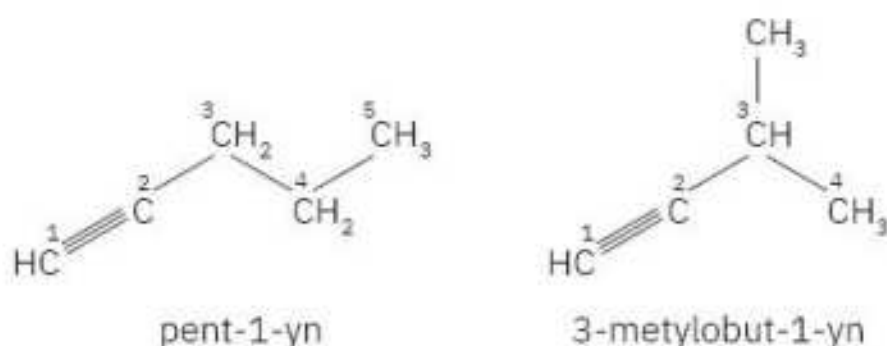
Szereg homologiczny alk-1-ynów		
Wzór sumaryczny	Wzór półstrukturalny	Nazwa
C_2H_2	$\text{HC} \equiv \text{CH}$	etyn (acetylen)
C_3H_4	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_3$	propyn
C_4H_6	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$	but-1-yn
C_5H_8	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	pent-1-yn
C_6H_{10}	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	heks-1-yn
C_7H_{12}	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	hept-1-yn
C_8H_{14}	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	okt-1-yn
C_9H_{16}	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	non-1-yn
$\text{C}_{10}\text{H}_{18}$	$\text{HC} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	dek-1-yn

Alkiny, podobnie jak alkeny, mogą tworzyć szereg homologicznych alk-2-ynów i innych izomerów mających wiązanie potrójne umiejscowione na atomach węgla dalszych względem początku łańcucha.

Ćwiczenie

1. Zastanów się, czy alkiny mogą tworzyć, podobnie jak alkeny, izomery geometryczne. Odpowiedź wraz z uzasadnieniem zapisz w zeszycie.

Nazwy alkinów tworzy się tak, jak nazwy alkenów. Należy jedynie pamiętać o zmianie końcówki na charakterystyczną dla alkinów **-yn**. Czasami spotyka się także końcówkę **-in**.

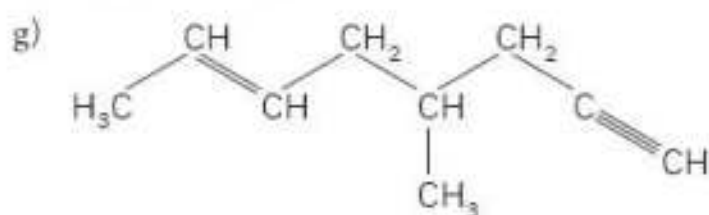
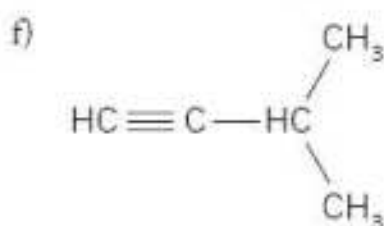
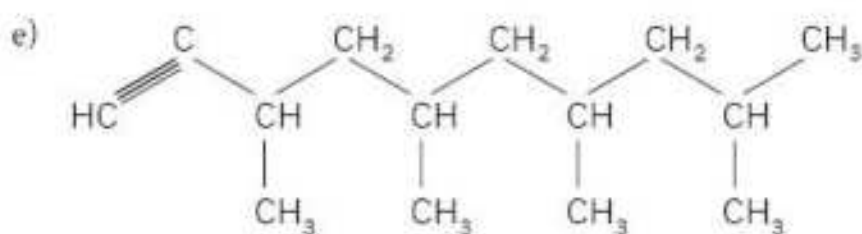
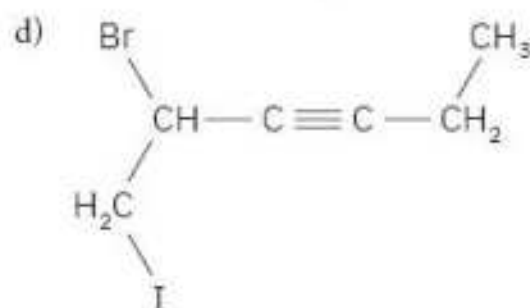
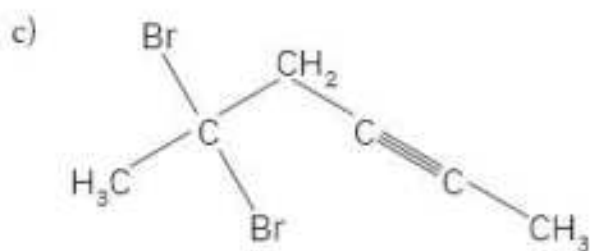
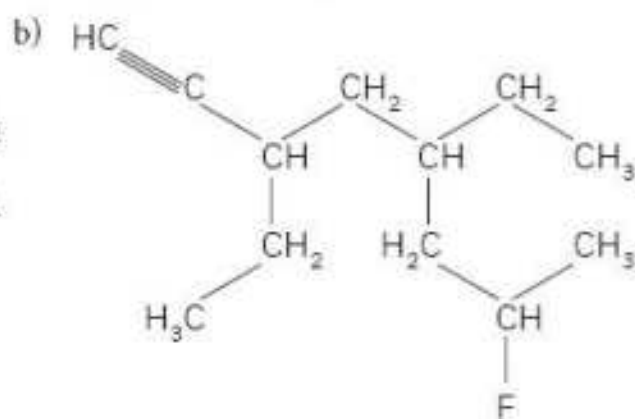
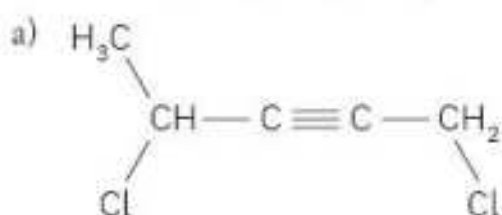


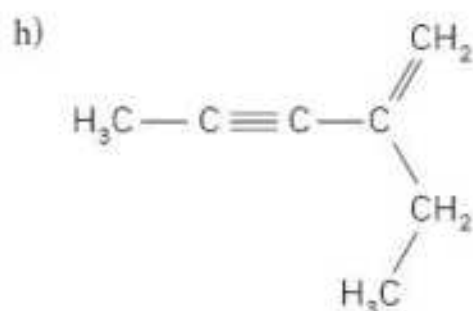


Ćwiczenia

2. Określ rodzaj izomerii w podanych powyżej związkach (pent-1-ynu i 3-metylobut-1-ynu).
3. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne podanych związków.
 - a) hept-2-yn
 - b) okt-1-yn
 - c) 3-metylobut-2-yn
 - d) 4-etylohept-2-yn
 - e) 4,4-dimetylopent-2-yn
 - f) 3,6-dibromonon-4-yn
 - g) 4-chloro-4-metyloheks-1-yn
 - h^{a)}) penta-1,4-diyń
 - i) heks-1-en-3-yn (Uwaga! Nazwa wskazuje, że przy pierwszym atomie węgla jest wiązanie podwójne, a przy trzecim – potrójne).

4. Nazwij związki o podanych wzorach półstrukturalnych.





Uwaga! Jeśli w cząsteczce występuje zarówno wiązanie podwójne oraz potrójne między atomami węgla, to numerację wprowadza się tak, by wiązanie wielokrotne miało jak najniższy lokant (od strony, po której wiązanie wielokrotne znajduje się bliżej początku łańcucha). Jeśli wiązanie podwójne i potrójne jest tak samo oddalone od początku łańcucha, to numerację wprowadza się tak, by niższy lokant miało wiązanie podwójne.

3.4. Właściwości fizyczne

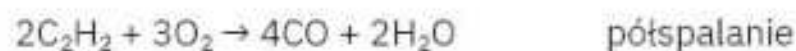
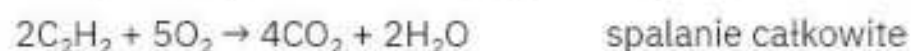
Acetylen to bezbarwny gaz nieco lżejszy od powietrza. Czysty acetylen nie ma zapachu. Jest wybuchowy po sprężeniu do ciśnienia wyższego niż 1,5 MPa. Stwarza to trudności przy przechowywaniu tego gazu.

Alkiny mają z reguły wyższe temperatury wrzenia i topnienia niż analogiczne alkeny, a ich wartości rosną wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczkach. Alkiny są niepolarne lub też charakteryzują się niewielką polarnością, dlatego też słabo rozpuszczają się w wodzie oraz innych rozpuszczalnikach polarnych, a dobrze – w rozpuszczalnikach niepolarnych.

3.5. Właściwości chemiczne

Reakcje spalania

Alkiny reagują z tlenem, ulegając reakcjom spalania:

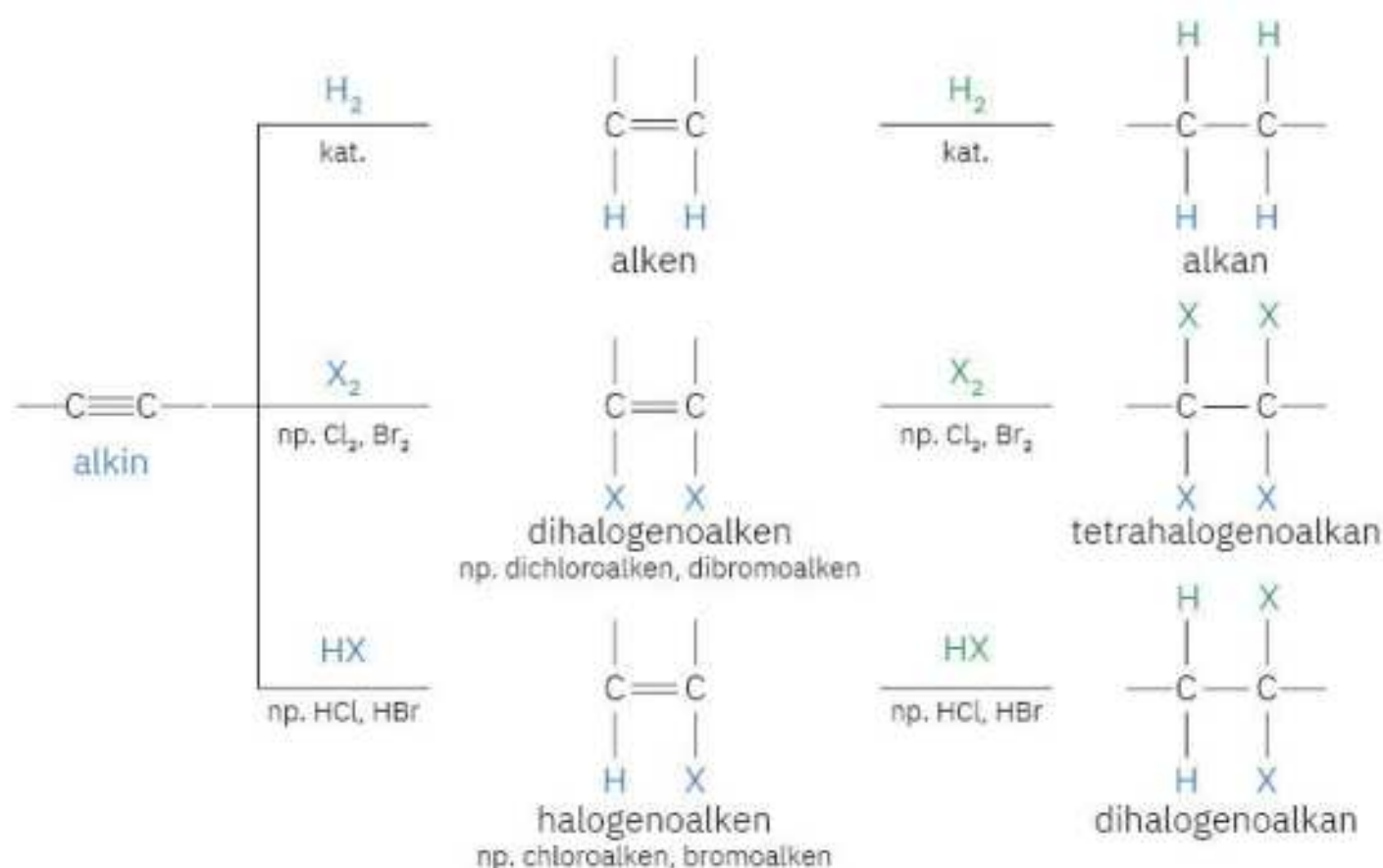


Ćwiczenie

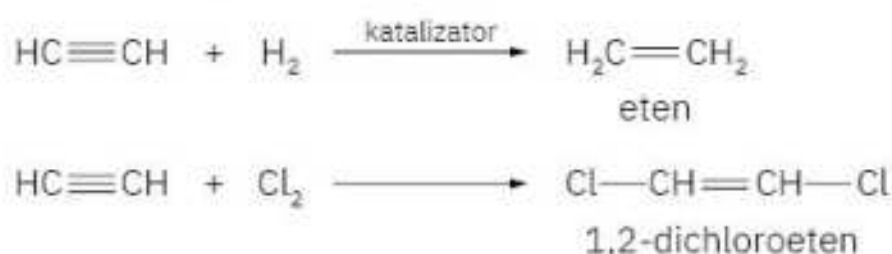
5. Napisz w zeszycie równania reakcji:
 - a) spalania całkowitego propynu,
 - b) półspalania C_3H_8 ,
 - c) spalania niecałkowitego C_8H_{14} .

Reakcje addycji

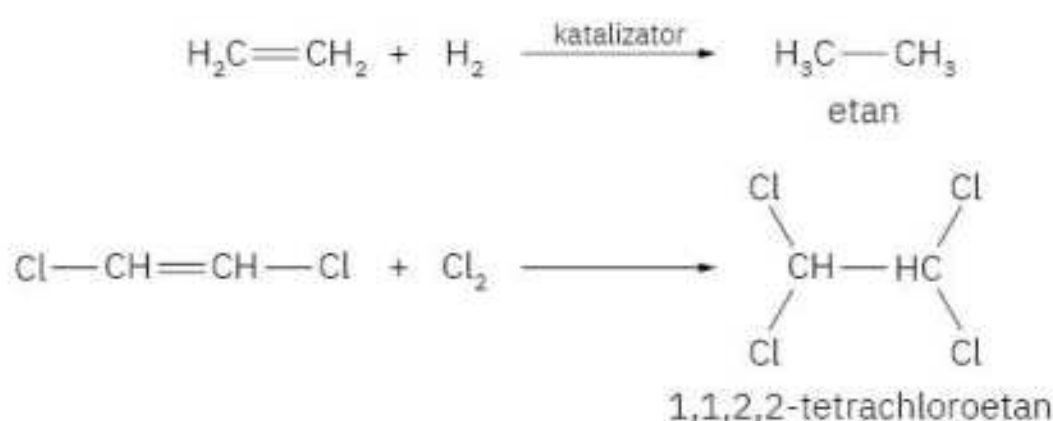
Ze względu na nienasycony charakter (obecność wiązania wielokrotnego) alki-ny, analogicznie jak alkeny, ulegają reakcjom addycji elektrofilowej. Addycji, czyli przyłączeniu do atomów węgla połączonych wiązaniem potrójnym (podobnie jak w przypadku alkenów), ulegają atomy pochodzące z cząsteczek symetrycznych (H_2 , X_2) lub niesymetrycznych (HX). Jedna cząsteczka alkinu może przyłączyć dwie cząsteczki związku nieorganicznego ulegającego addycji. Można zatem powiedzieć, że – w odróżnieniu od addycji w alkenach – addycja w alkinach przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie zostaje rozerwane jedno wiązanie typu π , co prowadzi do powstania związku zawierającego wiązanie podwójne między atomami węgla – addycja pierwszej cząsteczki związku nieorganicznego. Produkt ten w kolejnym etapie w wyniku rozerwania wiązania typu π przyłącza drugą cząsteczkę związku nieorganicznego, co prowadzi do powstania związku nasyconego (niezawierającego wiązań wielokrotnych).



Na przykład addycja wodoru i chloru do acetylenu prowadzi do otrzymania odpowiednio etenu i 1,2-dichloroetenu:



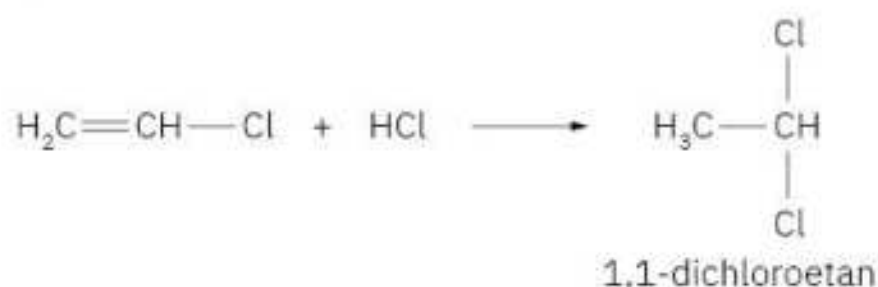
W przypadku użycia większej ilości wodoru i chloru powstaje etan oraz odpowiednio 1,1,2,2-tetrachloroetan:



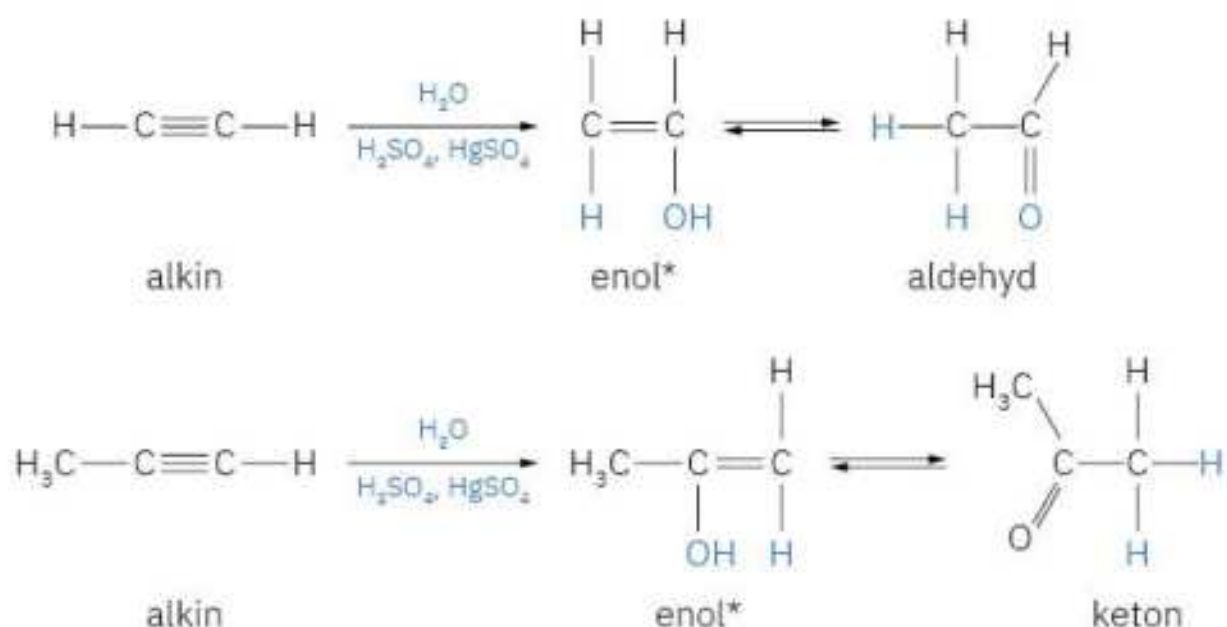
Addycja pierwszej niesymetrycznej cząsteczki chlorowodoru do acetylenu prowadzi do powstania chloroetenu:



Druga cząsteczka chlorowodoru ulega addycji zgodnie z regułą Markownikowa, prowadząc do powstania 1,1-dichloroetanu:



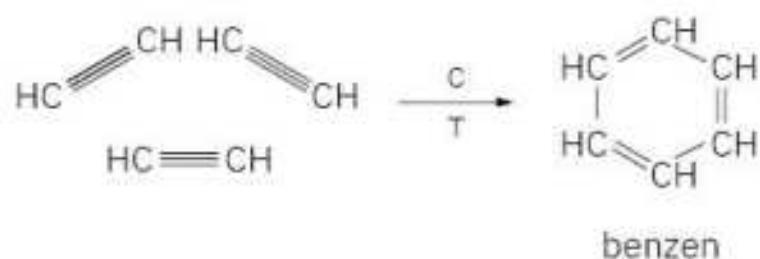
Addycja wody zachodzi w obecności kwasu siarkowego(VI) oraz siarczanu(VI) rtęci(II). W pierwszym etapie powstaje nietrwały produkt, który w wyniku izomeryzacji przekształca się w trwały produkt zawierający grupę karbonylową:



*Enol – związek, w którym grupa hydroksylowa jest związana z jednym z atomów węgla połączonym z innym atomem węgla wiązaniem podwójnym. Enole są związkami bardzo nietrwałymi i szybko ulegają izomeryzacji do związków zawierających grupę karbonylową (aldehydów lub ketonów).

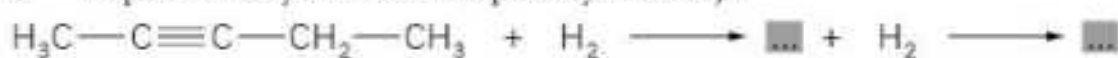
Reakcja polimeryzacji

Podczas ogrzewania acetyleny w obecności węgla aktywowanego następuje trimeryzacja i powstaje cząsteczka benzenu:



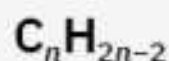
Ćwiczenie

6. Napisz w zeszycie równania podanych reakcji.



PODSUMOWANIE LEKCJI

- Wzór ogólny alkinów:

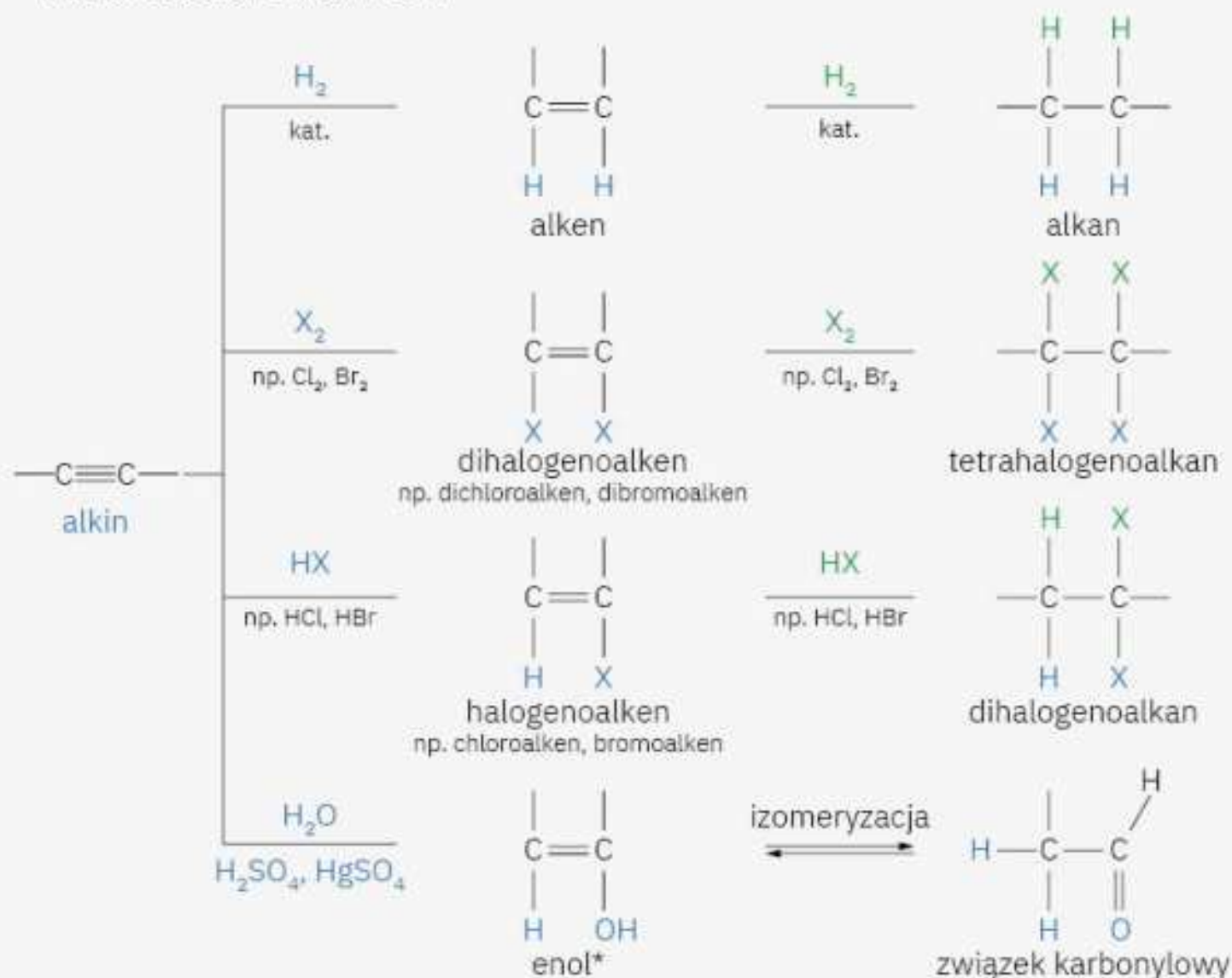


s. 86

Szereg homologiczny alk-1-inów		
Wzór sumaryczny	Wzór półstrukturalny	Nazwa
C_2H_2	$HC \equiv CH$	ety yn (acetylen)
C_3H_4	$HC \equiv CCH_3$	prop yn
C_4H_6	$HC \equiv CCH_2CH_3$	but-1- yn
C_5H_8	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_3$	pent-1- yn
C_6H_{10}	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_2CH_3$	heks-1- yn
C_7H_{12}	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	hept-1- yn
C_8H_{14}	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	okt-1- yn
C_9H_{16}	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	non-1- yn
$C_{10}H_{18}$	$HC \equiv CCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	dek-1- yn

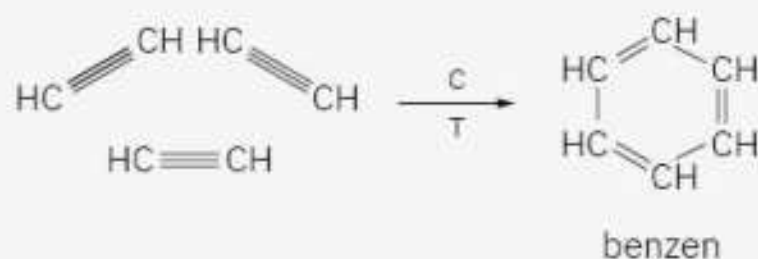
s. 88

- Właściwości chemiczne alkinów:



s. 91

- Acetylen w podwyższonej temperaturze i w obecności aktywowanego węgla ulega trimeryzacji, prowadząc do powstania benzenu:

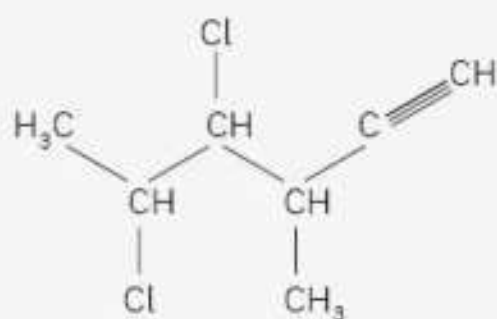


ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

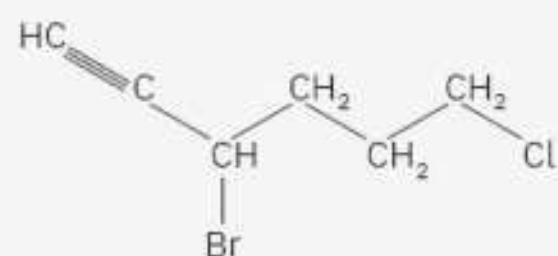
- Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne:
 - dowolnego homologu okt-2-ynu,
 - izomeru konstytucyjnego hept-1-ynu,
 - izomeru położenia pent-1-ynu.
 Napisz nazwy narysowanych związków.
- Narysuj w zeszycie wzory:
 - półstrukturalny uproszczony 6,6-dimetylohept-2-ynu,
 - szkieletowy 3,3-dichloroheks-4-en-1-ynu,
 - półstrukturalny 3,6-dibromo-6-etylonon-4-ynu.

3. Nazwij poniższe związki.

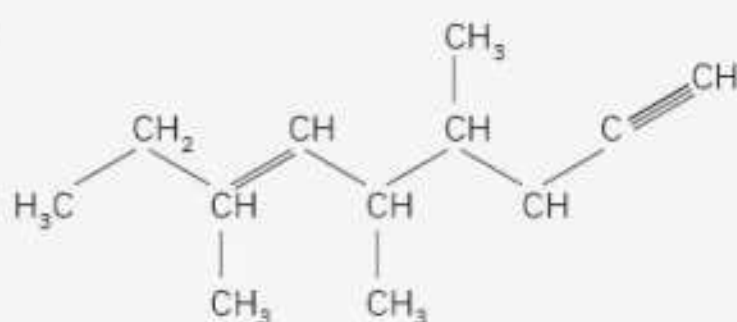
a)



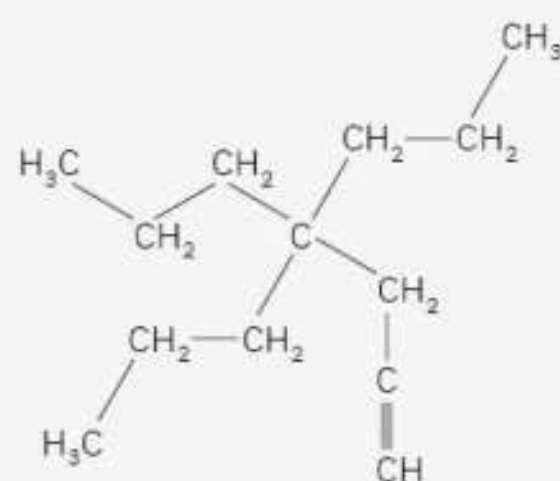
d)



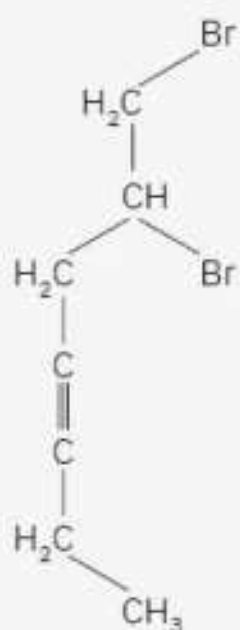
b)



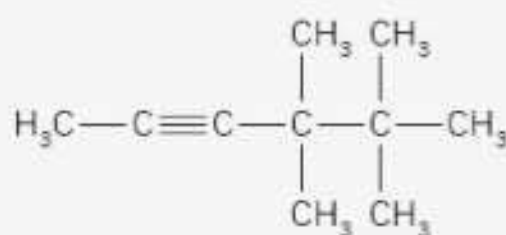
e)



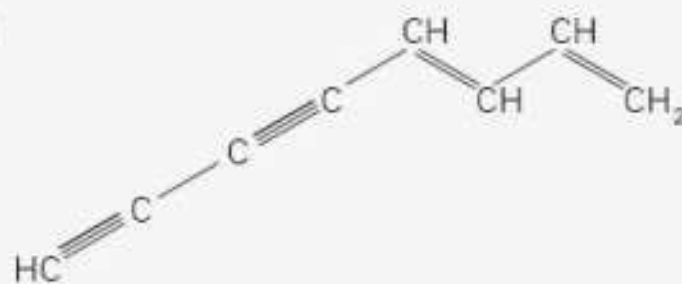
c)



f)

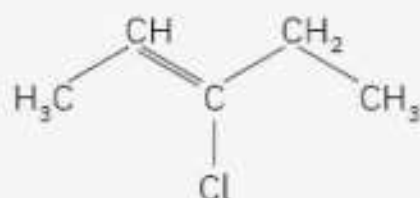


g*)

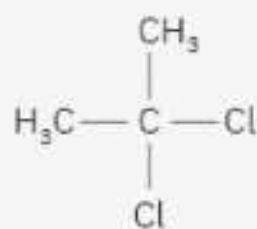


4. Masz do dyspozycji dowolny alkin. Zaproponuj reakcję prowadzącą do powstania poniższych związków. Zapisz w zeszycie odpowiednie równania reakcji.

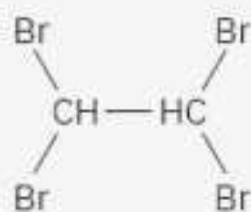
a)



c)

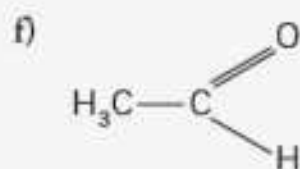
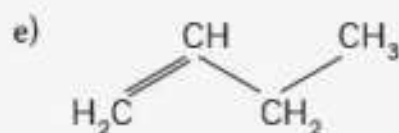


b)

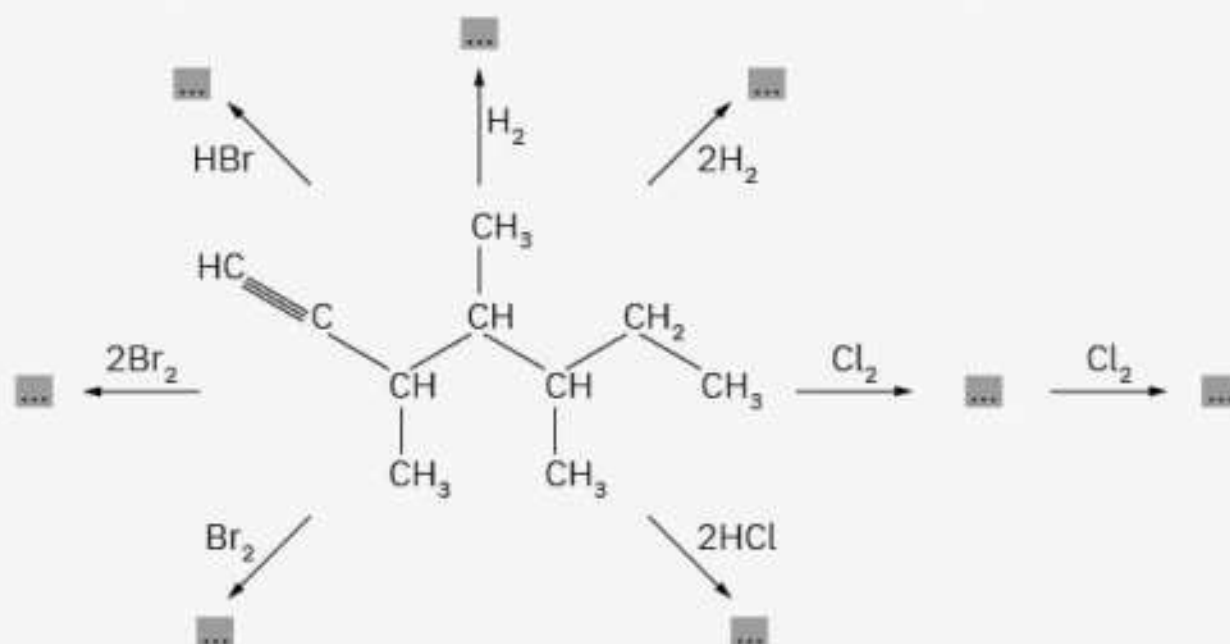


d)





5. Napisz w zeszycie równania reakcji:
- spalania całkowitego C_9H_{16} ,
 - półspalania heksynu,
 - spalania całkowitego najprostszego alkinu,
 - addycji dwóch cząsteczek Cl_2 do but-2-ynu,
 - addycji jednej cząsteczki H_2 do 2-metylopent-1-ynu,
 - addycji jednej cząsteczki Br_2 do 2,4-dimetyloheks-3-ynu,
 - addycji dwóch cząsteczek HCl do 3,4-dimetylopent-1-ynu.
6. Na podstawie poniższego diagramu napisz w zeszycie równania reakcji.



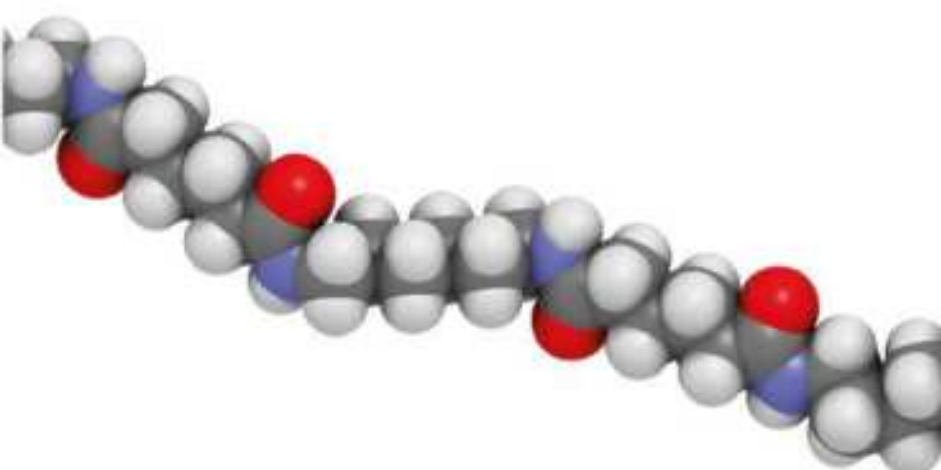
7. Oceń prawdziwość podanych zdań.
- Acetylen jest gazem słabo rozpuszczalnym w wodzie.
 - Struktura alkinów w obszarze wiązania potrójnego jest liniowa.
 - Przy ograniczonym dostępie tlenu alkiny ulegają spalaniu półspalaniu lub spalaniu niecałkowitemu.
 - Alkiny ulegają dwuetapowej reakcji addycji, w której powstaje produkt pośredni mający wiązanie podwójne między atomami węgla.
 - Związek o wzorze C_3H_6 jest alkinem.
 - Trimeryzacja związku C_2H_2 prowadzi do powstania benzenu.
 - W addycji elektrofilowej alkinów nie obowiązuje reguła Markownikowa.
 - h*) Enole to trwałe związki mające grupę hydroksylową połączoną z nienasyconym atomem węgla.

4. Tworzywa sztuczne

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak dzieli się polimery;
- czym różni się reakcja polimeryzacji od reakcji polikondensacji;
- czym jest reakcja depolimeryzacji;
- jakie właściwości mają polimery syntetyczne;
- jakie dodatki zawierają polimery w tworzywach sztucznych;
- czym różnią się termoplasty od duroplastów;
- jakie jest zastosowanie polimerów syntetycznych;
- co oznaczają symbole umieszczane na wyrobach z tworzyw sztucznych.

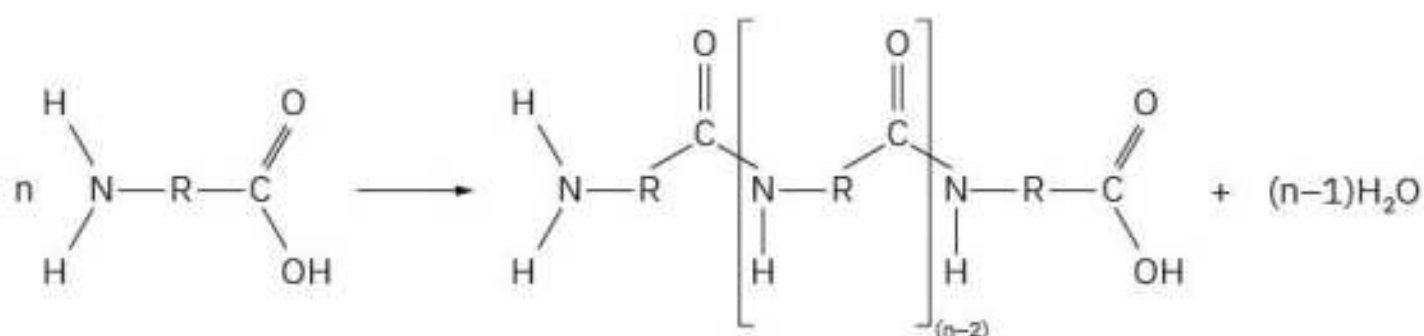
Polimery to związki wielkocząsteczkowe powstające w wyniku łączenia się wielu cząsteczek niewielkich rozmiarów – monomerów. Jednym z najważniejszych polimerów naturalnych jest kauczuk. Kauczuk to brunatne, elastyczne w temperaturze pokojowej ciało stałe o masie cząsteczkowej 100000 – 4000000 u. Jest wytwarzany przez drzewa kauczukowe (*Hevea brasiliensis*). Inny znany polimer naturalny to celuloza należąca do polisacharydów (wielocukrów). Stanowi ona składnik budulcowy tkanek roślinnych. Bawełna składa się praktycznie w 100% z celulozy, a drewno zawiera jej nawet 50%. Dlatego też to właśnie celuloza jest związkiem organicznym najliczniej występującym na ziemi. Mimo dużej liczby polimerów naturalnych o wielu zastosowaniach praktycznych w XX w. rozpoczęto na dużą skalę wytwarzanie polimerów syntetycznych, nazywanych tworzywami sztucznymi.



Rys. 15. Model kulkowy oraz przykład zastosowania nylonu – syntetycznego polimeru należącego do grupy poliamidów.

4.1. Podział polimerów

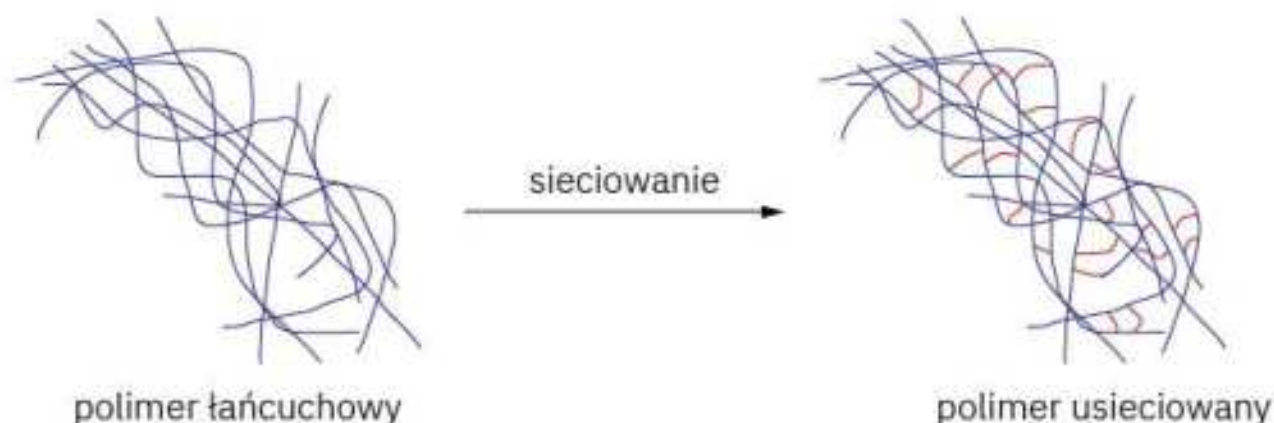
Polimery w zależności od pochodzenia dzielą się na: naturalne, naturalne modyfikowane oraz syntetyczne, czyli otrzymywane w wyniku syntezy chemicznej. Natomiast ze względu na metodę otrzymywania polimerów wyróżnia się polimery otrzymane przez polimeryzację lub polikondensację. Podczas polimeryzacji, czyli łączenia się monomerów w długie łańcuchy, nie tworzą się żadne produkty uboczne. W reakcji polikondensacji obok długich cząsteczek polimerów powstają proste, małowartościowe związki uboczne. Przykładem reakcji kondensacji jest reakcja tworzenia peptydów i białek z aminokwasów, w której produkt uboczny stanowi woda:



polikondensacja

Polikondensacja – reakcja łączenia się monomerów w długie łańcuchy polimerowe, której cechą charakterystyczną jest powstawanie małowartościowych produktów ubocznych.

Polimery o budowie łańcuchowej otrzymane w reakcji polimeryzacji lub polikondensacji w celu poprawienia ich właściwości użytkowych poddaje się procesowi sieciowania. Sieciowaniu można poddać polimery mające reaktywne grupy funkcyjne lub wiązania wielokrotne. Sieciowanie polega na ogrzewaniu tych polimerów z odpowiednimi związkami, tzw. utwardzaczami. W wyniku ogrzewania następuje łączenie się łańcuchów i nieodwracalne twardnienie polimeru.



4.2. Właściwości fizyczne i chemiczne

Właściwości fizyczne polimerów wiążą się przede wszystkim z ich bardzo wysoką masą cząsteczkową. Masy te często przekraczają wartość 10000 u , a mogą osiągać nawet wartości kilku milionów u . W związku z tak dużą masą większość polimerów to ciała stałe, bezwonne. Są odporne na działanie czynników atmosferycznych i wielu substancji chemicznych. Charakteryzują się dużą trwałością, co ma odzwierciedlenie w bardzo wolno postępującej degradacji w środowisku naturalnym. Tworzywa sztuczne w zależności od rodzaju i formy rozkładają się w okresie od 100 do 1000 lat! Ogromne ilości plastikowych śmieci to wyzwanie XXI w.



Rys. 16. Śmieci z tworzyw sztucznych ze względu na swoją trwałość i odporność stanowią poważny problem XXI w.

Ćwiczenie

1. Korzystając z rzetelnych źródeł, napisz referat na jeden z wybranych tematów. Twoja praca powinna liczyć trzy strony w formacie A4.
 - a) Problem plastiku w morzach i oceanach.
 - b) Mikroplastik.
 - c) Prośrodowiskowe substytuty tworzyw sztucznych.



Polimery mają także wiele różnych właściwości – mogą się cechować różną barwą, twardością, elastycznością, wytrzymałością termiczną i mechaniczną, palnością i różnym przewodnictwem prądu i ciepła.

Wiele właściwości tworzyw sztucznych można modyfikować przez wprowadzenie różnych dodatków (barwników, pigmentów, wypełniaczy, np. kredy, gipsu, sadzy, proszku drzewnego, plastyfikatorów) podczas procesu formowania. Dodatki te mogą:

- zmieniać barwę tworzywa,
- obniżać jego palność,
- podwyższyć wytrzymałość mechaniczną,
- zwiększyć odporność na utlenianie,
- zwiększyć właściwości antystatyczne,
- zwiększyć lub zmniejszyć twardość lub elastyczność.

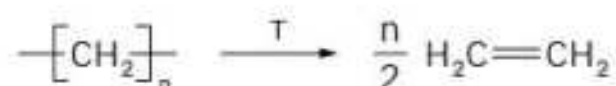
Te ostatnie są bardzo ważne i często decydują o potencjalnym zastosowaniu polimeru. Wprowadzono nawet podział odzwierciedlający plastyczność tworzyw sztucznych – wyróżnia się **termoplasty** oraz **duroplasty**.

Termoplasty charakteryzują się budową amorficzną. Składają się z długich, mało rozgałęzionych łańcuchów, które wykazują słabe oddziaływania międzycząsteczkowe. Ze względu na taką budowę podczas ogrzewania łańcuchy przemieszczają się swobodnie względem siebie, a tworzywo staje się plastyczne. Pozwala to na dowolne kształtowanie termoplastów w podwyższonych temperaturach. Cecha ta (tzw. termoplastyczność) umożliwia wielokrotne przetwarzanie termiczne tej grupy tworzyw syntetycznych. Do tej grupy tworzyw sztucznych wlicza się wszystkie formowane z polimerów otrzymanych w reakcji polimeryzacji oraz niektóre uzyskane w reakcji polikondensacji.

Duroplasty natomiast wykazują częściowo uporządkowaną budowę. W ich strukturze znajdują się długie, rozgałęzione łańcuchy połączone ze sobą wiązaniami sieciującymi. W przeciwieństwie do termoplastów w wysokiej temperaturze duroplasty ulegają nieodwracalnemu utwardzeniu i tracą elastyczność. Takie duroplasty nazywa się termoutwardzalnymi. Duroplasty można także utwardzić poprzez dodanie substancji chemicznych. Duroplasty utwardzone chemicznie nazywa się chemoutwardzalnymi. Uformowane i utwardzone (termicznie bądź chemicznie) duroplasty w przeciwieństwie do termoplastów są odporne na działanie podwyższonych temperatur. Ta odporność ogranicza ich ponowne wykorzystanie, ponieważ w odpowiednio wysokich temperaturach łańcuchy polimerowe rozrywają się, a tworzywo syntetyczne ulega zniszczeniu. Do tej grupy tworzyw sztucznych zalicza się niektóre polimery otrzymane tylko w reakcji polikondensacji.

Właściwości chemiczne tworzyw syntetycznych są różne w zależności od rodzaju polimerów, które zostały wykorzystane w procesie ich formowania. Właściwości chemiczne polimerów z kolei są różne i zależą od budowy chemicznej merów wchodzących w ich skład oraz od rodzaju łączących je wiązań. Cechą wspólną dla wszystkich polimerów o budowie łańcuchowej jest zdolność do rozpadu na

mnijšie fragmenty, aż do cząsteczek monomerów włącznie. W przypadku polimerów powstających w reakcji polimeryzacji proces rozpadu łańcucha zachodzi stosunkowo łatwo podczas ogrzewania i nazywa się **depolimeryzacją**. Dla przykładu polietylen ogrzewany do wysokiej temperatury rozpada się z utworzeniem cząsteczek monomeru – etenu:



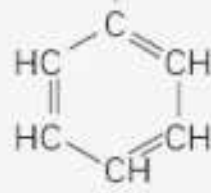
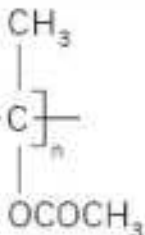
Reakcja ta została wykorzystana w doświadczeniu prowadzącym do otrzymania etenu.

Depolimeryzacja – proces rozpadu łańcucha polimeru na mniejsze fragmenty.

depolimeryzacja

4.3. Właściwości i przykłady zastosowań wybranych polimerów

Nazwa i wzór polimeru	Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne	Przykładowe zastosowanie
$\text{--}\left[\text{CH}_2\right]_n\text{--}$ polietylen PE	Bezbarwne lub mlecznobiałe ciało stałe, odporne na działanie kwasów i zasad oraz większości rozpuszczalników organicznych (z wyjątkiem węglowodorów oraz tłuszczów). Charakteryzuje się niską wytrzymałością cieplną oraz palnością.	LDPE (polietylen o małej gęstości): torby, torebki śniadaniowe, worki na śmieci, opakowania spożywcze, butelki HDPE (polietylen o dużej gęstości): skrzynki, kosze, rury kanalizacyjne, zabawki, pojemniki na chemikalia
$\text{--}\left[\text{CH}_2\text{HC}\right]_n\text{--}$ CH₃ polipropylen PP	Podobne do właściwości PE. Wykazuje większą wytrzymałość cieplną i mechaniczną.	pudełka i pojemniki na żywność, meble ogrodowe, skrzynki, walizki, obudowy do telefonów, zderzaki samochodowe
$\text{--}\left[\text{CH}_2\text{HC}\right]_n\text{--}$ Cl polichlorek winylu PCW (PVC – <i>polivinył chloride</i>)	Mlecznobiałe ciało stałe często barwione na różne kolory, wykazujące dobrą odporność na kwasy i brak odporności na zasady. Charakteryzuje się niską wytrzymałością cieplną oraz niską odpornością względem większości rozpuszczalników organicznych. Niepalny.	opakowania do produktów spożywczych, izolacja przewodów elektrycznych, płytki i wykładziny podłogowe, zabawki, strzykawki, rury kanalizacyjne

Nazwa i wzór polimeru	Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne	Przykładowe zastosowanie
$\text{—[CF}_2\text{]}_n\text{—}$ politetrafluoroetylen PTFE	Białe ciało stałe wyróżniające się niezwykle wysoką odpornością chemiczną (nieznane są żadne rozpuszczalniki teflonu) oraz termiczną (–100–350°C). Dobra wytrzymałość mechaniczna. Niepalny.	powłoki reaktorów chemicznych oraz naczyń kuchennych, uszczelki i inne części aparatury chemicznej
$\text{—[CH}_2\text{HC]}_n\text{—}$  polistyren PS	Bezbarwne, przezroczyste ciało stałe o znacznej wytrzymałości mechanicznej, ale stosunkowo kruche. Odporne na działanie większości związków nieorganicznych z wyjątkiem stężonych kwasów. Rozpuszcza się w większości rozpuszczalników organicznych. Charakteryzuje się niską wytrzymałością cieplną. Palne.	pojemniki, pudełka, słoiki i inne opakowania, zabawki, obudowy i inne elementy sprzętu gospodarstwa domowego (np. odkurzacze, miksery), obudowy komputerów, drukarek, monitorów
$\text{—[CH}_2\text{—C]}_n\text{—}$  poli(metakrylan metylu) PMMA	Bezbarwne ciało stałe o dużej przezroczystości i dobrej wytrzymałości mechanicznej. Rozpuszczalne w większości rozpuszczalników organicznych oraz roztworach kwasów i zasad. Odporne na temperaturę do 100°C. Palne.	szyby nietłukące (organiczne szkło), kurki, uchwyty do mebli, sprzęt RTV i AGD, blaty, okulary ochronne, przyłbice
$\text{—[CH}_2\text{HC]}_n\text{—}$  poli(octan winylu) PWAc	Bezbarwne ciało stałe o dość niskiej wytrzymałości mechanicznej i cieplnej. Wrażliwe na działanie stężonych roztworów kwasów i zasad oraz wielu rozpuszczalników organicznych. Palne.	farby emulsyjne i kleje
$\text{—[CH}_2\text{HC]}_n\text{—}$  poli(alkohol winylowy) PWAL (PVA – polivinyl alcohol)	Bezbarwne ciało stałe o dobrej wytrzymałości mechanicznej. Rozpuszczalne w wodzie, a trudno rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych. Trudno palne.	farby emulsyjne, kleje; po utrwaleniu wykorzystywane do elementów aparatury chemicznej, folii i włókien

Nazwa i wzór polimeru	Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne	Przykładowe zastosowanie
$\text{---}[\text{CH}_2\text{---O}]_n\text{---}$ poliformaldehyd POM	Bezbarwne ciało stałe o dobrej wytrzymałości mechanicznej i cieplnej. Odporne na działanie większości rozpuszczalników organicznych. Ulega działaniu stężonych roztworów kwasów i zasad. Trudno palne.	elementy precyzyjnych urządzeń mechanicznych, koła zębate, panewki łożysk

Ćwiczenia

- Napisz wzory monomerów polimerów znajdujących się w powyższej tabeli w pozycjach 1–7.
- Korzystając z rzetelnych źródeł, znajdź informacje i sporządź krótką notkę na temat kevlaru oraz dyneemy (superpolietylenu).

4.4. Recykling

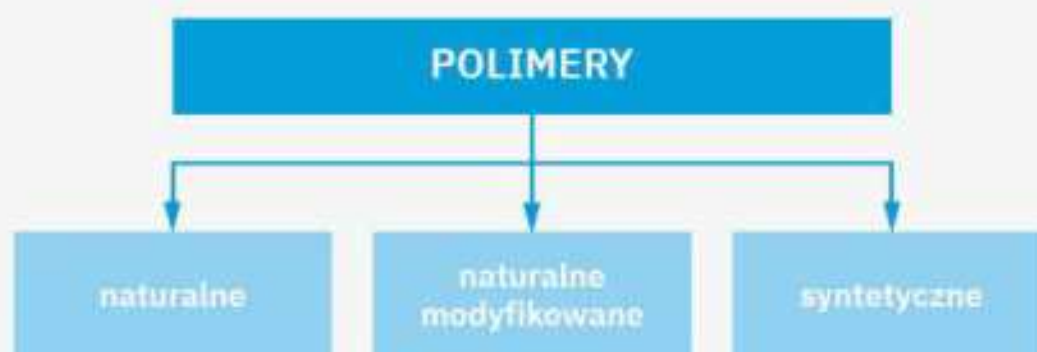
Polimery naturalne stosunkowo łatwo ulegają biodegradacji. Problem stanowi degradacja polimerów syntetycznych. Dlatego też tak ważnym problemem jest segregacja odpadów składających się z tworzyw sztucznych w celu ich ponownego przetworzenia, czyli recyklingu, lub też kontrolowanej degradacji. Sortowanie takich odpadów ułatwia ich oznakowanie wskazujące na rodzaj polimeru, z jakiego dany przedmiot został wykonany. Odpady z polimerów syntetycznych dzieli się na siedem grup (rys. 17).



Rys. 17. Oznaczenia stosowane dla wyrobów z tworzyw syntetycznych, ułatwiające ich segregację (PET – poli(tereftalan etylenu)).

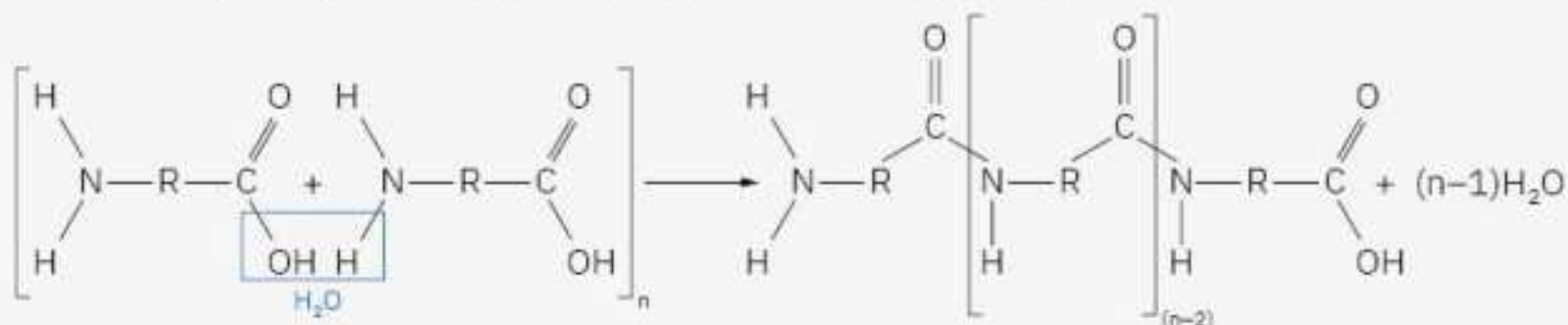
Szczególnie istotne w segregacji odpadów z tworzyw syntetycznych jest odizolowanie tworzyw zawierających chlor. Obecność materiałów wykonanych np. z polichlorku winylu powoduje, że podczas spalania są generowane bardzo toksyczne produkty, jak: fosgen¹, dioksyiny², chlor czy chlorowodór.

PODSUMOWANIE LEKCJI



s. 96

- **Polikondensacja** – reakcja łączenia się monomerów w długie łańcuchy polimerowe, której cechą charakterystyczną jest powstawanie małych cząsteczkowych produktów ubocznych.



POLIMERY/TWORZYWA SZTUCZNE		
	Właściwości fizyczne	Właściwości chemiczne
Wspólne	stały stan skupienia, brak zapachu, odporność na działanie czynników atmosferycznych, odporność na działanie wielu substancji chemicznych, trwałość	wszystkie polimery łańcuchowe ulegają depolimeryzacji
Różne	barwa, twardość, elastyczność, wytrzymałość termiczna i mechaniczna, palność, przewodnictwo prądu i ciepła	zależne od budowy chemicznej merów wchodzących w ich skład oraz od rodzaju łączących je wiązań

¹ Fosgen – organiczny związek chemiczny będący silnie trującym, bezbarwnym gazem o wzorze COCl_2 .

² Dioksyiny – nazwa ogólna silnie trujących organicznych związków chemicznych będących chlorowanymi pochodnymi węglowodorów aromatycznych.

Właściwość	Termoplasty	Duroplasty
Budowa	amorficzna (łańcuchy mało rozgałęzione, nieusieciowane)	częściowo uporządkowana (łańcuchy usieciowane)
Zbudowane z polimerów powstałych	w reakcji polimeryzacji oraz polikondensacji	wyłącznie w reakcji polikondensacji
Pod wpływem temperatury stają się	elastyczne (plastyczne)	utwardzone (nieplastyczne)
Odporność termiczna	słaba	wysoka
Podatność na przetwarzanie	wysoka	niska

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj wspólne cechy fizyczne polimerów syntetycznych.
2. Wymień przykładowe różnice między cechami fizycznymi polimerów syntetycznych.
3. Wskaż przykładowe dodatki (inne niż polimery) znajdujące się w tworzywach sztucznych.
4. Przedstaw różnice między reakcją polimeryzacji i polikondensacji.
5. Porównaj właściwości termoplastów i duroplastów.
6. Określ, które z podanych przedmiotów mogą być wykonane z termoplastów, a które z duroplastów. Uzasadnij swój wybór.
kubek do kawy, butelka z wodą źródlaną, obudowa suszarki, uchwyt do szafki.
7. Wymień cechy tworzyw sztucznych utrudniające degradację.

5. Węglowodory aromatyczne

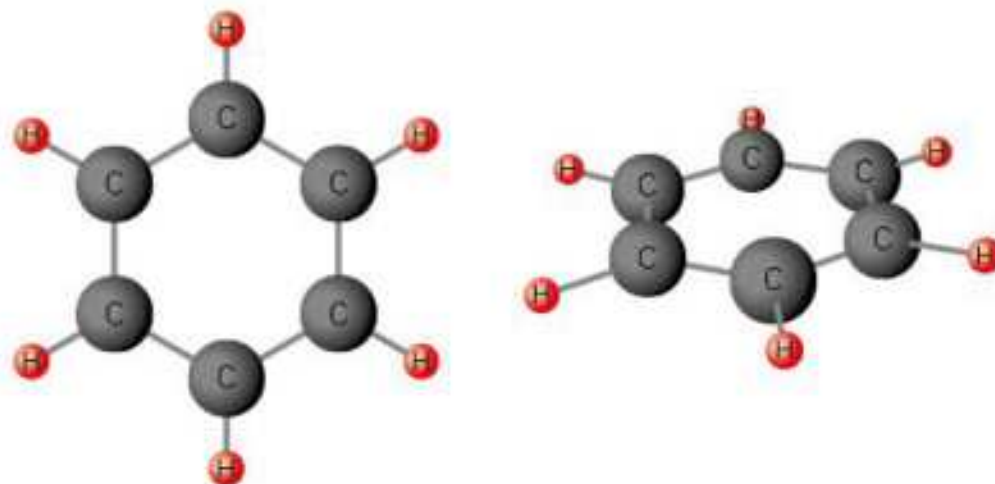
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowana cząsteczka przedstawiciela związków aromatycznych – benzenu;
- co to jest wiązanie zdelokalizowane;
- jakie związki kwalifikuje się do związków aromatycznych;
- jak wyglądają homologi benzenu;
- jak nazywa się związki aromatyczne;
- jakim reakcjom ulega benzen*.

Dotychczas omówiono dwie podstawowe grupy węglowodorów: węglowodory nasycone (alkany i cykloalkany) oraz nienasycone (alkeny i alkiny). Trzecią dużą grupę związków organicznych stanowią węglowodory aromatyczne, inaczej nazywane arenami (Ar). Nazwa tej grupy sugeruje, że stanowią one grupę związków zapachowych. Rzeczywiście do XIX w. to właśnie zapach stanowił kryterium kwalifikacji związków do aromatycznych. Obecnie przynależność do tej grupy związków jest ściśle określona i związana z budową cząsteczek, a nie z cechami organoleptycznymi (ustalonymi za pomocą zmysłów, głównie smaku, wzroku i węchu) związków.

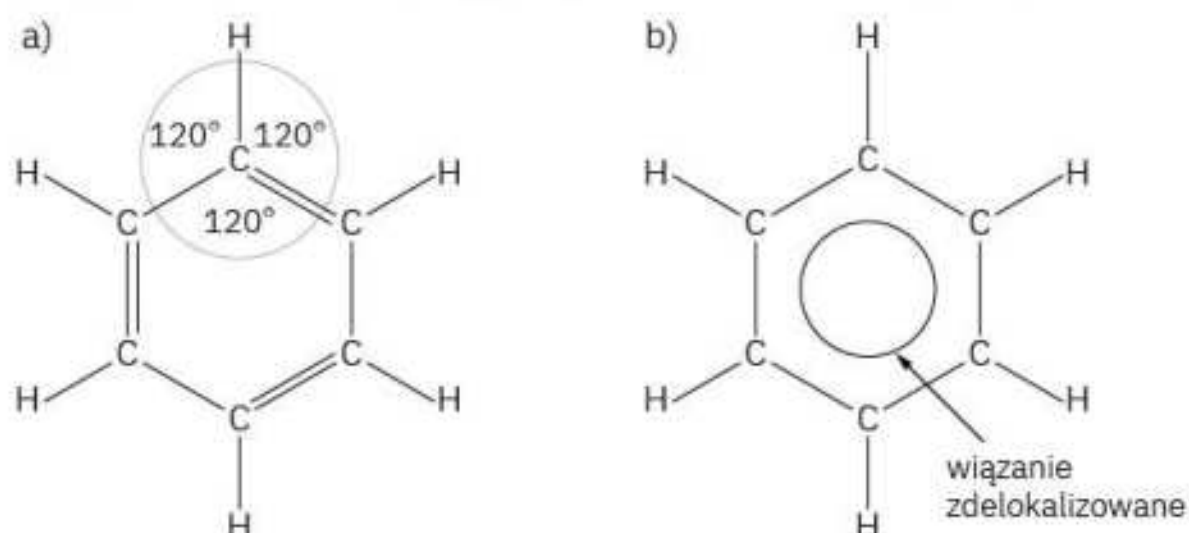
5.1. Budowa cząsteczki benzenu

Głównym reprezentantem węglowodorów aromatycznych o wzorze sumarycznym C_nH_{2n-6} – arenów – jest benzen. Podany wzór ogólny opisuje tylko benzen i jego alkilowe pochodne. Analiza elementarna oraz pomiar masy cząsteczkowej wykazały, że wzór sumaryczny benzenu ma postać C_6H_6 . Z kolei na podstawie badań rentgenowskich i innych pomiarów fizykochemicznych stwierdzono, że ma on budowę płaską, a tworzące cząsteczkę atomy węgla, z których każdy jest związany z jednym atomem wodoru, znajdują się w narożach sześciokąta foremnego. Długości wszystkich wiązań C–C są równe i wynoszą 139 pm, natomiast kąty między wiązaniami C–C–C oraz C–C–H wynoszą 120° .



Rys. 18. Model kulkowy benzenu przedstawiony z różnych perspektyw.

Długość wiązania C–C w alkanach wynosi 154 pm, a wiązania C=C w alkenach 134 pm. Wartość 139 pm wpisuje się między wartości długości wiązań we wspomnianych węglowodorach alifatycznych, co sugeruje specyficzny charakter wiązań między atomami węgla w benzenie. Łączna liczba elektronów walencyjnych w cząsteczce benzenu wynosi 30 ($6 \cdot 4e(\text{C}) + 6 \cdot 1e(\text{H}) = 30 e$). Dla utworzenia struktury widocznej na rysunku 20a wykorzystano 24 elektrony (6 par elektronów wiążących C–C oraz 6 par elektronów wiążących C–H). Rozmieszczenie pozostałych 6 elektronów (typu π) ustalono na podstawie badań fizykochemicznych i teoretycznych. Pozostałe elektrony tworzą jedno wiązanie obejmujące wszystkie atomy węgla w pierścieniu benzenowym (rys. 19b).



Rys. 19. Struktura benzenu.

Takie wiązanie nosi nazwę **zdelokalizowanego**. Jest ono charakterystyczne dla wszystkich związków aromatycznych. Delokalizację elektronów tworzących wiązanie zaznacza się symbolicznie okręgiem wpisanym w pierścień benzenowy. Okrąg oznacza obecność sześciu elektronów równomiernie rozmieszczonych w całej cząsteczce benzenu.

Wiązanie zdelokalizowane – wiązanie utworzone z wykorzystaniem elektronów uwspólnianych przez więcej niż dwa atomy.

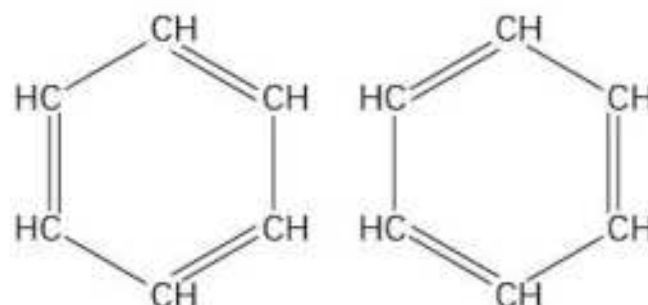
wiązanie
zdelokalizowane

Związki aromatyczne – związki, których cząsteczki mają budowę cykliczną (pierścieniową) i zawierają wiązanie zdelokalizowane współdzielone przez wszystkie atomy tworzące pierścień.

związki
aromatyczne

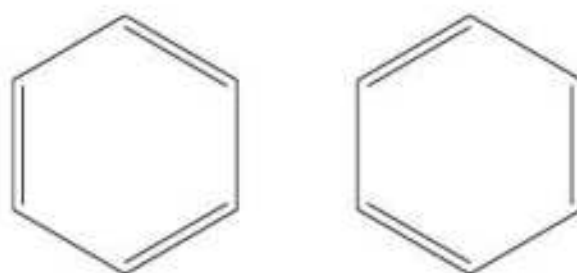
Zgodnie z zaleceniami IUPAC przedstawianie wiązania zdelokalizowanego w postaci okręgu nie powinno być stosowane. Zaleca się stosowanie wzorów Kekulégo (rys. 20). Należy jednak pamiętać o ich umowności, ponieważ sugerują one niepoprawnie nierównocенność atomów węgla w benzenie oraz ze względu na widoczne wiązania podwójne w benzenie jego podatność do ulegania reakcji addycji, co jest również nieprawdziwe. Ze względu na te sprzeczności założono, że wiązania podwójne oscylują między atomami węgla, zmieniając nieustannie

swoje położenie. Zjawisko to nazwano **rezonans**em i zgodnie z nim cząsteczkę benzenu przedstawia się w formie dwóch skrajnych struktur nazywanych **strukturami granicznymi (rezonansowymi)**, pamiętając, że żadna z nich nie odzwierciedla rzeczywistej budowy benzenu:



Rys. 20. Wzory benzenu w ujęciu Kekulégo.

Rzeczywistą strukturę benzenu zobrazowałaby trudna do narysowania hybryda tych dwóch struktur granicznych. Wzory Kekulégo są umowne – stosuje się je zgodnie z zaleceniami IUPAC, wybierając jedną z powyższych form lub ich odpowiedniki przedstawione za pomocą wzorów szkieletowych (rys. 21).



Rys. 21. Wzory szkieletowe benzenu.

rezonans

Rezonans – zjawisko przemieszczania się elektronów tworzących wiązania typu π lub wolne pary elektronowe zgodne z teorią wiązań walencyjnych.

struktura graniczna

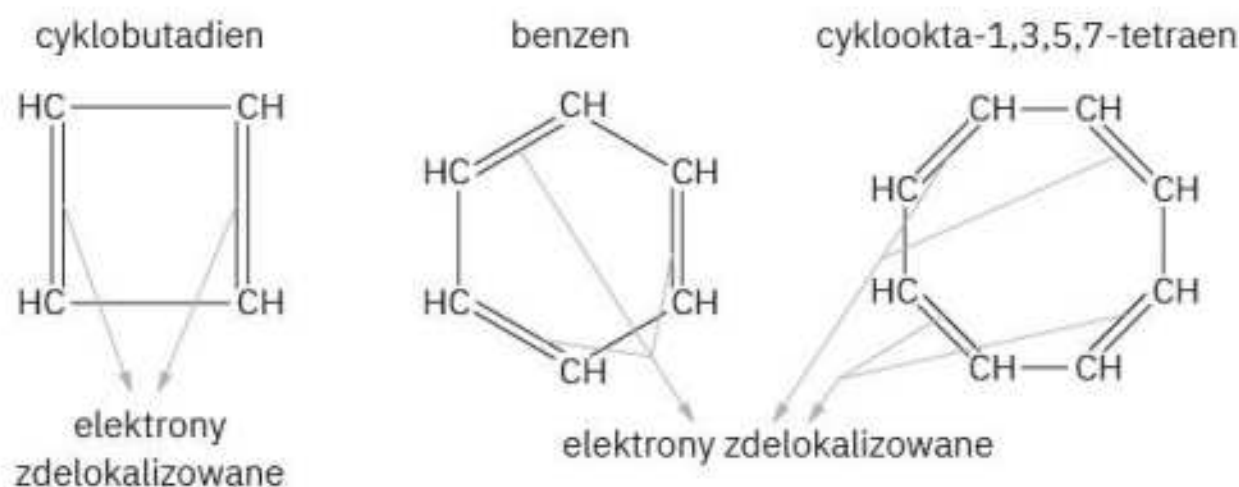
Struktura graniczna – struktura obrazująca możliwości rozmieszczenia elektronów zgodnie z teorią wiązań walencyjnych. Prawdziwy obraz struktury stanowi hybrydę wszystkich prawdopodobnych struktur granicznych.

5.2.* Kryterium aromatyczności

Jak już wiadomo, związki aromatyczne charakteryzują się płaską budową cząsteczek i obecnością zdelokalizowanych elektronów typu π . Niemiecki fizyk Erich Hückel przedstawił reguły, według których kwalifikuje się cząsteczkę jako aromatyczną:

- płaska budowa pierścieniowa,
- obecność zdelokalizowanych elektronów typu π , których liczba wpisuje się we wzór: $4n+2$, n – liczba naturalna ($n = 0, 1, 2, 3...$).

Oznacza to, że cząsteczki aromatyczne charakteryzują się obecnością płaskiego pierścienia, w którym znajduje się: 2, 6, 10, 14, 18... elektronów zdelokalizowanych.



Tab. 9. Kryterium aromatyczności na przykładzie cyklobutadienu, benzenu oraz cyklookta-1,3,5,7-tetraenu

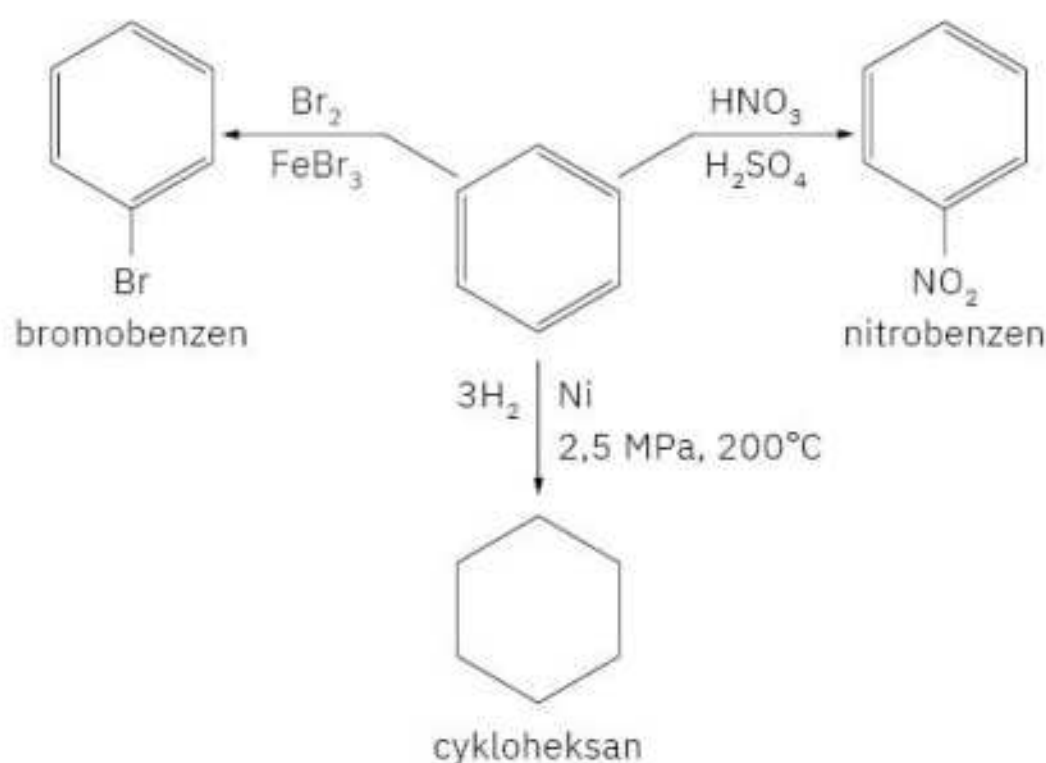
Nazwa związku	cyklobutadien	benzen	cyklookta-1,3,5,7-tetraen
Liczba elektronów zdelokalizowanych	4	6	8
Reguła Hückla $4n+2$	niespełniona (cząsteczka niearomatyczna)	spełniona (cząsteczka aromatyczna)	niespełniona (cząsteczka niearomatyczna)

Reguła Hückla – mówi o tym, że w związkach aromatycznych (arenach) liczbę elektronów zdelokalizowanych można przedstawić za pomocą wzoru: $4n+2$.

reguła Hückla

5.3. Właściwości chemiczne benzenu

Właściwości benzenu różnią się od właściwości węglowodorów alifatycznych. Ze względu na charakter aromatyczny i brak typowych wiązań podwójnych między atomami węgla benzen, tak jak alkeny i alkiny, nie odbarwia wody bromowej ani roztworu KMnO_4 . Natomiast z bromem reaguje z udziałem katalizatora, jakim jest np. bromek żelaza(III), a nie pod wpływem światła jak cząsteczki alkanów. Większość reakcji, jakim ulega benzen, należy do grupy reakcji substytucji elektrofilowej.



Przykładem substytucji elektrofilowej jest bromowanie benzenu (podstawienie jednego atomu wodoru bromem) lub nitrowanie (podstawienie jednego wodoru grupą nitrową $-\text{NO}_2$).

*Czynnikiem elektrofilowym w tych reakcjach jest odpowiednio kation bromonowy Br^+ oraz kation nitroniowy NO_2^+ . Czynniki elektrofilowe tworzą się w pierwszym etapie reakcji z udziałem katalizatorów FeBr_3 oraz H_2SO_4 .

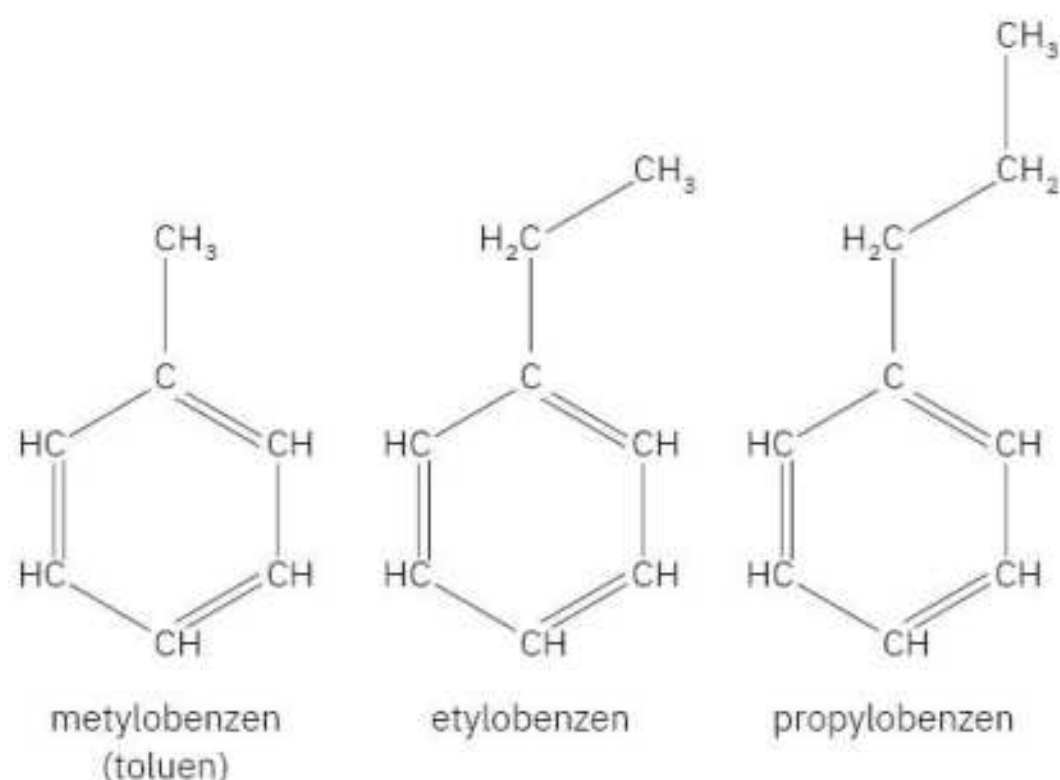
W odpowiednich warunkach (wysokiego ciśnienia i wysokiej temperatury) benzen ulega uwodornieniu (redukcji). W reakcji tej wiązania nienasycone między atomami węgla wysycają się atomami wodoru. Warto zauważyć, że reakcja uwodornienia benzenu wymaga bardziej drastycznych warunków (T , p , katalizator) niż uwodornienie (addycja H_2 do alkenów), co świadczy o trwałości układu aromatycznego.

Ćwiczenie

1. Benzen (C_6H_6), jak wszystkie związki organiczne, ulega reakcji spalania. Napisz w zeszycie reakcję spalania całkowitego, półspalania i spalania niecałkowitego benzenu.

5.4. Szereg homologiczny benzenu. Nazewnictwo

Benzen jest najprostszym węglowodorem zawierającym sześcioczłonowy pierścień aromatyczny. Rozpoczyna on szereg homologiczny węglowodorów aromatycznych – homologów benzenu. Najbliższym homologiem benzenu (C_6H_6) jest metylobenzen (C_7H_8), zwyczajowo nazywany toluenem, a kolejnymi homologami są etylobenzen (C_8H_{10}), propylobenzen (C_9H_{12}) itd. (rys. 22).

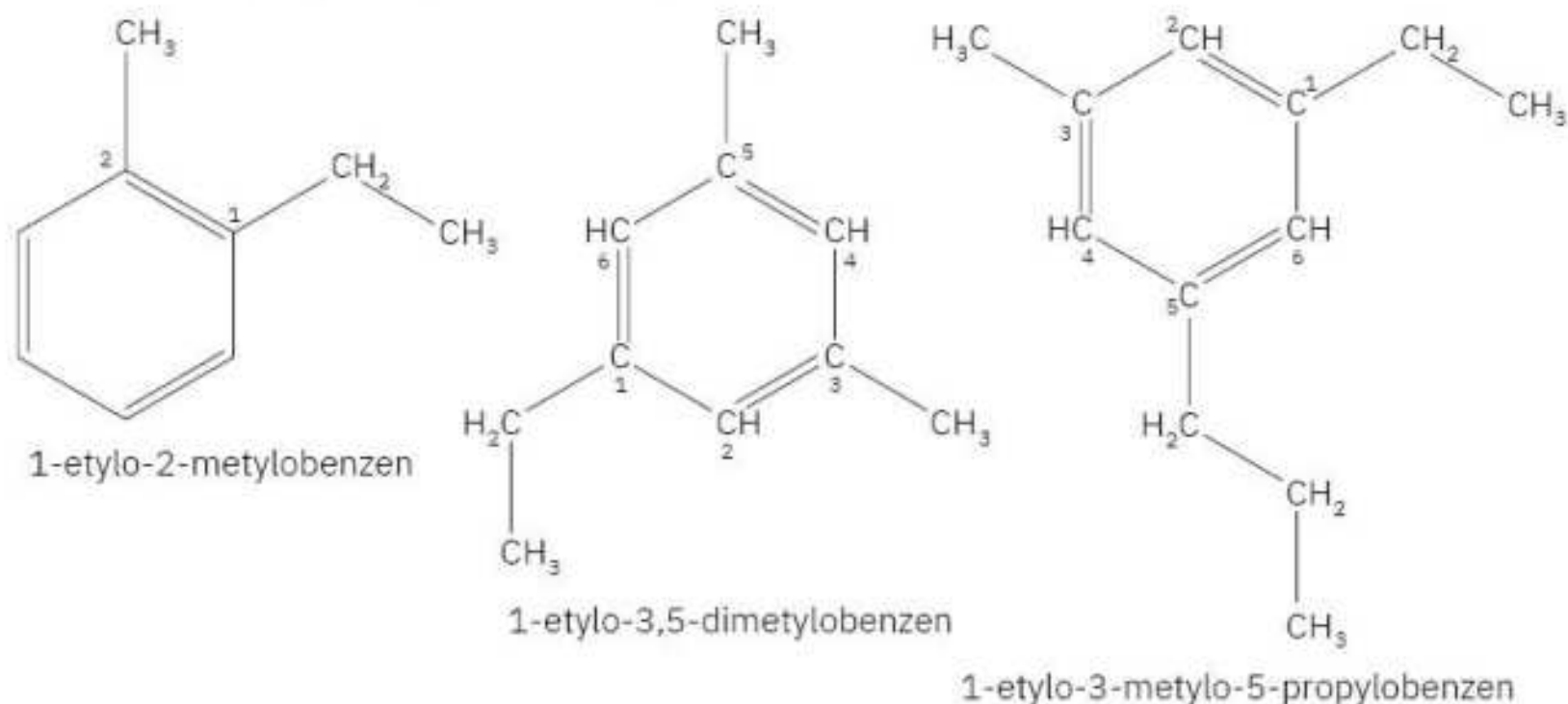


Rys. 22. Przykładowe homologi benzeny.

Ćwiczenie

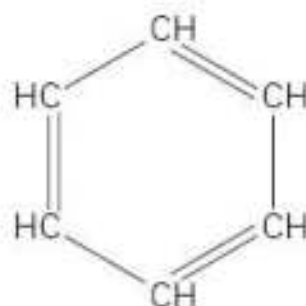
2. Sprawdź, czy metylobenzen, etylobenzen i propylobenzen są homologami. Podaj ich wzory sumaryczne i porównaj je ze sobą.

Nazwy zwyczajowe homologów (np. toluen) czy pochodnych benzeny (np. znany z reakcji polimeryzacji styren) są akceptowane przez IUPAC. Nazwy systematyczne związków aromatycznych tworzy się, podając rdzeń nazwy, którym w przypadku homologów lub pochodnych benzeny jest **benzen** poprzedzony nazwą podstawnika. W przypadku większej liczby podstawników należy określić ich miejsce podstawienia, numerując atomy węgla w pierścieniu, tak by suma lokantów wszystkich podstawników była jak najmniejsza i – jeśli to możliwe – by podstawnik podawany w pierwszej kolejności miał najniższy lokant. Podstawniki podaje się w kolejności alfabetycznej.



Uwaga!

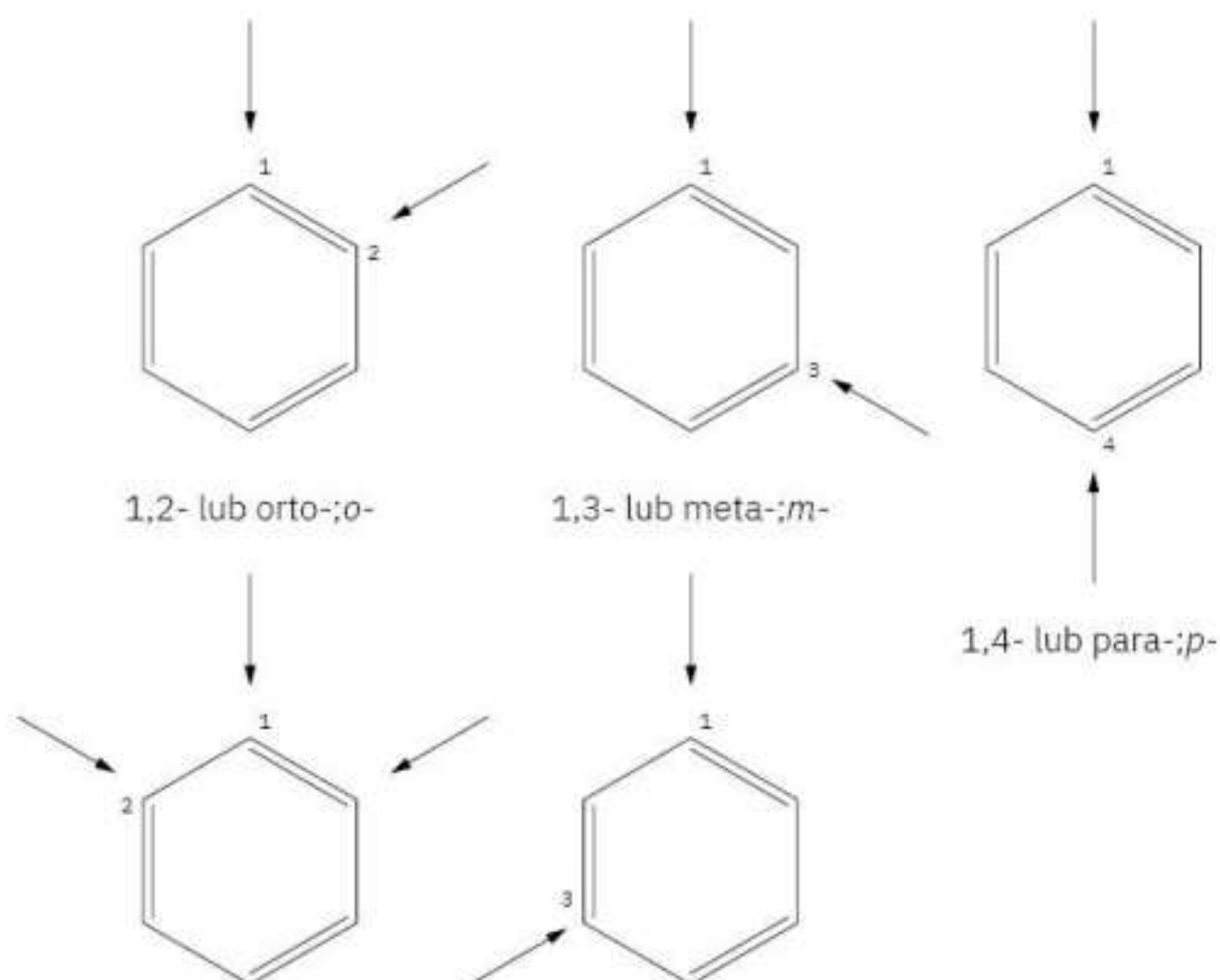
W związku z obecnością układu aromatycznego benzenu nie nazywa się zgodnie z nazewnictwem obowiązującym dla łańcuchowych węglowodorów nienasyconych.



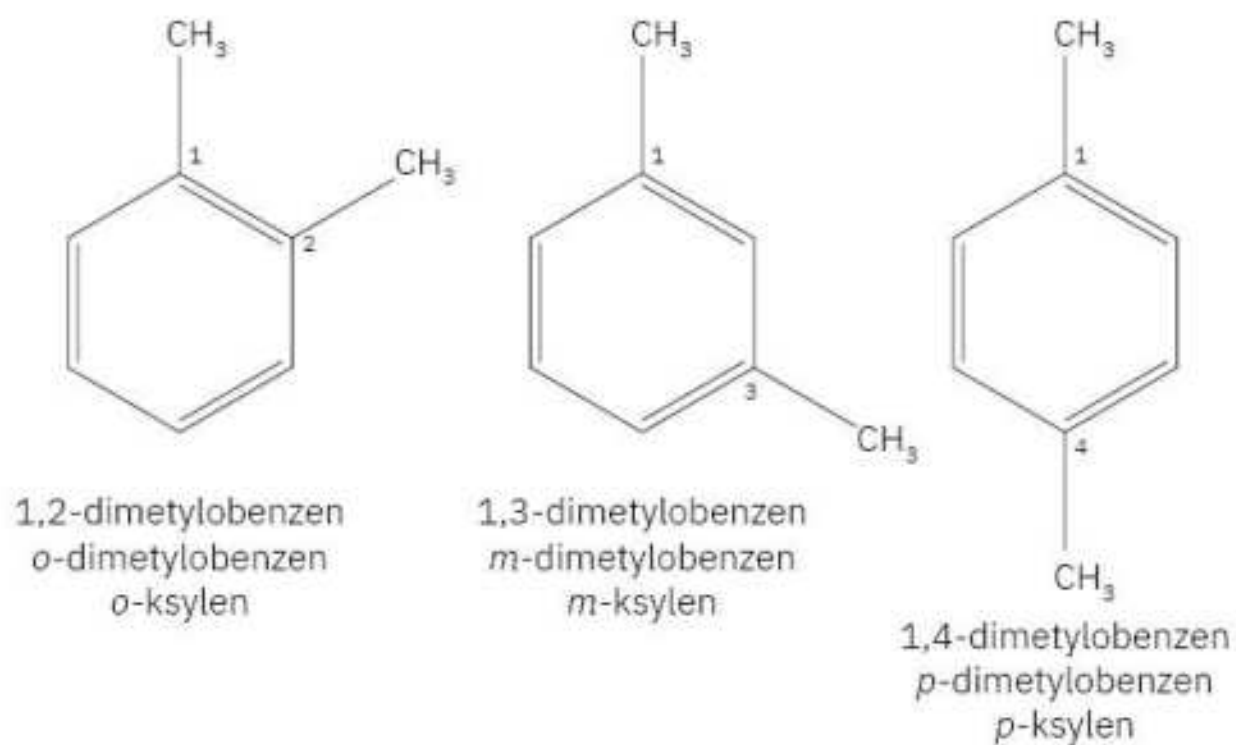
Rys. 23. Układ aromatyczny zawierający sześć atomów węgla nazywa się benzenem, a nie cykloheksa-1,3,5-trienem.

W przypadku obecności dwóch tych samych lub różnych podstawników można stosować trzy określenia: **orto-**, **meta-**, **para-** opisujące położenie tych podstawników względem siebie.

Położenia podstawników w pozycjach 1,2- określa się jako orto-, 1,3- jako meta-, a 1,4- – jako para. W nazwach najczęściej podaje się tylko pierwsze litery odpowiednio ***o-***, ***m-*** i ***p-*** zapisane kursywą oraz nazwę podstawników (w przypadku dwóch różnych podstawników podaje się je w kolejności alfabetycznej).



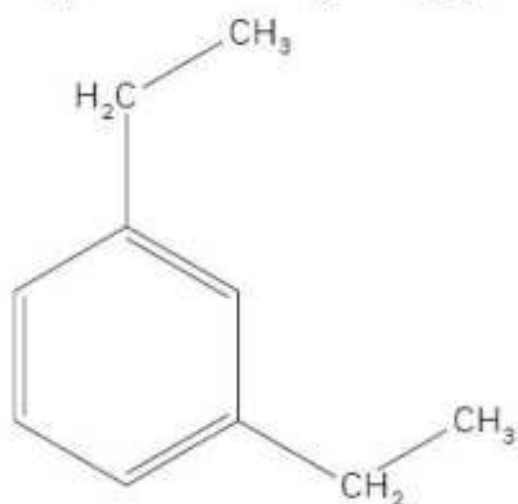
Dla przykładu: etylobenzen ma trzy izomery (benzen, w którym dwa atomy wodoru są podstawione dwoma grupami metylowymi znajdującymi się w różnych pozycjach względem siebie). Związki te zwyczajowo nazywa się ksylenami.



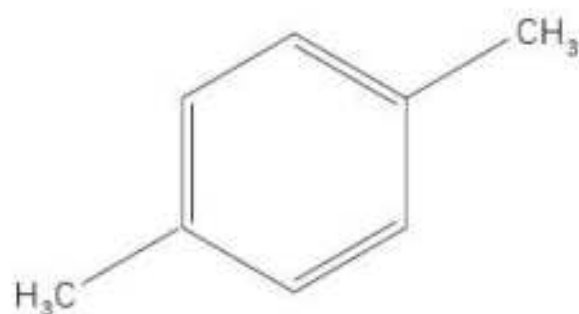
Ćwiczenia

- Narysuj w zeszycie wzory szkieletowe trzech izomerów położenia propylobenzenu. Nazwij otrzymane struktury.
- Nazwij poniższe struktury, stosując przedrostki *o*-, *m*- i *p*-.

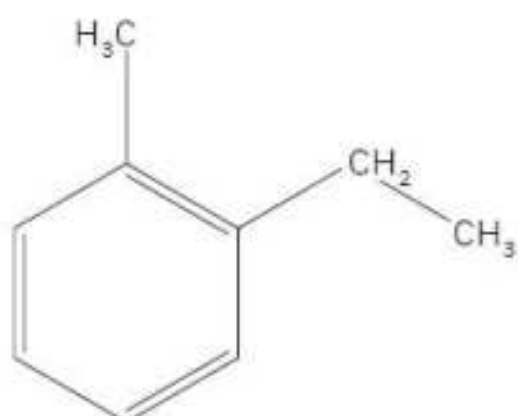
a)



b)



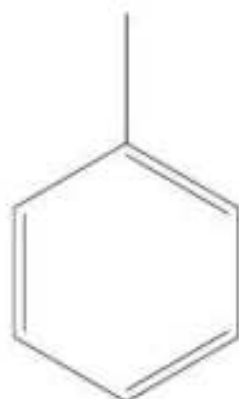
c)



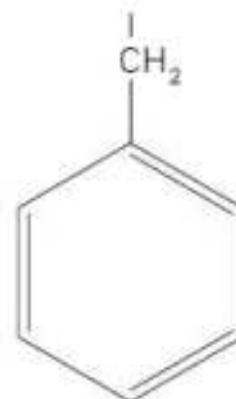
Uwaga! Zamiast rdzenia „benzen” można użyć nazwy zwyczajowej „toluen”.



Benzen nie zawsze stanowi rdzeń nazwy związku aromatycznego. Jeśli aromatyczny pierścień sześciocząłowy jest połączony z łańcuchem alkilowym zawierającym więcej niż sześć atomów węgla, to wtedy benzen traktuje się jak podstawnik. Przykłady takich podstawników podano poniżej.

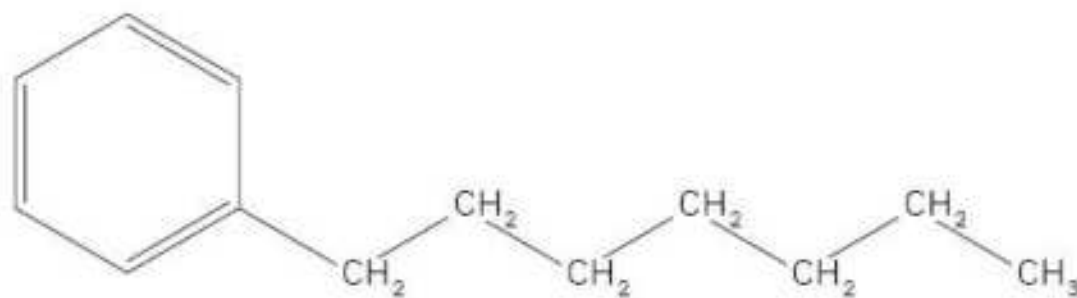


grupa fenyłowa (fenyl)



grupa benzyłowa (benzyl)

Dla przykładu: poniższy związek to 1-fenyloheptan.



1-fenyloheptan

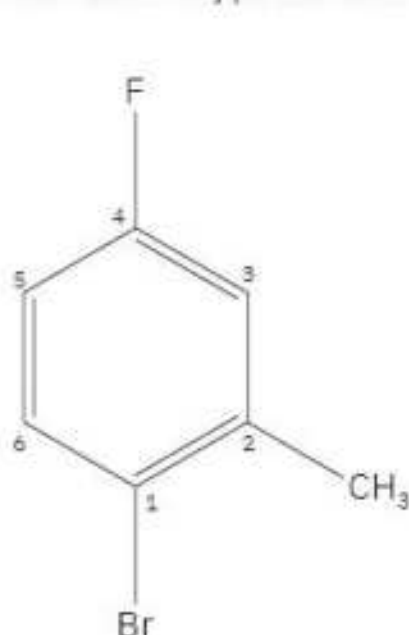
Ćwiczenie

5. Narysuj struktury:
 - a) 2-fenyloheptanu,
 - b) 3-fenyloheptanu.

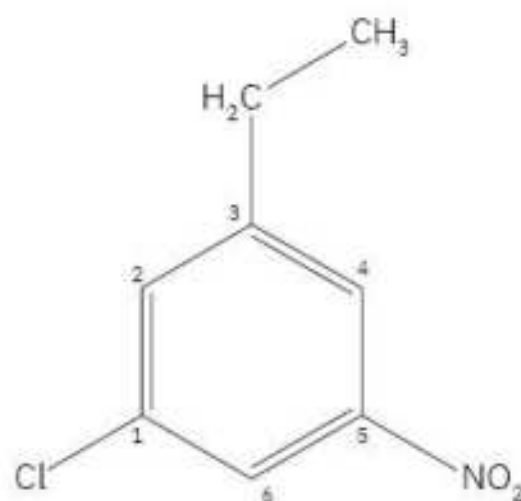
Budowa homologów benzenu sugeruje, że wykazują one właściwości chemiczne typowe dla związków aromatycznych oraz alkanów. W zależności od warunków reakcji przekształceniom chemicznym ulega część aromatyczna lub część alifatyczna. Dla przykładu: w przypadku toluenu w obecności bromu oraz światła zajdzie reakcja substytucji rodnikowej w części alifatycznej cząsteczki, natomiast w obecności bromu oraz FeBr_3 zajdzie substytucja elektrofilowa w pierścieniu aromatycznym.

5.5. Nazewnictwo pochodnych benzenu

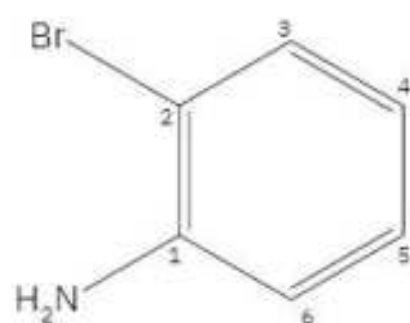
Nazwy pochodnych benzenu, w których pierścień jest podstawiony innymi podstawnikami niż grupy alkilowe, tworzy się analogicznie. Należy wskazać miejsce podstawienia oraz rodzaj podstawnika.



1-bromo-4-fluoro-2-metylobenzen



1-chloro-3-etylo-5-nitrobenzen

1-amino-2-bromobenzen
lub
o-aminobromobenzen

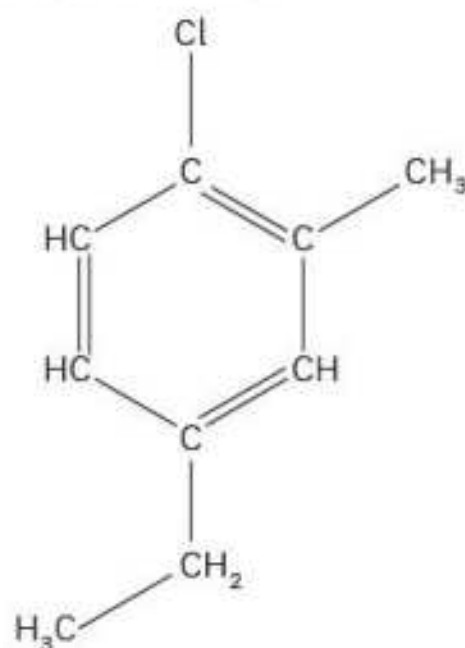
Ćwiczenia

6. Narysuj w zeszycie struktury podanych związków.
 - a) nitrobenzen
 - b) chlorobenzen
 - c) 1-bromo-3-chloro-5-etylobenzen
 - d) 1-amino-3-fluorobenzen
 - e) *o*-metylnitrobenzen
 - f) *m*-fluorjodobenzen
 - g*) *p*-aminotoluen

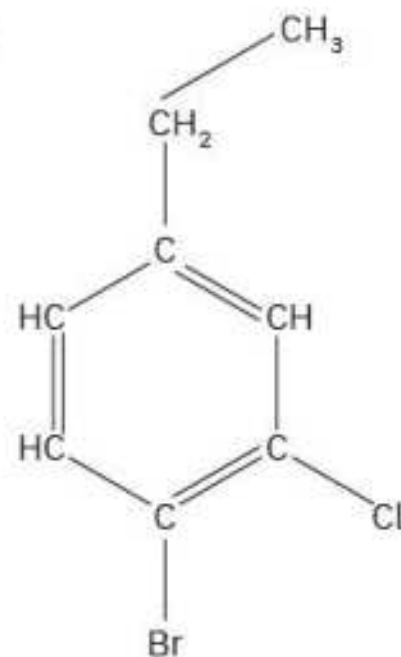


7. Nazwij podane związki.

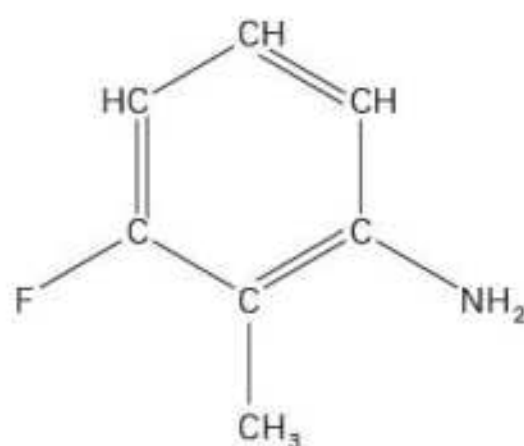
a)



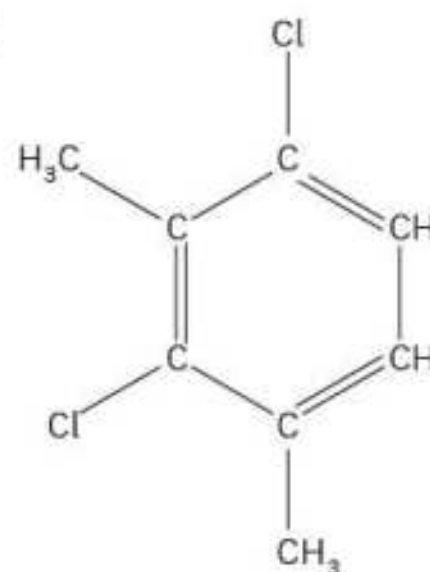
c)



b)



d)



5.6.* Wybrane wielopierścieniowe związki aromatyczne

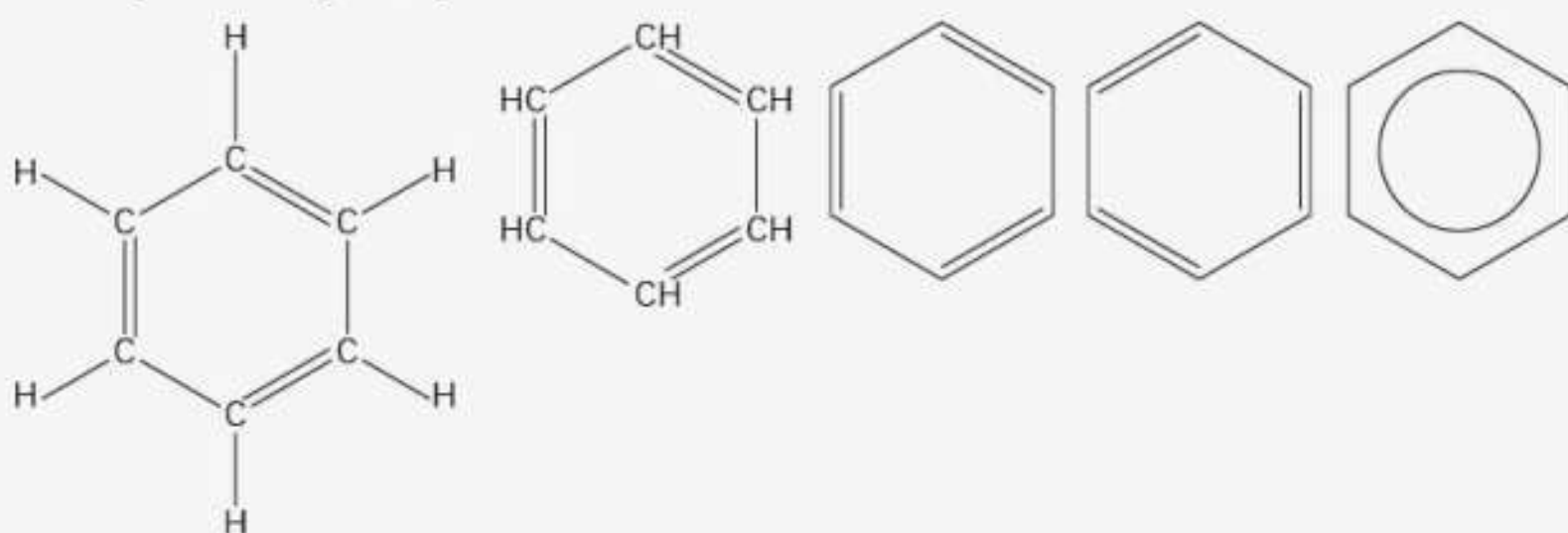
Związki aromatyczne to nie tylko pierścienie sześciocłonowe. Znana jest duża grupa związków zawierających w swojej strukturze więcej niż jeden pierścień benzenowy. W takich układach zawierających skondensowane pierścienie sześciocłonowe wiązanie zdelokalizowane obejmuje wszystkie atomy węgla budujące cząsteczkę. Związki te nazywa się **wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi** (WWA). Wykazują one właściwości chemiczne typowe dla związków aromatycznych.

wielopierścieniowe
węglowodory
aromatyczne

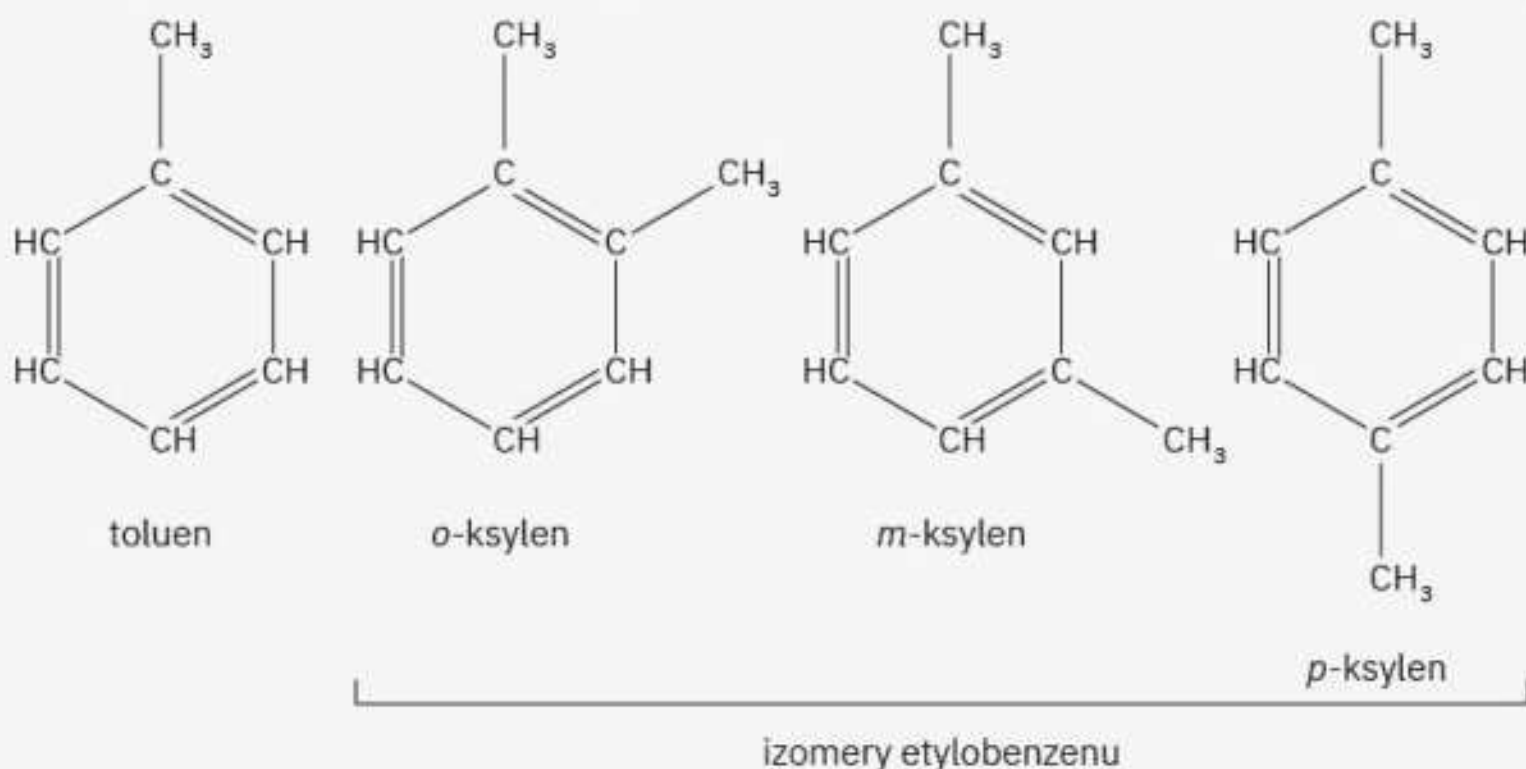
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) – węglowodory zbudowane ze skondensowanych (przylegających do siebie krawędziami) pierścieni aromatycznych, w których wiązanie zdelokalizowane obejmuje wszystkie atomy węgla występujące w cząsteczce WWA.

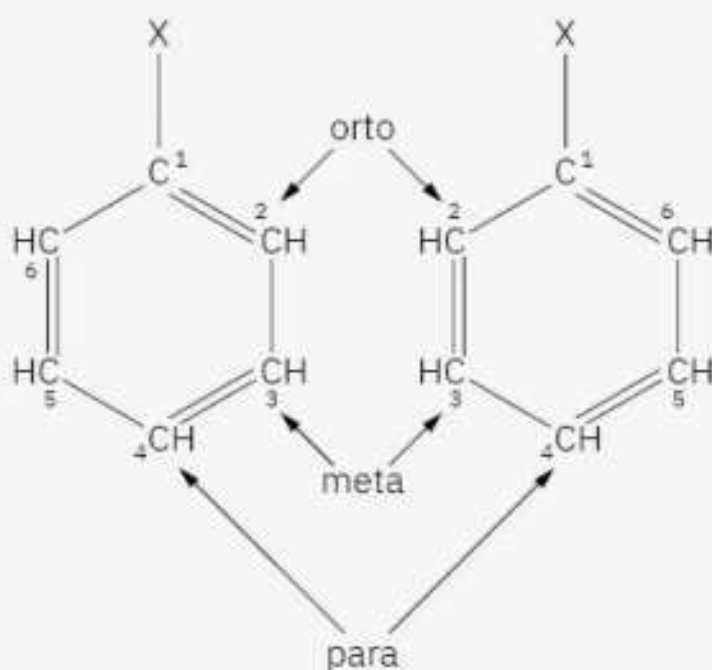
PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Związki aromatyczne** – związki, których cząsteczki mają budowę cykliczną (pierścieniową) i zawierają wiązanie zdelokalizowane współdzielone przez wszystkie atomy tworzące pierścień. s. 105
- **Wiązanie zdelokalizowane** – wiązanie utworzone z wykorzystaniem elektronów u wspólnianych przez więcej niż dwa atomy. s. 105
- Benzen przedstawia się, stosując umowne wzory Kekulégo (struktury graniczne). s. 104
- **Struktura graniczna** – struktura obrazująca możliwości rozmieszczenia elektronów zgodnie z teorią wiązań walencyjnych. Prawdziwy obraz struktury stanowi hybrydę wszystkich prawdopodobnych struktur granicznych. s. 106

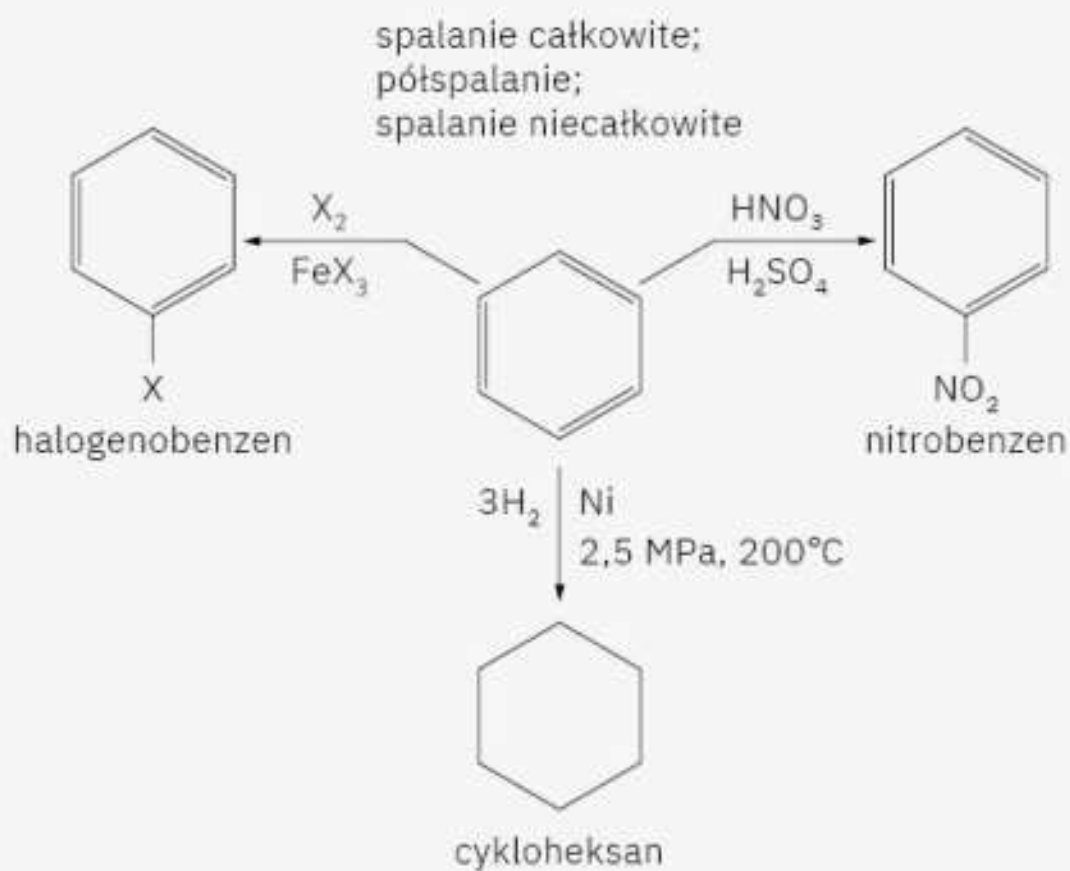


- Benzen jest płaską cząsteczką aromatyczną mającą wiązanie zdelokalizowane współdzielone przez sześć atomów węgla. s. 106
- Nazwy systematyczne podaje się, opisując miejsce podstawienia, liczbę oraz rodzaj podstawników i rdzeń nazwy (którym w przypadku pochodnych benzenu jest **benzen**). s. 108
- Nazwy zwyczajowe homologów benzenu: s. 113





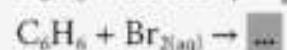
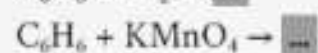
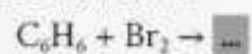
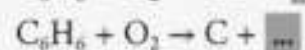
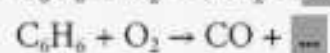
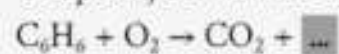
- s. 110
- Przedrostki *o*- (orto-), *m*- (meta-) oraz *p*- (para-) odpowiadają rozmieszczeniu dwóch podstawników odpowiednio w pozycjach 1,2-, 1,3- oraz 1,4-.
- s. 107
- Właściwości chemiczne benzenu:



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Narysuj w zeszycie wzory Kekulého przedstawiające dwie struktury graniczne benzenu.
- Wyjaśnij, dlaczego benzen nie odbarwia wody bromowej oraz roztworu manganianu(VII) potasu.

3. Uzupełnij równania reakcji lub zaznacz, że reakcja nie zachodzi.



4. Narysuj w zeszycie struktury podanych związków i zapisz ich nazwy systematyczne.

a) *m*-ksylen

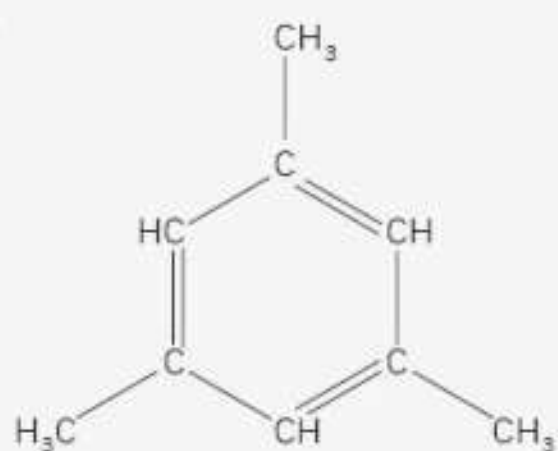
c) *p*-ksylen

b) *o*-bromotoluen

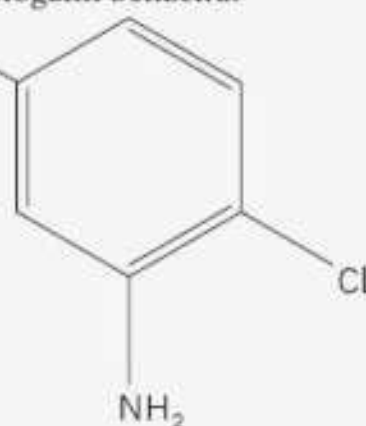
d) *m*-etylotoluen

5. Nazwij podane związki. Wskaż, które z nich są homologami benzenu.

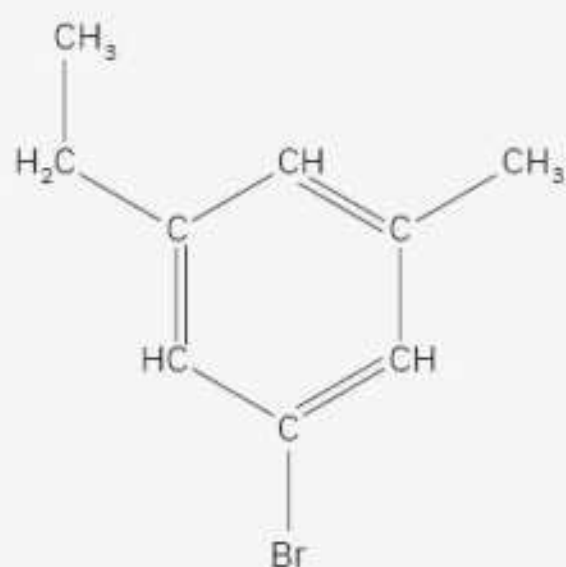
a)



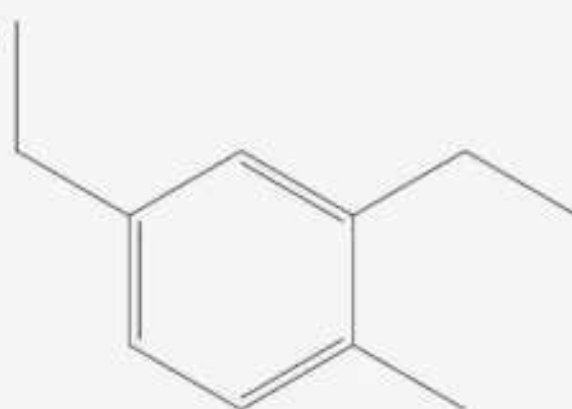
b)



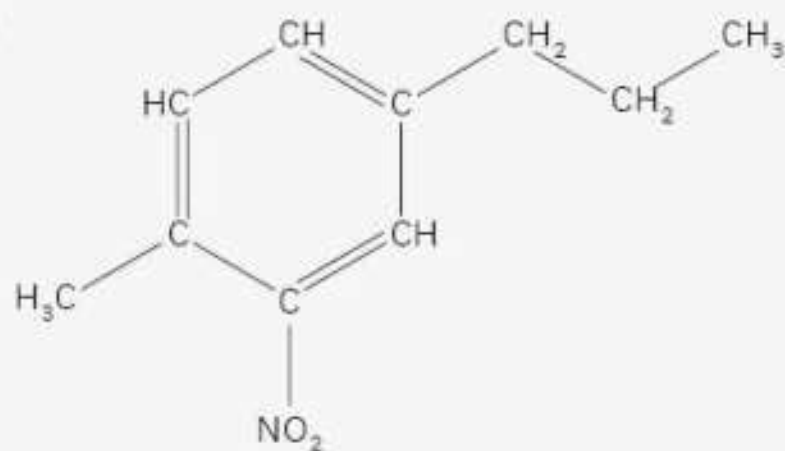
c)



d)

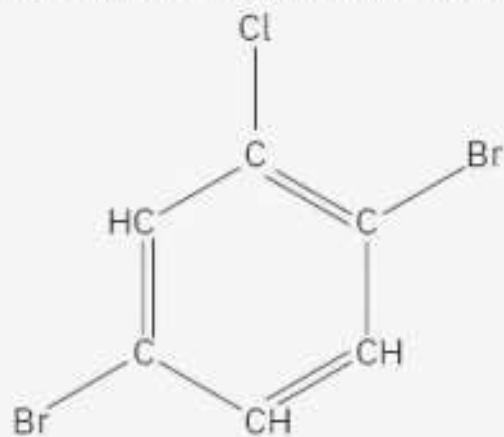


e)



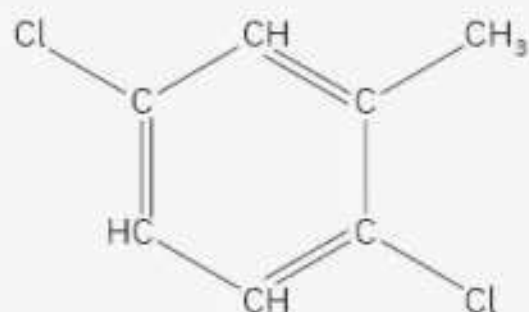
6. Narysuj w zeszycie struktury czterech izomerów etylobenzenu. Podaj nazwy narysowanych struktur.
 7. Wskaż wszystkie poprawne nazwy poniższych związków i uzasadnij swój wybór.

A.



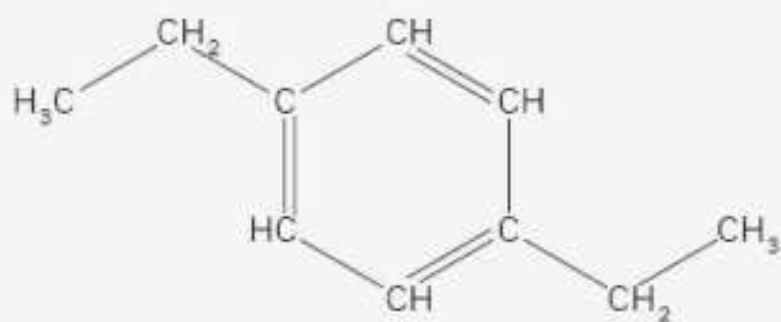
- a) 1,4-dibromo-2-chlorobenzen
 b) 2-chloro-1,4-dibromobenzen

B.



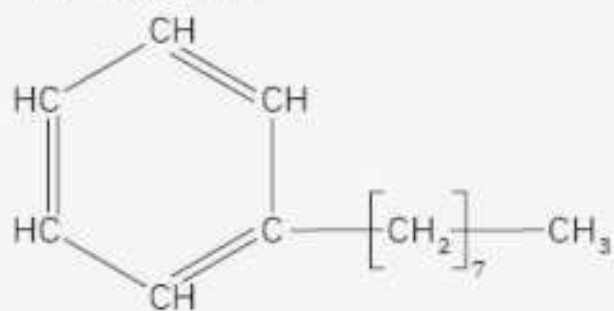
- a) 1,4-dichloro-3-metylobenzen
 b) 1,4-dichloro-2-metyloobenzen

C.



- a) 1,4-dietylobenzen
 b) *p*-dietylobenzen

D.



- a) oktylobenzen
 b) fenylooktan

6. Destylacja ropy naftowej. Piroliza węgla kamiennego

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak wygląda produkcja przemysłowa węglowodorów;
- jakie są produkty destylacji frakcyjnej ropy naftowej;
- jakie są produkty pirolizy węgla kamiennego;
- jakie są zastosowania węglowodorów;
- co to jest liczba oktanowa;
- jakimi sposobami zwiększa się liczbę oktanową;
- na czym polega kraking i reforming.

Węglowodory mają ogromne znaczenie gospodarcze. Są wykorzystywane jako źródła energii (paliwa) oraz surowce dla przemysłu chemicznego. Podstawowymi źródłami węglowodorów są surowce naturalne, takie jak gaz ziemny, ropa naftowa i węgiel kamienny. Jakimi metodami wydobywa się te surowce i jak się je przetwarza, aby uzyskać węglowodory?

6.1. Węglowodory w przyrodzie

Gaz ziemny to mieszanina tzw. lekkich alkanów, czyli węglowodorów o niskich masach cząsteczkowych. Skład gazu ziemnego jest zmienny, jednak zawsze w jego składzie przeważa metan. Zawartość metanu w gazie ziemnym waha się od 50 do 98%. Pozostałymi składnikami gazu ziemnego są: etan, propan, butan oraz niewielkie ilości alkanów zawierających większą liczbę atomów węgla w cząsteczkach (tzw. wyższe alkany). Ponadto gaz ziemny może zawierać niewielką ilość azotu i/lub helu, siarkowodoru albo innych lotnych związków siarki. Gaz ziemny z reguły towarzyszy złożom ropy naftowej, chociaż może też występować samodzielnie. Gaz ziemny występuje w złożu pod wysokim ciśnieniem, co ułatwia jego wydobycie, ponieważ po wywierceniu otworu do złoża i obudowaniu otworu rurami gaz wydostaje się na powierzchnię samoistnie. Wydobyty gaz ziemny zawsze wymaga oczyszczania, zwłaszcza ze związków siarki. Spalanie gazu ziemnego zawierającego związki siarki prowadzi do powstania tlen-



Rys. 24. Wydzielający się gaz ziemny towarzyszący wydobyciu ropy naftowej jest spalany, ponieważ jego izolowanie i przechowywanie jest procesem nieekonomicznym.

ków siarki, które są zanieczyszczeniem niebezpiecznym dla środowiska. Oczyszczony gaz ziemny zawierający co najmniej 90% metanu wykorzystuje się jako surowiec w przemyśle chemicznym lub też jako opał.

Ropa naftowa to jasnobrązowa lub czarna mieszanina ciekłych węglowodorów oraz niewielkich ilości innych związków organicznych zawierających tlen, azot i siarkę. Skład ropy naftowej jest bardzo złożony oraz – podobnie jak gazu ziemnego – zmienny i zależny od miejsca występowania. Z ropy wyodrębniono ponad 300 związków chemicznych (ich liczbę ocenia się na wiele tysięcy). Różne gatunki ropy zawierają od 30 do 80% alkanów łańcuchowych oraz zmienne ilości cykloalkanów oraz węglowodorów aromatycznych. Pochodzenie ropy naftowej nie jest do końca wyjaśnione. Jedną z teorii głosi, że ropa pochodzi z beztlenowego rozkładu szczątków organicznych roślin i zwierząt zachodzącego z udziałem bakterii anaerobowych¹. Złoża ropy naftowej występują zazwyczaj na znacznej głębokości (sięgającej kilku kilometrów) zarówno na lądach, jak i w rejonach wodnych (morzach i oceanach).



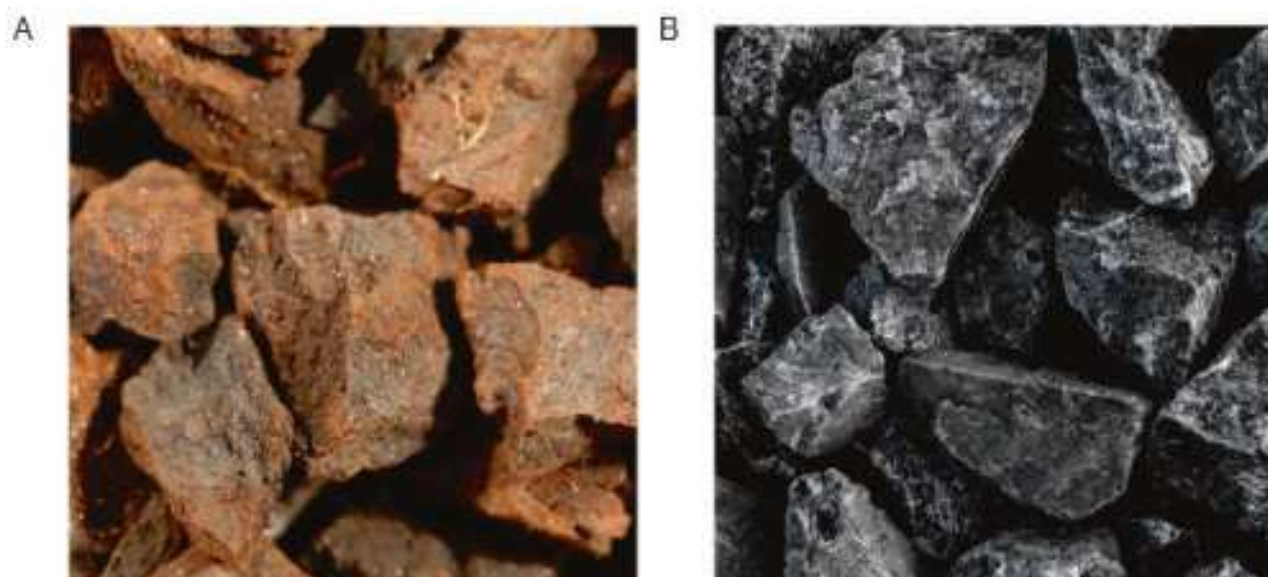
Rys. 25. Platforma wiertnicza budowana w morzu.

Wydobycie ropy naftowej jest podobne do wydobywania gazu ziemnego. Po wywierceniu otworu ropa naftowa pod ciśnieniem wypływa na powierzchnię. Jednak wraz ze zmniejszającą się ilością ropy naftowej maleje ciśnienie, więc do wydobywania należy włączyć pompy głębinowe lub wtłaczanie wody drugim otworem. Ze względu na mniejszą gęstość ropy niż wody zbiera się ona na jej powierzchni i jako górna warstwa pierwsza wypływa przez odwiert. Surową ropę oczyszcza się przez destylację (patrz podrozdział 6.2.).

Węgiel kamienny to złoża kopalne, tak jak torf, węgiel brunatny i antracyt. Złoża antracytu są najstarsze i zawierają najwięcej pierwiastkowego węgla. Następne są złoża węgla kamiennego i węgla brunatnego. Najmłodsze są złoża torfu, które zawierają najmniej pierwiastkowego węgla. Złoża węgla kamiennego powstały w wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem w głębi skorupy ziemskiej w okresie karbonu (350 do 270 mln lat temu) ze szczątków roślinnych rosnących wówczas na Ziemi. Węgiel kamienny w przeciwieństwie do gazu ziemnego czy ropy naftowej nie jest mieszaniną związków chemicznych, ale substancją stałą bardzo urozmaiconą pod względem budowy. Zawiera on 80–90% węgla pierwiastkowego, 4–5,5% wodoru, 3–13% tlenu, 1,4–1,8% azotu oraz 0,3–0,7% siarki i 3–11% popiołu. Węgiel kamienny stosuje się jako konwencjonalne źródło energii w formie

¹ Bakterie anaerobowe – bakterie bezwzględnie beztlenowe.

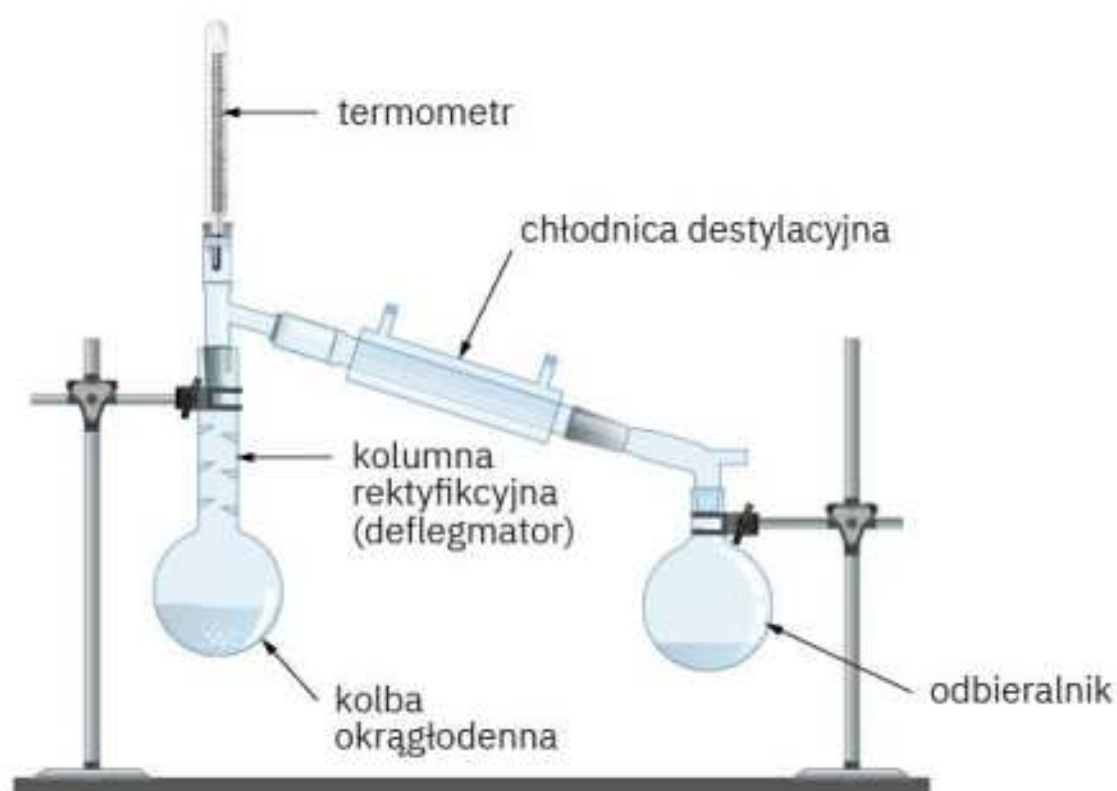
nieprzetworzonej. Jednak w wyniku procesów przetwarzania otrzymuje się nie tylko produkty służące jako paliwa, lecz także wiele innych związków chemicznych stosowanych do produkcji materiałów codziennego użytku.



Rys. 26. Węgiel brunatny (A) i węgiel kamienny (B).

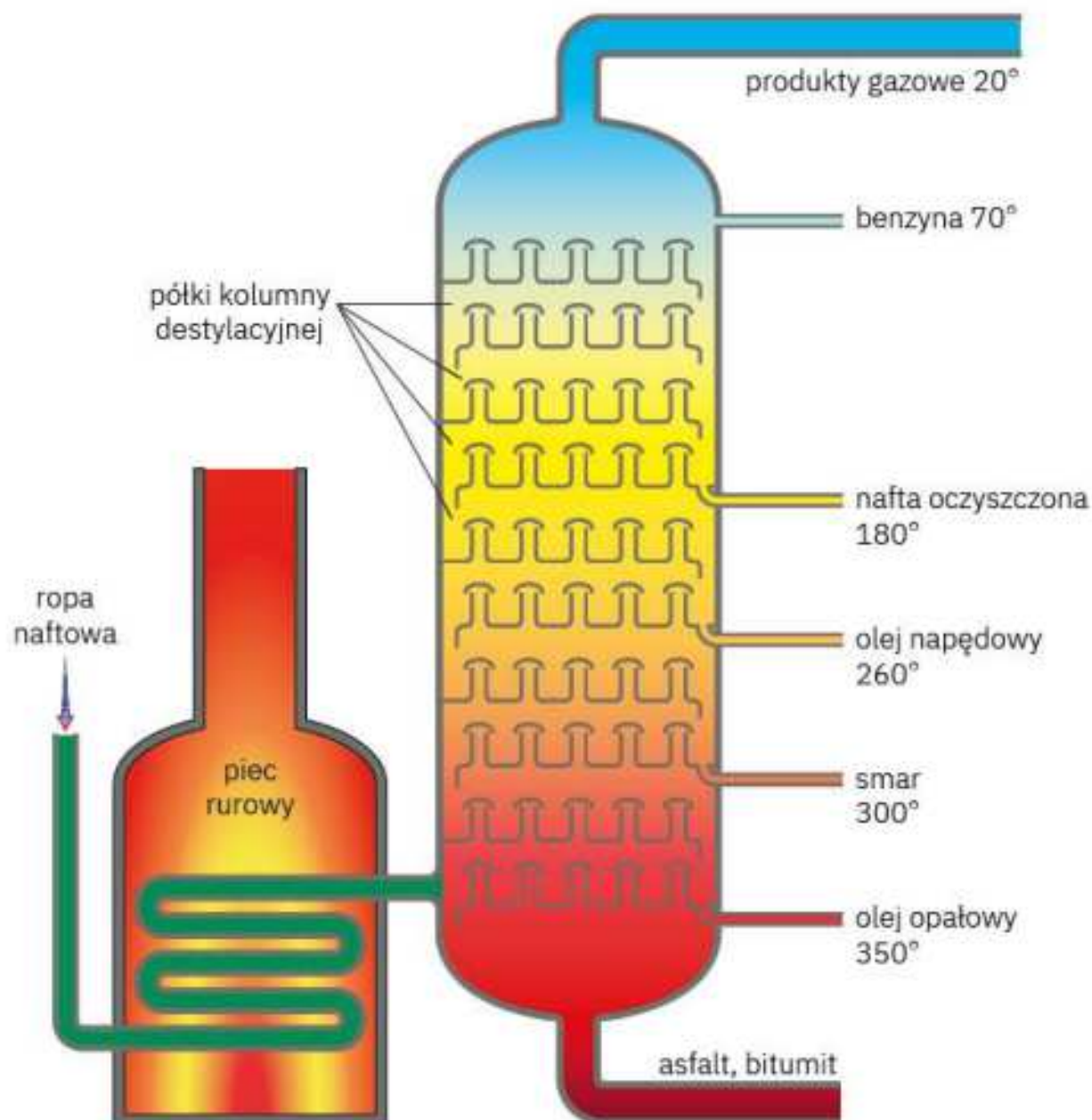
6.2. Destylacja ropy naftowej

Ropa naftowa jest obecnie najważniejszym surowcem do produkcji płynnych paliw i całego szeregu półproduktów do syntezy bardziej złożonych związków chemicznych. Przemysł zajmujący się procesami przetwarzania ropy naftowej nazywa się przemysłem petrochemicznym. Pierwszym etapem przetwarzania ropy naftowej jest jej wstępne oczyszczanie polegające na jej odgazowaniu i odwodnieniu. W tym celu wykonuje się **destylację frakcyjną**. Destylacja polega na rozdzieleniu poszczególnych składników (frakcji) z wykorzystaniem różnic ich temperatury wrzenia. W laboratorium chemicznym wykonuje się destylację frakcyjną z wykorzystaniem stosunkowo prostego zestawu szkła laboratoryjnego (rys. 27).



Rys. 27. Zestaw szkła laboratoryjnego wykorzystywany do destylacji frakcyjnej.

Na skalę przemysłową destylację ropy naftowej wykonuje się metodą rurowo-wieżową (rys. 28).



Rys. 28. Schemat kolumny do destylacji ropy naftowej metodą rurowo-wieżową.

Surową ropę naftową wprowadza się do pieca rurowego, gdzie ogrzewa się ją do temperatury powyżej 350°C i wprowadza na odpowiednią półkę kolumny destylacyjnej. Kolumna destylacyjna to pionowa rura o średnicy rzędu 1 m z umieszczonymi w niej w regularnych odstępach poziomymi półkami destylacyjnymi. Konstrukcja półki umożliwia przepływ par do góry kolumny oraz spływanie cieczy do dołu, co zapewnia jak największą powierzchnię kontaktu pary z cieczą. Taka budowa umożliwia odparowywanie bardziej lotnych składników i ich wędrówkę w górne części kolumny oraz skraplanie mniej lotnych składników. Im wyżej znajduje się półka w kolumnie, tym niższa temperatura na niej panuje i tym bardziej lotne składniki ropy się na niej skraplają. Odbierając składniki z danej półki, uzyskuje się składniki (frakcje) o określonych temperaturach wrzenia. Najwyżej odbiera się **produkty gazowe** o temperaturze wrzenia **do 20°C** , nieco niżej **frakcje benzynowe** o temperaturze wrzenia **$40\text{--}180^{\circ}\text{C}$** . Następnie **do 260°C** odbiera się **naftę oczyszczoną**, a w przedziale temperatur **$260\text{--}300^{\circ}\text{C}$** – **olej napędowy**. Na niższych półkach w wyższych temperaturach odbiera się **smar ($300\text{--}350^{\circ}\text{C}$)**. Frakcje odbierane **powyżej 350°C** nazywa się **mazutem**. W wyniku przeprowadzanej dodatkowo destylacji pod obniżonym ciśnieniem, co

ma na celu obniżenie temperatury wrzenia i uniknięcie rozkładu związków organicznych, otrzymuje się **olej opałowy** oraz **asfalt i bitumit**. Wyższa temperatura wrzenia poszczególnych frakcji wiąże się z większą liczbą atomów węgla w substancjach zawartych w określonych frakcjach (tab. 10).

Tab. 10. Frakcje destylacji ropy naftowej

Nazwa produktu destylacji ropy naftowej	Zakres temperatur wrzenia frakcji	Liczba atomów węgla w cząsteczkach węglowodorów wchodzących w skład poszczególnych frakcji
produkty gazowe	do 20°C	do 4
benzyna	40–180°C	5–11
nafta	180–260°C	11–17
olej napędowy i smar	260–350°C	11–20
pozostałe produkty	>350°C	powyżej 20

6.3. Zastosowanie produktów destylacji ropy naftowej

Najniżej wrzące frakcje uzyskane podczas destylacji ropy naftowej stanowią alkan: metan, etan, propan i butan. Używa się ich głównie do celów opałowych oraz jako gazowego paliwa do silników samochodowych (LPG – *Liquid Petroleum Gas*). LPG to mieszanina propanu i butanu w różnych proporcjach, przechowywana w zbiornikach pod zwiększonym ciśnieniem, co zapewnia jej stan ciekły.

Kolejne frakcje stanowią głównie paliwa silnikowe. Benzyna – lotna, palna ciecz o charakterystycznym zapachu – składa się głównie z węglowodorów łańcuchowych. Ma mniejszą gęstość niż woda. Benzynę dzieli się na lekką, nazywaną ekstrakcyjną, stosowaną jako rozpuszczalnik, oraz ciężką, wykorzystywaną do produkcji paliwa samochodowego do pojazdów z silnikami z zapłonem iskrowym.

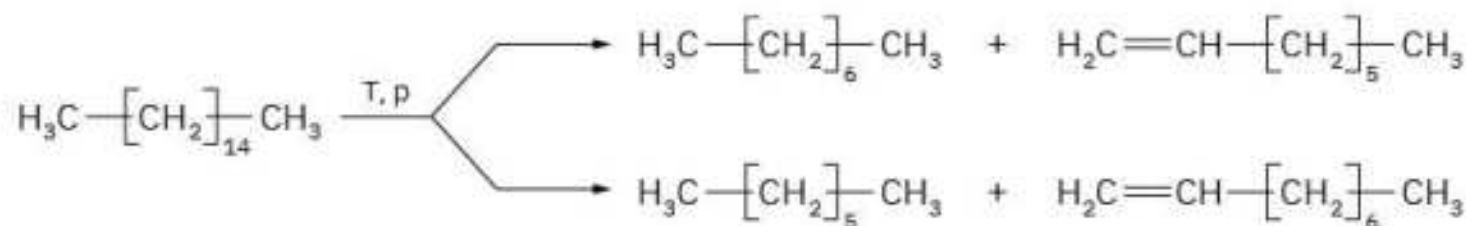


Rys. 29. Benzyna jako lżejsza od wody i niemieszająca się z nią zbiera się na jej powierzchni.

Nafta to mieszanina ciekłych węglowodorów wykorzystywana jako rozpuszczalnik oraz paliwo samolotowe. Olej napędowy jest mieszaniną węglowodorów łańcuchowych oraz pierścieniowych. Wykorzystuje się go jako paliwo do silników wysokoprężnych, nazywanych silnikami Diesla, oraz paliwo do odrzutowych silników lotniczych.

6.4. Kraking

Ze względu na rozwój motoryzacji i rosnącą liczbę samochodów stale zwiększa się zapotrzebowanie na benzynę. Z jednej tony ropy naftowej uzyskuje się tylko ok. 150–250 kg benzyny. Z tego względu oraz z powodu zmniejszających się światowych zasobów ropy naftowej opracowano procesy pozwalające uzyskać dodatkowe ilości benzyny z frakcji wyżej wrzących, które zawierają węglowodory o większej liczbie atomów węgla. Procesy takie nazywa się **krakingiem**. Krakingowi poddaje się oleje zawierające węglowodory powyżej 10 atomów węgla w cząsteczce. Taką zmianę składu chemicznego frakcji prowadzi się poprzez ogrzewanie do temperatury powyżej 500°C i zwiększenie ciśnienia, w wyniku czego następuje rozrywanie wiązań między atomami węgla i powstawanie produktów zawierających krótsze łańcuchy węglowodorowe wchodzące w skład benzyny (**kraking termiczny**). W wyniku rozpadu *n*-alkanów powstają głównie nierozgałęzione alkany i alkeny o krótszych łańcuchach. Dla przykładu kraking *n*-heksadekanu prowadzi do powstania oktanu i okt-1-enu lub heptanu i non-1-enu (rys. 30).



Rys. 30. Kraking termiczny heksadekanu.

Krakingowi termicznemu poddaje się także benzynę lekką niewykorzystywaną jako paliwo. W jej skład wchodzi alkany zawierające 5–6 atomów węgla. W wyniku krakingu powstają związki wykorzystywane jako paliwo gazowe (LPG) alkany gazowe oraz alkeny. Poddając pentan krakingowi termicznemu, otrzymuje się etan oraz propen lub propan i eten.

Ćwiczenie

1. Napisz w zeszycie równanie reakcji krakingu termicznego pentanu.

kraking

Kraking – proces prowadzący do rozpadu długich łańcuchów węglowych na mniejsze fragmenty.

kraking termiczny

Kraking termiczny – proces rozpadu długich łańcuchów węglowych na krótsze, wymuszony działaniem wysokiej temperatury i wysokiego ciśnienia.

Krakingowi poddaje się także frakcje olejowe pod normalnym ciśnieniem w obecności różnych katalizatorów (np. krzemianów metali). Proces ten nazywa się **krakingiem katalitycznym**. Zastosowanie katalizatorów pozwala na obniżenie temperatury o blisko 100°C.

Kraking katalityczny – proces rozpadu długich łańcuchów węglowych na krótsze, wymuszony obecnością katalizatora.

kraking
katalityczny

Procesowi krakingu katalitycznego towarzyszą procesy związane z reformingiem (patrz podrozdział 6.5.), zwiększające jakość benzyny.

6.5. Liczba oktanowa. Reforming

Najważniejszym parametrem określającym jakość benzyny jest **liczba oktanowa**, w skrócie (LO). To miara odporności benzyny na tzw. spalanie detonacyjne. Mieszanina benzyny i powietrza w cylindrze silnika powinna po zapaleniu przez iskrę świecy zapłonowej spalać się wolno i równomiernie. Zbyt szybkie i gwałtowne spalanie (detonacyjne) powoduje nierównomierną pracę silnika (tzw. stukanie) i jego przedwczesne zużycie. Benzyna o wyższej wartości LO spala się w sposób bardziej kontrolowany i z większym stopniem przereagowania, dzięki czemu jest wydzielana większa ilość energii.

Liczba oktanowa (LO) – liczbowa miara odporności benzyny na tzw. spalanie detonacyjne. Im wyższa LO, tym benzyna ma lepszą jakość.

liczba oktanowa

Liczba oktanowa benzyny jest wyznaczana przez spalanie w specjalnie skonstruowanych do tego celu silnikach oraz porównanie wyników badanej próbki ze spalaniem benzyny wzorcowej, będącej mieszaniną *n*-heptanu i 2,2,4-trimetylopentanu (izooktanu). Związki te stanowią składniki benzyny charakteryzujące się skrajnie różnym spalaniem. Pierwszy z nich spala się najbardziej wybuchowo ze wszystkich składników benzyny, natomiast drugi – najspokojniej. Z tego względu umownie przyjmuje się, że $LO_{n\text{-heptanu}} = 0$, a $LO_{2,2,4\text{-trimetylopentanu}} = 100$.

Ćwiczenie

2. Narysuj w zeszycie wzór strukturalny *n*-heptanu oraz 2,2,4-trimetylopentanu. Który stanowiłby lepsze paliwo dla samochodów z zapłonem iskrowym? Uwzględnij liczbę oktanową tych związków.

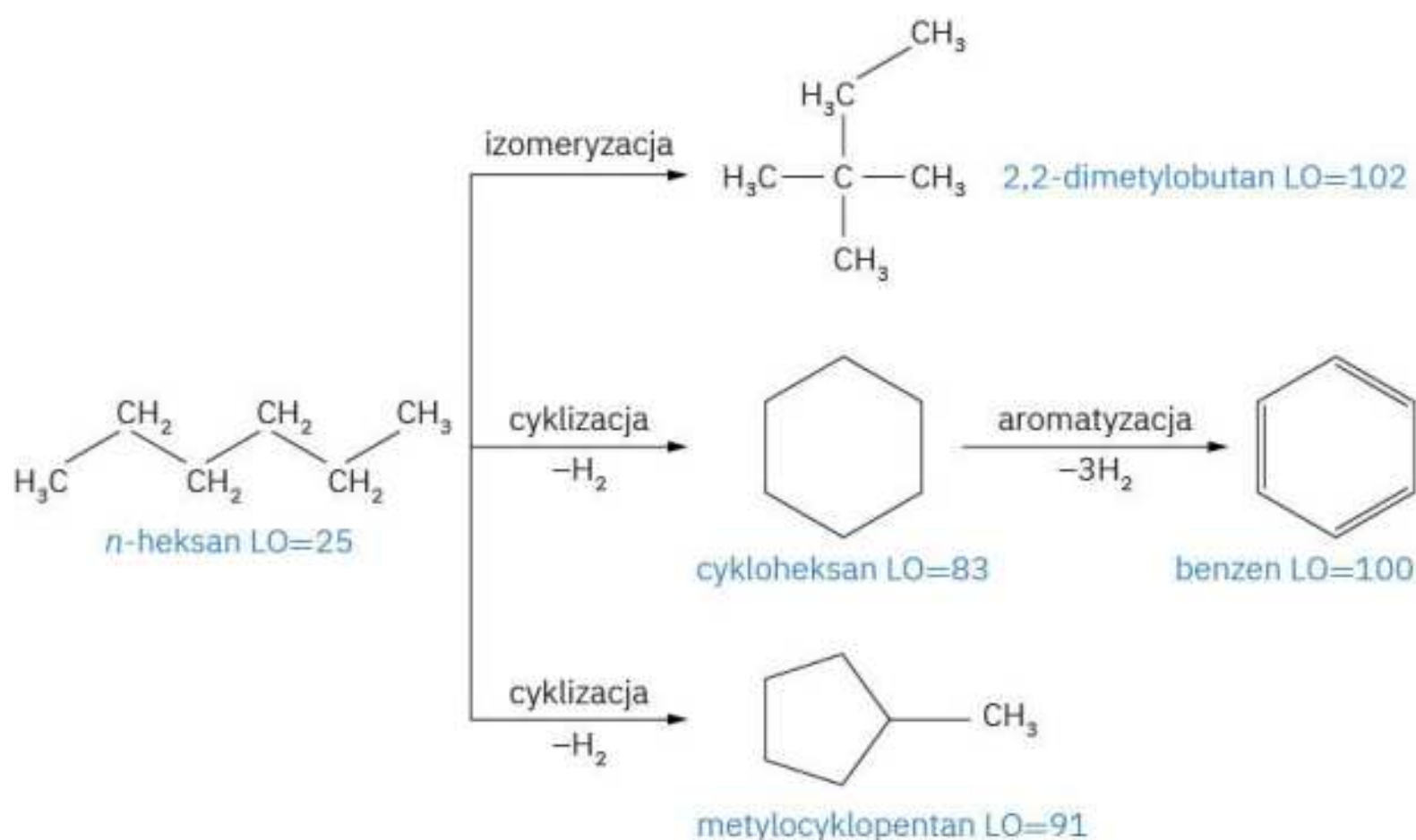
Liczba oktanowa 94 oznacza, że benzyna ma taką samą szybkość spalania jak mieszanina zawierająca 94% izooktanu oraz 6% *n*-heptanu.

Liczba oktanowa węglowodoru zależy od budowy jego cząsteczki. Najniższe LO mają *n*-alkany. Wyższe liczby oktanowe mają przeważnie alkanę rozgałęzioną, alkeny oraz cykloalkany i węglowodory aromatyczne. Obecnie są znane związki



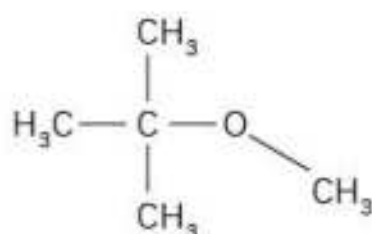
o lepszych właściwościach antydetonacyjnych niż izooktan i ich LO jest wyższa niż 100. Przykładem takiego związku jest cyklopentan, którego LO wynosi 141.

Frakcja benzynowa uzyskana w wyniku destylacji ropy naftowej ma na ogół niską liczbę oktanową, ponieważ zawiera głównie alkan o prostych łańcuchach. Właściwości takiej benzyny poprawia się, poddając ją **procesowi reformingu**. Proces ten zachodzi w podwyższonej temperaturze oraz w obecności katalizatorów. Prowadzi on do izomeryzacji, cyklizacji lub aromatyzacji węglowodorowych łańcuchów liniowych. Dzięki temu uzyskuje się odpowiednio łańcuchy rozgałęzione, układy cykliczne lub pierścienie aromatyczne (rys. 31).



Rys. 31. Przykładowe przekształcenia zachodzące w procesie reformingu.

Liczbę oktanową benzyny można także podwyższyć, dodając do niej specjalne domieszki zwane antydetonatorami. Do niedawna stosowano w tym celu tetraetylołów ($\text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$). Benzyna z tetraetylołowiem nazywa się etyliną i chociaż obecność tego antydetonatora powodowała wzrost LO benzyny (nawet o 15 jednostek) stosowanie etyliny w silnikach samochodowych zostało zabronione w 2005 r. Powodem jest wysoka toksyczność tetraetylołowiu. Obecnie silniki samochodowe nie są dostosowane do spalania etylin. Związki ołowiu nadal wykorzystuje się jednak w paliwach lotniczych. Ze względów środowiskowych wprowadzono ograniczenie ilościowe dodatku tetraetylołowiu (benzyna lotnicza 100LL nie może zawierać go więcej niż 0,56 g na litr paliwa). W benzynie samochodowej obecnie najczęściej stosowanym detonatorem jest eter *tert*-butylo-metylowy (MTBE) (rys. 32). Związek ten nie generuje toksycznych produktów podczas spalania, ale stwarza niebezpieczeństwo skażenia wód gruntowych i gleb w wyniku wycieku benzyny. Dlatego też zawartość MTBE jest ściśle kontrolowana i nie może przekraczać 1,5%.



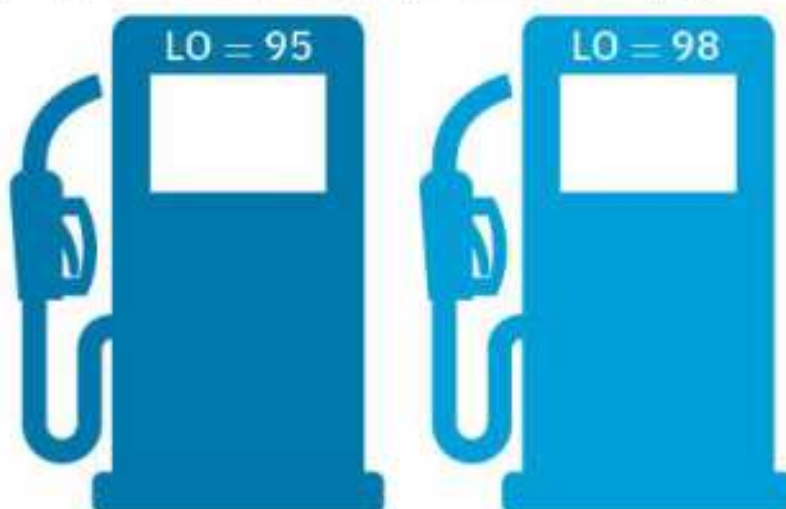
Rys. 32. MTBE – eter tert-butylo-metylowy.

Reforming – proces zachodzący w wyniku podwyższonej temperatury i w obecności katalizatorów, prowadzący do przekształcania węglowodorów łańcuchowych prostych w układy rozgałęzione (izomeryzacja), cykliczne (cyklizacja) i pierścienie aromatyczne (aromatyzacja) oraz do zwiększania liczby oktanowej mieszanki węglowodorowej.

reforming

Ćwiczenia

3. Jak zinterpretujesz informacje na dystrybutorach z benzyną?



4. Wyjaśnij, dlaczego etyliny wycofano ze sprzedaży na stacjach benzynowych.

6.6. Piroliza węgla kamiennego

Jednym z najważniejszych procesów przemysłowych, jakim poddaje się węgiel kamienny, jest **piroliza (koksowanie węgla, sucha destylacja lub pirogenizacja)**. Proces ten polega na ogrzewaniu węgla w odpowiednich urządzeniach zwanych bateriami koksowniczymi do temperatury 1000°C bez dostępu powietrza. W tych warunkach węgiel kamienny ulega przekształceniom do czterech głównych produktów: **koksu** (70–80%), **gazu koksowniczego** (12–18%), **wody pogazowej** (4–7%) oraz **smoły węglowej** (2–5%).

Koks to praktycznie czysty węgiel (95–98%). Zawiera niewielką domieszkę związków nieorganicznych (popiołu). Zawartość związków siarki jest znacznie mniejsza niż w przypadku węgla kamiennego, co sprawia, że w wyniku spalania koksu jest mniejsza emisja tlenków siarki niebezpiecznych dla środowiska.

Charakteryzuje się specyficzną porowatą strukturą i wysoką wytrzymałością mechaniczną. Głównym odbiorcą koksu jest hutnictwo żelaza, ponieważ stanowi on składnik wsadu wielkopiecowego. Ponadto wykorzystuje się go jako środek opałowy w elektrociepłowniach oraz gospodarstwach domowych.

Gaz koksowniczy składa się głównie z wodoru (50–60%), metanu (25–30%) i tlenku węgla(II) (ok. 10%). Zawiera on także amoniak, tlenek węgla(IV) oraz siarkowodór. Charakteryzuje się wysoką wartością opałową i stanowi



Rys. 33. Koks – główny produkt pirolizy węgla kamiennego.

źródło energii wykorzystywane w samych koksowniach do ogrzewania baterii koksowniczych. Nadwyżki gazu koksowniczego są stosowane jako materiał opałowy lub surowiec do syntez w przemyśle chemicznym.

Główny składnik **wody pogazowej** to amoniak powstający w wyniku termicznego rozkładu obecnych w węglu kamiennym związków organicznych zawierających azot. Amoniak wykorzystuje się głównie do produkcji siarczanu(VI) amonu będącego ważnym nawozem azotowym.

Smola węglowa to czarna ciecz stanowiąca mieszaninę kilku tysięcy związków organicznych. Przeważają w niej związki aromatyczne, takie jak benzen, toluen, ksyleny i dalsze homologi oraz naftalen i jego homologi, a także węglowodory o większej liczbie pierścieni, np. antracen i jego homologi. Do niedawna smola węglowa stanowiła jedyne źródło węglowodorów aromatycznych. Obecnie



Rys. 34. Smola węglowa to źródło WWA.

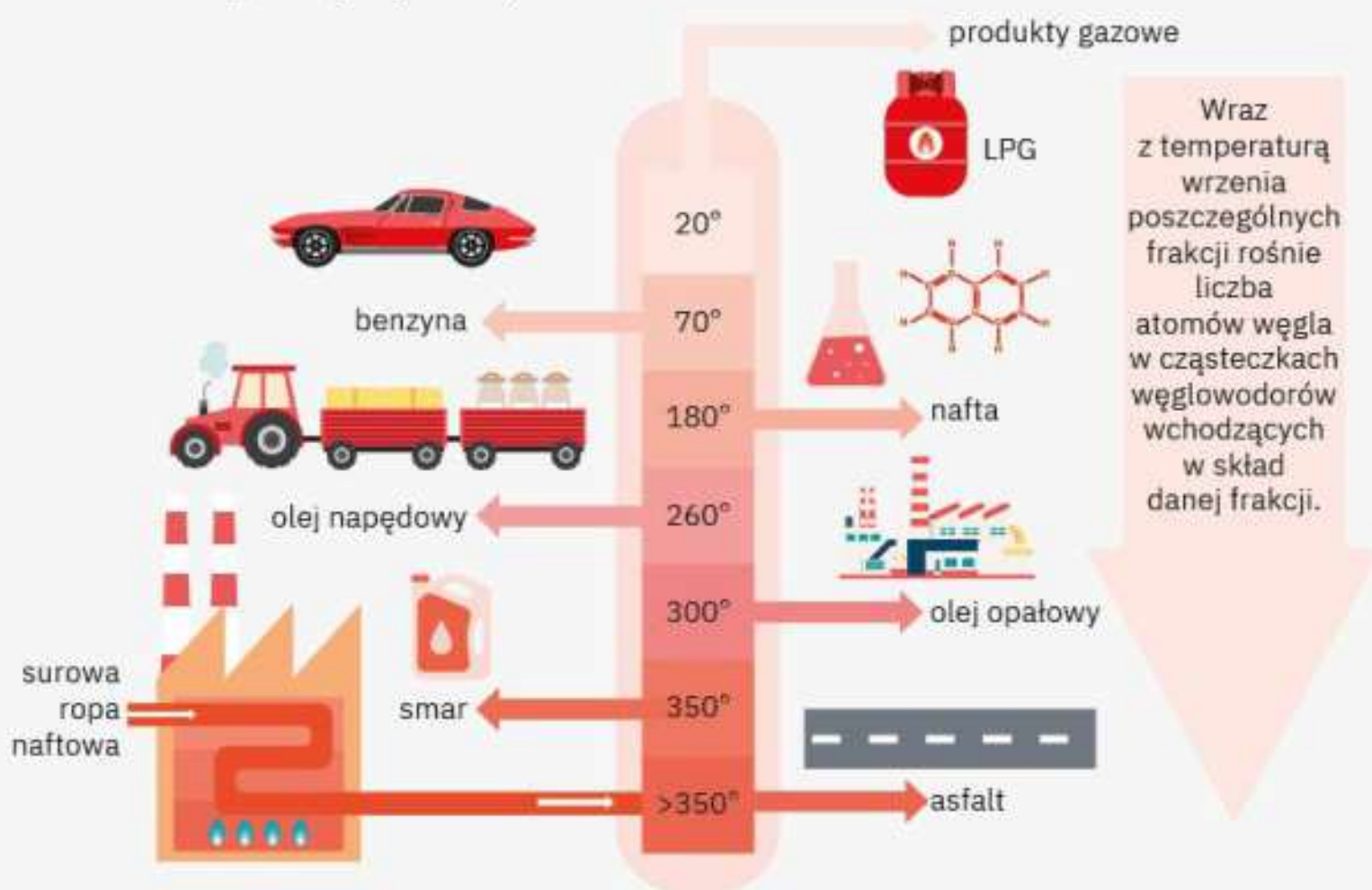
otrzymywane są one głównie przez destylację frakcyjną benzyny poddanej procesom reformingu (tzw. benzyny reformingowej). W związku z tym smola pogazowa ma szerokie zastosowanie w syntezie organicznej. Z wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) otrzymuje się np. barwniki, tworzywa syntetyczne oraz środki ochrony roślin.

PODSUMOWANIE LEKCJI



- Destylacja frakcyjna ropy naftowej to proces rozdzielu surowej ropy wykorzystujący różnice temperatur wrzenia poszczególnych frakcji.

s. 121



- Wraz z temperaturą wrzenia poszczególnych frakcji rośnie zawartość atomów węgla w cząsteczkach węglowodorów wchodzących w skład danej frakcji.

s. 122

Procesy zwiększające ilość benzyny i poprawiające jej jakość:

- Kraking – proces prowadzący do rozpadu długich łańcuchów węglowych cząsteczek węglowodorów pochodzących z wyżej wrzących frakcji na mniejsze fragmenty – krótsze łańcuchy węglowodorowe.
 - Kraking termiczny – proces rozpadu długich łańcuchów węglowych na krótsze, wymuszony działaniem wysokiej temperatury i wysokiego ciśnienia.
 - Kraking katalityczny – proces rozpadu długich łańcuchów węglowych na krótsze, wymuszony obecnością katalizatora.

s. 124

s. 124

s. 125

- s. 127 • Reforming – proces zachodzący w wyniku podwyższonej temperatury i w obecności katalizatorów, prowadzący do przekształcania węglowodorów łańcuchowych prostych w układy rozgałęzione (izomeryzacja), cykliczne (cyklizacja) i pierścienie aromatyczne (aromatyzacja), co prowadzi do zwiększenia liczby oktanowej mieszaniny węglowodorowej.
- s. 127 • Jakość benzyny również się zwiększa po dodaniu antydetonatorów (np. MTBE).
- s. 125 • Liczba oktanowa (LO) – liczbową miarą odporności benzyny na tzw. spalanie detonacyjne. Im wyższa LO, tym benzyna ma lepszą jakość. Substancje wzorcowe do oznaczania liczby oktanowej stanowią *n*-heptan oraz 2,2,4-trimetylopentan.

$$LO_{n\text{-heptanu}} = 0, \text{ a } LO_{2,2,4\text{-trimetylopentanu}} = 100$$



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wymień naturalne źródła związków węglowodorowych.
- Wskaż główne składniki gazu ziemnego oraz podaj jego przykładowe zastosowanie.
- Wymień główne frakcje destylacji ropy naftowej oraz podaj ich przykładowe zastosowanie.
- LPG zawiera głównie propan i butan, które w temperaturze pokojowej są gazami. Wyjaśnij, dlaczego zatem jest to paliwo ciekłe.
- Wyjaśnij pojęcia: kraking, kraking termiczny, kraking katalityczny, reforming, liczba oktanowa.
- Co oznaczają skróty WWA oraz LO?
- Podaj i krótko opisz metody zwiększania liczby oktanowej.
- Badając właściwości antydetonacyjne pewnej benzyny, stwierdzono, że są takie same jak mieszaniny składającej się w 15% z *n*-heptanu oraz w 85% z izooktanu. Jaką liczbą oktanową można opisać badaną benzynę?
- Z jakiego *n*-alkanu może powstać w procesie reformingu toluen? Nazwij chemiczną przemianę towarzyszącą takiemu przekształceniu.

10. Oceń prawdziwość poniższych zdań.

- a) Porównując tylko stan skupienia naturalnych źródeł węglowodorów, można stwierdzić, że gaz ziemny zawiera węglowodory o najkrótszych łańcuchach węglowych, a węgiel kamienny – węglowodory o najdłuższych łańcuchach węglowych.
- b) Wraz ze wzrostem temperatury wrzenia frakcji podczas destylacji frakcyjnej ropy naftowej rośnie liczba atomów węgla w związkach wchodzących w skład poszczególnych frakcji, a zatem także ich masa cząsteczkowa.
- c) Po zwiększeniu ilości węglowodorów łańcuchowych prostych względem węglowodorów rozgałęzionych zwiększa się liczba oktanowa mieszaniny węglowodorowej.
- d) Benzyna oznaczona jako 95 jest lepszej jakości niż ta oznaczona symbolem 98.
- e) Węglowodór wzorcowy 2,2,4-trimetylopentan to związek o najwyższej liczbie oktanowej równej 100.
- f) Reforming wiąże się z procesami izomeryzacji, cyklizacji oraz aromatyzacji.
- g) Spalanie koksu jest korzystniejsze dla środowiska niż spalanie węgla kamiennego.
- h) Ropę naftową oczyszcza się przez tzw. destylację suchą.
- i) Piroliza węgla kamiennego inaczej zwana koksowaniem zachodzi w bardzo wysokiej temperaturze bez dostępu powietrza.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

s. 48,
67, 83

- Węglowodory łańcuchowe i cykliczne:

ALKANY			ALKENY		ALKINY
<i>n</i> -alkany	alkany rozgałęzione	cykloalkany	<i>n</i> -alkeny	cykloalkeny oraz dieny*	<i>n</i> -alkiny
C_nH_{2n+2}			C_nH_{2n}	C_nH_{2n-2}	C_nH_{2n-2}

s. 48,
67, 83

- Szereg homologiczny węglowodorów łańcuchowych

ALKAN		ALKEN		ALKIN	
Cecha charakterystyczna struktury					
Wiązania pojedyncze		Wiązanie podwójne		Wiązanie potrójne	
Nazwa	Wzór sumaryczny	Nazwa	Wzór sumaryczny	Nazwa	Wzór sumaryczny
metan	CH ₄	-	-	-	-
etan	C ₂ H ₆	eten	C ₂ H ₄	etyn	C ₂ H ₂
propan	C ₃ H ₈	propen	C ₃ H ₆	propyn	C ₃ H ₄
butan	C ₄ H ₁₀	buten	C ₄ H ₈	butyn	C ₄ H ₆
pentan	C ₅ H ₁₂	penten	C ₅ H ₁₀	pentyn	C ₅ H ₈
heksan	C ₆ H ₁₄	heksen	C ₆ H ₁₂	heksyn	C ₆ H ₁₀
heptan	C ₇ H ₁₆	hepten	C ₇ H ₁₄	heptyn	C ₇ H ₁₂
oktan	C ₈ H ₁₈	okten	C ₈ H ₁₆	oktyn	C ₈ H ₁₄
nonan	C ₉ H ₂₀	nonen	C ₉ H ₁₈	nonyń	C ₉ H ₁₆
dekan	C ₁₀ H ₂₂	deken	C ₁₀ H ₂₀	dekyn	C ₁₀ H ₁₈
Przykład struktury CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃		Przykład struktury CH ₂ =CHCH ₂ CH ₂ CH ₃		Przykład struktury HC≡CCH ₂ CH ₂ CH ₃	
Właściwości fizyczne					
• Gęstość, temperatura wrzenia i topnienia rosną wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej homologów z danej rodziny węglowodorów (czyli wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczkach). • Nie rozpuszczają się praktycznie wcale lub słabo w rozpuszczalnikach polarnych, a rozpuszczają się w rozpuszczalnikach niepolarnych.					
Właściwości chemiczne					
• spalanie • substytucja rodnikowa		• spalanie • addycja • polimeryzacja		• spalanie • addycja • polimeryzacja	

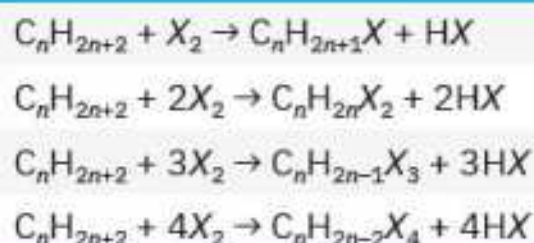
Reakcje charakterystyczne

- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> nie odbarwia wody bromowej (bez zapewnienia dodatkowych warunków reakcji np. $h\nu$) nie reaguje z manganianem(VII) potasu | <ul style="list-style-type: none"> odbarwia wodę bromową reaguje z manganianem(VII) potasu | <ul style="list-style-type: none"> odbarwia wodę bromową reaguje z manganianem(VII) potasu |
|--|--|--|

REAKCJE SPALANIA – reakcja charakterystyczna dla wszystkich związków organicznych

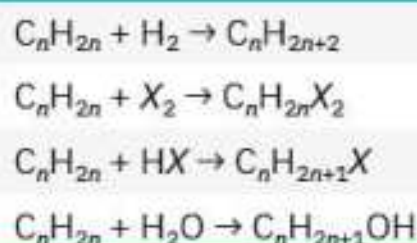
Rodzaj spalania	Ilość tlenu	Produkty spalania
spalanie całkowite	↑ ilość O_2	CO_2 i H_2O
półspalanie		CO i H_2O
spalanie niecałkowite		C + H_2O

- Substytucja rodnikowa alkanów:



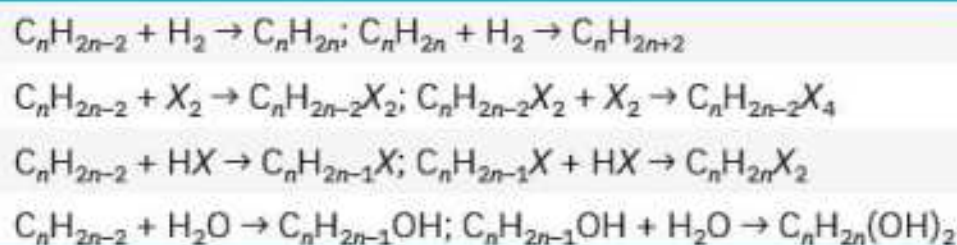
s. 61

- Addycja alkenów:



s. 74

- Addycja alkinów:



s. 89

- W reakcji addycji obowiązuje **reguła Markownikowa**. Ta reguła dotyczy produktów reakcji addycji elektrofilowej niesymetrycznych cząsteczek do niesymetrycznych alkenów i alkinów. Zgodnie z regułą Markownikowa produktem głównym jest związek powstający w wyniku addycji atomu wodoru do tego z atomów węgla połączonych wiązaniem podwójnym/potrójnym, przy którym jest więcej atomów wodoru.

s. 75

- Polimeryzacja** – proces łączenia się cząsteczek mających wiązanie podwójne (monomerów) w długie łańcuchy nazywane polimerami.

s. 77

- Mer** – powtarzający się cyklicznie fragment polimeru.

s. 77

s. 77

- **Monomer** – pojedyncza cząsteczka ulegająca reakcji polimeryzacji.

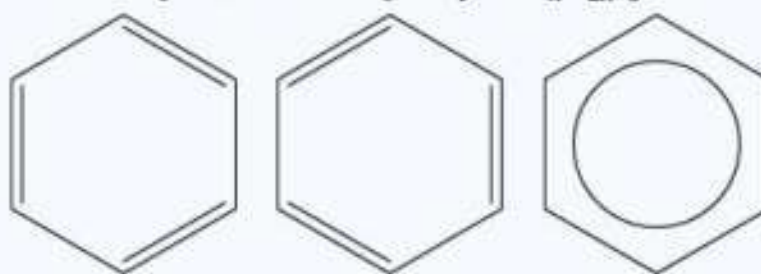
s. 96

- **Polikondensacja** – reakcja łączenia się monomerów w długie łańcuchy polimerowe, której cechą charakterystyczną jest powstawanie małych cząsteczkowych produktów ubocznych.

Tworzywa syntetyczne	
Termoplasty	Duroplasty
Budowa	
amorficzna (łańcuchy mało rozgałęzione nieusieciowane)	częściowo uporządkowana (łańcuchy usieciowane)
Powstają z polimerów uzyskanych	
w reakcji polimeryzacji oraz polikondensacji	wyłącznie w reakcji polikondensacji
Pod wpływem temperatury są	
elastyczne (plastyczne)	utwardzane (nieplastyczne)

s. 104

- **Benzen** – przedstawiciel związków aromatycznych C_nH_{2n-6} :



s. 105

- **Związki aromatyczne** – związki, których cząsteczki mają budowę cykliczną (pierścieniową) i zawierają wiązanie zdelokalizowane współdzielone przez wszystkie atomy tworzące pierścień.

s. 105

- **Wiązanie zdelokalizowane** – wiązanie utworzone z wykorzystaniem elektronów uwspólnianych przez więcej niż dwa atomy.

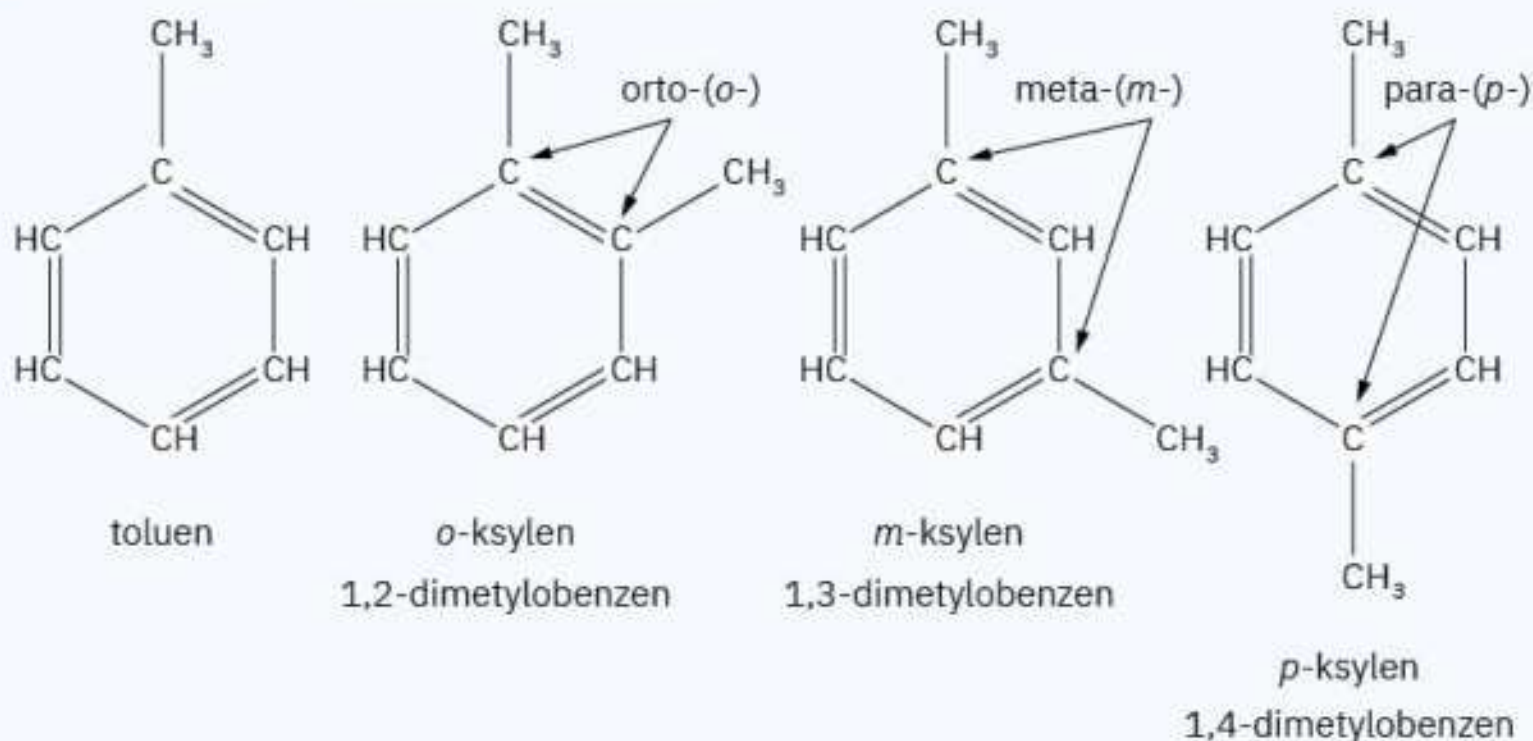
s. 107

- **Właściwości chemiczne związków aromatycznych:**

- reakcja spalania
- substytucja elektrofilowa ($Br_2/FeBr_3$; HNO_3/H_2SO_4).

s. 109

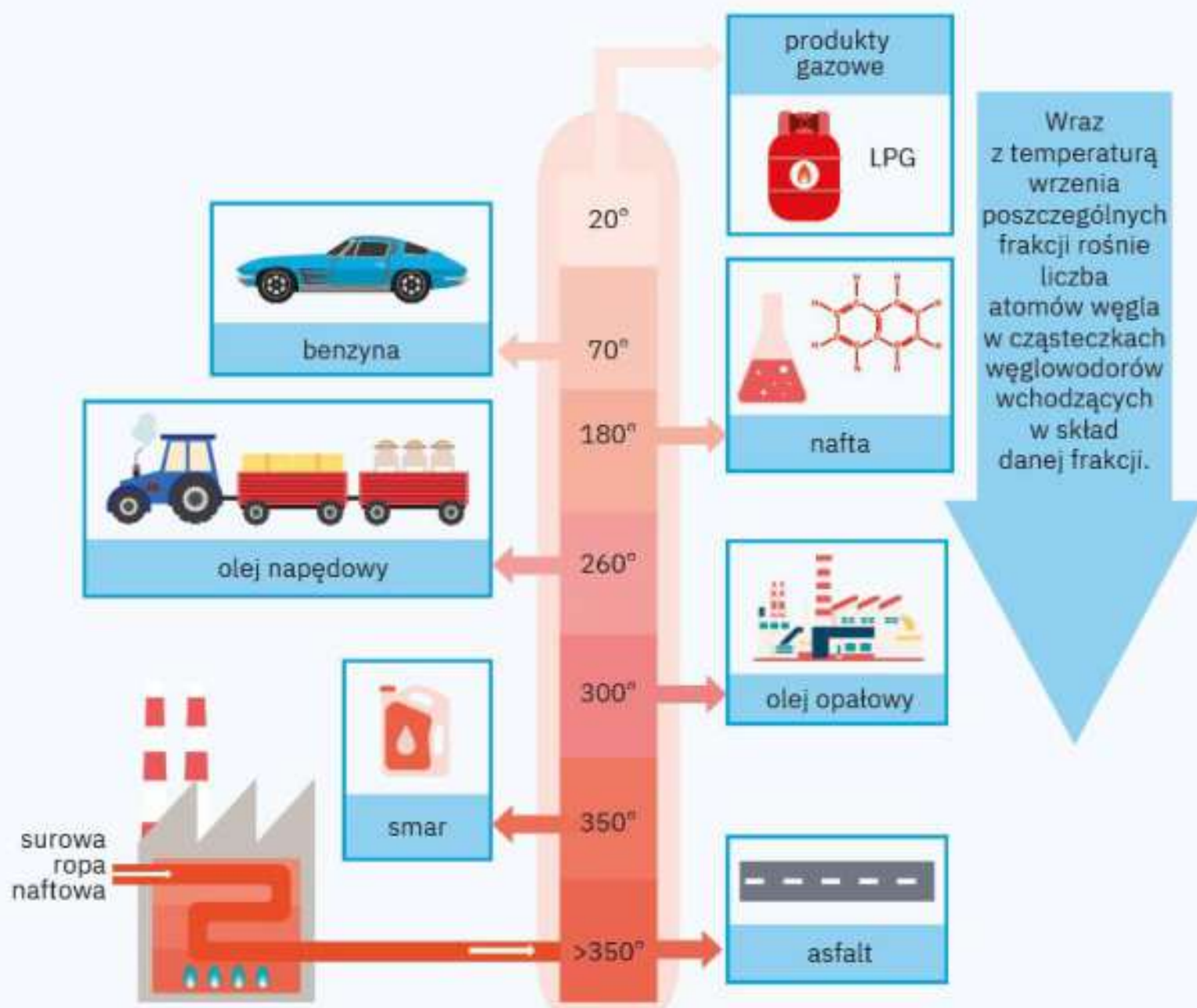
- Nazwy zwyczajowe homologów benzenu:





- Destylacja frakcyjna ropy naftowej to proces rozdziału surowej ropy wykorzystujący różnice temperatur wrzenia poszczególnych frakcji.

s. 121





- s. 125
- **Liczba oktanowa (LO)** – liczbową miarą odporności benzyny na tzw. spalanie detonacyjne. Im wyższa LO, tym lepsza jakość benzyny.

- s. 125
- Substancjami wzorcowymi do oznaczania liczby oktanowej są *n*-heptan oraz 2,2,4-trimetylopentan.
- $LO_{n\text{-heptanu}} = 0$, a $LO_{2,2,4\text{-trimetylopentanu}} = 100$



SPRAWDŹ, CZY UMIESZ!

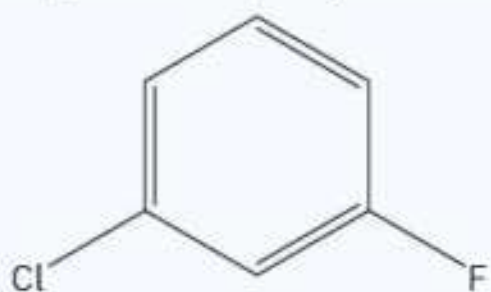
1. Przerysuj tabelę do zeszytu i uzupełnij ją poniższymi związkami.

C_2H_6 , C_6H_6 , C_5H_8 , C_4H_6 , $C_{12}H_{24}$, toluen, dekan, $CH_3(CH_2)_7CH_3$, $CH_2=CH_2$,
m-ksylen, acetylen, but-3-yn

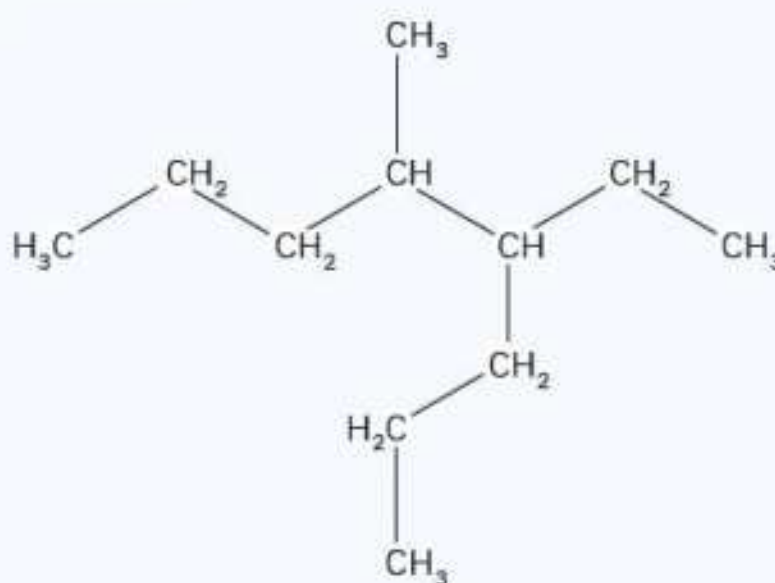
ALKAN	ALKEN	ALKIN	WĘGLOWODÓR AROMATYCZNY

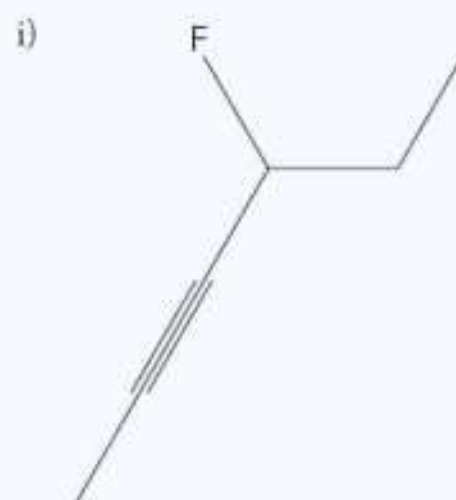
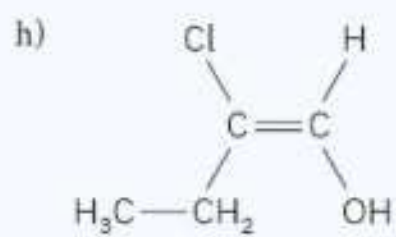
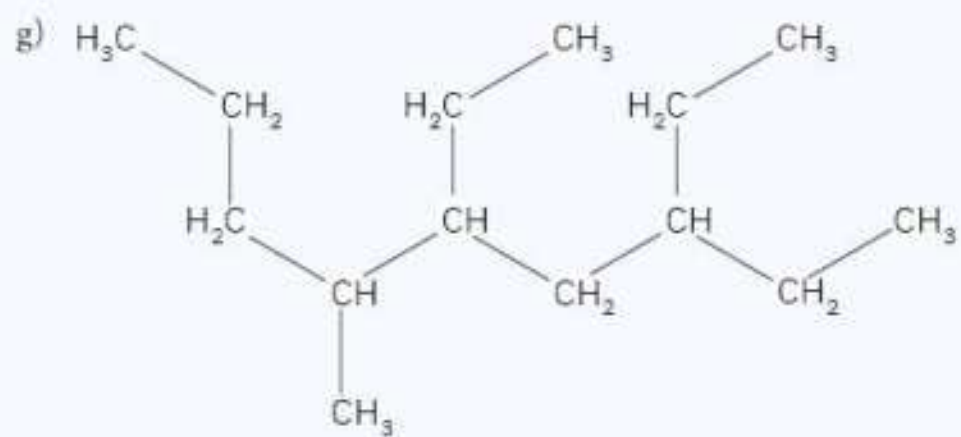
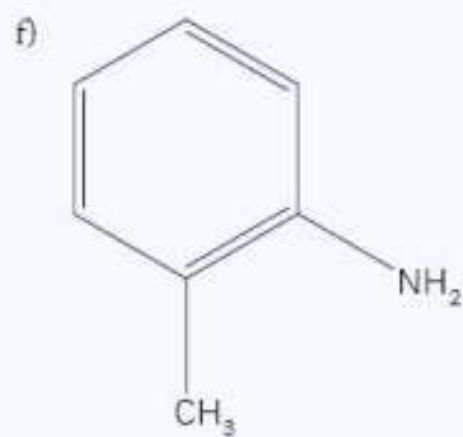
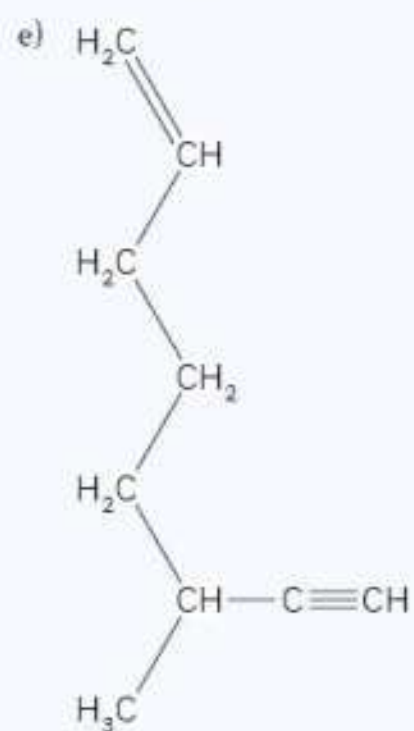
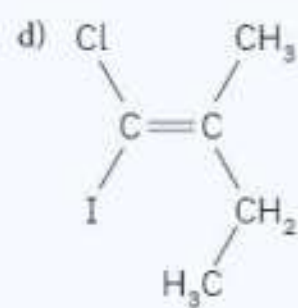
2. Napisz w zeszycie uproszczone wzory strukturalne związków o podanych nazwach systematycznych.
- heksan
 - 2-chlorobutan
 - 3-jodoheptan
 - dek-2-yn
 - okt-3-en
3. Dla poniższych związków podaj wzór strukturalny jednego wybranego homologu oraz jednego wybranego izomeru.
- 2-bromobutan
 - pent-1-en
 - 1,4-dibromopentan
 - okt-2-yn
4. Nazwij poniższe związki zgodnie z zaleceniami IUPAC.

a)

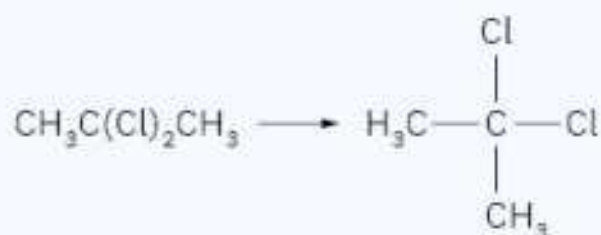


b)





5. Podaj nazwy zwyczajowe podanych związków.
- metylobenzen
 - etyn
 - 1,2-dimetylobenzen
 - 1,3-dimetylobenzen
 - 1,4-dimetylobenzen
6. Ustal, ile różnych produktów monochlorowania można otrzymać z podanych alkanów.
- 2-metylopropan
 - 2,2-dimetylobutan
7. Uzupełnij równania podanych reakcji o brakujące reagenty i dobierz współczynniki stechiometryczne.
- $\text{CH}_3\text{-CH}_3 + \dots \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + \dots$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \dots \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \dots$
 - $\text{CH}_4 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \dots + \dots$
 - $3 \dots \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$
 - $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$
 - $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow \dots$
 - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \dots$
 - $\dots + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{C}(\text{Cl})_2\text{CH}_3$
 - $\text{C}_6\text{H}_6 + \dots \rightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \dots \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$



8. Przerysuj tabelę do zeszytu i wpisz do niej cechy charakterystyczne dla danej grupy związków.

ALKANY	ALKENY	ALKINY	WĘGLOWODORY AROMATYCZNE

- Są opisane wzorem ogólnym $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.
- Ulegają reakcjom halogenowania tylko w obecności światła.
- Mogą ulegać reakcji addycji w dwóch etapach.
- Ulegają reakcjom spalania.
- Odbarwiają wodę bromową.
- Ulegają reakcjom polimeryzacji.
- Ulegają reakcjom substytucji elektrofilowej.
- Tworzą halogenopochodne w obecności katalizatora.
- Mają budowę tetraedyczną.
- Mogą występować w postaci izomerów geometrycznych.
- Mają wiązanie zdelokalizowane.
- Są węglowodorami nasyconymi.

9. Na podstawie modelu kulkowego meru polimeru (polistyrenu) ustal wzór jego monomeru. Wzór strukturalny monomeru zapisz w zeszytcie.



10. Wyjaśnij pojęcia: homolog, izomer, wiązanie wielokrotne, wiązanie zdelokalizowane, związki aromatyczne, reguła Markownikowa, depolimeryzacja, polikondensacja, polimeryzacja, destylacja frakcyjna, kraking, reforming, liczba oktanowa, piroliza.
11. Przepisz poniższe zdania do zeszytu i uzupełnij.
- 1) Acetylen można otrzymać w reakcji karbidu z
 - 2) Benzen ... z wodą bromową i manganianem(VII) potasu.
 - 3) Polietylen ulega depolimeryzacji, której produktem jest
 - 4) Trimeryzacja to reakcja otrzymywania ... z acetylenu.
 - 5) Alkiny mają ... wiązania typu π .
 - 6) Głównym składnikiem gazu ziemnego jest
 - 7) Reforming wiąże się z procesami ... , ... i
 - 8) Rozgałęzione, cykliczne oraz aromatyczne węglowodory mają ... LO od węglowodorów łańcuchowych liniowych.
 - 9) W reakcji polikondensacji produktem ubocznym jest
 - 10) Określenie *orto*- oznacza, że podstawniki znajdują się w pozycjach
 - 11) Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oznaczają się skrótem
 - 12) Najniżej wrząca frakcja otrzymana podczas destylacji frakcyjnej ropy naftowej zawiera węglowodory o ... liczbie atomów węgla w cząsteczkach.
 - 13) Liczba oktanowa 2,2,4-trimetylopentaun (izooktanu) wynosi ... , a *n*-heptanu
 - 14) Głównymi produktami procesu koksowania węgla kamiennego są: ... , ... oraz ... i
 - 15) Węglowodory są słabo rozpuszczalne w rozpuszczalnikach ... , natomiast dobrze rozpuszczają się w rozpuszczalnikach

III. Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

- ▶ Alkohole alifatyczne i cykliczne
- ▶ Alkohole aromatyczne – fenole
- ▶ Aldehydy – związki karbonylowe
- ▶ Ketony – związki karbonylowe
- ▶ Kwasy karboksylowe
- ▶ Wyższe kwasy karboksylowe.
- ▶ Właściwości kwasów karboksylowych – doświadczenia
- ▶ Estry
- ▶ Tłuszcze ciekłe i stałe
- ▶ Usuwanie brudu
- ▶ Aminy

1. Alkohole alifatyczne i cykliczne

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak dzieli się alkohole;
- jak nazywa się alkohole;
- jakimi właściwościami fizycznymi charakteryzują się alkohole;
- jakim reakcjom ulegają alkohole;
- jak otrzymuje się alkohole;
- do czego są stosowane alkohole.

Węglowodory to związki składające się z atomów węgla oraz wodoru. Związki zawierające dodatkowo atom lub atomy fluorowców to fluoropochodne (halogenki) – najprostsze jednofunkcyjne pochodne węglowodorów. Kolejnym pierwiastkiem często występującym w związkach organicznych jest tlen. Wchodzi on m.in. w skład grupy hydroksylowej –OH, która stanowi grupę funkcyjną alkoholi.

1.1. Podział i nazewnictwo

Alkohole to pochodne węglowodorów, zbudowane z cząsteczek, w których jeden lub kilka atomów wodoru zastąpiono grupami hydroksylowymi. Alkohole zawierające jedną grupę hydroksylową nazywa się jednohydroksylowymi (**monohydroksylowymi**), a te zawierające dwie grupy hydroksylowe – dwuhydroksylowymi (**dihydroksylowymi**) itd. Po zastąpieniu jednego atomu wodoru lub kilku atomów wodoru w cząsteczkach łańcuchowych alkanów, alkenów czy alkinów może powstać wiele różnych cząsteczek **alkoholi alifatycznych**. Natomiast taka zmiana w cząsteczkach cyklicznych węglowodorów prowadzi do powstania **alkoholi cyklicznych**.

alkohole

Alkohole – pochodne węglowodorów, zbudowane z cząsteczek, w których jeden atom wodoru lub kilka atomów wodoru zastąpiono grupami hydroksylowymi.

Alkohole tworzą szereg homologiczny, na którego początku znajduje się najprostszy alkohol – metanol o wzorze CH_3OH . Kolejny jest powszechnie znany – etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (rys. 1). Wzór ogólny alkoholi monohydroksylowych ma postać:

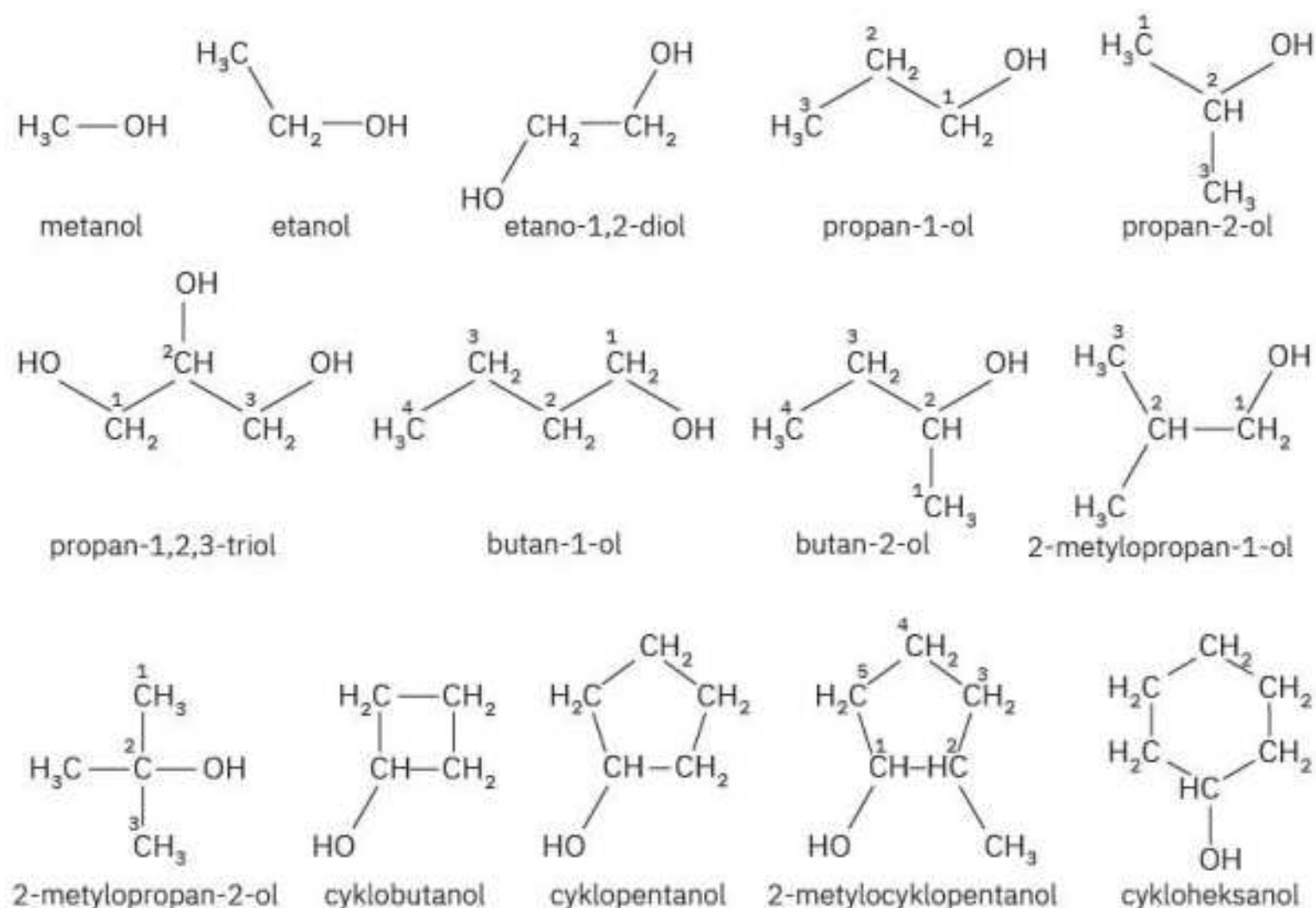


n – liczba atomów węgla w cząsteczce



Rys. 1. Modele kulkowe metanolu oraz etanolu.

Nazwy alkoholi tworzy się na podstawie nazw węglowodorów zawierających tę samą liczbę atomów węgla w łańcuchu głównym. Należy dodać charakterystyczną dla alkoholi końcówkę **-ol**. Podaje się także miejsce występowania grupy hydroksylowej i ewentualnych podstawników oraz ich liczbę – jak w przypadku tworzenia nazw węglowodorów i ich fluorowcopochodnych.

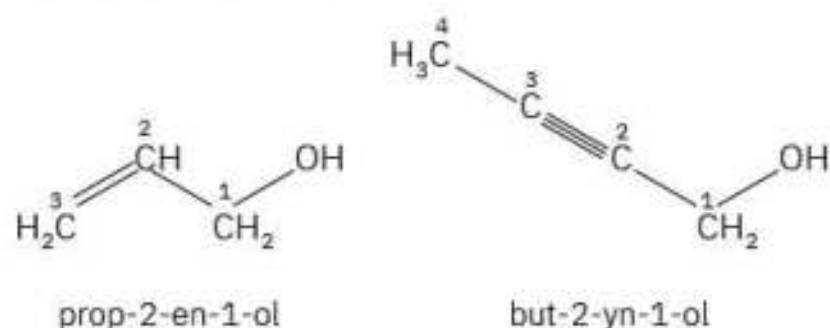


Rys. 2. Przykłady nazw alkoholi alifatycznych i cyklicznych.

Ćwiczenie

1. Spośród powyższych przykładów alkoholi wybierz te, które tworzą szeregi homologiczne (a) oraz stwórz dwie grupy alkoholi będących izomerami (b). Nazwy tych związków w odpowiednich podpunktach (a oraz b) zapisz w zeszycie.

Należy zwrócić uwagę, że grupa hydroksylowa ma wyższy priorytet niż grupy alkilowe oraz niż wiązanie nienasycone między atomami węgla. Zatem w przypadku alkoholi nasyconych lub alkoholi nienasyconych łańcuch główny numeruje się tak, by lokant grupy hydroksylowej miał niższą wartość.



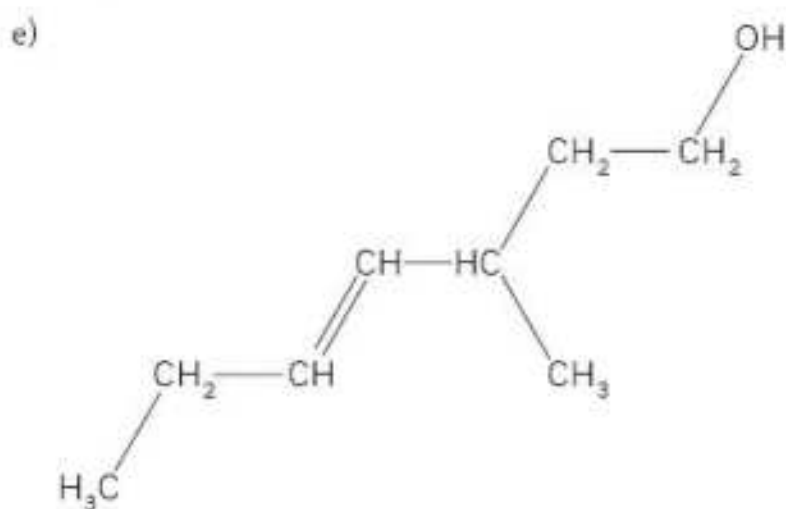
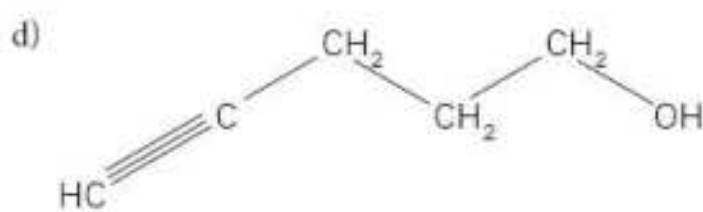
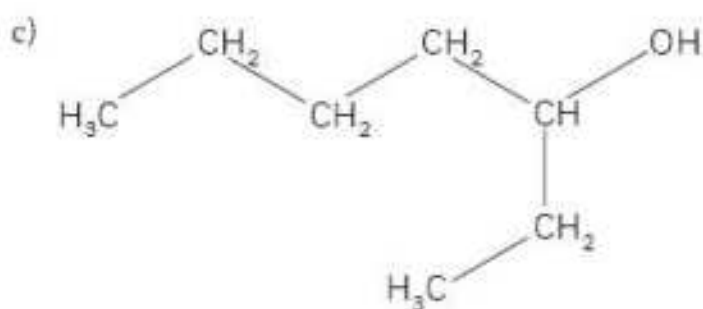
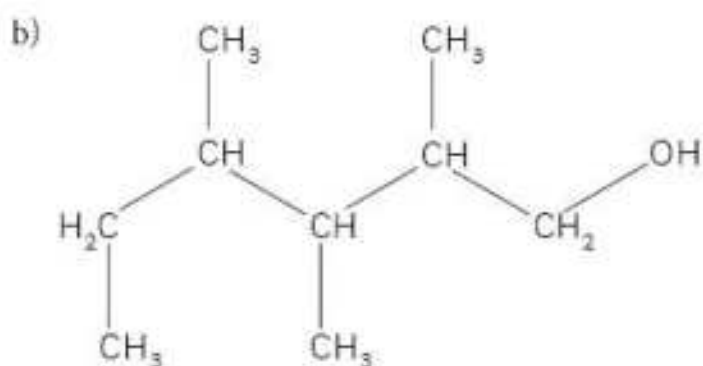
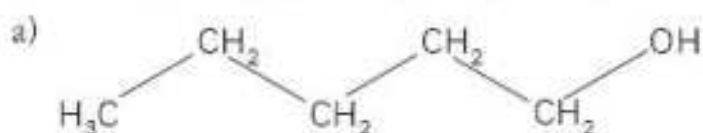
Rys. 3. Przykłady nazw alkoholi nienasyconych.

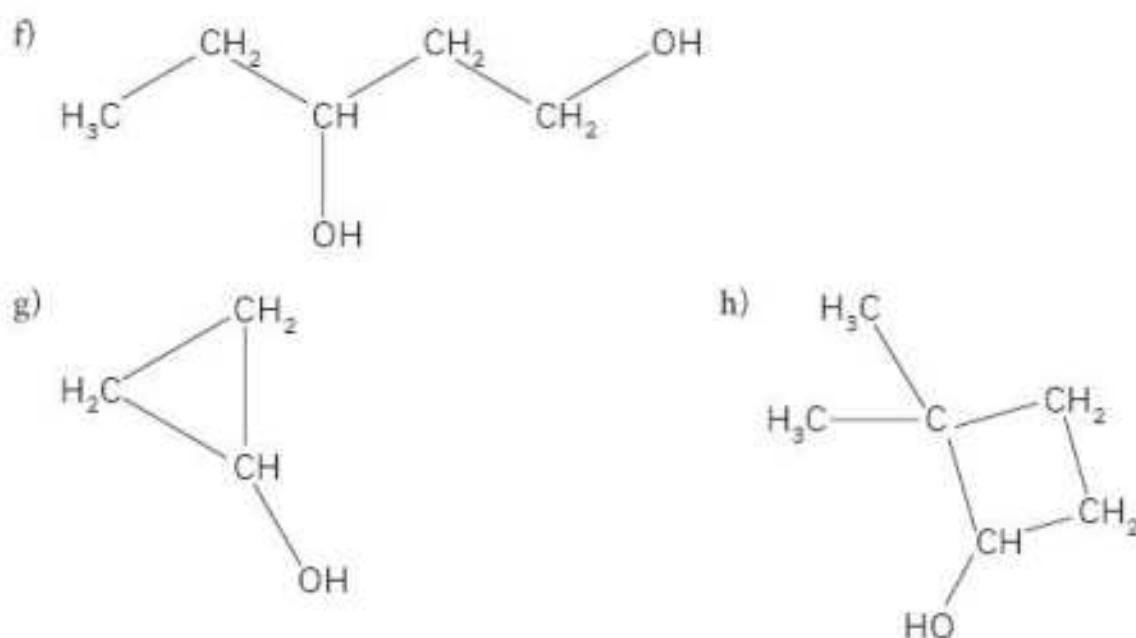


W starszych podręcznikach spotka się także nazwy, w których lokant znajduje się na początku nazwy, np.: 1-propanol, 2-propanol. Jednak zgodnie z aktualnymi zaleceniami IUPAC lokant podaje się bezpośrednio przed końcówką wskazującą na rodzaj grupy funkcyjnej, której ten lokant dotyczy. Poza nazwami systematycznymi stosuje się także nazwy zwyczajowe. Tworzy się je, dodając do słowa „alkohol” przymiotnik pochodzący od nazwy grupy alkilowej, np. metanol to alkohol metylowy, a etanol to alkohol etylowy.

Ćwiczenia

2. Podaj nazwy systematyczne poniższych alkoholi.





3. Narysuj w zeszycie wzory szkieletowe poniższych związków.

- but-3-yn-1-ol
- cykloheksanol
- 2-metyloprop-2-en-1-ol
- pentan-1-ol
- 1-metylocyklopentan-1-ol
- 3-bromo-4-metylopentan-1-ol
- alkohol butylowy

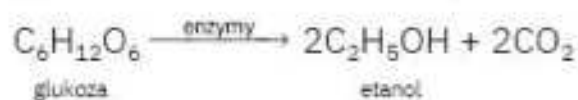
1.2. Otrzymywanie alkoholi monohydroksylowych

Najprostszy alkohol – metanol – otrzymuje się z gazu syntezowego, czyli mieszaniny tlenku węgla(II) i wodoru. Reakcja ta zachodzi w temperaturze 300°C, pod ciśnieniem 20 MPa i w obecności katalizatora (mieszanina ZnO/Cr₂O₃):



Metanol powstaje także w wyniku suchej destylacji drewna, dlatego też czasem jest nazywany spirytusem drzewnym.

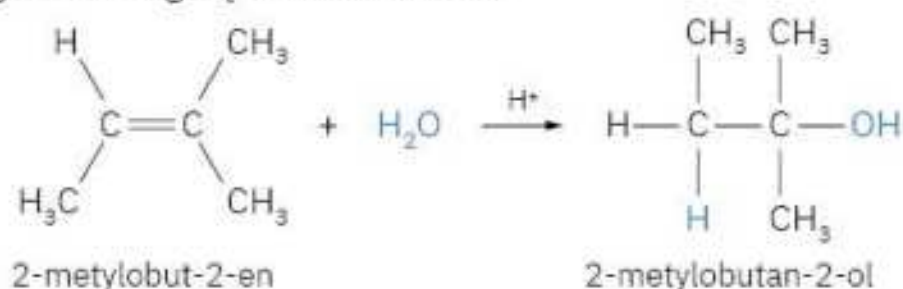
Etanol z kolei uzyskuje się przez fermentację alkoholową cukrów (sacharydów) zawartych w bulwach, nasionach lub owocach. Fermentacja jest biokatalizowana, czyli zachodzi pod wpływem enzymów wytwarzanych np. przez drożdże. Proces fermentacji ma złożony przebieg. Prowadzi do otrzymania roztworu etanolu o stężeniu 15–18%. Powstały etanol zawiera zanieczyszczenia – produkty uboczne fermentacji. Ogólne równanie fermentacji alkoholowej ma postać:



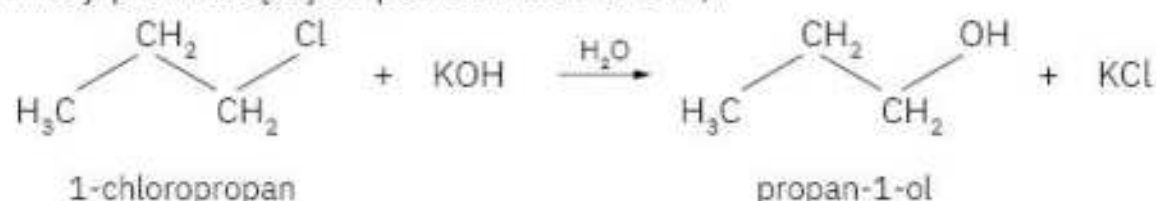
Tak otrzymany etanol oczyszcza się przez wielokrotną destylację, nazywaną rektyfikacją. Otrzymuje się w jej wyniku roztwór wodny etanolu o stężeniu 96%.

Ponadto alkohole monohydroksylowe są produktami:

- omawianej wcześniej reakcji addycji wody do alkenów (rozdz. II.2.6.) zachodzącej zgodnie z regułą Markownikowa:



- reakcji fluorowcoalkanów z mocnymi zasadami zachodzącej w środowisku wodnym (to reakcja substytucji nukleofilowej, konkurencyjna dla reakcji eliminacji prowadzącej do powstania alkenów⁴):



Ćwiczenia

- Zapisz w zeszycie równania podanych reakcji. Nazwij powstałe alkohole.
 - addycja wody do etenu
 - addycja wody do 3-metyloheks-3-enu
 - reakcja substytucji anionu wodorotlenkowego pochodzącego z mocnej zasady do 2-chloropropanu, zachodząca w środowisku wodnym (czyli w obecności wody)
- Napisz w zeszycie wzory półstrukturalne substratów, które w wyniku reakcji addycji cząsteczki wody doprowadziły do powstania podanych związków.
 - propan-1-ol
 - 1-metylopentan-1-ol
 - 3-etyloheptan-3-ol

1.3. Właściwości fizyczne

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczne alkoholi

Nazwa	Uproszczony wzór półstrukturalny	$T_{\text{topnienia}}$ [°C]	T_{wrzenia} [°C]	Gęstość [g · cm ⁻³]	Rozpuszczalność w wodzie [g/100 g H ₂ O]
metanol	CH ₃ OH	-97	65	0,792	∞
etanol	CH ₃ CH ₂ OH	-114	78	0,789	∞
propan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₂ OH	-126	97	0,804	∞

⁴ Reakcja substytucji nukleofilowej (prowadząca np. do otrzymania alkoholi z fluorowcoalkanów) często konkuruje z reakcją eliminacji (prowadzącą np. do otrzymania alkenów z fluorowcoalkanów). Z reguły zachodzą one jednocześnie. Manipulując warunkami reakcji, można ograniczać przebieg reakcji konkurencyjnej. Podwyższona temperatura reakcji oraz użycie mocniejszej zasady sprzyjają reakcji eliminacji, a niższa temperatura oraz słabsza zasada sprzyjają reakcji substytucji.

Nazwa	Uproszczony wzór półstrukturalny	$T_{\text{topnienia}}$ [°C]	T_{wrzenia} [°C]	Gęstość [g · cm ⁻³]	Rozpuszczalność w wodzie [g/100 g H ₂ O]
butan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	-80	118	0,810	7,9
pentan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₄ OH	-79	137	0,814	2,4
heksan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₅ OH	-52	157	0,821	0,6
heptan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₆ OH	-34	176	0,822	0,1
oktan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₇ OH	-17	194	0,825	0,05
nonan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₈ OH	-5	215	0,827	praktycznie nierozp.
dekan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₉ OH	7	230	0,829	praktycznie nierozp.

Porównując właściwości fizyczne alkoholi (tab. 1), można zauważyć opisaną już tendencję wzrostu temperatury topnienia i wrzenia oraz gęstości wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowego. Metanol, etanol i propanol rozpuszczają się w wodzie praktycznie bez żadnych ograniczeń. Butan-1-ol i pentan-1-ol rozpuszczają się w wodzie słabo. Rozpuszczalność maleje dla wyższych homologów alkoholi. Odmienne przedstawia się rozpuszczalność w rozpuszczalnikach niepolarnych. Rozpuszczalność w heksanie rośnie wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowego w alkoholach. Wiąże się to z ogólną regułą rozpuszczalności, zgodnie z którą dobrą wzajemną rozpuszczalność wykazują związki o podobnej budowie cząsteczek. Wkład polarnej grupy hydroksylowej w polarny charakter całej cząsteczki jest zdecydowanie większy w alkoholach zawierających krótszy łańcuch węglowy. W przypadku alkoholi zawierających niepolarny, długi łańcuch węglowy to on przeważa nad stosunkowo niewielką polarną grupą hydroksylową i nadaje niepolarny charakter całej cząsteczce.

Alkohole mają wyższą gęstość oraz wyższe temperatury wrzenia niż węglowodory czy halogenopochodne węglowodorów zawierające tyle samo atomów węgla w cząsteczce. Zestawienie tych wielkości dla wybranych przedstawicieli tych grup podano w tabeli 2.

Tab. 2. Wybrane właściwości metanu, chlorometanu oraz metanolu

Nazwa	Wzór	Masa molowa [g · mol ⁻¹]	Gęstość [g · dm ⁻³]	Stan skupienia	T_{wrzenia} [°C]	Rozpuszczalność w wodzie [g/100 g H ₂ O]
metan	CH ₄	16	0,657	gaz	-162	0,03
chlorometan	CH ₃ Cl	50,5	2,22	gaz	-24	0,92
metanol	CH ₃ OH	32	792	ciecz	65	∞

Mniejsza gęstość oraz gazowy stan skupienia metanu wynikają z jego mniejszej niż w przypadku metanolu masy molowej. Metan bardzo słabo rozpuszcza się w wodzie – ma on charakter niepolarny. Na podstawie budowy chlorometanu oraz metanolu można byłoby się spodziewać bardziej zbliżonych właściwości

fizycznych. Jednak w cząsteczce metanolu ze względu na nieco większą elektroujemność tlenu względem chloru wiązanie C-O jest silniej spolaryzowane niż C-Cl. Zatem cząsteczka metanolu jest bardziej polarna i jest dipolem. Dodatkowo dzięki obecności wodoru połączanego z atomem tlenu mogą utworzyć się wiązania wodorowe między cząsteczkami alkoholu (co stanowi wyjaśnienie stanu skupienia alkoholi i zróżnicowanej wartości ich gęstości czy temperatury wrzenia) oraz między cząsteczkami alkoholu a wodą (co świadczy o rozpuszczalności alkoholi w wodzie).

Uwaga!

Metanol oraz etanol to substancje toksyczne. Silniejszą trucizną jest alkohol metylowy, głównie ze względu na niebezpieczne metabolity powstające po jego spożyciu (aldehyd metanowy oraz kwas metanowy). Już dawka 8–10 g może spowodować ślepotę, a 12–20 g – nawet śmierć. Etanol zalicza się do szybko wchłaniających się substancji psychoaktywnych. Etanol jest usuwany z organizmu dosyć szybko, głównie w reakcjach enzymatycznych, które zachodzą w komórkach wątrobowych. Jednak spożycie w krótkim czasie 150–250 g etanolu, w zależności od masy ciała, uwarunkowań genetycznych lub innych czynników chorobowych, może doprowadzić do śmierci.

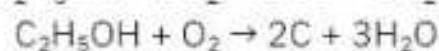
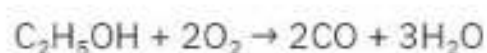
1.4. Właściwości chemiczne alkoholi

• Reakcja spalania

Przy nieograniczonym dostępie tlenu alkohole ulegają spalaniu całkowitemu:

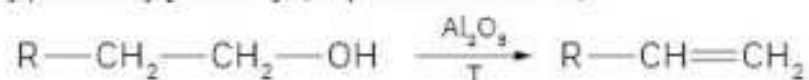


W warunkach ograniczających ilość tlenu zachodzi półspalanie lub spalanie niecałkowite:



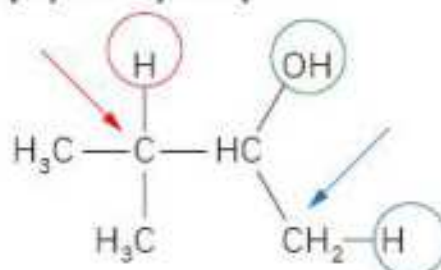
• Reakcja eliminacji wody

Alkohole ulegają znanej już reakcji eliminacji cząsteczki wody (odwodnienia), w wyniku której powstają alkeny (II podrozdz. 2.2.).

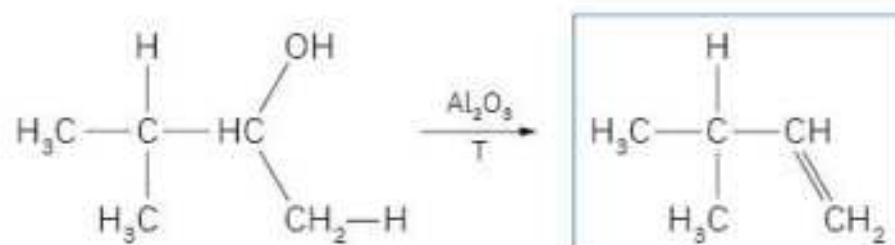
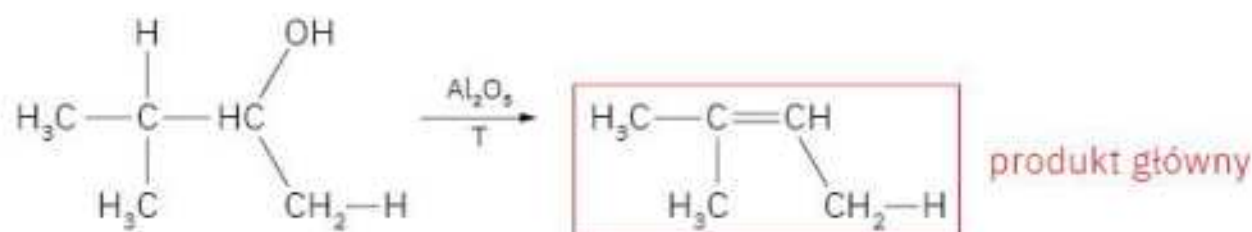


***Uwaga!**

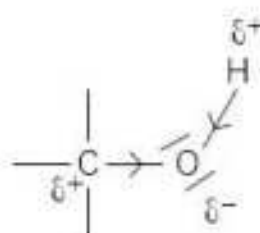
Jeśli grupa hydroksylowa nie jest połączona ze skrajnym atomem węgla, atom wodoru może ulec odsczczeniu z dwóch atomów węgla sąsiadujących z węglem podstawionym grupą hydroksylową:



Produktem głównym takiej reakcji jest zawsze alken mający więcej podstawników przy atomach węgla połączonych wiązaniem podwójnym:



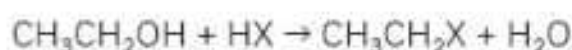
Decydujący wpływ na pozostałe właściwości chemiczne alkoholi ma obecność polarnej grupy hydroksylowej. Ze względu na różnicę elektroujemności między węglem i tlenem oraz wodorem i tlenem zarówno wiązanie C-O, jak i O-H jest spolaryzowane:



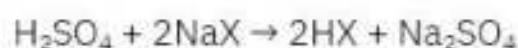
W reakcjach, jakim ulegają alkohole, rozerwaniu może ulec wiązanie C-O lub O-H.

• Reakcja substytucji

Alkohole reagują z fluorowcowodorami (HCl, HBr, HI), ulegając substytucji nukleofilowej. W jej wyniku zostaje zastąpiona grupa hydroksylowa. Produktem tej reakcji jest odpowiednia halogenopochodna:

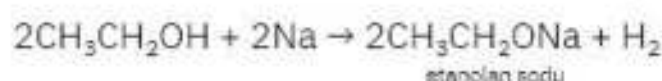


W reakcji tej reagent HX najczęściej powstaje podczas reakcji, w której stosuje się jako substraty kwas siarkowy(VI) oraz sól NaX (NaCl, NaBr, NaI):

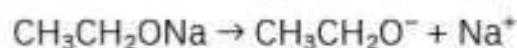


• Reakcja z sodem

Etanol reaguje z sodem oraz innymi aktywnymi metalami. W wyniku tej reakcji powstaje związek o charakterze soli (alkoholan) oraz zostaje wyparty wodór:



Wypieranie wodoru z alkoholu zachodzi podobnie jak wypieranie wodoru z wody czy kwasów i wskazuje na charakter kwasowy alkoholi. Alkohole mają jednak odczyn obojętny i nie ulegają dysocjacji elektrolitycznej, zatem nie przewodzą prądu. Metanol i etanol mają kwasowość porównywalną do kwasowości wody, a pozostałe alkohole są znacznie słabszymi kwasami. Alkoholany to natomiast mocne elektrolity, więc ulegają dysocjacji elektrolitycznej:



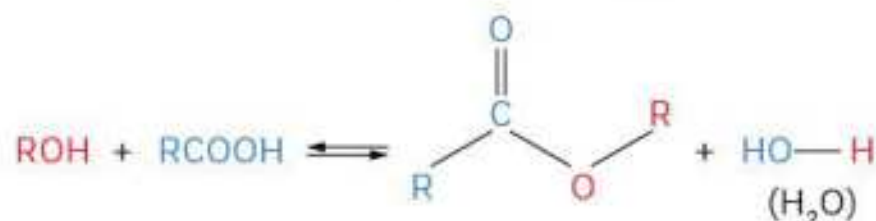
Etanolan to związek pochodzący od słabego kwasu i mocnej zasady, zatem ulega on hydrolizie, a jego roztwór wodny ma odczyn zasadowy:



Alkoholany tworzą się także w reakcji alkoholi zawierających większą liczbę atomów węgla w cząsteczce (tzw. wyższych alkoholi) z sodem. Jednak szybkość tej reakcji spada w miarę wzrostu liczby atomów węgla w cząsteczkach alkoholu.

• Reakcja estryfikacji

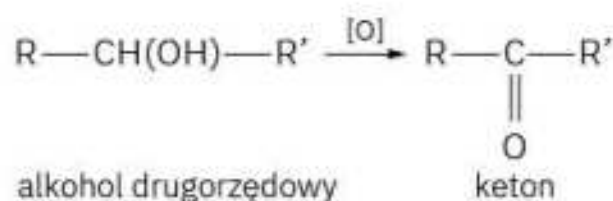
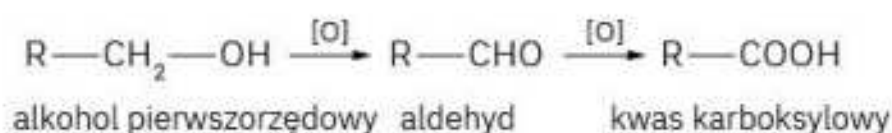
Alkohole reagują także z innymi związkami organicznymi. W reakcji z kwasami karboksylowymi (patrz rozdz. III.5.) powstają estry (patrz rozdz. III.7.):



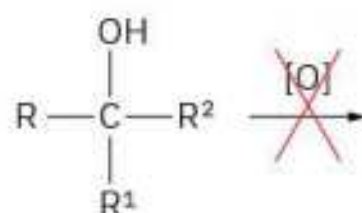
Reakcja ta przebiega zarówno w środowisku kwasowym, jak i zasadowym. Reakcja estryfikacji szerzej zostanie omówiona w dalszej części podręcznika.

• Reakcja utleniania

W obecności utleniaczy alkohole ulegają utlenieniu. W zależności od rzędowości alkoholu w wyniku utlenienia powstaje inny produkt. **Alkohole pierwszorzędowe** (grupa hydroksylowa jest w nich połączona z pierwszorzędowym atomem węgla) to metanol oraz inne alkohole, w których grupa hydroksylowa jest połączona z grupą CH_2 lub inaczej – jest połączona z atomem węgla związanym tylko z jednym atomem węgla. Alkohole pierwszorzędowe utleniają się do aldehydów, które z kolei łatwo utleniają się do kwasów karboksylowych. **Alkohole drugorzędowe** (grupa hydroksylowa jest w nich połączona z drugorzędowym atomem węgla) to alkohole, w których grupa hydroksylowa jest połączona z grupą CH lub inaczej – jest połączona z atomem węgla związanym z dwoma innymi atomami węgla. Alkohole drugorzędowe utleniają się do ketonów. Obecność utleniacza zaznacza się symbolicznie $[\text{O}]$:



Alkohole trzeciorzędowe (grupa hydroksylowa jest w nich połączona z trzeciorzędowym węglem) to alkohole, w których grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla związanym z trzema atomami węgla (rys. 4). Takie alkohole nie ulegają reakcji utlenienia.



Alkohol pierwszorzędowy – alkohol, w którym grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla związanym tylko z jednym atomem węgla.

alkohol
pierzszorzędowy

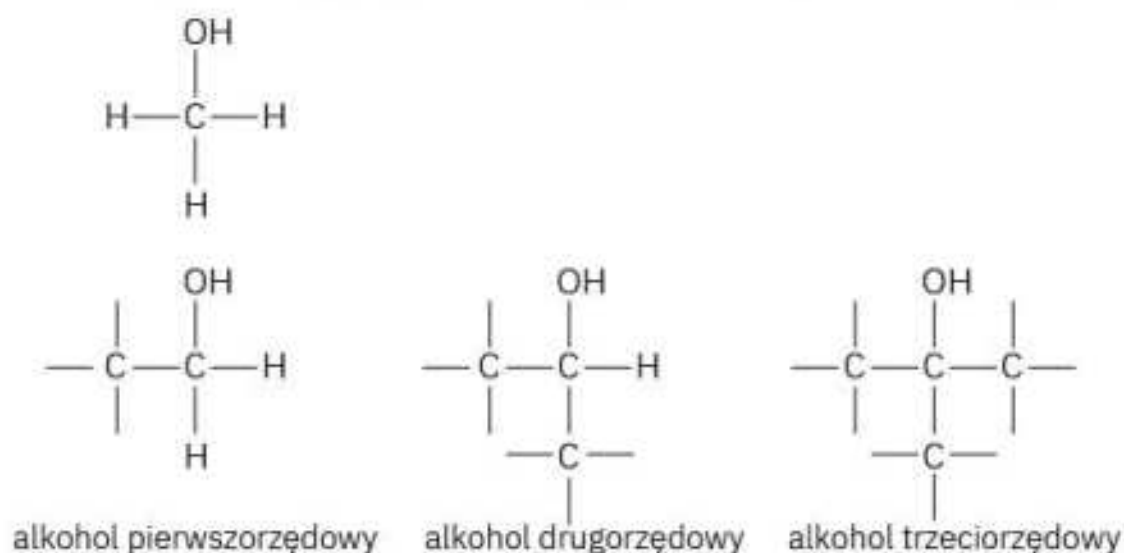
Alkohol drugorzędowy – alkohol, w którym grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla związanym z dwoma atomami węgla.

alkohol
drugorzędowy

Alkohol trzeciorzędowy – alkohol, w którym grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla związanym z trzema atomami węgla.

alkohol
trzeciorzędowy

Przykładami utleniaczy stosowanymi w reakcjach utleniania alkoholi są dichromian(VI) potasu ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) oraz manganian(VII) potasu (KMnO_4).



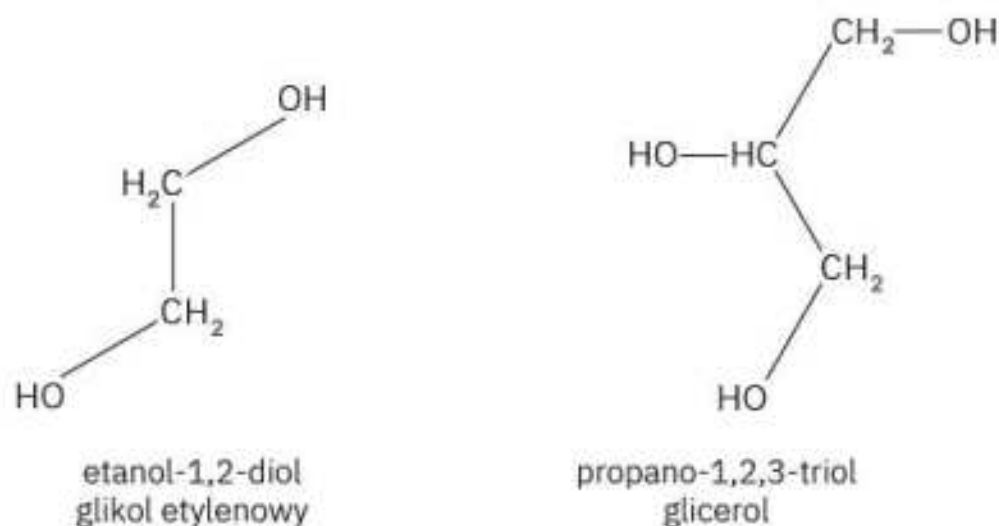
Rys. 4. Rzędowość alkoholi.

Ćwiczenie

6. Zapisz w zeszycie równania podanych reakcji.
 - a) spalanie propanolu zachodzące w warunkach nieograniczonej ilości tlenu
 - b) półspalanie pentanolu
 - c) spalanie niecałkowitego alkoholu zawierającego cztery atomy węgla
 - d) eliminacja wody z heksan-1-olu
 - e) metanol z chlorowodorem
 - f) butanol z sodem
 - g) dysocjacja elektrolityczna metanolanu sodu
 - h) metanol z kwasem mrówkowym (HCOOH)
 - i) utlenianie metanolu
 - j) utlenianie etanolu

1.5. Reakcja charakterystyczna dla alkoholi polihydroksylowych

Najpowszechniejszymi alkoholami polihydroksylowymi (zawierającymi co najmniej dwie grupy hydroksylowe związane z różnymi atomami węgla) jest etano-1,2-diol, nazywany zwyczajowo **glikolem etylenowym**, oraz propano-1,2,3-triol, nazywany zwyczajowo **glicerolem**. Glicerol potocznie nazywany jest **gliceryną**.



Rys. 5. Przykłady alkoholi polihydroksylowych.

Glikol i gliceryna są bezbarwnymi i bezwonnymi cieczami o dużej lepkości. Z wodą mieszają się bez ograniczeń. Z uwagi na wysoką polarność odznaczają się dużą higroskopijnością, co wynika z dużego udziału grup hydroksylowych w budowie ich cząsteczek. Temperatury wrzenia i topnienia dla glikolu wynoszą -16°C i 197°C , a dla gliceryny – odpowiednio 18°C i 290°C . Wysokie temperatury wrzenia związków o tak małych masach molowych wskazują na silną asocjację cząsteczek w fazie ciekłej w wyniku tworzenia się międzycząsteczkowych wiązań wodorowych. Ze względu na większą liczbę grup hydroksylowych zjawisko to jest silniejsze niż w przypadku alkoholi monohydroksylowych.

Generalnie alkohole polihydroksylowe ulegają takim reakcjom, jak alkohole monohydroksylowe. Dodatkowo – w przeciwieństwie do alkoholi monohydroksylowych – reagują z wodorotlenkiem miedzi(II). Odmienne zachowanie alkoholi monohydroksylowych i polihydroksylowych wobec tego odczynnika pozwala na zastosowanie tej reakcji do rozróżnienia tych alkoholi.

Doświadczenie

Wykrywanie alkoholi polihydroksylowych

Opis:

Do dwóch probówek (1, 2) zawierających siarczan(VI) miedzi(II) dodaj kroplami roztwór wodorotlenku sodu. Następnie do tak otrzymanego galaretowatego wodorotlenku miedzi(II) dodaj etanol (1) oraz glicerol (2), a zawartość probówek wymieszaj.



Wodorotlenek miedzi(II) jest niebieskim osadem.



Po dodaniu glikolu etylenowego lub glicerolu tworzy się szafirowy roztwór.

Obserwacje:

- (1) W probówce nie obserwuje się żadnych zmian. Probówka zawiera dwie warstwy: bezbarwną górną oraz dolną w postaci galaretowatego niebieskiego osadu.
- (2) W probówce po wymieszaniu niebieski osad roztwarza się, a zabarwienie powstałego roztworu zmienia się na szafirowe.

Wnioski:

- (1) Alkohole monohydroksylowe nie reagują z wodorotlenkiem miedzi(II).
- (2) Alkohole polihydroksylowe reagują z wodorotlenkiem miedzi(II), tworząc barwny związek z miedzią(II).



1.6. Zastosowanie

Zastosowanie alkoholi monohydroksylowych

Najszerze zastosowania spośród alkoholi monohydroksylowych mają dwa najprostsze alkohole: metanol i etanol. Metanol jest obecnie jednym z podstawowych półproduktów syntezy organicznej. Wykorzystuje się go do produkcji tworzyw sztucznych, włókien syntetycznych, barwników, farmaceutyków czy środków ochrony roślin. Znaczną ilość metanolu przekształca się w inny powszechnie stosowany związek, jakim jest omawiany formaldehyd – aldehyd mrówkowy (omówiony w dalszej części podręcznika). Metanol wykorzystuje się także jako składnik paliw do motocykli sportowych.



Rys. 6. Metanol i etanol są stosowane jako paliwa.



Rys. 7. Wyciągi ziołowe to roztwory etanolowe.

Etanol znajduje zastosowanie w przemyśle chemicznym jako substrat lub rozpuszczalnik oraz spożywczym – m.in. do produkcji napojów alkoholowych lub octu będącego wodnym roztworem kwasu octowego (etanowego). Cenne właściwości etanolu jako rozpuszczalnika wykorzystano także w przemyśle farmaceutycznym do wyrobu wyciągów ziołowych, syropów oraz innych farmaceutyków.

Wiele produktów perfumeryjnych oraz kosmetycznych to również roztwory etanolowe. Warto podkreślić, że stężone roztwory etanolu wykazują właściwości bakteriobój-

cze, dlatego używa się ich do miejscowej dezynfekcji skóry lub pomieszczeń laboratoryjnych. Etanol oraz jego mieszaninę z benzyną stosuje się jako paliwo do samochodów z silnikami typu FFV (ang. *Flexible Fuel Vehicle*).

Propan-1-ol wykorzystuje się głównie w przemyśle chemicznym jako rozpuszczalnik oraz substrat do syntezy estrów kwasów karboksylowych. Dodatkowo propan-2-ol stosuje się jako surowiec do produkcji acetonu. Ze względu na właściwości antyseptyczne i cenę obydwu izomery są składnikami preparatów do dezynfekcji, stanowiąc tańszą alternatywę dla metanolu i etanolu. Ponadto propan-2-ol jest bardzo często stosowany do czyszczenia precyzyjnych układów optycznych, głowic magnetycznych, napędów dyskowych lub elementów gumowych. Ze względu na jego bierność chemiczną względem wielu tworzyw sztucznych (polimerów syntetycznych) skutecznie usuwa brud, nie niszcząc czyszczonych powierzchni. Dalsze homologe metanolu i etanolu mają mniejsze znaczenie praktyczne.

Alkohole, które w cząsteczce mają od 3 do 5 atomów węgla, stosuje się do wyrobu farb i lakierów. Natomiast alkohole zawierające długie łańcuchy węglowe wykorzystuje się do wyrobu detergentów.

Zastosowanie alkoholi polihydroksylowych

Zarówno glikol etylenowy, jak i glicerol są powszechnie wykorzystywane w wielu procesach przemysłowych. Glikol etylenowy stosuje się w układach grzewczych i klimatyzacyjnych. Jest on także składnikiem płynów do chłodziw oraz rozpuszczalnikiem w produkcji klejów, farb drukarskich i lakierów do powierzchni drewnianych.

Glikol propylenowy to składnik żeli łagodzących bóle w jamie ustnej (np. w czasie ząbkowania) oraz syropów przeciwkaszlowych i wykrztuśnych, ponieważ poprawia ich smak. Jest także dodatkiem zapobiegającym wysychaniu kremów i maści. Glicerolu używa się w garbarstwie, a jego zdolność do reagowania z kwasem azotowym(V) wykorzystuje się do produkcji triazotanu(V) glicerolu nazywanego nitrogliceryną – związku bardzo wrażliwego na wstrząsy. Podczas wstrząsu lub uderzenia dochodzi do niezwykle silnego, egzotermicznego rozkładu nitrogliceryny. W czasie tej reakcji z wydziela się azot, tlenek węgla(IV), para wodna oraz tlen. Dlatego też tę reakcję wykorzystuje się do produkcji dynamitu stosowanego do rozsadzania skał kopalnianych.

Wynalazcą dynamitu był szwedzki naukowiec Alfred Nobel. Odkrył on, że wybuchowość nitrogliceryny można kontrolować poprzez zmieszanie jej z drobnopostaciową ziemią okrzemkową (materiał skalny złożony głównie z krzemionki). Nitroglicerynę stosuje się także w medycynie jako środek rozszerzający naczynia krwionośne.



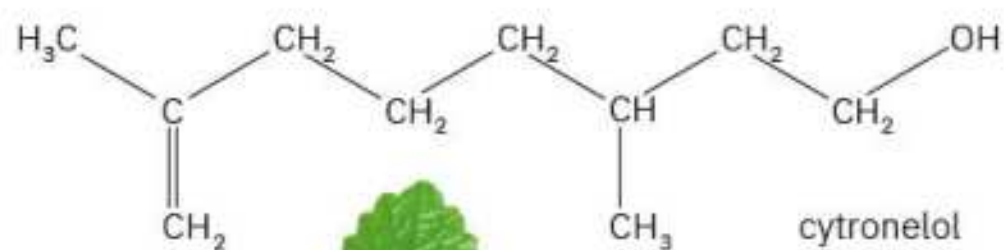
Rys. 8. Borygo to popularny płyn do chłodziw samochodowych, który jest pięćdziesięcioprocentowym roztworem glikolu z dodatkami antykorozyjnymi. Można go stosować do temperatury -35°C . Różowy kolor wynika z obecności barwników.



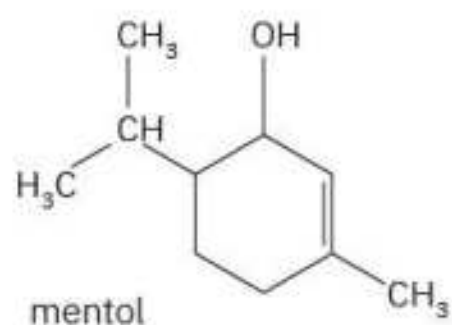
Rys. 9. Kontrolowany wybuch w kopalni węgla.

1.7. Alkohole w przyrodzie

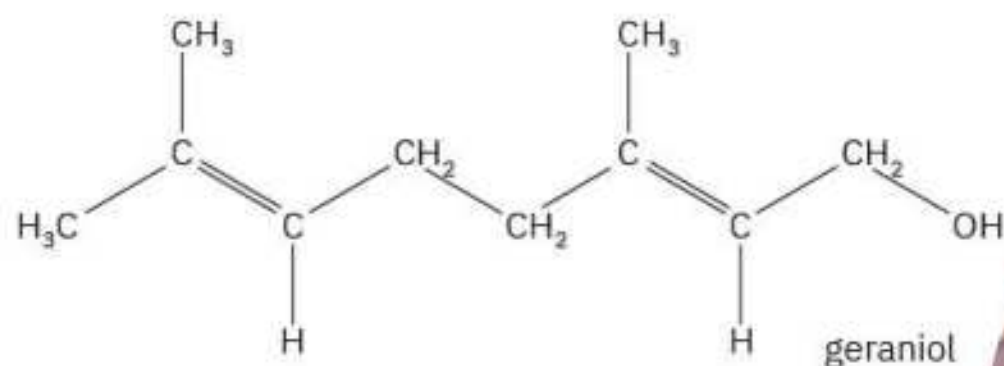
Niektóre naturalne alkohole znalazły zastosowanie praktyczne. Mentol jest stosowany do aromatyzacji past do zębów oraz wyrobów cukierniczych. Cytronelol oraz geraniol to składniki wielu kompozycji zapachowych. Cholesterol stanowi surowiec dla przemysłu farmaceutycznego. Sorbitol to naturalny cukier występujący w wielu owocach, który stosuje się jako substancję słodzącą w artykułach spożywczych.



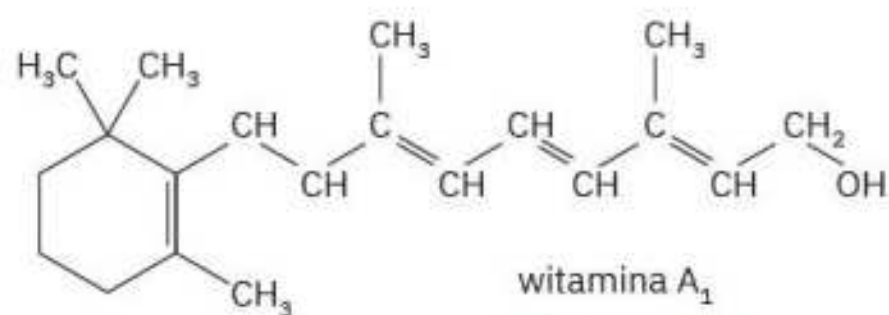
cytronelol



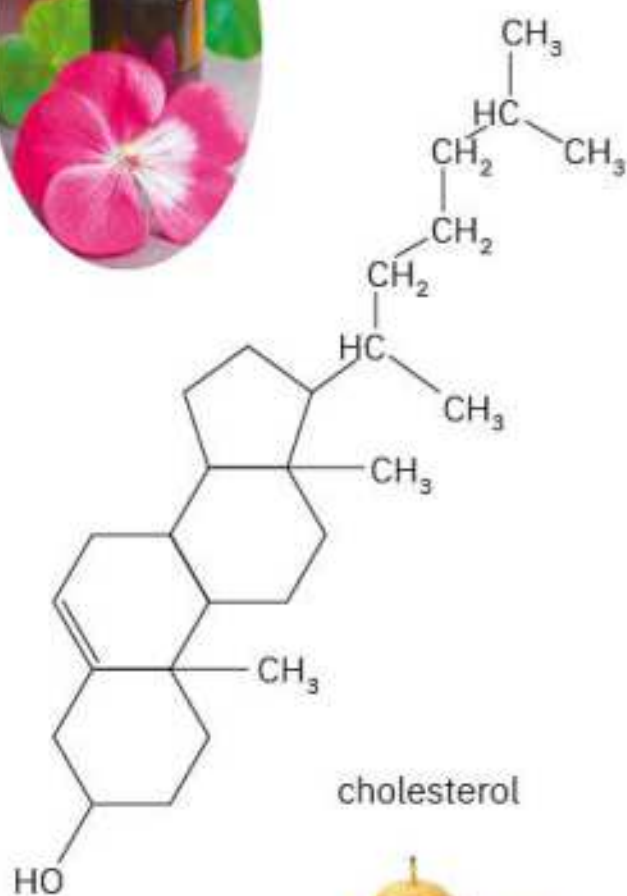
mentol



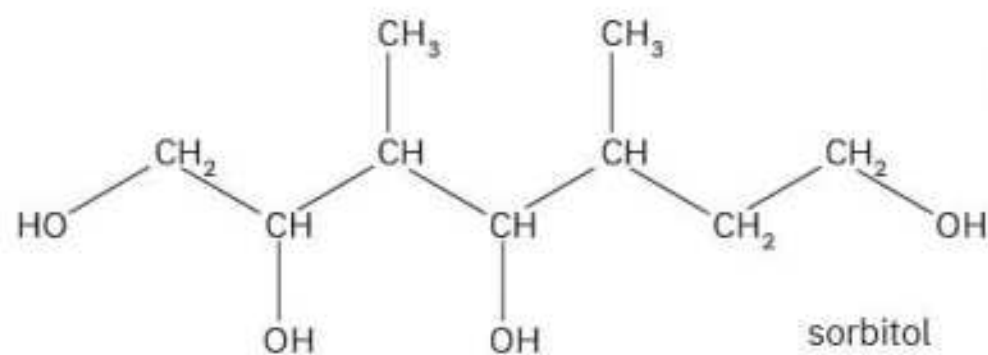
geraniol



witamina A₁



cholesterol



sorbitol

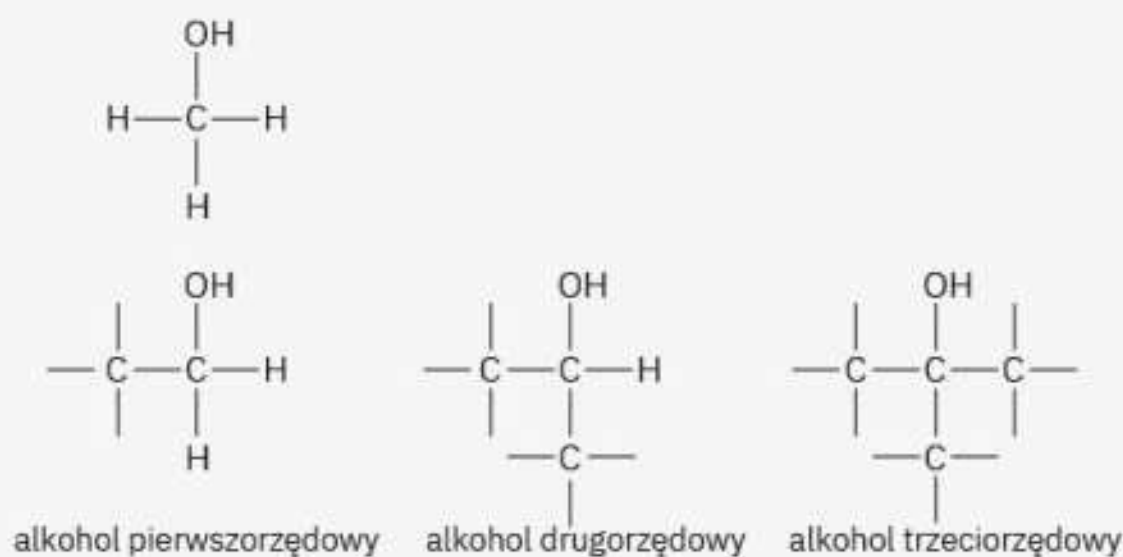


Rys. 10. Struktury wybranych naturalnych alkoholi występujących w przyrodzie wraz z ich przykładowym źródłem.

PODSUMOWANIE LEKCJI



- **Alkohole monohydroksylowe** – alkohole zawierające jedną grupę hydroksylową. s. 145
- **Alkohole polihydroksylowe** – alkohole zawierające co najmniej dwie grupy hydroksylowe. s. 152
- Rzędowość alkoholi: s. 151

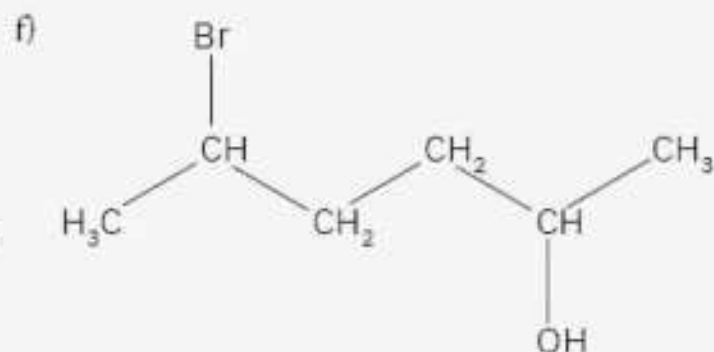
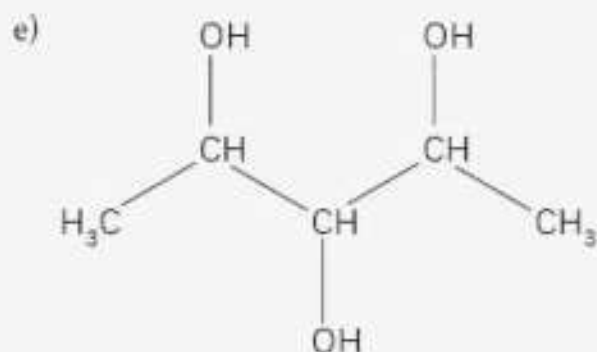
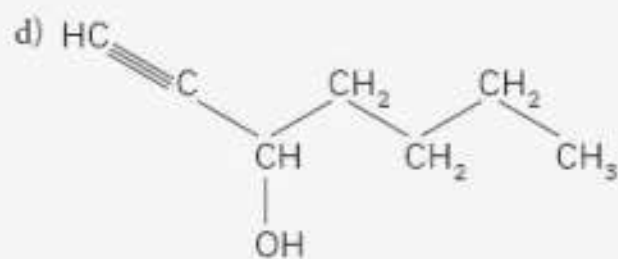
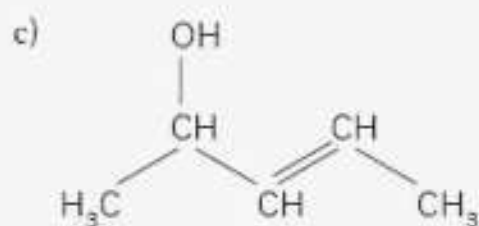
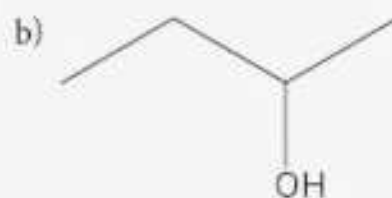
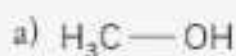


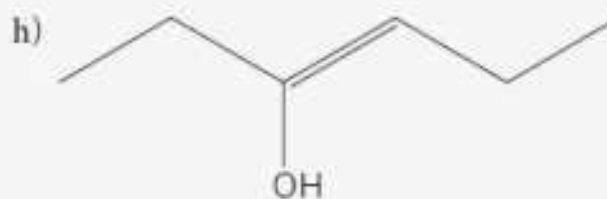
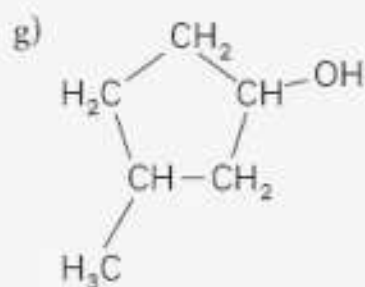
Alkohole	
Wzór ogólny alkoholi monohydroksylowych	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$
Charakterystyczna końcówka w nazwach	-ol
Otrzymywanie	• addycja wody do alkenów • substytucja anionu wodorotlenkowego do fluorowcopochodnych
Właściwości fizyczne	Alkohole o krótkich łańcuchach węglowych: • ciecze • względnie mała gęstość • względnie niskie temperatury wrzenia i topnienia • dobra rozpuszczalność w wodzie Alkohole o długich łańcuchach węglowych: • ciała stałe • względnie duża gęstość • względnie wysokie temperatury wrzenia i topnienia • słaba rozpuszczalność w wodzie

Alkohole	
Reakcje charakterystyczne	• reakcja spalania • odwodnienia alkohol $\rightarrow$ alken • reakcja substytucji nukleofilowej $\text{ROH} + \text{HX} \rightarrow \text{RX} + \text{H}_2\text{O}$ • tworzenie alkoholanów w reakcji z metalami aktywnymi, np. sodem $2\text{ROH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{RONa} + \text{H}_2$ • reakcja estryfikacji $\text{R}_1\text{OH} + \text{R}_2\text{COOH} \rightleftharpoons \text{R}_2\text{COOR}_1 + \text{H}_2\text{O}$ • reakcja utleniania alkohol pierwszorzędowy $\rightarrow$ aldehyd $\rightarrow$ kwas karboksylowy alkohol drugorzędowy $\rightarrow$ keton
Reakcja rozróżniająca alkohole monohydroksylowe i polihydroksylowe	reakcja z wodorotlenkiem miedzi(II)

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Zapisz w zeszycie nazwy podanych związków.

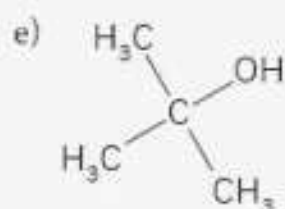
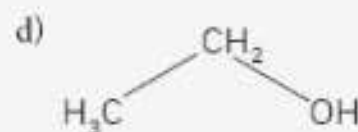
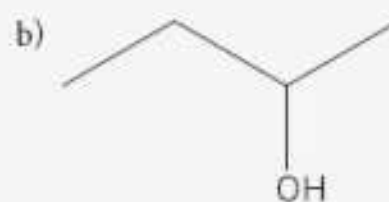
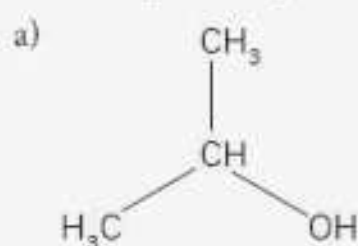




2. Narysuj w zeszycie struktury związków o podanych nazwach.

- butano-1,3-diol
- but-3-yn-1-ol
- propan-2-ol
- butano-1,2,3-triol
- 3-metylobutan-2-ol
- pentano-1,2-diol
- 2-metyloprop-2-en-1-ol

3. Określ rzędowność poniższych alkoholi.



- Podaj, do jakiej grupy związków należą produkty pierwszego etapu utleniania alkoholi z zadania 3., lub określ, że reakcja utleniania nie zachodzi.
- Napisz w zeszycie wzory strukturalne i podaj nazwy systematyczne wszystkich izomerycznych alkoholi nasyconych zawierających pięć atomów węgla w cząsteczce (podpowiedź: jest ich osiem).
- Napisz w zeszycie wzory strukturalne dwóch alkoholi, które w wyniku odwodnienia prowadzą do powstania 2-metylopropenu.

7. Napisz w zeszycie równania podanych reakcji.
- $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \dots \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \dots \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + \dots$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{Na} \rightarrow \dots + \dots$
 - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \dots + \dots$
 - $\dots \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{O}^- + \text{Na}^+$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \dots + \dots$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \dots + \text{H}_2\text{O}$
 - $\dots + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
 - $\dots + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \dots + \dots$
 - $\dots \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3$ (keton)
 - $\dots \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ (aldehyd)
8. Wyjaśnij dobrą rozpuszczalność w wodzie alkoholi zawierających krótkie łańcuchy węglowe.
9. Określ i wyjaśnij tendencję zmiany temperatury wrzenia i topnienia oraz gęstości wraz z wydłużającym się łańcuchem węglowym w cząsteczce alkoholu.
10. Dlaczego metanol, który ma niższą masę molową niż gazowy chlorometan, w warunkach normalnych jest cieczą? Wyjaśnienie tego problemu zapisz w zeszycie.

2. Alkohole aromatyczne – fenole

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to są fenole;
- jak nazywa się fenole;
- jakimi właściwościami fizycznymi charakteryzują się fenole;
- jakim reakcjom ulegają fenole;
- jak otrzymuje się fenole;
- do czego się stosuje fenole.

Drugą obszerną grupą związków organicznych zawierających grupę hydroksylową są fenole. Fenole to hydroksylowe pochodne węglowodorów aromatycznych (arenów), w których grupa hydroksylowa jest związana z atomem węgla z pierścienia aromatycznego.

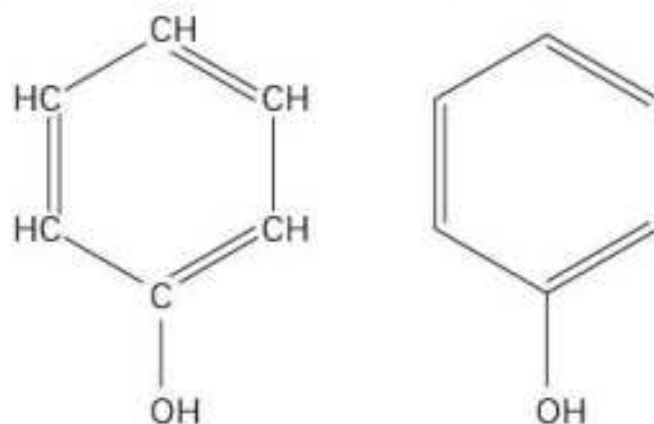
2.1. Nazewnictwo

Wzór ogólny fenoli zapisuje się w postaci ArOH . Ar oznacza grupę aryłową, czyli podstawnik aromatyczny.

Fenole – aromatyczne alkohole, czyli hydroksylowe pochodne węglowodorów aromatycznych, w których grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla z pierścienia aromatycznego.

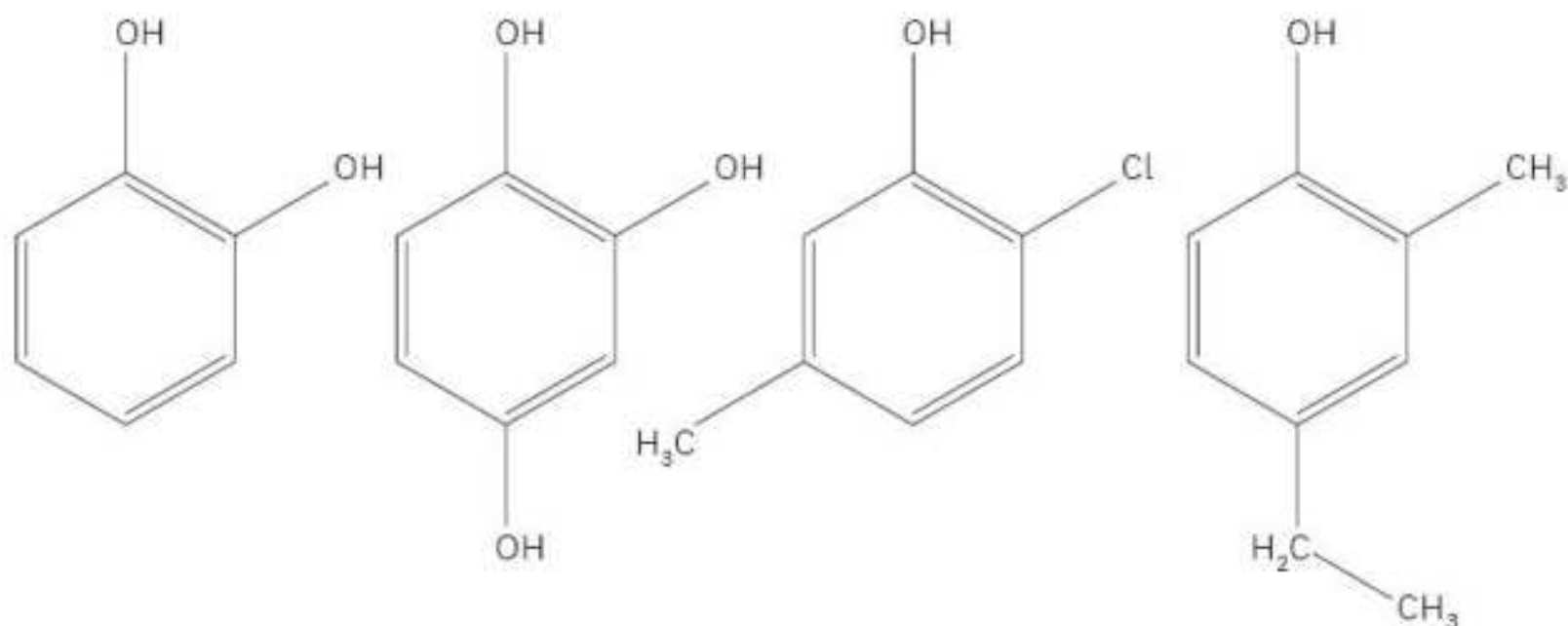
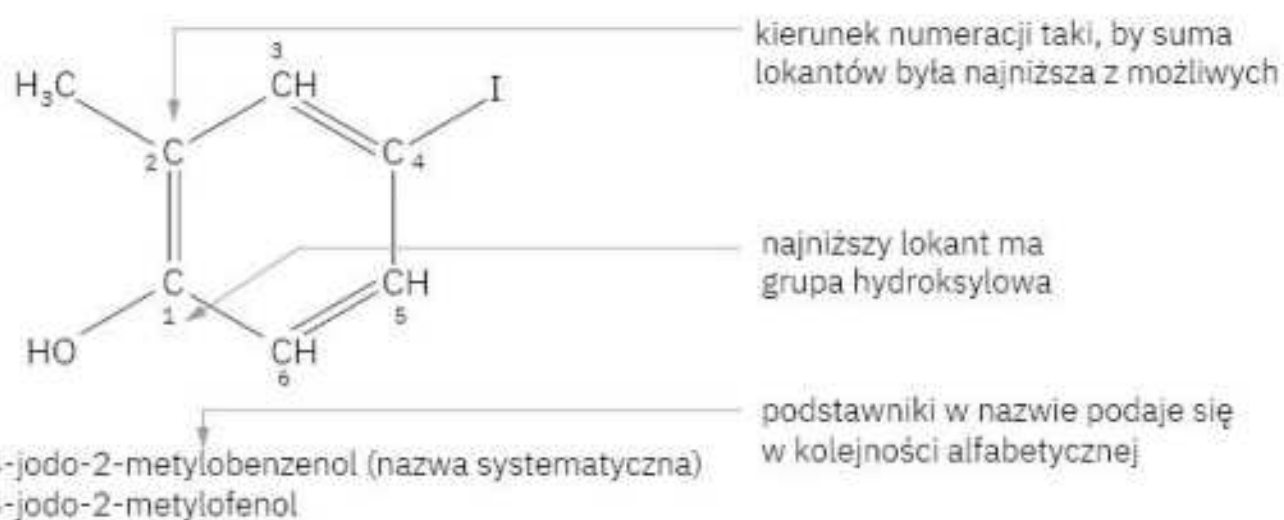
fenole

Nazwy systematyczne fenoli tworzy się jak nazwy alkoholi niearomatycznych – dodając końcówkę **-ol** do nazwy macierzystego węglowodoru. W przypadku związków wielopodstawionych podaje się położenie poszczególnych podstawników, a numerację atomów węgla w pierścieniu rozpoczyna się od atomu węgla związanego z grupą hydroksylową i kontynuuje się ją tak, by suma lokantów była jak najniższa. Podstawniki należy podać w kolejności alfabetycznej. Najprostszym fenolem jest **benzenol (hydroksybenzen)** zwyczajowo nazywany **fenolem**. Nazwa zwyczajowa utrwaliła się w słownictwie chemików, więc zaleca się stosowanie jej zamiast nazwy systematycznej.



Nazwa systematyczna: benzenol (lub hydroksybenzen)

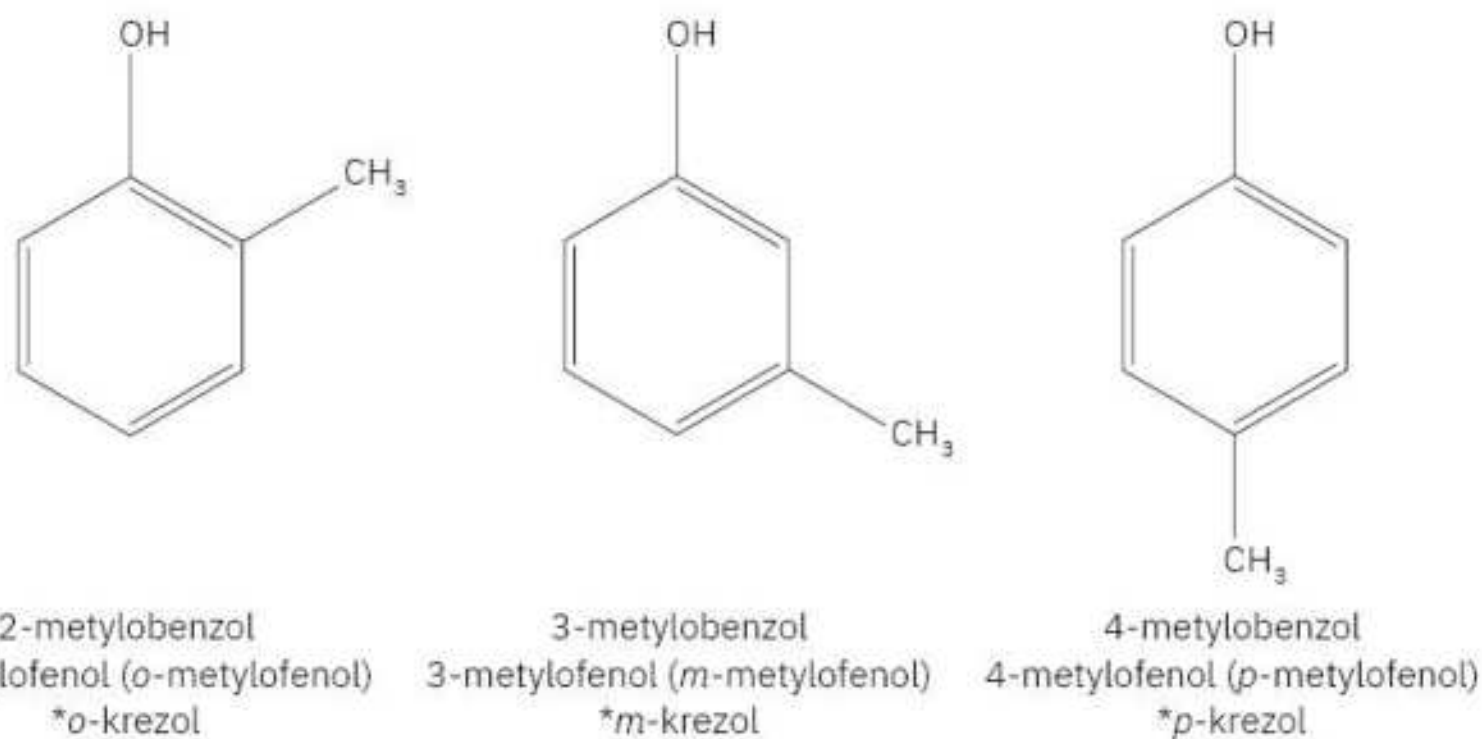
Nazwa zwyczajowa: fenol



benzeno-1,2-diol benzeno-1,2,4-triol 2-chloro-5-metylofenol 4-etylo-2-metylofenol

Rys. 11. Nazwy przykładowych aromatycznych alkoholi – fenoli.

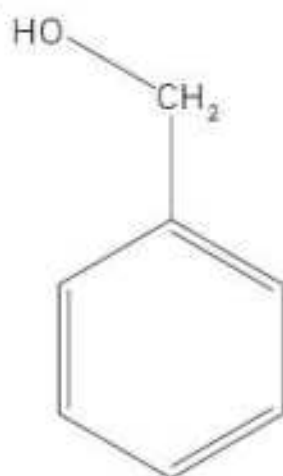
*Metylowe pochodne fenoli także mają swoje nazwy zwyczajowe. W zależności od położenia grupy metylowej i hydroksylowej w pozycjach *orto*, *meta* i *para* stosuje się odpowiednio nazwy: *o*-krezol, *m*-krezol, *p*-krezol.



Rys. 12. Nazwy metylowych pochodnych fenolu.

Uwaga!

Związek o strukturze:

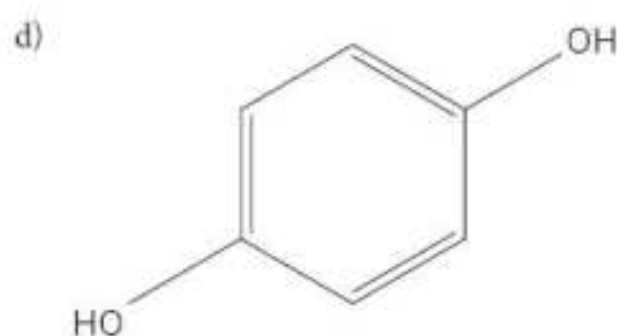
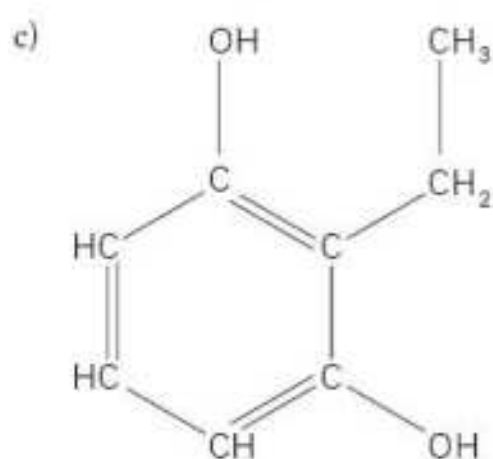
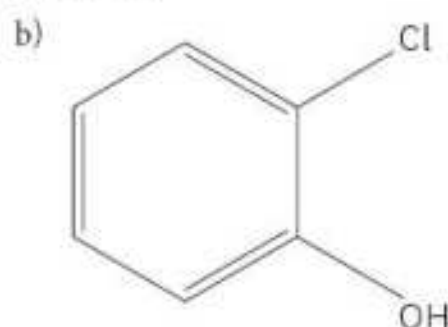
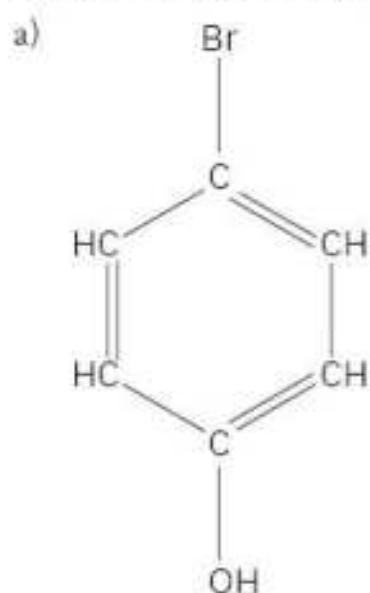


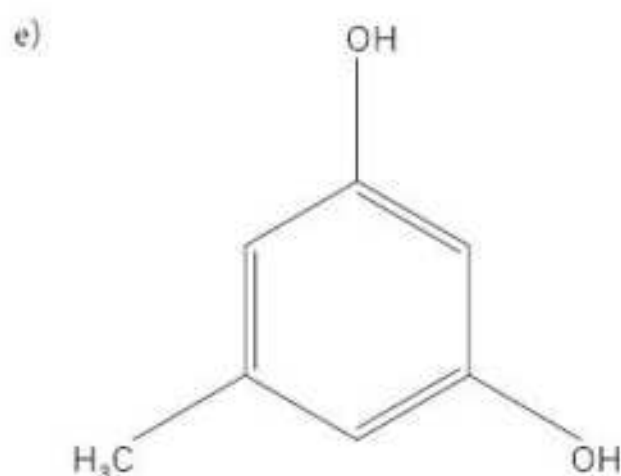
fenylometanol

to związek aromatyczny. Nie należy jednak do fenoli, ponieważ grupa hydroksylowa nie jest związana z atomem węgla w pierścieniu aromatycznym.

Ćwiczenia

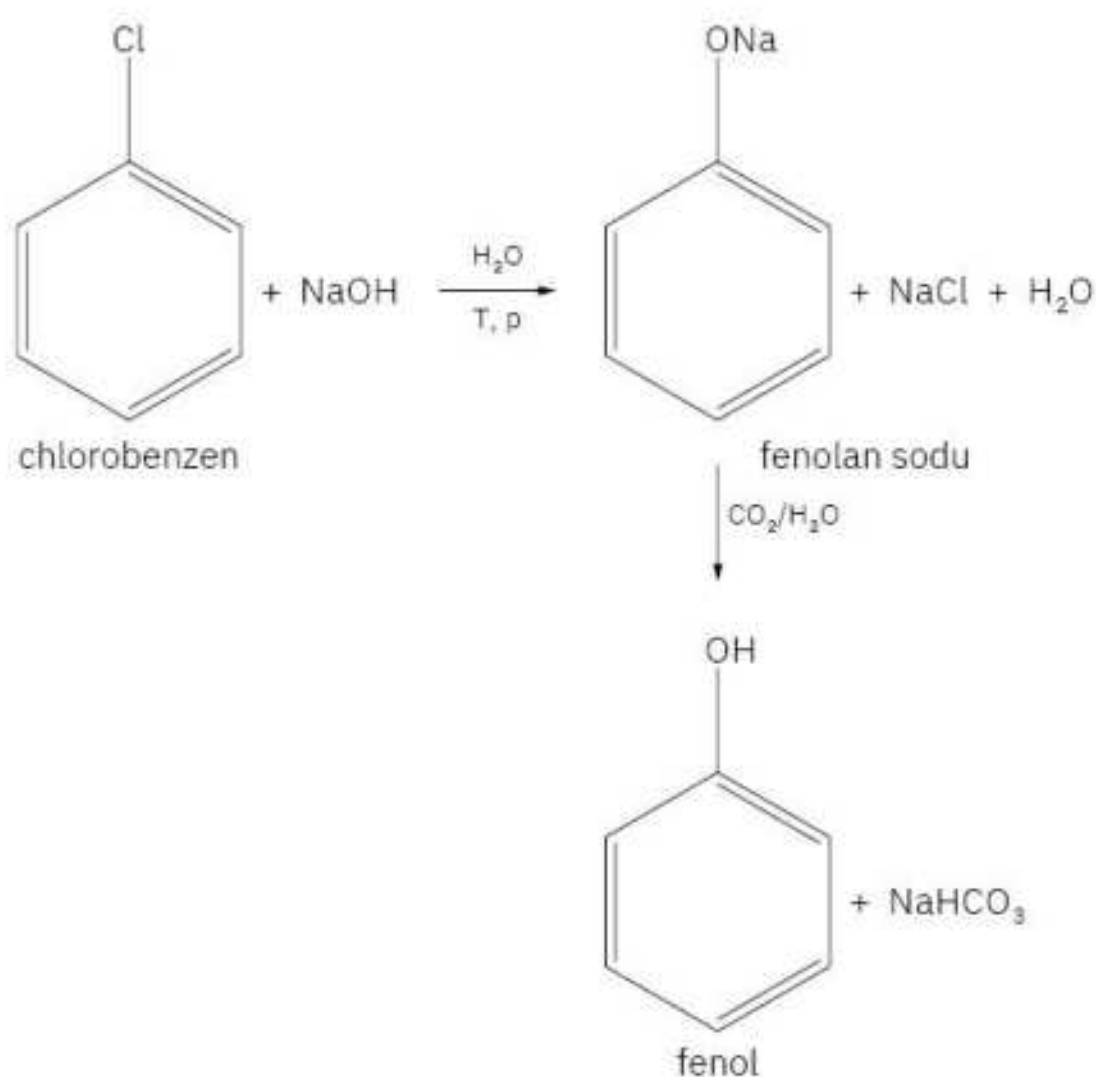
- Napisz w zeszycie struktury:
 - hydrochinonu, którego nazwa systematyczna to benzeno-1,4-diol;
 - rezorcyny, której nazwa systematyczna to benzeno-1,3-diol;
 - pirokatechiny, której nazwa systematyczna to benzeno-1,2-diol;
 - 2-etylofenolu;
 - 4-metylo-3-propylofenolu;
 - 3-bromo-2-chlorofenolu.
- Zapisz w zeszycie inne nazwy systematyczne związków d-f z poprzedniego ćwiczenia.
- Zapisz w zeszycie nazwy poniższych związków.





2.2. Otrzymywanie fenolu

Fenol jest jednym ze składników smoły węglowej otrzymywanej w procesie koksowania węgla kamiennego. Fenol ze smoły pogazowej wyodrębnia się przez destylację poprzedzoną ekstrakcją. Obecnie fenol pozyskuje się głównie metodami syntetycznymi. Jedną z takich metod jest ogrzewanie chlorobenzenu ze stężonym roztworem wodorotlenku sodu w temperaturze 370°C oraz pod wysokim ciśnieniem. W środowisku zasadowym nie powstaje bezpośrednio fenol, ale sól – fenolan sodu. Związek ten przekształca się w fenol, łagodnie zakwaszając środowisko. W tym celu wodę nasyca się tlenkiem węgla(IV):



2.3. Właściwości fizyczne fenolu

Fenol to substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 42°C i wrzenia 183°C. Czysty fenol jest bezbarwny, ale w obecności żelaza szybko utlenia się na powietrzu i zmienia barwę na różową lub nawet brunatną. Wykazuje właściwości silnie higroskopijne.

Charakteryzuje się intensywnym zapachem, wyczuwanym w środkach do dezynfekcji urządzeń sanitarnych, do których jest dodawany. To związek trujący – bezpośredni kontakt z fenolem powoduje trudno gojące się oparzenia skóry.

W temperaturze pokojowej fenol raczej trudno rozpuszcza się w wodzie (9,3 g/100 cm³ H₂O). Jego rozpuszczalność znacząco wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Już w temperaturze 68°C fenol miesza się z wodą bez ograniczeń.

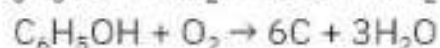
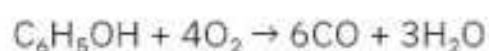
2.4. Właściwości chemiczne

• Reakcja spalania

Fenole ulegają reakcji spalania, jak wszystkie związki organiczne. Przy nieograniczonym dostępie tlenu fenole ulegają spalaniu całkowitemu:



W warunkach ograniczających ilość tlenu zachodzi półspalanie lub spalanie niecałkowite:

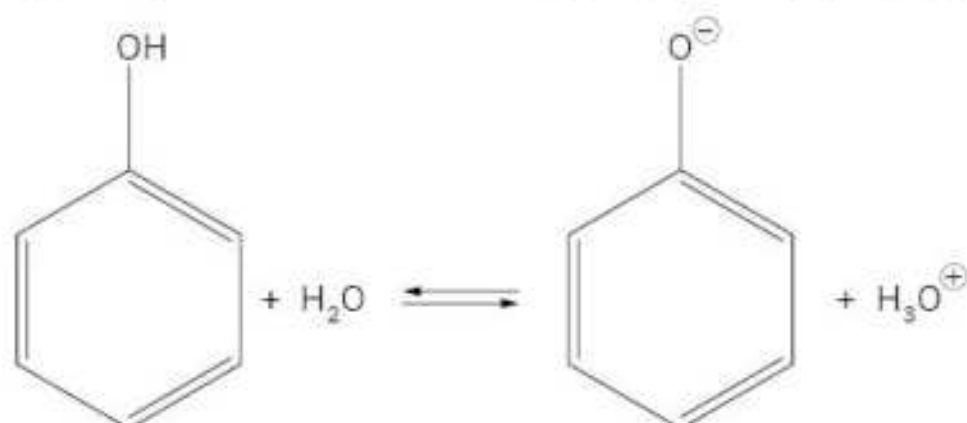


Pozostałe reakcje, jakim ulegają fenole, można podzielić na reakcje, w których udział bierze grupa hydroksylowa, oraz takie, w których uczestniczy pierścień aromatyczny.

Reakcje grupy hydroksylowej

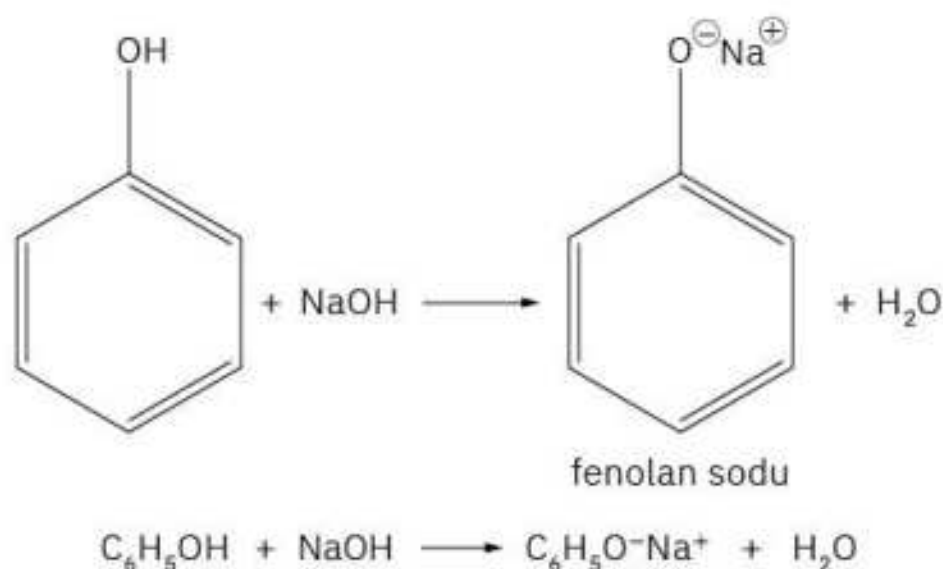
• Reakcja dysocjacji

Fenole wykazują właściwości kwasowe. Fenol jest słabym kwasem. Jego wodny roztwór zabarwia uniwersalny papierek wskaźnikowy na kolor lekko czerwony. Świadczy to o tym, że fenol w wodzie ulega częściowej dysocjacji:

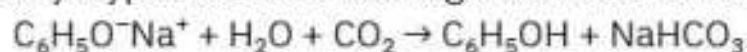


• Reakcja z mocnymi wodorotlenkami

Właściwości kwasowe fenolu są zdecydowanie mocniejsze niż alkoholi alifatycznych (obecność pierścienia aromatycznego znacznie zwiększa charakter kwasowy fenoli). Dlatego w przeciwieństwie do alkoholi fenole reagują z mocnymi wodorotlenkami, tworząc fenolany:

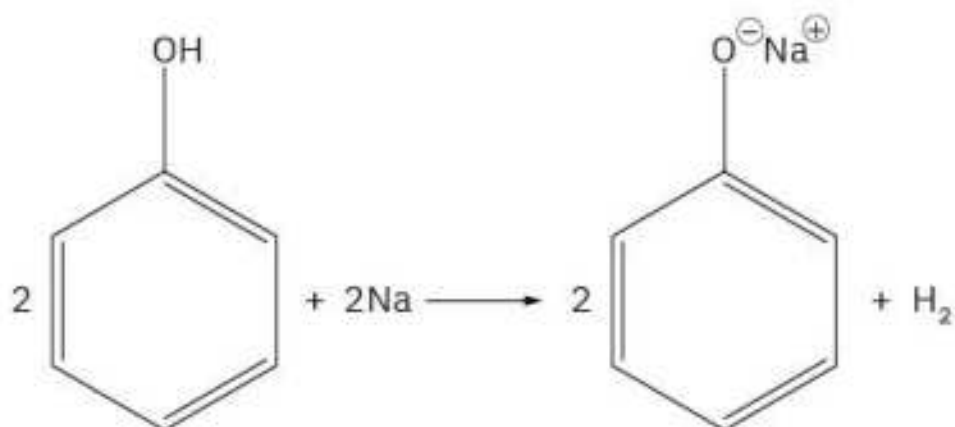


Fenol wykazuje właściwości kwasowe słabsze niż kwas węglowy. Jego stała dysocjacji wynosi $K_a = 1,3 \cdot 10^{-10}$ (a kwasu węglowego $K_a = 4,9 \cdot 10^{-7}$). Zatem już słaby kwas węglowy wypiera fenol z wodnego roztworu fenolanu sodu:



• Reakcja z sodem

Fenole, podobnie jak alkohole, reagują z aktywnymi metalami, tworząc fenolany:



• Reakcja z chlorkiem żelaza(III)

Reakcję z chlorkiem żelaza(III) wykorzystuje się do wykrywania fenoli. Wodny roztwór chlorku żelaza(III) ma barwę żółtą, która zmienia się na granatową lub ciemnofioletową w obecności fenoli (*wyjątek stanowi pirokatechina tworząca z kationami żelaza(III) związek o barwie zielonej).



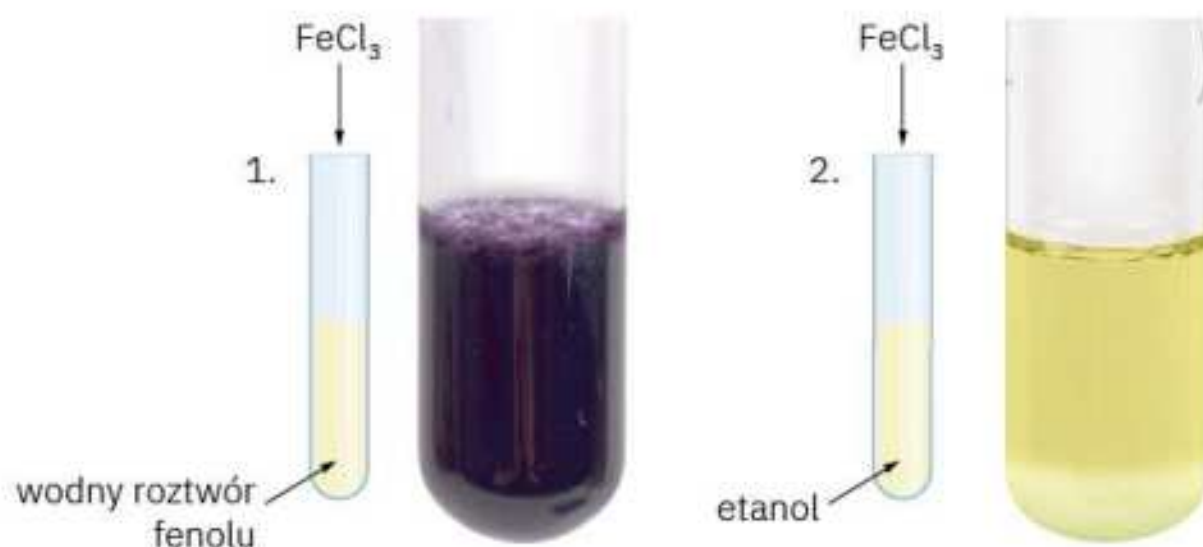
Doświadczenie 1.

Wykrywanie grupy hydroksylowej połączonej z pierścieniem aromatycznym (fenoli)

Uwaga! Fenol jest toksyczny. Doświadczenie należy wykonać pod wyciągiem, w okularach ochronnych i rękawicach ochronnych.

Opis:

Do probówki 1. wlej 2 cm³ wodnego roztworu fenolu, a do 2. – taką samą objętość etanolu. Następnie do probówek dodaj po kilka kropel nasyconego chlorku żelaza(III).



Obserwacje:

W probówce 1. barwa zmienia się z żółtej na ciemnofioletową, a w probówce 2. nie obserwuje się żadnej zmiany.

Wnioski:

W probówce 1. zachodzi reakcja charakterystyczna dla fenoli.

Reakcję tę wykorzystuje się do wykrywania nawet śladowych ilości fenoli w wodzie.

• *Reakcja estryfikacji

Fenole nie ulegają reakcji estryfikacji pod wpływem kwasów karboksylowych. By otrzymać estry z fenoli, należy użyć bardziej reaktywnego reagenta i zapewnić specyficzne warunki reakcji.

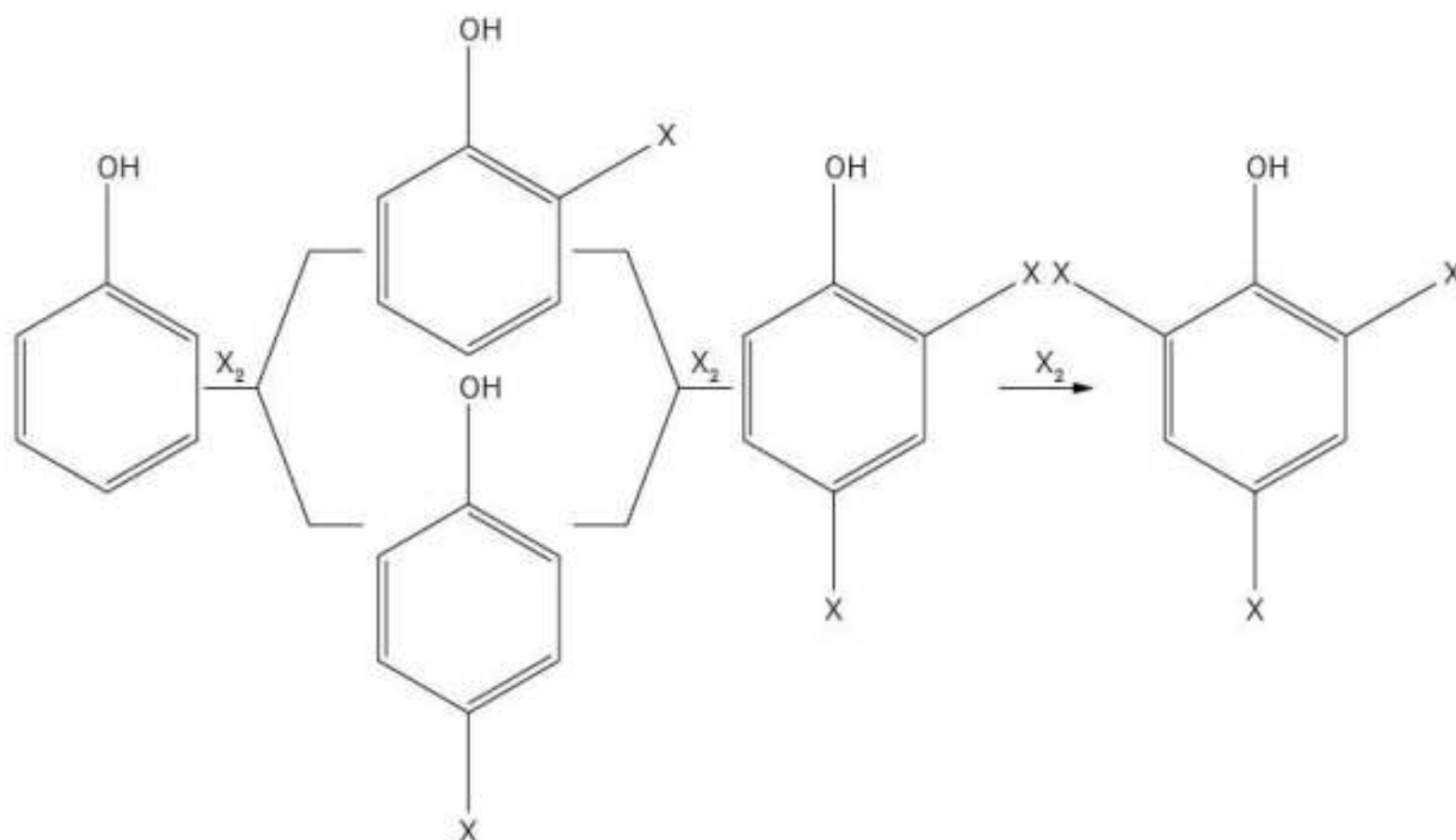
• Reakcje pierścienia aromatycznego

Grupa hydroksylowa jest tzw. podstawnikiem aktywującym w reakcjach substytucji elektrofilowej. Dlatego w pierścieniu aromatycznym fenoli reakcje te zachodzą bardzo łatwo, a ze względu na oddziaływania wolnych par elektronowych tlenu z elektronami w układzie aromatycznym powstają produkty podstawione w pozycjach *orto* i *para*.

• Odbarwienie wody bromowej

Chlorowanie i bromowanie fenolu, będące przykładami substytucji elektrofilowej, nie wymagają obecności katalizatora. Te reakcje prowadzą do powstania mieszaniny produktów *orto* i *para* podstawionych pochodnych chloro- lub bro-

mofenolu. Kontynuowanie reakcji prowadzi do otrzymania 2,4-dihalogenofenolu, a następnie – 2,4,6-trihalogenopochodnych fenolu:



Produktem ubocznym tych reakcji jest halogenowodór.

Doświadczenie 2.

Uwaga! Fenol jest toksyczny. Doświadczenie należy wykonywać pod wyciągiem, w okularach ochronnych i rękawicach ochronnych.

Opis:

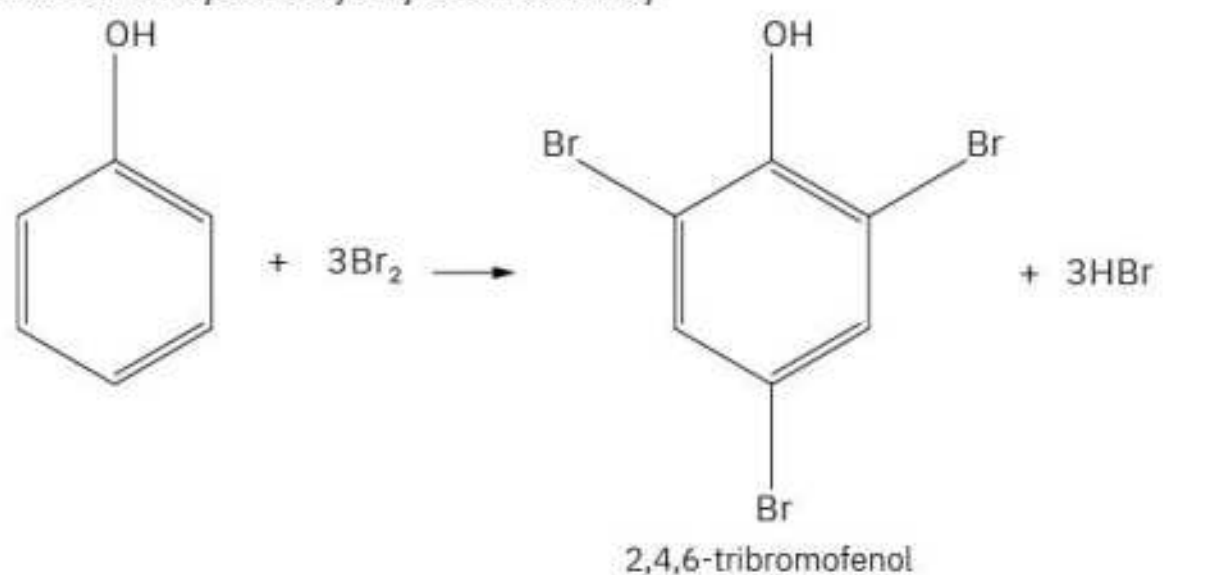
Kilka kryształków fenolu rozpuścić w 1 cm³ wody, a następnie dodać do probówki taką samą objętość wody bromowej. Energicznie postrząsać probówką przez pewien czas.

Obserwacje:

Zawartość probówki się odbarwiła.

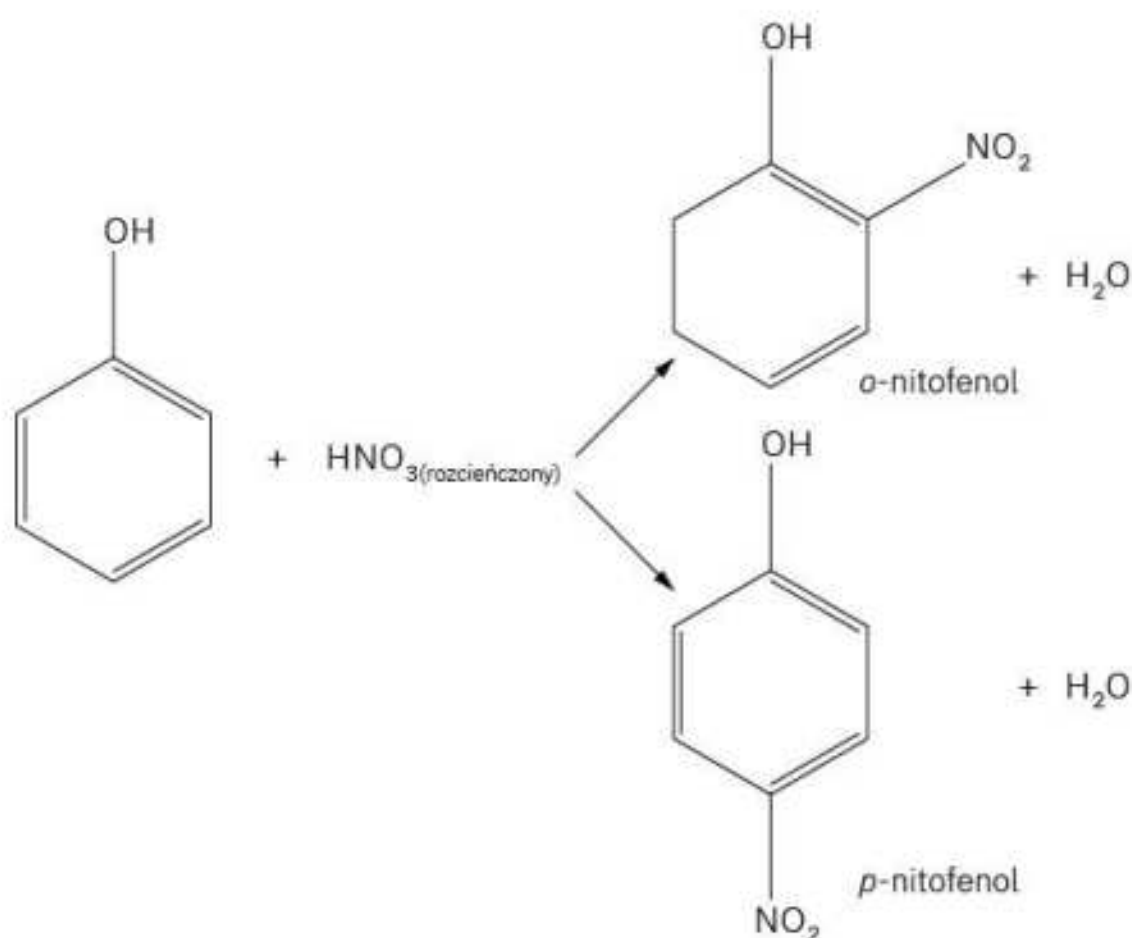
Wnioski:

Zaszła reakcja substytucji elektrofilowej:

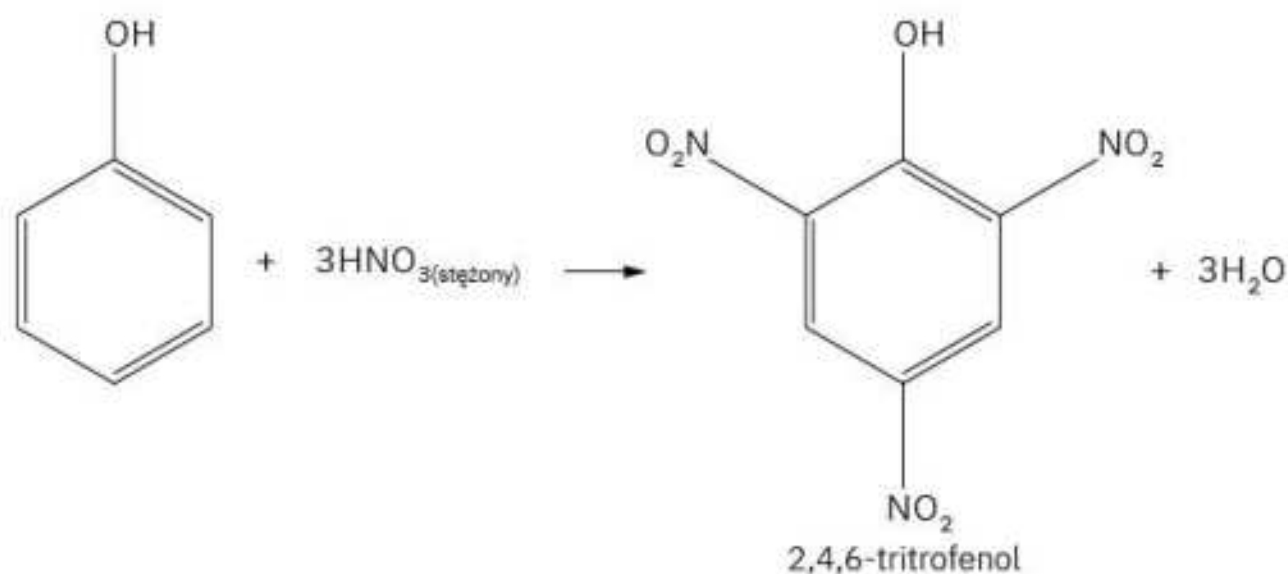


• Reakcja nitrowania

Innym przykładem reakcji substytucji elektrofilowej jest reakcja nitrowania. Reakcja ta z fenolem zachodzi bardzo łatwo już w rozcieńczonym kwasie azotowym(V). W jej wyniku powstaje mieszanina produktów *o*-nitrofenolu i *p*-nitrofenolu:



W stężonym kwasie azotowym(V) powstaje 2,4,6-trinitrofenol, związek zwany kwasem pikrynowym¹.



¹ Kwas pikrynowy jest związkiem wybuchowym. W czasie I wojny światowej wykorzystywano go jako surowiec do produkcji materiałów wybuchowych. Ze względu na trwałą, typową żółtą barwę związków nitrowych kwas pikrynowy stosowano jako barwnik wełny i jedwabiu.

2.5. Porównanie właściwości chemicznych fenoli i alkoholi niearomatycznych

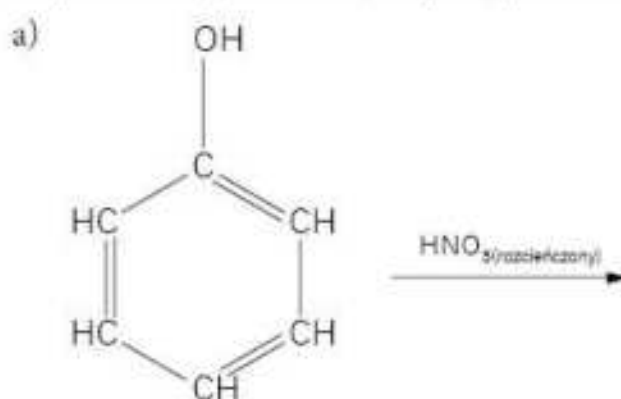
Fenole, tak jak alkohole niearomatyczne, nie ulegają reakcjom eliminacji wody. Grupy hydroksylowej w cząsteczkach fenoli nie można także łatwo zastąpić, jak w przypadku alkoholi. Dzieje się tak, ponieważ grupa hydroksylowa w fenolach jest silniej związana z pierścieniem aromatycznym niż grupa hydroksylowa z łańcuchem węglowym. Reakcje wymagające oderwania grupy hydroksylowej od pierścienia aromatycznego wymagają specyficznych warunków i zachodzą trudniej niż reakcje związane z oderwaniem grupy hydroksylowej od łańcucha węglowego. Dlatego to alkohole niearomatyczne ulegają reakcjom substytucji nukleofilowej. W fenolach natomiast łatwiej ulega odszczepieniu proton grupy hydroksylowej, co nadaje im właściwości kwasowe. Fenole jako związki aromatyczne ulegają także reakcji charakterystycznej dla tych związków – substytucji elektrofilowej (tab. 3).

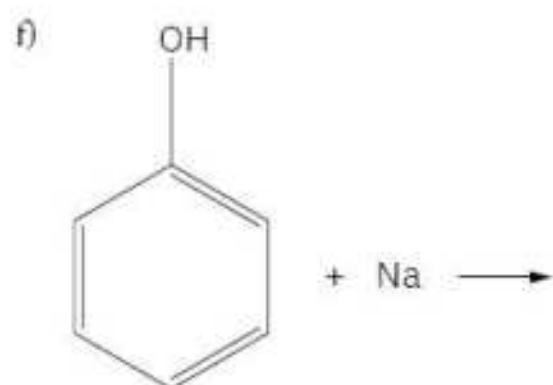
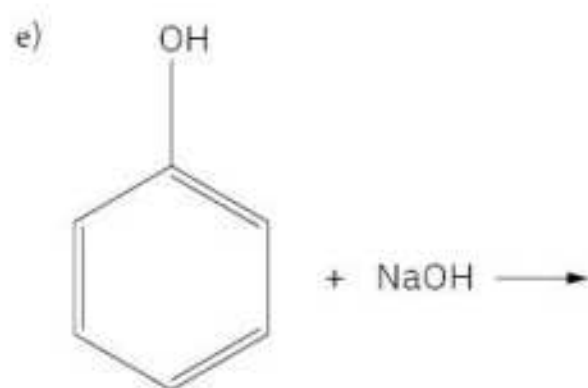
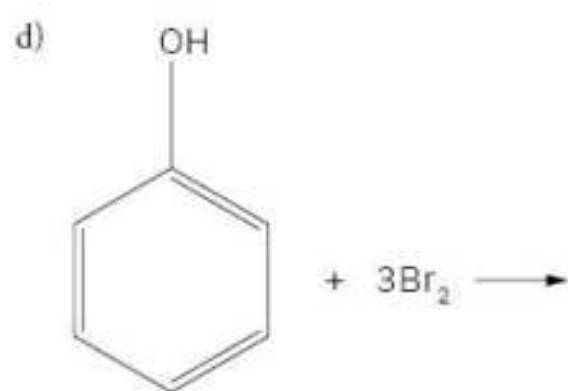
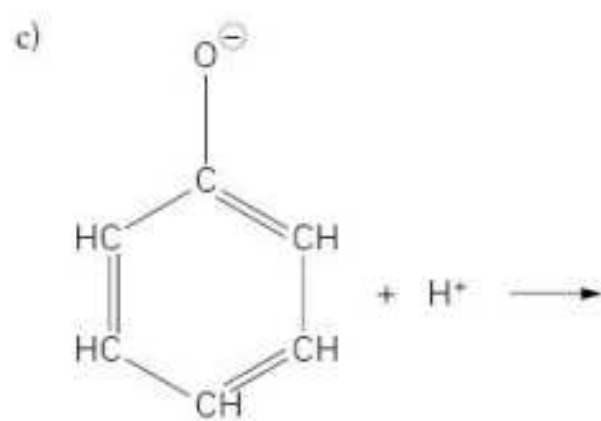
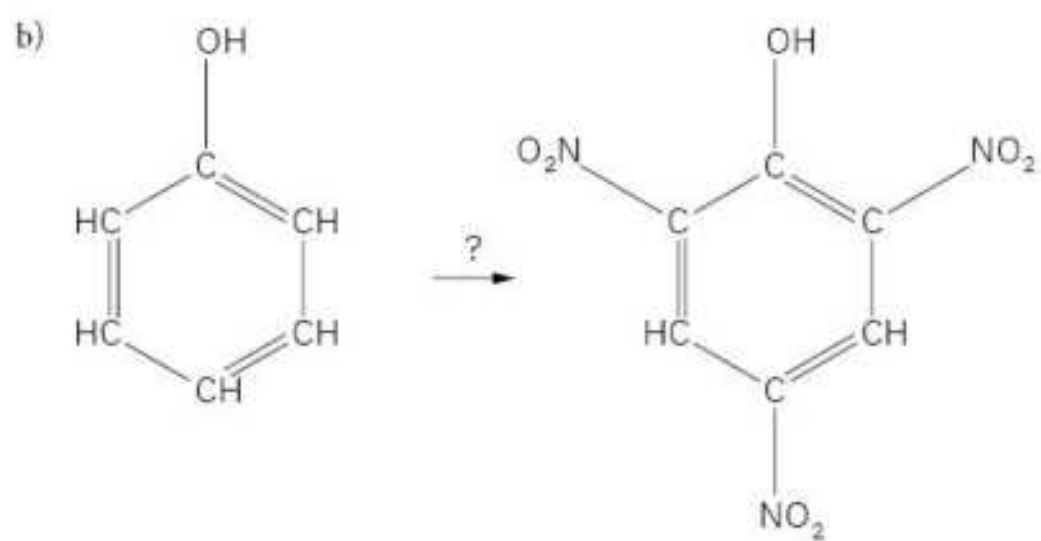
Tab. 3. Zestawienie reakcji, jakim ulegają alkohole oraz fenole

Reakcja	Alkohole	Fenole
spalania	+	+
eliminacji wody	+	–
substytucji nukleofilowej	+	–
dysocjacji elektrolitycznej	–	+
z metalicznym sodem	+	+
z wodorotlenkiem sodu	–	+
estryfikacji	łatwo	trudno
substytucji elektrofilowej	–	+
z FeCl_3	–	+

Ćwiczenie

4. Zapisz w zeszycie równania podanych reakcji.





2.6. Zastosowanie

Fenol jest jednym z głównych półproduktów przemysłu chemicznego. Otrzymuje się z niego tworzywa sztuczne, włókna syntetyczne, barwniki, materiały wybuchowe, leki, garbniki, żywice, z których wytwarza się farby oraz lakiery. Benzeno-1,4-diol (hydrochinon) stosuje się do wywoływania zdjęć.

2-izopropylo-5-metylofenol znajdujący się w olejkach eterycznych izolowanych z macierzanki, oregano lub cząbrku jest składnikiem syropów wykrztuśnych. Ponadto ze względu na działania przeciwbólowe, przeciwskurczowe, bakteriobójcze oraz przeciwgrzybiczne dodaje się go do preparatów odkażających rany.



Krezole mają właściwości bakteriobójcze i grzybobójcze. Stanowią dodatek do płynów dezynfekujących.

Bisfenol A (BPA) jest składnikiem plastikowych pojemników do przechowywania żywności. Ze względu na szkodliwy wpływ BPA na funkcjonowanie układu hormonalnego i nerwowego coraz częściej ogranicza się jego wykorzystanie (od 2011 r. zabroniono stosowania BPA do produkcji butelek dziecięcych). Produkty wolne od BPA są oznaczone tym znakiem.



Hydrochinon był stosowany jako redukujący składnik wywoływacza fotograficznego. Obecnie częściej stosuje się go jako substancję zmniejszającą przebarwienia na skórze. Działanie hydrochinonu polega na hamowaniu tyrozynazy,

czyli blokowaniu reakcji enzymatycznych prowadzących do wytworzenia melaniny i powstawania przebarwień skórnych.



PODSUMOWANIE LEKCJI

Fenole Ar–OH

- **Fenole** – związki, w których grupa hydroksylowa jest połączona z węglem znajdującym się w pierścieniu aromatycznym.

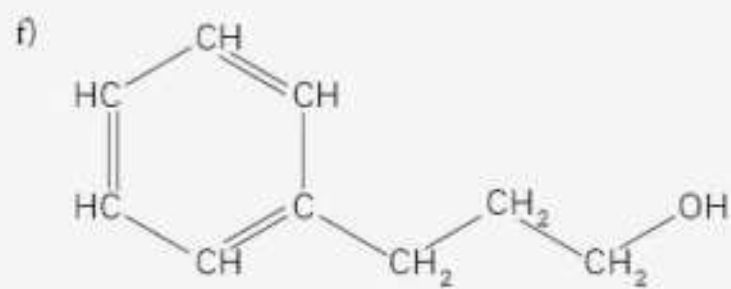
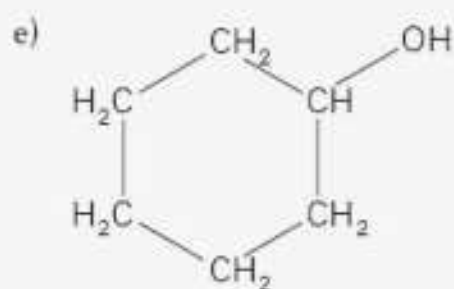
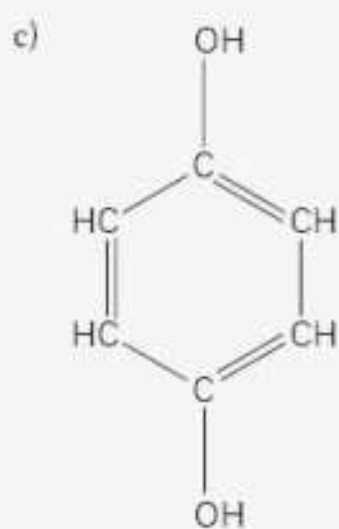
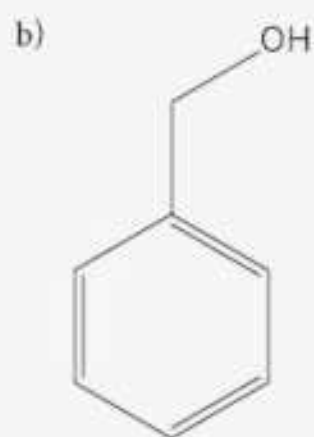
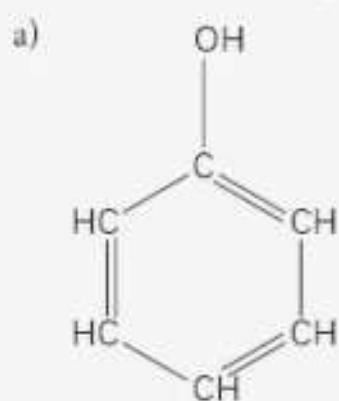
s. 161

Fenole	
Charakterystyczna końcówka w nazwach	-ol
Otrzymywanie	• destylacja smoły pogazowej • substytucja anionu wodorotlenkowego do fluorowcopochodnych, prowadząca do powstania fenolanu, który po zakwaszeniu środowiska przekształca się w fenol
Właściwości fizyczne fenolu	• krystaliczne ciało stałe • temperatura topnienia 42°C • temperatura wrzenia 183°C • rozpuszczalność w wodzie dobra w podwyższonej temperaturze • reakcja spalania • odwracalna dysocjacja: $\text{ArOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ArO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ • tworzenie fenolanów: – w reakcji z metalami aktywnymi, np. sodem: $2\text{ArOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{ArONa} + \text{H}_2$ – w reakcji z mocnym wodorotlenkiem, np. sodu $\text{ArOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{ArONa} + \text{H}_2\text{O}$
Reakcje charakterystyczne	• reakcja z chlorkiem żelaza(III) prowadząca do otrzymania barwnych związków • substytucja elektrofilowa – chlorowanie i bromowanie prowadzące do powstania produktów podstawionych halogenem w pozycjach <i>orto</i>- i <i>para</i>- – nitrowanie za pomocą rozcieńczonego kwasu azotowego(V) prowadzące do powstania mieszaniny produktów podstawionych grupą nitrową w pozycji <i>orto</i>- i <i>para</i>- oraz za pomocą stężonego azotowego(V) prowadzące do powstania produktu podstawionego grupami nitrowymi w pozycjach 2,4,6
Reakcja odróżniająca alkohole od fenoli	• z chlorkiem żelaza(III) • odbarwienie wody bromowej • nitrowanie } reakcje SE

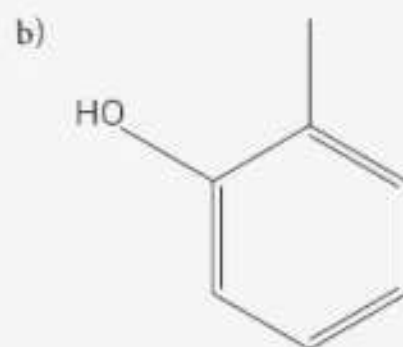
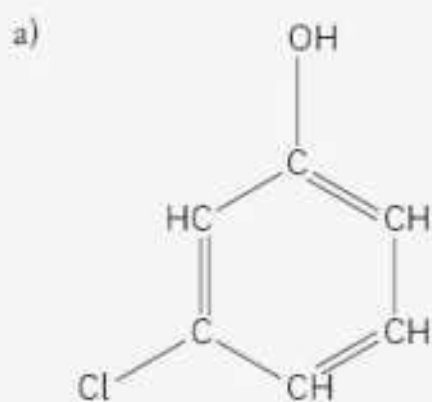
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

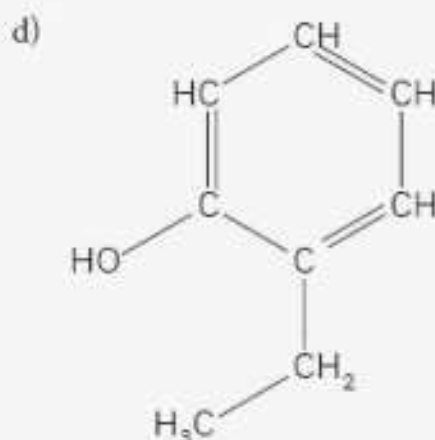
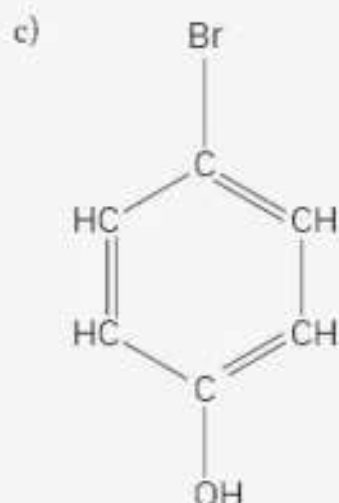
1. Podziel poniższe związki na grupy:

- 1) fenole,
- 2) alkohole aromatyczne,
- 3) alkohole niearomatyczne.



2. Podaj nazwy związków o poniższych strukturach.





3. Narysuj w zeszycie struktury o podanych nazwach.
 - a) *p*-nitrofenol
 - b) 2-chloro-6-metylobenzenol
 - c) 3-metylofenol
 - d) benzeno-1,3,5-triol
4. Do związków a–c z poprzedniego zadania zaproponuj inne poprawne nazwy.
5. Wskaż zdania opisujące fenole.
 - a) Łatwo ulegają reakcji substytucji nukleofilowej.
 - b) Łatwo ulegają substytucji elektrofilowej.
 - c) Ulegają reakcji eliminacji wody.
 - d) Reagują z chlorkiem żelaza(III), tworząc barwne związki.
 - e) Odbarwiają wodę bromową.
 - f) Charakteryzują się bardzo słabymi właściwościami kwasowymi, ale nie ulegają reakcji dysocjacji elektrolitycznej i nie reagują z wodnymi roztworami mocnych wodorotlenków.
 - g) W reakcji z kwasem karboksylowym łatwo tworzą estry.
 - h) W reakcji z metalicznym sodem tworzą fenolany.
6. Zapisz w zeszycie równania reakcji:
 - a) spalania całkowitego fenolu,
 - b) nitrowania fenolu za pomocą rozcieńczonego kwasu azotowego(V),
 - c) nitrowania fenolu za pomocą stężonego kwasu azotowego(V),
 - d) bromowania fenolu,
 - e) dysocjacji fenolu,
 - f) otrzymywania fenolanu sodu,
 - g) kwasu solnego z fenolanem potasu.
7. Zapisz w zeszycie obserwacje z opisanych doświadczeń.
 - a) Do probówki zawierającej fenol dodano żółty chlorek żelaza(III).
 - b) Do probówki zawierającej brunatną wodę bromową dodano wodny roztwór fenolu.

3. Aldehydy – związki karbonylowe

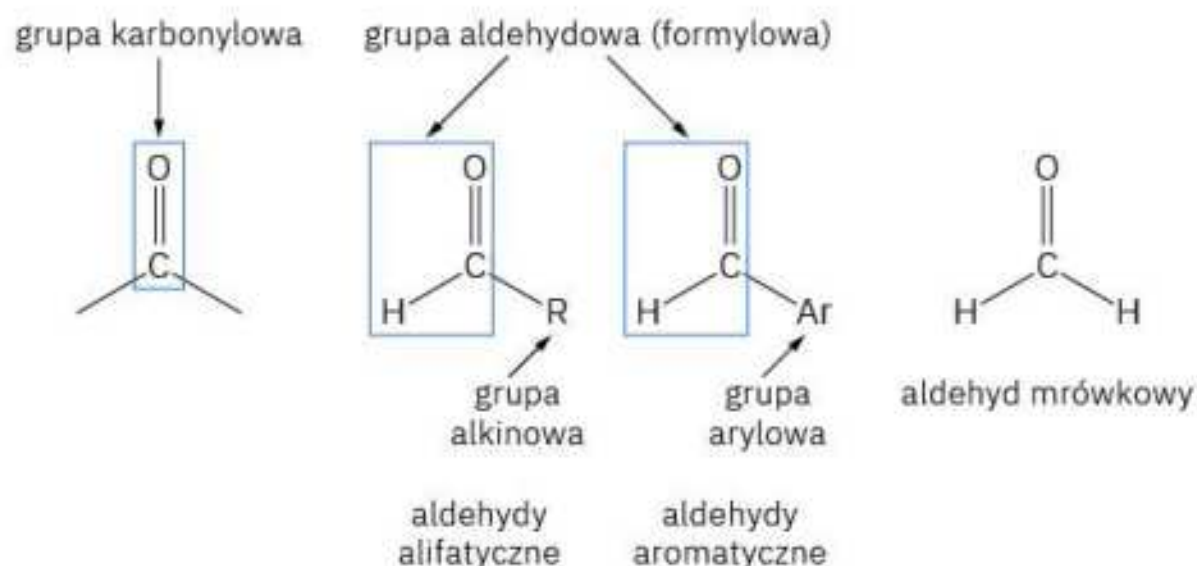
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to jest grupa formylowa;
- jak nazywa się aldehydy;
- jakie właściwości mają aldehydy;
- co to jest próba Tollensa i próba Trommera;
- do czego są stosowane aldehydy.

W omawianych do tej pory związkach organicznych zawierających tlen atom tlenu był połączony z atomem węgla wiązaniem pojedynczym. Tlen może jednak tworzyć z atomem węgla wiązanie podwójne $C=O$. Taki układ atomów nazywa się grupą karbonylową. Stanowi ona fragment strukturalny dwóch ważnych klas związków: aldehydów oraz ketonów.

3.1. Grupa funkcyjna

W cząsteczkach aldehydów, zwanych także alkanalami, atom węgla z grupy karbonylowej jednym wiązaniem jest połączony z atomem wodoru, a drugim – z innym atomem węgla stanowiącym resztę węglowodorową cząsteczki (grupę alkilową $R-CHO$ lub aryłową $Ar-CHO$). Wyjątkiem jest najprostszy aldehyd – aldehyd mrówkowy, ponieważ w jego cząsteczce grupa karbonylowa łączy się z dwoma atomami wodoru ($HCHO$).



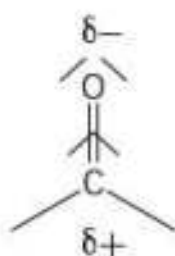
aldehydy

Aldehydy (alkanale) – związki, w których atom węgla z grupy karbonylowej jednym wiązaniem jest połączony z atomem wodoru, a drugim – z innym atomem węgla stanowiącym resztę węglowodorową cząsteczki.

Grupa formylowa (grupa aldehydowa) – grupa funkcyjna aldehydów będąca strukturalnie grupą karbonylową połączoną jednym wiązaniem z atomem wodoru, a drugim wiązaniem – z węglem z reszty węglowodorowej.

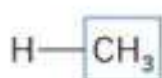
grupa formylowa
(grupa aldehydowa)

Wiązanie podwójne C=O oraz dwa pojedyncze łączące atom węgla grupy karbonylowej z dwoma innymi atomami leżą w jednej płaszczyźnie. Kąty tworzące się między tymi atomami mają miary równe w przybliżeniu 120° . Wiązania w grupie karbonylowej nie są równocenne. Jedno jest trwałe – typu σ (podobne do wiązania C–OH w alkoholach), a drugie jest słabsze, bardziej reaktywne – typu π . Wskazuje to na dużą reaktywność związków karbonylowych. Reaktywność ta jednak różni się od tej dotyczącej związków typu C=C, ponieważ wiązanie C=O, ze względu na różnicę elektroujemności między tlenem a węglem, jest w znacznym stopniu spolaryzowane:

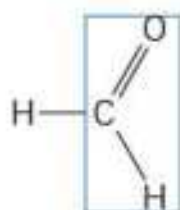


3.2. Nazewnictwo

Nazwy systematyczne aldehydów alifatycznych tworzy się, dodając do nazwy węglowodoru zawierającego tyle samo atomów węgla końcówkę **-al**. Na przykład:



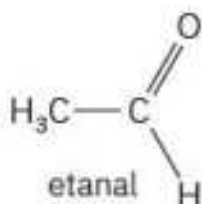
metan



metanal

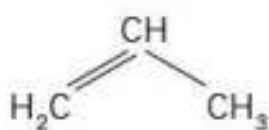


etan

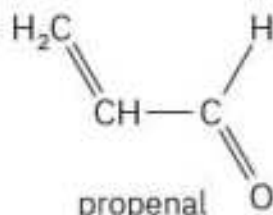


etanal

Wprowadzenie końcówki -al w nazwie związku wiąże się ze zmianą grupy metylowej węglowodoru na grupę aldehydową (formylową).

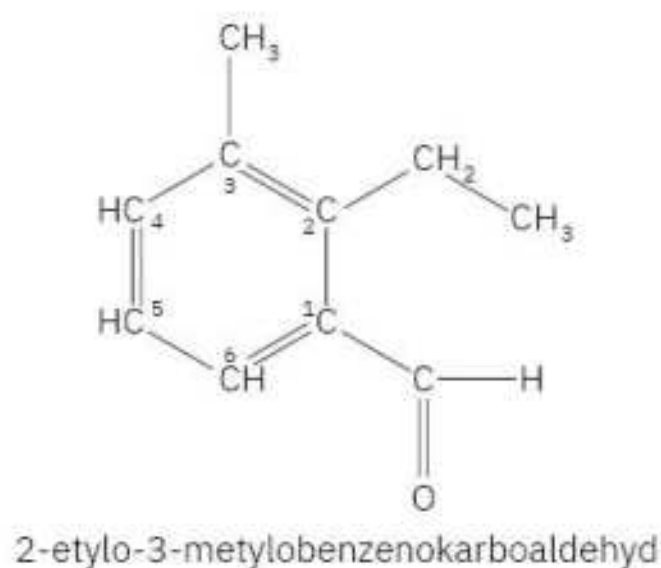
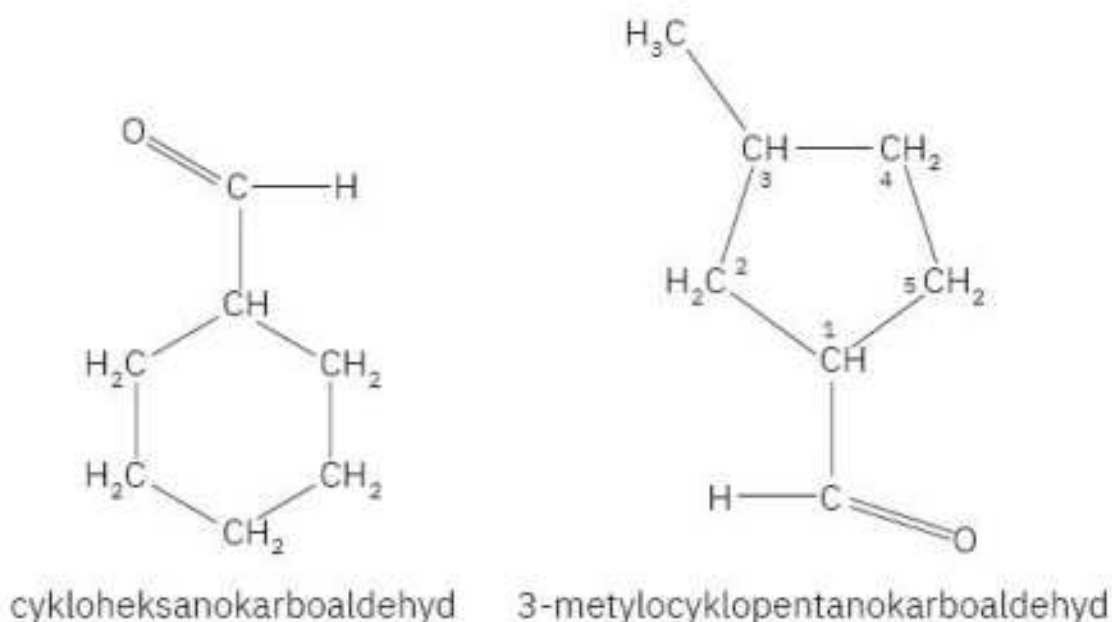


propen

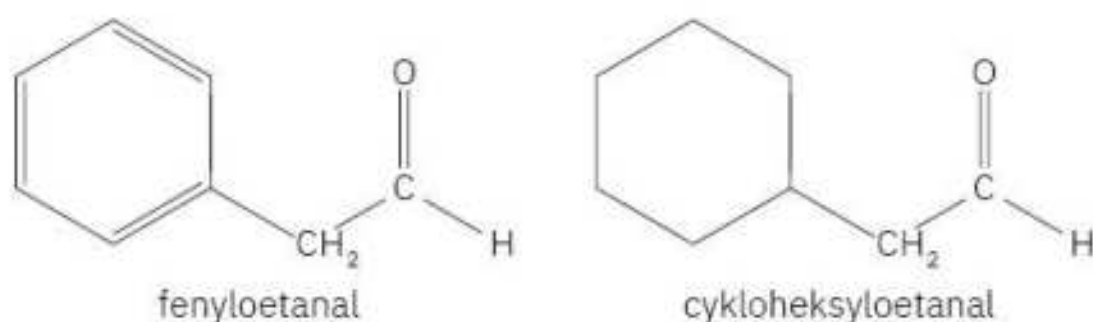


propenal

W przypadku występowania podstawników lub np. określenia miejsca występowania wiązania nienasyconego numerację atomów węgla rozpoczyna się od węgla tworzącego grupę karbonylową. Nazewnictwo aldehydów cyklicznych i aromatycznych jest nieco bardziej skomplikowane. Jeśli grupa aldehydowa wiąże się bezpośrednio z pierścieniem cyklicznym lub aromatycznym, traktuje się ją jako podstawnik, któremu nadaje się nazwę **karboaldehyd**. Numerację takiego układu cyklicznego, jeśli jest taka konieczność, rozpoczyna się od atomu węgla w pierścieniu, z którym łączy się grupa aldehydowa:



Nazwy aldehydów zawierających układ cykliczny, który nie jest połączony bezpośrednio z grupą karbonylową, tworzy się, traktując część cykliczną jako podstawnik:



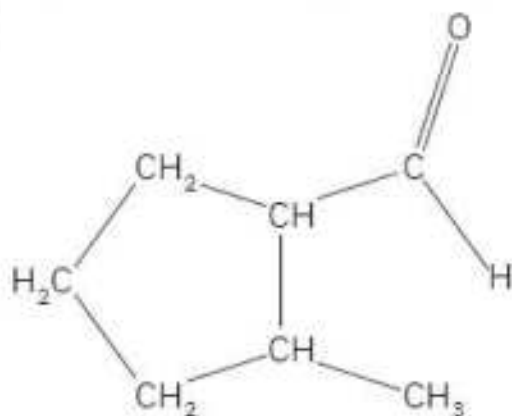
Wybrane aldehydy mają także nazwy zwyczajowe:

Nazwa systematyczna	Nazwa zwyczajowa
metanal	aldehyd mrówkowy formaldehyd
etanal	aldehyd octowy
propanal	aldehyd propionowy
butanal	aldehyd masłowy
benzenokarboaldehyd	aldehyd benzoesowy

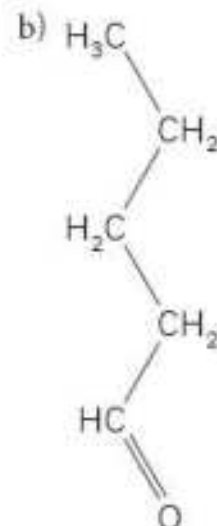
Ćwiczenia

1. Narysuj w zeszycie te spośród podanych struktur związków, które są cząsteczkami aldehydów. Podaj nazwy tych aldehydów.

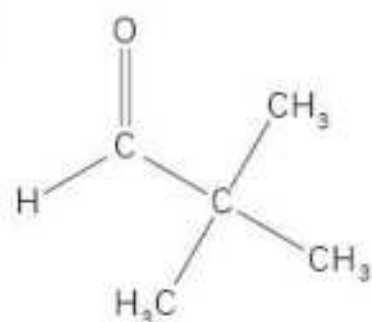
a)



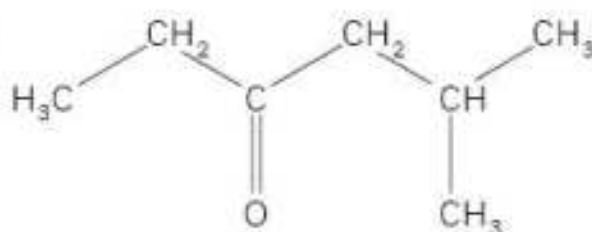
b)



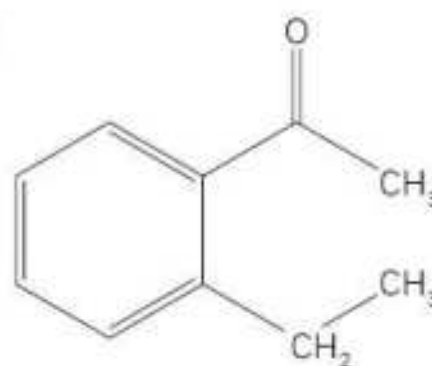
c)



d)



e)



2. Narysuj w zeszycie struktury:

a) 2-metylopropanalu,

b) 4-etylocykloheksanokarboaldehydu,

c) but-3-ynalu,

d) 3-chlorobenzenokarboaldehydu.



3. Uzupełnij w zeszycie poniższą tabelę.

Nazwa systematyczna	Nazwa zwyczajowa	Wzór pół-strukturalny
metanal	aldehyd mrówkowy formaldehyd	
etanal	aldehyd octowy	
propanal	aldehyd propionowy	
butanal	aldehyd masłowy	
benzenokarboaldehyd	aldehyd benzoesowy	

3.3. Otrzymywanie

Etanal można otrzymać dzięki omówionej już reakcji addycji wody do acetylenu (patrz podrozdz. I.3.5.). Inną znaną już metodą otrzymywania aldehydów jest utlenianie alkoholi pierwszorzędowych (patrz podrozdz. II.1.4.).

Doświadczenie 1.

Otrzymywanie etanal (pokaz)

Opis:

Błazkę lub drut miedziany rozgrzej do czerwoności w płomieniu palnika, a następnie wyjmij z płomienia i poczekaj, aż ostygnie. Czynność rozgrzewania powtórz kilka razy – za każdym razem włóż rozgrzany kawałek miedzi (błazkę lub drut) do probówki z etanolem.



Obserwacje:

Podczas ogrzewania miedzi w płomieniu palnika pokrywa się ona czarnym nalotem, który znika po zanurzeniu w probówce z alkoholem.



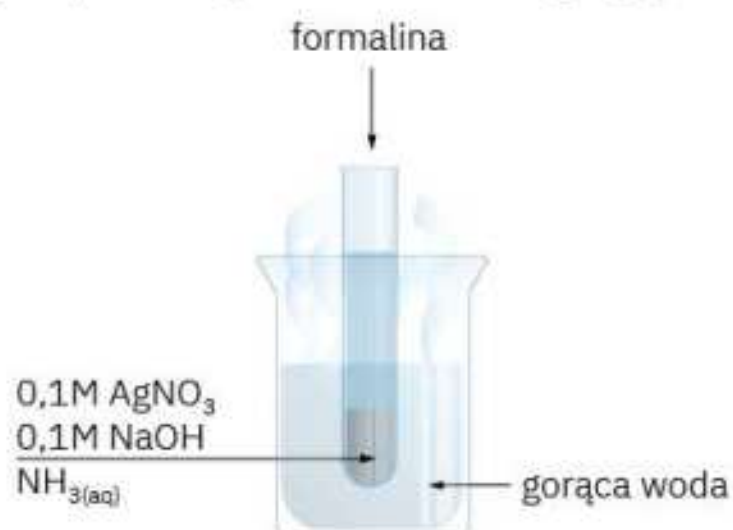


Doświadczenie 2.

Próba Tollensa

Opis:

Do probówki dodaj ok. 2 cm³ 0,1-molowego wodnego roztworu azotanu(V) srebra oraz tyle samo 0,1-molowego wodnego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie, ciągle mieszając, wlewaj do probówki kroplami wodę amoniakalną, aż do rozpuszczenia powstałego osadu. Do tak przygotowanego roztworu dodaj kroplami, po ściągach ok. 1 cm³ formaliny (wodnego roztworu metanal), a następnie probówkę umieść w zlewce z gorącą wodą.



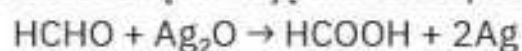
Obserwacje:

Po dodaniu wodorotlenku sodu do azotanu(V) srebra wytrącił się brunatny osad, który zanikał w miarę dodawania wody amoniakalnej. Po dodaniu formaliny zaczęła się pojawiać srebrzysta, lustrzana warstwa na ściągach probówki.

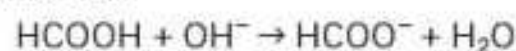


Wnioski:

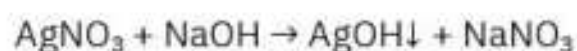
Zaszła reakcja redukcji związków srebra potwierdzająca właściwości redukujące aldehydów. Uproszczoną reakcję można zapisać tak:



Ze względu na zasadowe środowisko tej reakcji powstający kwas karboksylowy występuje w formie soli:



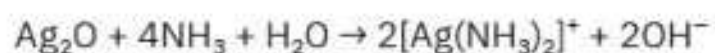
*W rzeczywistości ta reakcja jest zdecydowanie bardziej złożona i składa się z następującego ciągu reakcji:



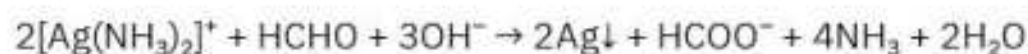
powstanie nietrwałego wodorotlenku srebra



rozkład wodorotlenku srebra do tlenku srebra oraz wody



powstanie związku kompleksowego – wodorotlenku diaminosrebra(I)



reakcja powstałego kompleksu z metanalem

W tej reakcji funkcję reduktora pełni aldehyd, który redukuje srebro z I stopnia utlenienia do stopnia zerowego, a sam utlenia się do kwasu karboksylowego. Ze względu na efekt końcowy ta próba często jest nazywana **próbą lustra srebrowego**.

• Próba Trommera

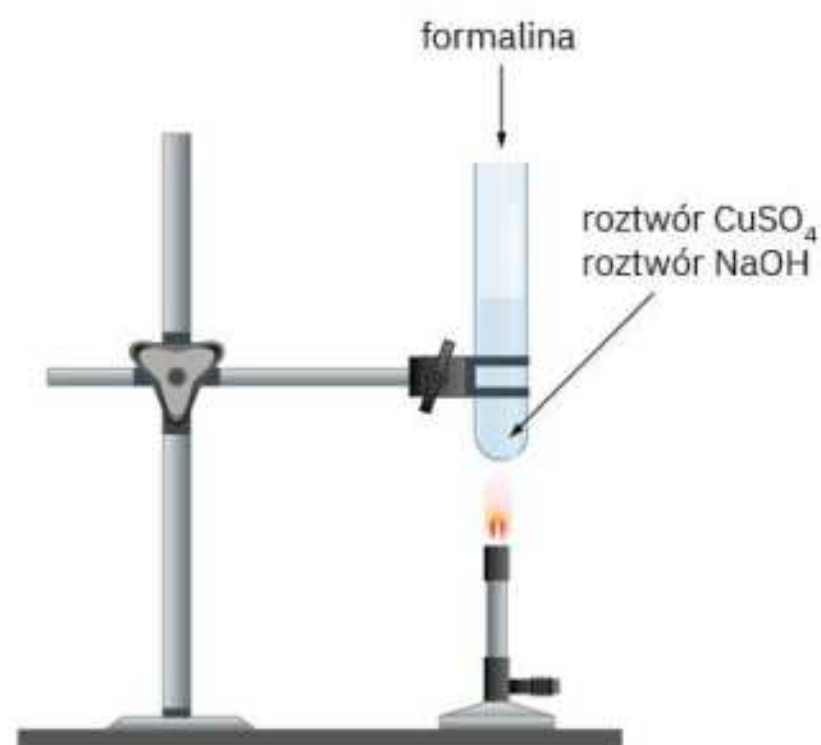
Właściwości redukujące aldehydów potwierdza także próba Trommera.

Doświadczenie 3.

Próba Trommera

Opis:

Do probówki zawierającej ok. 3 cm³ rozcieńczonego roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) dodawaj wodnego roztworu wodorotlenku sodu, aż do strącenia się osadu. Następnie ok. 1 cm³ formaliny (wodnego roztworu metanalu) wlej do probówki i ostrożnie ogrzewaj ją w płomieniu palnika.



Obserwacje:

Niebieski, galaretowaty osad przekształcił się w ciężki, ceglasty osad.

Wnioski:

Zaszła reakcja redukcji związków miedzi z II stopnia utlenienia na stopień I:

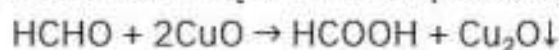


Reakcję tę można także zapisać jonowo:



Niebieski wodorotlenek miedzi(II) został zredukowany do ceglastego tlenku miedzi(I).

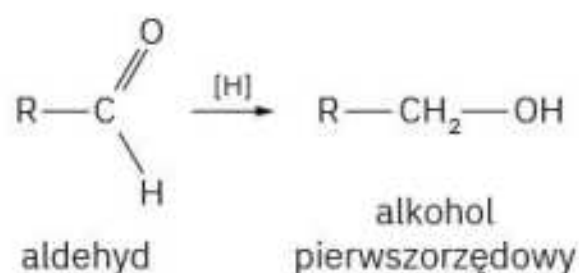
Ze względu na niską trwałość wodorotlenku miedzi(II), który rozkłada się do tlenku miedzi(II) w podwyższonej temperaturze, równanie opisujące próbę Trommera czasami przedstawia się w formie uproszczonej:



Ten uproszczony zapis pomija także zasadowe środowisko reakcji i powstanie soli kwasu karboksylowego.

• Reakcja redukcji

Proces odwrotny do utleniania to proces redukcji, któremu także ulegają aldehydy. Produktem takiej reakcji redukcji jest alkohol pierwszorzędowy. Reakcję tę można przedstawić za pomocą schematu:

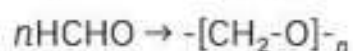


[H] – symbolicznie przedstawiony reduktor

Takim reduktorem może być wodór cząsteczkowy działający w obecności katalizatora niklowego, palladowego lub platynowego. W tych warunkach wodór ulega addycji do wiązania podwójnego C=O.

• Reakcje polimeryzacji

Ze względu na obecność wiązania podwójnego w grupie karbonyłowej aldehydy mogą ulegać reakcji polimeryzacji. Na dnie naczynia z formaliną po dłuższym czasie przechowywania można zauważyć biały osad będący wynikiem reakcji polimeryzacji – **poliformaldehydu** (zwanego potocznie **paraformem**):



Poliformaldehyd ogrzany do wysokiej temperatury ulega reakcji odwrotnej, czyli depolimeryzacji.

3.6. Zastosowanie

Czterdziestoprocentowy wodny roztwór metanal, nazywany **formaliną**, jest używany do konserwacji preparatów zawierających materiał biologiczny (rys. 13).



Rys. 13. Do konserwacji materiałów biologicznych pochodzenia roślinnego wykorzystuje się trzyprocentowy roztwór formaliny, a do tych pochodzenia zwierzęcego – pięcioprocentowy.

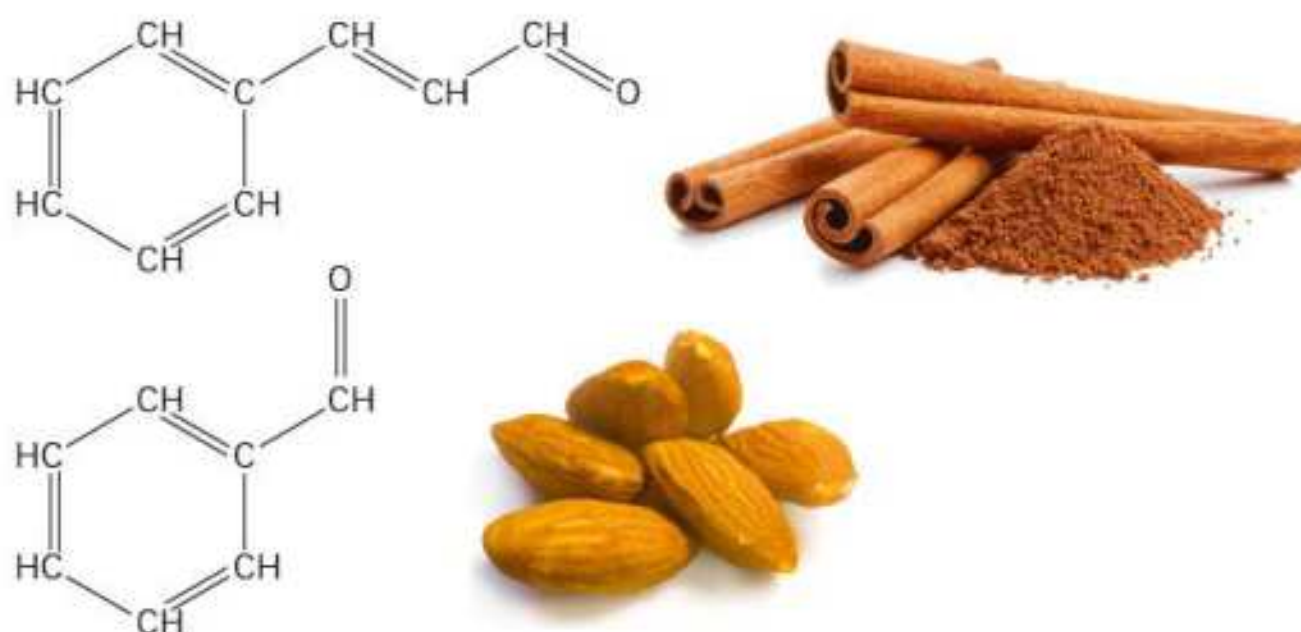


Rys. 14. Próbe Tollensa potwierdzającą redukujące właściwości aldehydów stosuje się w ich analizie jakościowej oraz do wyrobu luster i ozdób choinkowych.



Rys. 15. Poliformaldehyd jako polimer odporny na uszkodzenia mechaniczne i wysoką temperaturę jest używany do produkcji elementów sprzętu kuchennego.

Ponadto aldehydy występują w wielu roślinnych olejkach zapachowych. Aldehyd benzoesowy jest odpowiedzialny za zapach esencji migdałowej. Aldehyd cynamonowy to dominujący składnik oleju cynamonowego.

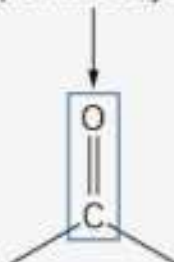


Rys. 16. Wiele aldehydów to naturalne substancje zapachowe.

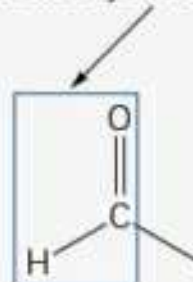
PODSUMOWANIE LEKCJI

Aldehydy RCHO, ArCHO

grupa karbonylowa



grupa aldehydowa (formylowa)



- s. 176
- Aldehydy** – związki, w których grupa karbonylowa jest połączona z węglem z reszty węglowodorowej oraz z atomem wodoru. Wyjątek stanowi najprostszy aldehyd metanal – HCHO.

Aldehydy

Charakterystyczna końcówka w nazwach aldehydów alifatycznych

-al

Otrzymywanie

- utlenianie alkoholi pierwszorzędowych
- addycja wody do acetylenu
- reakcja spalania
- reakcja utleniania (do kwasów karboksylowych)
- próba Tollensa (lustro srebrowego)

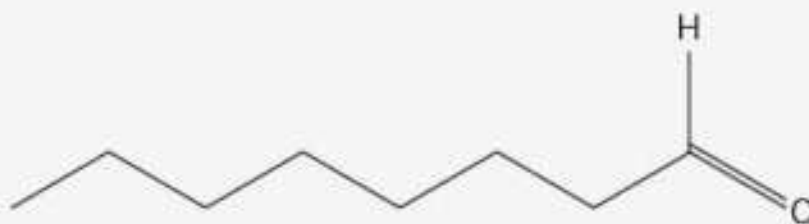
Właściwości chemiczne

- próba Trommera
- reakcja redukcji (do alkoholi pierwszorzędowych)

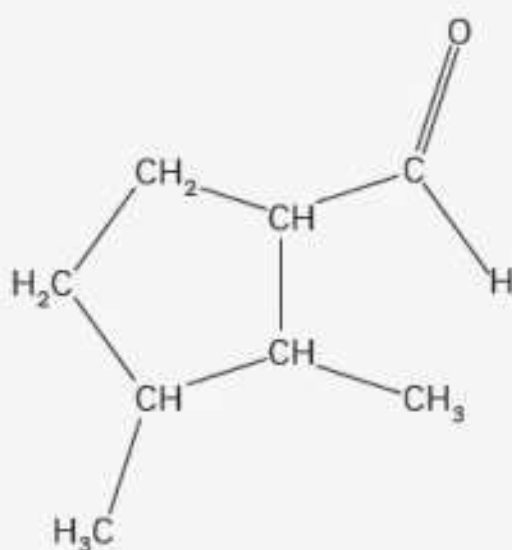
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj nazwy poniższych aldehydów.

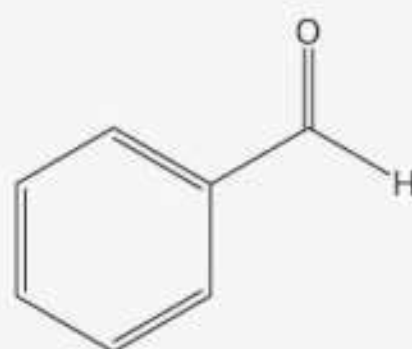
a)



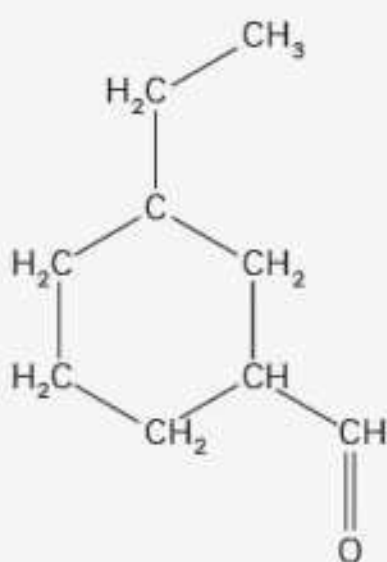
b)



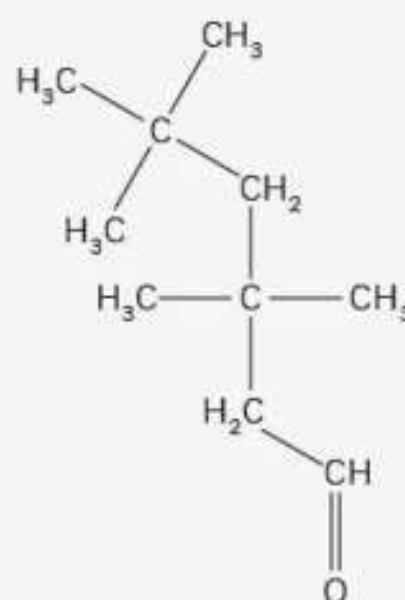
c)



d)



e)



2. Spośród poniższych wybierz nazwy aldehydów. Narysuj w zeszycie ich wzory szkieletowe. 2,3-dimetylopentanal, aldehyd octowy, metanol, benzaldehyd, but-2-ynal, benzenol

3. Wskaż zdania opisujące aldehydy.

- Zawierają grupę karbonylową.
- Zawierają grupę formylową.
- Wykazują właściwości utleniające.
- Dają pozytywny wynik w próbach Tollensa i Trommera.
- Reagują z chlorkiem żelaza(III), tworząc niebieski produkt reakcji.
- W ich nazwach występuje charakterystyczna końcówka -ol.

- g) Można je otrzymać w wyniku reakcji utleniania alkoholi drugorzędowych.
- h) Dają negatywny wynik w próbie lustra srebrowego.
- i) Ulegają reakcjom polimeryzacji.

4. Napisz w zeszycie równanie reakcji:

- a) opisujące wynik próby Tollensa, której poddano etanal,
- b) opisujące wynik próby Trommera, której poddano etanal,
- c) utleniania propan-1-olu,
- d) redukcji etanal.

5. Uzupełnij poniższe zdania i zapisz je w zeszycie.

Próba Tollensa potwierdza właściwości aldehydów. Funkcję utleniacza w tej próbie pełni i redukuje się do , co uwidacznia się w postaci lustrzanego osadu osadzonego na ściankach probówki.

Próbę Trommera, w której aldehydy dają wynik , opisuje reakcja redoks. W tej reakcji funkcję reduktora pełnią cząsteczki , które utleniają się do . Utleniaczem jest , który redukuje się do . Reakcji tej towarzyszy zmiana barwy z na .

4. Ketony – związki karbonylowe

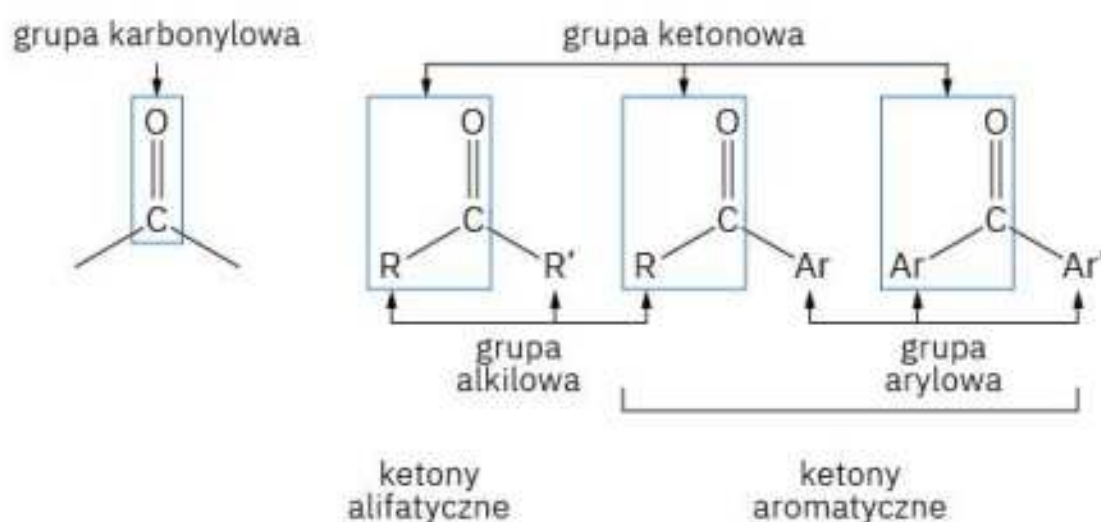
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak nazywa się ketony;
- jak otrzymuje się ketony;
- jakie właściwości wykazują ketony;
- co to jest reakcja jodoformowa*;
- do czego stosuje się ketony.

Tak jak w przypadku aldehydów, w ketonach grupą funkcyjną jest grupa karbonylowa. Tak zwane ciała ketonowe, czyli organiczne związki należące do grupy ketonów występują w organizmach zwierzęcych jako metabolity sacharydów i tłuszczów. Dla zdrowego organizmu podstawowym źródłem energii jest glukoza, jednak w stanach jej niedoborów wykorzystuje on ciała ketonowe jako materiał energetyczny. W surowicy krwi stężenie ciał ketonowych nie powinno przekraczać $0,2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$. W moczu nie powinny one występować wcale. Dlatego też ich obecność w moczu lub podwyższone stężenie we krwi wskazuje na zaburzenia związane z gospodarką węglowodanową. Czy ketony i aldehydy jako związki karbonylowe wykazują takie same właściwości?

4.1. Grupa funkcyjna

Grupą funkcyjną ketonów, zwanych także alkanonami, jest grupa karbonylowa połączona z dwoma atomami węgla grup węglowodorowych. Wzory ogólne ketonów można zatem przedstawić następująco:

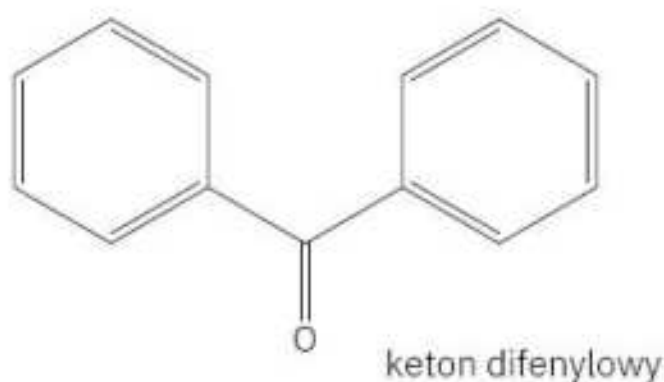
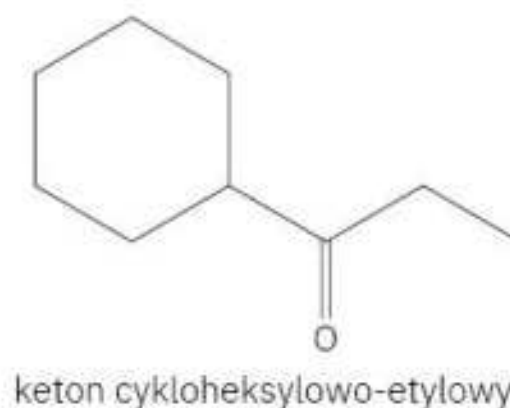
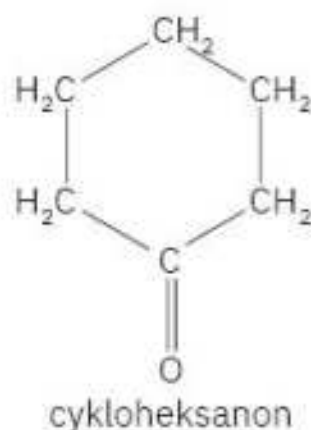
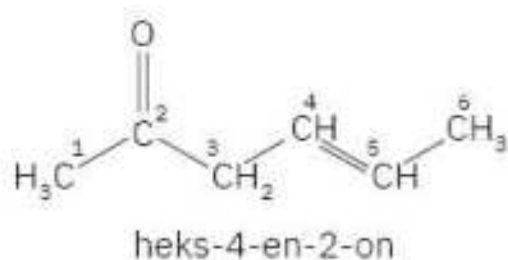
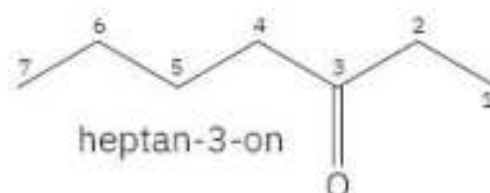
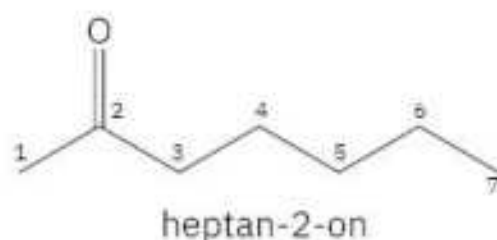


Ketony (alkanony) – związki, w których grupa karbonylowa jest połączona z dwoma atomami węgla grup węglowodorowych.

ketony

4.2. Nazewnictwo

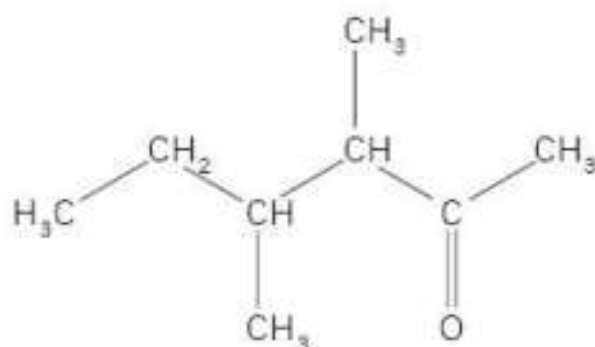
Nazwy systematyczne ketonów, w których grupa karbonylowa jest częścią łańcucha lub pierścienia, tworzy się przez dodanie końcówki **-on** do nazwy węglowodoru zawierającego tyle samo atomów węgla. Należy pamiętać, by w razie potrzeby (jeśli położenie grupy karbonylowej nie jest oczywiste) wskazać jej położenie, podając lokant przed końcówką -on. Numerację łańcucha węglowego należy wprowadzić tak, by grupa karbonylowa miała jak najniższy lokant. Nazwy ketonów można także tworzyć ze słowem *keton* i nazwami grup węglowodorowych połączonych z grupą karbonylową, a nazwy tych grup podaje się w kolejności alfabetycznej. Przykłady obu sposobów nazewnictwa przedstawiono poniżej.

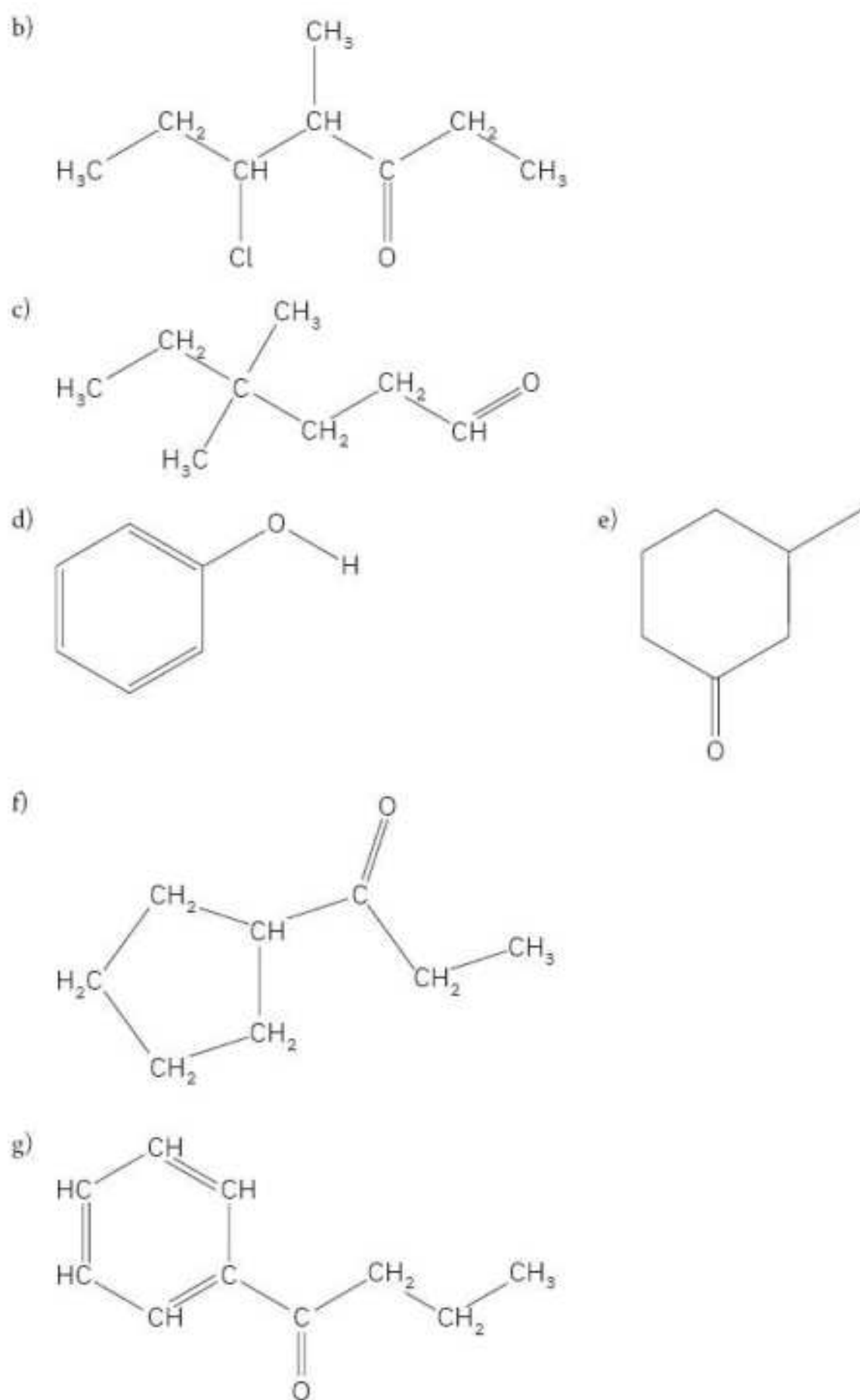


Ćwiczenia

1. Spośród poniższych związków wybierz ketony. Zapisz w zeszycie ich nazwy.

a)





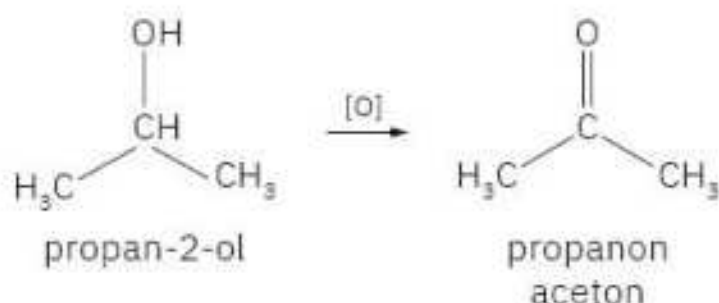
2. Narysuj w zeszycie struktury podanych związków.

- a) butanon
- b) cyklobutanon
- c) pentan-2-on
- d) 3-metylobutanon
- e) keton cyklopentylu-metylowy

4.3. Otrzymywanie

• Utlenianie alkoholi drugorzędowych (II.1.4.)

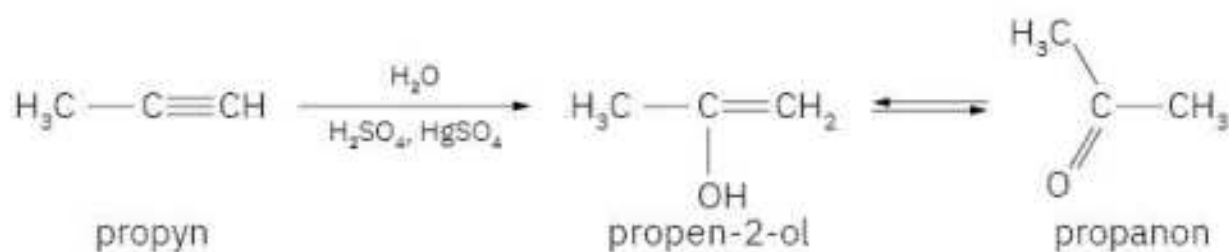
Ketony otrzymuje się, utleniając alkohole drugorzędowe. Reakcja utleniania propan-2-olu prowadzi do powstania propanonu (ketonu dimetylowego), najprostszego ketonu, zwanego zwyczajowo **acetone**m:



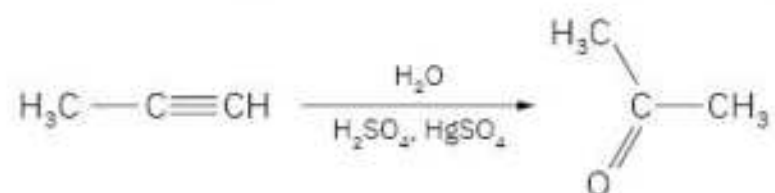
Czynnikiem utleniającym może być tlenek miedzi(II) (CuO) lub dichromian(VI) potasu (K₂Cr₂O₇) w środowisku kwasu siarkowego(VI) (H₂SO₄).

• Uwodnienie alkinów (I.3.5.)

Inną metodą jest uwodnienie alkinów zachodzące w obecności katalizatora. Produktem pośrednim jest nietrwały enol^{2*}.



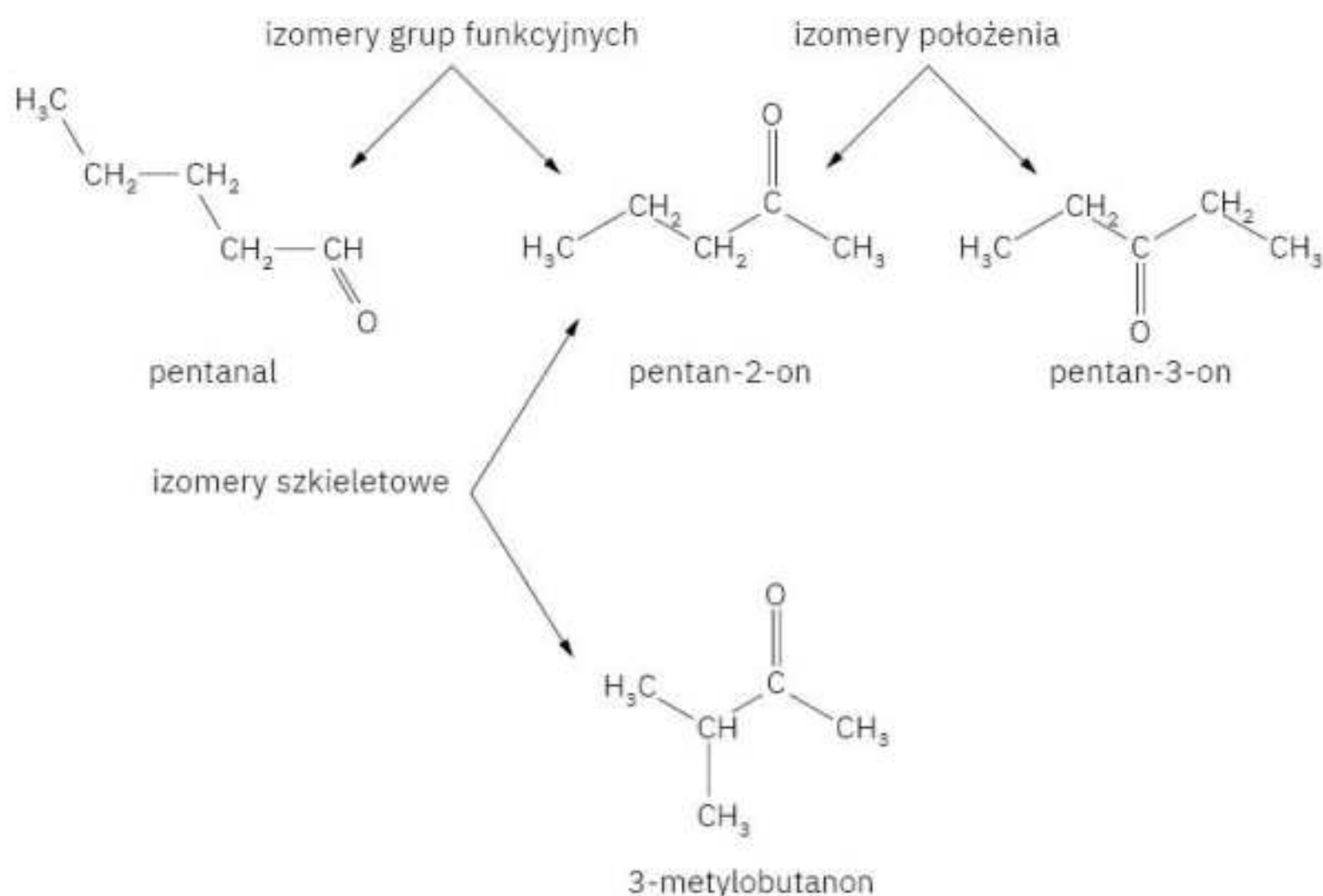
Aby uprościć, można pominąć powstanie nietrwałego produktu pośredniego:



4.4. Izomeria związków karbonylowych

Aldehydy i ketony o budowie łańcuchowej zawierające tyle samo atomów węgla są względem siebie izomerami grup funkcyjnych. Ponadto mogą one tworzyć izomery szkieletowe lub położenia.

² Enol – związek, w którym grupa hydroksylowa jest związana z jednym z atomów węgla połączonym z innym atomem węgla wiązaniem podwójnym. Enole są bardzo nietrwałe i szybko ulegają izomeryzacji do związków zawierających grupę karbonylową (aldehydów lub ketonów).



Rys. 17. Izomeria związków karbonylowych – aldehydów i ketonów.

Ćwiczenie

3. Dla oktan-3-onu narysuj w zeszycie strukturę izomeru:
- grup funkcyjnych,
 - szkieletowego,
 - położenia.

4.5. Właściwości fizyczne

Aceton w warunkach normalnych jest bezbarwną, lotną, palną cieczą o charakterystycznym zapachu. Temperatura wrzenia acetonu wynosi 56°C , a topnienia -95°C . Ze względu na bardzo dobrą rozpuszczalność w rozpuszczalnikach polarnych (np. w wodzie) oraz niepolarnych (np. w benzynie) jest uniwersalnym rozpuszczalnikiem. Miesza się właściwie z każdym rozpuszczalnikiem organicznym bez ograniczeń. Wodny roztwór acetonu ma odczyn obojętny.

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczce rośnie gęstość, temperatura wrzenia oraz topnienia ketonów, natomiast rozpuszczalność w wodzie maleje (tab. 5).

Tab. 5. Wybrane właściwości fizyczne ketonów otwierających szereg homologiczny ketonów alifatycznych

Wzór	Nazwa	Gęstość [g · cm ⁻³]	T _{wrzenia} [°C]	T _{topnienia} [°C]	Rozpuszczalność w wodzie
CH ₃ COCH ₃	propanon	0,784	56	-95	↑
CH ₃ CH ₂ COCH ₃	butanon	0,805	80	-86	
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COCH ₃	pentan-2-on	0,809	101	-78	
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ COCH ₃	heksan-2-on	0,811	128	-56	

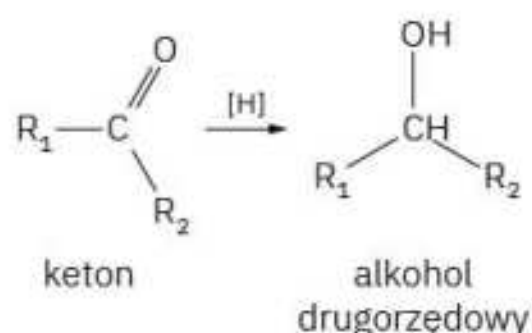
4.6. Właściwości chemiczne

• Reakcja spalania

Ketony ulegają reakcjom spalania całkowitego, półspalania oraz spalania niecałkowitego.

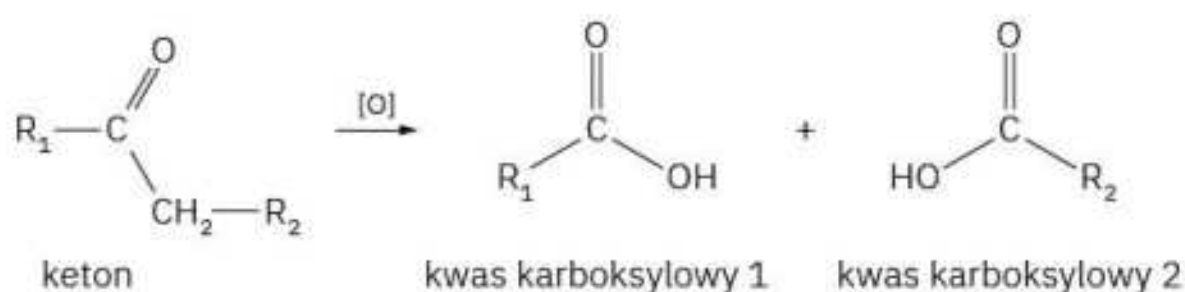
• Reakcja redukcji

Ketony pod wpływem działania czynnika redukcyjnego ulegają redukcji do alkoholi drugorzędowych:



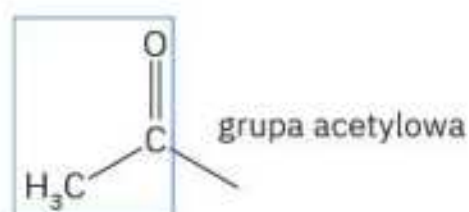
• Reakcja utleniania

Ketony w przeciwieństwie do aldehydów nie wykazują właściwości redukujących, nie dają zatem pozytywnych wyników w próbach Tollensa i Trommera. Różnica ta wynika z budowy cząsteczek aldehydów i ketonów. Utlenianie aldehydów powoduje przekształcenie grupy funkcyjnej znajdującej się na końcu łańcucha węglowego. Utlenianie ketonów, w których grupa funkcyjna znajduje się wewnątrz łańcucha węglowego, wymaga rozerwania łańcucha węglowego. Dlatego właśnie aldehydy tak łatwo ulegają reakcjom utleniania, a reakcje te zachodzą już w obecności łagodnych utleniaczy. Natomiast utlenianie ketonów wymaga zdecydowanie silniejszych utleniaczy i prowadzi do powstania mieszaniny kwasów karboksylowych (rozdz. III.5.) o krótszych łańcuchach węglowych:

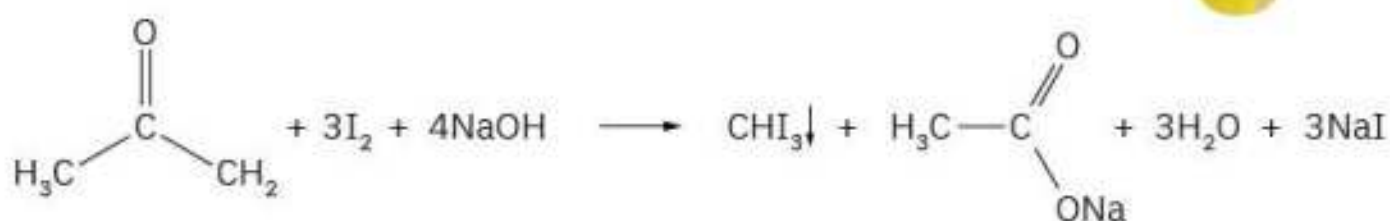


• *Próba jodoformowa

Grupa karbonylowa wywiera istotny wpływ na właściwości związanych z nią grup węglowodorowych. Ketony zawierające grupę metylową połączoną z grupą karbonylową ulegają w środowisku zasadowym reakcji z jodem. Reakcja ta jest dla nich charakterystyczna, więc wykorzystuje się ją do wykrywania tzw. grup acetylowych:



W przypadku obecności grupy acetylowej w wyniku próby **jodoformowej** pojawia się charakterystyczny żółty osad trijodometanu zwanego także jodoformem. Równanie reakcji próby jodoformowej, jakiej poddano aceton, przedstawia się następująco:



Podobna reakcja zachodzi w obecności innych fluorowców (chloru i bromu). Reakcja ta nosi nazwę **haloformowej**.

Ćwiczenia

4. Napisz w zeszycie równania reakcji:
 - a) spalania acetonu,
 - b) redukcji butanonu,
 - c) utleniania butanonu.
- 5*. Wskaż związki, dla których wynik próby jodoformowej byłby pozytywny.
 - a) butan-2-on
 - b) pentan-3-on
 - c) pentan-2-on
 - d) butanal



4.7. Zastosowanie

Aceton to keton najczęściej używany. Wykorzystuje się go jako substrat w wielu syntezach chemicznych, a także jako rozpuszczalnik w laboratoriach chemicznych oraz w przemyśle. Stosuje się go przy produkcji leków, barwników, farb i lakierów. Jako uniwersalny rozpuszczalnik jest popularnym składnikiem zmywaczy do paznokci.

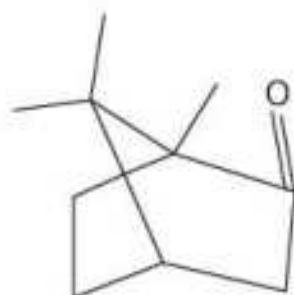
Aceton może być wykorzystywany do produkcji narkotyków jako prekursor (substancja używana na wstępnym etapie produkcji). W związku z tym zgodnie z ustawą o przeciwdziałaniu narkomanii oraz rozporządzeniami Wspólnoty Europejskiej obrót nim w Polsce podlega kontroli.

Wiele ketonów to związki zapachowe stanowiące składniki naturalnych olejków eterycznych. Dlatego też używa się ich w przemyśle perfumeryjnym.

Rys. 19. Ketony wchodzą w skład m.in. piżma – substancji o zapachu cennym dla przemysłu perfumeryjnego oraz utrwalacza perfum.



Rys. 18. Aceton to składnik lakierów do paznokci przyspieszający ich wysychanie.



kamfora

Znanym ketonem o szerokim zastosowaniu jest kamfora. To związek wykazujący aktywność biologiczną. Charakteryzuje się właściwościami antybakteryjnymi i antywirusowymi. Dlatego stanowi składnik leków, np. do leczenia opryszczki. Ze względu na działanie rozgrzewające kamfora jest popularnym dodatkiem do leków rozgrzewających i maści przeciwbólowych.

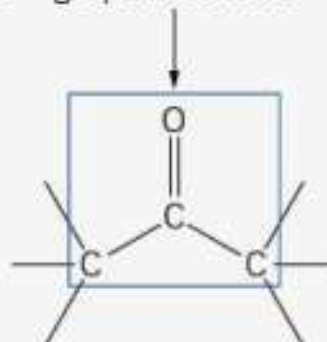
PODSUMOWANIE LEKCJI

KETONY R_1COR_2 ; $RCOAr$; Ar_1COAr_2

grupa karbonylowa



grupa ketonowa



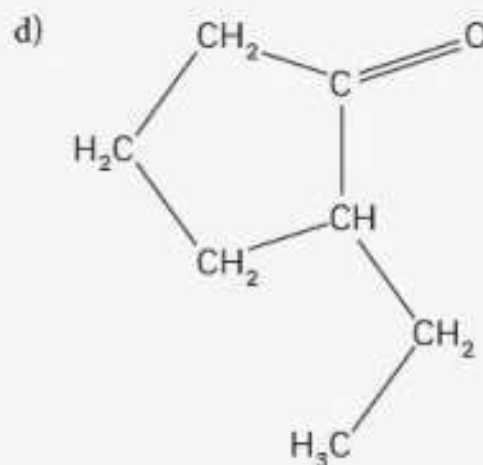
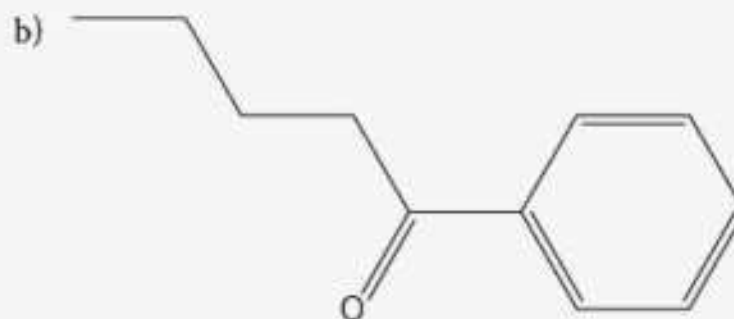
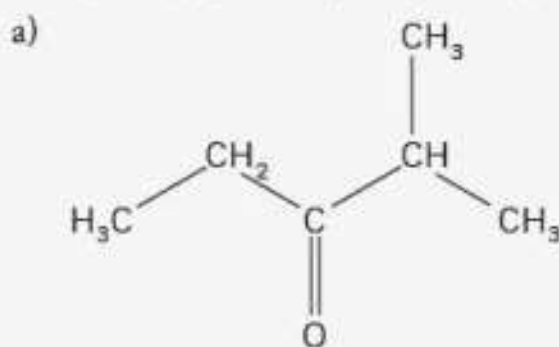
- **Ketony** – związki, w których grupa karbonylowa jest połączona z dwoma węglami z reszt węglowodorowych.

s. 189

Ketony	
Charakterystyczna końcówka w nazwach ketonów alifatycznych	-on
Otrzymywanie	• utlenianie alkoholi drugorzędowych • addycja wody do alkinów
Właściwości chemiczne	• reakcja spalania • reakcja redukcji (do alkoholi drugorzędowych) • pod wpływem silnych utleniaczy reakcja utleniania (do mieszaniny kwasów karboksylowych) • *reakcja haloformowa (wykrywanie ketonów metylowych)

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Narysuj w zeszycie strukturę ketonów o podanych nazwach. Podkreśl struktury ketonów aromatycznych.
 - keton etylowo-metylowy
 - keton butylowo-fenylowy
 - pent-3-en-2-on
 - cyklobutanon
 - keton fenylo-metylowy
 - 3-metyloheksan-2-on
- Podaj nazwy systematyczne poniższych ketonów.



3. Napisz w zeszycie wzory strukturalne i podaj nazwy systematyczne wszystkich izomerycznych aldehydów oraz ketonów o wzorze sumarycznym C_4H_8O .
4. Napisz w zeszycie wzory półstrukturalne alkoholi, które w wyniku reakcji utleniania tworzą:
 - a) propanon,
 - b) butanon,
 - c) cykloheksanon,
 - d) keton fenylo-metylowy.
5. Podaj produkt redukcji butanonu i butanal.
6. Uwzględniając poniższy opis wskaż, czy związek X jest aldehydem czy ketonem. Co można powiedzieć o strukturze związku opisanego w podpunkcie h?
 - a) Związek X daje pozytywny wynik próby Trommera.
 - b) Związek X daje pozytywny wynik próby Tollensa.
 - c) Związek X wykazuje właściwości redukcyjne.
 - d) Utleniając związek X, otrzymuje się mieszaninę kwasów karboksylowych.
 - e) Utleniając alkohol drugorzędowy, otrzymuje się związek X.
 - f) Redukcja związku X prowadzi do otrzymania alkoholu drugorzędowego.
 - g) Związek X ma atom wodoru związany z grupą karbonylową.
 - h*) Związek X daje pozytywny wynik próby jodoformowej oraz negatywny wynik próby Tollensa.

5. Kwasy karboksylowe

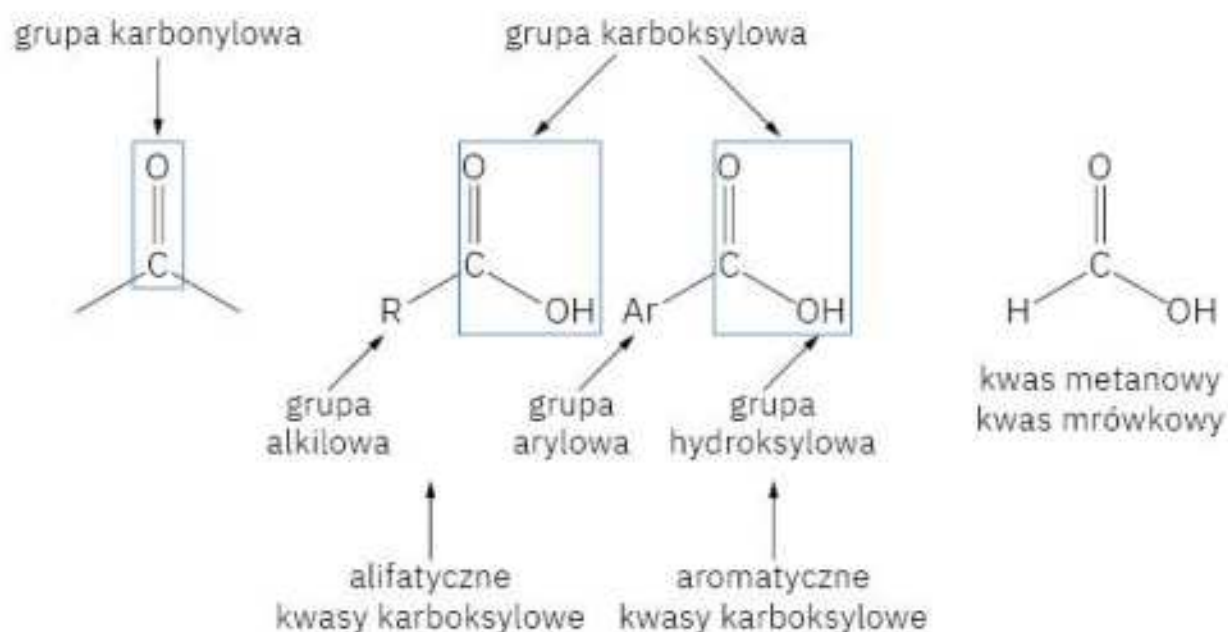
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak nazywa się kwasy karboksylowe;
- jak otrzymuje się kwasy karboksylowe;
- jakimi właściwościami fizycznymi charakteryzują się kwasy karboksylowe;
- jakimi właściwościami chemicznymi charakteryzują się kwasy karboksylowe;
- co wpływa na moc kwasów karboksylowych.

Kolejną bardzo ważną grupą organicznych związków chemicznych są kwasy karboksylowe. Grupa karbonylowa występująca w tych związkach jest fragmentem bardziej rozbudowanej grupy funkcyjnej kwasów karboksylowych, zwanej grupą karboksylową.

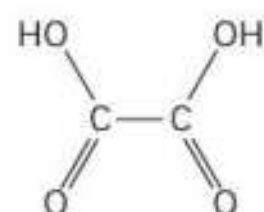
5.1. Grupa funkcyjna

Kwasy karboksylowe to związki organiczne, których cechą wspólną jest grupa karboksylowa, stanowiąca połączoną grupę hydroksylową oraz karbonylową, związana z grupą węglowodorową. Grupa węglowodorowa może być alifatyczna – łańcuchowa, cykliczna lub aromatyczna. Wyjątkiem jest najprostszy kwas karboksylowy otwierający szereg homologiczny nasyconych monokarboksylowych kwasów karboksylowych – kwas metanowy, zwyczajowo nazywany mrówkowym. Jego cząsteczka poza grupą funkcyjną zawiera wyłącznie atom wodoru (HCOOH).





Obok kwasów monokarboksylowych (zawierających jedną grupę karboksylową) występują także kwasy polikarboksylowe zawierające więcej niż jedną grupę karboksylową. Najprostszym kwasem polikarboksylowym jest kwas etanodiowy, zwyczajowo zwany szczawiovym:



kwas etanodiowy
kwas szczawiovym

Rys. 20. Kwas szczawiovym występuje naturalnie w roślinach takich jak szczaw (zdjęcie u góry) lub rabarbar.

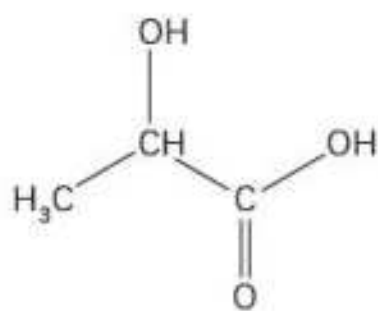
kwasy mono-
karboksylowe

Kwasy monokarboksylowe – kwasy karboksylowe zawierające jedną grupę karboksylową.

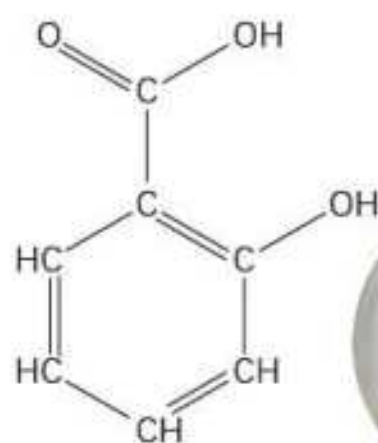
kwasy
polikarboksylowe

Kwasy polikarboksylowe – kwasy karboksylowe zawierające więcej niż jedną grupę karboksylową.

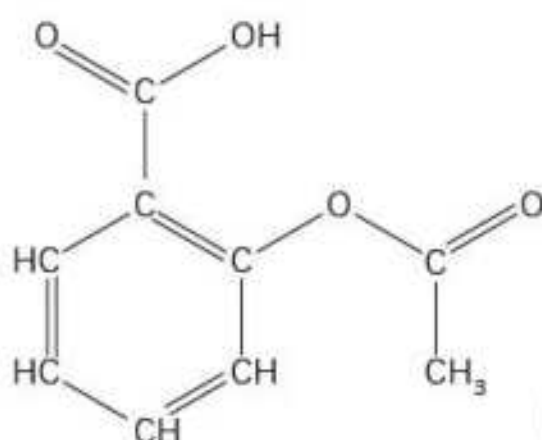
Kwasy karboksylowe, podobnie jak związki z innych klas, mogą zawierać także inne grupy funkcyjne. Istnieje spora grupa kwasów karboksylowych mających w swojej strukturze dodatkową grupę hydroksylową. Związki te nazywane są **hydroksykwasami** karboksylowymi. Przykładem takich związków jest kwas mlekowy (kwas 2-hydroksypropanowy) obecny w wielu produktach mlecznych, np. jogurcie, kefirze czy maślanie, oraz powstający w mięśniach w trakcie intensywnego wysiłku fizycznego w wyniku spalania glukozy. Tworzy się on, gdy dochodzi do procesu beztlenowego oddychania zwanego fermentacją mleczanową. Aromatycznym przykładem hydroksykwasu jest kwas salicylowy (kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy), który występuje w postaci krystalicznego białego ciała stałego lub w formie bezbarwnych igieł. Związek ten jest wykorzystywany do dezynfekcji oraz do produkcji aspiryny będącej pochodną tego kwasu (kwas acetylosalicylowy).



kwask mlekowy
kwask 2-hydroksypropanowy



kwask salicylowy
kwask 2-hydroksybenzenokarboksylowy



aspiryna
kwask acetylosalicylowy

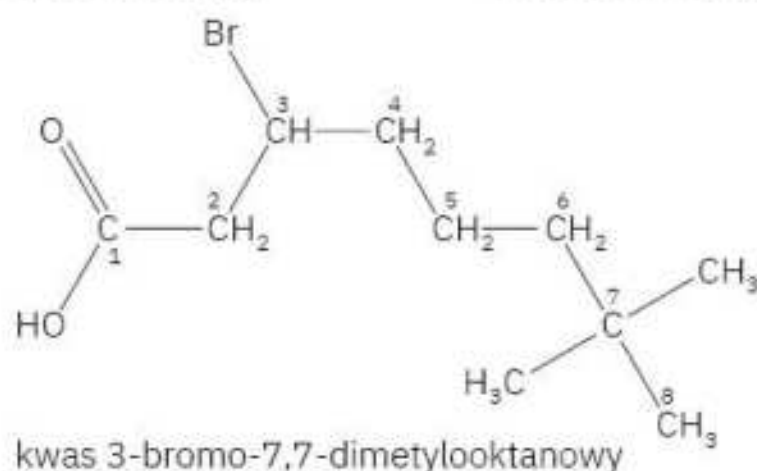
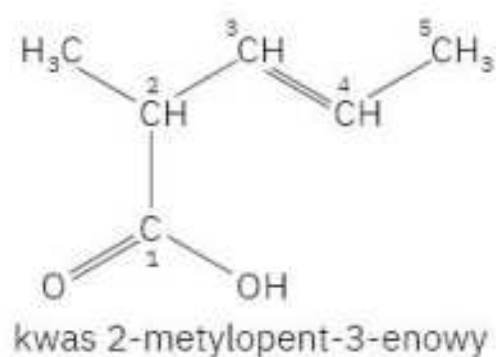
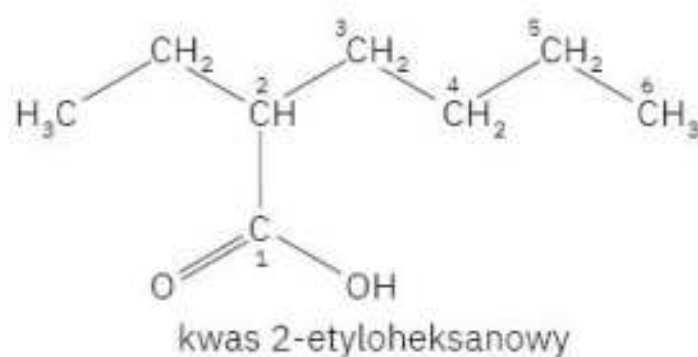
Rys. 21. Przykładami hydroksykwasków są kwask mlekowy oraz kwask salicylowy, który jest substratem do produkcji aspiryny.

5.2. Nazewnictwo

Nazwy systematyczne alifatycznych kwasków karboksylowych tworzy się przez dodanie słowa **kwask** oraz końcówki **-owy** do nazwy węglowodoru mającego t samą liczb atomów węgła w cząsteczce, łącznie z atomem węgła z grupy karboksylowej. Jeżeli jest konieczne wprowadzenie numeracji atomów węgła, to zaczyna się ona od węgła z grupy karboksylowej.

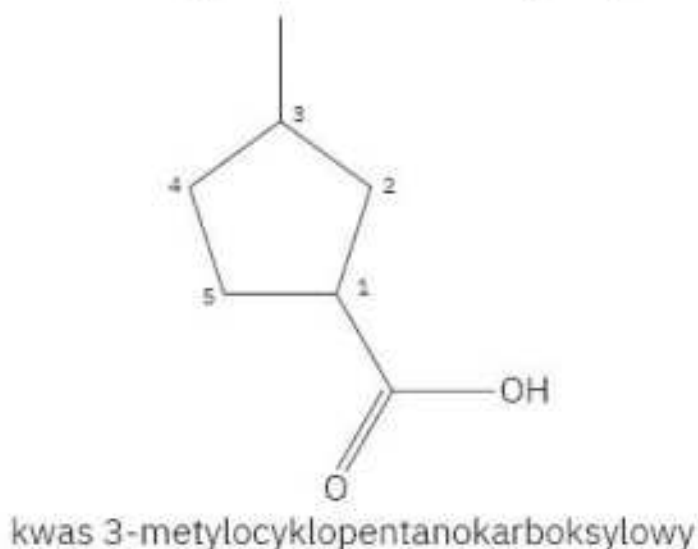
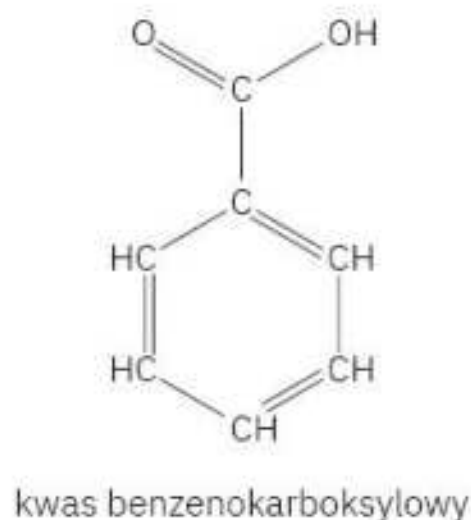
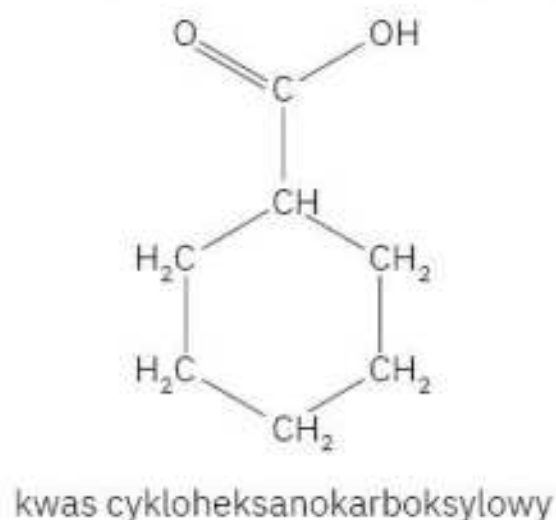
CH_4
metan
 CH_3CH_3
etan
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
propan
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
butan
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
pentan

HCOOH
kwask metanowy
 CH_3COOH
kwask etanowy
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
kwask propanowy
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
kwask butanowy
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
kwask pentanowy



Wiele kwasów karboksylowych ma nazwy zwyczajowe. Nazwy niektórych alifatycznych kwasów karboksylowych szeregu homologicznego podano w tabeli 6.

Nazwy systematyczne cyklicznych oraz aromatycznych kwasów karboksylowych tworzy się, traktując je jako pochodne węglowodorowe, w których jeden lub kilka atomów wodoru zastąpiono grupami karboksylowymi. Grupy karboksylowej nie wlicza się wówczas do szkieletu węglowego, nazwę poprzedza się słowem **kwasy** i dodaje się końcówkę **-karboksylowy**:



Kwas benzenokarboksylowy w literaturze chemicznej funkcjonuje pod nazwą zwyczajową – kwas benzoesowy.

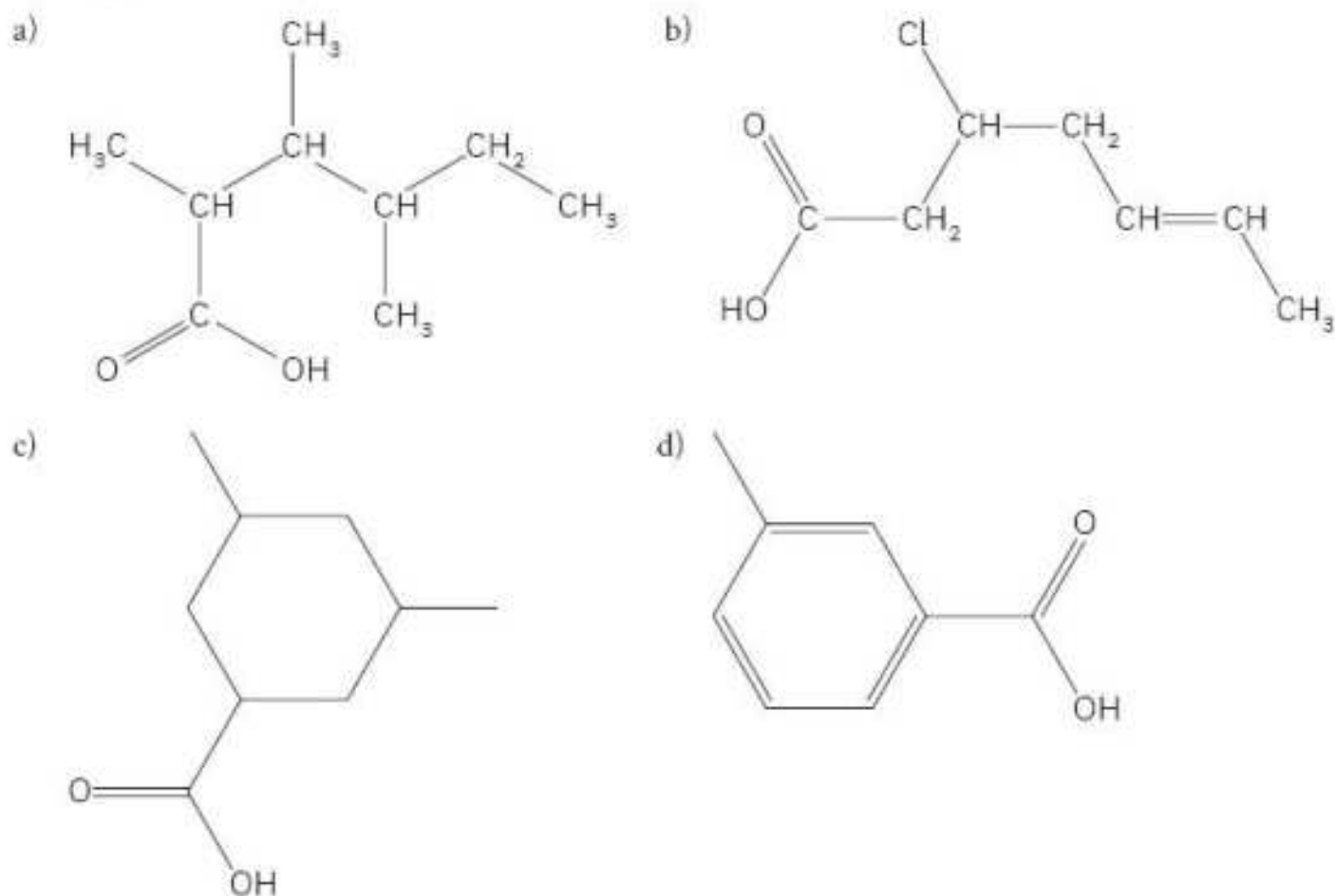
Nazwy soli kwasów karboksylowych najczęściej tworzy się, wykorzystując nazwy zwyczajowe kwasów. Sole kwasu benzoesowego to benzoesany, kwasu mrówkowego – mrówczany, a kwasu octowego – octany itd. Sole te można także nazywać poprzez zmianę końcówki nazwy systematycznej -owy na -ian. Wówczas sole kwasu metanowego będą metanianami (np. metanian sodu), a sole kwasu etanowego – etanianami (np. etanian potasu).

Ćwiczenia

1. Narysuj w zeszycie wzory szkieletowe poniższych związków.

- kwas but-3-enowy
- kwas 3-metylopentanowy
- kwas metylopropenowy
- kwas benzeno-1,2-dikarboksylowy
- kwas 2-etylo-3-metylocykloheksanokarboksylowy

2. Nazwij poniższe związki.



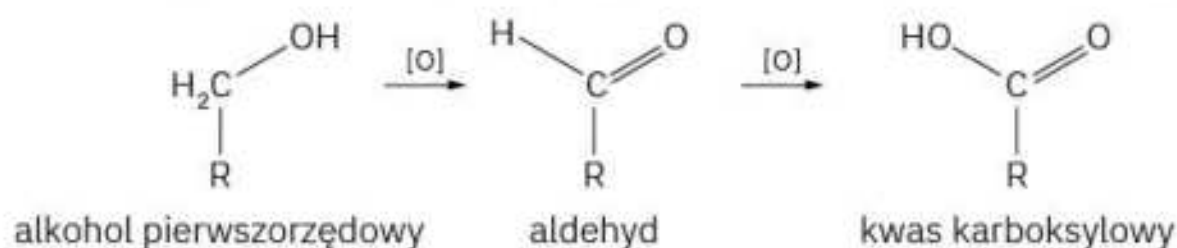
3. Kwas but-2-enowy występuje w postaci dwóch izomerów geometrycznych. Zapisz wzory półstrukturalne tych izomerów.

- kwas *cis*-but-2-enowy
- kwas *trans*-but-2-enowy



5.3. Otrzymywanie

Kwasy karboksylowe otrzymuje się głównie w wyniku reakcji utleniania związków organicznych. Utlenianiu poddaje się alkohole lub bezpośrednio aldehydy.

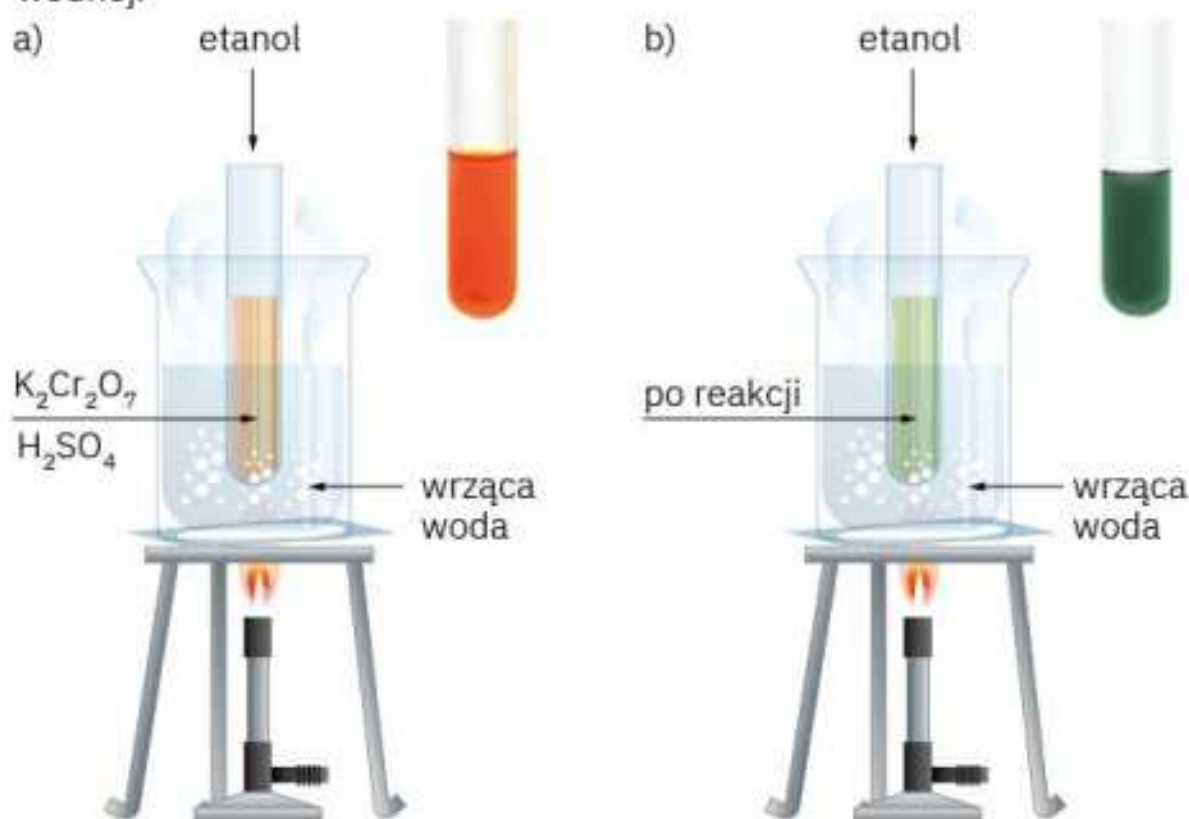


Doświadczenie

Otrzymywanie kwasu octowego

Opis:

Do probówki wlej ok. 3 cm³ 0,1-molowego roztworu dichromianu(VI) potasu (K₂Cr₂O₇) oraz 0,5 cm³ kwasu siarkowego(VI) (H₂SO₄), a następnie również 0,5 cm³ etanolu. Probówkę wstaw na kilkanaście minut do wrzącej łaźni wodnej.



Rys. 22. Reakcja utleniania etanolu za pomocą dichromianu(VI) potasu, barwa probówki przed reakcją utleniania (a), barwa probówki po reakcji utleniania (b).

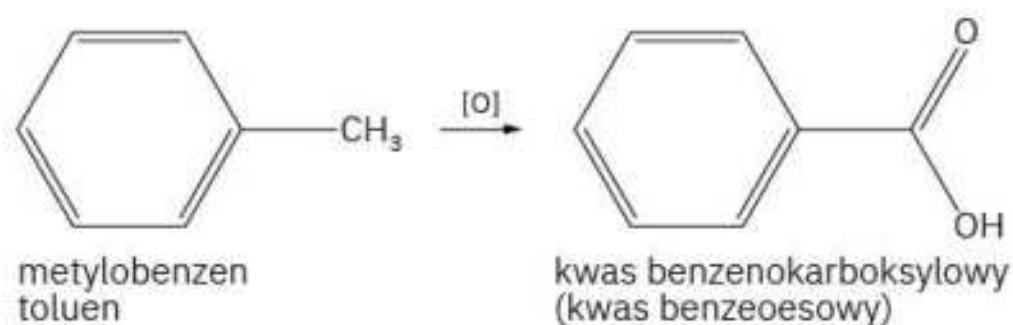
Obserwacje:

Roztwór zmienił barwę z pomarańczowej na zieloną. Po zejściu reakcji z probówki ulatniał się charakterystyczny ostry zapach octu.

Wnioski:

Zaszła reakcja redoks. Alkohol uległ reakcji utleniania do kwasu karboksylowego. Funkcję utleniacza pełnił dichromian(VI) potasu, który w wyniku reakcji zredukował się do Cr³⁺ o zielonej barwie.

Kwasy aromatyczne otrzymuje się najczęściej poprzez utlenianie alkilowych pochodnych związków aromatycznych:



Reakcja ta wymaga obecności silnego utleniacza, np. manganianu(VII) potasu (KMnO_4).

5.4. Właściwości fizyczne

Właściwości fizyczne kwasów karboksylowych zmieniają się w szeregu homologicznym, podobnie jak właściwości innych klas związków organicznych.

Tab. 6. Właściwości fizyczne wybranych alifatycznych kwasów karboksylowych

Wzór sumaryczny z wyróżnioną grupą funkcyjną	Wzór półstrukturalny uproszczony	Nazwa systematyczna (zwyczajowa)	$T_{\text{topnienia}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{wrzenia}} [^{\circ}\text{C}]$	Rozpuszczalność w wodzie [g/100 g H_2O]	Stała dysocjacji
HCOOH	HCOOH	kwas metanowy (mrówkowy)	8	101	∞	$1,8 \cdot 10^{-4}$
CH_3COOH	CH_3COOH	kwas etanowy (octowy)	18	118	∞	$1,8 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	kwas propanowy (propionowy)	-22	141	∞	$1,3 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	kwas butanowy (masłowy)	-5	163	∞	$1,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	kwas pentanowy (walerianowy)	-35	187	4	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	kwas heksanowy	-9	202	1	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	kwas heptanowy	-8	223	0,2	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	kwas oktanowy	21	237	trudno rozpuszczalny	$1,3 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	kwas heksadekanowy (palmitynowy)	64	—	nierozpuszczalny	—
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	kwas oktadekanowy (stearynowy)	70	—	nierozpuszczalny	—

Z danych przedstawionych w tabeli można odczytać, że rozpoczynający szereg homologiczny kwas metanowy (mrówkowy) różni się od pozostałych homologów. Jego stała dysocjacji wskazuje, że jest on słabym kwasem, jednak najmocniejszym ze wszystkich homologów. Mimo względnie małej masy molowej kwas mrówkowy charakteryzuje się wysoką temperaturą wrzenia, podobnie jak pozostałe analogi. Wiąże się to z tworzeniem silniejszych niż w przypadku alkoholi wiązań wodorowych. Kwas mrówkowy to ciecz mieszająca się z wodą w każdym stosunku ilościowym. Kolejny homolog – kwas etanowy (octowy) – jest słabszym kwasem, jednak rozpuszcza się w wodzie podobnie jak kwas mrówkowy. Widoczna jest natomiast tendencja do spadku rozpuszczalności wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w kolejnych homologach. Rosną także temperatury wrzenia oraz gęstość (nieujęta w tabeli). Kwas dekanowy zawierający dziesięciowęglowy łańcuch ma właściwości fizyczne znacznie różniące się od właściwości kwasu metanowego czy etanowego. Pod względem chemicznym nadal zachowuje się jak kwas, jednak jest znacznie mniej reaktywny, ponieważ reaktywność kwasów maleje wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowego.

Ćwiczenie

- Oblicz masy molowe butanu, propan-1-olu, propanalu i kwasu octowego. Narysuj wzory półstrukturalne tych związków. Wyjaśnij, z czego wynikają tak duże różnice w ich temperaturach wrzenia. Rozwiązanie tego zadania zapisz w zeszycie.

Nazwa związku	$T_{\text{wrzenia}} [^{\circ}\text{C}]$
butan	-1
propan-1-ol	97
propanal	49
kwas etanowy (octowy)	118

5.5. Właściwości chemiczne

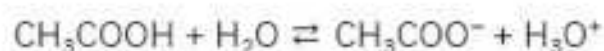
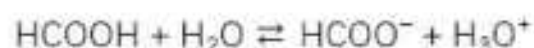
• Reakcja spalania

Ćwiczenie

- Napisz w zeszycie reakcję spalania całkowitego kwasu metanowego oraz niecałkowitego kwasu walerianowego (pentanowego).

• Dysocjacja elektrolityczna

Rozpuszczalne w wodzie kwasy karboksylowe, podobnie jak kwasy nieorganiczne, ulegają reakcji dysocjacji elektrolitycznej, w której wyniku odczyn roztworu wodnego zmienia się na kwasowy. Dysocjacji ulega proton w grupie hydroksylowej będącej składową grupy karboksylowej. Silnie spolaryzowane wiązanie -OH ulega rozerwaniu, w wyniku czego powstają jony hydroniowe oraz jednowartościowe aniony karboksylanowe (tab. 7):



Kwasy organiczne są słabymi elektrolitami, więc proces dysocjacji jest odwracalny.

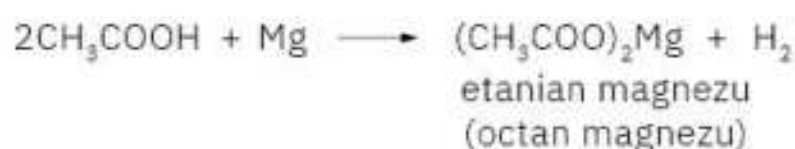
Tab. 7. Nazwy wybranych reszt kwasowych kwasów karboksylowych oraz tworzonych przez nie soli

Wzór anionu karboksylanowego	Nazwa systematyczna anionu karboksylanowego	Nazwa zwyczajowa anionu karboksylanowego	Nazwa soli systematyczna	Nazwa soli zwyczajowa
HCOO^-	jon metanianowy	jon mrówczanowy	metanian	mrówczan
CH_3COO^-	jon etanianowy	jon octanowy	etanian	octan
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$	jon propanianowy	jon propionowy	propanian	propionian
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$	jon butanianowy	jon maślanowy	butanian	maślan
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$	jon pentanianowy	jon walerianianowy	pentanian	walerianian

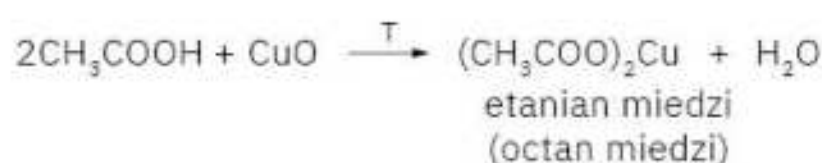
• Reakcja tworzenia soli

Kwasy karboksylowe są słabymi kwasami. Jednak reagują z metalami, tlenkami metali oraz wodorotlenkami, tworząc sole. Nazwy soli tworzy się podobnie jak nazwy soli nieorganicznych – wykorzystuje się nazwę anionu karboksylanowego oraz kationu metalu wchodzących w skład soli (tab. 7).

– reakcja z metalami

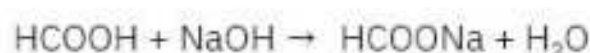


– reakcja z tlenkami metali



Czarny tlenek miedzi(II) rozтворя się pod wpływem gorącego kwasu karboksylowego. Tworzy się w ten sposób niebieski roztwór, którego barwa wynika z obecności jonów Cu^{2+} .

– reakcja z wodorotlenkami



Kwasy karboksylowe wypierają także słabsze kwasy z ich soli.

– reakcja z solami kwasów mniejszej mocy



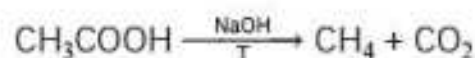
• Reakcja estryfikacji

Kwasy karboksylowe reagują z alkoholami, tworząc estry:

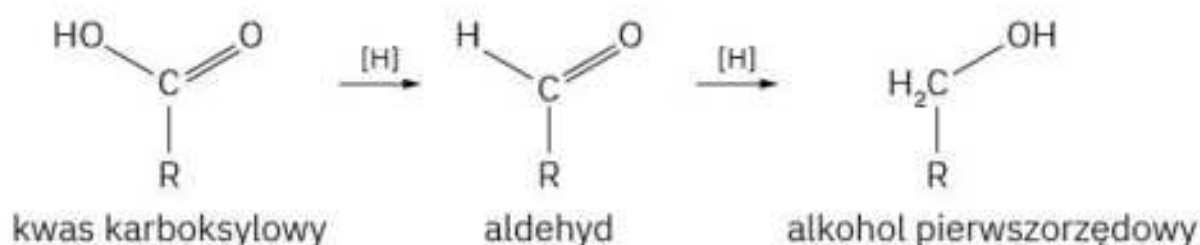


• Reakcja dekarboksylacji

Proces ten polega na utracie przez cząsteczkę kwasu karboksylowego jednej cząsteczki tlenku węgla(IV). Wynikiem tego jest powstanie węglowodoru zawierającego mniejszą o jeden liczbę atomów węgla w cząsteczce względem wyjściowego kwasu karboksylowego:

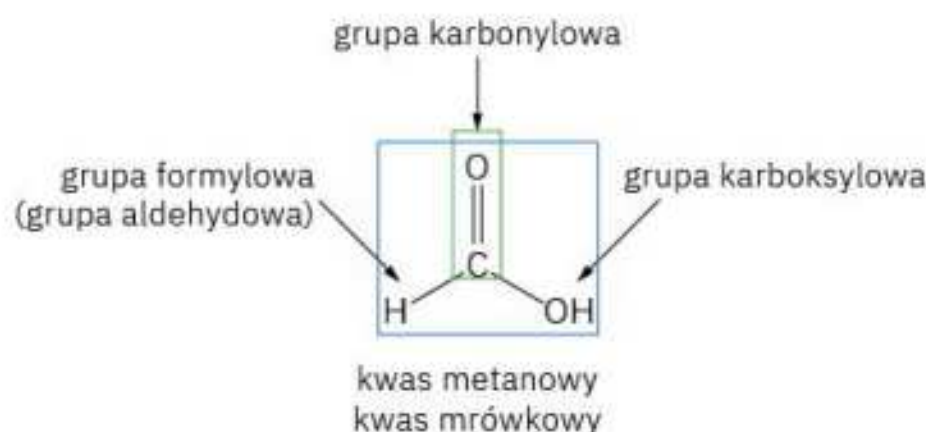


• Reakcja redukcji



• Próba Tollensa i próba Trommera

Tylko kwas metanowy daje pozytywny wynik próby Tollensa oraz próby Trommera i wykazuje właściwości redukujące. Wynika to z faktu, że w swojej cząsteczce zawiera grupę formylową, podobnie jak aldehydy.



5.6. Zastosowanie

Kwas octowy otrzymuje się przez fermentację octową, czyli reakcję utleniania etanolu do kwasu etanowego pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie. Ten sam proces odpowiada za kwaśnienie wina przechowywanego w nieszczelnym naczyniu lub w nieodpowiednich warunkach. Kwas octowy wykorzystuje się



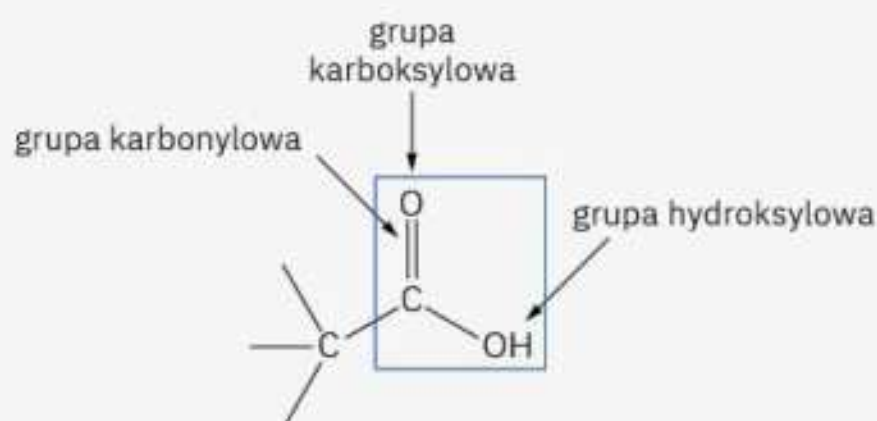
w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych jako przyprawę do potraw oraz środek konserwujący (oznaczany symbolem E260). Jako środek konserwujący wykorzystuje się też kwas mrówkowy (E236) oraz kwas benzoesowy (E210). Kwas adypinowy (heksanodiowy) oraz bursztynowy (butanodiowy) w przemyśle spożywczym stosuje się jako regulatory kwasowości.

Właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze kwasu benzoesowego wykorzystuje się ponadto w przemyśle kosmetycznym. Kwas ten dodaje się do kremów oraz maści.



PODSUMOWANIE LEKCJI

KWASY KARBOKSYLOWE RCOOH ; ArCOOH

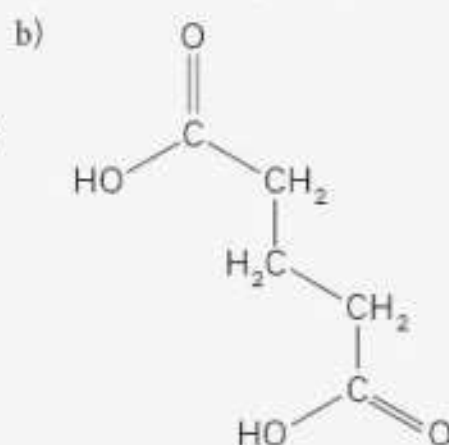
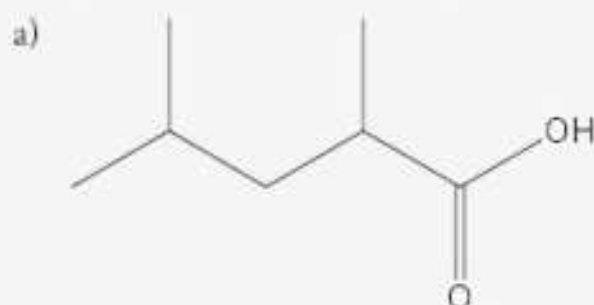


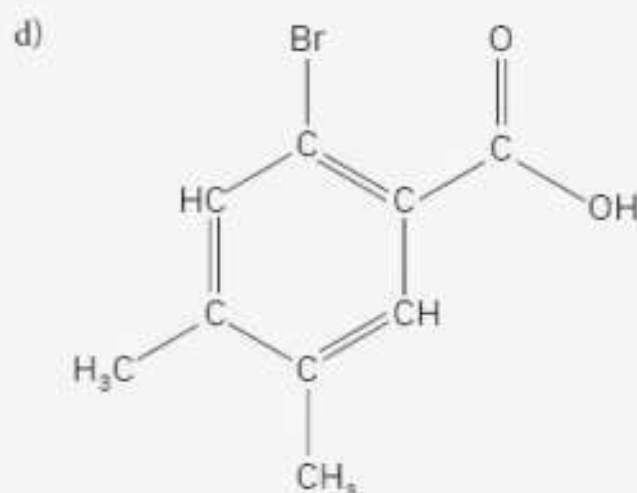
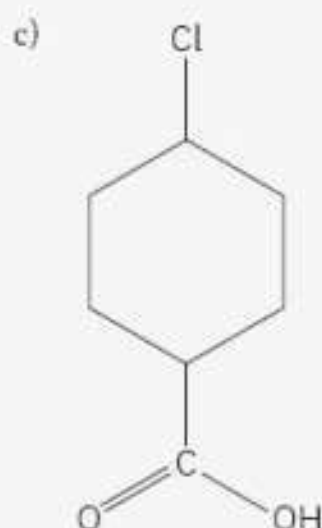
- Kwasy karboksylowe** – związki, w których cząsteczki składają się z grup karboksylowej ($-\text{COOH}$) oraz węglowodorowej (R- lub Ar-).

Kwasy karboksylowe	
Charakterystyczna końcówka w nazwach alifatycznych kwasów karboksylowych	-owy
Charakterystyczna końcówka w nazwach cyklicznych lub aromatycznych kwasów karboksylowych	-karboksylowy
Otrzymywanie	• utlenianie aldehydów lub alkoholi pierwszorzędowych • reakcja spalania • reakcja dysocjacji elektrolitycznej Wzory soli kwasów karboksylowych z: $M(I)$ oraz $M(II)$ $RCOOM$ $(RCOO)_2M$
Właściwości chemiczne	• reakcja tworzenia soli – reakcja z metalami aktywnymi – reakcje z tlenkami metali – reakcja z wodorotlenkami – reakcja wypierania słabszego kwasu z jego soli • reakcja estryfikacji • reakcja redukcji (do aldehydów lub alkoholi pierwszorzędowych) • reakcja dekarboksylacji

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Przyjmij, że cząsteczka ma trzy atomy węgla i narysuj w zeszycie wzór półstrukturalny odpowiedniego alifatycznego alkoholu, aldehydu, ketonu i kwasu karboksylowego. Zapisz wzór szkieletowy dowolnego homologu dla każdego ze związków. Podaj nazwy wszystkich narysowanych struktur.
- Podaj nazwy związków, których struktury przedstawiono poniżej.





- Podaj nazwy anionów karboksylanowych powstałych w wyniku reakcji dysocjacji elektrolitycznej:
 - kwasu mrówkowego,
 - kwasu etanowego,
 - kwasu zawierającego cztery atomy węgla,
 - kwasu, który ulega redukcji do propan-1-olu.
- Podaj nazwy podanych soli kwasów karboksylowych.
 CH_3COONa , HCOOK , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$, $(\text{HCOO})_2\text{Zn}$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$
- Narysuj w zeszycie struktury związków o podanych nazwach.
 - kwas 4-hydroksybutanowy
 - kwas 2-metylopentanodiowy
 - kwas 3-chlorobenzenokarboksylowy (kwasy *m*-chlorobenzoesowy)
 - kwas 2-nitrobenzenokarboksylowy (kwasy *o*-nitrobenzoesowy)
- Zapisz w zeszycie równania podanych reakcji.
 - dysocjacja elektrolityczna kwasu karboksylowego zawierającego cztery atomy węgla ($\text{C}_4\text{H}_7\text{COOH}$)
 - sodu z kwasem pentanowym
 - wodorotlenku potasu z kwasem propionowym
 - tlenku wapnia z kwasem octowym
 - węglanu sodu z kwasem metanowym
 - $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCOOH}$
 - $\text{---} \xrightarrow[\text{T}]{\text{NaOH}} \text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{CO}_2$
 - $\text{---} \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{CHO}$
 - $\text{---} \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- Oceń prawdziwość poniższych zdań.
 - Kwasy karboksylowe zawierające więcej atomów węgla są lepiej rozpuszczalne w wodzie od kwasów karboksylowych mających mniejszą liczbę atomów węgla w cząsteczkach.
 - Temperatura wrzenia kwasów karboksylowych w szeregu homologicznym alifatycznych kwasów karboksylowych rośnie wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczkach.
 - Uniwersalny papierek zanurzony w roztworach wodnych kwasów karboksylowych barwi się na czerwono.
 - Kwasy karboksylowe to kwasy słabe.
 - Kwasy karboksylowe reagują z alkoholami.
 - Aniony karboksylanowe są dwuwartościowe.
 - Sole kwasu octowego często nazywa się octanami.
 - Kwas karboksylowy wypiera kwas solny z jego soli.
 - Kwasy karboksylowe ulegają reakcji redukcji do ketonów.
 - Kwas heksanowy jest słabszy niż kwas zawierający pięć atomów węgla w cząsteczce.

6. Wyższe kwasy karboksylowe.

Właściwości kwasów karboksylowych – doświadczenia

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to są kwasy tłuszczowe;
- co to są wyższe kwasy karboksylowe;
- jakie właściwości wykazują kwasy tłuszczowe;
- jak potwierdzić doświadczalnie wybrane właściwości fizyczne kwasów karboksylowych;
- jak zaprojektować i przeprowadzić doświadczenie potwierdzające właściwości chemiczne kwasów karboksylowych.

Spośród kwasów karboksylowych została wyróżniona grupa kwasów karboksylowych wykazujących odmienne właściwości fizyczne. Są to kwasy karboksylowe, których cząsteczki zawierają długie łańcuchy węglowe, stąd wzięła się nazwa: **wyższe kwasy karboksylowe**. Nazywane są także **kwasami tłuszczowymi**, gdyż są składnikami naturalnych tłuszczów. Czy wykazują one takie same właściwości chemiczne jak kwasy karboksylowe zawierające krótkie łańcuchy?

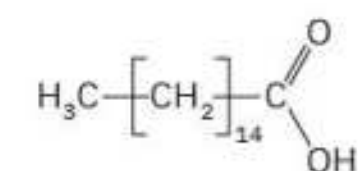
6.1. Kwasy tłuszczowe

Kwasy tłuszczowe dzielą się na nasycone oraz nienasycone. Nasycone zawierają w łańcuchach węglowych wyłącznie wiązania pojedyncze. Wśród nienasyconych można wyróżnić jednonienasycone, czyli zawierające jedno wiązanie podwójne, oraz wielonienasycone, zawierające więcej wiązań nienasyconych.

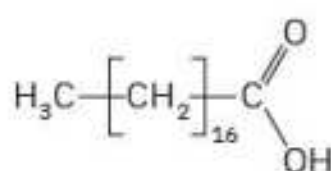
kwasy
tłuszczowe

Kwasy tłuszczowe – kwasy karboksylowe, których cząsteczki mają długie łańcuchy węglowe. Zawierają zawsze parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce.

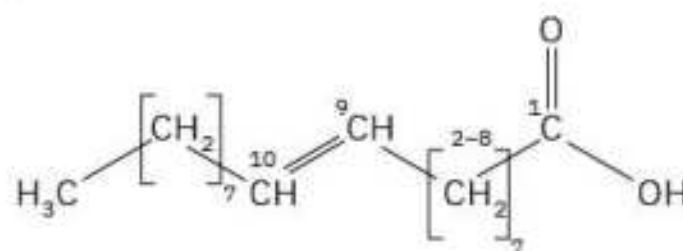
Najbardziej znane kwasy tłuszczowe to kwas heksadekanowy, oktadekanowy oraz kwas oktadek-9-enowy o wzorach:



$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
kwas heksadekanowy
(palmitynowy)



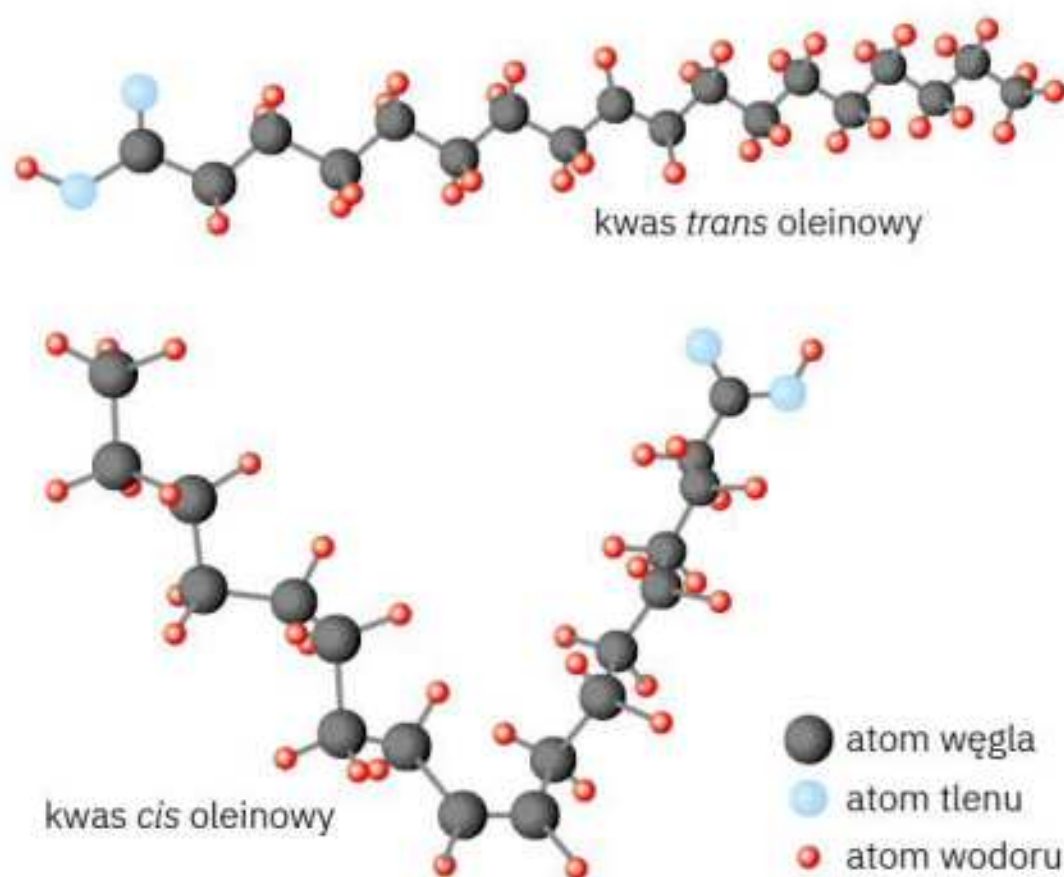
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
kwas oktadekanowy
(stearynowy)



$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$
kwas oktadek-9-enowy
(oleinowy)

Nazwy zwyczajowe tych kwasów to odpowiednio: kwas palmitynowy, stearynowy i oleinowy.

Kwas oleinowy jako kwas nienasycony występuje w postaci dwóch izomerów geometrycznych (*cis* oraz *trans*). Izomery różnią się konfiguracją przestrzenną. Izomer *trans* jest cząsteczką liniową. Natomiast cząsteczki izomeru *cis* są zgięte w miejscu wiązania podwójnego (rys. 23), co wpływa na ich właściwości fizyczne. Izomer *cis* jest cieczą w temperaturze pokojowej, a *trans* w tych samych warunkach – ciałem stałym. Wszystkie wyższe kwasy tłuszczowe mają niepolarny charakter oraz nie rozpuszczają się w wodzie (tab. 8).



Rys. 23. Konfiguracja przestrzenna izomerów geometrycznych kwasu oleinowego.

Tab. 8. Wybrane właściwości fizyczne przykładowych wyższych kwasów karboksylowych

Wzór sumaryczny z wyróżnioną grupą funkcyjną	Wzór półstrukturalny uproszczony	Nazwa systematyczna (zwyczajowa)	T _{topnienia} [°C]	T _{wrzenia} [°C]	Rozpuszczalność w wodzie [g/100 g H ₂ O]
C ₁₅ H ₃₁ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	kwas heksadekanowy (palmitynowy)	64	–	nierozpuszczalny
C ₁₇ H ₃₅ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	kwas oktadekanowy (stearynowy)	70	–	nierozpuszczalny
C ₁₇ H ₃₃ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ CH ₃	kwas oktadek-9-enowy (oleinowy)	13-15 (<i>cis</i>) 45 (<i>trans</i>)	360	nierozpuszczalny

6.2. Porównanie właściwości fizycznych krótkołańcuchowych i długołańcuchowych kwasów karboksylowych

Doświadczenie 1.

Porównanie właściwości fizycznych kwasu octowego, oleinowego oraz stearynowego

Opis:

Do trzech probówek wlej po mniej więcej 5 cm³ wody. Do jednej z probówek dodaj kwas octowy, do drugiej – kwas stearynowy, a do trzeciej – kwas oleinowy. Przed dodaniem kwasów do wody zbadaj ich stan skupienia, barwę oraz zapach. Wstrząśnij probówkami i porównaj rozpuszczalność badanych związków w wodzie.

Obserwacje:

Probówka z dodatkiem kwasu octowego zawierała jednorodną, klarowną mieszaninę. Probówka z kwasem stearynowym oraz probówka z kwasem oleinowym zawierały niejednorodne mieszaniny. Kwas stearynowy oraz kwas oleinowy znajdowały się na powierzchni wody.

Wnioski:

Kwas octowy to bezbarwna ciecz bardzo dobrze rozpuszczalna w wodzie. Kwas stearynowy jest białym ciałem stałym nierozpuszczalnym w wodzie. Kwas oleinowy to bezbarwna lub żółtawa¹ ciecz nierozpuszczalna w wodzie.

Wniosek ten można uogólnić. Krótkołańcuchowe kwasy karboksylowe są cieczami bardzo dobrze rozpuszczalnymi w wodzie. Długołańcuchowe kwasy karboksylowe to związki nierozpuszczalne w wodzie. Za rozpuszczalność związków w wodzie odpowiada ich polarność oraz zdolność do tworzenia wiązań wodorowych. Zarówno polarność kwasów karboksylowych, jak i zdolność do tworzenia wiązań wodorowych zmniejsza się wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowodorowego. W przypadku długołańcuchowych kwasów karboksylowych o ich właściwościach fizycznych decyduje nie względnie mała, polarna grupa funkcyjna, ale długi, niepolarny łańcuch węglowodorowy.

Ćwiczenie

1. Na podstawie obserwacji z doświadczenia 1. porównaj gęstość wody z gęstością kwasu stearynowego oraz oleinowego.

6.3. Badanie odczynu roztworów wodnych kwasów karboksylowych

Rozpuszczalne w wodzie kwasy karboksylowe pod wpływem wody ulegają dysocjacji elektrolitycznej. Obecność w roztworach wodnych jonów hydroniowych (H₃O⁺), wskazującą na ich właściwości kwasowe, najłatwiej potwierdzić, badając odczyn roztworu. Najprościej można to wykonać za pomocą wskaźników pH, np. uniwersalnego papierka wskaźnikowego.

¹ Bezbarwny kwas oleinowy na powietrzu utlenia się i nabiera żółtej barwy.

Doświadczenie 2.**Badanie odczynu roztworów wodnych kwasów karboksylowych****Opis:**

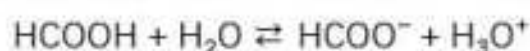
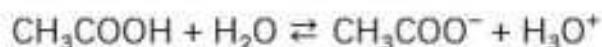
Do dwóch probówek dodaj po mniej więcej 2 cm³ odpowiednio wodnego roztworu kwasu mrówkowego oraz kwasu octowego. Następnie zawartością probówek zwilż uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Obserwacje:

Zarówno w pierwszej, jak i w drugiej probówce papierek wskaźnikowy zabarwił się na czerwono.

**Wnioski:**

Rozpuszczalne w wodzie kwasy karboksylowe ulegają dysocjacji elektrolitycznej, w której wyniku powstają kationy hydroniowe. Krótkołańcuchowe kwasy karboksylowe mają zatem charakter kwasowy.



Doświadczenie to wskazuje na kwasowy charakter rozpuszczalnych w wodzie kwasów karboksylowych. W przypadku długołańcuchowych kwasów karboksylowych ograniczeniem w powyższym doświadczeniu jest ich rozpuszczalność w wodzie, jednak ich charakter kwasowy można potwierdzić za pomocą reakcji ze związkami o właściwościach zasadowych (doświadczenie 4.).

6.4. Badanie właściwości kwasowych kwasów karboksylowych

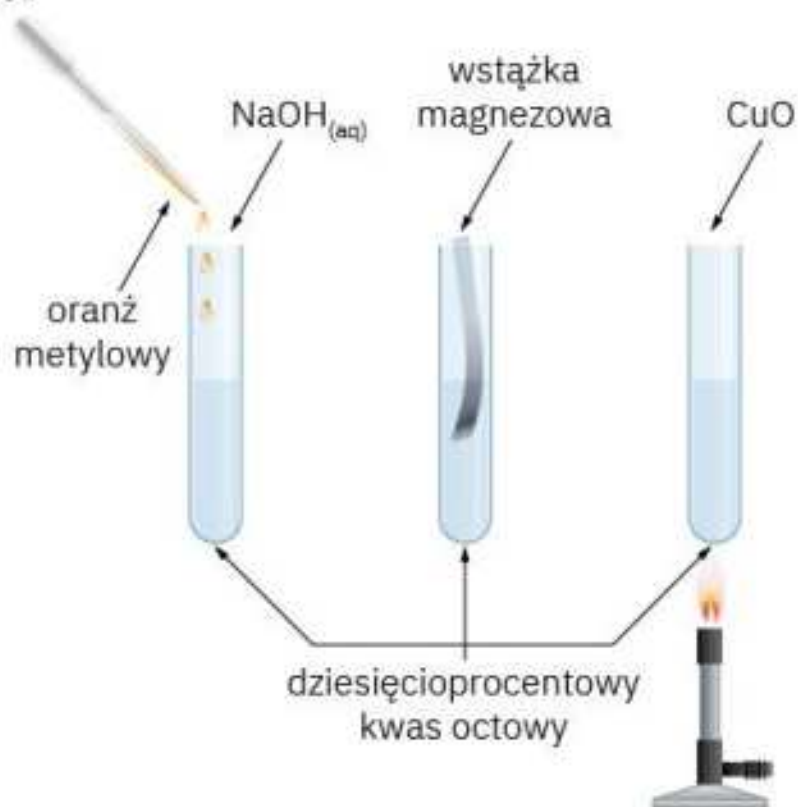
Na właściwości kwasowe roztworów wskazuje nie tylko ich odczyn, lecz także reaktywność względem związków o charakterze zasadowym.

Doświadczenie 3.**Badanie właściwości kwasowych kwasów****Opis:**

Do trzech probówek wlej po mniej więcej 1 cm³ dziesięcioprocentowego kwasu octowego. Następnie do pierwszej probówki dodaj parę kropel oranżu metylowego oraz ok. 2 cm³ dziesięcioprocentowego roztworu wodorotlenku sodu, do drugiej – szczyptę drobnych wiórek magnezowych lub kawałek cienkiej magnezowej wstążki, a do trzeciej – odrobinę tlenku miedzi(II). Trzecią probówkę delikatnie ogrzej nad płomieniem palnika.



Obserwacje:



Probówka 1		Probówka 2	Probówka 3	
przed reakcją	po reakcji		przed reakcją	po reakcji

Numer probówki	Obserwacja
1	W wyniku reakcji zmieniła się barwa z czerwonej na żółtą.
2	W wyniku reakcji w probówce widać pęcherzyki gazu.
3	W wyniku reakcji rozтворzeniu uległ czarny osad. Roztwór w probówce zabarwił się na niebiesko.

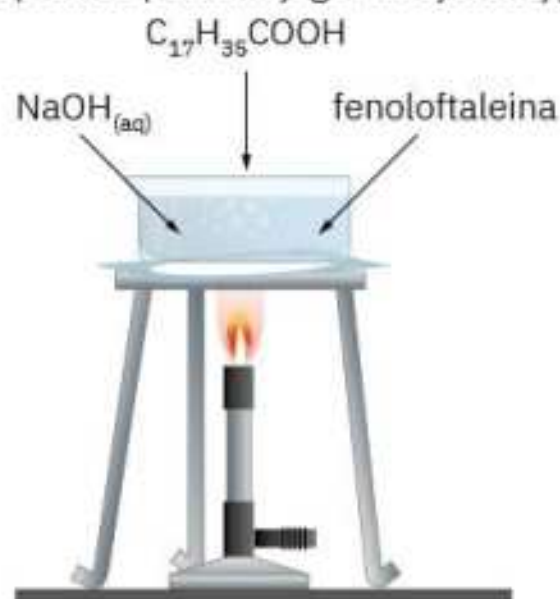
Wnioski:

Numer probówki	Wniosek
1	Oranż metylowy zabarwił się na czerwono w wyniku obecności jonów hydroniowych pochodzących od kwasu octowego. Kwas został zobojętniony w wyniku dodania zasady sodowej, dlatego oranż metylowy zmienił barwę na żółtą. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
2	Wstążka magnezowa reaguje z kwasem, a w tej reakcji wydziela się gaz, zgodnie z równaniem: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Mg} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} + \text{H}_2\uparrow$
3	Kwas octowy reaguje z tlenkiem miedzi(II) w podwyższonej temperaturze. Czarny tlenek miedzi(II) rozтворя się i tworzy z kwasem sól zgodnie z równaniem reakcji: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CuO} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ Za niebieską barwę roztworu odpowiadają kationy miedzi Cu^{2+} .

Reakcje te są charakterystyczne dla wszystkich kwasów karboksylowych. Jednak w przypadku kwasów karboksylowych nierozpuszczalnych w wodzie reakcje z metalami oraz tlenkami metali trudno przeprowadzić. Kwasy te reagują natomiast łatwo z wodnymi roztworami mocnych wodorotlenków.

Doświadczenie 4.**Reakcja kwasu stearynowego z zasadą sodową****Opis:**

W parownicy umieść ok. 3 cm³ stężonego roztworu zasady sodowej oraz kroplę fenoloftaleiny. Następnie dosypuj kwasu stearynowego, aż do odbarwienia i zmiany konsystencji (do gęstej i lepkiej) mieszaniny. Tak przygotowaną mieszaninę ostrożnie ogrzewaj i równocześnie mieszaj. Po ostudzeniu otrzymanego produktu sprawdź palcami jego konsystencję i umyj ręce.

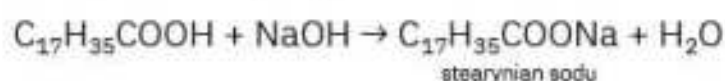


Obserwacje:

Podczas dodawania kwasu stearynowego mieszanina reakcyjna zmieniła barwę z malinowej na białą. Zmieniła się też jej konsystencja na kremową – zgęstniała w trakcie ogrzewania. Po ostudzeniu mieszanina się zestaliła, ale w dotyku była miękka i śliska, a w połączeniu z wodą tworzyła pianę. Rozpuszczała się w wodzie.

**Wniosek:**

Odbarwienie fenoloftaleiny świadczy o reakcji między kwasem stearynowym a zasadą sodową. W reakcji tej powstała sól kwasu stearynowego – stearynian sodu, czyli mydło. Reakcja zgodnie z równaniem:



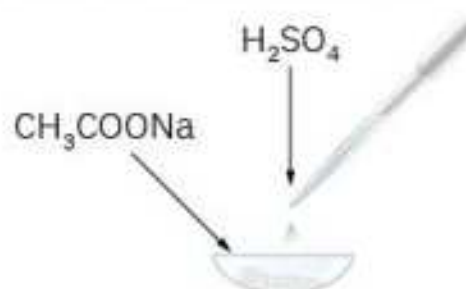
Mydła powstają także z innych kwasów tłuszczowych. Kwas palmitynowy w reakcji z zasadą sodową tworzy palmitynian sodu, a kwas oleinowy – oleinian sodu.

6.5. Porównanie mocy kwasów

Wraz z długością łańcucha moc kwasów karboksylowych maleje. Moc dwóch kwasów porównuje się doświadczalnie, analizując wynik reakcji wzajemnego wypierania się z odpowiednich soli tych kwasów.

Doświadczenie 5.**Porównanie mocy kwasu siarkowego(VI) i kwasu octowego****Opis:**

Na szkiełku zegarkowym umieścić niewielką ilość kryształków octanu sodu, a następnie zwilżyć je za pomocą pipety rozcieńczonym kwasem siarkowym(VI). Ostrożnie zbadać zapach powstałego produktu reakcji.

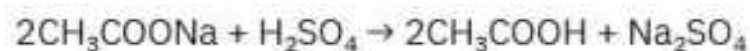


Obserwacje:

Produkt reakcji ma charakterystyczny zapach octu.

Wniosek:

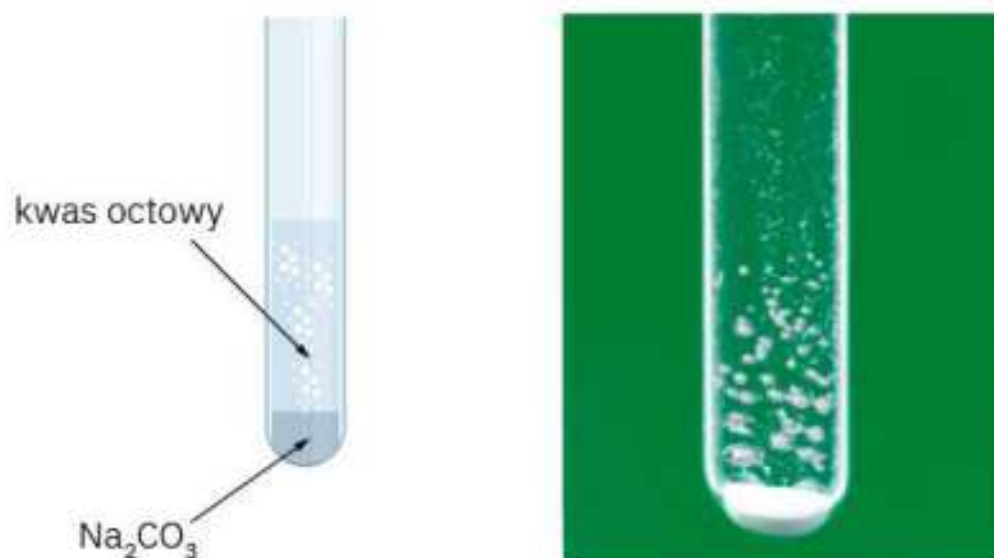
Po dodaniu do octanu sodu kwasu siarkowego(VI) przebiegła reakcja. Kwas octowy jako słabszy został wyparty ze swojej soli przez mocniejszy kwas siarkowy(VI):

**Doświadczenie 6.****Porównanie mocy kwasu węglowego i kwasu octowego****Opis:**

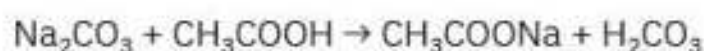
W probówce umieść niewielką ilość węglanu sodu, a następnie zwilż ją rozcieńczonym kwasem octowym.

**Obserwacje:**

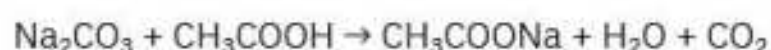
Po dodaniu kwasu w probówce widać pęcherzyki gazu.

**Wnioski:**

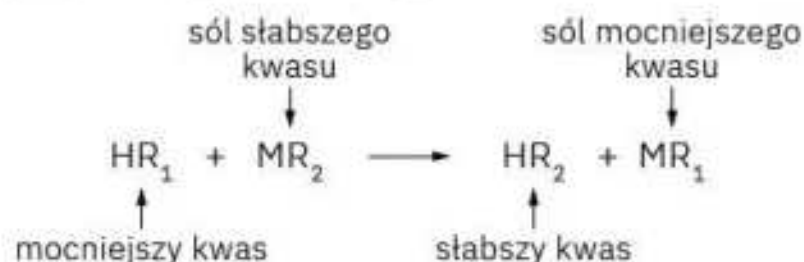
Po dodaniu do węglanu sodu kwasu octowego przebiegła reakcja. Kwas węglowy jako słabszy został wyparty ze swojej soli przez mocniejszy kwas octowy:



Jako kwas nietrwały rozłożył się na wodę i tlenek węgla(VI).



Reakcje tego typu przebiegają zawsze zgodnie ze schematem:



Ćwiczenie

2. Wskaż mocniejszy kwas w poniższych parach kwasów.

- a) HCOOH $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 b) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$ kwas stearynowy
 c) HR_1 HR_2 , jeżeli zachodzi reakcja opisana równaniem:
 $\text{HR}_2 + \text{MR}_1 \rightarrow \text{HR}_1 + \text{MR}_2$

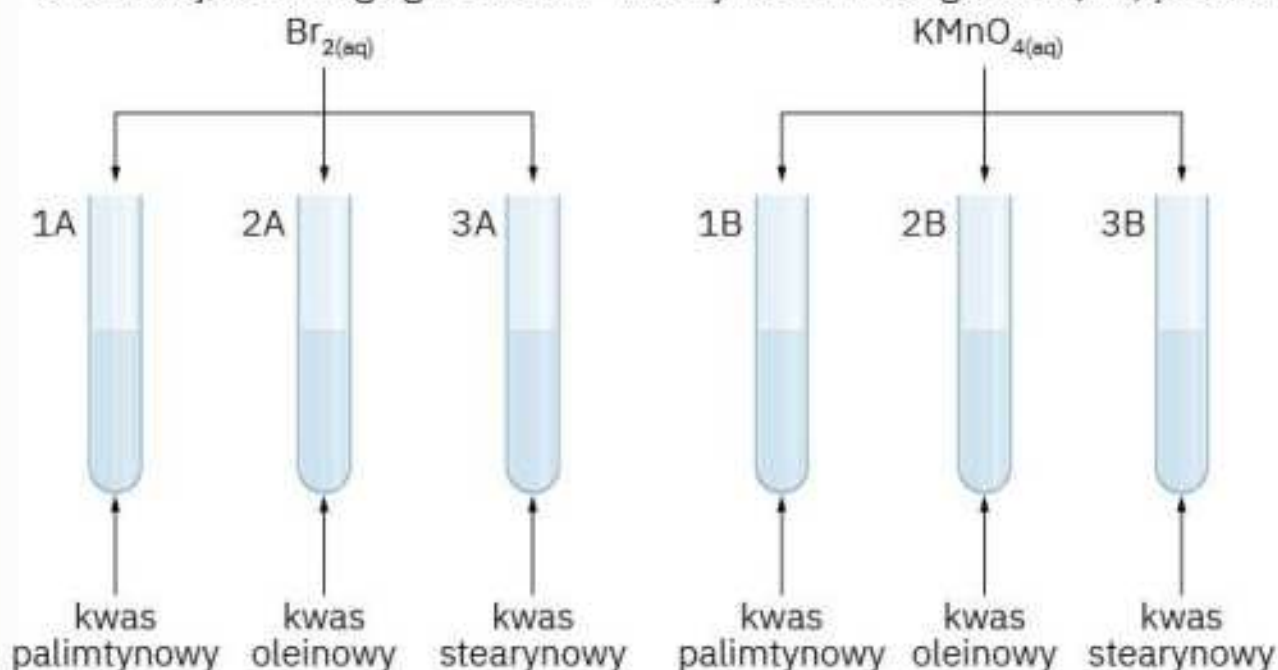
6.6. Wykrywanie obecności kwasów nienasyconych

Obecność wiązań nienasyconych w cząsteczkach kwasów karboksylowych doświadczalnie sprawdza się jak w przypadku węglowodorów nienasyconych. Należy w tym celu zbadać ich zachowanie względem wody bromowej i roztworu manganianu(VII) potasu.

Doświadczenie 7.

Wykrywanie wiązań nienasyconych w wyższych kwasach karboksylowych
Opis:

Do dwóch probówek dodaj kwas palmitynowy, do kolejnych dwóch – kwas oleinowy, a do kolejnych dwóch – kwas stearynowy (patrz rys.). Następnie do jednego zestawu probówek z różnymi kwasami dodaj niewielką ilość wody bromowej, a do drugiego zestawu – wodny roztwór manganianu(VII) potasu.



**Ćwiczenie**

3. Kwas palmitynowy oraz stearynowy należą do grupy kwasów nasyconych, a kwas oleinowy to kwas nienasycony. Obserwacje i wnioski wynikające z tego doświadczenia zapisz w zeszycie.

Oznaczenie próbówki	Obserwacje	Wnioski
1A		
2A		
3A		
1B		
2B		
3B		

PODSUMOWANIE LEKCJI

- Kwasy tłuszczowe** – kwasy karboksylowe, których cząsteczki zawierają długie łańcuchy węglowe. Zawierają zawsze parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce. Mają charakter niepolarny i nie rozpuszczają się w wodzie.

s. 212

$C_{15}H_{31}COOH$
kwas heksadekanowy
(palmitynowy)

$C_{17}H_{35}COOH$
kwas oktadekanowy
(stearynowy)

$C_{17}H_{33}COOH$
kwas oktadek-9-enowy
(oleinowy)

- Rozpuszczalne w wodzie kwasy karboksylowe (kwasy karboksylowe zawierające krótkie łańcuchy węglowodorowe):
 - ulegają dysocjacji elektrolitycznej pod wpływem wody;
 - ich roztwory wodne mają odczyn kwasowy;
 - reagują z metalami aktywnymi:

s. 215



- reagują z zasadowymi tlenkami metali:



- reagują z wodnymi roztworami wodorotlenków:



- Nierozpuszczalne w wodzie kwasy karboksylowe (kwasy karboksylowe zawierające długie łańcuchy węglowodorowe):

s. 217

- reagują z wodnymi roztworami wodorotlenków:



s. 218

- Mocne kwasy wypierają słabsze kwasy z roztworów ich soli:



M – kation metalu

R₁ i R₂ – reszty kwasowe

HR₁ – mocniejszy kwas

HR₂ – słabszy kwas

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Zaproponuj dwie metody sprawdzenia odczynu roztworów wodnych kwasów.
- Zapisz w zeszycie i uzupełnij równania poniższych reakcji chemicznych.
 - $\text{Zn} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \dots$
 - $\text{KOH} + \text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} \rightarrow \dots$
 - $\text{CuO} + \text{HCOOH} \rightarrow \dots$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \dots \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- + \dots$
 - $\text{HCOOK} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
 - $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HCOOH} \rightarrow \dots$
- W poniższych par wskaż mocniejszy kwas.
 - H_2CO_3 HCOOH
 - HCOOH CH_3COOH
 - HCOOH H_2SO_4
 - CH_3COOH $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$
- Zaprojektuj doświadczenie potwierdzające charakter kwasowy wyższych kwasów karboksylowych.
- Zaprojektuj doświadczenie potwierdzające większą moc kwasu azotowego(V) względem kwasu octowego.

7. Estry

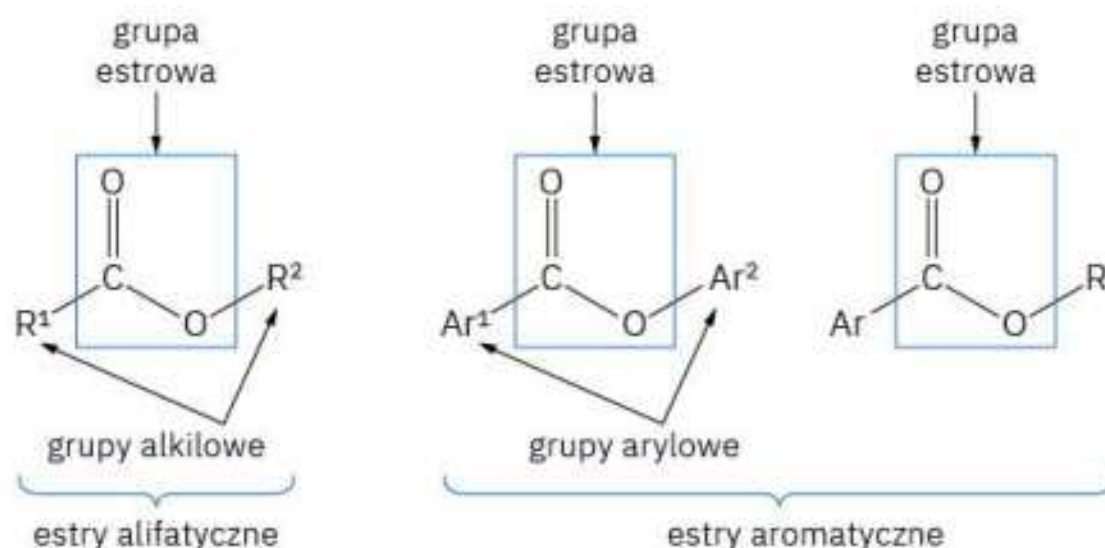
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to są estry;
- jakie właściwości wykazują estry;
- do czego stosuje się estry.

Estry to duża grupa związków organicznych będących produktami reakcji alkoholi z kwasami karboksylowymi lub tlenowymi kwasami nieorganicznymi. Mogą także powstać z fenoli. Estry występują w organizmach żywych i biorą udział w skomplikowanych procesach biochemicznych zachodzących w komórkach roślin oraz zwierząt. To one odpowiadają za zapachy kwiatów i owoców. Jako związki zapachowe są powszechnie stosowane w przemyśle perfumeryjnym.

7.1. Grupa funkcyjna

Grupa funkcyjna estrów ma postać:



W tak zapisanych wzorach ogólnych estrów grupa alkilowa R^1 oraz aryłowe Ar^1 i Ar pochodzą od kwasów karboksylowych, a grupy alkilowe R^2 i R oraz grupa aryłowa Ar^2 – od alkoholi.

Estry zawierające wyłącznie grupy alkilowe są związkami alifatycznymi. Jeśli w estrze występuje jedna lub dwie grupy aryłowe w miejscu grup alkilowych, należy on do estrów aromatycznych.

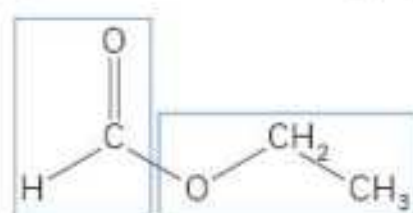
Strukturalnie estry to pochodne kwasów karboksylowych, w których atom wodoru w grupie hydroksylowej jest zastąpiony grupą alkilową lub aryłową.

Estry – pochodne kwasów karboksylowych, w których strukturalnie atom wodoru z grupy hydroksylowej został zastąpiony grupą alkilową lub aryłową.

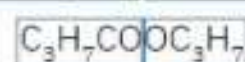
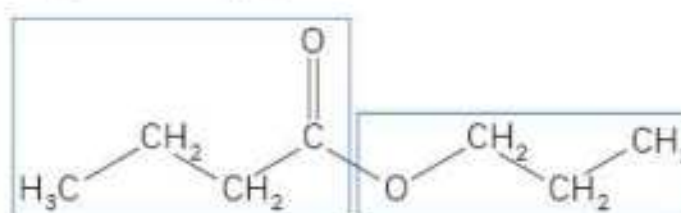
estry

7.2. Nazewnictwo

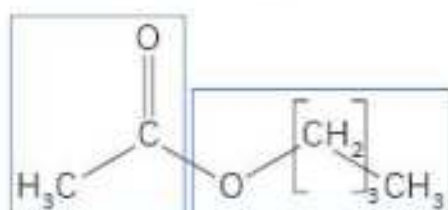
Nazwy systematyczne estrów składają się z dwóch wyrazów. Są tworzone podobnie do nazw soli, ale zamiast nazwy kationu metalu podaje się nazwę grupy alkilowej R^2 (lub aryłowej). Pierwszy człon nazwy stanowi zatem nazwę grupy karboksylanowej pochodzącej z kwasu karboksylowego, z którego powstał ester. Drugi natomiast określa grupę alkilową pochodzącą od alkoholu.



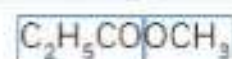
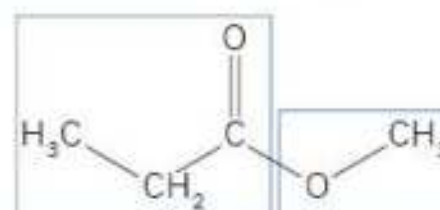
metanian etylu
mrówczan etylu



butanian propylu
maślan propylu

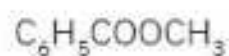
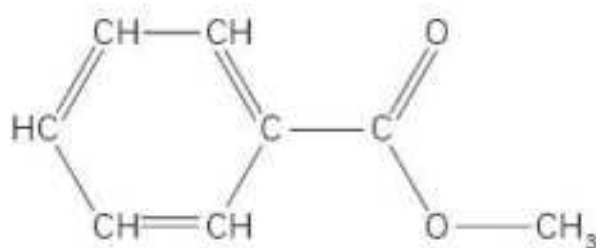


etanian butylu
octan butylu

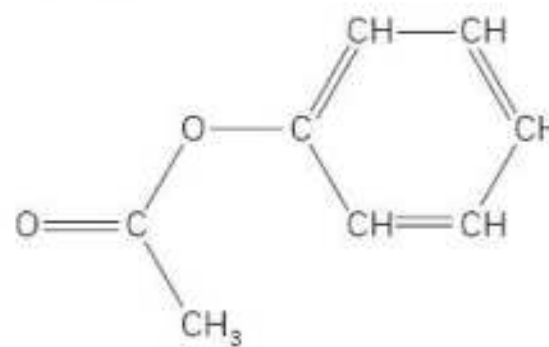


propanian metylu
propionian metylu

Analogicznie tworzy się nazwy estrów aromatycznych:



benzoesan metylu



etanian fenylu
octan fenylu

Nazwy estrów, zwłaszcza tych bardziej skomplikowanych, można podać w sposób bardziej opisowy zgodnie ze schematem:

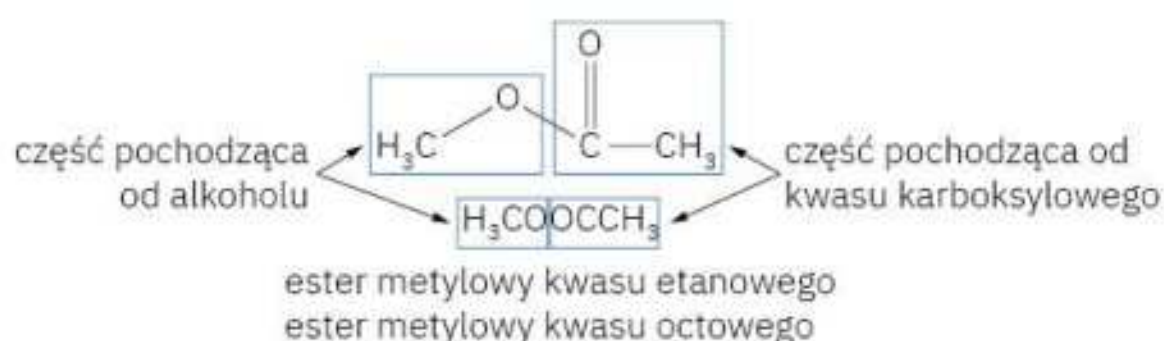
ester ...owy kwasu ...owego

↑

przymiotnik utworzony od nazwy
grupy alkilowej
pochodzącej od alkoholu

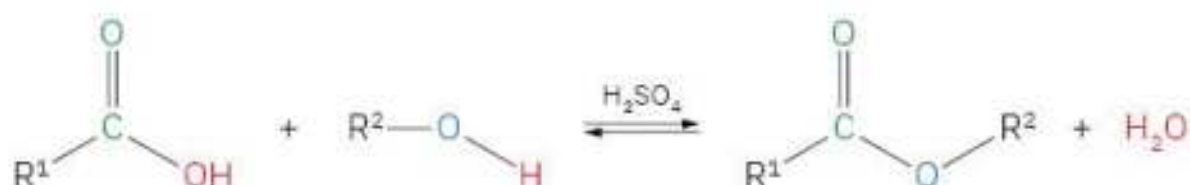
↑

przymiotnik utworzony od
nazwy kwasu karboksylowego



7.3. Otrzymywanie

Estry otrzymuje się w reakcji estryfikacji. W celu ułatwienia przebiegu reakcji estryfikacji do mieszaniny reakcyjnej dodaje się katalizator, jakim są kationy H^+ pochodzące od kwasu nieorganicznego, najczęściej od kwasu siarkowego(VI). Reakcja estryfikacji nie zachodzi szybko, a powstający ester pod wpływem wody, która jest produktem ubocznym reakcji estryfikacji, rozkłada się na alkohol i kwas karboksylowy. Reakcja estryfikacji jest zatem reakcją odwracalną, podczas której po pewnym czasie ustala się stan równowagi chemicznej.



W celu zwiększenia wydajności reakcji otrzymywania estru przesuwa się równowagę reakcji w stronę tworzenia produktów. W tym celu stosuje się zgodnie z regułą przekory nadmiar molowy któregoś z substratów lub usuwa się ester bądź wodę z mieszaniny reakcyjnej. Ester usuwa się, oddestylowując go stopniowo z mieszaniny reakcyjnej, a wodę – najczęściej stosując środki odwadniające, które wiążą wodę, przez co eliminują ją z mieszaniny reakcyjnej. W związku z powstającym produktem ubocznym reakcja estryfikacji jest przykładem reakcji kondensacji.

Powyższy schemat reakcji estryfikacji jest tylko pozornie podobny do reakcji tworzenia soli kwasów karboksylowych. Podczas powstawania soli wiązanie O-H kwasu karboksylowego ulega rozerwaniu, natomiast w trakcie reakcji estryfikacji rozerwane zostaje wiązanie C-O:



Rys. 24. Miejsce rozerwania wiązania w kwasach karboksylowych podczas tworzenia soli oraz estru.

Reakcja estryfikacji – odwracalna reakcja chemiczna alkoholu z kwasem, której produktami są ester i woda.

Ćwiczenia

1. Napisz w zeszycie wyrażenie na stałą równowagi reakcji estryfikacji ze strony 229.
2. Napisz w zeszycie równanie reakcji estryfikacji, której poddano:

a) alkohol metylowy i kwas octowy,	c) kwas butanowy i metanol,
b) kwas metanowy i alkohol etylowy,	d) kwas propionowy i etanol.

 Nazwij otrzymane estry.
3. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne podanych estrów oraz wzory szkieletowe kwasów i alkoholi, które w wyniku reakcji estryfikacji doprowadziły do otrzymania:

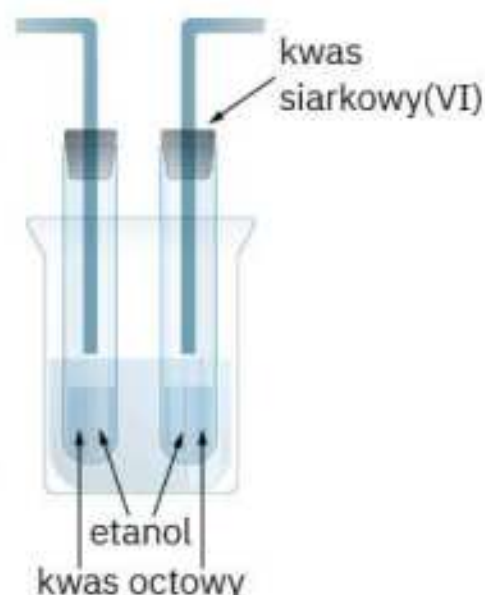
a) octanu etylu,	c) mrówczanu butylu,
b) etanianu propylu,	d) metanianu metylu.

Doświadczenie 1.

Reakcja estryfikacji. Rola kwasu nieorganicznego w reakcji estryfikacji

Opis:

Do dwóch probówek wlej po mniej więcej 2 cm³ alkoholu etylowego i po 2 cm³ bezwodnego kwasu octowego. Jedną z nich oznacz i dodaj do niej kroplami ok. 0,5 cm³ kwasu siarkowego(VI), ostrożnie mieszając zawartość. Obie probówki zaopatrz w chłodniczki i umieść w łaźni wodnej o temperaturze ok. 80°C na kilkanaście minut. Po tym czasie zawartość probówek wylej do dwóch różnych zlewek zawierających po 10 cm³ wody i porównaj właściwości fizyczne otrzymanych produktów.

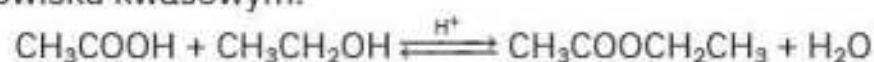


Obserwacje:

Zawartość z nieoznaczonej probówki miesza się z wodą i charakteryzuje się zapachem octu. Zawartość z oznaczonej probówki nie miesza się z wodą, tworzy plamę na powierzchni wody i ma zapach zmywacza do paznokci.

Wnioski:

Mieszanina z nieoznaczonej probówki zawierała nieprzereagowane substraty, natomiast druga zawierała ester – octan etylu. Reakcja estryfikacji zachodzi w środowisku kwasowym.



7.4. Właściwości fizyczne

Estry kwasów karboksylowych są zazwyczaj cieczami trudno rozpuszczalnymi w wodzie i o gęstości mniejszej od gęstości wody. Charakteryzują się z reguły przyjemnymi zapachami przypominającymi zapach kwiatów lub owoców. Dane fizykochemiczne wybranych estrów podano w tabeli 9.

Tab. 9. Właściwości fizykochemiczne wybranych estrów

Nazwa estru	$T_{\text{topnienia}}$ [°C]	T_{wrzenia} [°C]	Gęstość [g · cm ⁻³]
mrówczan metylu	-99	31	0,974
mrówczan etylu	-80	54	0,917
mrówczan propylu	-93	81	0,906
octan metylu	-98	57	0,939
octan etylu	-84	77	0,901
benzoesan etylu	-34	213	1,047
octan fenylu	–	196	1,096
benzoesan fenylu	70	314	–

Ćwiczenie

- Napisz w zeszycie wzory szkieletowe lub półstrukturalne estrów podanych w tabeli 9. Zaznacz, które z tych estrów należą do estrów aromatycznych.

7.5. Właściwości chemiczne

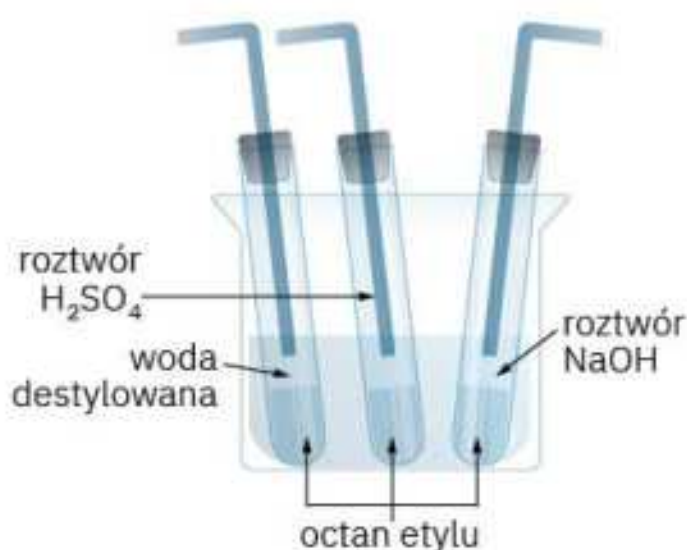
Wśród reakcji, jakim ulegają estry, ważne znaczenie mają reakcje hydrolizy. Są to reakcje odwrotne do reakcji estryfikacji. Zachodzą pod wpływem wody w środowisku kwasowym lub zasadowym.

Doświadczenie 2.

Hydroliza estrów

Opis:

Do trzech przygotowanych probówek wlej kolejno: ok. 3 cm³ wody destylowanej lub dejonizowanej, ok. 5% roztworu kwasu siarkowego(VI) oraz ok. 5% roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodaj kilka kropli octanu etylu do probówek i ogrzej je w łaźni wodnej w temperaturze ok. 60°C.

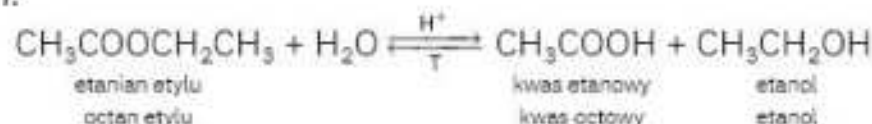


Obserwacje:

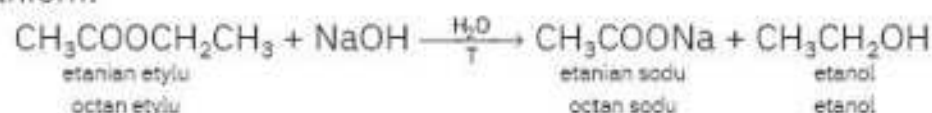
W probówce z wodą destylowaną nie zaszła żadna zmiana. Zawartość probówki z kwasem siarkowym(VI) przyjęła zapach octu, natomiast z probówki z NaOH wydziela się charakterystyczny zapach alkoholu.

Wnioski:

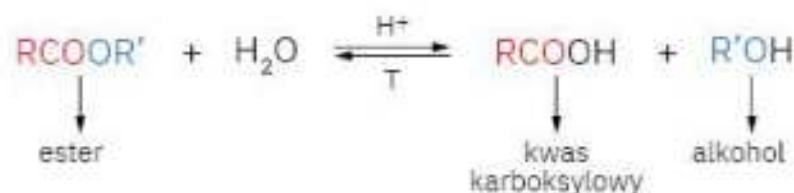
W środowisku kwasowym przebiegła reakcja hydrolizy kwasowej opisywana równaniem:



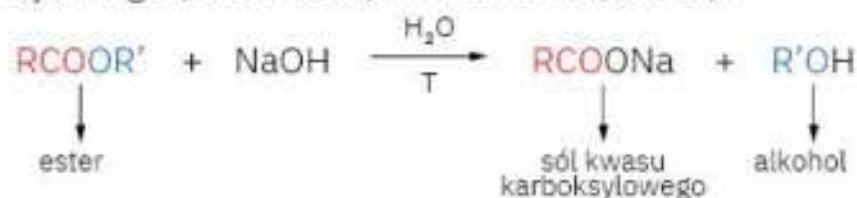
W środowisku zasadowym przebiegła reakcja hydrolizy zasadowej opisywana równaniem:



W środowisku kwasowym produktami reakcji hydrolizy estru (np. octanu etylu) jest kwas karboksylowy (kwas octowy) oraz alkohol (etanol).



W środowisku zasadowym produktami hydrolizy estru (np. octanu etylu) są sól kwasu karboksylowego (octan sodu) oraz alkohol (etanol).



Podczas reakcji hydrolizy w środowisku kwasowym ustala się stan równowagi chemicznej. Natomiast reakcja ta w środowisku zasadowym zachodzi praktycznie nieodwracalnie i prowadzi do otrzymania soli kwasów karboksylowych.

Ćwiczenia

5. Dla poniższych estrów napisz w zeszycie równanie reakcji hydrolizy zachodzącej w środowisku kwasowym. Nazwij powstałe produkty reakcji.
 - a) mrówczan etylu
 - b) octan propylu
6. Dla poniższych estrów napisz w zeszycie równanie reakcji hydrolizy zachodzącej w środowisku zasadowym. Nazwij powstałe produkty reakcji.
 - a) mrówczan propylu
 - b) octan metylu
- 7*. Wyjaśnij, dlaczego hydroliza zachodząca w środowisku zasadowym jest bardziej wydajną reakcją niż hydroliza zachodząca w środowisku kwasowym.

7.6. Zastosowania

Ze względu na swoje właściwości zapachowe estry są wykorzystywane głównie w przemyśle perfumeryjnym oraz spożywczym. Naturalne substancje zapachowe są mieszaninami bardzo wielu związków, jednak określone zapachy przypisuje się konkretnym związkom. W tabeli 10 podano przykłady estrów wraz z charakterystycznym dla nich zapachem.

Tab. 10. Zapachy wybranych estrów

Nazwa estru	Zapach
metanian etylu	cytrynowo-rumowy
metanian butylu	winno-śliwkowy
metanian pentylu	ziemno-owocowy
etanian butylu	landrynkowy
etanian metylu	pieprzowo-miętowy
etanian oktylu	pomarańczowy
etanian pentylu	gruszkowo-bananowy
etanian propylu	gruszkowy
butanian etylu	ananasowy
butanian metylu	jabłkowo-ananasowy
benzoesan metylu	owoców egzotycznych
butanian butylu	ananasowy
butanian pentylu	morelowy
pentanian metylu	kwiatowy



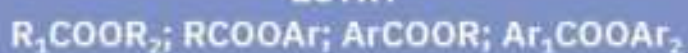
Ćwiczenie

8. Zamień podane w tabeli 10 nazwy systematyczne estrów na nazwy zwyczajowe.

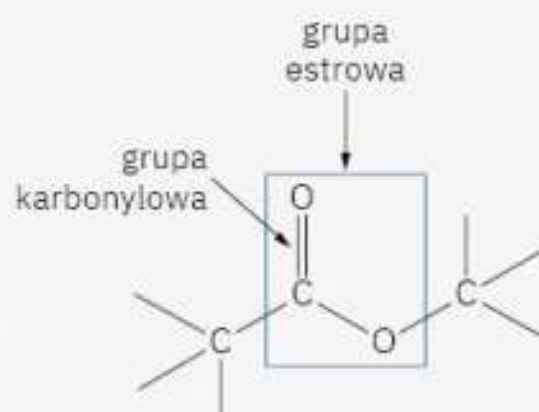


PODSUMOWANIE LEKCJI

ESTRY



- Estry** – związki, których cząsteczki składają się z grupy funkcyjnej $-C(O)O-$ podstawionej grupami alkilowym lub aryłowymi.



s. 223

Estry	
Nazewnictwo	Nazwa anionu karboksylanowego + nazwa grupy węglowodorowej pochodzącej od alkoholu lub ester ...owy kwasu ...owego ↑ ↑ przymiotnik utworzony od nazwy grupy alkilowej pochodzącej od alkoholu przymiotnik utworzony od nazwy kwasu karboksylowego
Otrzymywanie	• reakcja estryfikacji
Właściwości chemiczne	• reakcja hydrolizy kwasowej (zachodząca w środowisku kwasowym) • reakcja hydrolizy zasadowej (zachodząca w środowisku zasadowym)

- **Reakcja estryfikacji** – reakcja alkoholu z kwasem karboksylowym prowadząca do otrzymania estru.



s. 227

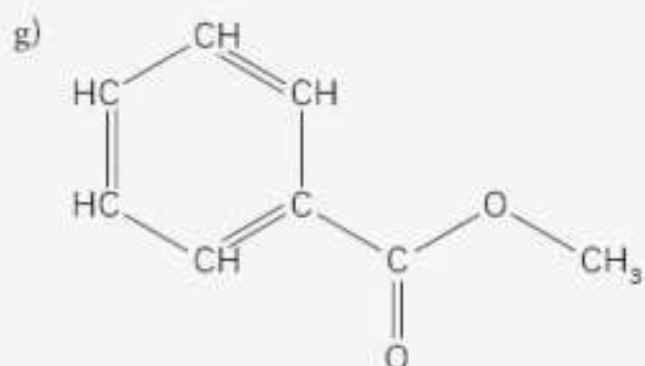
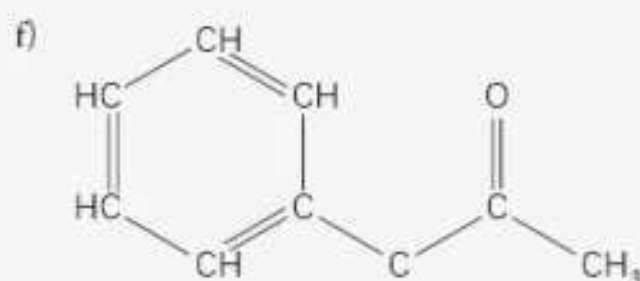
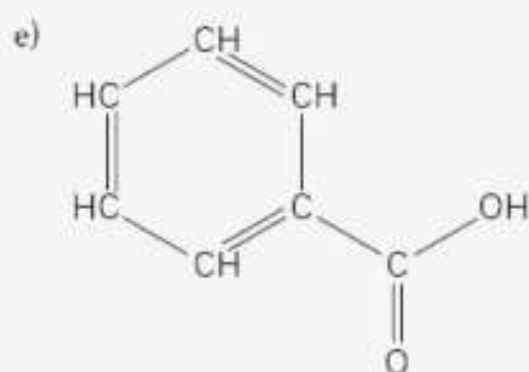
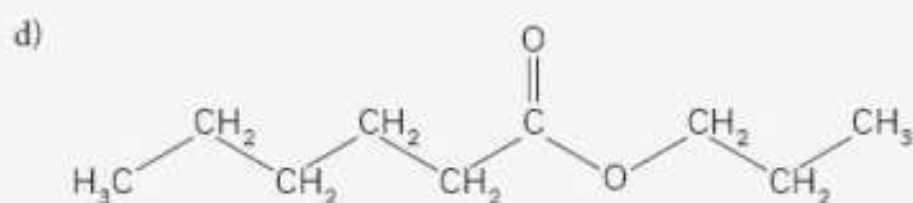
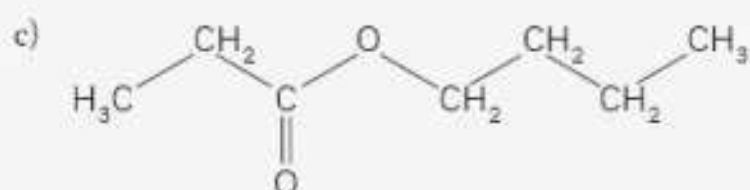
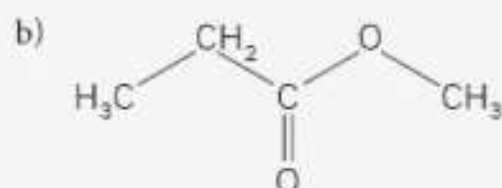
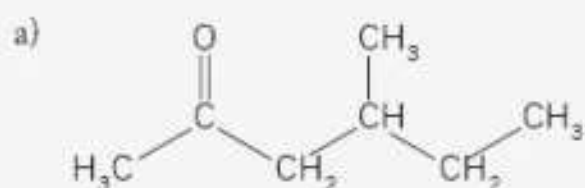
- Przesunięcie równowagi w stronę tworzenia produktów (zwiększenie wydajności reakcji estryfikacji) następuje w wyniku:
 - usunięcia któregoś z produktów z mieszaniny reakcyjnej (oddestylowanie estru, odwodnienie mieszaniny reakcyjnej);
 - stosowania nadmiaru molowego któregoś z substratów.

- **Reakcja hydrolizy estrów** – reakcja zachodząca pod wpływem wody, prowadząca do rozpadu estrów. Produkty rozpadu estrów zależą od środowiska reakcji.

Hydroliza	Proces	Produkty	Równanie reakcji
kwasowa	odwra- calny	alkohol i kwas karboksylowy	$\text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{T}]{\text{H}^+} \text{RCOOH} + \text{R}'\text{OH}$
zasadowa	nieod- wracalny	alkohol i sól kwasów kar- boksylowych	$\text{RCOOR}' + \text{NaOH} \xrightarrow[\text{T}]{\text{H}_2\text{O}} \text{RCOONa} + \text{R}'\text{OH}$

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne:
 - octanu butylu,
 - etanianu etylu,
 - estru, który otrzymano w wyniku reakcji estryfikacji alkoholu etylowego oraz kwasu metanowego,
 - estru, który w wyniku hydrolizy zasadowej przekształcił się w etanian sodu i alkohol propylowy,
 - estru, który w wyniku hydrolizy kwasowej przekształcił się w kwas propionowy i metanol.
 We wzorach estrów zaznacz grupę estrową.
- Spośród poniższych związków wybierz estry i zapisz ich nazwy w zeszycie.



3. Napisz w zeszycie równania reakcji estryfikacji prowadzące do otrzymania estrów, o których mowa w zadaniu 1.
4. Napisz w zeszycie równanie reakcji estryfikacji prowadzącej do otrzymania metanianu metylu. Zaproponuj dwie metody prowadzące do zwiększenia wydajności reakcji.
5. Zapisz równanie reakcji hydrolizy:
 - a) zasadowej etanianu pentylu oraz propanianu butylu,
 - b) kwasowej mrówczanu etylu oraz maślanu propylu.
6. Uzupełnij w zeszycie równania reakcji. Podaj nazwy wszystkich organicznych reagentów.
 - a)

$$\text{---} + \text{CH}_3\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{---} + \text{H}_2\text{O}$$

octan ---
 - b)

$$\text{---} + \text{---} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 - c)

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{---} + \text{---}$$
 - d)

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{---} + \text{---}$$
 - e)

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{---} + \text{---}$$
7. Oceń prawdziwość poniższych zdań.
 - a) Estry to związki, których grupą funkcyjną jest grupa karboksylowa.
 - b) Estry ulegają reakcji estryfikacji.
 - c) Hydroliza estrów zachodząca w środowisku zasadowym jest reakcją nieodwracalną.
 - d) Reakcją odwrotną do reakcji estryfikacji jest reakcja hydrolizy.
 - e) Produktem reakcji hydrolizy kwasowej estrów są kwasy karboksylowe i alkohole.
 - f) Estry to związki zapachowe.

8. Tłuszcze ciekłe i stałe

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to są tłuszcze;
- jakie właściwości wykazują tłuszcze;
- jakie mają zastosowania tłuszcze ciekłe i stałe.

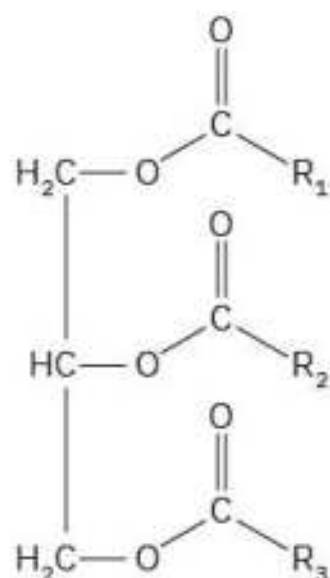
Tłuszcze to substancje powszechnie występujące w przyrodzie. Występują w tkankach zarówno zwierzęcych, jak i roślinnych. Tłuszcze znane są także jako składniki spożywanych pokarmów, a wśród nich wyróżnia się tłuszcze pochodzenia zwierzęcego (smalec, masło, łój) oraz roślinnego (oleje). Dla chemika tłuszcze to estry gliceryny i długołańcuchowych kwasów karboksylowych (wyższych kwasów karboksylowych, kwasów tłuszczowych).

8.1. Struktura tłuszczów

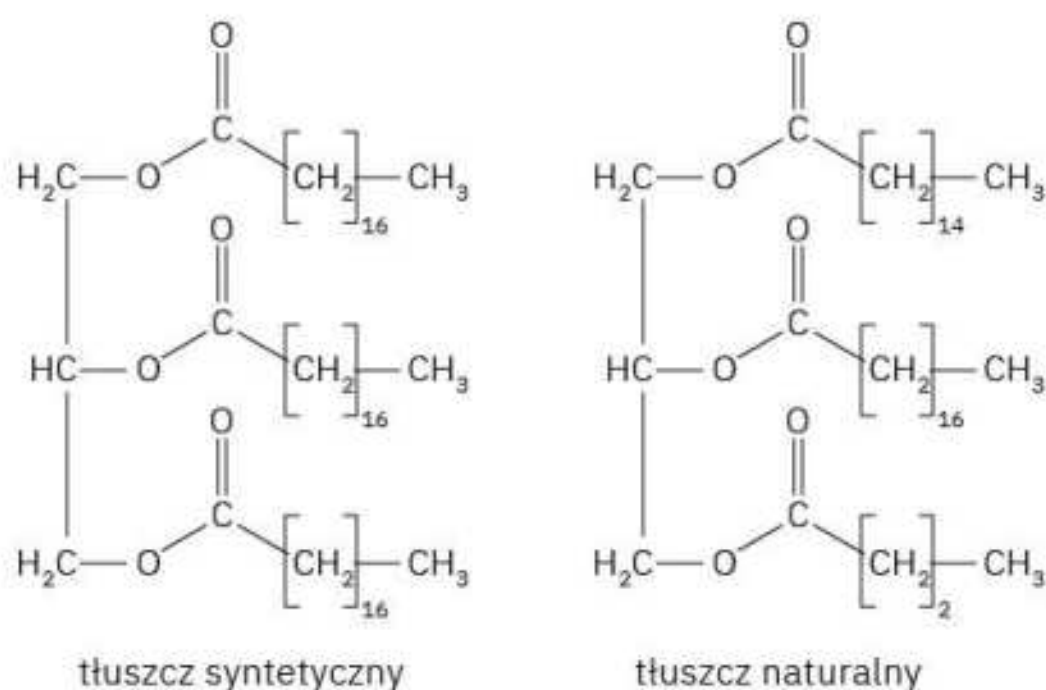
Tłuszcze – estry gliceryny i wyższych kwasów karboksylowych.

tłuszcze

Gliceryna (rozdz. II.1.5.) w swojej strukturze ma trzy grupy hydroksylowe, dlatego w estrze gliceryny znajdują się trzy reszty kwasów karboksylowych. Wzór ogólny tłuszczów można zatem przedstawić następująco:



Reszty kwasowe (R_1 , R_2 , R_3) w tłuszczach naturalnych są różne, dlatego też nazywa się je **estrami mieszanymi**. Natomiast te otrzymywane syntetycznie są takie same ($\text{R}_1=\text{R}_2=\text{R}_3$).



Rys. 25. Struktury przykładowych tłuszczów naturalnych i syntetycznych.

estry mieszane

Estry mieszane – estry zawierające w cząsteczce różne reszty kwasowe.

Tłuszcze powstają z kilkunastu różnych kwasów karboksylowych. Najczęściej w cząsteczkach tłuszczów występują reszty kwasowe zawierające od 12 do 18 atomów węgla. Wybrane przykłady podano w tabeli 11.

Tab. 11. Kwasy, których reszty karboksylanowe występują w tłuszczach naturalnych

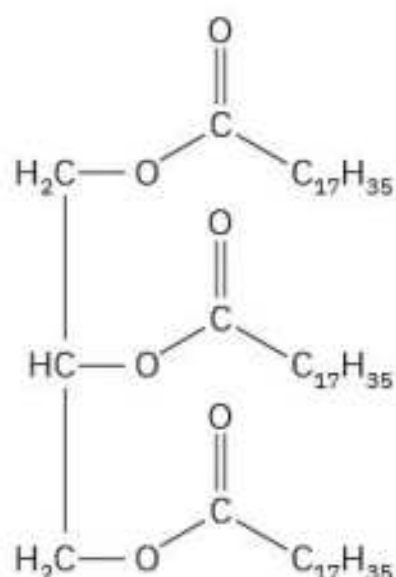
Nazwa kwasu	Wzór kwasu
kwas palmitynowy	$C_{15}H_{31}COOH$
kwas stearynowy	$C_{17}H_{35}COOH$
kwas oleinowy	$C_{17}H_{33}COOH$
kwas mirystynowy	$C_{13}H_{27}COOH$
kwas linolowy	$C_{17}H_{31}COOH$
kwas linolenowy	$C_{17}H_{29}COOH$
kwas masłowy	C_3H_7COOH

Ćwiczenie

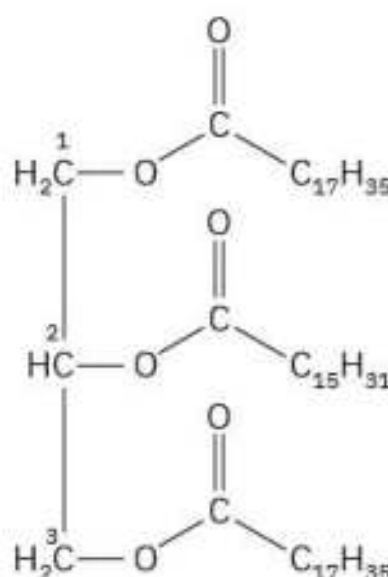
1. Nasycone kwasy karboksylowe opisuje wzór ogólny $C_nH_{2n+1}COOH$. Wskaż w tabeli 11 kwasy nienasycone.

8.2. Nazewnictwo

W związku z tym, że tłuszcze są estrami, ich nazewnictwo opiera się na takich samych zasadach, jak nazewnictwo omówionych estrów małych cząsteczkowych. Ze względu na obecność trzech wiązań estrowych oraz możliwość występowania różnych reszt kwasowych należy pamiętać o podaniu miejsca występowania i liczby reszt kwasowych. Na przykład:



tristearnian glicerolu



2-palmitynian-1,3-distearnian glicerolu

8.3. Podział

Ze względu na stan skupienia tłuszcze dzieli się na:

- stałe (tłuszcze zawierające w cząsteczkach nasycone reszty kwasowe o długich łańcuchach);
- ciekłe (tłuszcze zawierające w cząsteczkach nienasycone reszty kwasowe lub reszty zawierające krótsze łańcuchy węglowe).

Ze względu na pochodzenie tłuszcze dzieli się na:

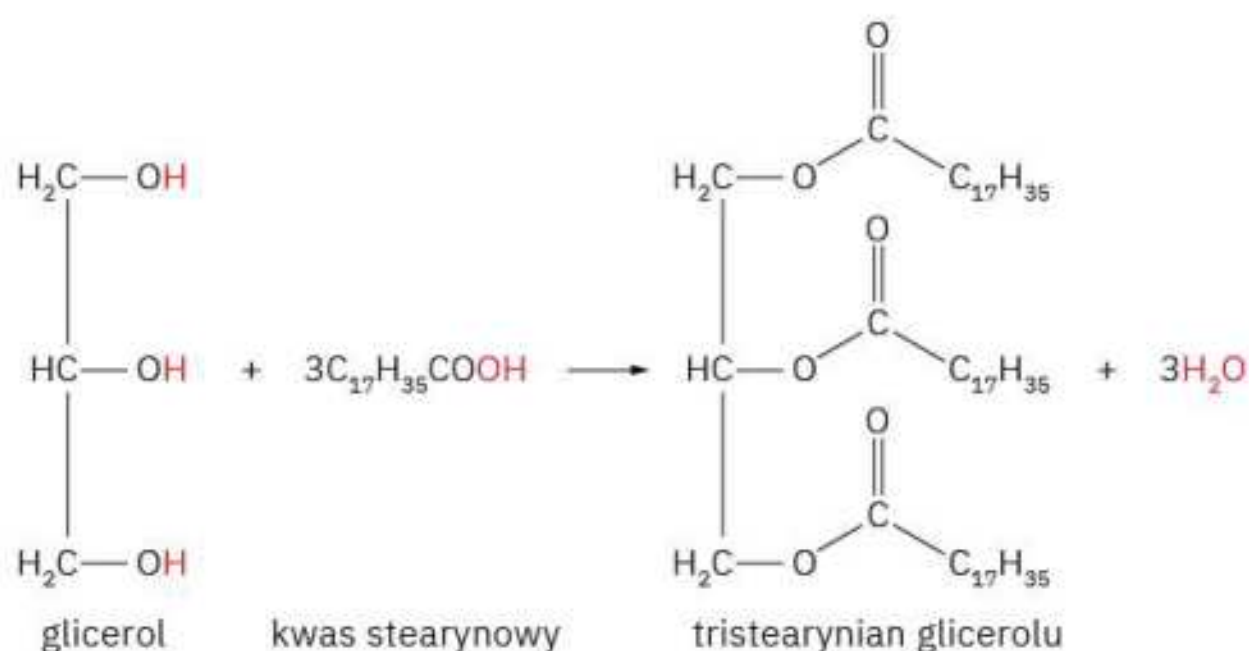
- pochodzenia zwierzęcego,
- pochodzenia roślinnego.

Tłuszcze pochodzenia zwierzęcego są zazwyczaj stałe. Wyjątek stanowi np. tran – ciekły tłuszcz pochodzenia zwierzęcego. Tłuszcze roślinne są zazwyczaj ciekłe. Do wyjątków należy np. masło kakaowe.

8.4. Otrzymywanie

Tłuszcze powstają podczas **reakcji estryfikacji** z udziałem enzymów w naturze lub katalizatorów w warunkach laboratoryjnych:

reakcja
estryfikacji



8.5. Właściwości fizyczne

Tłuszcze są związkami chemicznymi o budowie niepolarnej, dlatego nie rozpuszczają się w związkach polarnych, takich jak woda czy etanol. Natomiast dobrze rozpuszczają się w rozpuszczalnikach niepolarnych, jak benzyna. Stan skupienia tłuszczów wiąże się z obecnością wiązań nienasyconych w ich cząsteczkach. Tłuszcze zawierające wiązania podwójne są cieczami i z reguły pochodzenia roślinnego, a tzw. tłuszcze nasycone to ciała stałe, z reguły pochodzenia zwierzęcego.

Ćwiczenie

2. Przepisz tabelę do zeszytu i uzupełnij podanymi przykładami tłuszczów.
masło, smalec, lój, oliwa, olej spożywczy, masło kakaowe, tran

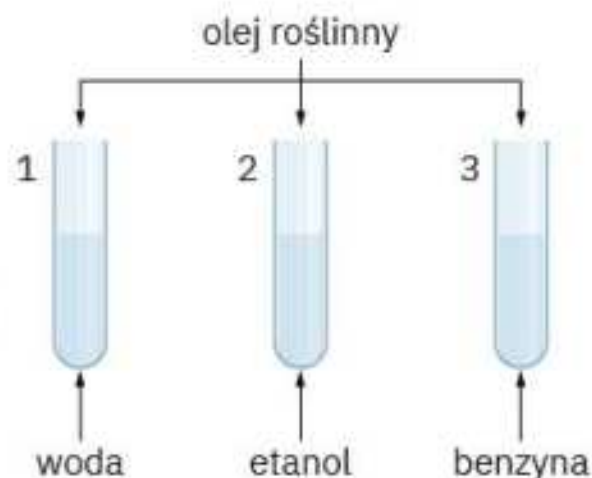
	Tłuszcze pochodzenia zwierzęcego	Tłuszcze pochodzenia roślinnego
o stałym stanie skupienia		
o ciekłym stanie skupienia		

Doświadczenie 1.

Badanie właściwości fizycznych tłuszczów

Opis:

Do trzech probówek zawierających: wodę, etanol i benzynę, dodaj kilka kropel oleju roślinnego.



Obserwacje:

Probówka	Probówka – olej/ woda	Probówka – olej/ etanol	Probówka – olej/benzyna
Obserwacje	Widać dwie warstwy. Olej stanowi warstwę górną.	Widać dwie warstwy. Olej stanowi warstwę dolną.	Brak dwóch warstw.

Wnioski:

Probówka	Probówka – olej/ woda	Probówka – olej/ etanol	Probówka – olej/benzyna
Wnioski	Olej nie rozpuszcza się w wodzie i ma mniejszą gęstość niż woda	Olej nie rozpuszcza się w etanolu i ma większą gęstość niż etanol.	Olej rozpuszcza się w benzynie.

8.6. Właściwości chemiczne

Właściwości chemiczne tłuszczów są podobne do właściwości omówionych wcześniej małocząsteczkowych estrów. Zatem najważniejszą reakcją jest reakcja hydrolizy. Reakcja z udziałem wody, tak jak w przypadku małocząsteczkowych estrów, zachodzi w środowisku kwasowym (z udziałem katalizatora kwasowego) lub w środowisku zasadowym. Produktami hydrolizy tłuszczów są więc glicerol, kwas tłuszczowy lub jego sól.

• Reakcja zmydlenia

Reakcja zmydlenia (zmydlenie) – zasadowa hydroliza tłuszczów, której produktami są glicerol oraz sól kwasu karboksylowego (mydło).

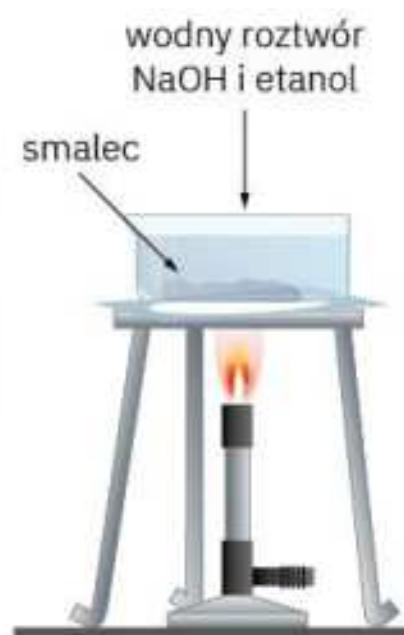
reakcja zmydlenia
(zmydlenie)

Doświadczenie 2.

Reakcja zmydlenia

Opis:

W parownicy umieść niewielki kawałek smalcu, ok. 1 cm³ etanolu oraz 3 cm³ dwudziestoprocentowego roztworu wodnego wodorotlenku sodu. Zawartość parownicy mieszaj bagietką i ogrzewaj nad palnikiem. Po upływie kilkunastu minut ostudź parownicę wraz z zawartością. Następnie sprawdź zapach oraz właściwości piennej powstałej substancji.

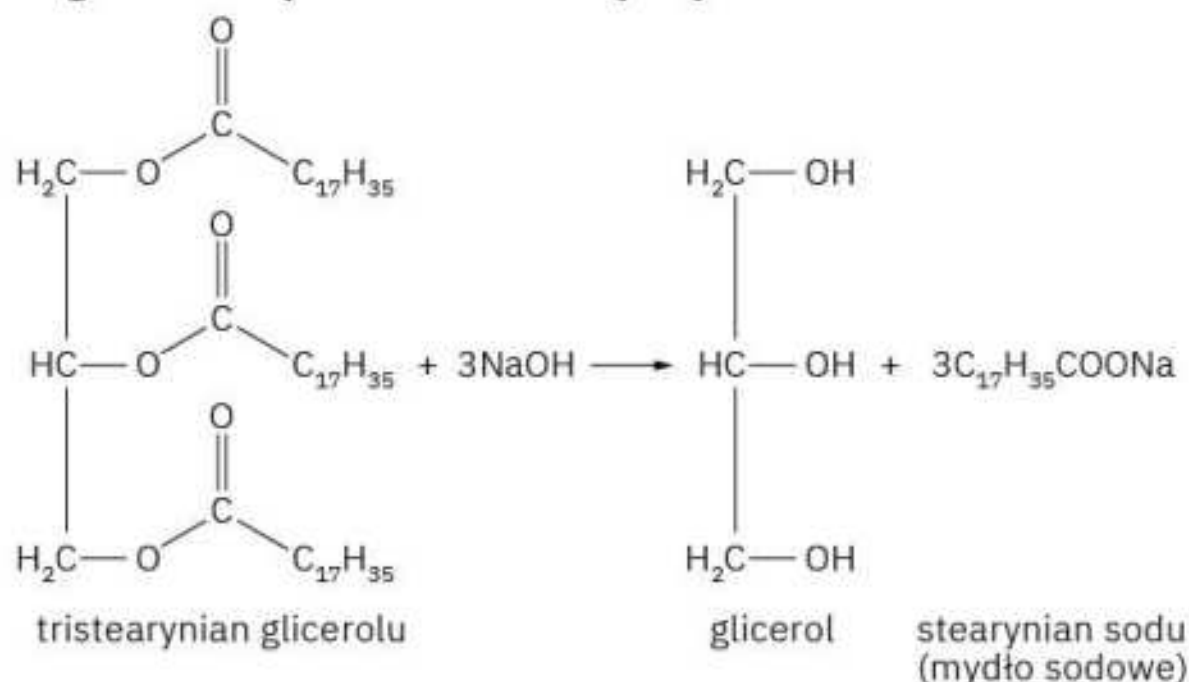


Obserwacje:

Smalec stopił się pod wpływem temperatury. Podczas dalszego ogrzewania zawartość parownicy intensywnie się pieniała. Powstały produkt miał postać białej masy o kremowej konsystencji i mydlanym zapachu.

Wniosek:

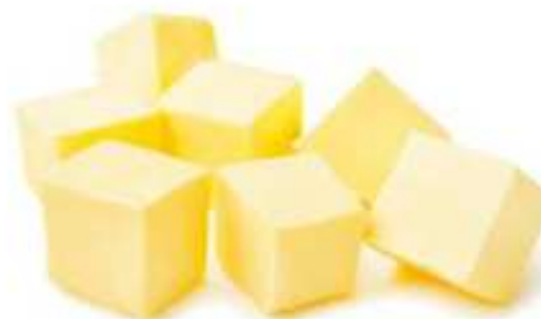
Produktem reakcji zasadowej hydrolizy tłuszczów są mydła – sodowe sole długłańcuchowych kwasów karboksylowych.

• **Reakcja utwardzania**

Nienasycone tłuszcze, jak wszystkie związki nienasycone, ulegają reakcjom addycji. Addycja atomów wodoru do wiązania podwójnego powoduje, że tłuszcze nienasycone zamieniają się w nasycone, co wiąże się z ich zmianą stanu skupienia z ciekłego na stały.



Ta reakcja jest wykorzystywana w przemyśle do utwardzania olejów. W przemyśle spożywczym stosuje się także częściowe uwodornienie. Przykładem częściowo utwardzonego tłuszczu jest margaryna.

**Ćwiczenie**

3. Zaproponuj doświadczenie pozwalające sprawdzić obecność wiązań nienasyconych w tłuszczu.

Rys. 26. Margaryna to częściowo utwardzony tłuszcz roślinny wzbogacony w witaminy, barwniki i substancje polepszające zapach i smak.

8.7. Zastosowanie tłuszczów

Tłuszcze mają wiele zastosowań, głównie w przemyśle spożywczym i przemyśle kosmetycznym. W celach spożywczych najczęściej stosuje się masło, smalec (tłuszcze pochodzenia zwierzęcego) oraz oleje roślinne, takie jak: olej rzepakowy, słonecznikowy, sojowy i lniany czy oliwę z oliwek. Ponadto



masło kakaowe lub tłuszcz kokosowy wykorzystuje się w produkcji słodczy. Tłuszczów tych używa się również w kosmetyce do wyrobu preparatów nawilżających oraz zmiękczających skórę.



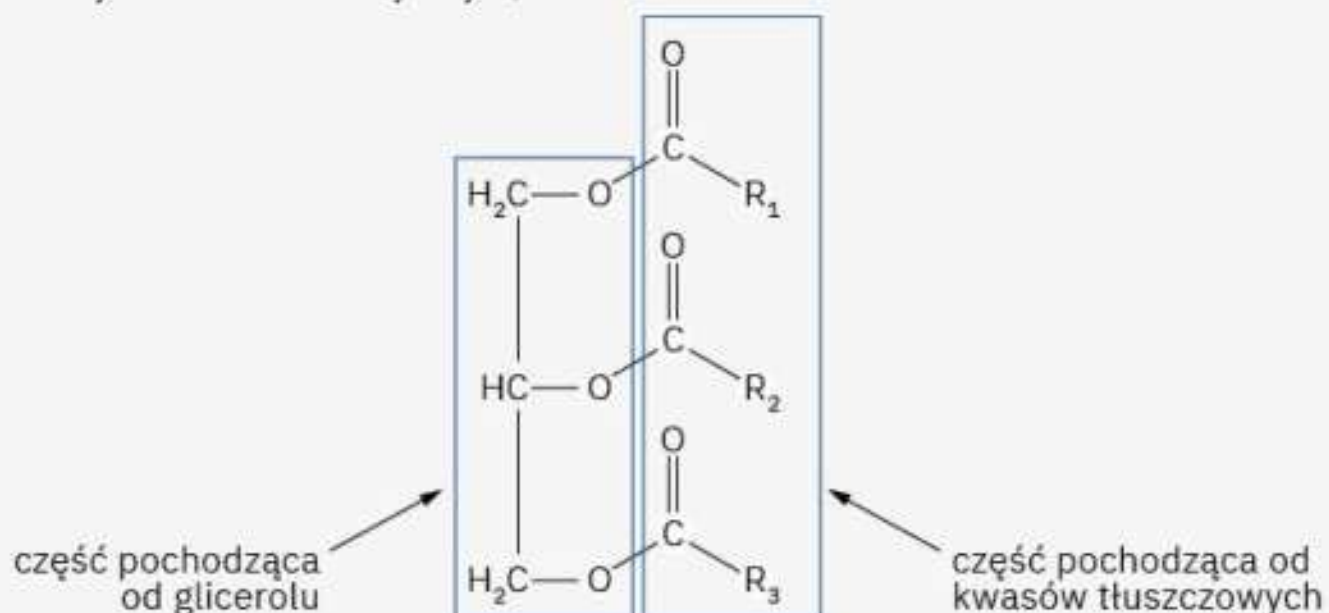
Oleje stosuje się także do produkcji farb olejnych lub produktów impregnujących drewno czy wyroby skórzanе.



PODSUMOWANIE LEKCJI

- Tłuszcze** – estry glicerolu i kwasów tłuszczowych (wyższych kwasów karboksylowych – długołańcuchowych kwasów karboksylowych).

s. 233



Tłuszcze	
Nazewnictwo	Podobne do nazewnictwa estrów małowcząsteczkowych. Ze względu na obecność trzech wiązań estrowych oraz możliwość występowania różnych reszt kwasowych należy pamiętać o podaniu miejsca występowania i liczby reszt kwasowych.
Otrzymywanie	• reakcja estryfikacji
Właściwości chemiczne	• reakcja hydrolizy kwasowej (zachodząca w środowisku kwasowym) • reakcja hydrolizy zasadowej (zachodząca w środowisku zasadowym) • reakcja utwardzania (addycji wodoru do wiązań nienasyconych)

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów strukturę chemiczną tłuszczów.
2. Wyjaśnij, czym różnią się strukturalnie tłuszcze ciekłe od stałych.
3. Wytłumacz, czym są estry mieszane.
4. Dlaczego tłuszcze nie rozpuszczają się w wodzie, a rozpuszczają się w benzynie?

Tabela do zadań 5–8.

Nazwa kwasu	Wzór kwasu
kwas palmitynowy	$C_{15}H_{31}COOH$
kwas stearynowy	$C_{17}H_{35}COOH$
kwas oleinowy	$C_{17}H_{33}COOH$

5. Określ stan skupienia poniższych tłuszczów.
 - a) 2,3-dioleinian-1-stearynian glicerolu
 - b) 2-oleinian-1,3-dipalmitynian glicerolu
 - c) 1,3-dipalmitynian-2-stearynian glicerolu
 - d) tripalmitynian glicerolu
 - e) trioleinian glicerolu
6. Które z tłuszczów z poprzedniego zadania są tłuszczami naturalnymi?
7. Napisz uproszczone wzory półstrukturalne poniższych związków.
 - a) 2-oleinian-1,3-distearynian glicerolu
 - b) 1,3-dipalmitynian-2-stearynian glicerolu
8. Napisz w zeszycie reakcję zmydlania prowadzącą do otrzymania (mydła) stearynianu sodu i palmitynianu sodu.
9. Wyjaśnij, dlaczego margaryna jako tłuszcz roślinny nie jest ciekła.
10. Wymień przykładowe zastosowanie tłuszczów.

9. Usuwanie brudu

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- dlaczego odczyn mydła jest zasadowy;
- co to są mydła sodowe i potasowe;
- jak wpływa na pienienie się mydła twardość wody;
- co to są substancje powierzchniowo czynne;
- jaki jest mechanizm usuwania brudu za pomocą mydła.

Mydło jako środek myjący zostało spopularyzowane w Europie dopiero na przełomie XIX i XX w. Dawniej mydła wyrabiano w domach z popiołu drzewnego oraz tłuszczów spożywczych. W czasie pierwszej wojny światowej, ze względu na deficyty żywnościowe, takie mydła zastąpiono sztucznymi mydłami – tzw. syndetami będącymi mieszaniną różnych detergentów. Większość mydeł obecnie sprzedawanych to syndety. Dopiero od niedawna można zauważyć wzrost popularności naturalnych środków piorących i myjących – mydeł naturalnych.

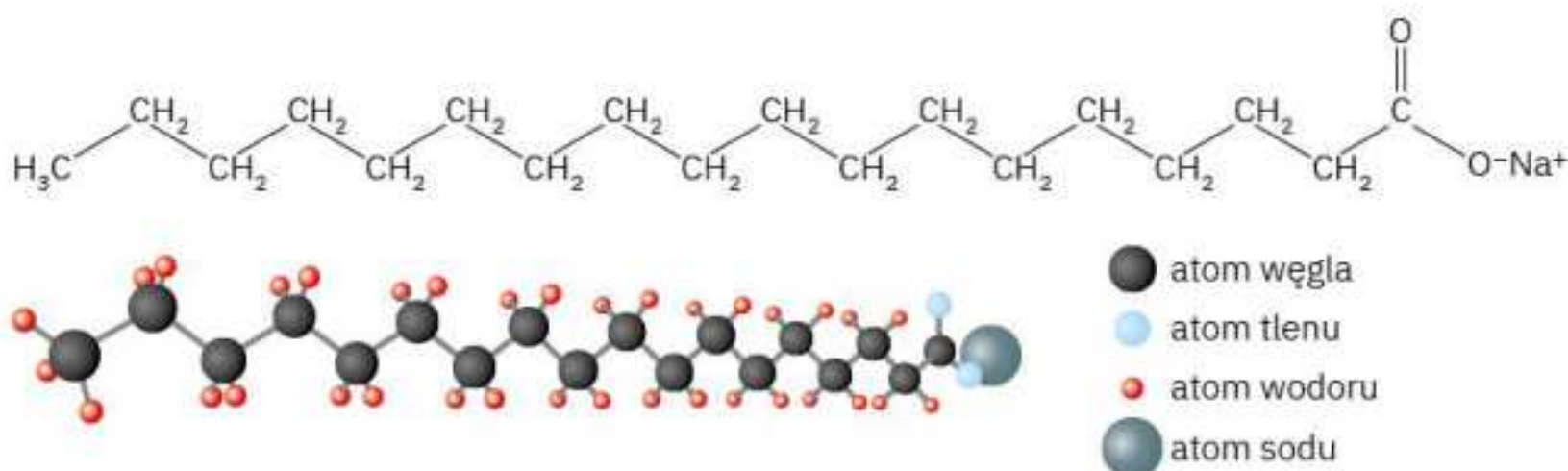
9.1. Mydło

Mydła to mieszaniny soli sodowych lub potasowych wyższych kwasów karboksylowych, głównie kwasu palmitynowego oraz stearynowego. Zawierają dodatkowo substancje zapachowe, czasami barwiące oraz środki ułatwiające formowanie mydła w kostki.

Mydło – mieszanina soli sodowych lub potasowych wyższych kwasów karboksylowych.

mydlo

Sole te mają budowę jonową. Składają się z anionu kwasu karboksylowego oraz kationu metalu.

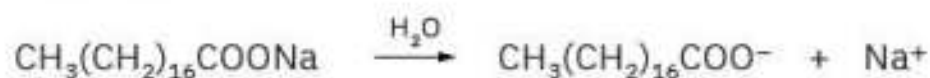


Rys. 27. Struktura (wyżej) oraz model (niżej) stearynianu sodu.

Jeśli kationem metalu jest sód, takie mydła nazywa się sodowymi, natomiast mydła z jonem potasu nazywa się potasowymi.

9.2. Odczyn mydła

Kwasy karboksylowe to słabe kwasy, dlatego sole tych kwasów ulegają w wodzie hydrolizie. Mydła jako sole słabego kwasu i mocnych zasad ulegają hydrolizie anionowej.



odczyn zasadowy

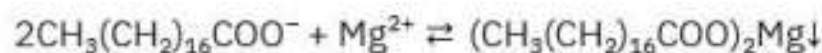
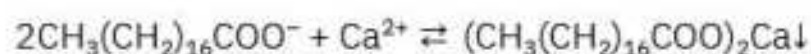
W wyniku hydrolizy karboksylanów powstają jony wodorotlenkowe odpowiadające za odczyn zasadowy mydła.

Ćwiczenie

1. Napisz w zeszycie równanie reakcji hydrolizy:
 - a) stearynianu potasu,
 - b) palmitynianu sodu.

9.3. Wpływ twardości wody na pienienie się mydła

Mydło w wodzie pieni się, ponieważ obniża napięcie powierzchniowe roztworu. Twardość wody wpływa na pienienie się mydła. W twardej wodzie jest stosunkowo duże stężenie jonów wapnia i magnezu, które z anionami karboksylanowymi tworzą nierozpuszczalne sole:



Obecność nierozpuszczalnych soli ujawnia się tworzeniem osadu i obniżeniem efektywności właściwości myjących mydła. Nierozpuszczalne sole nie wykazują czynności powierzchniowej i nie obniżają napięcia powierzchniowego wody, co pogarsza zdolności myjące mydła.

9.4. Budowa detergentów

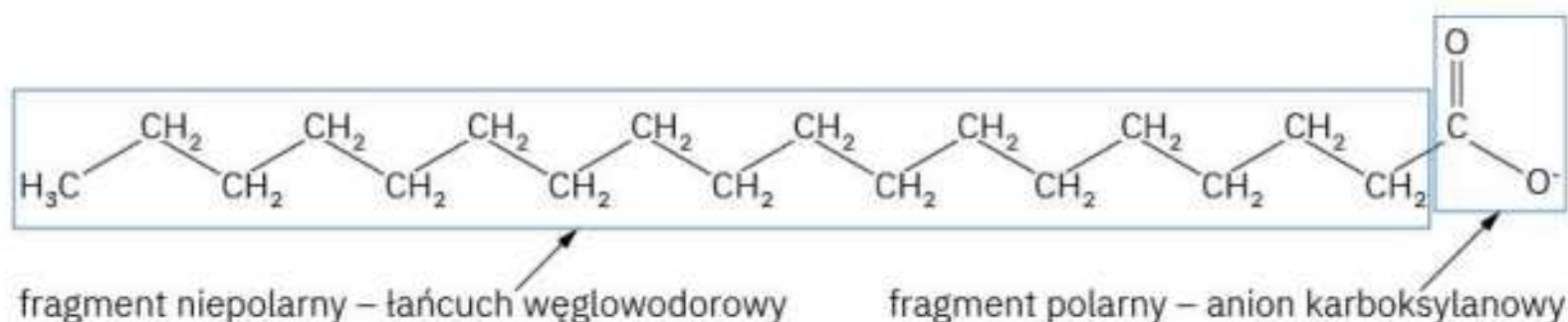
Mydła zalicza się do związków powierzchniowo czynnych. Poza nimi do tej grupy należą liczne środki piorące, zwane ogólnie detergentami. Detergenty są przedstawicielami różnych klas związków organicznych, ale mają wspólną cechę – budowę cząsteczkową. Cząsteczki detergentów składają się z fragmentów polarnych o dużym powinowactwie do wody (**grupy hydrofilowe**) oraz z fragmentów niepolarnych o dużym powinowactwie do związków niepolarnych, takich jak tłuszcze (**grupy hydrofobowe**).

Grupy hydrofilowe – grupy polarne o dużym powinowactwie do wody.

grupy
hydrofilowe

Grupy hydrofobowe – grupy niepolarne o dużym powinowactwie do tłuszczów.

grupy
hydrofobowe

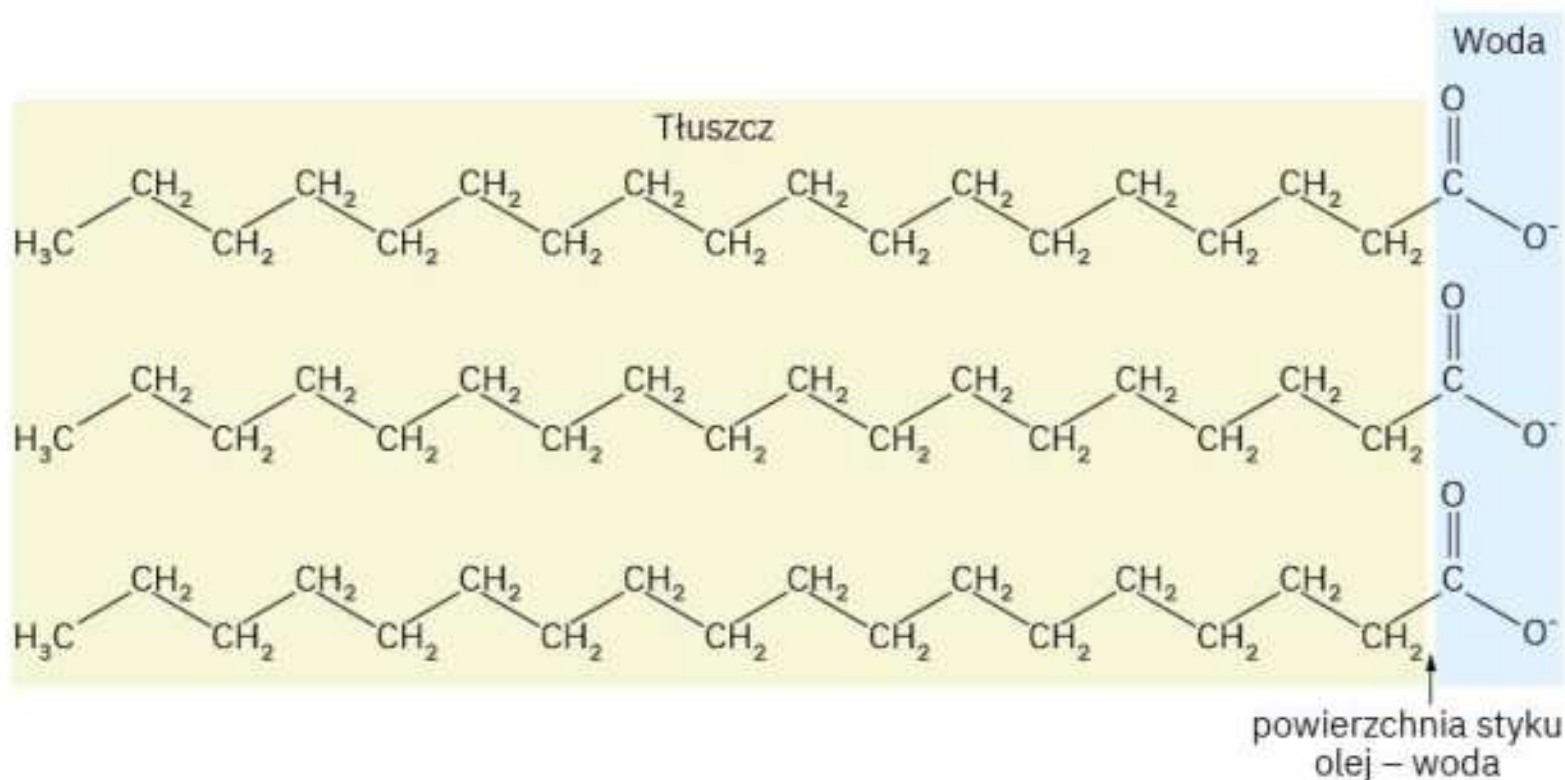


Rys. 28. Fragment hydrofilowy oraz hydrofobowy na przykładzie anionu stearynianowego.

Konsekwencją takiej budowy jest dwoista natura (hydrofilowo-hydrofobowa) cząsteczek detergentów.

9.5. Mechanizm usuwania brudu

Jeśli do mydła zostanie wprowadzony tłuszcz, to cząsteczki mydła swoimi fragmentami niepolarnymi wnikają do jego kroplel, a na powierzchni zbierają się grupy hydrofilowe umożliwiające zwilżanie powierzchni tłuszczu przez wodę (rys. 29).



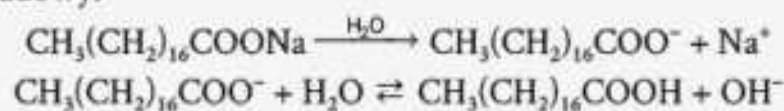
Rys. 29. Tłuszcz wiąże się z grupami hydrofobowymi, a grupy hydrofilowe gromadzą się na powierzchni.

Ujemnie naładowane fragmenty hydrofilowe umiejscowione na powierzchni obniżają napięcie powierzchniowe wody, a odpychając się wzajemnie, zapobiegają łączeniu się tłuszczów związanych z częścią niepolarną mydła w większe skupiska. Powoduje to rozbitcie tłuszczów na mniejsze krople i utworzenie trwałej emulsji, którą łatwo usunąć z mytego materiału w procesie mycia lub prania.

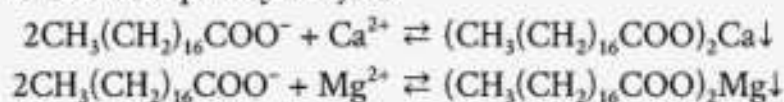
PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 241 • **Mydło** – mieszanina soli sodowych lub potasowych wyższych kwasów karboksylowych.

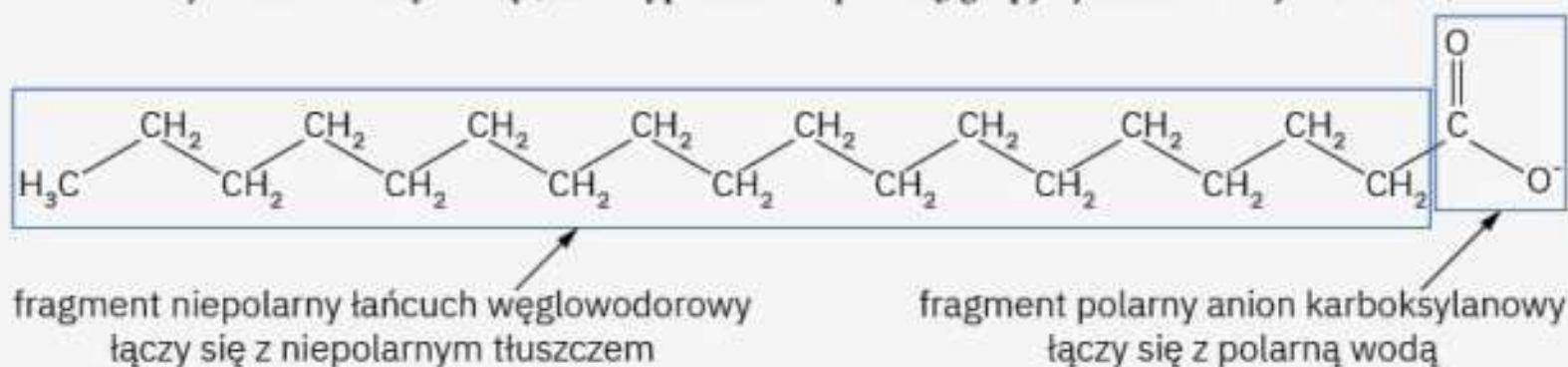
Mydło ma odczyn zasadowy:



Twarda woda obniża właściwości pieniające mydła:



Mydło ma dwoistą naturę (budowę polarno-niepolarną; grupy hydrofilowe i hydrofobowe):



- s. 243 • **Grupy hydrofilowe** – grupy polarne o dużym powinowactwie do wody.
- s. 243 • **Grupy hydrofobowe** – grupy niepolarne o dużym powinowactwie do tłuszczów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wyjaśnij pojęcia: mydło, detergenty, grupy hydrofilowe, grupy hydrofobowe.
- Wytłumacz, dlaczego mydło wykazuje odczyn zasadowy.
- Napisz równanie reakcji hydrolizy:
 - stearynianu sodu,
 - palmitynianu potasu.
- Omów budowę strukturalną detergentów.
- Wyjaśnij dwoistą naturę strukturalną detergentów.
- Dlaczego w twardej wodzie mydła wykazują słabsze właściwości myjące?
- Przedstaw mechanizm usuwania brudu.

10. Aminy

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

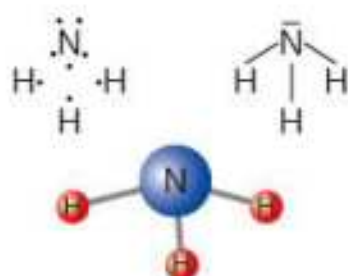
- jak dzieli się aminy;
- jak nazywa się aminy*;
- jak otrzymuje się aminy*;
- jakimi właściwościami fizycznymi charakteryzują się aminy;
- jakie właściwości kwasowo-zasadowe wykazują aminy;
- jakim reakcjom ulegają aminy.

Wszystkie omawiane do tej pory związki organiczne zawierały węgiel i wodór, a niekiedy także tlen (alkohole, fenole, kwasy karboksylowe, estry) lub fluorowce (halogenopochodne). Jednak bardzo duża grupa związków organicznych zawiera azot. Azot znajduje się w poznanej już grupie nitrowej $-\text{NO}_2$. Innym przykładem związków organicznych zawierających wiązanie między atomami węgla i azotu są aminy.

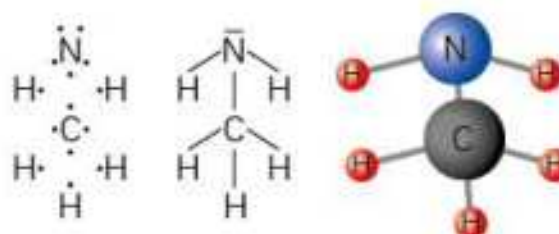
10.1. Struktura amin

Za grupę funkcyjną amin uznaje się grupę $-\text{NH}_2$. Jednak w zależności od liczby reszt węglowodorowych połączonych bezpośrednio z atomem azotu w aminach występuje także grupa $-\text{NH}$ lub $-\text{N}$. Zatem aminy to organiczne pochodne amoniaku (NH_3), w którym jeden atom wodoru bądź więcej atomów wodoru zastąpiono grupami alkilowymi.

a) amoniak NH_3



b) metyloamina CH_3NH_2



Rys. 30. Wzory elektronowe oraz modele kulkowe amoniaku (a) i najprostszej aminy – metyloaminy (b).

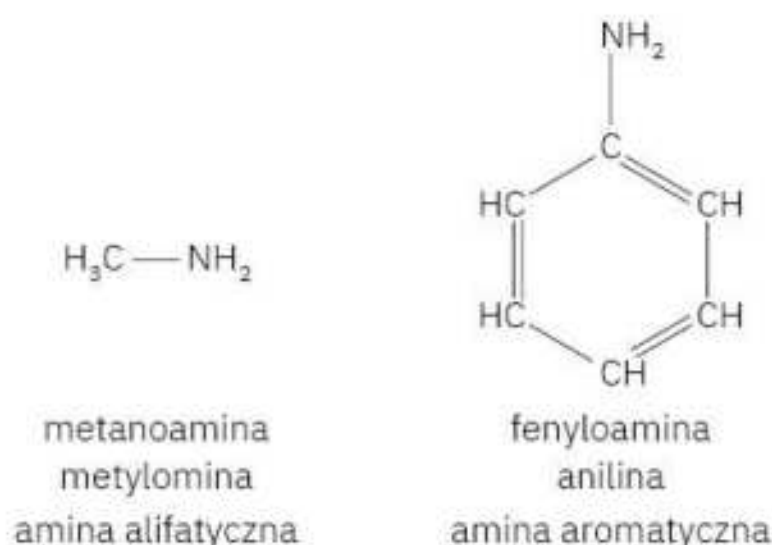
Ze względu na dosyć wysoką elektroujemność atomu azotu w cząsteczkach amin ładunek ujemny jest gromadzony właśnie na atomie azotu, co powoduje znaczną polaryzację wiązania C-N oraz polarność cząsteczek amin.

Aminy – organiczne pochodne amoniaku, w których azot z grupy aminowej jest połączony bezpośrednio z atomem węgla.

aminy

10.2. Podział i nazewnictwo*

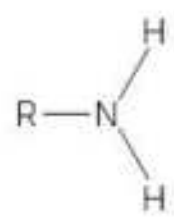
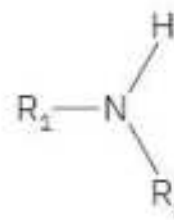
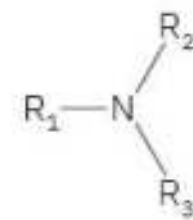
Aminy w zależności od charakteru podstawników węglowodorowych można podzielić na alifatyczne, w których azot z grupy aminowej jest połączony wyłącznie z podstawnikami alifatycznymi oraz aminy aromatyczne, które zawierają co najmniej jeden podstawnik aromatyczny.



Aminy dzieli się także ze względu na ich rzędowość. Jeżeli amina powstała strukturalnie z amoniaku, w którym tylko jeden atom wodoru został zastąpiony grupą węglowodorową, to jest **aminą pierwszorzędową** o wzorze ogólnym $\text{R}-\text{NH}_2$. Amina, która powstała strukturalnie z amoniaku przez zastąpienie dwóch atomów wodoru grupami węglowodorowymi, jest **aminą drugorzędową** o wzorze ogólnym R_2-NH . **Amina trzeciorzędowa** powstaje strukturalnie z amoniaku przez podstawienie wszystkich trzech atomów wodoru grupami węglowodorowymi. Ta amina ma wzór ogólny R_3-N . We wszystkich tych aminach na atomie azotu znajduje się wolna para elektronowa, a grupy alkilowe mogą być takie same lub różne. Zamiast grup alkilowych w aminach mogą także występować grupy aryłowe (aminy aromatyczne).

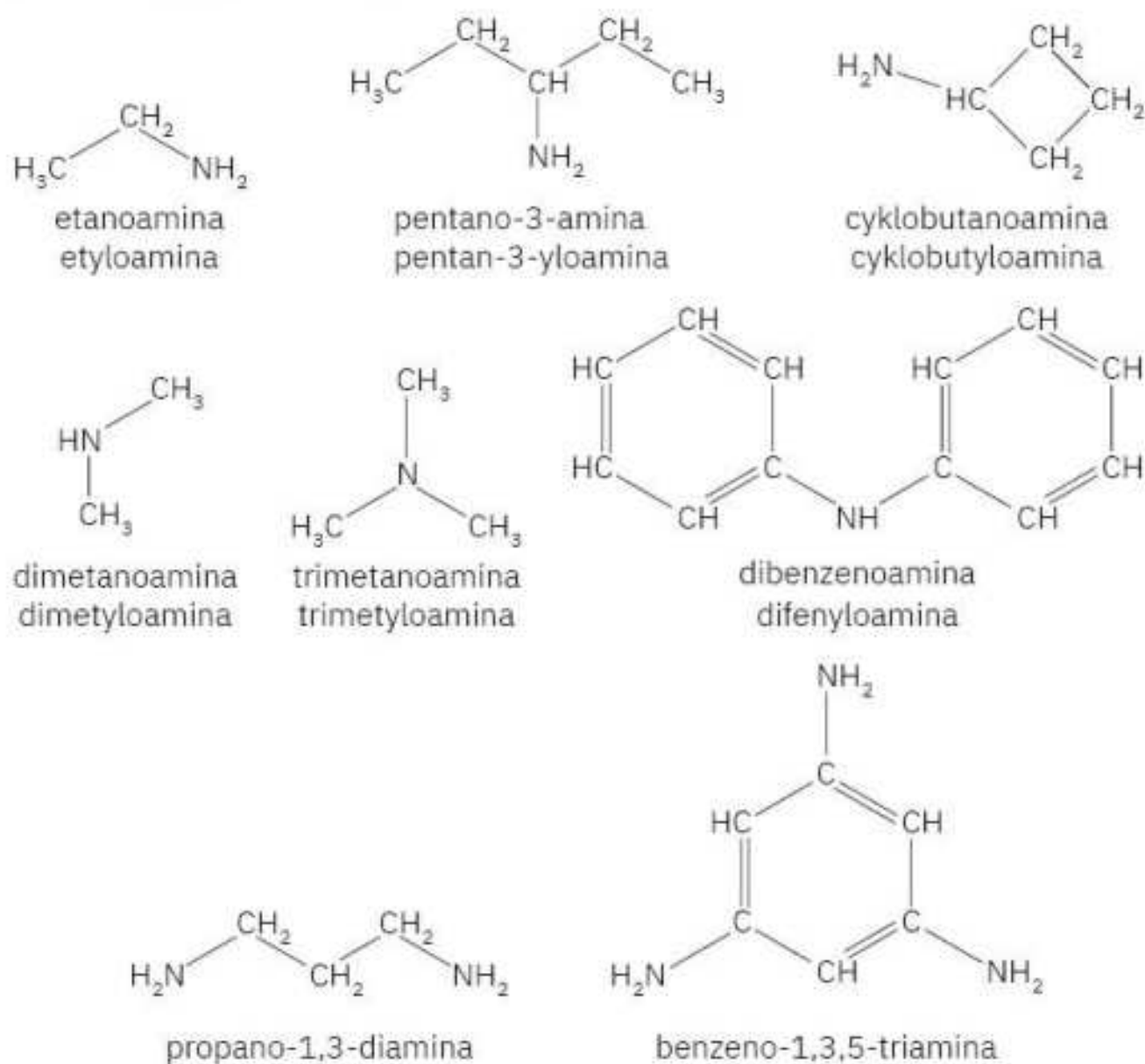
Rzędowość amin określa się inaczej niż rzędowość alkoholi (rozdz. III.1.4.).

Tab. 12. Rzędowość amin

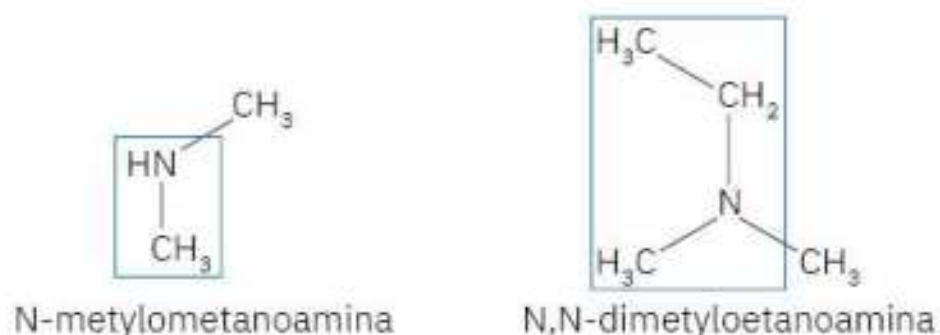
Amina pierwszorzędowa $\text{R}-\text{NH}_2$	Amina drugorzędowa R_2-NH	Amina trzeciorzędowa R_3-N
		
jedna grupa alifatyczna lub aryłowa	dwie grupy alifatyczne/ aryłowe	trzy grupy alifatyczne/ aryłowe

* Nazwy amin tworzy się, dodając do nazwy węglowodoru łącznik „o” oraz cząstkę -amina. Nazwę węglowodoru można także zastąpić nazwą analogicznej grupy

węglowodorowej. Nazywając aminy drugo- lub trzeciorzędowe zawierające takie same grupy węglowodorowe, należy podać ich liczbę. Analogicznie dla związków mających dwie grupy aminowe (diamina), trzy grupy aminowe (triamina) itd. Jeśli nie jest to jednoznaczne, należy podać odpowiedni lokant określający położenie grupy aminowej.



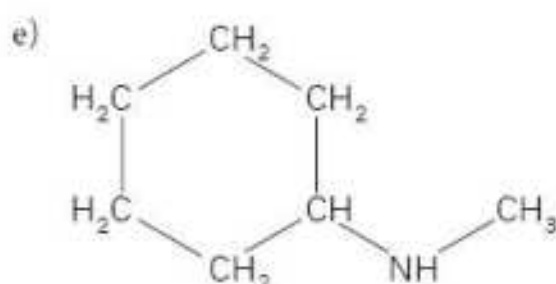
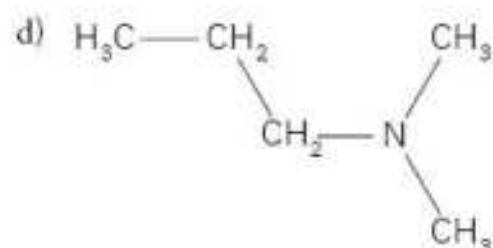
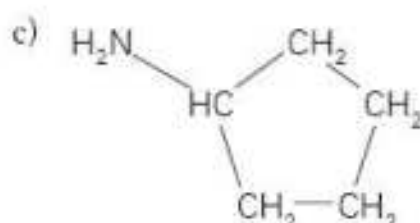
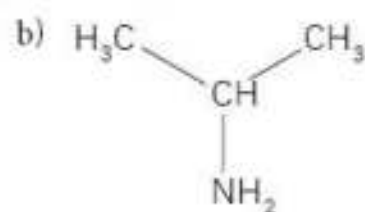
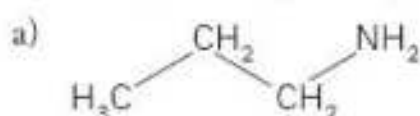
Aminy drugo- lub trzeciorzędowe zawierające różne podstawniki nazywa się, podając nazwę grup węglowodorowych w kolejności alfabetycznej. Aminy te można także traktować jako podstawioną aminę pierwszorzędową – w nazwie należy podać podstawniki połączone z azotem, co podkreśla się, dodając literę *N*-. Podstawę takiej aminy stanowi odpowiednia amina pierwszorzędowa mająca podstawnik o najwyższym priorytecie.



Aminy mają także nazwy zwyczajowe. Fenyloamina bywa nazywana aniliną.

Ćwiczenia

1*. Określ rzędowość poniższych amin i podaj ich nazwy.



2*. Narysuj w zeszycie wzory strukturalne poniższych amin. Określ rzędowość aminy w podpunktach a–c.

a) pentano-1-amina

d) butano-1,3-diamina

b) *N*-etylopropanoamina

e) anilina

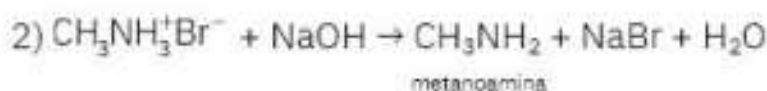
c) propano-2-amina

f) cykloheksyloamina

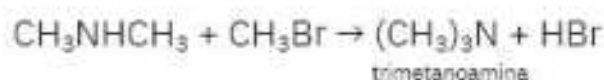
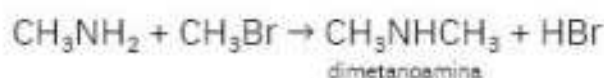
10.3. Otrzymywanie amin*

• Reakcja fluorowcopochodnych alkanów z amoniakiem

Podstawową metodą otrzymywania pierwszorzędowych amin alifatycznych jest reakcja fluorowcopochodnych alkanów z amoniakiem. Zachodzi ona dwuetapowo:



Amina pierwszorzędowa może dalej ulegać reakcji z fluorowcopochodnymi alkanów. Skutkiem tego jest powstanie amin drugo- i trzeciorzędowych:



Aminy, tak jak alkohole, mają zdolność do tworzenia wiązań wodorowych. Jednak oddziaływania międzycząsteczkowe amin są słabsze niż alkoholi ze względu na mniejszą elektroujemność azotu w porównaniu do tlenu.

10.5. Właściwości chemiczne

Aminy wykazują charakter zasadowy. W przypadku amin rozpuszczalnych w wodzie ten charakter potwierdza się w reakcji z wodą, w której wyniku powstają roztwory o odczynie zasadowym. Natomiast zasadowe właściwości wszystkich amin potwierdza reakcja z kwasami.

Doświadczenie

Właściwości zasadowe aniliny – reakcja z kwasem solnym

Uwaga!

Aminy są substancjami toksycznymi. Anilina jest silną trucizną. Poniższe doświadczenie należy wykonywać bardzo ostrożnie, ściśle według instrukcji i pod nadzorem osoby doświadczonej. Doświadczenie powinno być wykonane pod dyktando w okularach i rękawicach ochronnych.

Opis:

Do probówki wlej ok. 1 cm³ aniliny, a następnie taką samą objętość stężonego roztworu kwasu solnego. Probówkę ochłódź w zimnej wodzie znajdującej się w zlewce lub krystalizatorze.

stężony kwas solny

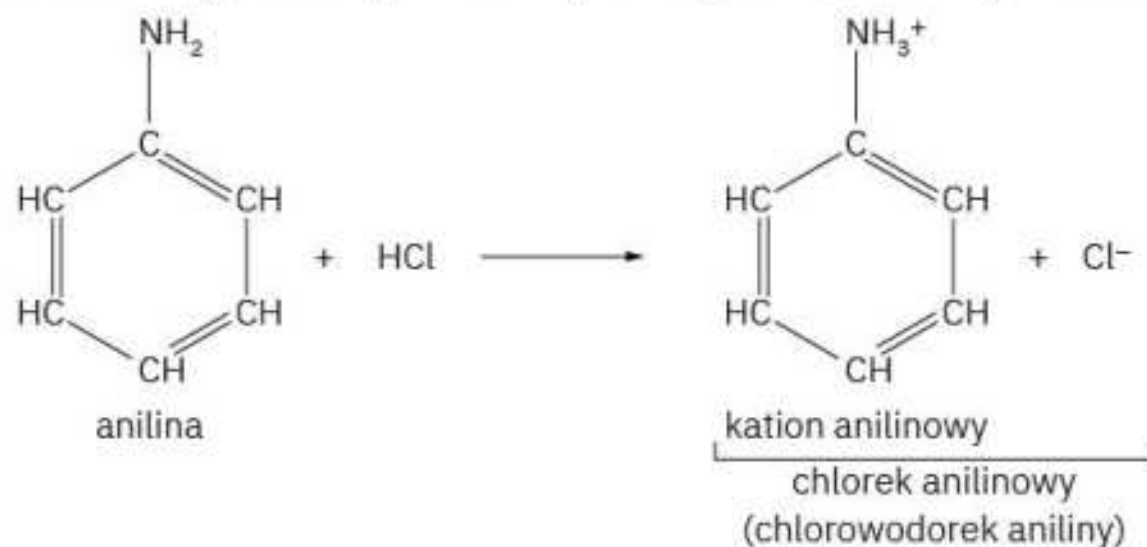


Obserwacje:

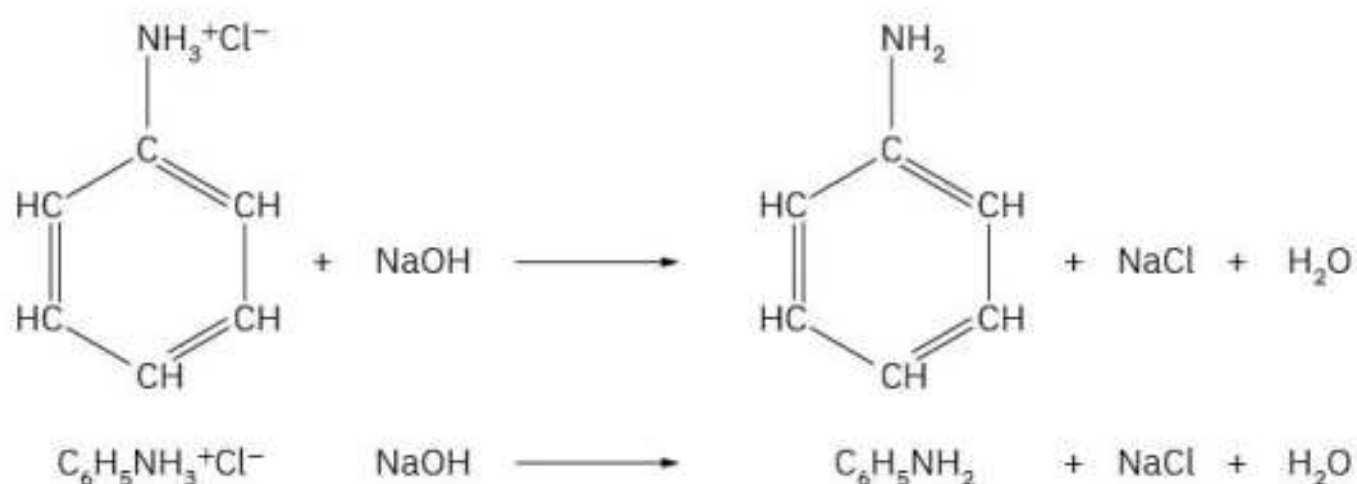
Po dodaniu kwasu powstała jednorodna mieszanina.

Wnioski:

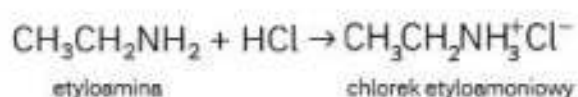
Zaszła reakcja, w której produktem jest związek rozpuszczalny w wodzie.



Anilina jako słaba zasada może zostać wyparta ze swojej soli – chlorku anilinowego – przez działanie mocniejszą zasadą, np. NaOH.



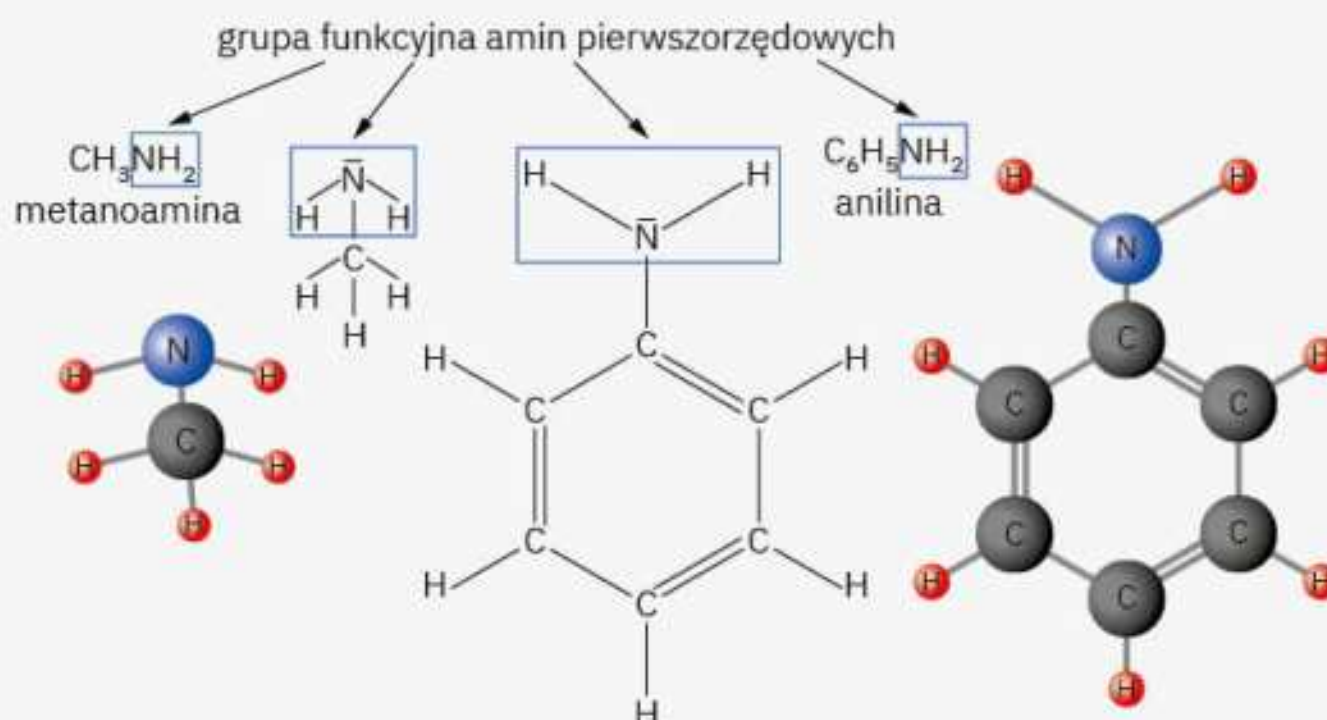
Reakcja amin alifatycznych z kwasem solnym, ze względu na ich silniejszy charakter zasadowy, zachodzi jeszcze łatwiej. Produktami reakcji są analogicznie sole amoniowe.



Ćwiczenie

- Napisz w zeszycie równanie reakcji metanoaminy oraz etanoaminy z wodą oraz z kwasem solnym.

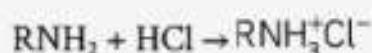
PODSUMOWANIE LEKCJI



s. 246 • Rzędowość amin:

Rzędowość amin	Amina pierwszorzędowa $R-NH_2$	Amina drugorzędowa R_2-NH	Amina trzeciorzędowa R_3-N
Wzór strukturalny			
Grupa funkcyjna	$-NH_2$	$-NH$	$-N$

s. 246 • *Nazewnictwo amin pierwszorzędowych:
– nazwa grupy alkilowej lub aryłowej z częścią -amina poprzedzoną łącznikiem „o”s. 250 • Właściwości chemiczne:
– reakcje amin rozpuszczalnych w wodzie z cząsteczkami wody:
$$RNH_2 + H_2O \rightarrow RNH_3^+ + OH^-$$

– reakcje amin z kwasami:

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- 1*. Napisz w zeszycie wzory półstrukturalne poniższych amin. Podaj nazwę zwyczajową związku c.
 - a) propan-2-yloamina
 - b) cykloheksyloamina
 - c) fenyloamina
2. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne związków izomerycznych opisanych wzorem sumarycznym $C_4H_9NH_2$ oraz napisz nazwy amin.
3. Wyjaśnij, dlaczego wiązanie wodorowe tworzące się między cząsteczkami amin jest słabsze niż wiązanie wodorowe powstające między cząsteczkami alkoholi.
4. Podaj dwa sposoby pozwalające potwierdzić zasadowość amin rozpuszczalnych w wodzie.
5. Zaproponuj uniwersalny sposób weryfikacji właściwości zasadowych amin. Zobrazuj go wybranym przykładem reakcji.
6. Określ, co odpowiada za właściwości zasadowe amin.
7. Napisz w zeszycie równania reakcji:
 - a) aniliny z kwasem solnym,
 - b) metyloaminy z kwasem solnym,
 - c) etyloaminy z wodą,
 - d) chlorku aniliny z KOH.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

- **Alkohole** – pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach jeden atom lub kilka atomów wodoru zastąpiono grupami hydroksylowymi. s. 142
- **Fenole** – to aromatyczne alkohole, czyli hydroksylowe pochodne węglowodorów aromatycznych, w których grupa hydroksylowa jest połączona z atomem węgla z pierścienia aromatycznego. s. 161
- **Aldehydy** (alkanale) – związki, w których atom węgla z grupy karbonylowej jednym wiązaniem jest połączony z atomem wodoru, a drugim – z innym atomem węgla stanowiącym resztę węglowodorową cząsteczki. s. 176
- **Ketony** (alkanony) – związki, w których grupa karbonylowa jest połączona z dwoma atomami węgla grup węglowodorowych. s. 189
- **Kwasy karboksylowe** – związki, w których cząsteczki składają się z grup karboksylowej oraz węglowodorowej. s. 199
- **Kwasy tłuszczowe** – kwasy karboksylowe, których cząsteczki zawierają długie łańcuchy węglowe. Mają zawsze parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce. s. 212
- **Estry** – pochodne kwasów karboksylowych, w których strukturalnie atom wodoru z grupy hydroksylowej został zastąpiony grupą alkilową lub aryłową. s. 223
- **Tłuszcze** – estry gliceryny i wyższych kwasów karboksylowych. s. 233
- **Aminy** – organiczne pochodne amoniaku, w których azot z grupy aminowej jest połączony bezpośrednio z atomem węgla. s. 245

Grupa funkcyjna						
Alkohole	Fenole	Aldehydy	Ketony	Kwasy karboksylowe	Estry	Aminy
-OH	-OH	-CHO	-C=O	-COOH	-C(O)O-	-NH ₂ -NH -N
Nazwa grupy funkcyjnej						
hydroksylowa		formylowa (aldehydowa)	karbonylowa	karboksylowa	estrowa	aminowa

Wzory ogólne				
C_nH_{2n+1} – grupa funkcyjna				
Alkohole	Fenole	Aldehydy	Ketony	Kwasy karboksylowe
$C_nH_{2n+1}OH$ ROH	ArOH	$C_nH_{2n+1}CHO$ RCHO ArCHO	$C_nH_{2n+1}COC_nH_{2n+1}$ R_1COR_2 ArCOR Ar_1COAr_2	$C_nH_{2n+1}COOH$ RCOOH ArCOOH

Wzory ogólne	
C_nH_{2n+1} – grupa funkcyjna	
Estry	Aminy
$C_nH_{2n+1}C(O)OC_nH_{2n+1}$ R_1COOR_2 $ArCOOR$ $RCOOAr$ Ar_1COOAr_2	$C_nH_{2n+1}NH_2$ RNH_2 $ArNH_2$ $(C_nH_{2n+1})_2NH$ R_2NH Ar_2NH $(C_nH_{2n+1})_3N$ R_3N Ar_3N

Nazewnictwo		Charakterystyczna końcówka
Alkohole	na podstawie nazw analogicznych węglowodorów, należy dodać charakterystyczną dla alkoholi końcówkę -ol	-ol
Fenole		
Aldehydy	na podstawie nazw analogicznych węglowodorów, należy dodać charakterystyczną dla aldehydów końcówkę -al	-al
Ketony	na podstawie nazw analogicznych węglowodorów, należy dodać charakterystyczną dla ketonów końcówkę -on	-on
Kwasy karboksylowe	przez dodanie słowa kwas oraz końcówki -owy do nazwy analogicznego węglowodoru	-owy
Estry	należy nazwać anion karboksylanowy oraz grupę węglowodorową pochodzącą od alkoholu	-ian + -ylu -an + -ylu
Aminy	należy nazwać grupę/y alkilową/e lub arylową/e, dostawić łącznik „o” oraz końcówkę -amina	-amina

Otrzymywanie	
Alkohole	addycja wody do alkenów substytucja anionu wodorotlenkowego do fluorowcopochodnych
Fenole	substytucja anionu wodorotlenkowego do fluorowcopochodnych prowadząca do powstania fenolanu, który po zakwaszeniu środowiska przekształca się w fenol
Aldehydy	utlenianie alkoholi pierwszorzędowych addycja wody do acetylenu
Ketony	utlenianie alkoholi drugorzędowych addycja wody do alkinów

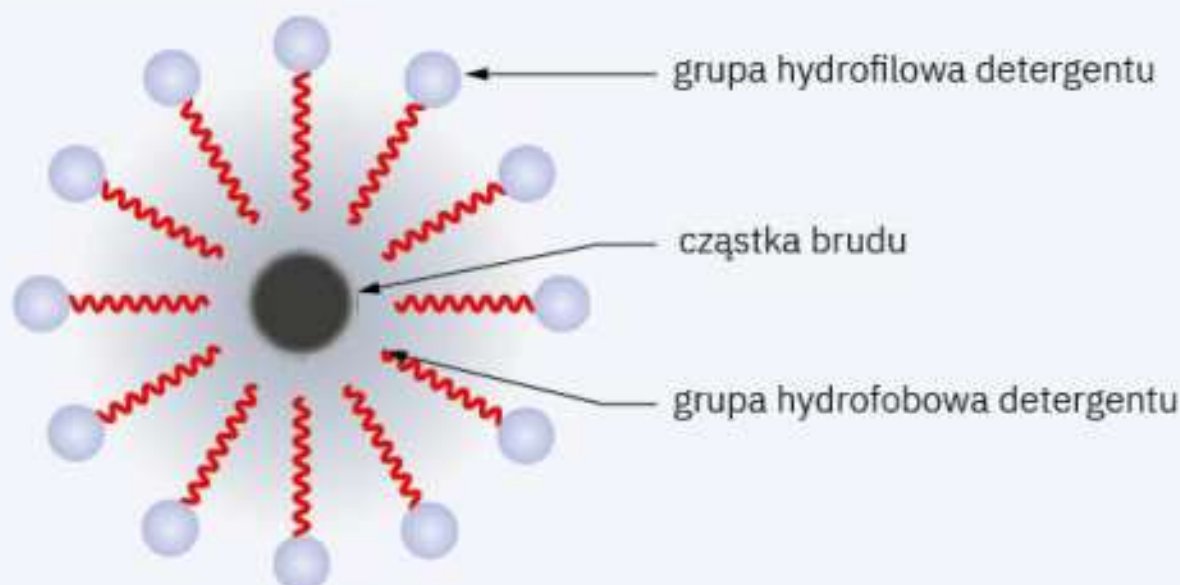
Otrzymywanie	
Kwasy karboksylowe	utlenianie aldehydów lub alkoholi pierwszorzędowych
Estry	reakcja estryfikacji
Aminy	reakcja fluorowcopochodnych alkanów z amoniakiem redukcja związków nitrowych

Właściwości chemiczne	
Alkohole	• reakcja spalania • odwodnienie $\text{alkohol} \rightarrow \text{alken}$ • reakcja substytucji nukleofilowej $\text{ROH} + \text{HX} \rightarrow \text{RX} + \text{H}_2\text{O}$ • tworzenie alkoholatów w reakcji z metalami aktywnymi, np. sodem $2\text{ROH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{RONa} + \text{H}_2$ • reakcja estryfikacji $\text{R}_1\text{OH} + \text{R}_2\text{COOH} \rightleftharpoons \text{R}_2\text{COOR}_1 + \text{H}_2\text{O}$ • reakcja utleniania alkohol pierwszorzędowy $\rightarrow$ aldehyd $\rightarrow$ kwas karboksylowy alkohol drugorzędowy $\rightarrow$ keton
Fenole	• reakcja spalania • odwracalna dysocjacja $\text{ArOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ArO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ • tworzenie fenolanów: – w reakcji z metalami aktywnymi, np. sodem $2\text{ArOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{ArONa} + \text{H}_2$ – w reakcji w mocnym wodorotlenkiem, np. sodu $\text{ArOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{ArONa} + \text{H}_2\text{O}$ • reakcja z chlorkiem żelaza(III) prowadząca do otrzymania barwnych związków • substytucja elektrofilowa
Aldehydy	• reakcja spalania • reakcja utleniania (do kwasów karboksylowych) – próba Tollensa (lustra srebrowego) $\text{HCHO} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{HCOOH} + 2\text{Ag}$ – próba Trommera $\text{HCHO} + 2\text{CuO} \rightarrow \text{HCOOH} + \text{Cu}_2\text{O}$ • reakcja redukcji (do alkoholi pierwszorzędowych)
Ketony	• reakcja spalania • reakcja redukcji (do alkoholi drugorzędowych) • w specyficznych warunkach reakcja utleniania (do mieszaniny kwasów karboksylowych) • *reakcja haloformowa (wykrywanie ketonów metylowych)

Właściwości chemiczne

Kwasy karboksylowe	• reakcja spalania • reakcja dysocjacji elektrolitycznej • reakcja tworzenia soli – reakcja z metalami aktywnymi – reakcje z tlenkami metali – reakcja z wodorotlenkami – reakcja wypierania słabszego kwasu z jego soli • reakcja estryfikacji • reakcja redukcji (do aldehydów lub alkoholi pierwszorzędowych) • reakcja dekarboksylacji
Estry	• reakcja hydrolizy kwasowej (zachodząca w środowisku kwasowym) • reakcja hydrolizy zasadowej (zachodząca w środowisku zasadowym)
Aminy	• reakcje amin rozpuszczalnych w wodzie z cząsteczkami wody: $\text{RNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RNH}_3^+ + \text{OH}^-$ • reakcje amin z kwasami: $\text{RNH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{RNH}_3^+ + \text{Cl}^-$

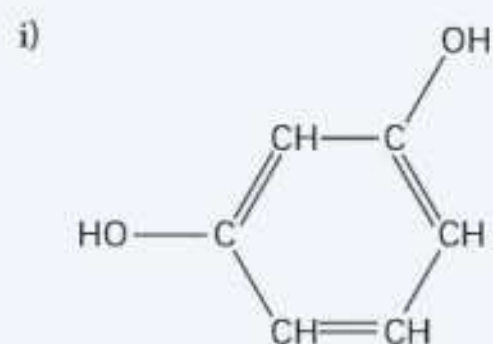
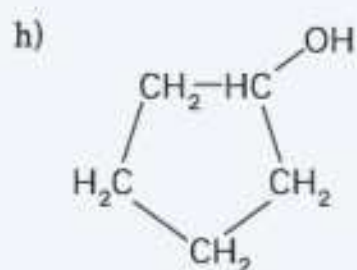
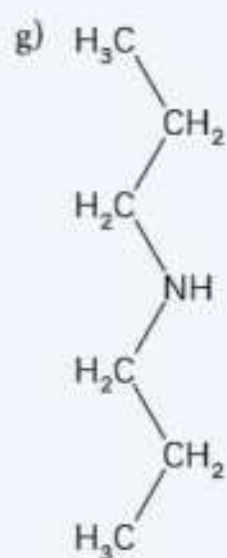
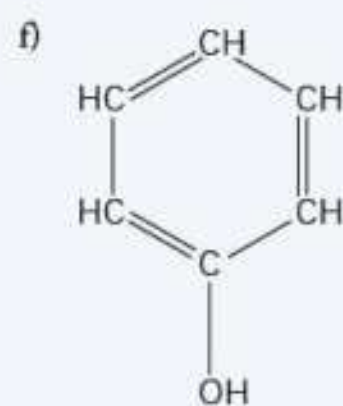
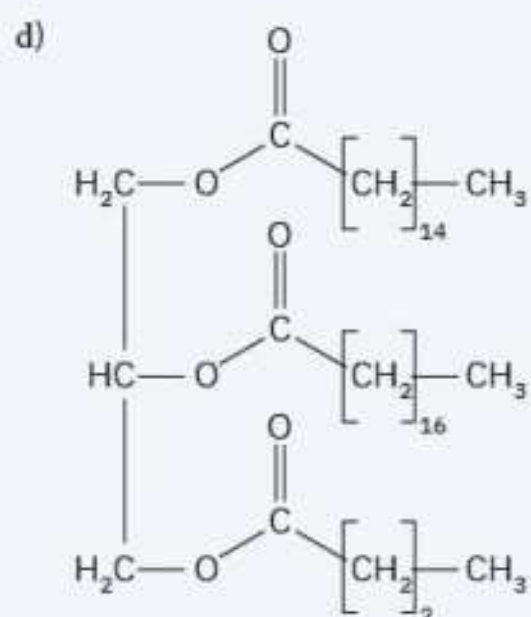
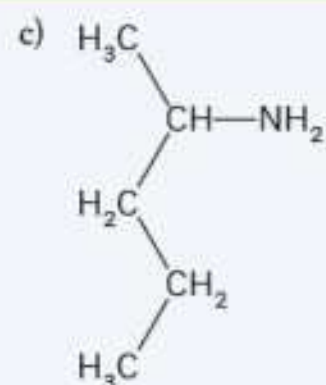
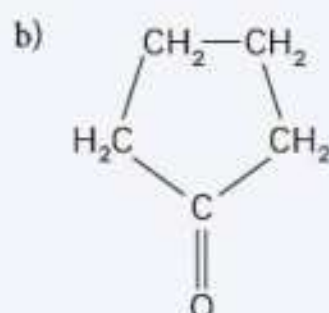
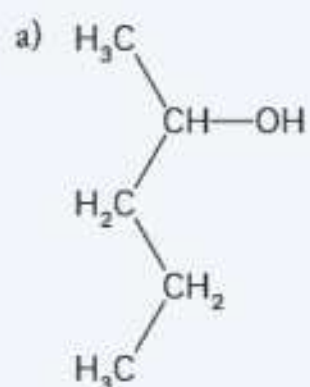
- s. 235 • **Reakcja estryfikacji** – odwracalna reakcja chemiczna alkoholu z kwasem, której produktami są ester i woda.
- s. 234 • **Estry mieszane** – estry zawierające w cząsteczce różne reszty kwasowe.
- s. 237 • **Reakcja zmydlania (zmydlanie)** – zasadowa hydroliza tłuszczów, której produktem są glicerol i sól kwasu karboksylowego (mydło).
- s. 241 • **Mydło** – mieszanina soli sodowych lub potasowych wyższych kwasów karboksylowych
- s. 243 • **Grupy hydrofilowe** – grupy polarne o dużym powinowactwie do wody.
- s. 243 • **Grupy hydrofobowe** – grupy niepolarne o dużym powinowactwie do tłuszczów.
- s. 243 • Mechanizm usuwania brudu:



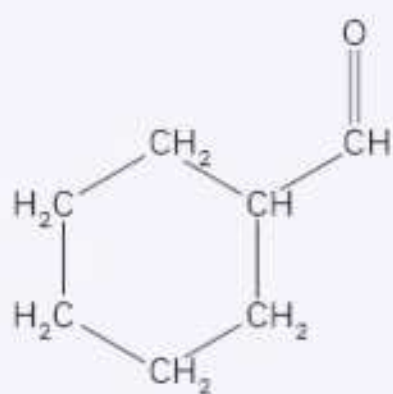
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podziel poniższe związki na klasy związków. Uzupełnij tabelę w zeszycie.

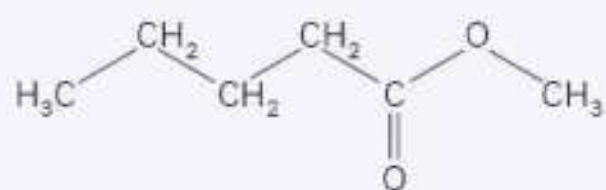
Alkohole	Fenole	Aldehydy	Ketony	Kwasy karboksylowe	Kwasy tłuszczowe	Estry	Tłuszcze	Aminy



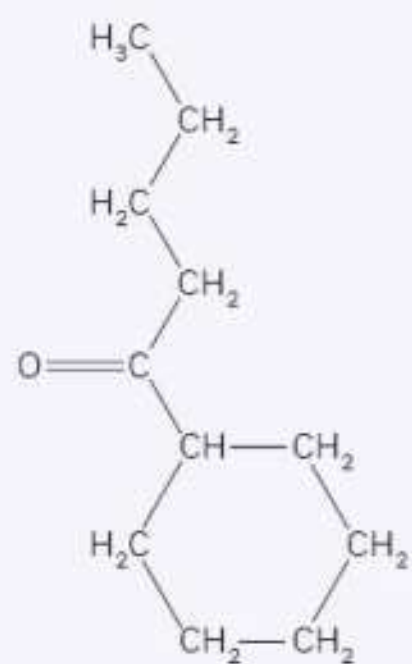
j)



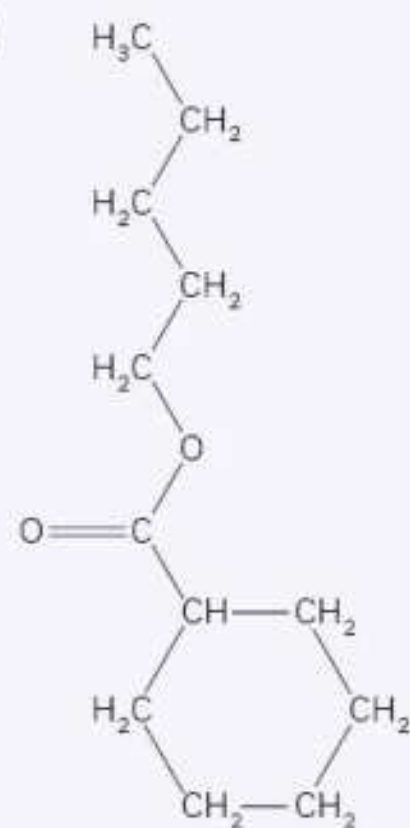
k)



l)

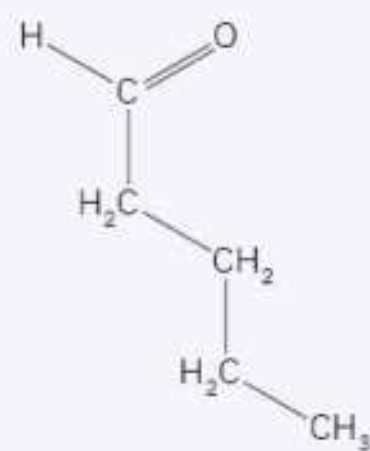


m)



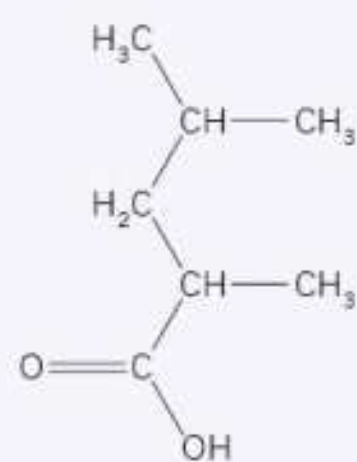
n) HCHO

o)



p) $C_{17}H_{35}COOH$

r)



2. Napisz w zeszycie nazwy związków z zadania 1.
3. Narysuj w zeszycie wzory szkieletowe propan-1-olu, butan-2-olu, 3,3-dimetylobutan-1-olu, 2-metylopropan-2-olu. Ustal rzędowość tych alkoholi.
4. Która grupa związków wykazuje silniejsze właściwości kwasowe – alkohole alifatyczne czy fenole? Odpowiedź uzasadnij.
5. Wskaż tendencję zmian temperatury wrzenia i topnienia oraz rozpuszczalności w wodzie alkoholi. Podaj powód określonego kierunku zmian.
6. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne izomerów funkcyjnych opisanych wzorem sumarycznym C₃H₈O. Określ klasy związków i nazwij otrzymane struktury.
7. Które ze związków wykazują właściwości redukujące – aldehydy czy ketony? Odpowiedź uzasadnij.
8. Narysuj w zeszycie wzory strukturalne wszystkich aldehydów i ketonów opisanych wzorem sumarycznym C₅H₁₀O (jest ich 7).
9. Porównaj budowę i właściwości chemiczne aldehydów i ketonów.
10. Wyjaśnij, dlaczego kwas mrówkowy w przeciwieństwie do innych kwasów wykazuje właściwości redukujące.
11. Wskaż tendencje zmiany: rozpuszczalności w wodzie, reaktywności i mocy kwasów karboksylowych wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowego. Wyjaśnij powód określonego kierunku zmian.
12. Temperatury wrzenia metanolu, metanal i kwasu metanowego wynoszą odpowiednio: 65°C, -21°C oraz 101°C. Wyjaśnij te różnice.
13. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne wszystkich estrów opisanych podanymi wzorami sumarycznymi.
a) C₄H₈O₂ b) C₅H₁₀O₂
14. Narysuj w zeszycie wzory szkieletowe wszystkich estrów izomerycznych z kwasem propanowym. Podaj wzory alkoholi i kwasów karboksylowych potrzebnych do otrzymania tych estrów w wyniku reakcji estyfikacji.
15. Napisz w zeszycie dowolne równanie reakcji obrazujące:
a) metodę otrzymywania alkoholi,
b) właściwości chemiczne alkoholi,
c) metodę otrzymywania fenoli,
d) właściwości chemiczne fenoli,
e) metodę otrzymywania aldehydów,
f) właściwości chemiczne aldehydów,
g) metodę otrzymywania ketonów,
h) właściwości chemiczne ketonów,
i) metodę otrzymywania kwasów karboksylowych,
j) właściwości chemiczne kwasów karboksylowych,
k) metodę otrzymywania estrów,
l) właściwości chemiczne estrów,
m) metodę otrzymywania tłuszczów,
n) właściwości chemiczne tłuszczów,
o*) metodę otrzymywania amin,
p) właściwości chemiczne amin.

16. Podaj sposób, który można wykorzystać do odróżnienia:
- a) alkoholu monohydroksylowego od polihydroksylowego,
 - b) alkoholu od fenolu,
 - c) aldehydu od ketonu,
 - d) słabszego kwasu od mocniejszego kwasu,
 - e) związku nasyconego od nienasyconego,
 - f) kwasu karboksylowego od kwasu tłuszczowego.
17. Czy mydło będzie się pienić w rozcieńczonym roztworze:
- a) kwasu solnego,
 - b) wodorotlenku sodu?
- Odpowiedź uzasadnij.



IV. Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

- ▶ Aminokwasy. Peptydy
- ▶ Polipeptydy – białka
- ▶ Cukry proste – monosacharydy
- ▶ Cukry złożone – disacharydy i polisacharydy

1. Aminokwasy. Peptydy

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak dzieli się aminokwasy;
- jaka jest budowa aminokwasów i peptydów;
- jak nazywa się aminokwasy i peptydy;
- jakie są właściwości aminokwasów i peptydów;
- co to jest jon obojnaczy;
- jak otrzymuje się peptydy.

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów to związki mające w swojej strukturze co najmniej dwie grupy funkcyjne. Poznanym przykładem takich związków są hydroksykwasy – zawierają grupę karboksylową oraz hydroksylową. Inną dużą grupą wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów są aminokwasy – związki zawierające w swoich cząsteczkach grupę karboksylową oraz aminową.

1.1. Podział aminokwasów

Aminokwasy można grupować według różnych kryteriów. Poniżej przedstawiono wybrane przykłady podziałów aminokwasów.

Ze względu na strukturę chemiczną aminokwasy dzieli się na **alifatyczne** oraz **aromatyczne**. Cząsteczki aminokwasów alifatycznych, w przeciwieństwie do aminokwasów aromatycznych, nie zawierają nienasyconych układów aromatycznych.

Uwzględniając występowanie aminokwasów, można wyodrębnić aminokwasy **białkowe** oraz **niebiałkowe**. Aminokwasy białkowe, inaczej nazywane **biogennymi**, to aminokwasy będące podjednostkami budującymi białka.

Aminokwasy dzieli się także na **endogenne** oraz **egzogenne**. Podział ten zależy od zdolności syntezy aminokwasów przez organizmy żywe. Aminokwasy endogenne to aminokwasy, które mogą być syntezowane przez organizm żywy. Natomiast aminokwasy egzogenne ze względu na niemożność zsyntezowania przez organizmy żywe muszą być dostarczane z zewnątrz wraz z pokarmem.

Uwaga

Większość bakterii i roślin ma zdolność do syntezowania wszystkich niezbędnych im aminokwasów. Człowiek oraz zwierzęta część aminokwasów muszą przyjmować wraz z pożywieniem. Przykładami takich egzogennych aminokwasów są: fenyloalanina, tryptofan, treonina i leucyna.

Ze względu na polarność struktury aminokwasów dzieli się je na **polarne** oraz **niepolarne**.

Uwzględniając charakter chemiczny występujących dodatkowo grup funkcyjnych lub ich brak, aminokwasy można podzielić na **kwasowe**, **zasadowe** lub **obojętne**.

Aminokwasy – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów zawierające w cząsteczce co najmniej dwie grupy funkcyjne: karboksylową oraz aminową.

aminokwasy

Aminokwasy alifatyczne – aminokwasy niezawierające w cząsteczkach układów aromatycznych.

aminokwasy alifatyczne

Aminokwasy aromatyczne – aminokwasy mające w cząsteczkach układy aromatyczne.

aminokwasy aromatyczne

Aminokwasy białkowe (biogenne) – aminokwasy stanowiące podjednostki strukturalne białek.

aminokwasy białkowe (biogenne)

Aminokwasy niebiałkowe – aminokwasy niebudujące białek.

aminokwasy niebiałkowe

Aminokwasy endogenne – aminokwasy syntezowane przez organizmy żywe.

aminokwasy endogenne

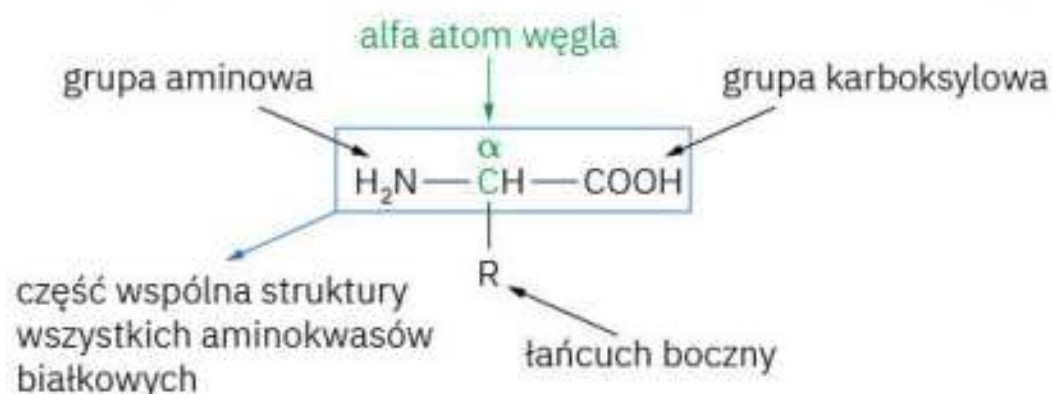
Aminokwasy egzogenne – aminokwasy niesyntezowane przez organizmy żywe.

aminokwasy egzogenne

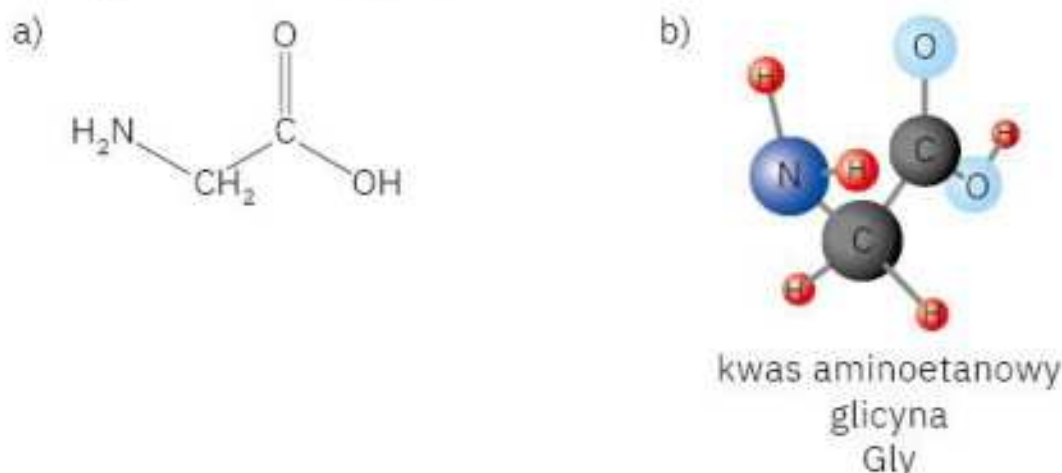
Aminokwasy białkowe (biogenne) budujące białka tworzą tzw. łańcuchy białkowe. Kolejność występowania aminokwasów w takich łańcuchach białkowych jest ściśle określona i zapisana (kodowana) w cząsteczkach DNA. Dlatego też aminokwasy białkowe nazywa się aminokwasami kodowanymi. Istnieje 20 kodowanych aminokwasów białkowych.

1.2. Budowa aminokwasów

Aminokwasy białkowe znacznie różnią się budową cząsteczek, jednak we wszystkich tych aminokwasach grupa karboksylowa oraz aminowa są połączone z jednym i tym samym atomem węgla. Atom węgla będący łącznikiem między grupą karboksylową oraz aminową jest określany jako atom α . Struktury aminokwasów białkowych różnicuje podstawnik R zwany łańcuchem bocznym.



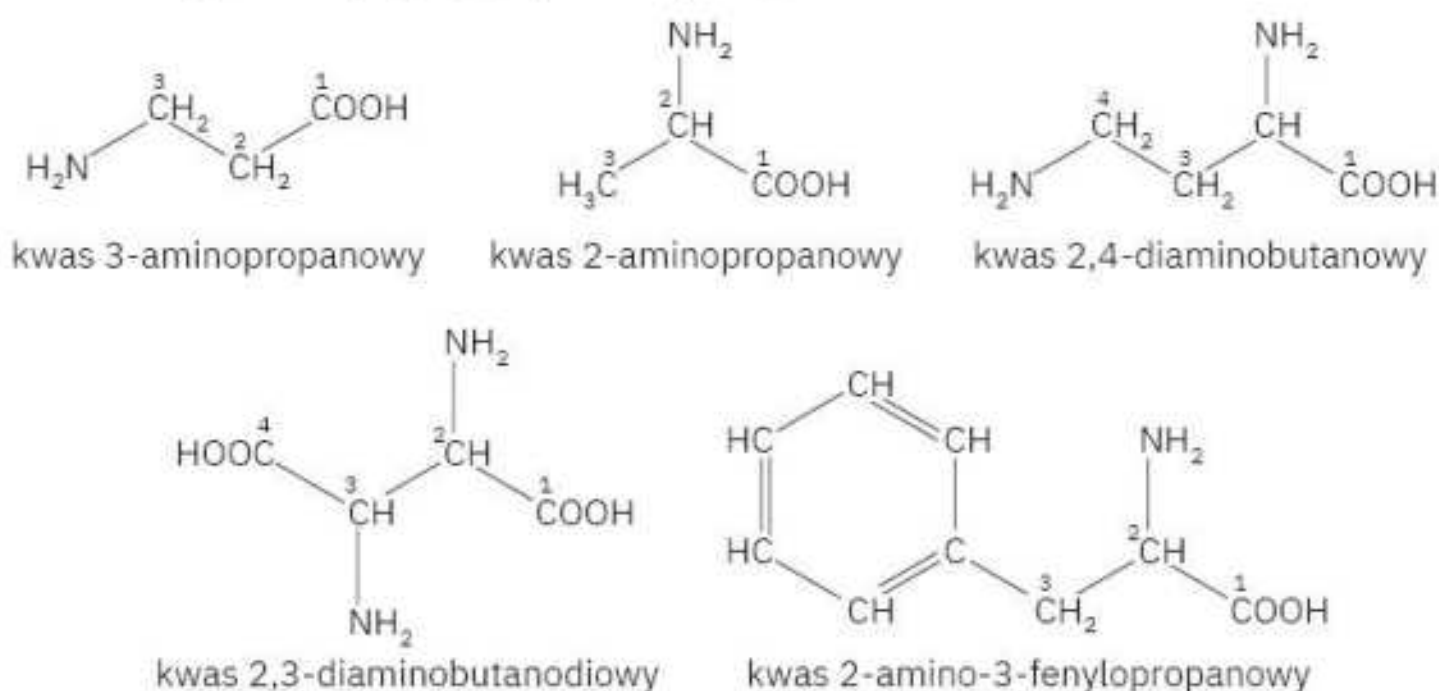
Najprostszym aminokwasem jest kwas aminoetanowy (glicyna) – aminokwas, którego łańcuch boczny stanowi atom H.



Rys. 1. Najprostszy aminokwas – kwas aminoetanowy, wzór półstrukturalny (a), model kulkowy (b).

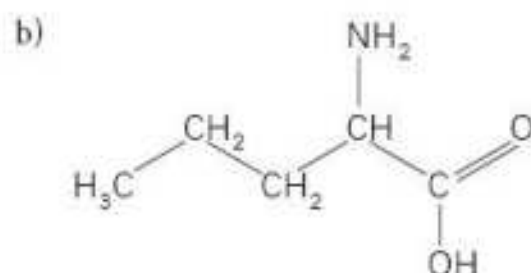
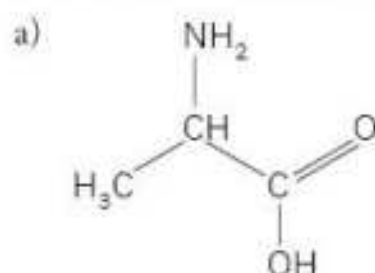
1.3. Nazewnictwo

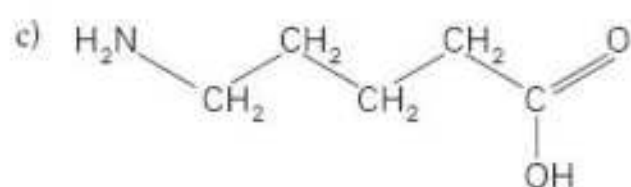
Nazwy systematyczne aminokwasów tworzy się, dodając do nazwy systematycznej kwasu karboksylowego cząstkę amino- oraz podając ewentualne dodatkowe nazwy podstawników. Lokanty określa się, rozpoczynając numerację od atomu węgla tworzącego grupę karboksylową.



Ćwiczenia

I. Podaj nazwy poniższych aminokwasów.





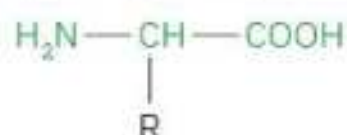
2. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne podanych związków.

a) kwas aminoetanowy

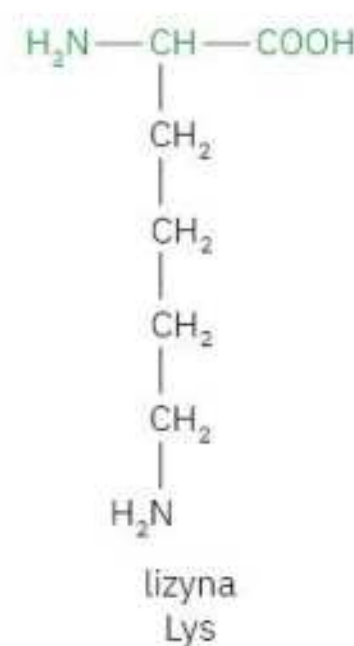
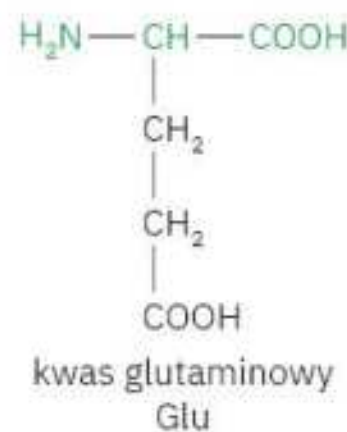
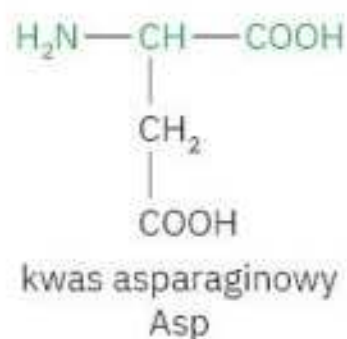
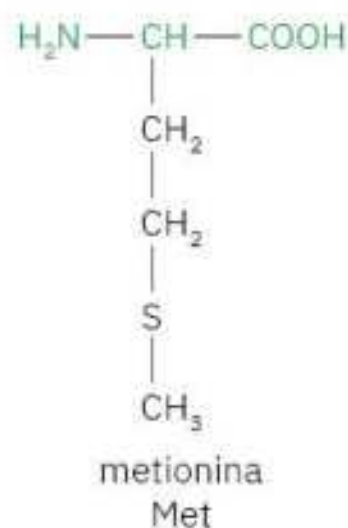
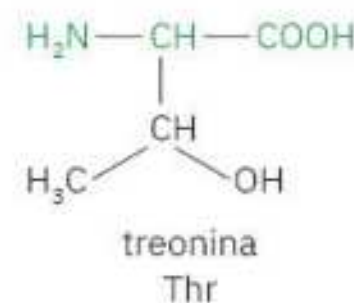
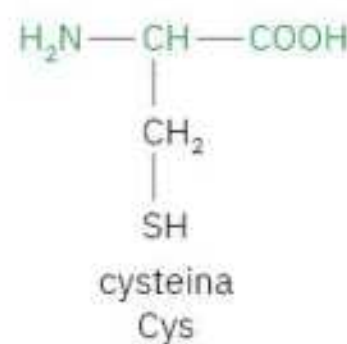
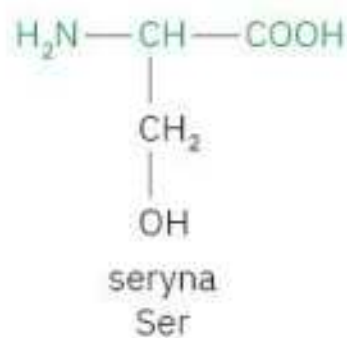
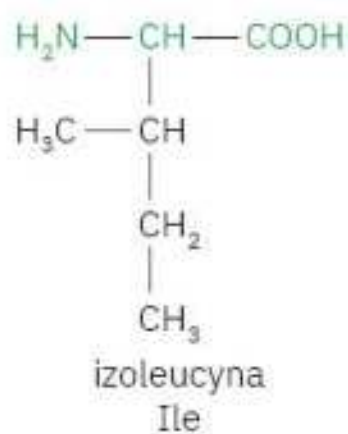
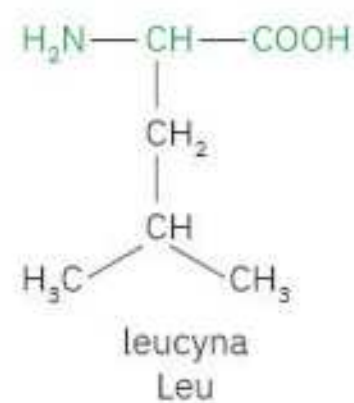
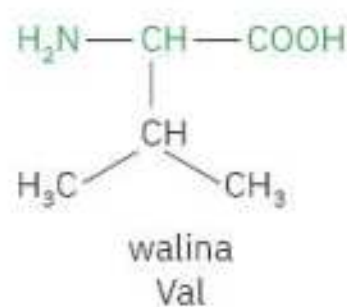
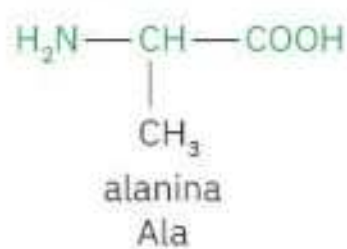
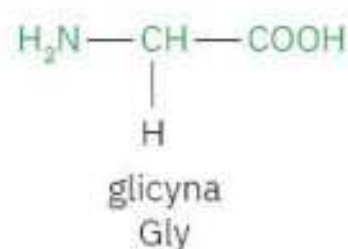
b) kwas 2,3-diaminobutanowy

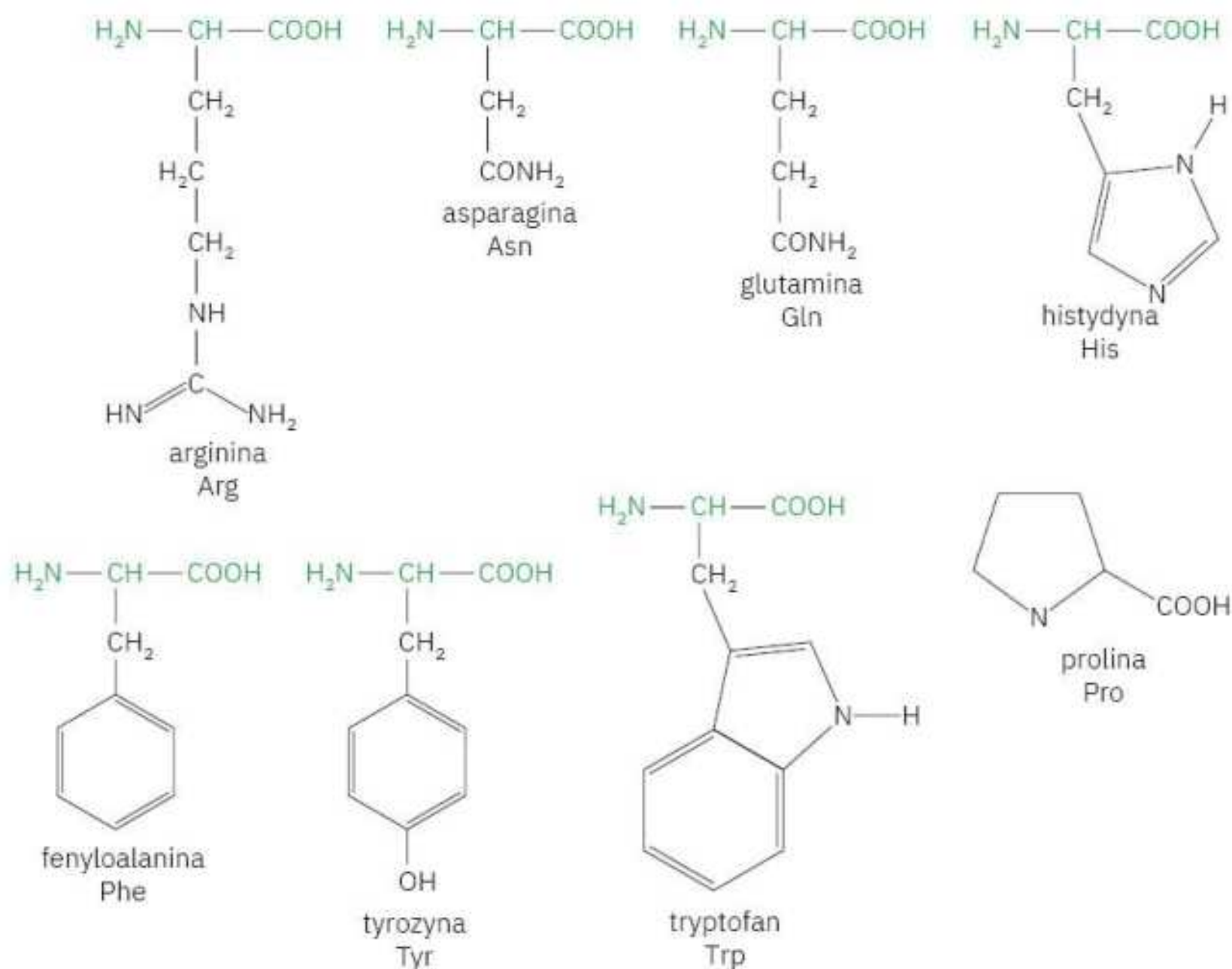
c) kwas 3,5-diaminopentanowy

Aminokwasy biogenne mają także nazwy zwyczajowe, których używa się standardowo w laboratoriach chemicznych oraz biochemicznych. Dodatkowo do określania tych aminokwasów stosuje się skróty trójliterowe pochodzące od nazw zwyczajowych i rozpoczynające się wielką literą (rys. 2).



wzór ogólny aminokwasów białkowych





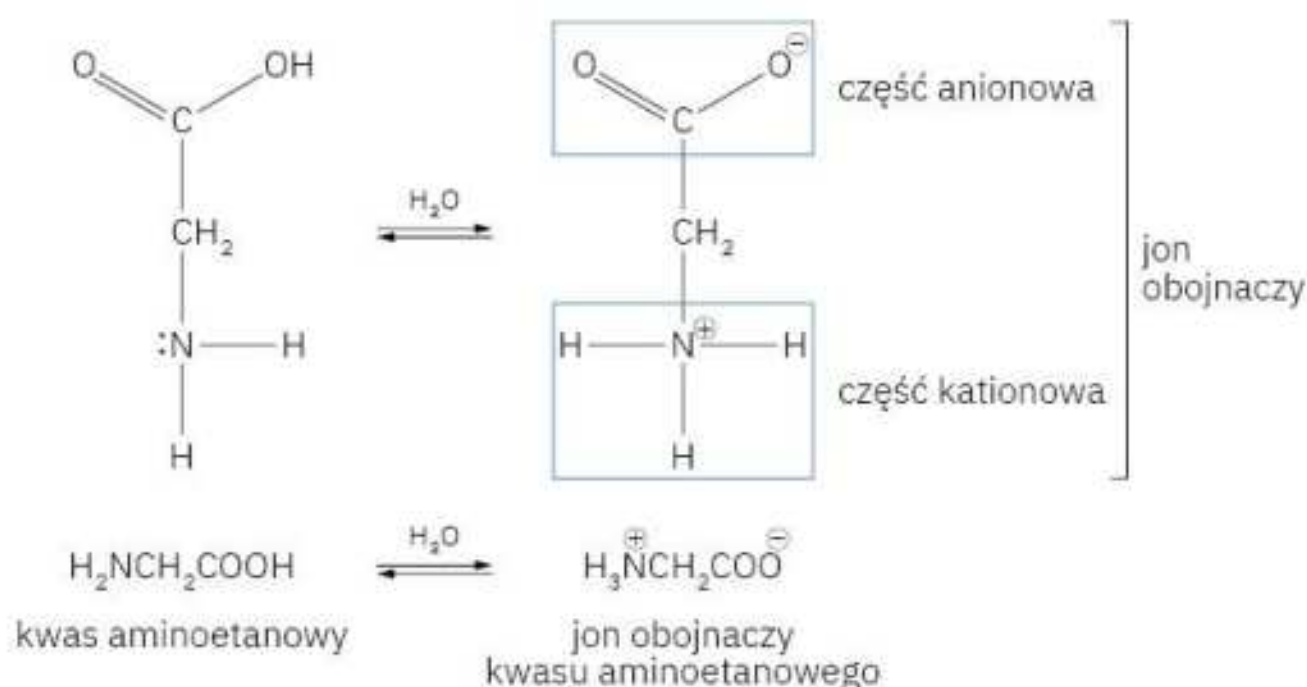
Rys. 2. Struktury aminokwasów białkowych.

Ćwiczenie

3. Narysuj w zeszycie wzór strukturalny glicyny i alaniny. Zaznacz na strukturze węgiel alfa.

1.4. Właściwości aminokwasów

Aminokwasy mają w swojej strukturze co najmniej jedną grupę karboksylową (grupę kwasową) i co najmniej jedną grupę aminową (grupę zasadową). Oznacza to, że wykazują one zarówno właściwości kwasowe, jak i zasadowe. Wodny roztwór najprostszego aminokwasu – glicyny (kwasu aminoetanowego) – ma odczyn obojętny. Dzieje się tak, ponieważ w wodnym roztworze zasadowa grupa aminowa wraz z kwasową grupą karboksylową wzajemnie się zobojętniają. Grupa aminowa (a konkretnie wolna para elektronowa z atomu azotu) ma zdolność do wiązania protonów (H⁺), a grupa karboksylowa ma zdolność do uwalniania protonów. W wyniku takiej reakcji przeniesienia protonu powstaje tzw. **wewnętrzna sól** zwana **jonem obojnaczym**. W strukturze jonu obojnaczego występuje zarówno część kationowa, jak i anionowa.

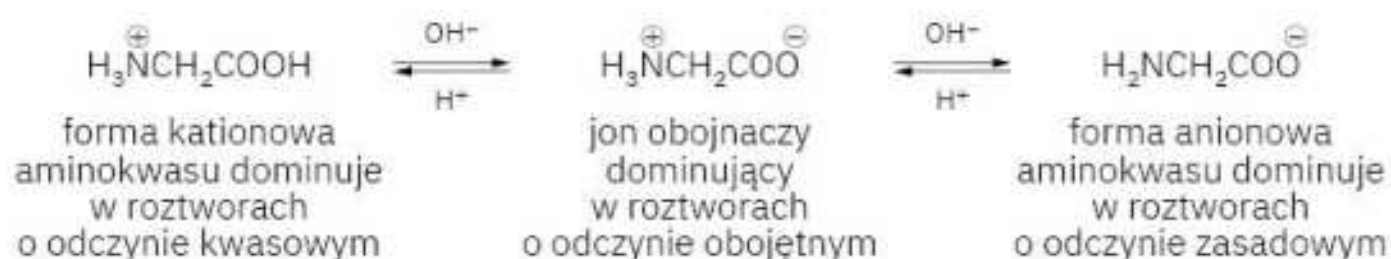


Rys. 3. Tworzenie jonu obojaczego kwasu aminoetanowego.

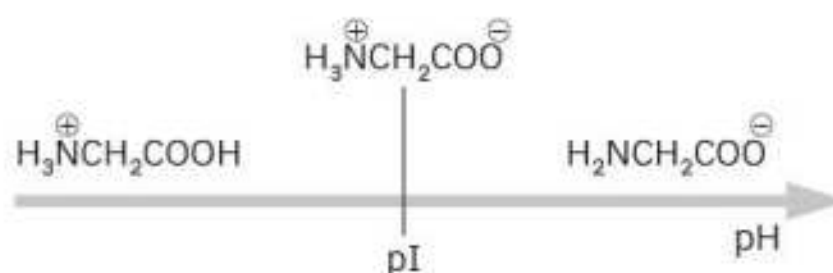
W wodzie destylowanej równowaga powyższej reakcji jest przesunięta niemal całkowicie w stronę powstawania jonu obojaczego. Oznacza to, że w roztworze wodnym kwas aminoetanowy występuje w formie soli wewnętrznej.

Ze zdolności do tworzenia przez aminokwasy jonów obojanych wynikają ich właściwości fizyczne, charakterystyczne dla soli, takie jak: krystaliczna budowa, dobra rozpuszczalność w wodzie, wysoka temperatura topnienia, a także właściwości chemiczne. W związku z obecnością grupy kwasowej oraz grupy zasadowej wykazują one właściwości amfoteryczne – reagują zarówno z kwasami (H^+), jak i z zasadami (OH^-).

W wodnych roztworach aminokwasów mogą występować trzy jonowe formy. Wraz ze zmianą pH roztworu jon obojaczny reaguje z kwasami (H^+) lub zasadami (OH^-), a stan równowagi przesuwają się zgodnie z poniższym zapisem:



W środowisku kwasowym dominuje forma kationowa, a w środowisku zasadowym – anionowa. Reguła ta jest jednak uproszczona, ponieważ odczyn roztworu, w którym stężenie jonu obojaczego jest największe, ma inne wartości dla każdego aminokwasu. Wartość pH roztworu, w którym dominuje jon obojaczny aminokwasu, to cecha charakterystyczna dla danego aminokwasu. Nazywa się ona **punktem izoelektrycznym** (pI). W roztworach bardziej kwasowych, czyli o pH niższym niż pI, równowaga przesuwają się w stronę formy kationowej, a w roztworach bardziej zasadowych, czyli o wyższym pH niż pI, równowaga przesuwają się w stronę formy anionowej (rys. 4).



Rys. 4. Punkt izoelektryczny to wartość pH roztworu, w którym aminokwas występuje głównie w formie jonu obojnego.

Ze względu na to, że wypadkowy ładunek jonu obojnego wynosi 0, obniżenie pH roztworu poniżej wartości pI powoduje, iż o wypadkowym ładunku roztworu decyduje forma kationowa. W roztworze, którego pH jest większe niż pI, o wypadkowym ładunku roztworu decyduje forma anionowa.

jon obojny

Jon obojny – tzw. sól wewnętrzna, cząstka zawierająca równą liczbę zjonizowanych, przeciwnie naładowanych grup.

punkt izoelektryczny

Punkt izoelektryczny – charakterystyczna dla każdego aminokwasu wartość pH, przy której dominującą formą jest jon obojny.

Właściwości amfoteryczne aminokwasów można potwierdzić doświadczalnie.

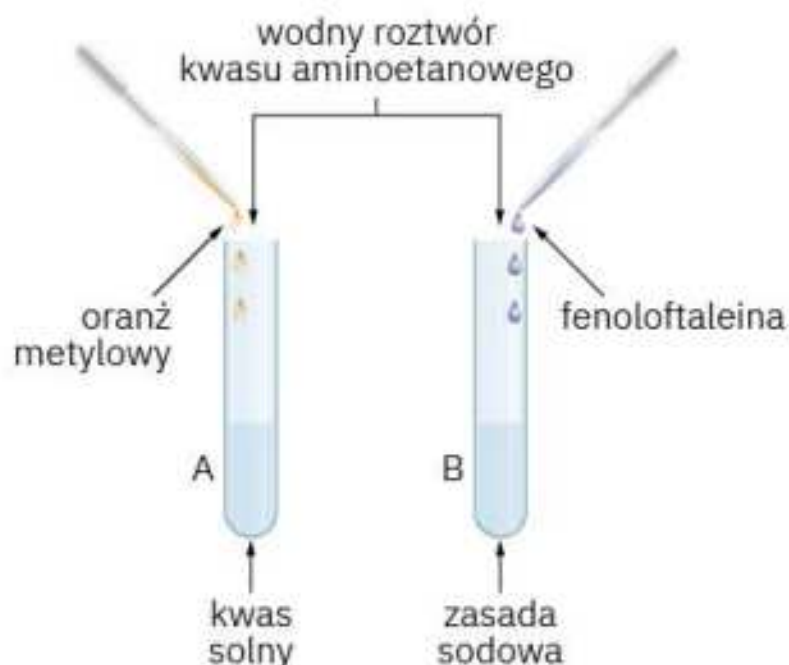
Doświadczenie

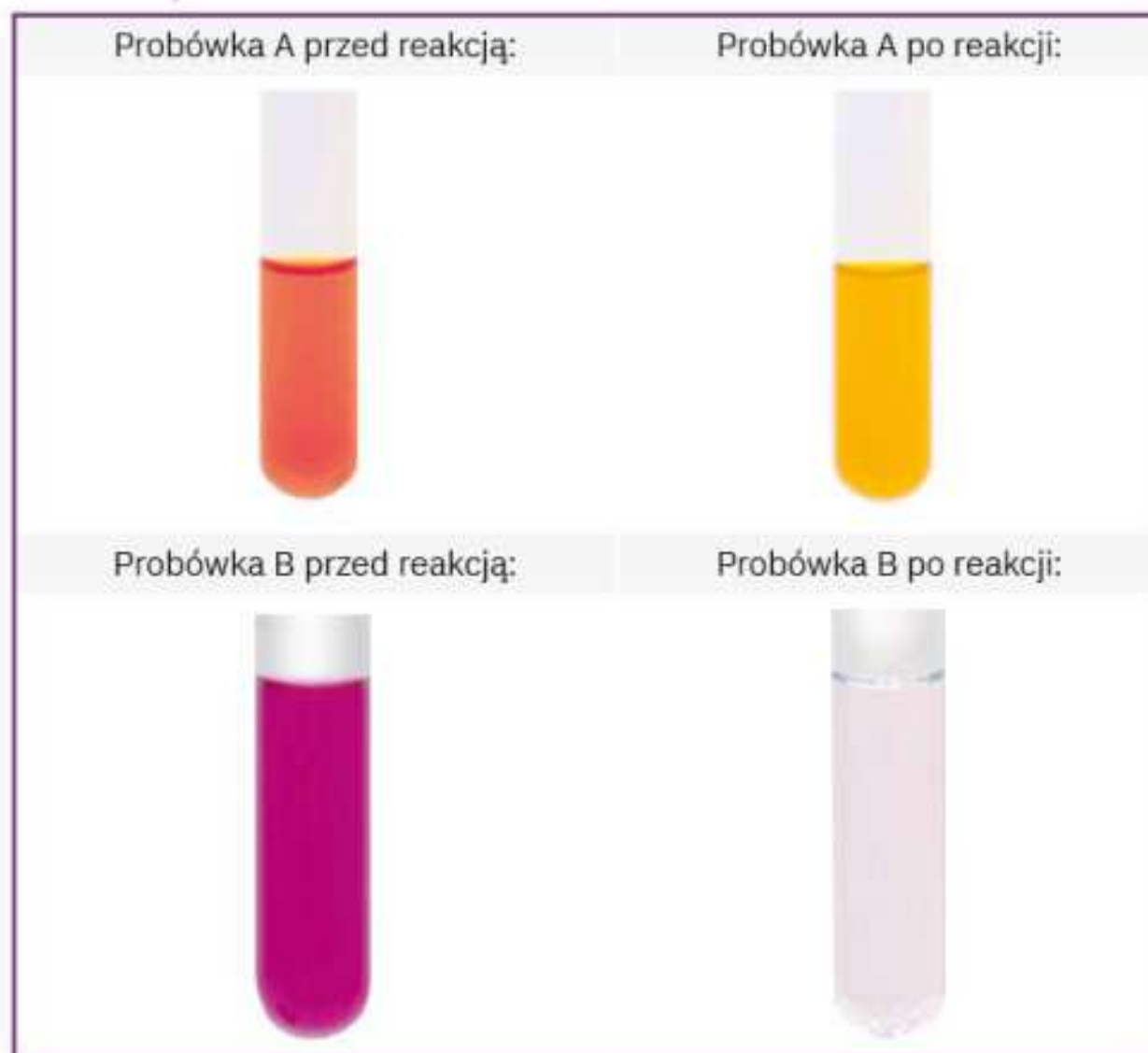
Badanie właściwości amfoterycznych kwasu aminoetanowego

Opis:

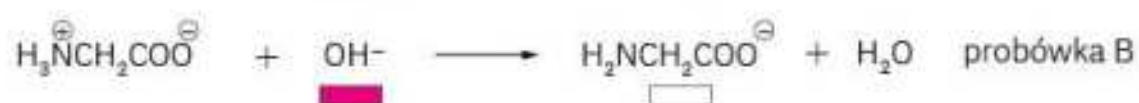
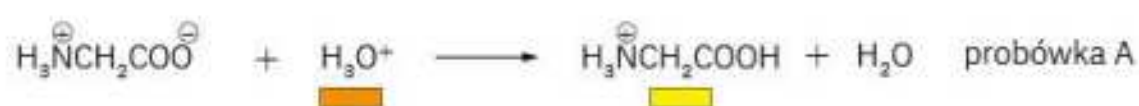
Do probówki A wlej ok. 1 cm³ kwasu solnego o stężeniu 0,01 mol/dm⁻³ oraz parę kropel oranżu metylowego. Do probówki B wlej ok. 1 cm³ wodnego roztworu wodorotlenku sodu o tym samym stężeniu oraz parę kropel fenoloftaleiny. Następnie do probówek dodawaj wodny roztwór kwasu aminoetanowego aż do zaobserwowania trwałej zmiany barwy.

Schemat:



Obserwacje:**Wnioski:**

Obecność grup aminowej oraz karboksylowej pozwala aminokwasom reagować zarówno z kwasami, jak i z zasadami. W obu probówkach zaszła reakcja zobojętnienia potwierdzona zmianą barw wskaźników:



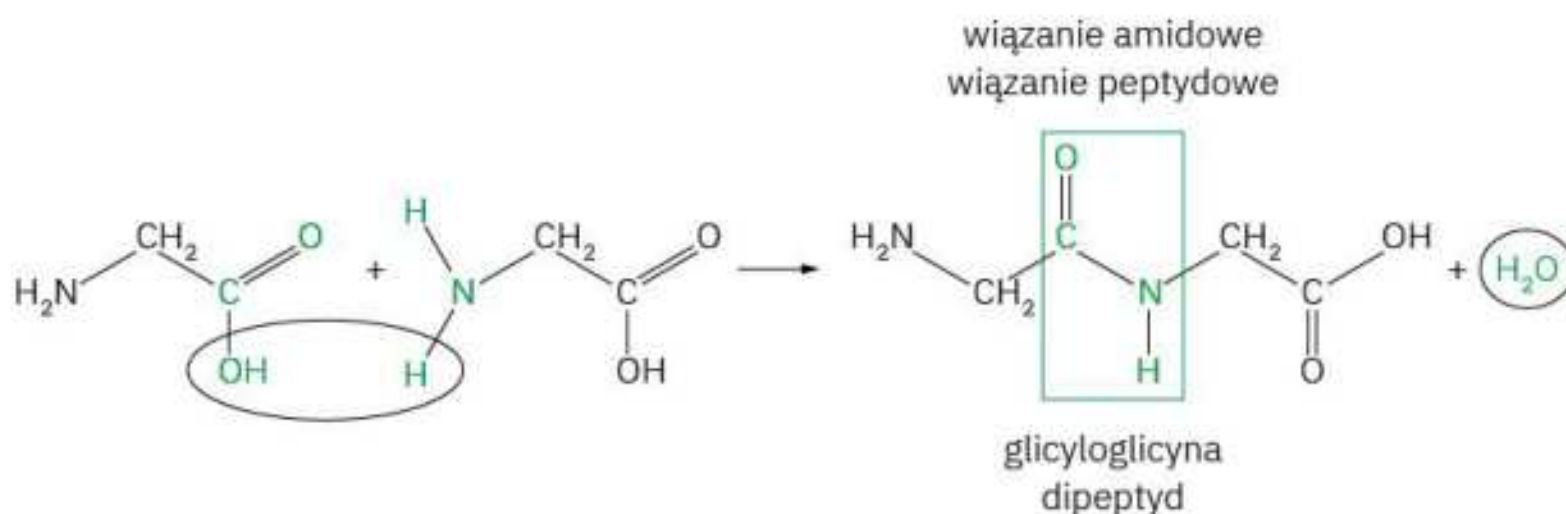
Uwaga!

*Warto zwrócić uwagę, że w jonie obojnym za właściwości zasadowe odpowiada grupa -COO^- mająca zdolność do przyłączenia protonu, natomiast za właściwości kwasowe odpowiada grupa -NH_3^+ mogąca oddać proton.

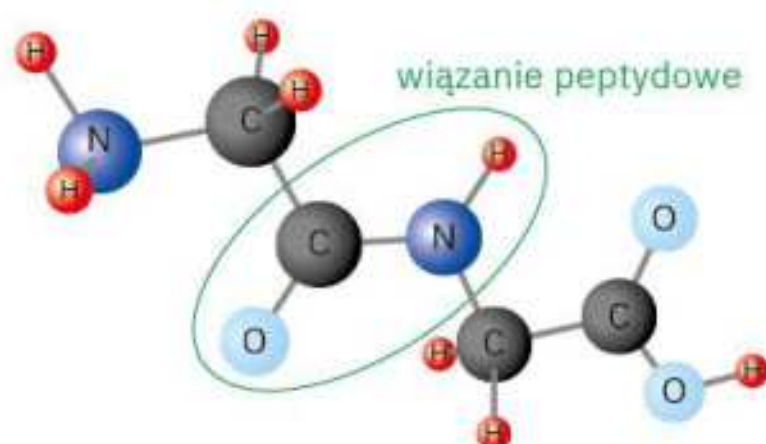
1.5. Wiązanie peptydowe

Obecność w aminokwasach grupy zasadowej (aminowej) i kwasowej (karboksylowej) daje nie tylko możliwość tworzenia soli wewnętrznych, lecz także reakcji zachodzących między tymi grupami prowadzącymi do powstania **wiązania amidowego (peptydowego)**. Aby utworzyło się wiązanie peptydowe, musi dojść do reakcji grupy karboksylowej jednego aminokwasu z grupą aminową drugiego

aminokwasu. Produktami tej reakcji są **peptydy**. Reakcja ta jest przykładem **reakcji kondensacji**.



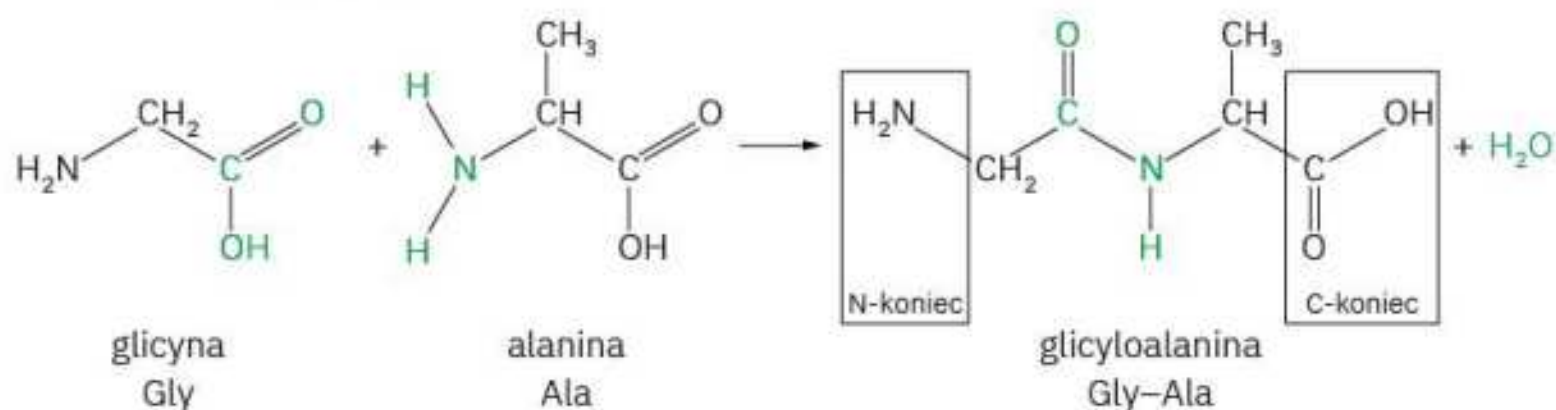
Rys. 5. Tworzenie wiązania peptydowego.

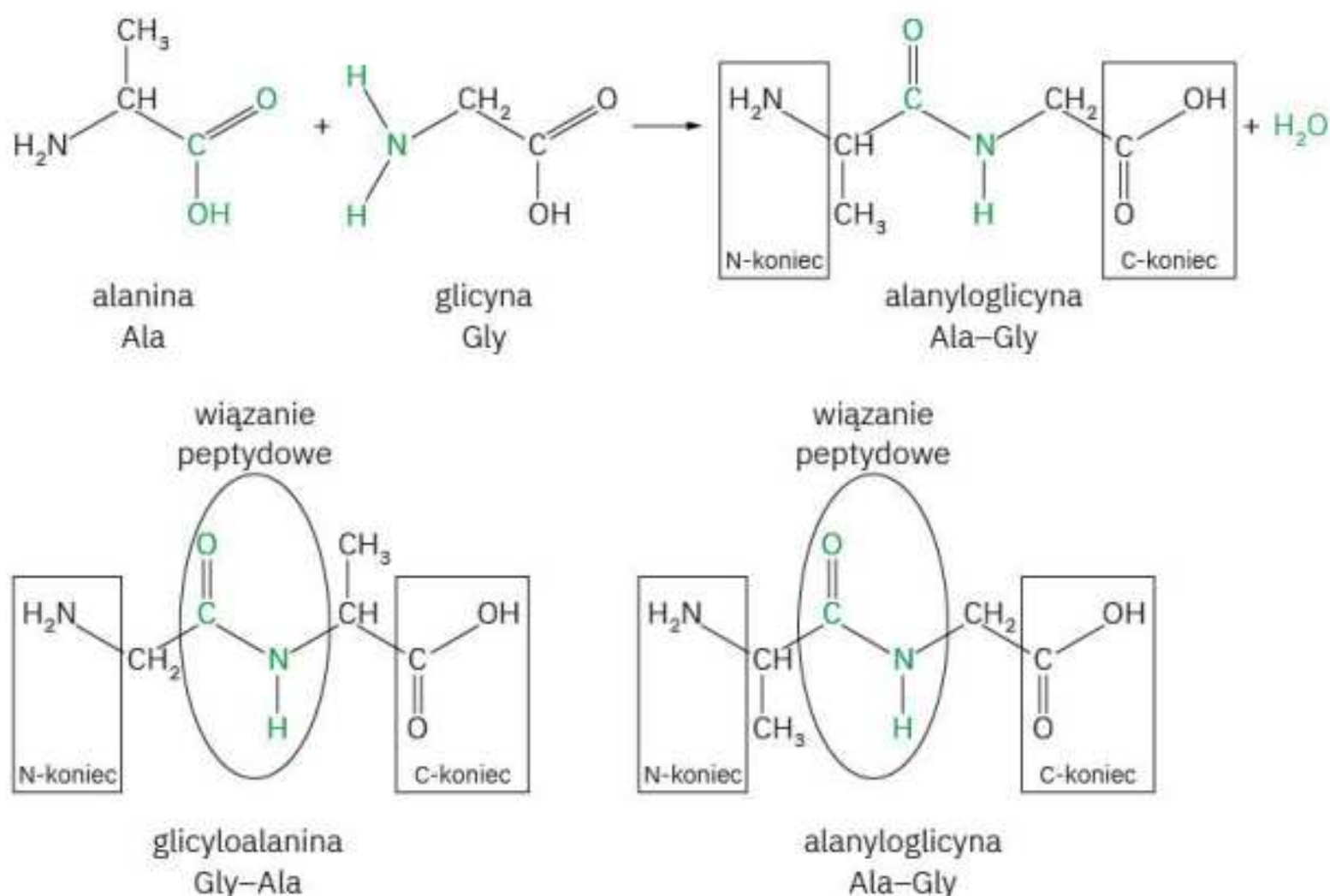


Rys. 6. Model kulkowy glicyloglicyny z zaznaczonym wiązaniem peptydowym.

Produktem kondensacji dwóch aminokwasów jest dipeptyd. Dipeptyd na jednym końcu ma grupę aminową, a na drugim – karboksylową. Zatem może on nadal reagować z innymi cząsteczkami aminokwasów, dając kolejno: tripeptyd, tetrapeptyd, pentapeptyd,... polipeptyd. W czasie tych reakcji tworzy się wiązanie peptydowe, a ich produktem ubocznym jest cząsteczka wody.

W wyniku reakcji kondensacji dwóch cząsteczek różnych aminokwasów mogą powstać dwa dipeptydy będące względem siebie izomerami. Dla przykładu: kondensacja glicyny oraz alaniny prowadzi do otrzymania glicyloalaniny oraz alanyloglicyny.





Rys. 7. Tworzenie dwóch izomerycznych dipeptydów z zaznaczonym N- oraz C-końcem.

W każdym z peptydów wyróżnia się koniec zawierający grupę aminową, nazywany od atomu azotu z grupy aminowej **N-końcem** oraz koniec z grupą karboksylową, nazywany od atomu węgla z grupy karboksylowej **C-końcem**. Nazwy peptydów tworzy się poprzez podanie kolejno nazw aminokwasów, zaczynając od N-końca peptydu.

Peptyd – produkt reakcji kondensacji aminokwasów.

peptyd

N-końiec peptydu – koniec peptydu zawierający wolną grupę aminową.

N-końiec peptydu

C-końiec peptydu – koniec peptydu zawierający wolną grupę karboksylową.

C-końiec peptydu

Ćwiczenia

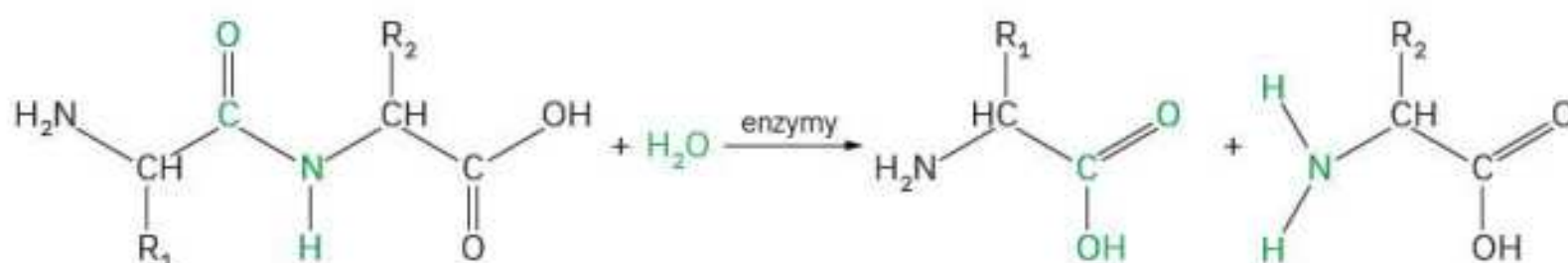
4. Napisz w zeszycie równanie reakcji kondensacji, w której wyniku powstaje alanyloalanina. W powstałym produkcie zaznacz wiązanie peptydowe oraz N-końiec i C-końiec.
5. Napisz w zeszycie równanie reakcji zachodzącej między grupą karboksylową alanyliny a grupą aminową glicyny. Podaj nazwę powstałego dipeptydu.
6. Napisz w zeszycie strukturę glicyloalanyloalaniny (Gly-Ala-Ala). Zaznacz N- oraz C-końiec oraz wszystkie wiązania peptydowe tego tripeptydu.



1.6. Hydroliza peptydów

W wyniku reakcji kondensacji aminokwasów powstają peptydy. Reakcją odwrotną dla tej reakcji jest reakcja **hydrolizy peptydów**, czyli reakcja prowadząca do rozrywania wiązania peptydowego zachodząca pod wpływem wody. W organizmach żywych zachodzi ona w obecności enzymów, a w laboratoriach – w środowisku kwasowym ($C_{HCl} = 6\text{ M}$). Produktami reakcji hydrolizy są aminokwasy, z których powstał peptyd. Analizując zatem produkty reakcji hydrolizy peptydu, można ustalić, jakie aminokwasy wchodziły w jego strukturę.

Ogólną reakcję hydrolizy można przedstawić za pomocą równania reakcji:



Rys. 8. Reakcja hydrolizy dipeptydu.

hydroliza
peptydów

Hydroliza peptydów – reakcja odwrotna do reakcji kondensacji, zachodzi pod wpływem wody w obecności enzymów lub w środowisku kwasowym i prowadzi do rozerwania wiązań peptydowych i powstania aminokwasów.

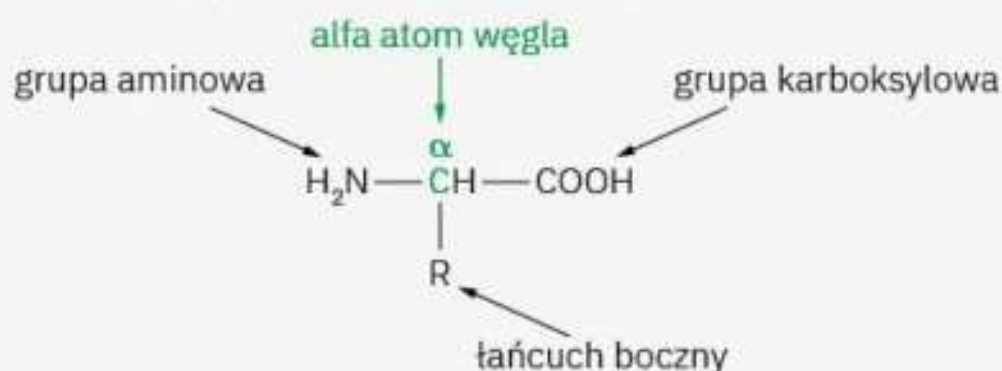
Ćwiczenia

- Podaj liczbę produktów hydrolizy tripeptydu.
- Podaj nazwy aminokwasów będących produktami reakcji hydrolizy peptydu Ala-Gly-Ala (alanyloglicyloalaniny).

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 263

- Aminokwasy** – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów zawierające w cząsteczce co najmniej dwie grupy funkcyjne – grupę karboksylową oraz aminową.



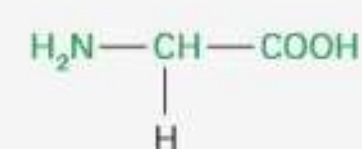
s. 263

- Aminokwasy alifatyczne** – aminokwasy niezawierające w cząsteczkach układów aromatycznych.

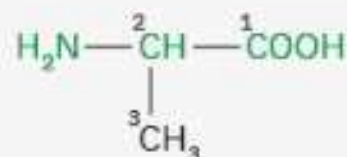
s. 263

- Aminokwasy aromatyczne** – aminokwasy mające w cząsteczkach układy aromatyczne.

- **Aminokwasy białkowe (biogenne)** – aminokwasy stanowiące podjednostki strukturalne białek. s. 263
- **Aminokwasy niebiałkowe** – aminokwasy niebudujące białek. s. 263
- **Aminokwasy endogenne** – aminokwasy syntezowane przez organizmy żywe. s. 263
- **Aminokwasy egzogenne** – aminokwasy niesyntezowane przez organizmy żywe. s. 263
- Nazewnictwo aminokwasów: s. 264
 - nazwa kwasu karboksylowego + przedrostek amino-
 - nazwy zwyczajowe

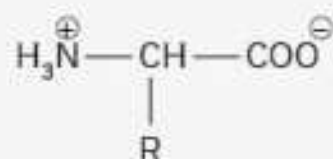


kwas aminoetanowy
kwas aminooctowy
glicyna
Gly

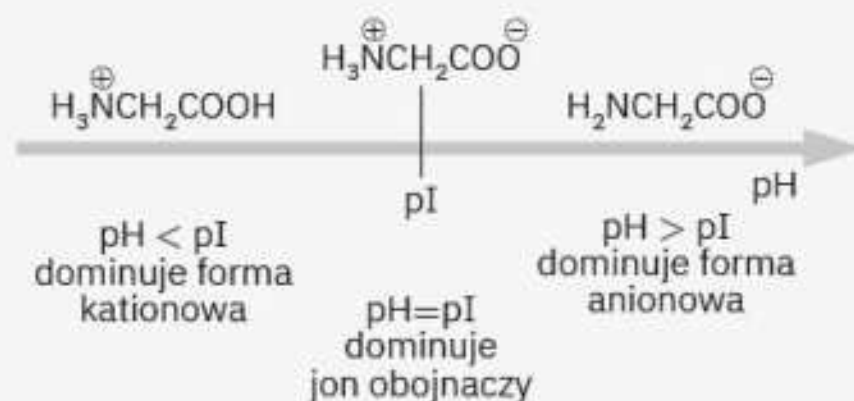


kwas 2-aminopropanowy
alanina
Ala

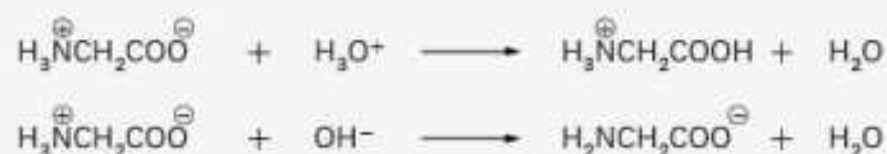
- **Jon obojnaczy** – tzw. sól wewnętrzna cząstki zawierająca równą liczbę zjonizowanych, przeciwnie naładowanych grup. s. 268



- **Punkt izoelektryczny** – charakterystyczna dla każdego aminokwasu wartość pH, w której dominującą formą jest jon obojnaczy. s. 268

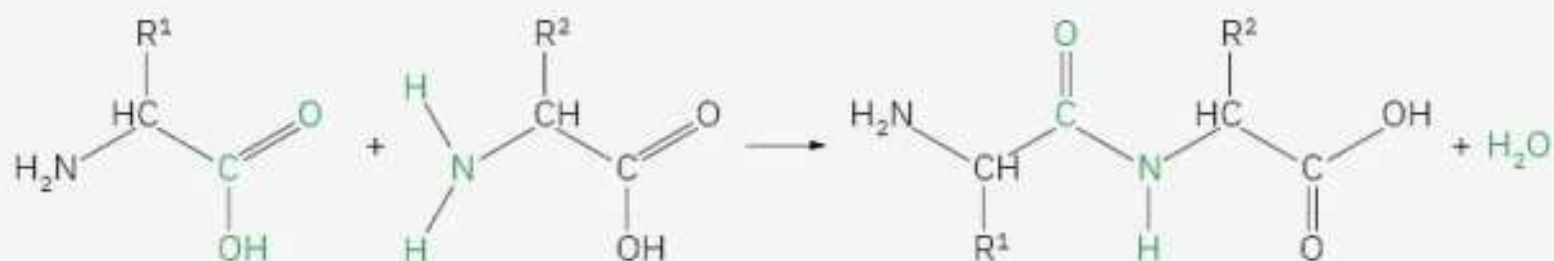


- Aminokwasy wykazują właściwości amfoteryczne, czyli reagują zarówno z kwasami, jak i zasadami. s. 267

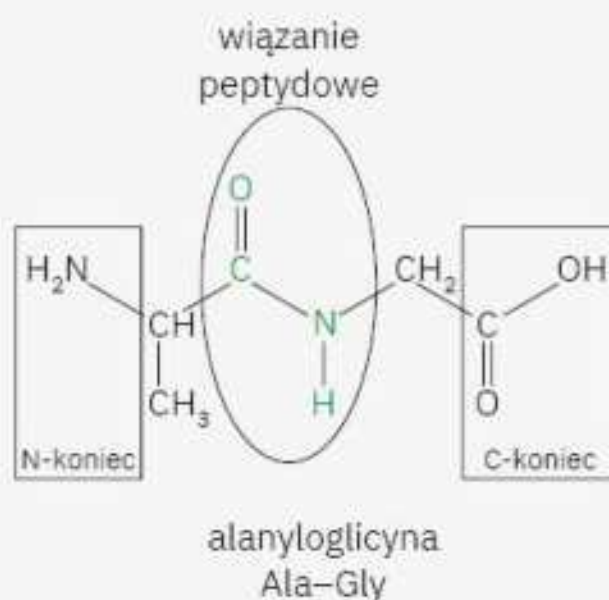
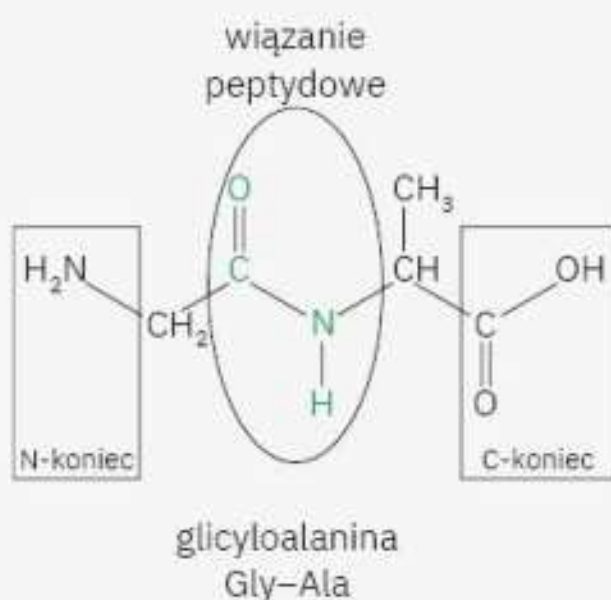


- s. 271 • **Peptyd** – produkt reakcji kondensacji aminokwasów.

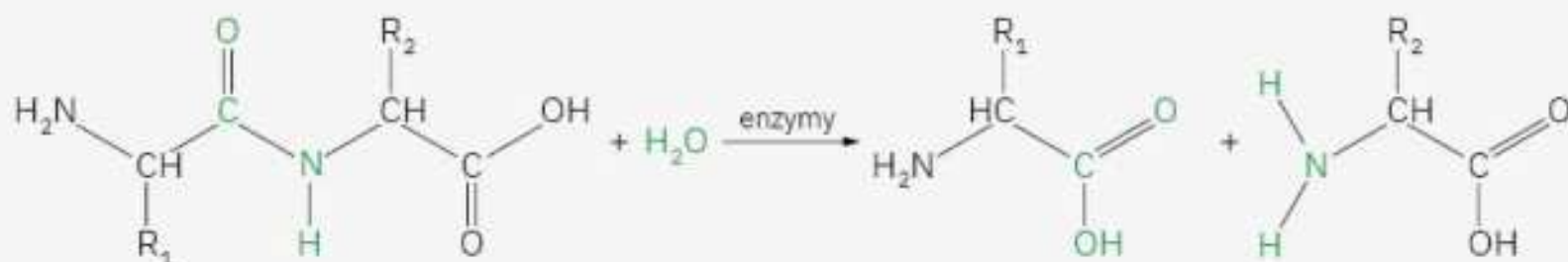
Reakcja kondensacji:



Przykłady dipeptydów:

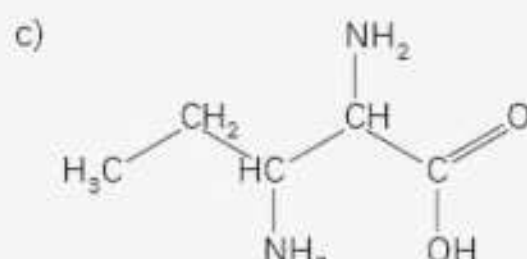
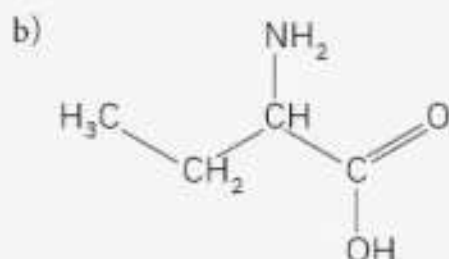
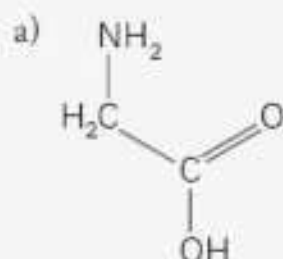


- s. 271 • **N-koniec peptydu** – koniec peptydu zawierający wolną grupę aminową.
- s. 271 • **C-koniec peptydu** – koniec peptydu zawierający wolną grupę karboksylową.
- s. 272 • **Reakcja hydrolizy peptydu** – reakcja odwrotna do reakcji kondensacji, zachodzi pod wpływem wody w obecności enzymów lub w środowisku kwasowym i prowadzi do rozerwania wiązań peptydowych i otrzymania mieszaniny aminokwasów.

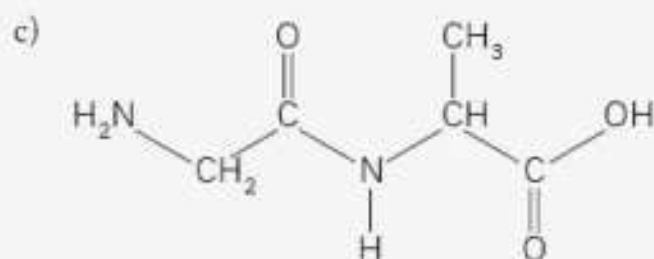
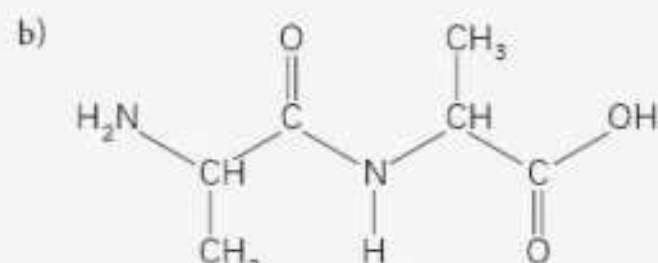
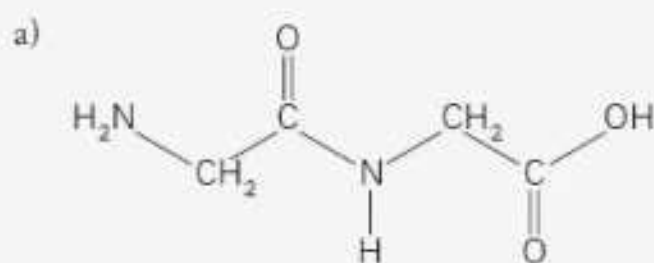


ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj nazwę systematyczną poniższych aminokwasów.



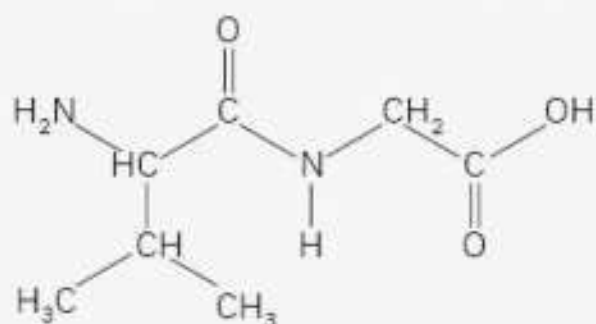
2. Narysuj w zeszycie wzory półstrukturalne podanych związków.
 a) kwas 2-aminopropanowy
 b) kwas 3-aminobutanowy
 c) alanina
3. Napisz w zeszycie równanie reakcji kondensacji, w której wyniku powstaje glicyloalanina. W powstałym produkcie zaznacz wiązanie peptydowe oraz N-koniec i C-koniec.
4. Napisz w zeszycie równanie reakcji zachodzącej między grupą karboksylową alaniny a grupą aminową glicyny. Podaj nazwę powstałego dipeptydu.
5. Napisz w zeszycie równanie reakcji kondensacji prowadzące do otrzymania poniższych dipeptydów.



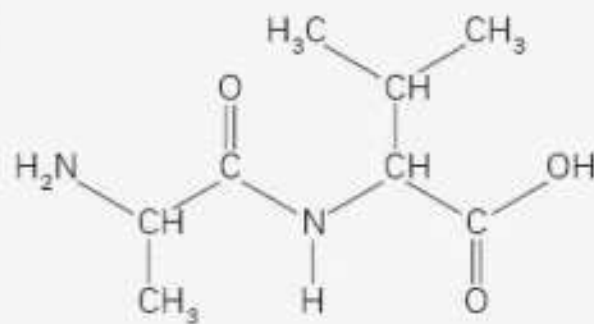
6. Napisz w zeszycie strukturę alanyloglicyloglicyny (Ala-Gly-Gly). Zaznacz N- oraz C-koniec oraz wszystkie wiązania peptydowe tego tripeptydu.
7. Podaj ilość produktów hydrolizy:
 a) dipeptydu,
 b) tetrapeptydu,
 c) pentapeptydu.
8. Podaj nazwy aminokwasów będących produktami reakcji hydrolizy peptydu: Gly-Gly-Ala (glicyloglicyloalaniny).

9. Napisz reakcję hydrolizy poniższych dipeptydów.

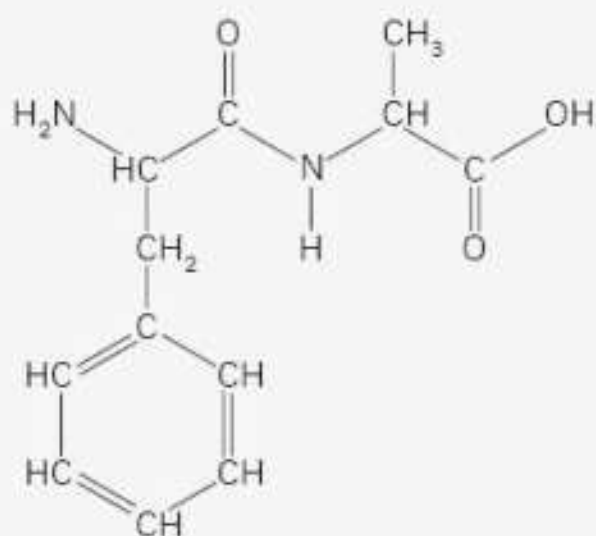
a)



b)



c)



10*. Produktami reakcji hydrolizy są aminokwasy alanina oraz glicyna. Hydrolizie poddano dipeptyd Ala-Gly lub Gly-Ala. Podaj (stosując wzory trójliterowe) wszystkie możliwe tripeptydy, które w wyniku reakcji hydrolizy dają mieszaninę produktów: Ala, Gly oraz Ser.

2. Polipeptydy – białka

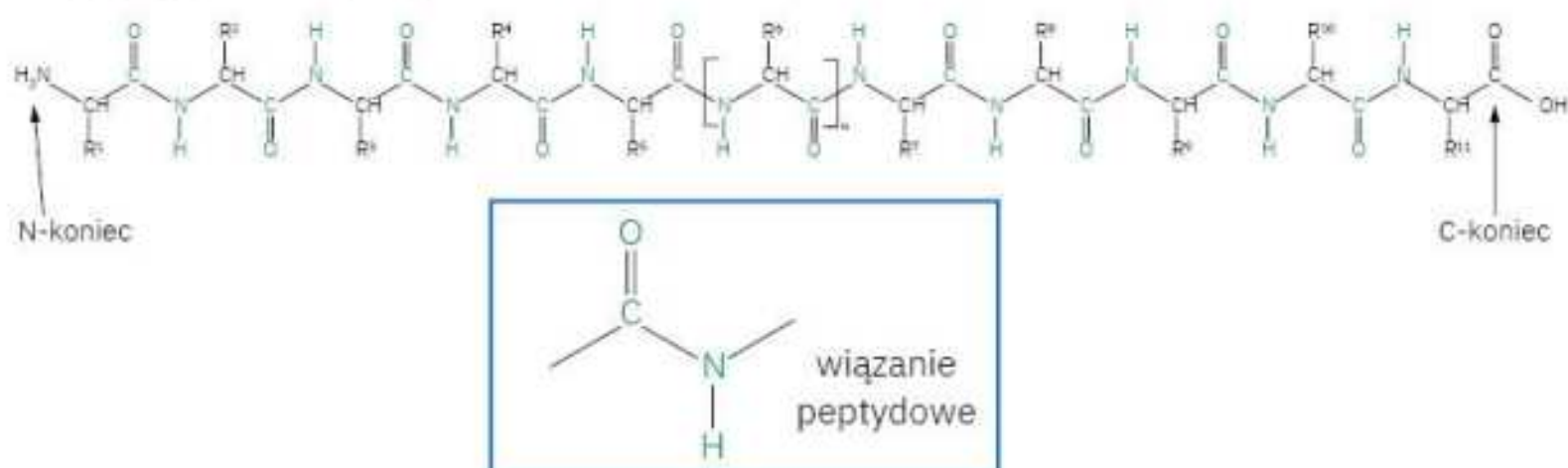
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak są zbudowane białka;
- co stabilizuje I-, II-, III- i IV-rzędową strukturę białka;
- jakie procesy niszczą I-, II-, III- i IV-rzędową strukturę białka;
- jakie właściwości wykazują białka;
- za pomocą jakich reakcji można wykryć obecność białek.

Wiadomo już, że reakcja kondensacji dwóch aminokwasów prowadzi do otrzymania dipeptydów. Dołączanie kolejnych aminokwasów do dipeptydu prowadzone poprzez wielokrotne powtarzanie reakcji kondensacji (reakcji polikondensacji) może prowadzić do połączenia kilkudziesięciu, a nawet kilkuset podjednostek, czyli do otrzymania polipeptydów. Kiedyś polipeptydy zawierające więcej niż 100 podjednostek aminokwasowych nazywano białkami. Obecnie za białka uznaje się już związki zawierające więcej niż 50 reszt aminokwasowych. Białka to zatem wielkocząsteczkowe związki o niezwykle złożonej budowie, których masa cząsteczkowa może wynosić nawet miliony jednostek u. Pełnią one bardzo ważne funkcje w organizmach żywych. Są one podstawowym budulcem wszystkich organizmów i odgrywają zasadniczą rolę w wielu procesach biologicznych.

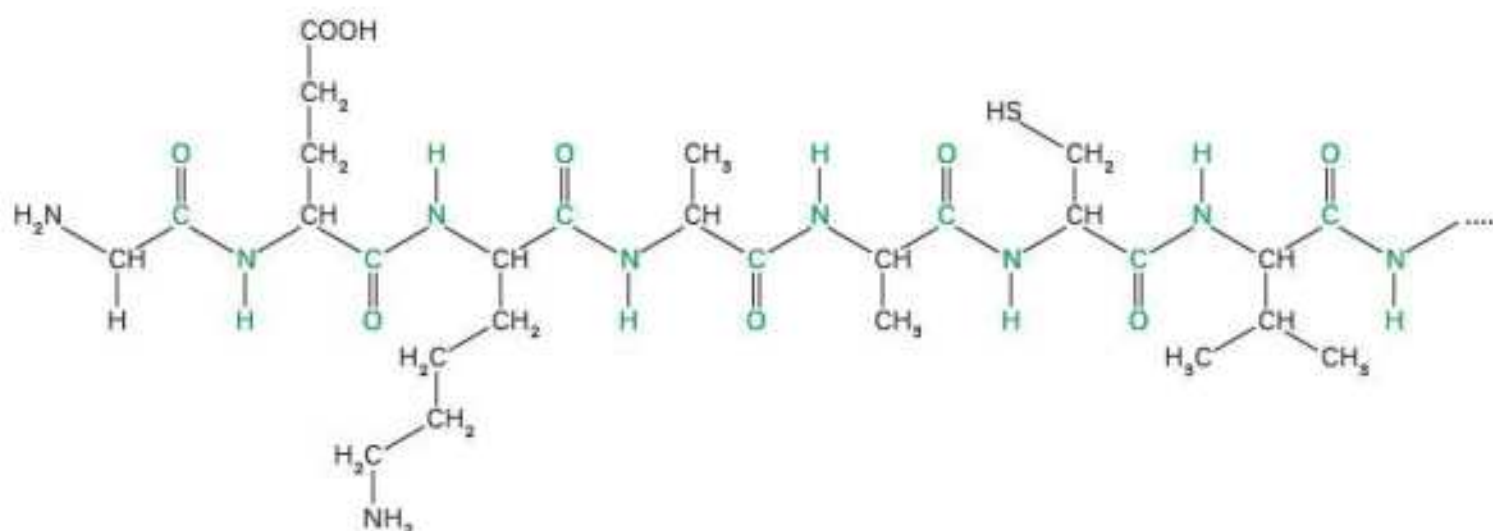
2.1. Budowa

Białka powstają w wyniku **reakcji polikondensacji**. Podobnie jak w peptydach, kolejne aminokwasy łączą się ze sobą i tworzą wiązanie peptydowe. Powstałe białko ma wolną, niezwiązaną grupę aminową na N-końcu oraz wolną, niezwiązaną grupę karboksylową na C-końcu.



Zmiana kolejności wiązania kolejnych aminokwasów powoduje powstanie związku będącego izomerem względem pierwotnego białka. Dlatego ważne w opisywaniu białka jest wskazanie aminokwasu znajdującego się na N-końcu oraz na C-końcu, a także podanie kolejności występowania podjednostek aminokwasowych w białku. Informacje te określa tzw. **sekwencja aminokwasów**.

Sekwencję, jak w przypadku peptydów, często podaje się, stosując skróty trójliterowe i podając najpierw aminokwas znajdujący się na N-końcu. Dla przykładu fragment białka:



opisuje sekwencja:

Gly-Glu-Lys-Ala-Ala-Cys-Val...

białko

Białko – polipeptydy zawierające co najmniej 50 jednostek aminokwasowych.

reakcja
polikondensacji

Reakcja polikondensacji – wielokrotnie powtarzana reakcja kondensacji.

sekwencja
aminokwasów

Sekwencja aminokwasów – określa kolejność występowania konkretnych podjednostek aminokwasowych w peptydzie lub białku.

2.2. Struktury białek

Budowę białek jako form niezwykle złożonych opisują struktury pierwszo-, drugo-, trzecio- oraz czwartorzędowe. Każda ze struktur wyższego rzędu związana jest z innym rodzajem oddziaływań i określa formę przestrzenną białka.

Struktura pierwszorzędowa

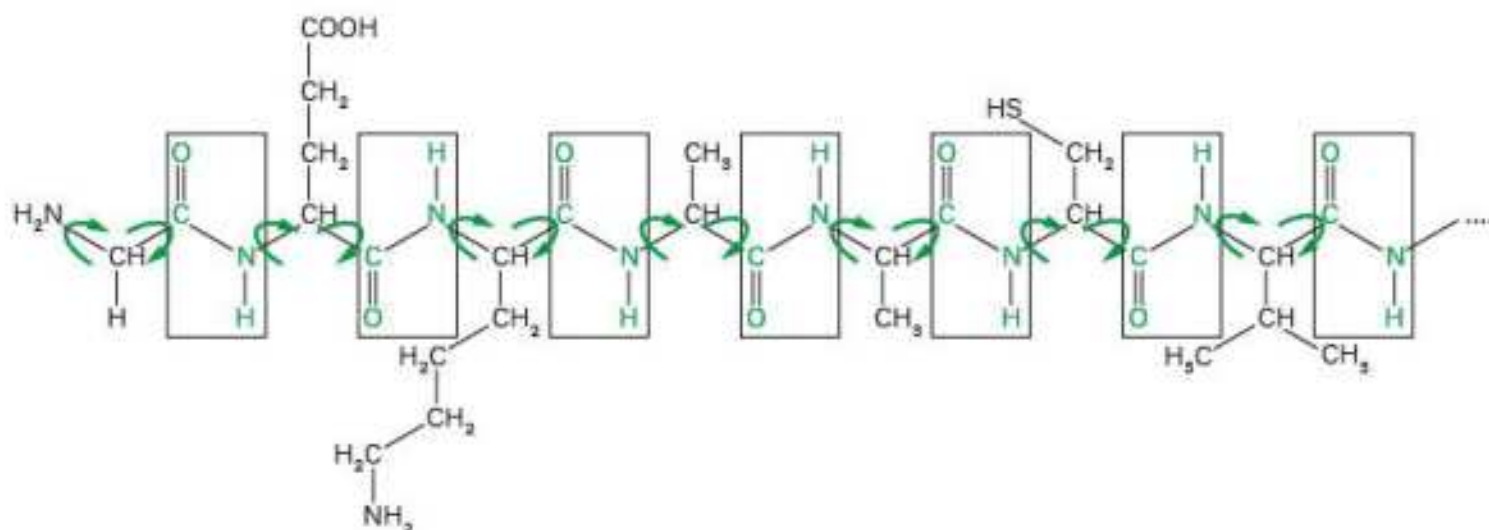
Struktura pierwszorzędowa określa sekwencję aminokwasów w łańcuchu peptydowym lub białkowym. Jest najtrwalsza ze struktur białek, ponieważ jej degradacja wiąże się z rozerwaniem wiązań peptydowych, czyli silnych wiązań kowalencyjnych.



Rys. 9. Struktura pierwszorzędowa jest stabilizowana przez wiązania peptydowe.

Struktura drugorzędowa

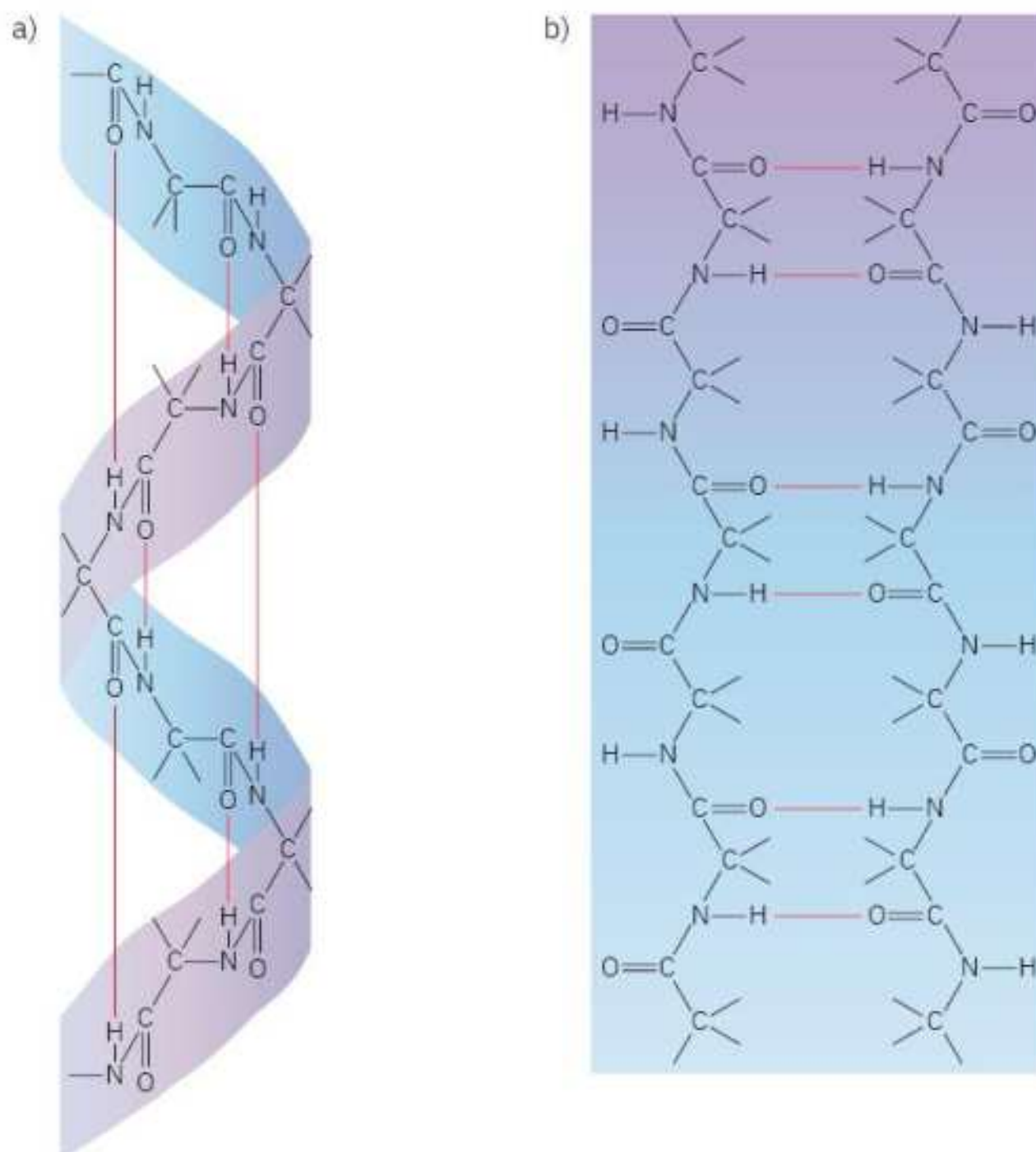
Atomy połączone wiązaniem peptydowym tworzą płaską strukturę, a atom wodoru związany z atomem azotu z wiązania peptydowego znajduje się w pozycji *trans* względem grupy karbonylowej tworzącej to wiązanie. Ten fragment łańcucha białkowego jest sztywny. Jednak ze względu na możliwość rotacji wokół wiązań tworzonych przez α atomy węgla łańcuch białkowy może się specyficznie układać w przestrzeni.



Rys. 10. Łańcuch białkowy jest sztywny w obszarze wiązań peptydowych, a labilny (tzn. może się obracać) – w obszarze wiązań węgla α .

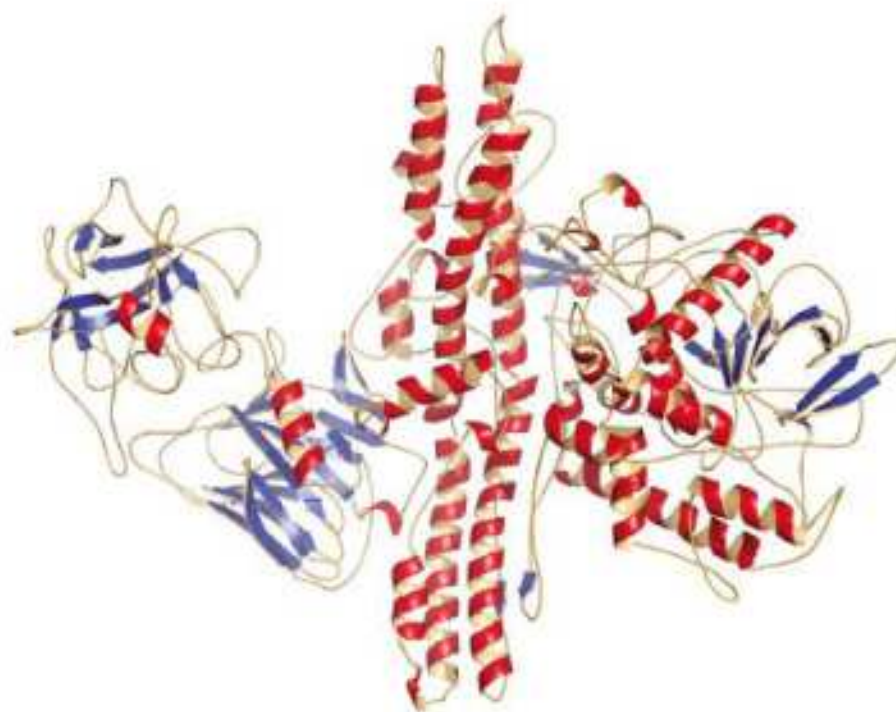
Możliwość rotacji wokół tych wiązań sprawia, że długi łańcuch białkowy układa się przeważnie w dwie regularne formy przestrzenne: α -**helisę** lub β -**harmonijkę** (β -**kartkę**). Są to drugorzędowe struktury białka.

Struktura α -helisy ma zbliżony kształt do prawoskrętnej sprężyny. Układ ten stabilizują wiązania wodorowe tworzące się między atomem wodoru grupy aminowej wchodzącej w skład wiązania peptydowego a atomem tlenu grupy karbonylowej z innego wiązania peptydowego (rys. 11a). W przeciwieństwie do ciasno upakowanej struktury helikalnej (α -helisy) β -harmonijkę tworzą dosyć luźno ułożone łańcuchy białkowe. Strukturę β -harmonijki wzmacnia także analogiczne wiązanie wodorowe atomów z wiązania peptydowego. Jednak atom wodoru oraz atom tlenu tworzące to wiązanie są od siebie znacznie bardziej oddalone, ponadto należą do tego samego łańcucha białkowego lub do różnych łańcuchów białkowych. Łańcuchy, między którymi tworzy się takie wiązanie, są ułożone w przestrzeni równolegle lub antyrównolegle do siebie. Struktura β -harmonijki przypomina pofałdowaną kartkę, dlatego też czasem nazywa się ją β -kartką (rys. 11b).



Rys. 11. Drugorzędowa struktura białka α -helisa (a), β -harmonijka (b).

W białkach występują z reguły zarówno struktury α -helisy, jak i β -harmonijki. Ich udział w przestrzennej budowie białka jest zróżnicowany i zależny od białka.

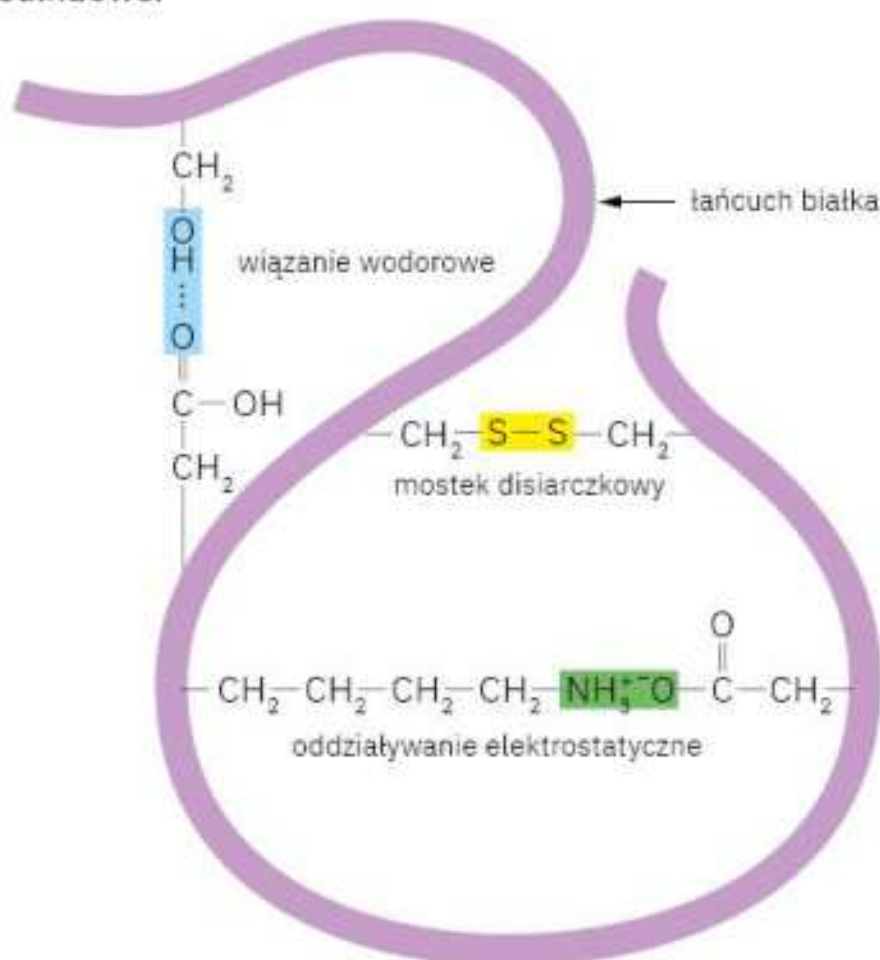


Rys. 12. Przykład białka neurotoksycznego toksyny botulinowej składające się z jednostek α -helisy (kolor czerwony) oraz jednostek β -harmonijki (kolor niebieski).

Struktura trzeciorzędowa

Struktura trzeciorzędowa decyduje o przestrzennym ułożeniu łańcucha białka, na które wpływają oddziaływania między grupami bocznymi aminokwasów (R) wchodzących w skład łańcucha. O trzeciorzędowej strukturze białka decydują:

- oddziaływania jonowe (przyciąganie elektrostatyczne jonów różnoimiennych, np. COO^- i NH_3^+ , lub odpychanie elektrostatyczne jonów jednoimiennych);
- oddziaływania wodorowe (tworzenie wiązań wodorowych między polarnymi grupami, np. $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, występującymi w łańcuchach bocznych);
- oddziaływania międzycząsteczkowe van der Waalsa;
- mostki disulfidowe.



Rys. 13. Oddziaływania tworzące strukturę trzeciorzędową białek.

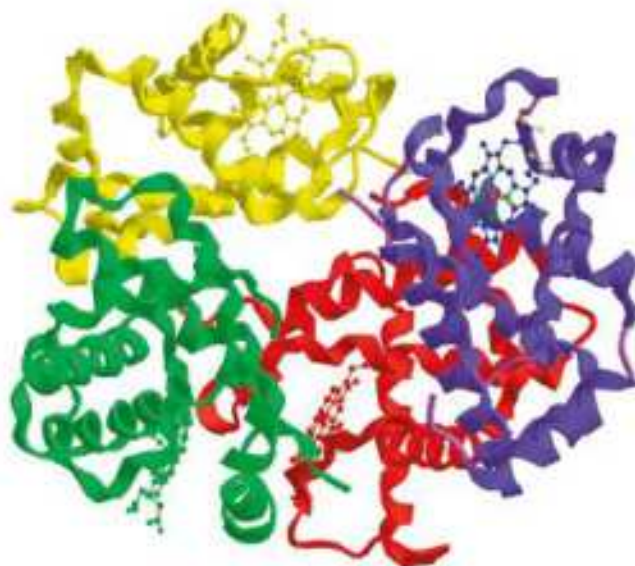
Mostki disulfidowe (zwane także disiarczkowymi) to specyficzne oddziaływania występujące między łańcuchami bocznymi zawierającymi grupy $-\text{SH}$ pochodzące od aminokwasu cysteiny (Cys). Dwa fragmenty łańcucha białkowego zawierające cysteinę mogą zostać połączone łańcuchami bocznymi przez utworzenie wiązania między dwoma atomami siarki – mostka disiarczkowego $\text{S}-\text{S}$ (rys. 13).

Zarówno drugo- jak i trzeciorzędowe struktury są zdecydowanie mniej trwałe niż struktura pierwszorzędowa. Ich degradacja wymaga rozerwania stosunkowo słabych oddziaływań międzycząsteczkowych.

Struktura czwartorzędowa

Struktura czwartorzędowa dotyczy dużych białek zbudowanych co najmniej z dwóch łańcuchów białkowych, z których każdy tworzy odrębną strukturę trze-

ciorzędową, tzw. podjednostkę. Takie zespoły podjednostek oddziałują ze sobą, tworząc strukturę czwartorzędową. Organizacja przestrzenna podjednostek białkowych jest specyficzna dla każdego dużego białka.



Rys. 14. Strukturalny model 3D hemoglobiny składający się z czterech zaznaczonych różnymi kolorami podjednostek tworzących strukturę czwartorzędową białka.

Zniszczenie struktur drugo, trzecio- i czwartorzędowej nazywa się denaturacją białka. Prowadzi ono do utraty właściwości charakterystycznych dla danego białka, czyli np. utraty aktywności biologicznej.

2.3. Właściwości białek

Doświadczenie 1.

Wysolenie białka

Opis:

Do probówki zawierającej ok. 2 cm³ wodnego roztworu białka jaja kurzego dodaj taką samą objętość nasyconego wodnego roztworu siarczanu(VI) amonu lub chlorku sodu. Zawartość probówki wymieszaj i oceń wizualnie zmiany (A). Następnie do tej samej probówki dodaj 10 cm³ wody destylowanej, ponownie wymieszaj jej zawartość i dokonaj obserwacji (B).

Obserwacje:

A	B
Dodanie soli powoduje powstanie białego osadu.	Dodanie wody powoduje rozpuszczenie powstałego osadu.

Wnioski:

Cząsteczki białka to struktury polarne, których cząsteczki są otaczane przez cząsteczki wody. Dodanie soli, która również ulega procesowi hydratacji (jest otaczana przez cząsteczki wody), sprawia, że cząsteczki wody są odciągane od cząsteczek białka. Struktura przestrzenna białka pozbawionego otoczki wodnej ulega częściowemu odkształceniu, jednak wyższe struktury białka nie ulegają degradacji. Efekt ten określa się jako wysolenie białka. Jest to proces odwracalny, dlatego po dodaniu wody białko odzyskuje poprzedni kształt.

Białka ulegają wysoleniu pod wpływem soli amonowych oraz soli metali lekkich (sodu i potasu).

Wysolenie – odwracalne strącenie białek następujące w wyniku dodania soli do roztworu wodnego białka.

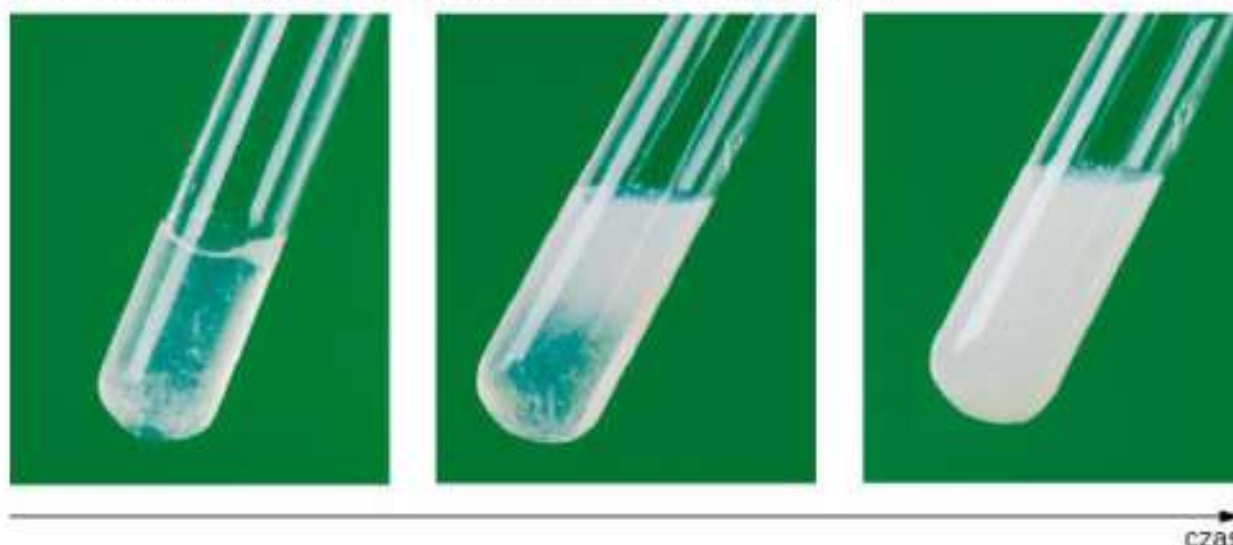
wysolenie

Doświadczenie 2.

Denaturacja białka

Opis:

Do dwóch probówek dodaj po mniej więcej 2 cm³ roztworu białka kurzego. Następnie do jednej z probówek wlej kilka kropel dziesięcioprocentowego roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) lub azotanu(V) ołowiu, a do drugiej – 2 cm³ etanolu. Wstrząśnij probówkami i oceń wizualnie zmiany.



Obserwacje:

W obydwóch probówkach widać postępujące, wyraźne zmętnienie.

Wnioski:

Dodanie soli metali ciężkich oraz etanolu powoduje trwałe odkształcenie struktury przestrzennej białka.

Trwałe zmiany w strukturze białka nazywa się **denaturacją**. To proces nieodwracalny, który prowadzi do degradacji struktur drugo-, trzecio- i czwartorzędowej. Denaturacja białka zachodzi także pod wpływem stężonych kwasów oraz zasad, a także w wysokiej temperaturze.

Denaturacja białka – trwałe odkształcenie struktury przestrzennej białka związane ze zniszczeniem struktur drugo-, trzecio- i czwartorzędowej białka.

denaturacja białka

Doświadczenie 3.

Próba ksantoproteinowa

Opis:

Niewielki kawałek białego sera umieść na szkiełku zegarkowym. Nanieś na ser kilka kropel stężonego kwasu azotowego(V).

Obserwacje:

W miejscu naniesienia kwasu powierzchnia sera żółknie.

Wnioski:

Jest to reakcja charakterystyczna – pozwala na wykrycie białka w badanym materiale. Powstające produkty tej reakcji mają żółtą barwę (związki nitrowe). Reakcji nitrowania ulegają podstawniki aromatyczne występujące w łańcuchach bocznych aminokwasów tworzących białko.

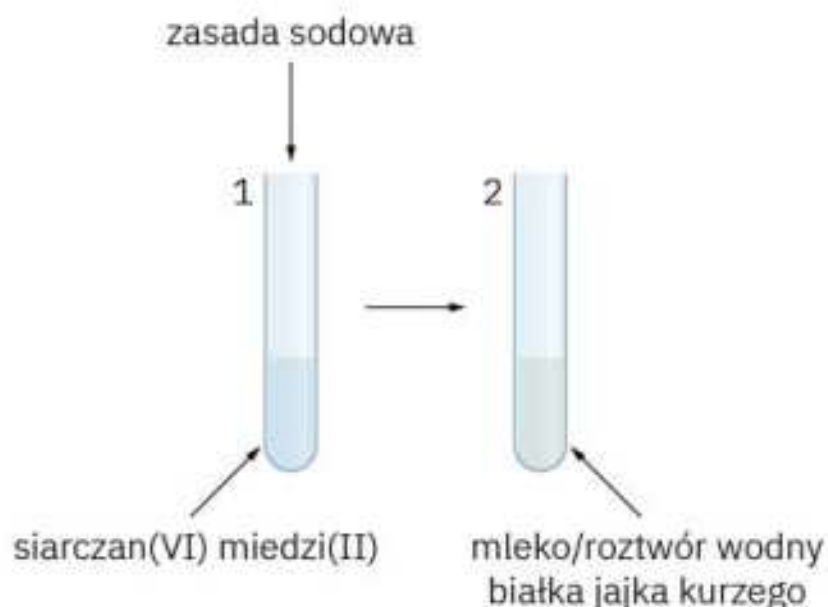
Reakcja ta nazywa się **próbą ksantoproteinową**.

próba
ksantoproteinowa

Próba ksantoproteinowa – reakcja charakterystyczna dla białek zawierających aminokwasy aromatyczne, które w wyniku działania kwasem azotowym(V) ulegają reakcji nitrowania i zmieniają barwę na żółtą.

Doświadczenie 4.**Próba biuretowa****Opis:**

Do probówki wlej ok. 3 cm³ mleka lub wodnego roztworu białka kurzego. W drugiej probówce strąć osad wodorotlenku miedzi(II) – w tym celu dodaj dziesięcioprocentowy roztwór zasady sodowej do roztworu wodnego siarczanu(VI) miedzi(II).

Schemat:

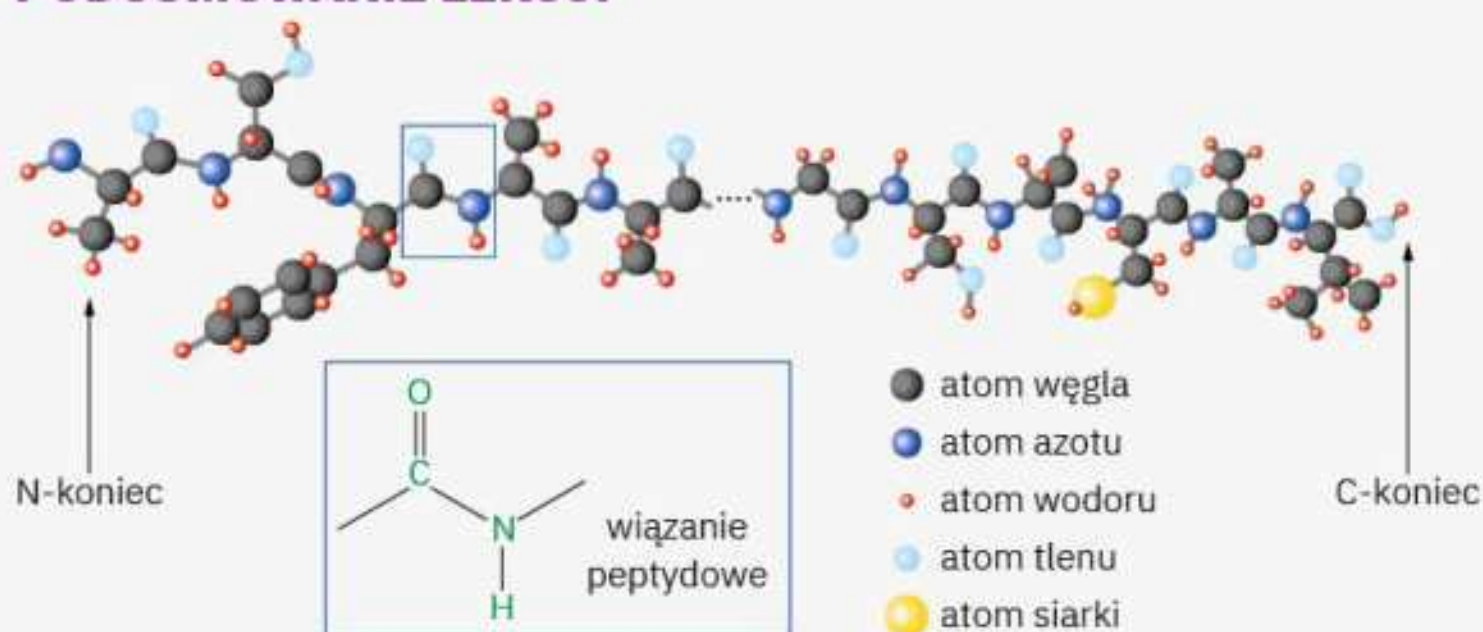
**Obserwacje:**

Białka w reakcji z wodorotlenkiem miedzi(II) tworzą trwały związek kompleksowy o fioletowej barwie. Reakcja ta jest charakterystyczna dla związków, w których występuje wiązanie peptydowe i nazywa się próbą biuretową.

Próba biuretowa – reakcja charakterystyczna dla związków zawierających wiązanie peptydowe. Polega na tworzeniu fioletowych związków kompleksowych pod wpływem wodorotlenku miedzi(II).

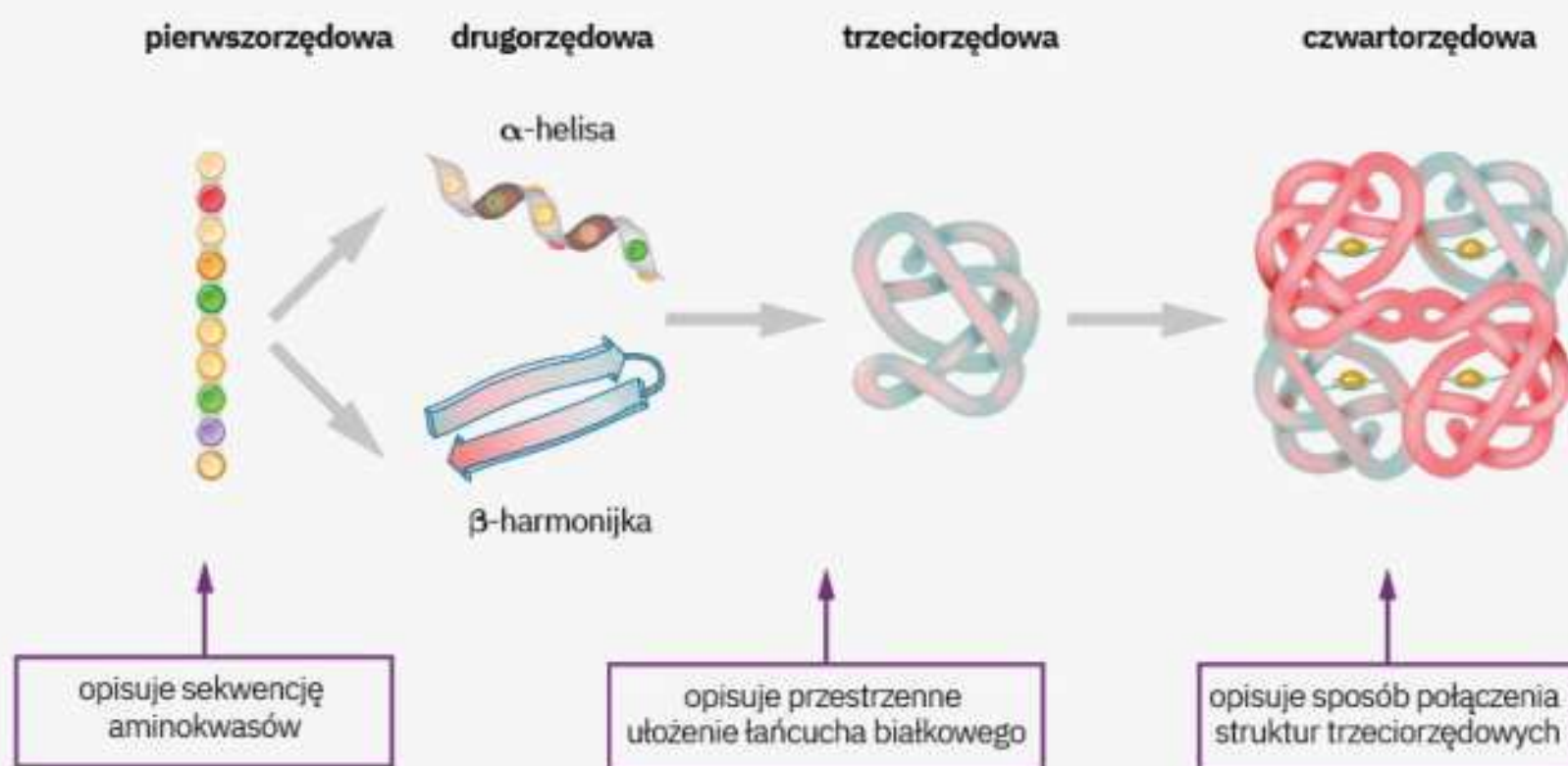
próba
biuretowa

Zarówno reakcja ksantoproteinowa, jak i biuretowa pozwalają na wykrycie białka w badanej próbce.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Białka** – polipeptydy zawierające od 50 jednostek aminokwasowych. s. 278
- **Reakcja polikondensacji** – wielokrotnie powtarzana reakcja kondensacji. s. 278
- **Sekwencja aminokwasów** – określa kolejność występowania konkretnych podjednostek aminokwasowych w peptydzie lub białku. s. 278

Struktury białek



Struktura białka	Czynniki stabilizujące	Czynniki degradujące
pierwszorzędowa	wiązania peptydowe	enzymy lub środowisko kwasowe (hydroliza białka)
drugorzędowa	wiązania wodorowe między atomami tworzącymi wiązanie peptydowe	
trzeciorzędowa	wiązania wodorowe między atomami znajdującymi się w łańcuchach bocznych aminokwasów, oddziaływania jonowe, mostki disulfidowe, oddziaływania międzycząsteczkowe van der Waalsa	sole metali ciężkich, etanol, stężone kwasy i zasady, wysoka temperatura (denaturacja)
czwartorzędowa	oddziaływania międzycząsteczkowe łączące struktury trzeciorzędowe	

- s. 283 • **Wysolenie** – odwracalne strącenie białek następujące w wyniku dodania soli do roztworu wodnego białka. Nie powoduje zniszczenia struktury białek.
- s. 283 • **Denaturacja białka** – proces trwałego odkształcenia struktury przestrzennej białka związany ze zniszczeniem struktur drugo-, trzecio- i czwartorzędowej białka.
- s. 284 • **Próba ksantoproteinowa** – reakcja charakterystyczna dla białek zawierających aminokwasy aromatyczne, które w wyniku działania kwasem azotowym(V) ulegają reakcji nitrowania, zmieniając barwę na żółtą.
- s. 285 • **Próba biuretowa** – reakcja charakterystyczna dla związków zawierających wiązanie peptydowe. Polega na tworzeniu fioletowych związków kompleksowych pod wpływem wodorotlenku miedzi(II).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcia: reakcja polikondensacji, sekwencja aminokwasów, wysolenie białka, denaturacja białka, próba ksantoproteinowa, próba biuretowa.
2. Podaj, co opisują poszczególne struktury białka:
 - a) pierwszorzędowa,
 - b) drugorzędowa,
 - c) trzeciorzędowa,
 - d) czwartorzędowa.
3. Wymień czynniki stabilizujące struktury białka:
 - a) pierwszorzędową,
 - b) drugorzędową,
 - c) trzeciorzędową,
 - d) czwartorzędową.
4. Wymień czynniki degradujące struktury białka:
 - a) pierwszorzędową,
 - b) drugorzędową,
 - c) trzeciorzędową,
 - d) czwartorzędową.
5. Wyjaśnij, dlaczego wysolenie białka jest procesem odwracalnym w przeciwieństwie do procesu denaturacji.
6. Przedstaw dwie metody wykrywania białek.
7. Zaprojektuj doświadczenie pozwalające stwierdzić obecność białka w badanej próbce.

3. Cukry proste – monosacharydy

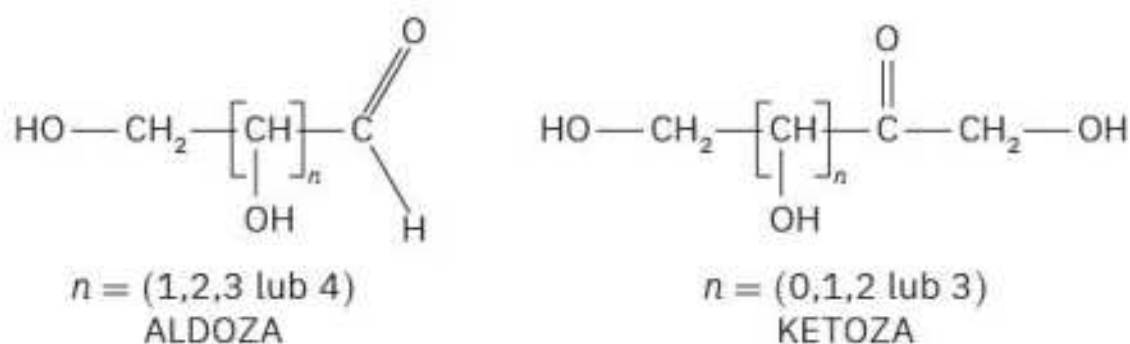
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak klasyfikuje się sacharydy;
- jak są zbudowane monosacharydy;
- jakie grupy funkcyjne występują w sacharydach;
- czym różnią się ketozy od aldoz;
- jak nazywa się sacharydy;
- jak wygląda wzór Fischera glukozy oraz fruktozy;
- jakimi właściwościami charakteryzują się glukoza i fruktoza.

Kolejną grupą wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów są sacharydy, inaczej zwane węglowodanami, a potocznie – cukrami. Nazwa węglowodany wiąże się z kiedyś wyznaczonym wzorem sumarycznym, który poza węglem zawiera wielokrotność cząsteczek wody $C_m(H_2O)_n$. Obecnie znane są sacharydy niepasujące do tego wzoru, jednak nazwa węglowodany jest nadal używana.

3.1. Budowa monosacharydów

Monosacharydy to związki zbudowane z atomów węgla, wodoru oraz tlenu. Zawierają w swojej strukturze dwa rodzaje grup funkcyjnych: grupę karbonylową (aldehydową lub ketonową) oraz liczne grupy hydroksylowe. Sacharydy strukturalnie są zatem hydroksyaldehydami lub hydroksyketonami. Monosacharydy zawierające grupę aldehydową nazywa się **aldozami**, natomiast te zawierające grupę ketonową – **ketozami**. Warto zwrócić uwagę na charakterystyczną końcówkę monosacharydów **-ozy** występującą we wszystkich ich nazwach, a także w większości innych sacharydów. Cukry proste zawierają przeważnie od trzech do sześciu atomów węgla stanowiących łańcuch prosty, a ich wzory ogólne przedstawia się jak poniżej:



Rys. 15. Wzór ogólny monosacharydów.

Monosacharydy – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, zawierające najczęściej od trzech do sześciu atomów węgla oraz grupę karbonylową (aldehydową lub ketonową) oraz co najmniej dwie grupy hydroksylowe.

monosacharydy

Aldoza – monosacharyd zawierający grupę aldehydową.

aldoza

Ketoza – monosacharyd zawierający grupę ketonową.

ketoza

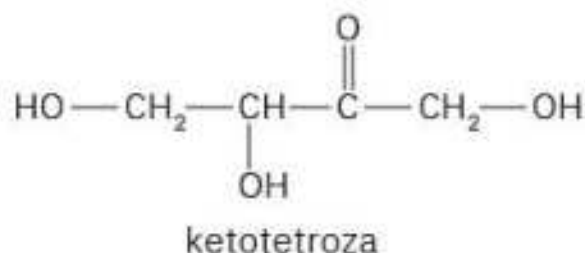
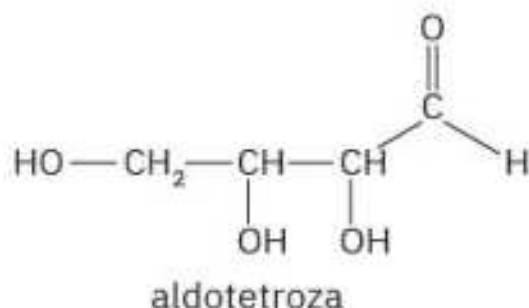
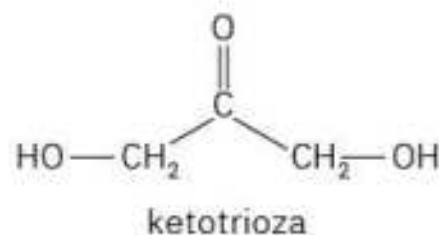
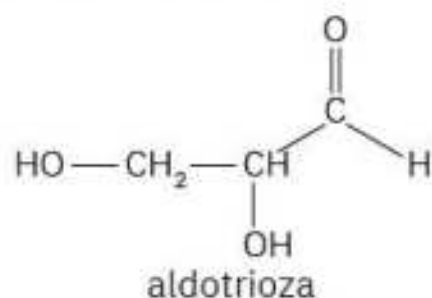
3.2. Klasyfikacja sacharydów

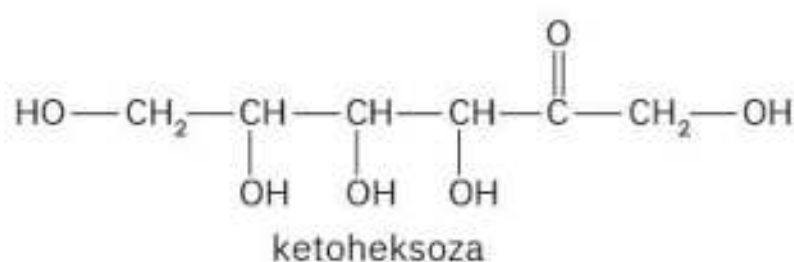
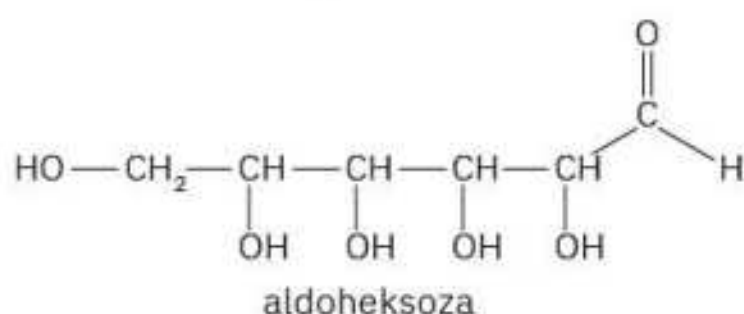
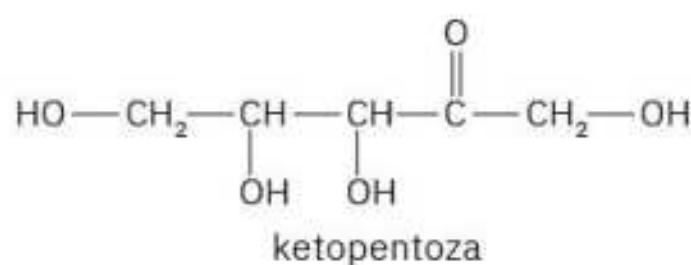
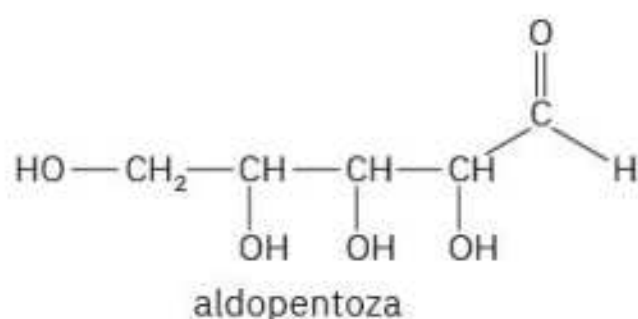
Najbardziej ogólny podział sacharydów wyróżnia trzy grupy:

- monosacharydy (cukry proste),
- disacharydy (dwucukry),
- oligosacharydy,
- polisacharydy (wielocukry).

Jak łatwo się domyślić, disacharydy zbudowane są z dwóch jednostek monosacharydów, a polisacharydy zawierają ich znacznie więcej (od kilkudziesięciu do kilkuset, a nawet kilkunastu tysięcy). Czasami w klasyfikacji sacharydów wyróżnia się także oligosacharydy zawierające od 2 do 10 jednostek monosacharydów. Więcej informacji o disacharydach i polisacharydach znajduje się w następnym podrozdziale (IV.4.).

Ze względu na zróżnicowaną budowę monosacharydów wyróżnia się opisane wyżej aldozy i ketozy. Natomiast ze względu na liczbę atomów węgla monosacharydy dzieli się na: triozy zawierające trzy atomy węgla, tetrozy – cztery atomy, pentozy – pięć atomów, heksozy – sześć atomów. Nazwa monosacharydu zawiera obie informacje:



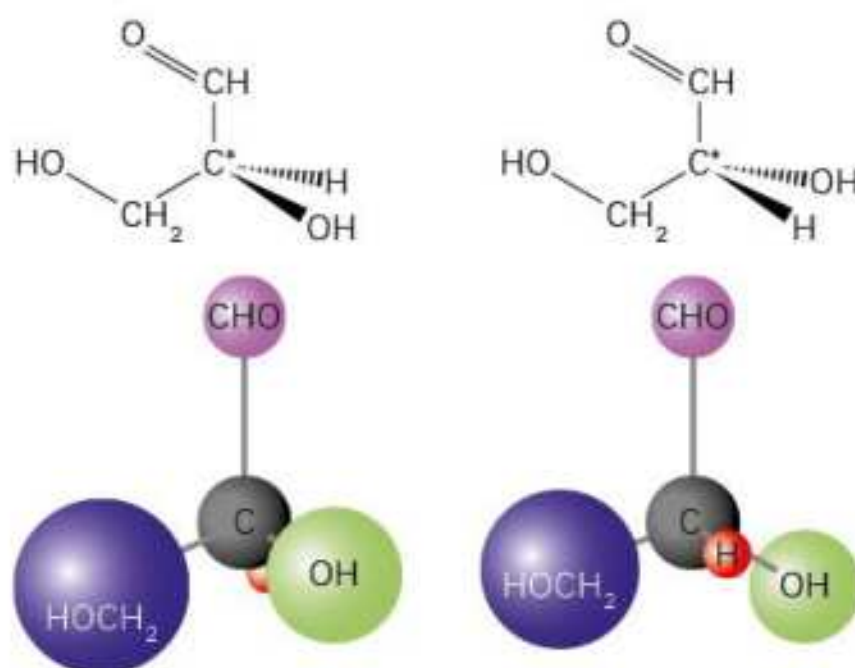


Ćwiczenie

1. Wyznacz i porównaj wzory sumaryczne aldoz i ketoz zawierających tę samą liczbę atomów węgla. Określ relacje, jakimi są połączone poszczególne pary związków.

3.3. Wzory Fischera

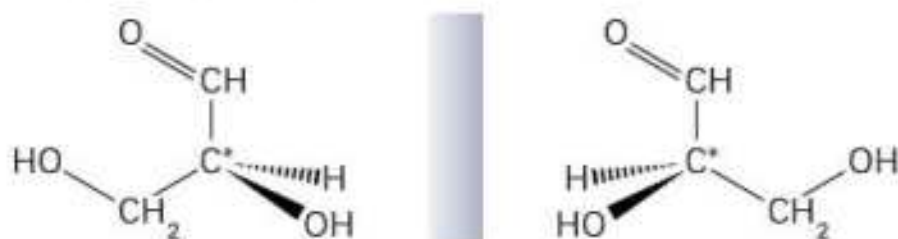
Aldozy i ketozy zawierające tę samą liczbę atomów węgla są względem siebie izomerami konstytucyjnymi. Stereoizomeria monosacharydów jest znacznie bardziej złożonym zagadnieniem. Ze względu na obecność **asymetrycznego atomu węgla** w szkieletie węglowym, czyli atomu węgla mającego cztery różne podstawniki, ułożenie w przestrzeni tych podstawników może być różne, co powoduje powstanie stereoizomerów. Węgiel asymetryczny we wzorach oznacza się gwiazdką – C*. Najprostsza aldoza, czyli aldotrioza, zawiera jeden asymetryczny atom węgla. Z tego powodu ten związek tworzy dwa stereoizomery:



Rys. 16. Stereoizomery aldotriozy zwanej aldehydem glicerynowym.

Analizując struktury stereoizomerów, można zauważyć, że nie są one tymi samymi związkami. Jeśli nałożyłoby się ich cząsteczki na siebie, okazałoby się, że położenia poszczególnych atomów się nie pokrywają. Występowanie cząsteczek związków chemicznych w dwóch nieidentycznych konfiguracjach przestrzennych nosi nazwę **izomerii optycznej**.

*Cząsteczki, które są swoimi odbiciami lustrzanymi, ale się nie pokrywają, są dla siebie **enancjomerami**. Związki, które są stereoizomerami, ale nie są swoimi odbiciami lustrzanymi, nazywa się **diastereoizomerami**.



Rys. 17. Enancjomery aldotriozy – aldehydu glicerynowego.

Asymetryczny atom węgla – atom węgla mający cztery różne podstawniki.

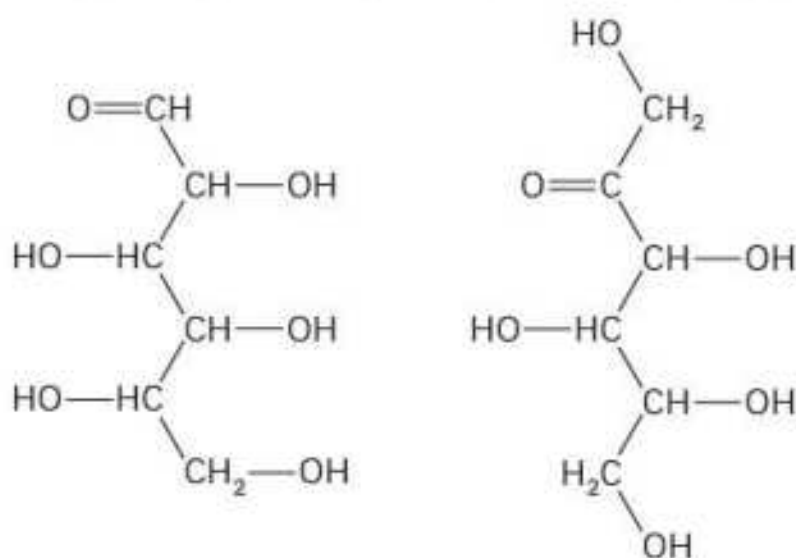
asymetryczny
atom węgla

Izomeria optyczna – zjawisko występowania cząsteczek związków chemicznych w dwóch nieidentycznych konfiguracjach przestrzennych.

izomeria
optyczna

Ćwiczenia

- Przerysuj do zeszytu wzory i zaznacz gwiazdką wszystkie asymetryczne atomy węgla.

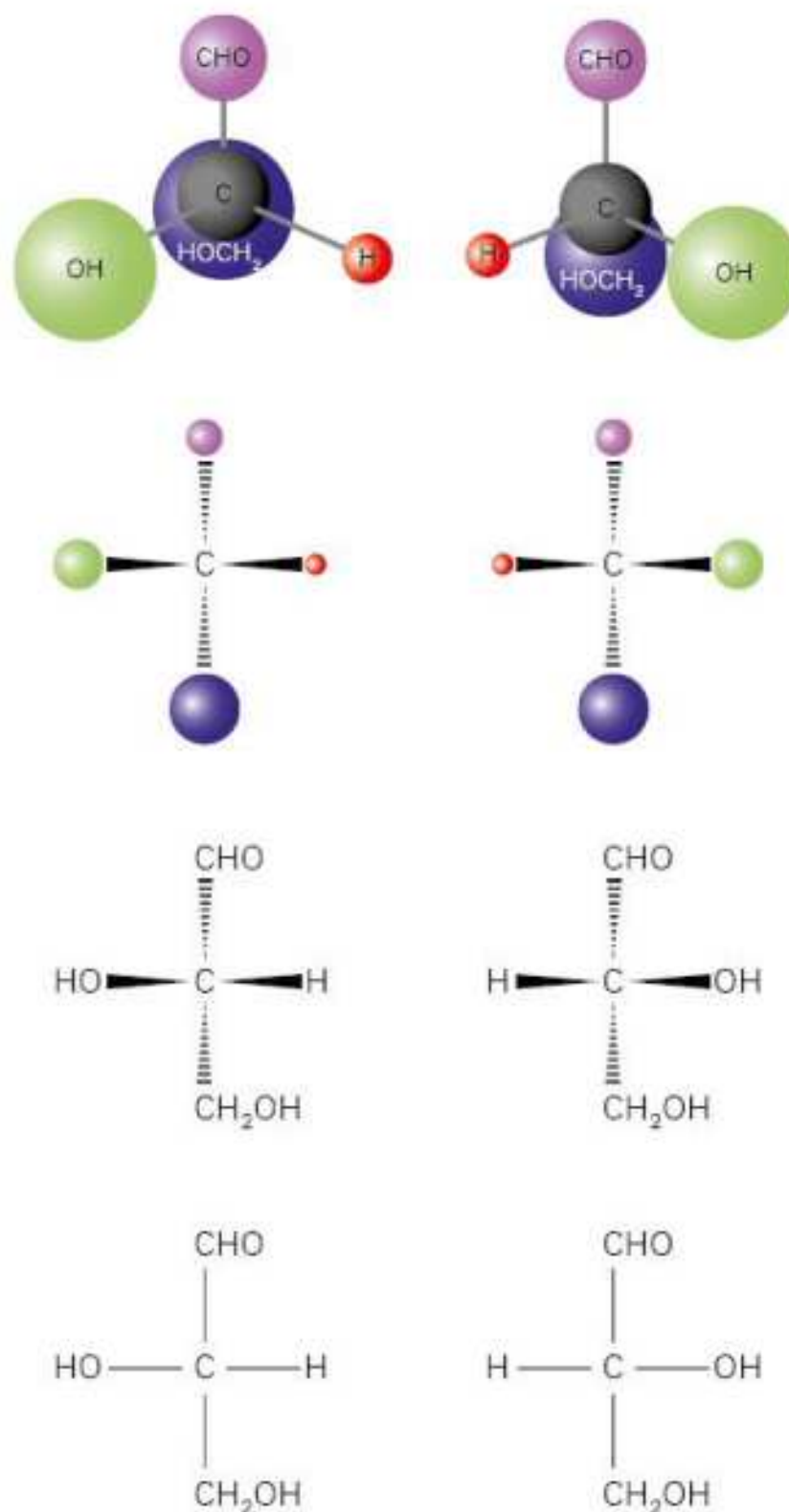


- Maksymalną liczbę stereoizomerów można określić za pomocą zależności 2^n , n – liczba asymetrycznych atomów węgla. Wyznacz maksymalną liczbę stereoizomerów w związkach z ćwiczenia 2.

Do zapisu wzorów stereoizomerów chemicy często używają wzorów Fischera (czytaj: fiszera). Konwencja ta została zaproponowana przez wybitnego niemieckiego badacza struktury cukrów Emila Fischera. Zgodnie z tą konwencją łańcuch



węglowy przedstawia się pionowo, a na jego górze umieszcza się grupę aldehydową lub ketonową. Podstawniki atomów węgla, w przypadku cukrów, atomy wodoru oraz grupy hydroksylowe znajdują się w pozycjach poziomych. Ponadto przyjmuje się, że wiązania przedstawione pionowo są skierowane za płaszczyznę rysunku, a te przedstawione poziomo – przed płaszczyznę rysunku. Po obrocie cząsteczki (rys. 18) dwa wiązania „chowają się” za płaszczyznę, a dwa – „wychodzą” przed płaszczyznę kartki. Takie ustawienie cząsteczki ułatwia rysowanie wzorów w projekcji Fischera.

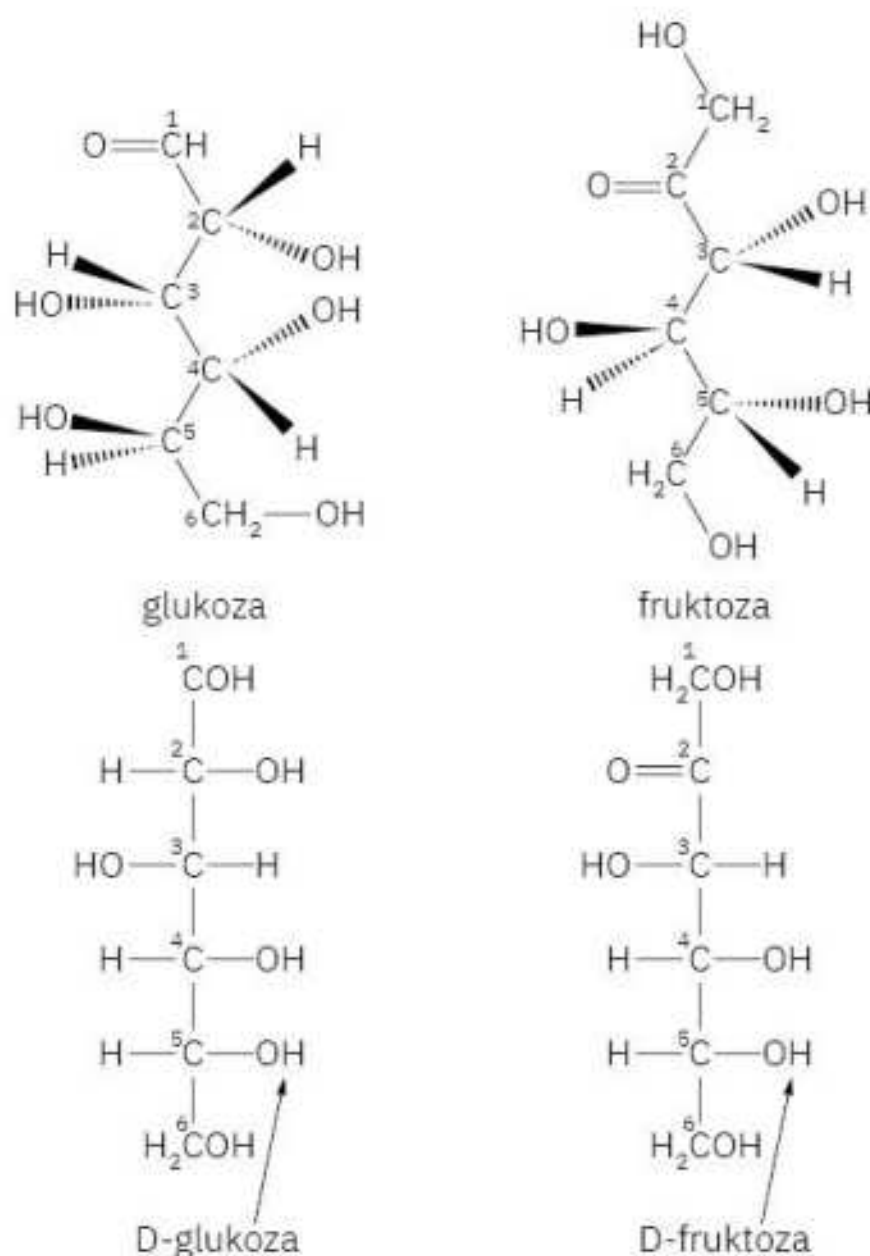


Wzór Fischera

Rys. 18. Rzutowanie wzoru aldotriozy w projekcji Fischera.

Najprostsza ketotrioza (dihydroksyaceton) nie ma asymetrycznego atomu węgla.

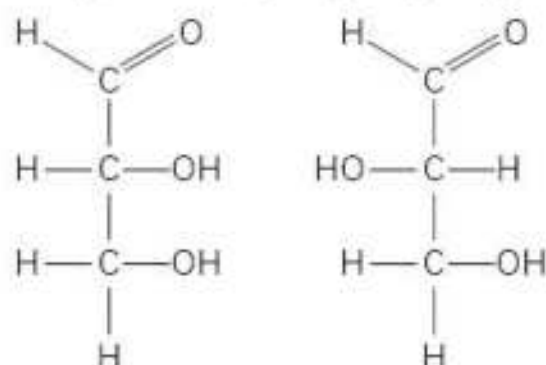
Wzory Fischera dla aldoheksaozy (glukozy) oraz ketoheksaozy (fruktozy) ze wzorów perspektywicznych otrzymuje się po obróceniu fragmentów cząsteczki zawierających asymetryczny atom węgla (rys. 18).



Monosacharydy, w których grupa hydroksylowa na najniżej usytuowanym asymetrycznym atomie węgla (przedostatnim atomie węgla) we wzorach Fischera jest po prawej stronie, należą do tzw. szeregu D, czyli są D-cukrami. Właściwie wszystkie naturalnie występujące monosacharydy należą właśnie do szeregu D. Podobna grupa hydroksylowa znajdująca się po stronie lewej występuje w monosacharydach z szeregu L.

Ćwiczenia

4. Określ poniższe struktury jako aldehyd D-glicerynowy i L-glicerynowy.



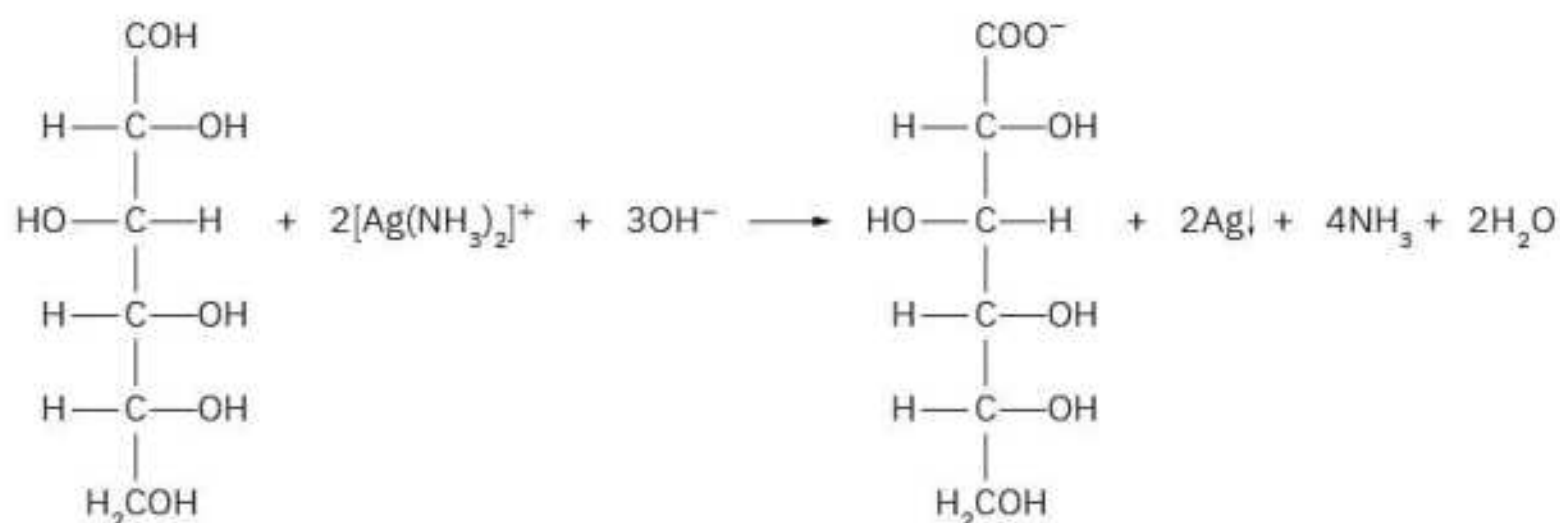
5. Narysuj w zeszycie wzór Fischera L-glukozy (glukozy należącej do szeregu L-cukrów) oraz L-fruktozy (fruktozy należącej do szeregu L-cukrów).

3.4. Właściwości monosacharydów

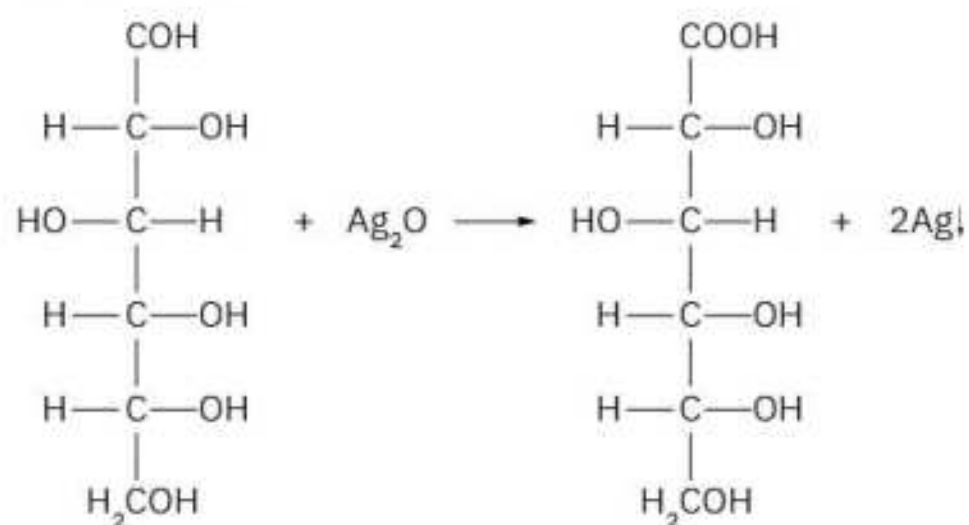
Cukry proste są białymi ciałami stałymi, które są dobrze rozpuszczalne w wodzie. Ze względu na obecność grupy aldehydowej oraz ketonowej cukry wykazują właściwości redukujące. Aldozy ulegają utlenieniu bezpośrednio do kwasu, natomiast ketozy przed utlenieniem ulegają przekształceniu do aldoz, do którego dochodzi w środowisku zasadowym, a następnie utleniają się do kwasów karboksylowych.

Właściwości redukujące związków potwierdzają znane już próby Tollensa i Tromera. Ze względu na zasadowe środowisko, w jakim przebiegają te próby, dają one pozytywne wyniki zarówno w przypadku aldoz, jak i ketoz.

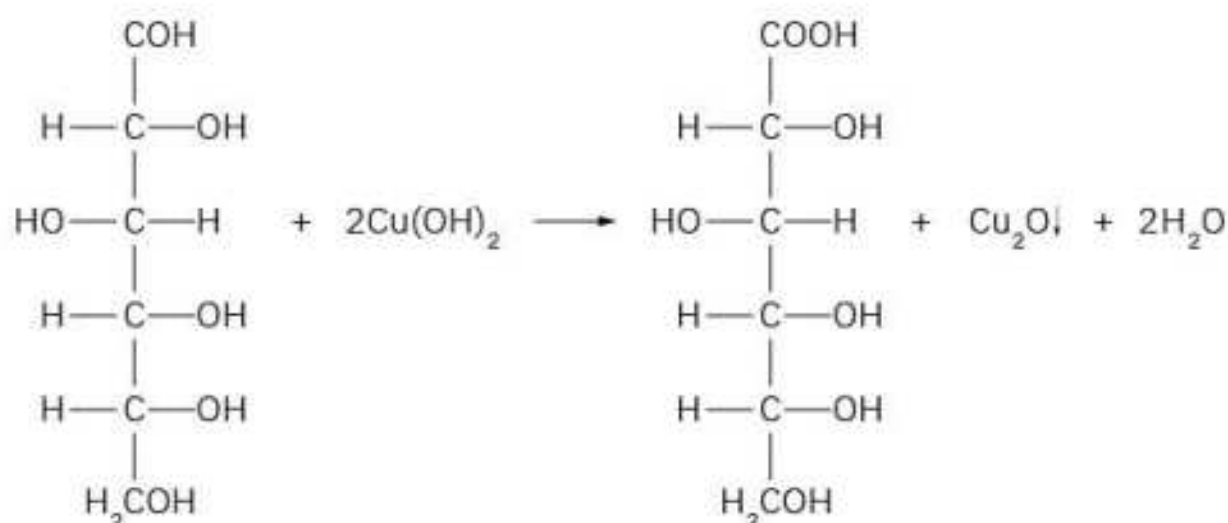
Próba Tollensa:



Uproszczony zapis próby Tollensa:



Próba Trommera:



Modyfikacją próby Trommera jest próba Fehlinga.

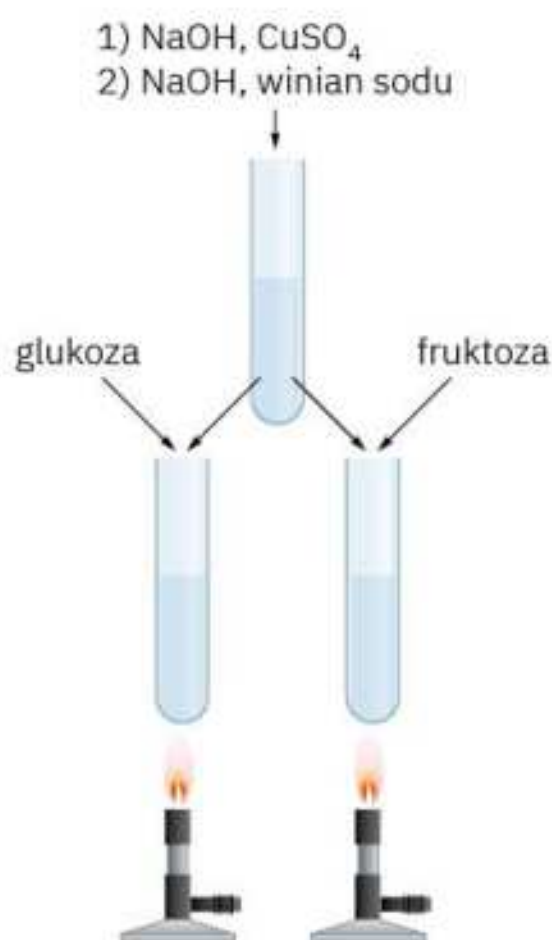
Doświadczenie 1.

Próba Fehlinga

Opis:

W probówce wytrąć wodorotlenek miedzi(II) – w tym celu dodaj dziesięcioprocentowego roztworu NaOH i kilka kropli dwuprocentowego roztworu siarczanu(VI) miedzi(II). Po wytrąceniu wodorotlenku miedzi(II) do probówki dodaj jeszcze 2 cm³ roztworu NaOH oraz kilka kryształków winianu sodu. Zawartość probówki mieszaj aż do rozтворzenia wodorotlenku miedzi(II). Tak otrzymany roztwór podziel na dwie części i umieść je w dwóch probówkach. Do jednej z nich dodaj 0,5 g glukozy, a do drugiej – 0,5 g fruktozy. Zawartość probówek delikatnie ogrzej w płomieniu palnika i obserwuj zachodzące zmiany.

Schemat:



Obserwacje:

W obydwóch probówkach wytrąca się ceglasty (pomarańczowoczerwony) osad.

Wnioski:

W obydwóch probówkach zaszła reakcja, w której redukcji uległ wodorotlenek miedzi(II), a utlenieniu – cukier.

Ćwiczenie

6. Zapisz w zeszycie reakcję obrazującą próbę Fehlinga dla aldozy. Jest to ta sama reakcja, która opisuje próbę Trommera.

Ze względu na przekształcanie ketoz w aldozy w warunkach próby Tollensa, Trommera i Fehlinga, próby te nie pozwalają na odróżnienie glukozy od fruktozy. Aldozę od ketozy można odróżnić, wykorzystując doświadczenie przebiegające w znaczenie mniej zasadowym środowisku.

Doświadczenie 2.**Odróżnianie aldoz od ketoz (glukozy od fruktozy)****Opis:**

Do dwóch probówek wlej po 1 cm³ pięcioprocentowego roztworu wodorowęglanu sodu i 4 cm³ wody bromowej. Następnie do jednej z probówek dodaj 2 cm³ dwudziestoprocentowego roztworu glukozy (A), a do drugiej – taką samą objętość dwudziestoprocentowego roztworu fruktozy (B).

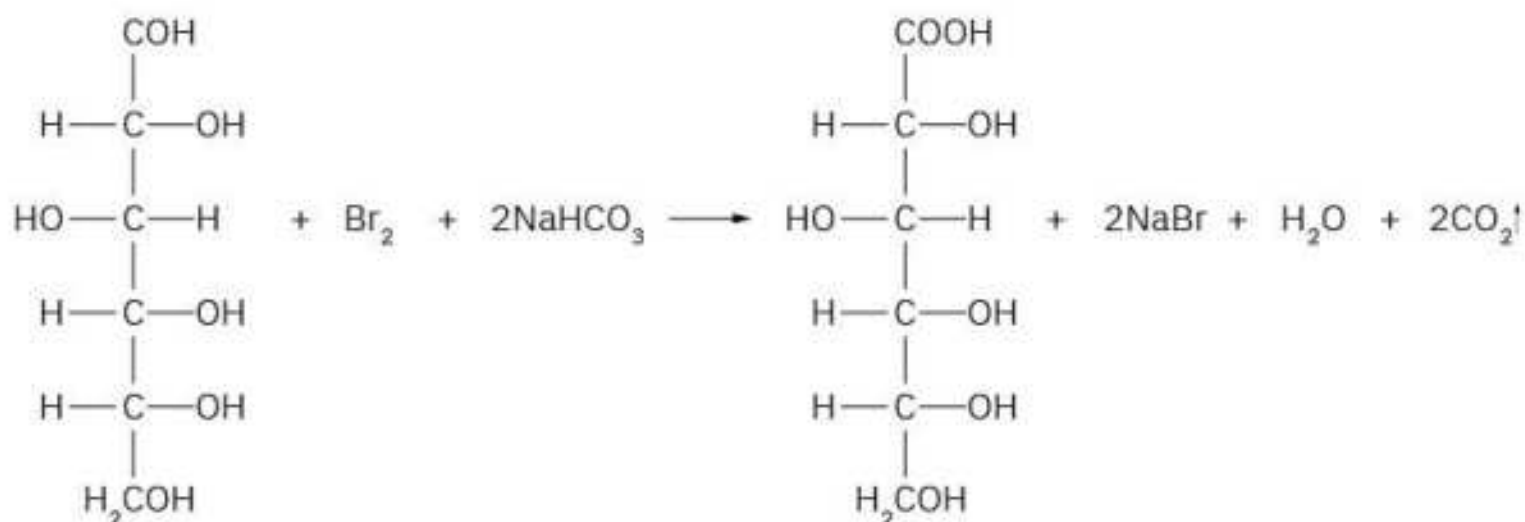
Schemat:

Obserwacje:

Woda bromowa w probówce A odbarwia się i widać w niej pęcherzyki gazu. Zawartość probówki B pozostaje bez zmian.

Wnioski:

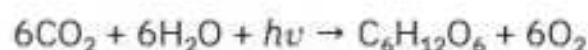
Glukoza ulega w tych warunkach reakcji utleniania do kwasu karboksylowego (kwasu glukonowego), a brom zawarty w wodzie bromowej redukuje się do bromku.



Fruktoza nie wykazuje w środowisku słabo zasadowym właściwości redukujących i nie utlenia się do kwasu.

3.5. Występowanie i zastosowanie

Niektóre cukry znamy z życia codziennego. W cukiernicy można znaleźć sacharozę – zwaną po prostu cukrem. Znane są ponadto glukoza, czyli cukier gronowy, skrobia stanowiąca główny składnik ziaren zbóż i bulw ziemniaczanych oraz celuloza będąca materiałem budulcowym tkanek roślinnych. Spośród wyżej wymienionych cukrów tylko glukoza jest monosacharydem. Wytwarzają ją rośliny w procesie fotosyntezy – reakcji warunkującej istnienie życia. W fotosyntezie przekształceniu w glukozę pod wpływem energii świetlnej ulegają tlenek węgla(IV) oraz woda:



W rzeczywistości fotosynteza jest procesem wieloetapowym. Szacuje się, że w jej wyniku rocznie na Ziemi powstaje ok. 10^{11} ton glukozy.

Monosacharydy występują naturalnie głównie w postaci związanej jako podjednostki disacharydów i polisacharydów. W postaci wolnej można je wyodrębnić z roślin (owoców, warzyw) lub miodu. Ze względu na słodki smak oraz właściwości konserwujące monosacharydy są wykorzystywane głównie w przemyśle spożywczym. Syrop glukozowo-fruktozowy stosuje się jako substancję słodzącą w produkcji soków, napojów oraz dżemów. Pacjentom osłabionym podaje się dożylnie za pomocą wlewów kroplowych glukozę. Inny monosacharyd – mannozę – stosuje się w leczeniu nawracających zakażeń dróg moczowych. Terapia ta nie wywołuje skutków ubocznych, jakie towarzyszą kuracji antybiotykowej.

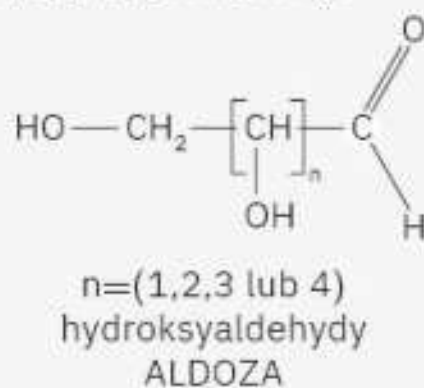
PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Wyróżnia się sacharydy:**

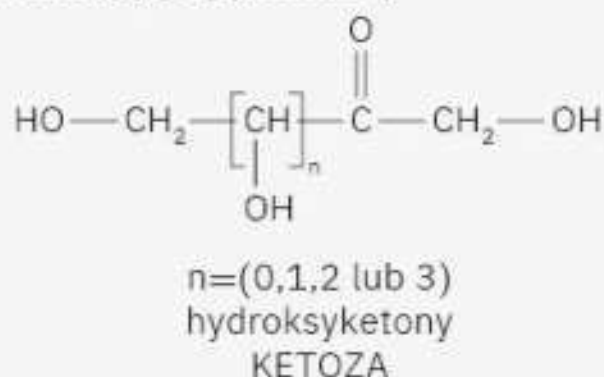
- monosacharydy
- disacharydy
- oligosacharydy
- polisacharydy.

- **Monosacharydy** – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów, zawierające najczęściej od trzech do sześciu atomów węgla, grupę karbonylową (aldehydową lub ketonową) oraz co najmniej dwie grupy hydroksylowe.

- **Aldoza** – monosacharyd zawierający grupę aldehydową.

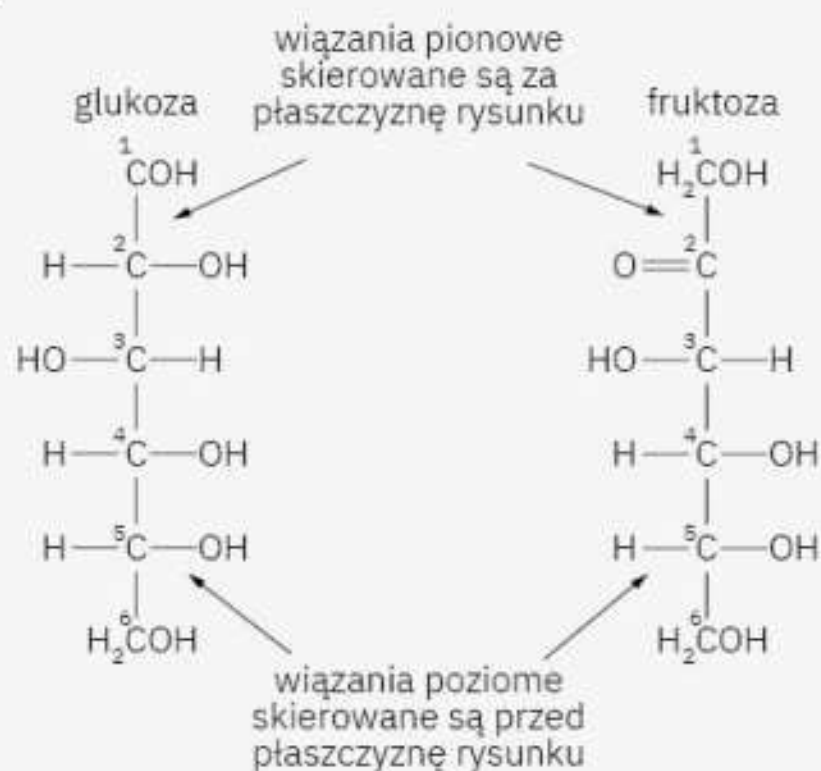


- **Ketoza** – monosacharyd zawierający grupę ketonową.



Monosacharydy	
triozy – zawierają trzy atomy węgla	aldotriozy
	ketotriozy
tetrozy – zawierają cztery atomy węgla	aldotetrozy
	ketotetrozy
pentozy – zawierają pięć atomów węgla	aldopentozy
	ketopentozy
heksozy – zawierają sześć atomów węgla	aldoheksozy
	ketoheksozy

- **Asymetryczny atom węgla** – atom węgla mający cztery różne podstawniki. s. 291
- **Izomeria optyczna** – zjawisko występowania cząsteczek związków chemicznych w różnych konfiguracjach przestrzennych podstawników asymetrycznego atomu węgla. s. 291
- **Wzory Fischera:** s. 293

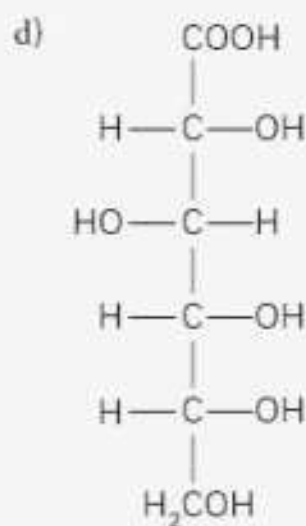
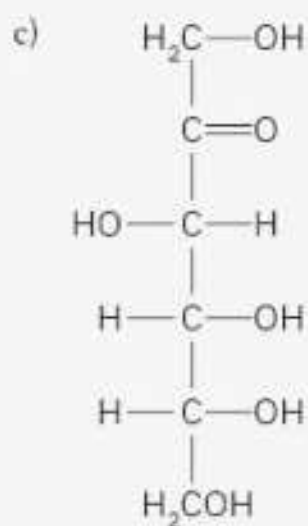
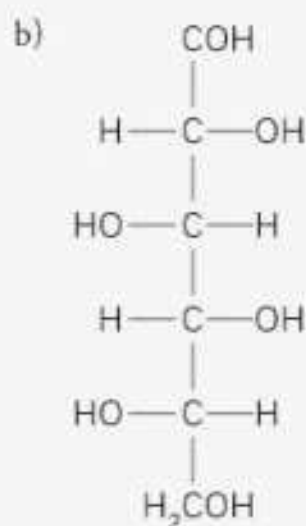
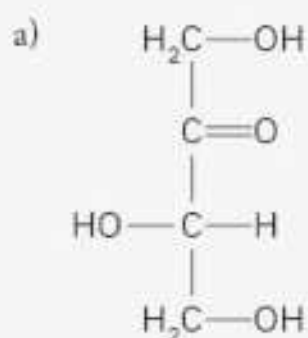


- Właściwości monosacharydów (aldozy – glukozy i ketozy – fruktozy): s. 294

Reakcja	Wynik próby dla glukozy	Wynik próby dla fruktozy
Tollensa	+	+
Trommera	+	+
Fehlinga	+	+
odbarwiania wody bromowej w środowisku NaHCO_3	+	-

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wyjaśnij pojęcia: monosacharydy, aldoza, ketoza, trioza, tetroza, pentoza, heksoza, asymetryczny atom węgla, izomeria optyczna.
- Korzystając ze wzorów ogólnych aldoz oraz ketoz, narysuj w zeszyte wzór półstrukturalny:
 - aldotetrozy,
 - ketotriozy,
 - aldopentozy,
 - ketoheksozy.
 Podaj liczbę asymetrycznych atomów węgla w powyższych związkach.
- Przerysuj do zeszytu poniższe struktury związków i zaznacz gwiazdką asymetryczne atomy węgla.



- Wyjaśnij, czym różnią się monosacharydy z szeregu L oraz D.
- Korzystając ze struktur związków przedstawionych w zadaniu 3., określ:
 - monosacharydy jako aldozy lub ketozy,
 - przynależność do szeregu L lub D monosacharydów.
- Porównaj właściwości glukozy oraz fruktozy. Wymień przykłady reakcji, w których reagują one tak samo, oraz zaproponuj reakcję pozwalającą odróżnić glukozę od fruktozy.

7. Grupa aldehydowa ma właściwości redukujące i to właśnie jej obecność w glukozie wyjaśnia zdolności redukujące tego związku oraz innych aldoz. Wyjaśnij, dlaczego fruktoza, która należy do ketoz i nie ma grupy aldehydowej, reaguje z odczynnikami Tollensa oraz Trommera.
8. Oceń prawdziwość poniższych zdań.
 - a) Monosacharydy zawierają w swojej strukturze jedną grupę karbonylową oraz jedną hydroksylową.
 - b) Glukoza jest aldozą.
 - c) Pentoza to monosacharyd zawierający pięć atomów węgla w cząsteczce.
 - d) Fruktoza jest ketoheksozą.
 - e) Glukoza reaguje z odczynnikami Tollensa, Trommera, natomiast daje negatywny wynik w próbie Fehlinga.
 - f) Próba Fehlinga pozwala odróżnić aldozę od ketozy.
 - g) Reakcja odbarwienia wody bromowej zachodząca w środowisku lekko zasadowym pozwala odróżnić glukozę od fruktozy.
 - h) Pozytywnym wynikiem próby Tollensa jest obecność ceglastoczerwonego osadu w mieszaninie reakcyjnej, natomiast próby Trommera – lustro srebrne.

4. Cukry złożone – disacharydy i polisacharydy

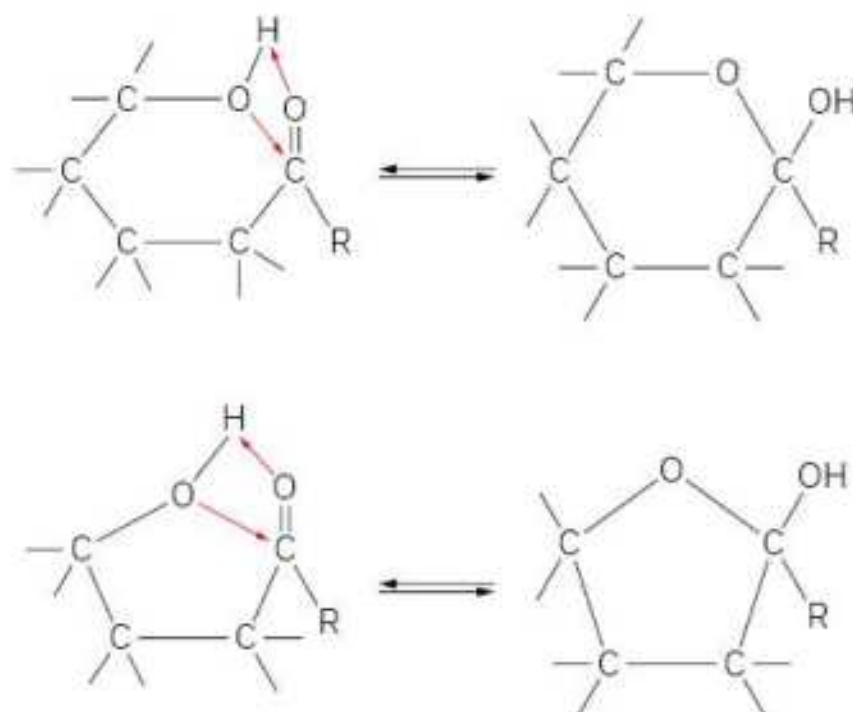
NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak tworzą się układy pierścieniowe monosacharydów – jednostek budujących di- i polisacharydy;
- jak są zbudowane di- i polisacharydy;
- jakie właściwości wykazują di- i polisacharydy.

Disacharydy (dwucukry) są zbudowane z dwóch reszt monosacharydów. Polisacharydy to związki o strukturze polimerycznej, złożone z merów, które stanowią reszty monosacharydów. Jednostki monosacharydów budujące di- i polisacharydy występują w formie cyklicznej (a nie w łańcuchowej – już poznanej) i są połączone wiązaniem glikozydowym.

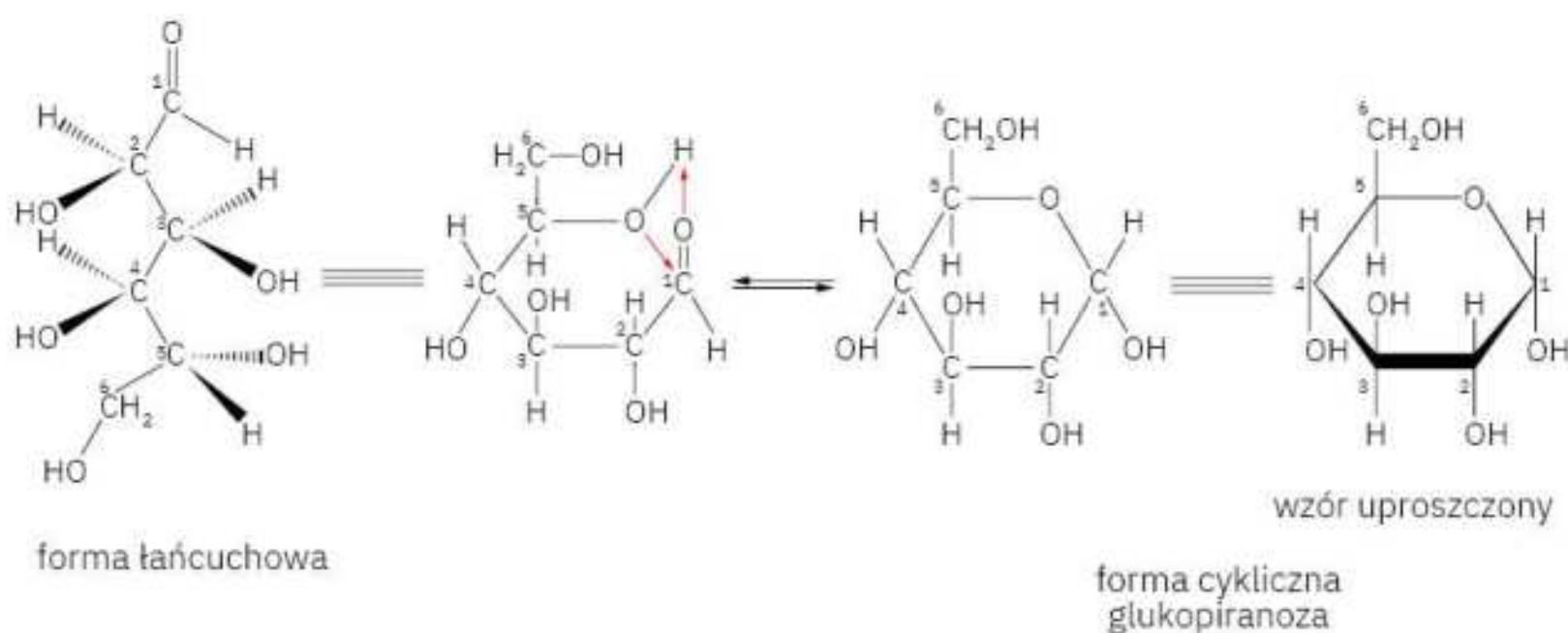
4.1. Układy pierścieniowe monosacharydów

Monosacharydy, poza poznanymi cząsteczkami łańcuchowymi, tworzą także układy pierścieniowe. Zjawisko to wiąże się z wewnątrzcząsteczkową reakcją między grupą karbonylową a hydroksylową. Produktem tej reakcji jest pięcio- lub sześcioczłonowy pierścień z jednym atomem tlenu.



Rys. 19. Zamykanie pierścienia pięcio- i sześcioczłonowego monosacharydów.

W przypadku glukozy układ pierścieniowy tworzy się w wyniku reakcji grupy karbonylowej oraz grupy hydroksylowej związanej z piątym atomem węgla:

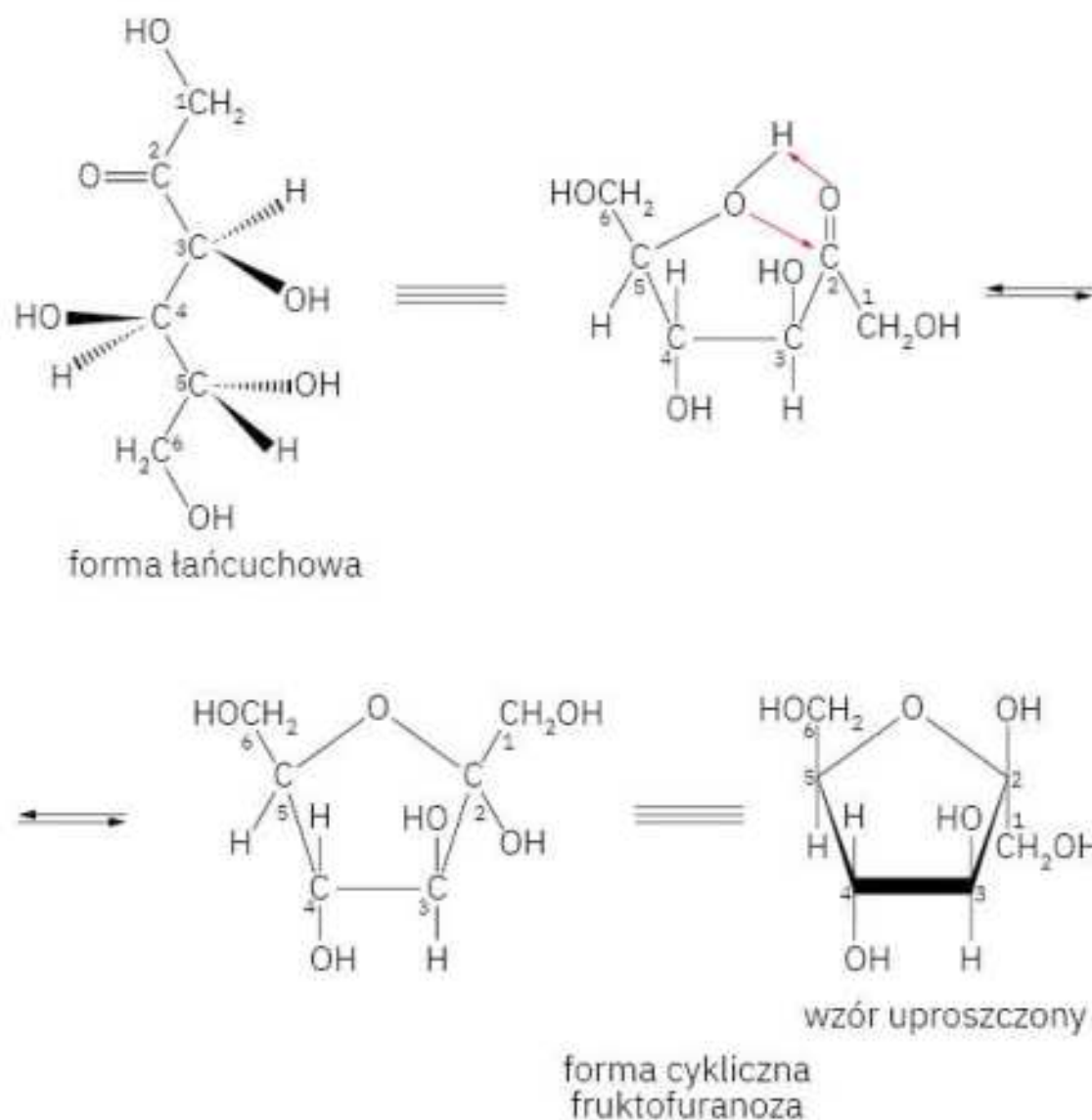


Rys. 20. Powstawanie formy cyklicznej glukozy – glukopiranozy.

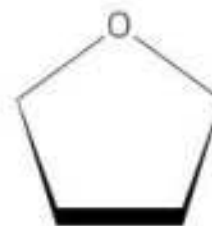
Sześciocząłonowy związek heterocykliczny zawierający tlen nazywa się **piranem**, stąd nazwa cyklicznej glukozy – **glukopiranoza**.

W przypadku glukozy forma cykliczna jest formą trwalszą od łańcuchowej, dlatego przeważa ona w roztworach wodnych. Nawet 95% cząsteczek glukozy występuje w postaci glukopiranozy. Forma cykliczna jest trwalsza także w przypadku innych monosacharydów.

Fruktoza, w której formą dominującą jest również forma cykliczna, tworzy układ pięciocząłonowy:



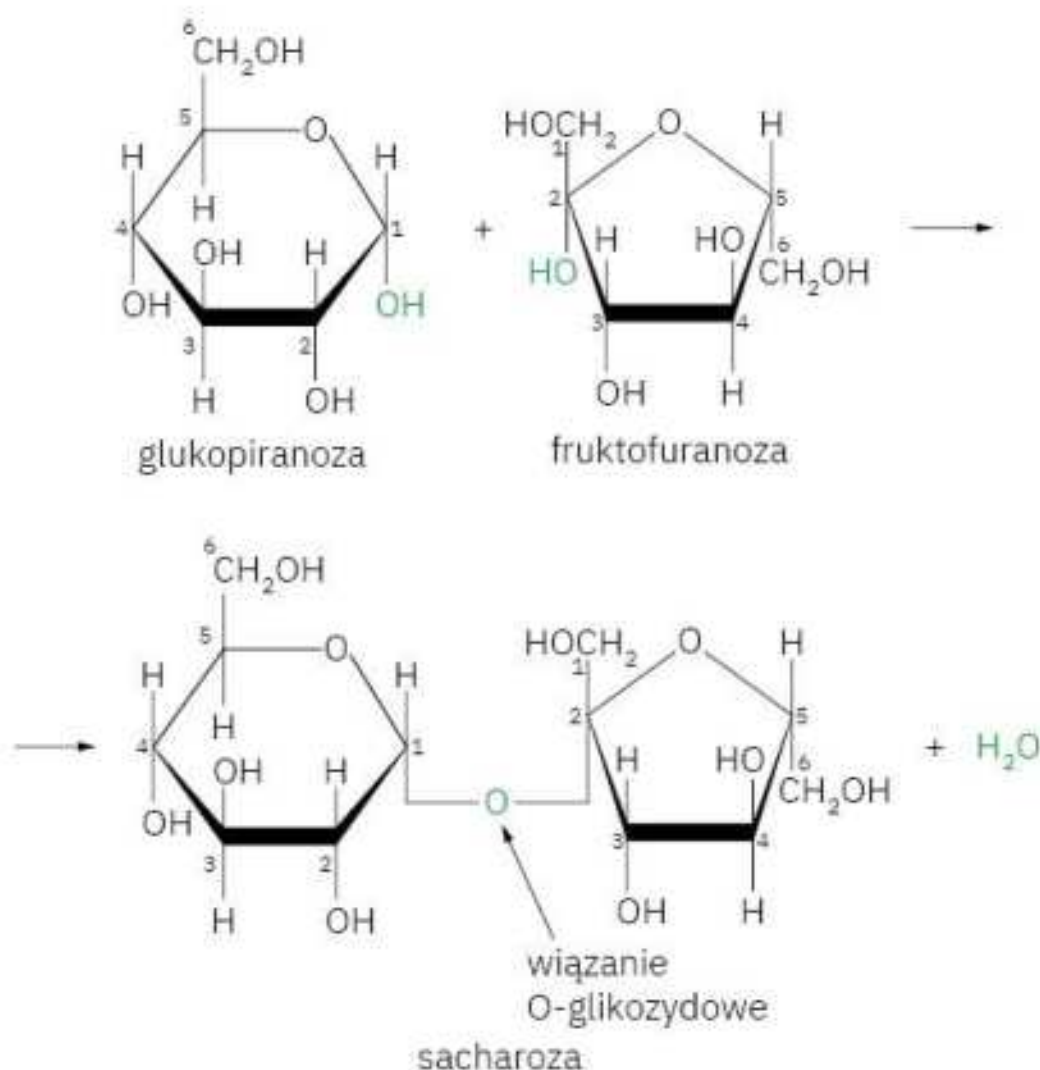
Cykliczna postać fruktozy jest pochodną heterocyklicznego związku furanu (rys. 21) – stąd nazwa formy cyklicznej: **fruktofuranoza**.



Rys. 21. Struktura furanu.

4.2. Budowa disacharydów

W wyniku zamknięcia pierścienia tlen z grupy karbonylowej zostaje przekształcony w grupę hydroksylową, która ma właściwości inne niż pozostałe grupy hydroksylowe obecne w cząsteczce cyklicznego monosacharydu. Dwie nowo powstałe grupy hydroksylowe lub nowo powstała grupa hydroksylowa z inną grupą hydroksylową z dwóch różnych cząsteczek monosacharydów mogą ze sobą reagować, tworząc **wiązanie glikozydowe**. W ten sposób powstają disacharydy. W reakcji glukopiranozy z fruktofuranozą powstaje popularny disacharyd – sacharoza.

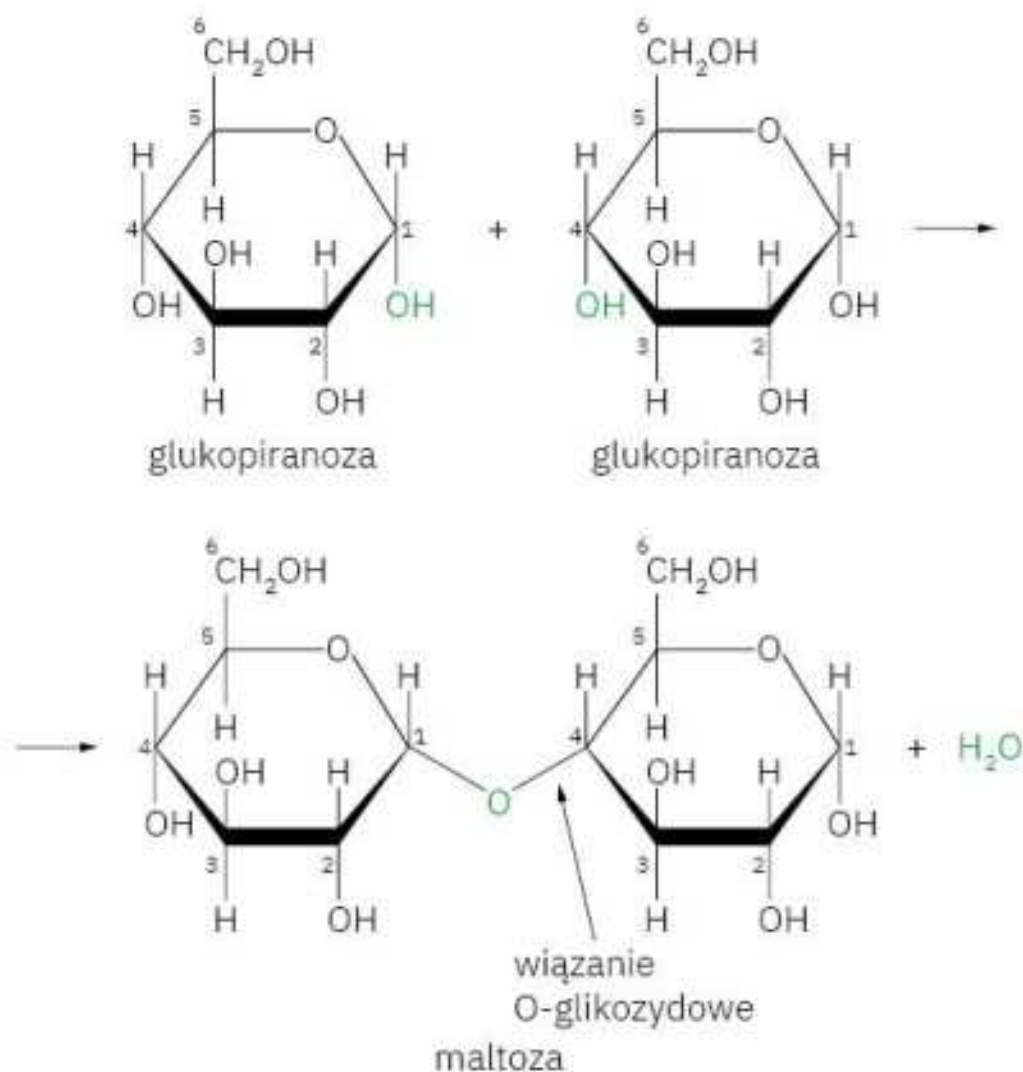


Rys. 22. Reakcja prowadząca do otrzymania disacharydu – sacharozy.

Wiązanie glikozydowe występujące między dwoma jednostkami monosacharydów połączonych przez atom tlenu nazywa się **wiązaniem O-glikozydowym**.

*Ze względu na powstanie wiązania glikozydowego między pierwszym a drugim atomem węgla dwóch cząsteczek monosacharydów wiązanie to nazywa się **1,2-glikozydowym**.

Innym przykładem disacharydu jest maltoza. Powstaje ona w reakcji dwóch cząsteczek glukozy:



Rys. 23. Reakcja prowadząca do otrzymania disacharydu – maltozy.

*Ze względu na powstanie wiązania glikozydowego między pierwszym a czwartym atomem węgla dwóch cząsteczek monosacharydów wiązanie to nazywa się **1,4-glikozydowym**.

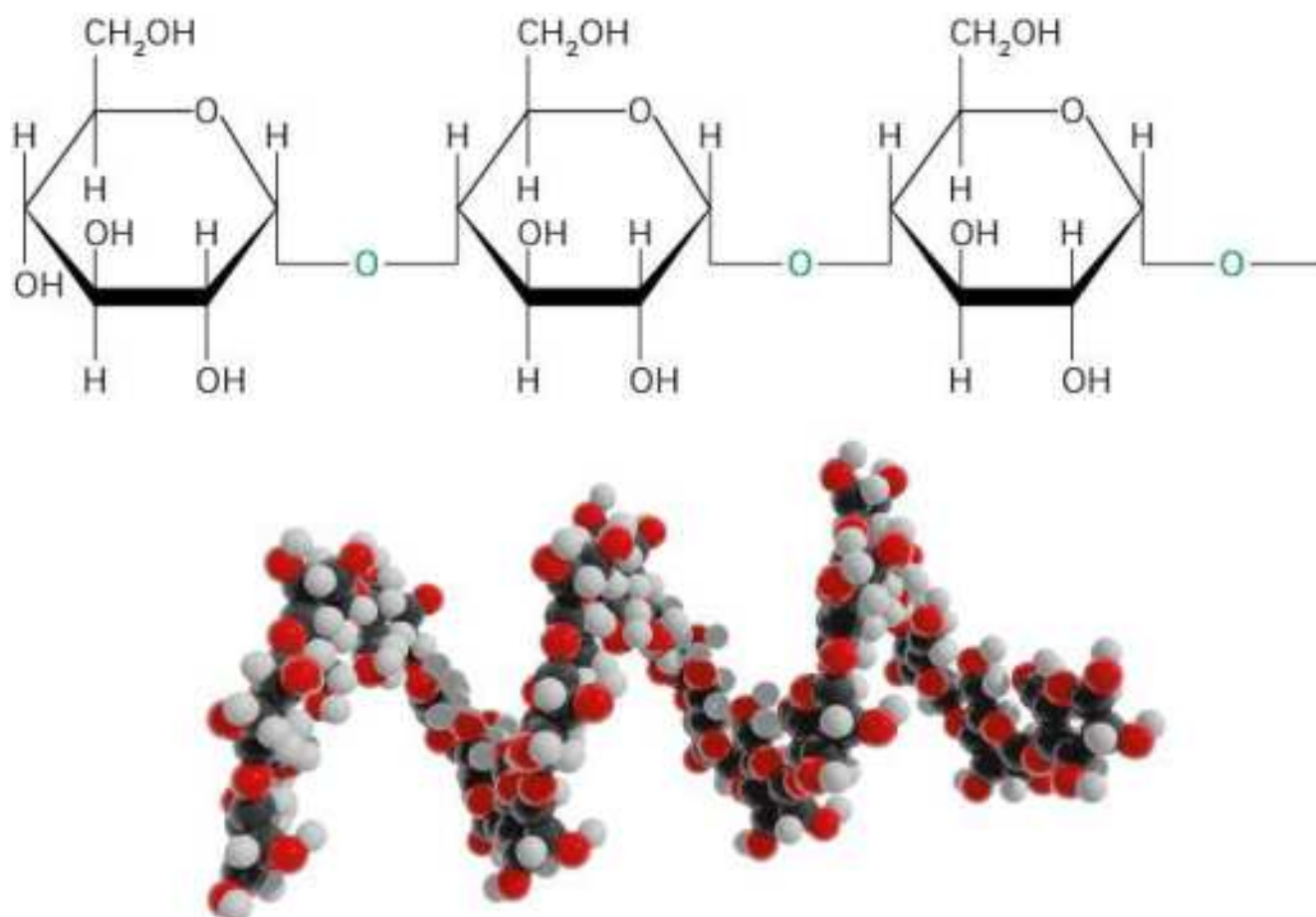
Disacharydy sacharozę i maltozę opisuje ten sam wzór sumaryczny. Różnią się one rozmieszczeniem przestrzennym grup funkcyjnych, są zatem względem siebie izomerami. Przykładów disacharydów o wzorze sumarycznym $C_{12}H_{22}O_{11}$ jest zdecydowanie więcej. Należy do nich np. **laktoza**, zbudowana z cząsteczek glukozy oraz galaktozy (aldoheksosa przetwarzana przez organizm w glukozę), lub **celobioza**, zbudowana z dwóch cząsteczek glukozy, podobnie jak maltoza.

4.3. Budowa polisacharydów

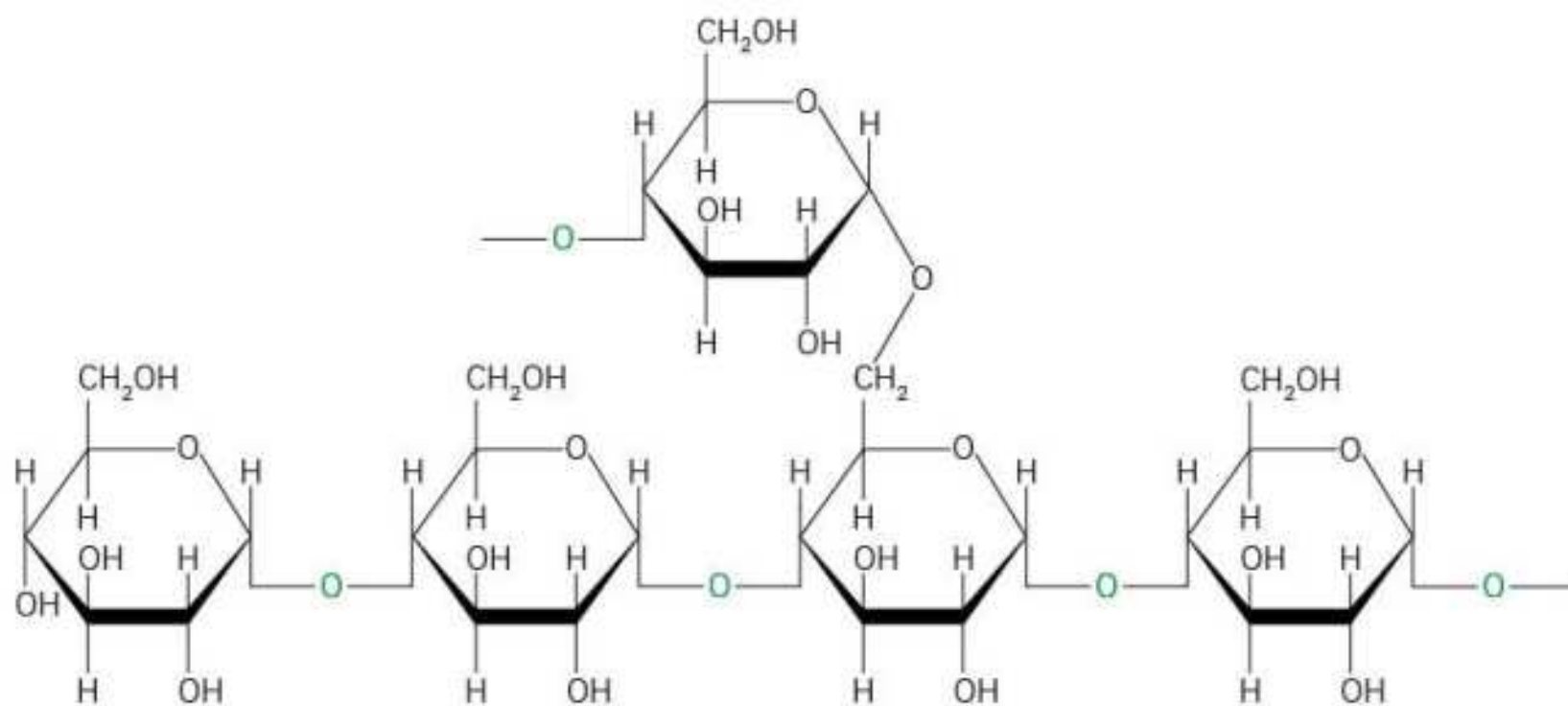
Jednostki monosacharydów w cząsteczkach polisacharydów są połączone wiązaniem O-glikozydowym. Jednymi z najważniejszych polisacharydów są **skrobia** oraz **celobioza** składające się wyłącznie z cząsteczek glukozy połączonych wiązaniem glikozydowym. Celuloza jest najbardziej rozpowszechnioną formą glukozy na Ziemi.

Cząsteczkę skrobi budują dwa polisacharydy: **amyloza** oraz **amylopektyna**. Ich udział nie jest jednakowy. Amylopektyny, którą charakteryzuje rozgałęziona

struktura łańcuchów, jest cztery razy więcej niż amylozy, która ma budowę liniową (rys. 24, 25).

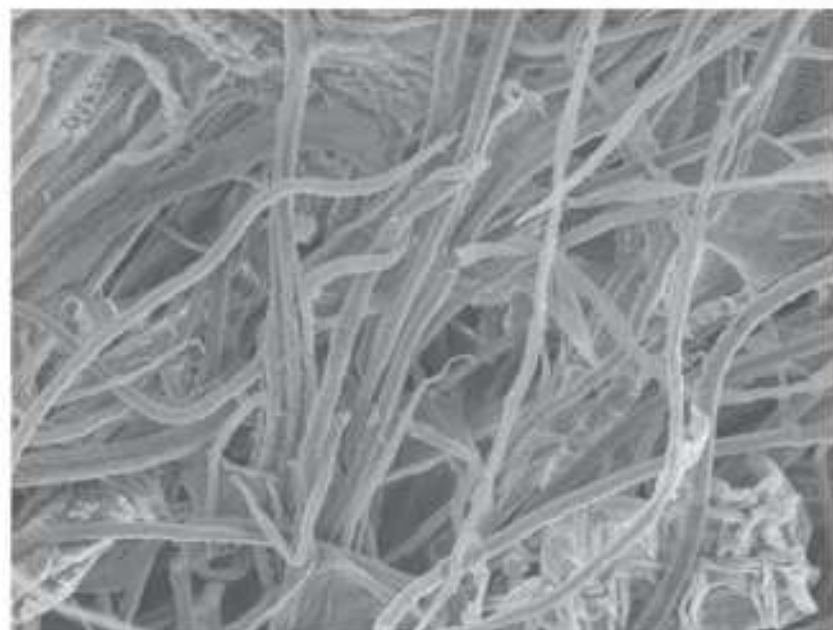
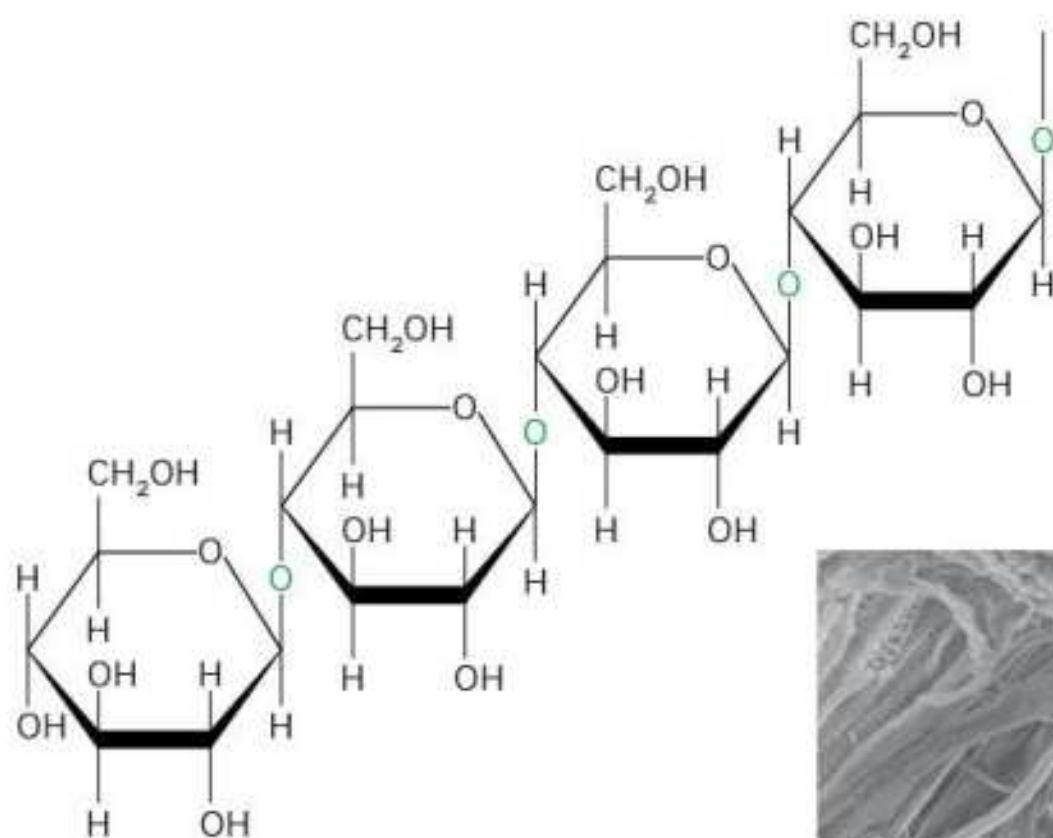


Rys. 24. Fragment cząsteczki polisacharydu – amylozy (powyżej) oraz jej kulowy model przestrzenny (poniżej).



Rys. 25. Fragment cząsteczki polisacharydu – amylopektyny.

Cząsteczka celulozy jest zbudowana z liniowo ułożonych długich łańcuchów składających się z podjednostek glukozowych inaczej ułożonych w przestrzeni niż w przypadku skrobi. Liczba takich podjednostek w cząsteczce zależy od pochodzenia celulozy i wynosi od kilku do kilkunastu tysięcy.



Rys. 26. Fragment cząsteczki celulozy (po lewej) oraz obraz włókien celulozowych zarejestrowanych z użyciem mikroskopu.

4.4. Właściwości disacharydów

Doświadczenie 1.

Badanie właściwości sacharozy

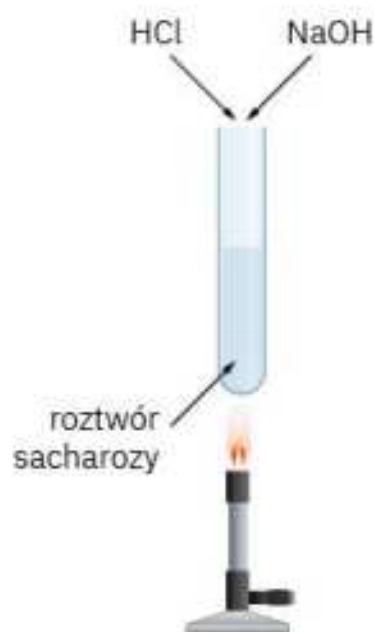
Opis:

a) Określ stan skupienia i barwę niewielkiej ilości sacharozy. Sprawdź jej rozpuszczalność w wodzie, a także odczyn wodnego roztworu sacharozy.

b) Zbadaj właściwości redukujące sacharozy. W tym celu wykonaj próbę Tollensa lub Trommera (III.3.5.).

c) Zbadaj właściwości redukujące produktów hydrolizy sacharozy. Wlej do probówki ok. 5 cm³ roztworu sacharozy oraz 3 cm³ jednomolowego (1M) kwasu solnego. Ogrzej probówkę. Po kilku minutach zawartość probówki zobojętnij zasadą sodową, a następnie wykonaj próbę Tollensa lub próbę Trommera.



Schemat:**Obserwacje:**

Po zmieszaniu reagentów nie obserwuje się zmian.

W wyniku próby Tollensa powstało lustro srebrowe. W wyniku próby Trommera w probówce powstał ceglastoczerwony osad.

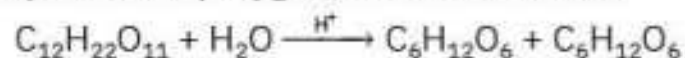
Wnioski:

a) Sacharoza to białe ciało stałe, bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie. Odczyn roztworu wodnego sacharozy jest obojętny.

b) Sacharoza nie wykazuje właściwości redukujących.

c) W wodzie w środowisku kwasowym w wyniku ogrzewania sacharoza ulega reakcji hydrolizy. Powstające produkty wykazują właściwości redukujące.

Analiza budowy sacharozy oraz wynik doświadczenia wskazują, że produktami reakcji hydrolizy sacharozy są glukoza oraz fruktoza:

**Doświadczenie 2.****Badanie właściwości maltozy****Opis:**

Sprawdź właściwości redukujące maltozy. W tym celu wykonaj próbę Tollensa lub próbę Trommera (III.3.5.).

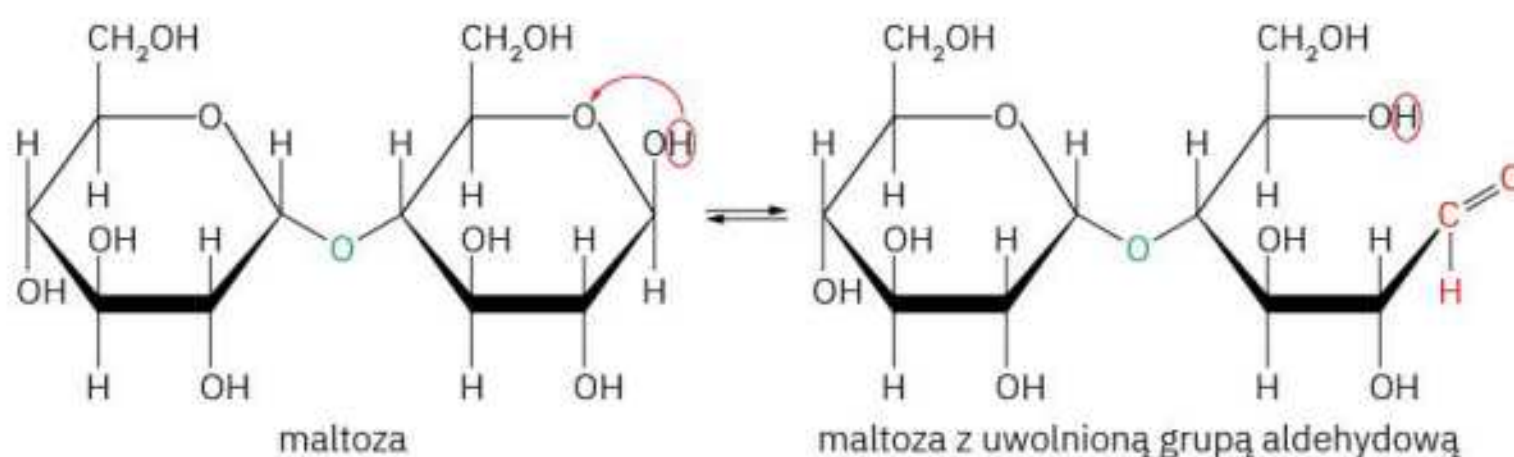
Obserwacje:

W wyniku próby Tollensa powstało lustro srebrowe./W wyniku próby Trommera w probówce powstał ceglastoczerwony osad.

Wnioski:

Maltoza wykazuje właściwości redukujące.

Redukujące właściwości maltozy wynikają z możliwości otwierania się jednego z pierścieni budujących jej cząsteczkę. Otwarcie pierścienia skutkuje powstaniem grupy aldehydowej, która wykazuje właściwości redukujące.



4.5. Właściwości polisacharydów

Wszystkie polisacharydy są cukrami niewykazującymi właściwości redukujących. Do ewentualnego otwarcia pierścienia i powstania grupy aldehydowej może dojść jedynie w jednostkach znajdujących się na skraju długiego łańcucha. Jednak liczba tych jednostek jest nieznacząca w porównaniu do reszty jednostek cukrowych. Z tego powodu jednostki na skraju łańcucha nie wpływają na właściwości związku.

Ćwiczenie

1. Przeanalizuj strukturę chemiczną celulozy i skrobi. Wyjaśnij, dlaczego próby Tolensa oraz Trommera, jakim poddaje się polisacharydy, mają negatywny wynik.

Doświadczenie 3.

Reakcja charakterystyczna skrobi

Opis:

- a) Określ stan skupienia i barwę niewielkiej ilości skrobi. Sprawdź jej rozpuszczalność w wodzie.
- b) Do zlewki wsyp skrobię oraz wlej wodę. Ogrzej zlewkę, mieszając jej zawartość bagietką do uzyskania kleiku skrobiowego. Do ostudzonego kleiku dodaj kilka kropel jodyny (roztworu jodu w etanolu).

Schemat:



Obserwacje:

b) W trakcie ogrzewania mieszanina skrobi i wody gęstnieje. Po miejscowym dodaniu jodyny pojawia się ciemnogrnatowe zabarwienie.

**Wnioski:**

Skrobia jest białym, bezpostaciowym ciałem stałym. Nie rozpuszcza się w zimnej wodzie, jednak po ogrzaniu pęcznieje. Skrobia z jodem tworzy barwne związki.

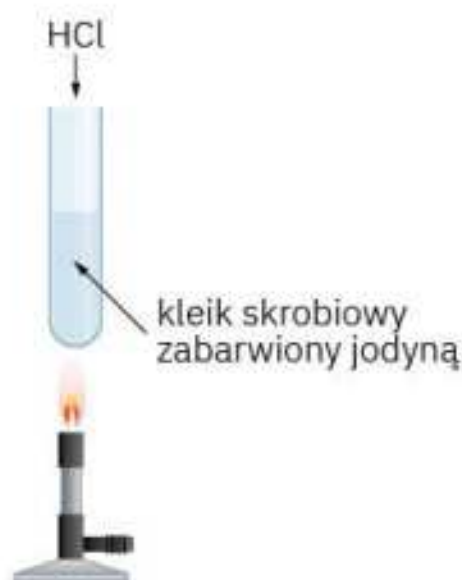
Ciemnogrnatowe zabarwienie jest wynikiem powstania związków kompleksowych tworzących się na skutek lokowania się dodawanego jodu wewnątrz spiralnie skręconego łańcucha amylozy (polisacharydu budującego skrobię). Tę reakcję nazywa się **próbą jodoskrobiową**. Jest ona niezwykle czuła, dlatego też stosuje się ją do wykrywania skrobi w artykułach spożywczych.



Rys. 27. Obecność skrobi w ziemniakach i proszku budyniowym potwierdza próba jodoskrobiowa.

Doświadczenie 4.**Badanie właściwości skrobi****Opis:**

W probówce umieść niewielką ilość kleiku skrobiowego (ok. 2 cm³) zabarwionego niewielką ilością jodyny i dodaj 2 cm³ kwasu solnego. Zawartość probówki wymieszaj bagietką oraz ogrzej probówkę.

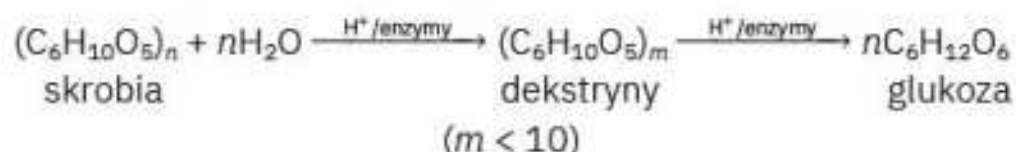
Schemat:**Obserwacje:**

W trakcie ogrzewania granatowe zabarwienie zanika.

Wnioski:

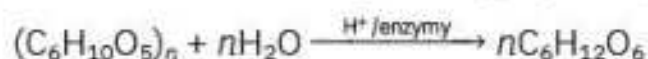
Podczas ogrzewania roztworu skrobi w środowisku kwasowym zachodzi reakcja hydrolizy prowadząca do rozerwania części wiązań występujących między podjednostkami glukozy.

Reakcja hydrolizy skrobi, czyli rozrywanie wiązań O-glikozydowych, zachodzi w obecności kwasów lub też enzymów (amylazy hydrolizującej wiązania glikozydowe w amylozie) i jest procesem złożonym z kilku etapów. Skrobia nie ulega od razu całkowitemu rozpadowi z uwolnieniem cząsteczek glukozy. Produktem pośrednim tej reakcji są dekstryny będące oligosacharydami, których dalsza hydroliza prowadzi do powstania glukozy:



Reakcja ta zachodzi także w organizmach żywych. Ludzie i zwierzęta wykorzystują produkty hydrolizy skrobi jako podstawowy materiał energetyczny.

Celuloza to biała, włóknista substancja, o dużej wytrzymałości mechanicznej. Nie rozpuszcza się w wodzie i również ulega reakcji hydrolizy:



Ten proces, podobnie jak w przypadku skrobi, zachodzi stopniowo. Produktami pośrednimi są oligosacharydy, które rozpadają się, tworząc disacharyd (celobiozę). Dalsza hydroliza prowadzi do powstania glukozy.

Choć skrobia i celuloza są zbudowane z tych samych podjednostek monosacharydowych (glukozy), różnice w ich budowie decydują o różnych właściwościach tych związków. Zarówno skrobia, jak i celuloza ulegają hydrolizie w warunkach kwasowych, jednak organizmy zwierząt oraz ludzi nie mają odpowiednich enzymów hydrolizujących wiązania glikozydowe występujące w celulozie. Dlatego też te organizmy nie są w stanie jej strawić. Wyjątek stanowią przeżuwacze, np. krowy, kozy czy owce. U tych zwierząt za trawienie celulozy odpowiadają zasiedlające je mikroorganizmy mające enzymy hydrolizujące ten związek.



Rys. 28. Przeżuwacze, w przeciwieństwie do ludzi, mają enzymy hydrolizujące wiązanie glikozydowe w celulozie.

4.6. Zastosowanie skrobi oraz celulozy

Skrobia jest wykorzystywana w przemyśle spożywczym. Skrobię ziemniaczaną (wyizolowaną z ziemniaków) stosuje się do wypieków, zagęszczania zup oraz sosów, przyrządzania deserów (kisiele, budynie) oraz do produkcji makaronów.

W przemyśle włókienniczym skrobi używa się do uszlachetniania tkanin i do krochmalenia, a w przemyśle farmaceutycznym – do produkcji leków. Skrobię stosuje się też do produkcji klejów.



Rys. 29. Przykładowe źródła skrobi w diecie.

Celuloza jest wykorzystywana głównie w przemyśle kosmetycznym do produkcji waty, płatków kosmetycznych czy chusteczek higienicznych. Stosuje się ją również w przemyśle papierniczym oraz włókienniczym. Ze względu na niską wrażliwość na wilgoć i promieniowanie UV oraz hipoalergiczną celuloza jest używana także do produkcji nici chirurgicznych, opatrunków oraz innych materiałów medycznych. Ponadto stanowi składnik leków i suplementów diety.

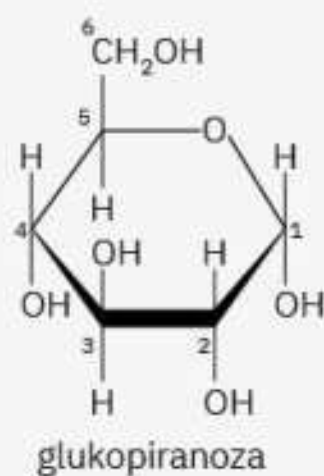


Rys. 30. Zastosowanie celulozy.

PODSUMOWANIE LEKCJI

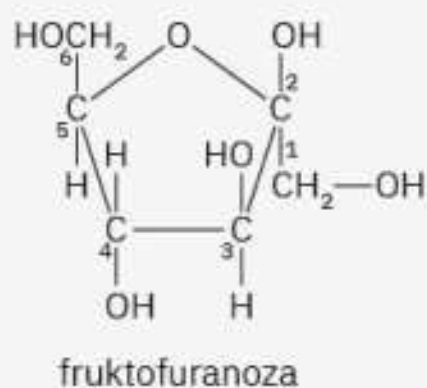
- **Glukopiranoza** – forma cykliczna glukozy.

s. 303

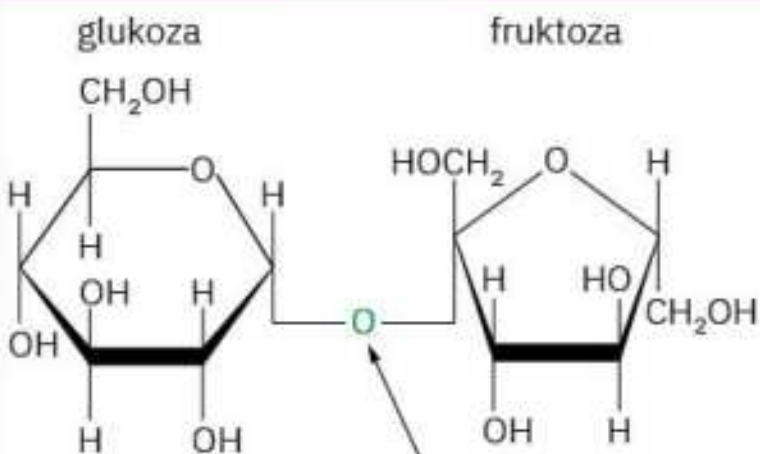
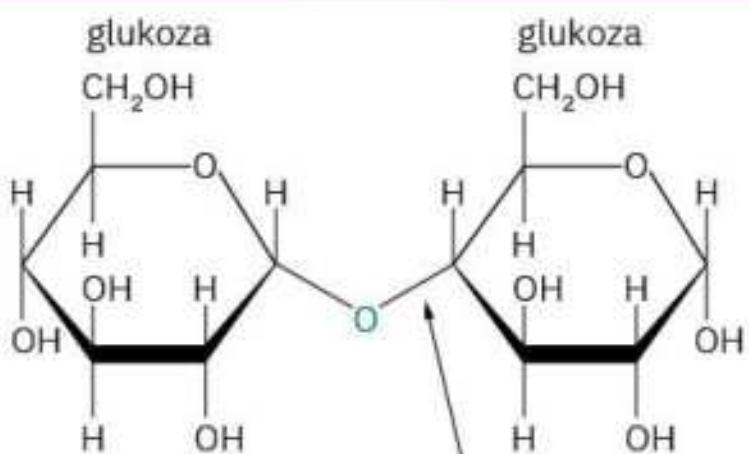


- **Fruktofuranoza** – forma cykliczna fruktozy.

s. 303

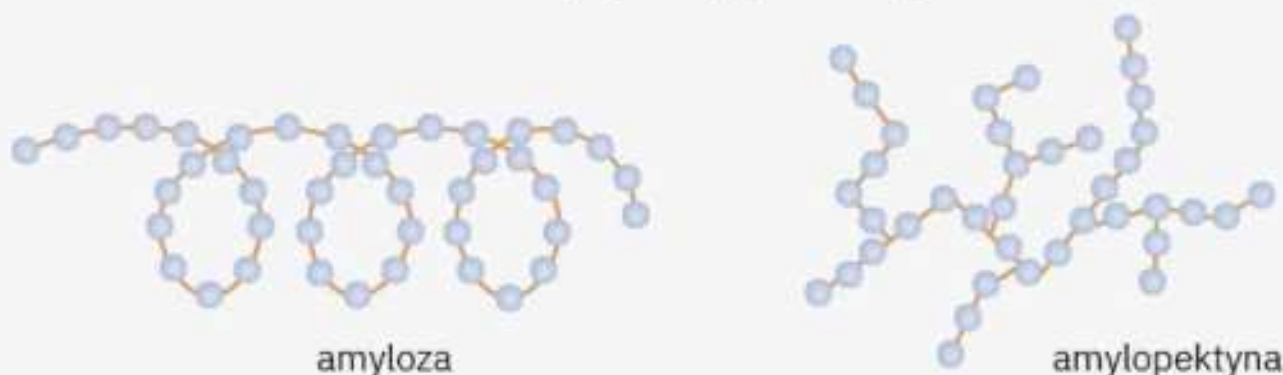


s. 304 • **Disacharydy** – dwa monosacharydy połączone wiązaniem O-glikozydowym.

Sacharoza	Maltoza
 glukoza fruktoza wiązanie O-glikozydowe sacharoza	 glukoza glukoza wiązanie O-glikozydowe maltoza
Nie ma właściwości redukujących.	Ma właściwości redukujące, ponieważ w wyniku otwierania pierścienia powstaje grupa aldehydowa.
Ulega reakcji hydrolizy: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ sacharoza glukoza fruktoza	Ulega reakcji hydrolizy: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ maltoza glukoza glukoza
Produkty reakcji hydrolizy wykazują właściwości redukujące.	

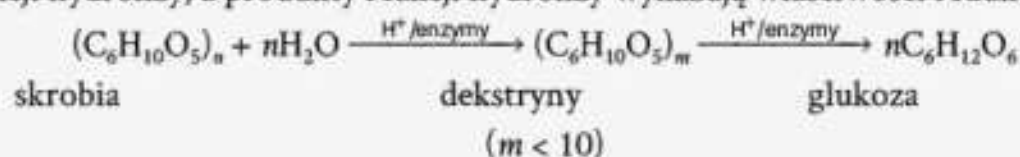
s. 305 • **Polisacharydy** – nawet kilkanaście tysięcy monosacharydów połączonych wiązaniem O-glikozydowym.

Polisacharydy budujące skrobię



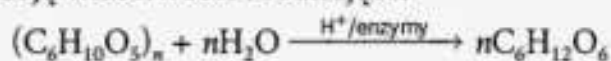
s. 310 • Skrobia:

- w reakcji z roztworami jodu tworzy granatowe związki kompleksowe – jest to reakcja charakterystyczna pozwalająca na wykrycie bardzo niewielkich ilości skrobi;
- nie wykazuje właściwości redukujących;
- ulega reakcji hydrolizy, a produkty reakcji hydrolizy wykazują właściwości redukujące.

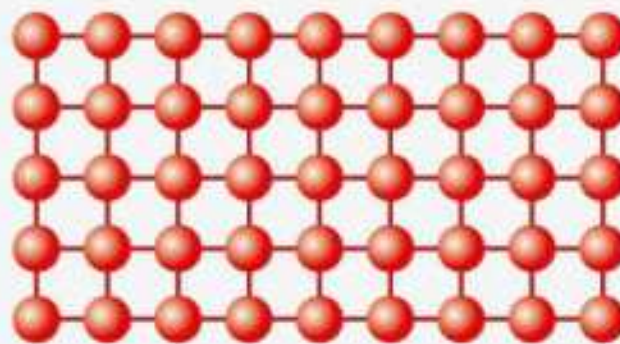


• Celuloza:

- nie wykazuje właściwości redukujących;
- ulega reakcji hydrolizy, a produkty reakcji hydrolizy wykazują właściwości redukujące:

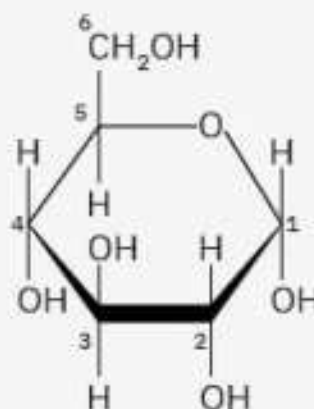
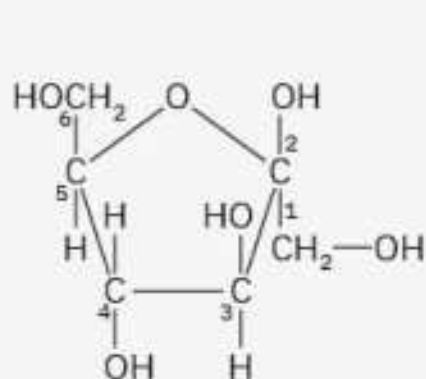


Celuloza

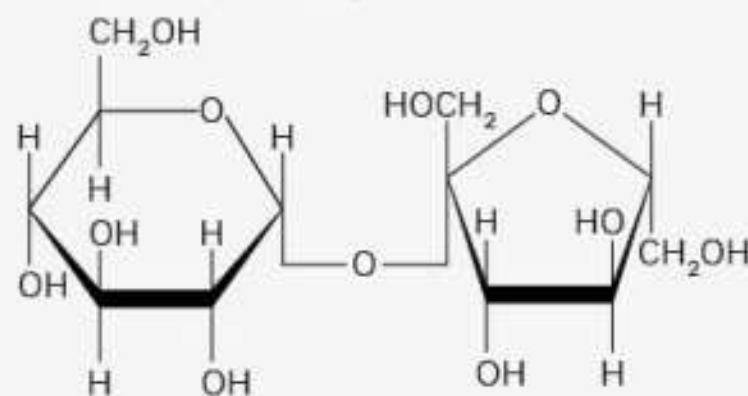
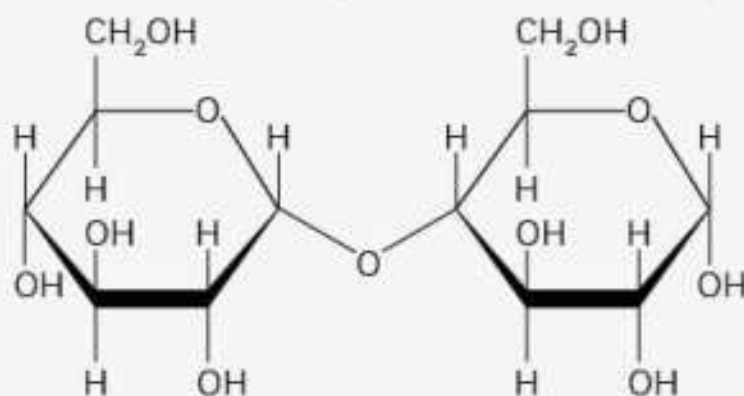


ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przerysuj do zeszytu poniższe cząsteczki i odpowiednio nazwij te związki (glukopiranoza, fruktofuranoza).



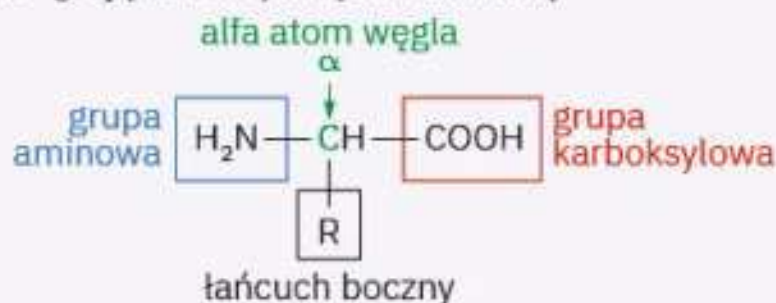
2. Przerysuj do zeszytu poniższe cząsteczki i odpowiednio je nazwij (sacharoza, maltoza). Podpisz właściwymi nazwami podjednostki monosacharydowe oraz zaznacz wiązanie O-glikozydowe.



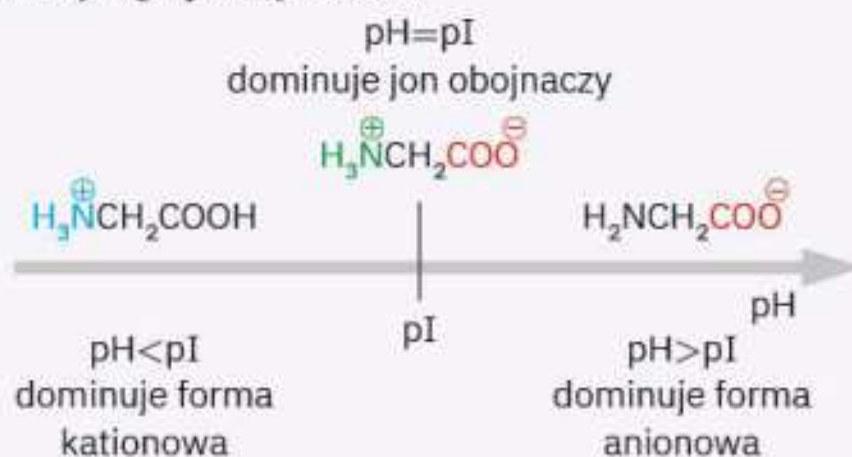
- Porównaj właściwości sacharozy oraz maltozy.
- Wyjaśnij, dlaczego maltoza, w przeciwieństwie do sacharozy, daje pozytywny wynik próby Tollensa oraz próby Trommera.
- Wytłumacz, dlaczego sacharoza ogrzana w zakwaszonym środowisku wodnym wykazuje właściwości redukujące.
- Podaj przykładowe warunki rozrywania wiązania O-glikozydowego.
- Porównaj budowę skrobi i celulozy.
- Napisz w zeszycie uproszczone równania reakcji hydrolizy:
 - sacharozy,
 - maltozy,
 - skrobi,
 - celulozy.
- Zaproponuj i omów metodę wykrywania obecności skrobi w produktach spożywczych.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

- s. 263 • **Aminokwasy** – wielofunkcyjne pochodne węglowodorów zawierające w cząsteczce co najmniej dwie grupy funkcyjne – grupę karboksylową oraz aminową.

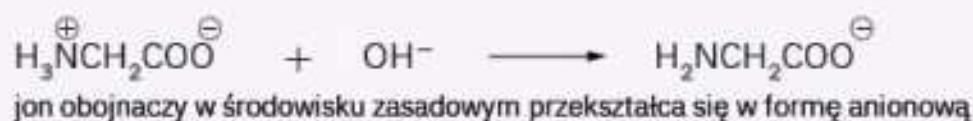
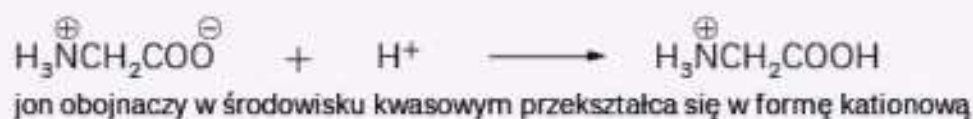


- s. 268 • **Jon obojnaczy** – tzw. sól wewnętrzna, w której cząstki zawierają równą liczbę zjonizowanych przeciwnie naładowanych grup (NH_3^+ ; COO^-).

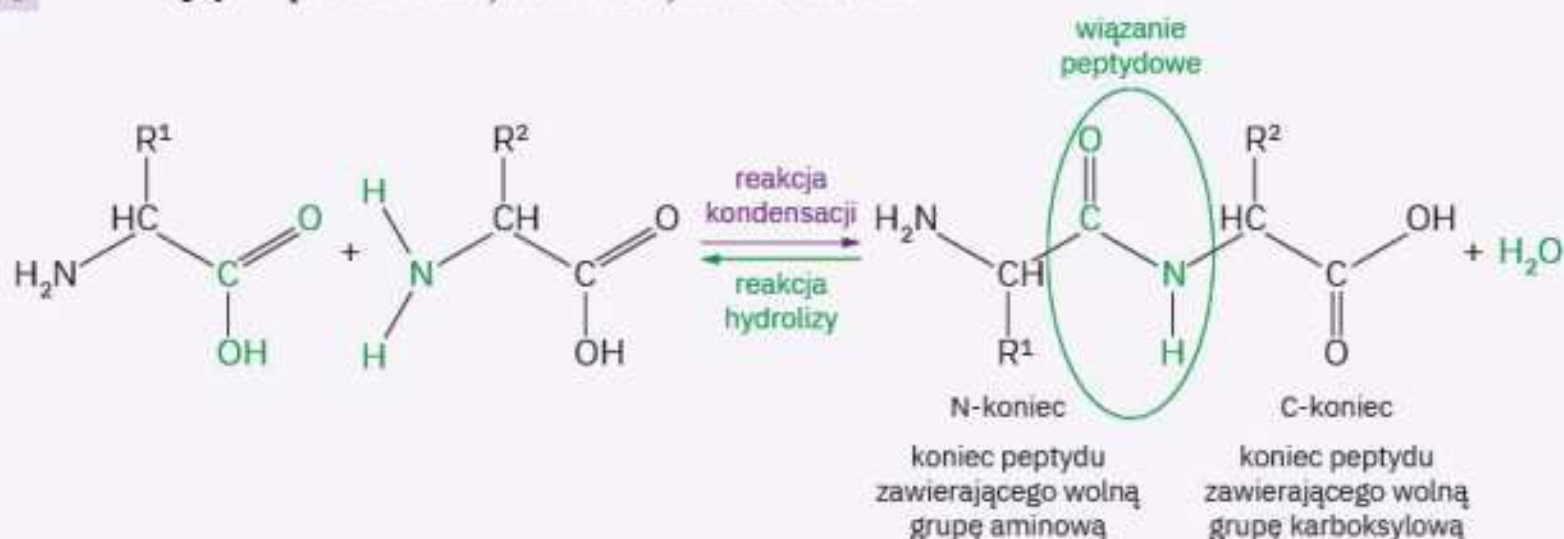


- s. 268 • **Punkt izoelektryczny** – charakterystyczna dla każdego aminokwasu wartość pH, w której dominującą formą jest jon obojnaczy.

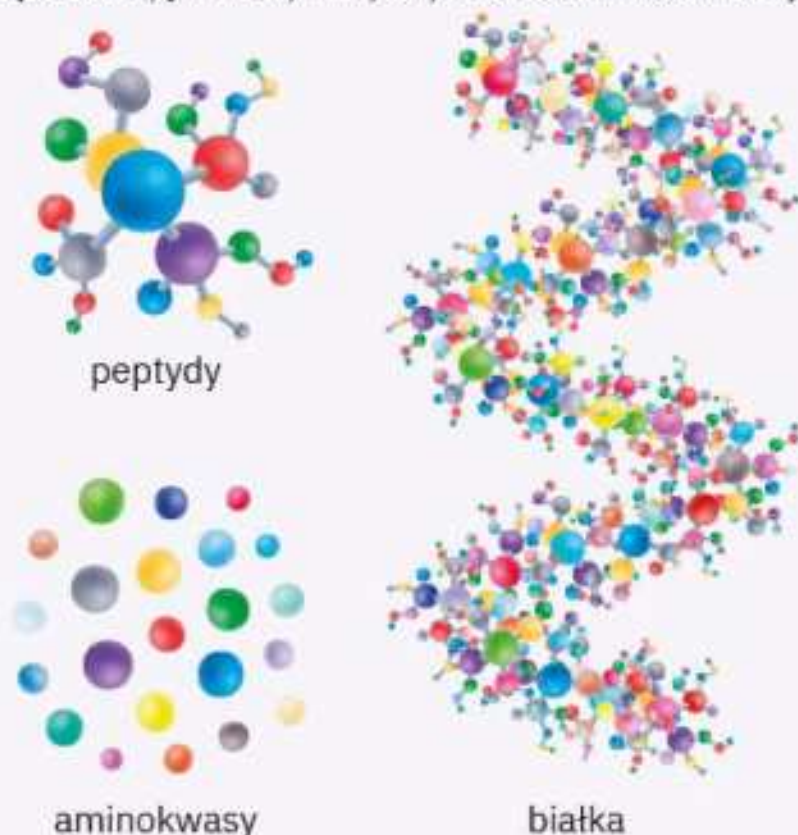
- s. 266 • Aminokwasy wykazują właściwości amfoteryczne, czyli reagują zarówno z kwasami, jak i zasadami.



- s. 271 • **Peptyd** – produkt reakcji kondensacji aminokwasów.



- **Reakcja hydrolizy peptydu** – reakcja odwrotna do reakcji kondensacji, zachodząca pod wpływem wody w obecności enzymów lub w środowisku kwasowym, prowadząca do rozerwania wiązań peptydowych i otrzymania mieszaniny aminokwasów. s. 272
- **Białka** – polipeptydy zawierające co najmniej 50 jednostek aminokwasowych. s. 278



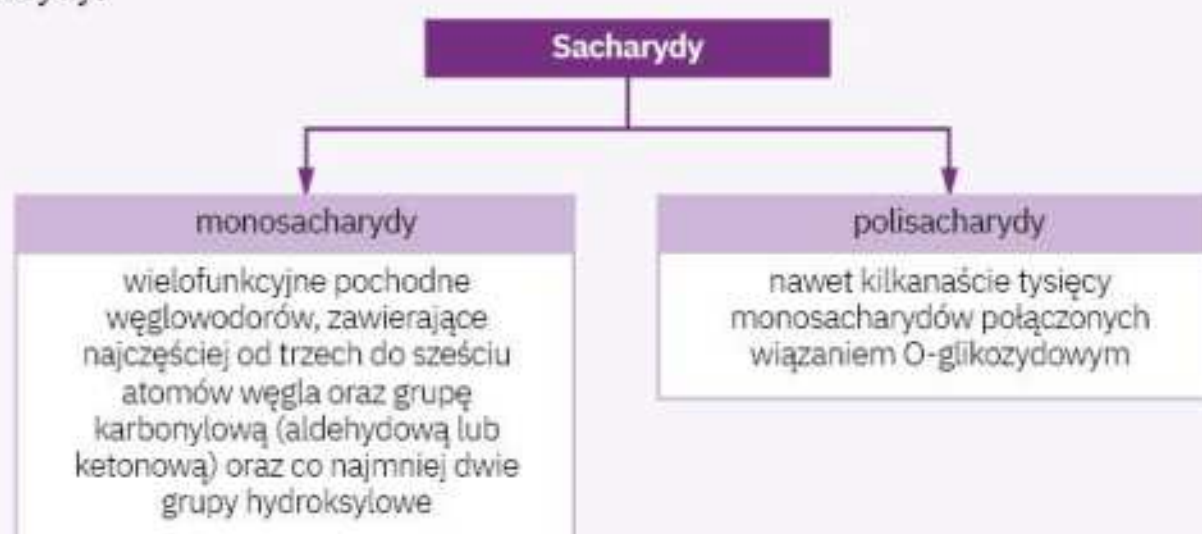
- **Reakcja polikondensacji** – wielokrotnie powtarzana reakcja kondensacji. s. 278

Struktury białek

pierwszorzędowa	drugorzędowa	trzeciorzędowa	czwartorzędowa
sekwencja aminokwasów ↓ określa kolejność występowania konkretnych podjednostek aminokwasowych w peptydzie lub białku	przestrzenne ułożenie łańcucha białkowego		połączenia struktur trzeciorzędowych

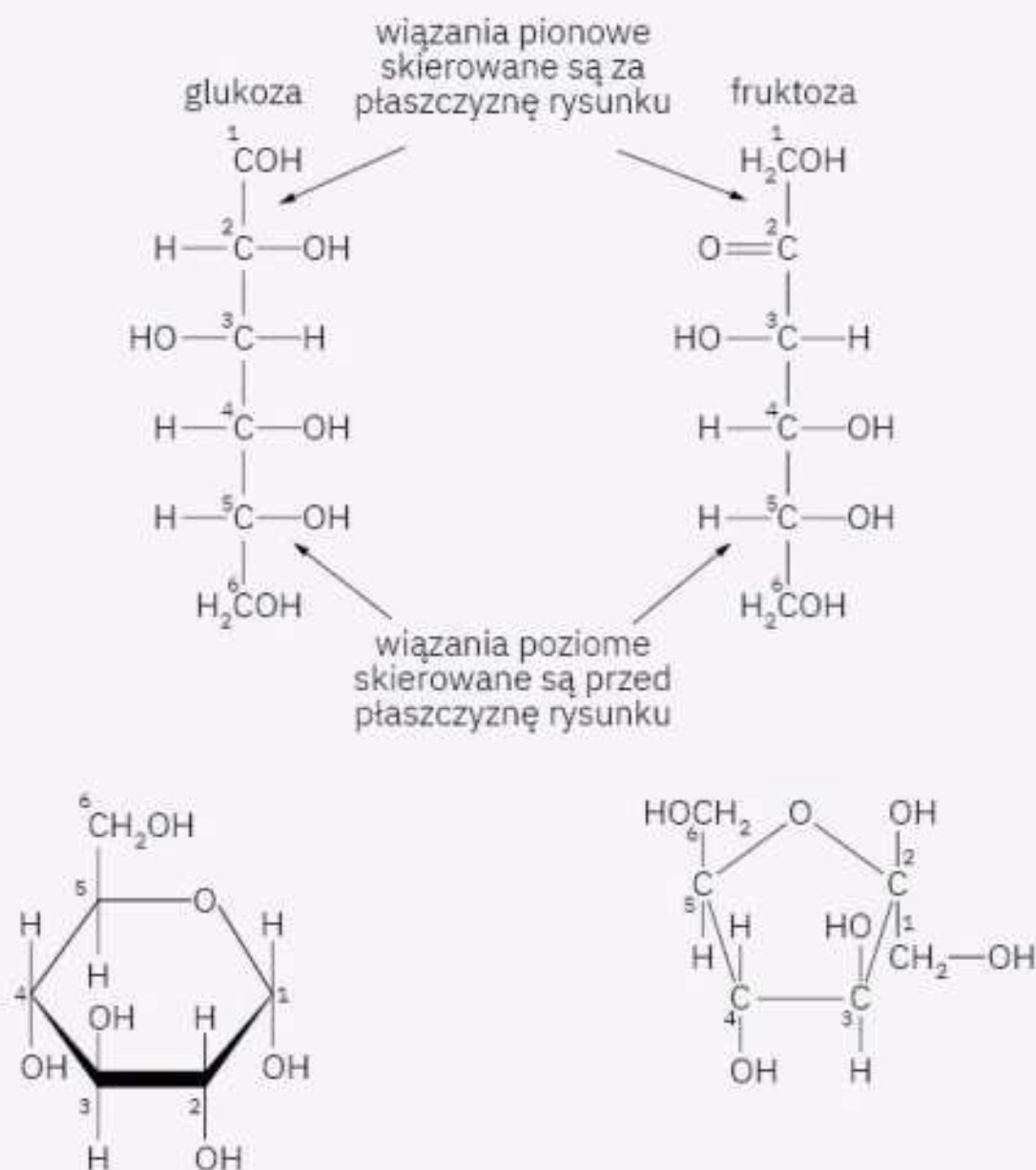
Czynniki stabilizujące	Czynniki stabilizujące	Czynniki stabilizujące	Czynniki stabilizujące
wiązania peptydowe	wiązania wodorowe między atomami tworzącymi wiązanie peptydowe	wiązania wodorowe tworzące się między atomami znajdującymi się w łańcuchach bocznych aminokwasów, oddziaływania jonowe, mostki disulfidowe, oddziaływania międzycząsteczkowe van der Waalsa	oddziaływania międzycząsteczkowe
Czynniki destabilizujące	Czynniki destabilizujące		
enzymy (hydroliza białka)	sole metali ciężkich, etanol, stężone kwasy i zasady, wysoka temperatura (denaturacja)		

- s. 283 • **Denaturacja białka** – proces trwałego odkształcenia struktury przestrzennej białka związany ze zniszczeniem struktur drugo-, trzecio- i czwartorzędowej białka.
- s. 283 • **Wysolenie** – odwracalne strącenie białek następujące w wyniku dodania soli do roztworu wodnego białka. Nie powoduje zniszczenia struktury białek.
- s. 284 • **Próba ksantoproteinowa** – reakcja charakterystyczna dla białek zawierających aminokwasy aromatyczne, które w wyniku działania kwasem azotowym(V) ulegają reakcji nitrowania i zmieniają barwę na żółtą.
- s. 285 • **Próba biuretowa** – reakcja charakterystyczna dla związków zawierających wiązanie peptydowe. Polega na tworzeniu fioletowych związków kompleksowych pod wpływem wodorotlenku miedzi(II).
- s. 289 • **Sacharydy:**

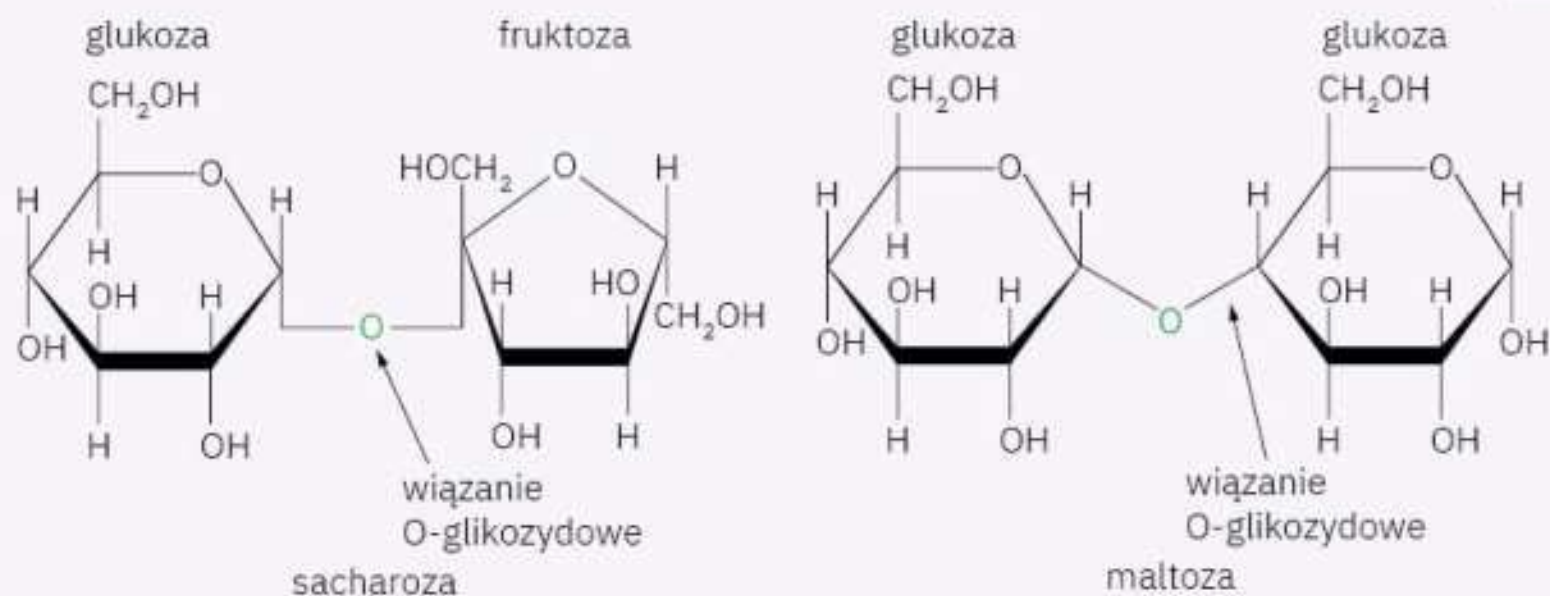


MONOSACHARYDY	
Aldoza – monosacharyd zawierający grupę aldehydową.	Ketoza – monosacharyd zawierający grupę ketonową.
$\text{HO}-\text{CH}_2-\left[\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\right]_n-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$ n=(1,2,3 lub 4) hydroksyaldehydy ALDOZA	$\text{HO}-\text{CH}_2-\left[\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\right]_n-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{OH}$ n=(0,1,2 lub 3) hydroksyketony KETOZA
triozy – zawierają trzy atomy węgla	aldotriozy
tetrozy – zawierają cztery atomy węgla	ketotriozy
	aldotetrozy
	ketotetrozy
pentozy – zawierają pięć atomów węgla	aldopentozy
	ketopentozy
heksozy – zawierają sześć atomów węgla	aldoheksozy
	ketoheksozy

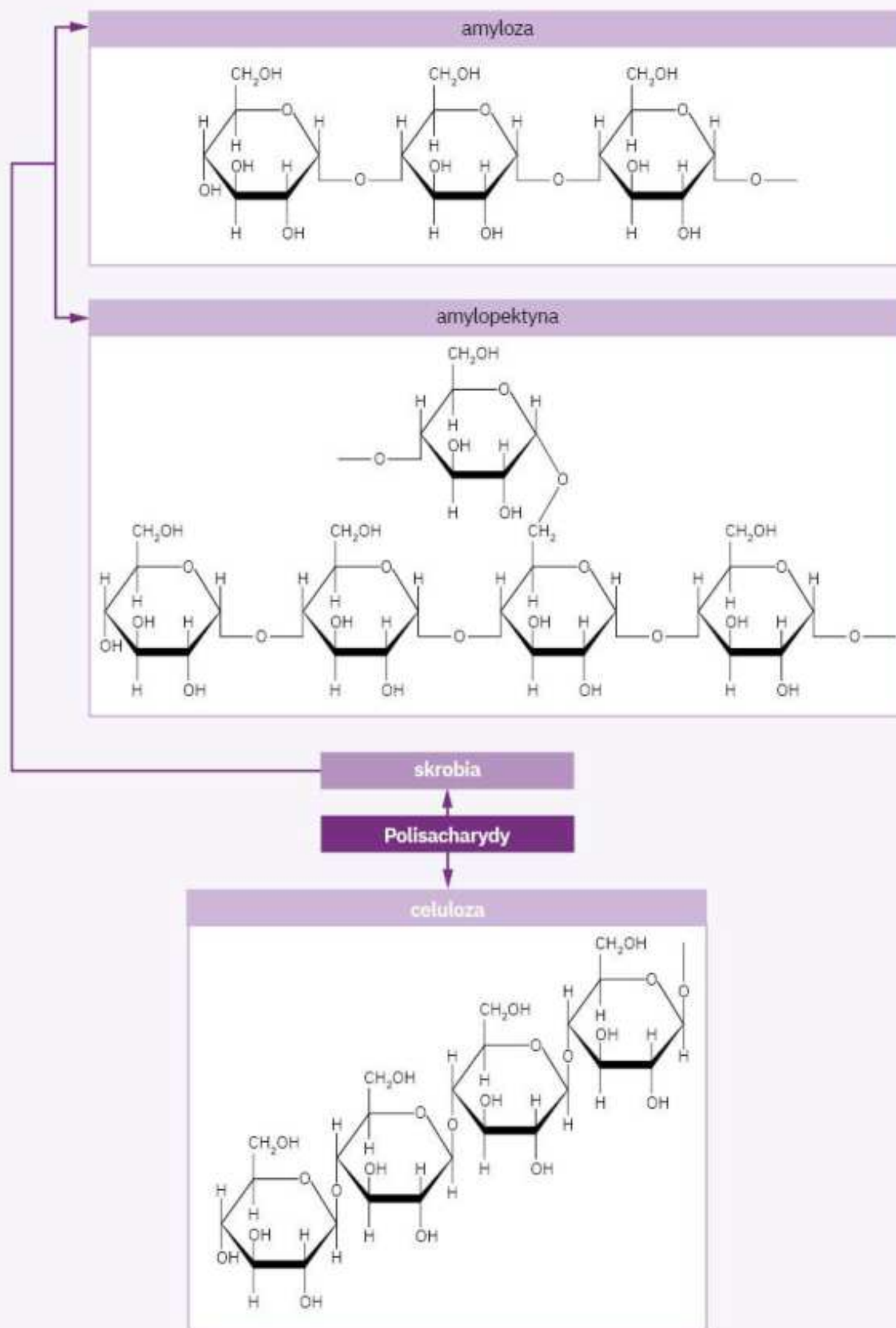
- **Asymetryczny atom węgla** – atom węgla mający cztery różne podstawniki. s. 291
- **Izomeria optyczna** – zjawisko występowania cząsteczek związków chemicznych w dwóch różnych konfiguracjach przestrzennych podstawników asymetrycznego atomu węgla. s. 291
- **Wzory Fischera:** s. 290



- **Disacharydy:**



s. 305

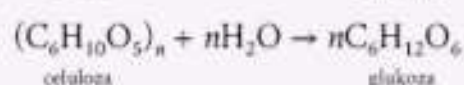
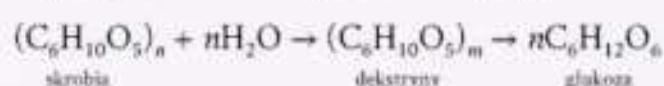
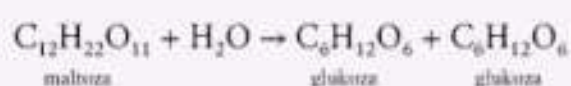
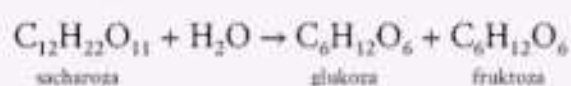


- Właściwości monosacharydów (aldozy – glukozy i ketozy – fruktozy), disacharydów i polisacharydów:

Reakcja	Glukoza	Fruktoza	Sacharoza	Maltoza	Skrobia	Celuloza
Tollensa	+	+	–	+	–	–
Trommera	+	+	–	+	–	–
Fehlinga	+	+	–	+	–	–
odbarwianie wody bromowej w środowisku NaHCO_3	+	–	nd	nd	nd	nd
hydroliza	nd	nd	+	+	+	+
z roztworem jodu	–	–	–	–	+	–

nd – nie dotyczy

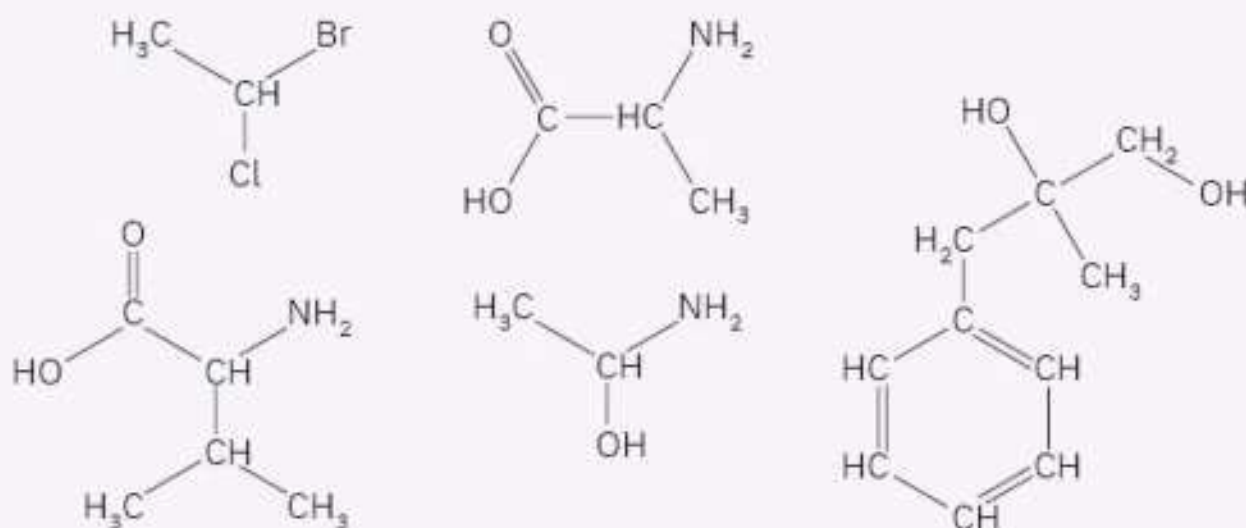
- Reakcja hydrolizy:



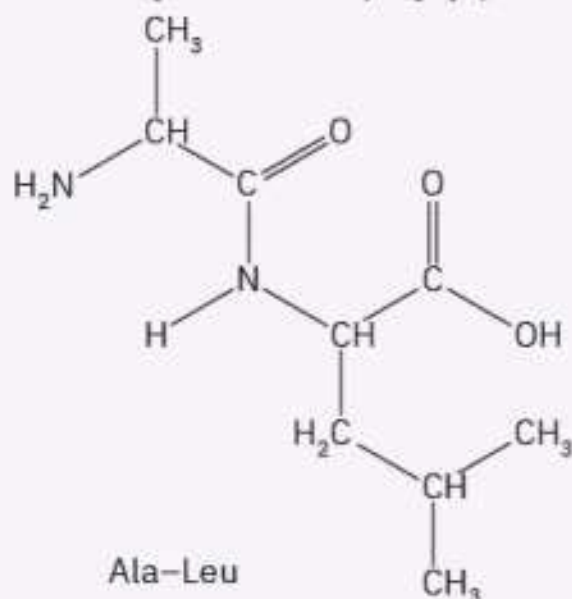
s. 272

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

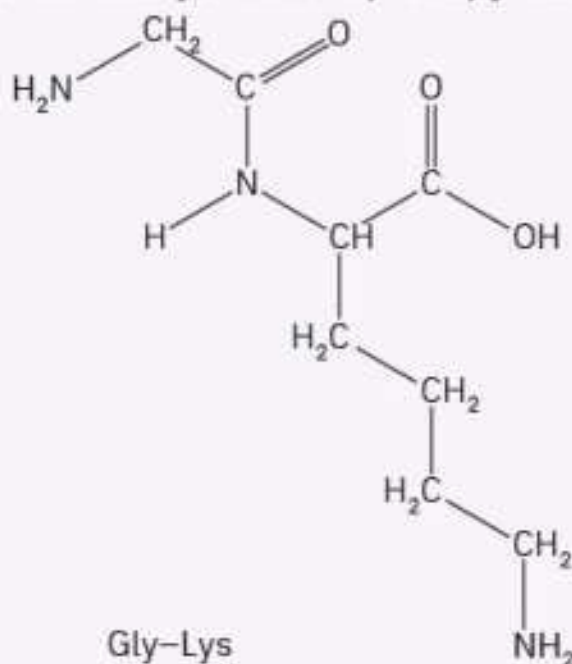
1. Napisz w zeszycie wzór ogólny aminokwasów. Wskaż i nazwij obecne grupy funkcyjne.
2. Narysuj w zeszycie wzór półstrukturalny dowolnego aminokwasu. W strukturze wskaż α -atom węgla i zaznacz łańcuch boczny.
3. Na podstawie odpowiednich równań reakcji wykaż właściwości amfoteryczne aminokwasów.
4. Na dowolnym przykładzie aminokwasu przedstaw, w jaki sposób powstaje jon obojnaczy.
5. Podaj relacje pH do pH na podstawie poniższych informacji:
 - a) w roztworze aminokwasu dominuje jon obojnaczy,
 - b) w roztworze aminokwasu o jego wypadkowym ładunku decyduje forma anionowa,
 - c) w roztworze aminokwasu o jego wypadkowym ładunku decyduje forma kationowa.
6. Wskaż asymetryczny atom węgla w poniższych cząsteczkach:



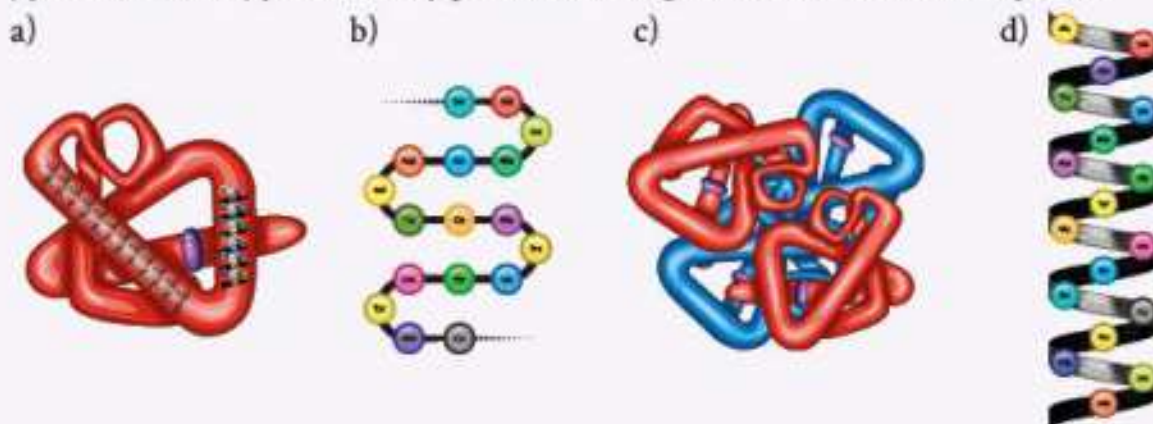
7. Ze struktur z zadania 6. wybierz dwie przedstawiające aminokwasy i napisz w zeszycie reakcję ich kondensacji. W powstałym dipeptydzie zaznacz wiązanie peptydowe oraz N- i C-koniec.
8. Czy jest możliwe, że w wyniku kondensacji dwóch takich samych aminokwasów powstaną dwa różne produkty? Odpowiedź uzasadnij.
9. W wyniku kondensacji dwóch aminokwasów Ala oraz Leu otrzymano poniższy dipeptyd. Na podstawie tej struktury przedstaw wzór półstrukturalny dipeptydu Leu-Ala.



10. Napisz w zeszycie wzory strukturalne produktów hydrolizy poniższego dipeptydu.



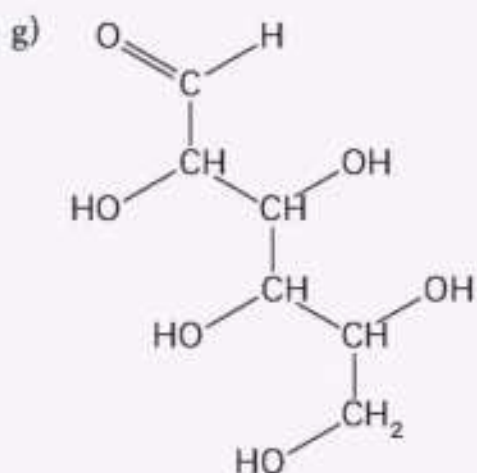
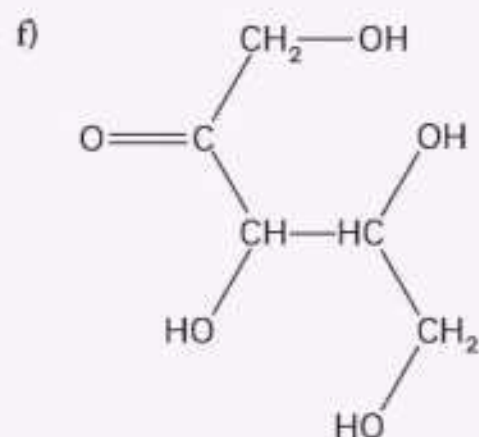
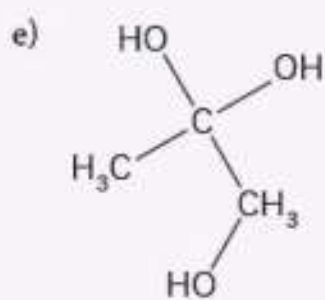
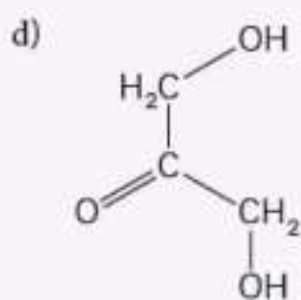
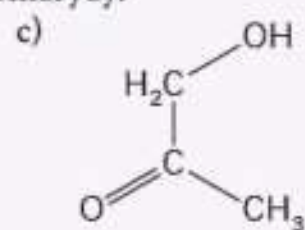
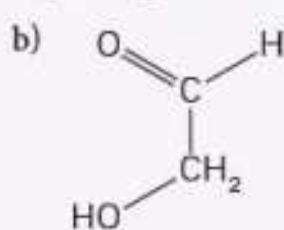
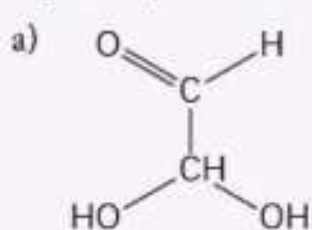
11. Przeanalizuj rysunek i określ rzędowość poniższych struktur białkowych. Podaj czynniki stabilizujące i destabilizujące struktury pierwszo-, drugo-, trzecio- i czwartorzędowe.



12. Spośród poniższych wybierz czynniki stabilizujące odpowiednie struktury białkowe.
- mostki disiarczkowe
 - wiązania wodorowe atomów tworzących wiązanie peptydowe
 - wiązania peptydowe
 - wiązania wodorowe atomów z łańcuchów bocznych
 - oddziaływania van der Waalsa
13. Porównaj proces wysolenia i denaturacji białka.
14. Wymień grupy funkcyjne występujące w sacharydach.
15. Uzupełnij poniższą tabelę w zeszycie.

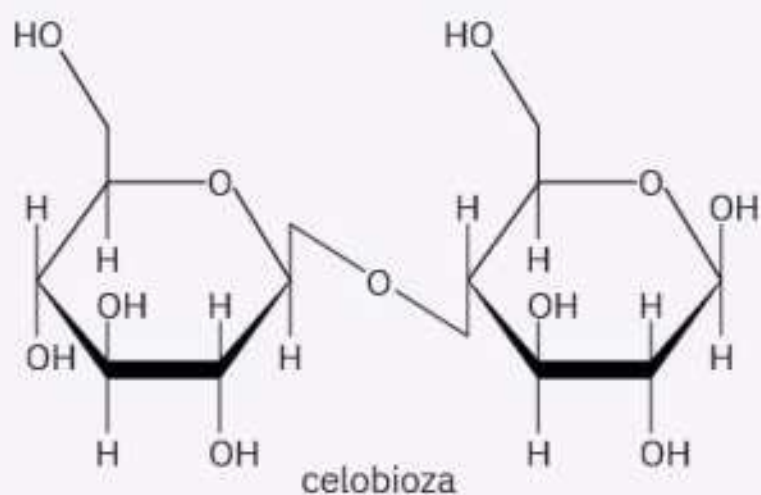
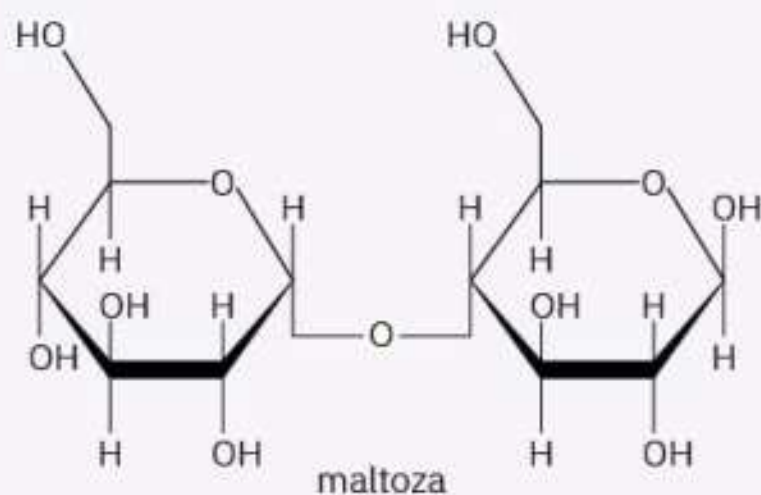
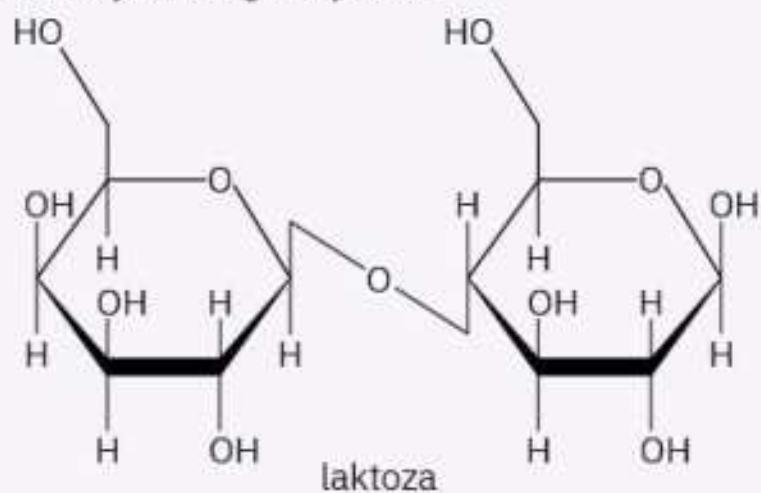
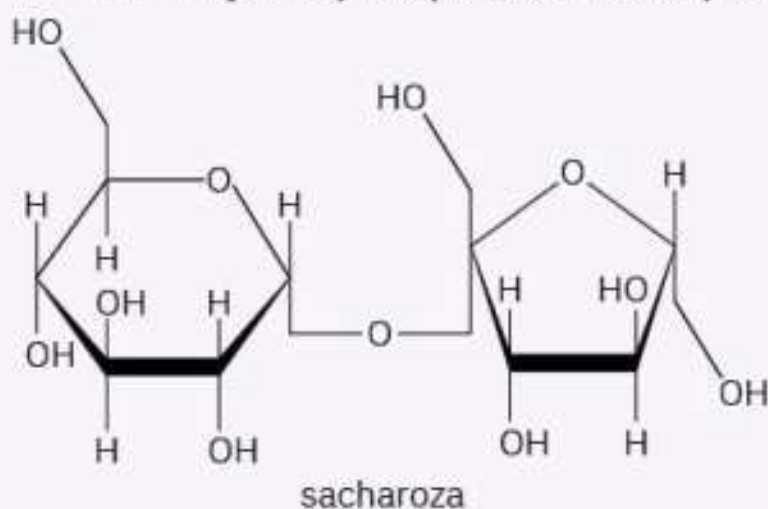
Obecna grupa funkcyjna	Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa monosacharydu
aldehydowa		aldopentoza
	nieznana	aldoza
ketonowa	sześć	
	trzy	ketotrioza
ketonowa	nieznana	

16. Z poniższych struktur wybierz te, które przedstawiają monosacharydy.



17. Narysuj w zeszycie wzór Fischera glukozy oraz fruktozy.

18. W poniższych cząsteczkach disacharydów wskaż wiązania O-glikozydowe.



19. Spośród wymienionych wybierz związki, które wykazują właściwości redukujące.
glukoza, fruktoza, sacharoza, maltoza, skrobia, celuloza
20. Zaprojektuj doświadczenie wykazujące właściwości redukujące badanego związku.
21. Wyjaśnij, dlaczego próba Tollensa dla sacharozy, skrobi i celulozy dopiero po ogrzaniu w środowisku kwasowym daje wynik pozytywny. Czy analogiczny wynik można otrzymać dla próby Trommera i próby Fehlinga?
22. Przedstaw uproszczone równanie reakcji hydrolizy dla:
 - a) sacharozy,
 - b) maltozy,
 - c) skrobi,
 - d) celulozy.
23. Zaproponuj reakcję pozwalającą na wykrycie w analizowanej próbce:
 - a) białka,
 - b) skrobi.
24. Zaproponuj reakcję pozwalającą odróżnić:
 - a) glukozę od fruktozy,
 - b) sacharozę od maltozy,
 - c) skrobię od celulozy.



V. Chemia życia codziennego

- ▶ Włókna celulozowe, białkowe, sztuczne i syntetyczne. Opakowania
- ▶ Chemia kosmetyków. Chemia gospodarcza
- ▶ Lek czy trucizna?
- ▶ Procesy fermentacji. Konserwowanie żywności

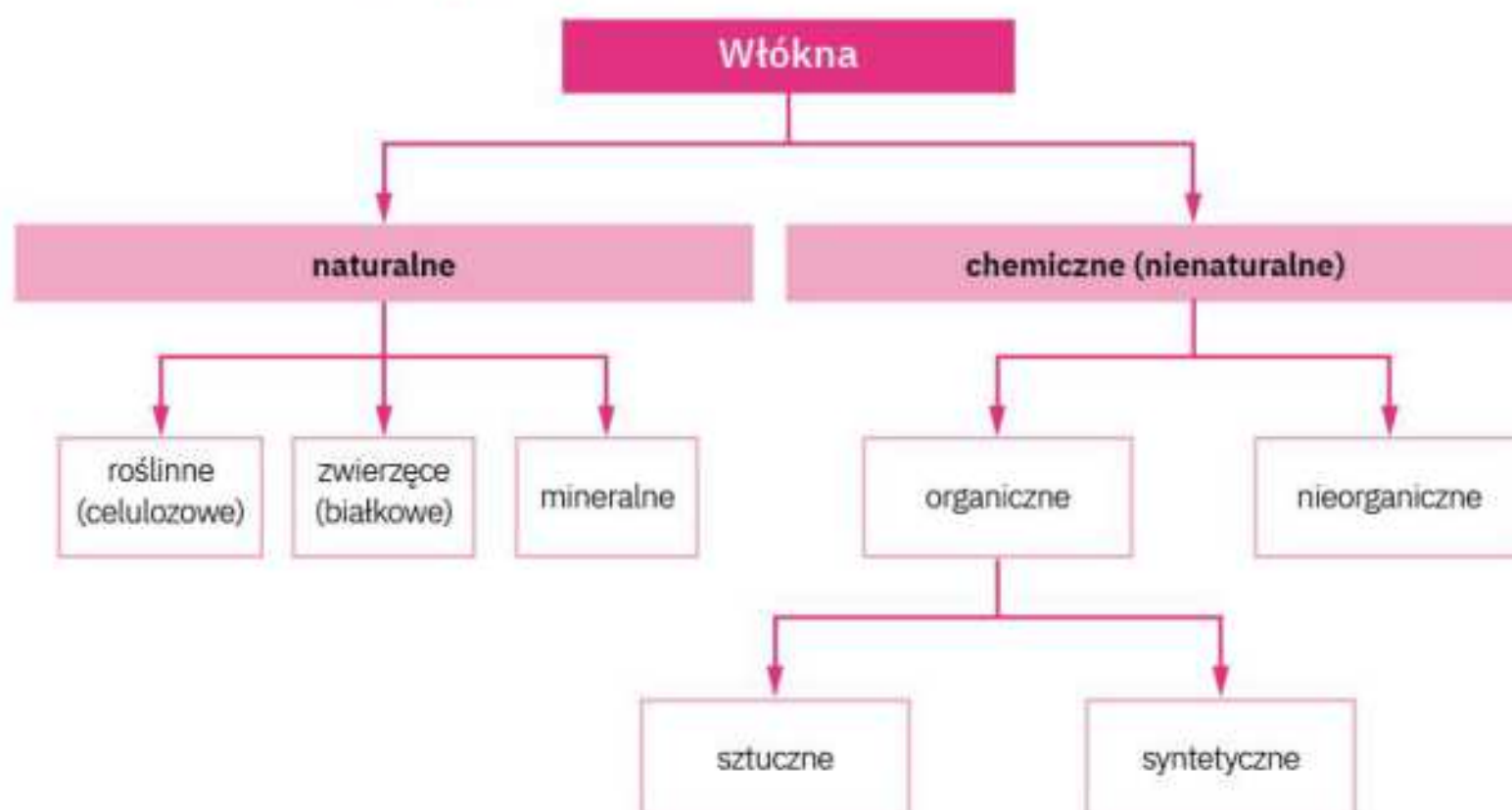
1. Włókna celulozowe, białkowe, sztuczne i syntetyczne. Opakowania

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- jak klasyfikuje się włókna;
- jakimi właściwościami charakteryzują się określone włókna;
- jak można zidentyfikować włókna;
- do czego są stosowane włókna.

Człowiek od dawna wykorzystuje włókna do produkcji odzieży, narzędzi i sprzętów codziennego użytku. Ciekawe jest, że z pozoru delikatne włókna wytwarzane przez pająka charakteryzują się największą wytrzymałością mechaniczną. Są one kilkukrotnie bardziej odporne na zrywanie niż tej samej średnicy włókno z metalu. Ocenia się, że nić wykonana z włókien pajęczych o grubości przeciętnego ołówka mogłaby zatrzymać lądujący odrzutowiec.

1.1. Klasyfikacja włókien



Włókno to podstawowa jednostka strukturalna wielu materiałów charakteryzująca się znaczną długością i małym przekrojem poprzecznym. Włókna ze względu na ich pochodzenie dzieli się na naturalne lub chemiczne. Do **włókien naturalnych** zalicza się włókna **pochodzenia roślinnego** zbudowane głównie z cząsteczek celulozy, **włókna zwierzęce** będące białkowym wytworem skóry ssaków lub gruczołów jedwabników oraz **włókna mineralne** występujące w wielu minerałach. Wśród **włókien chemicznych** wyróżnia się włókna zbudowane z cząsteczek związków nieorganicznych oraz związków organicznych. **Włókna organiczne** dodatkowo dzieli się na **syntetyczne**, czyli produkty procesów chemicznych, oraz **sztuczne**, powstałe z przetworzonych substancji naturalnych. Przykłady włókien podzielonych ze względu na ich pochodzenie podano w tabeli 1.

Tab. 1. Przykłady włókien różnego pochodzenia

WŁÓKNA					
NATURALNE			CHEMICZNE		
roślinne (celulozowe)	zwierzęce (białkowe)	mineralne	nieorganiczne	organiczne	
– z nasion bawełny – z łodygi konopi, juty, lnu – z liści juki	– wełna – jedwab	– azbest	– szklane – węglowe – metalowe	• sztuczne: – pochodne celulozowe – pochodne białkowe	• syntetyczne: – poliamidowe (np. nylon) – poliestrowe (np. polar) – poliuretanowe (np. lycra) – poliakrylowe (np. anilana)

Włókno – podstawowa jednostka strukturalna wielu materiałów charakteryzująca się znaczną długością i małym przekrojem poprzecznym.

włókno

Włókna sztuczne – włókna powstałe z przetworzonych substancji naturalnych.

włókna
sztuczne

Włókna syntetyczne – włókna będące produktami procesów chemicznych.

włókna
syntetyczne

1.2. Identyfikacja włókien

Doświadczenie

Identyfikacja włókien różnego pochodzenia

Opis:

Niewielkie skrawki materiałów wytworzonych z włókien: wełny, bawełny, wiskozy, polaru oraz nylonu, położyć na łyżce do spalań, którą następnie umieścić w płomieniu palnika.

Schemat:



Obserwacje i wnioski:



bawełna



wiskoza



polar



nylon

Rodzaj materiału (włókna)	Palność	Kolor płomienia	Zapach podczas spalania	Rodzaj włókna
wełna	gasną po wyjęciu z płomienia	–	zapach palonego białka	włókna zwierzęce (białkowe)
bawełna	łatwopalne, podtrzymują palenie	żółty	zapach palonego papieru	włókna roślinne (celulozowe)
wiskoza	łatwopalne, podtrzymują palenie	żółtozielony	zapach palonego papieru	włókna sztuczne
polar	trudnopalne, gasną po wyjęciu z płomienia	jaskrawożółty, kopcący	słodki zapach	włókna syntetyczne
nylon	dość trudno palne, ale podtrzymują palenie	lekko niebieski	zapach palonego białka	włókna syntetyczne

Palność, kolor płomienia oraz zapach towarzyszący spalaniu jest charakterystyczny dla danego włókna. Dzięki temu spalanie materiałów z określonego rodzaju włókna można wykorzystać do ich identyfikacji. Ponadto do identyfikacji włókna pochodzenia białkowego stosuje się próbę ksantoproteinową.

Ćwiczenie

1. Co można zaobserwować po naniesieniu kilku kropel stężonego kwasu azotowego(V) na włókno białkowe? Odpowiedź zapisz w zeszycie.



1.3. Właściwości i zastosowanie wybranych włókien

Tab. 2. Właściwości i zastosowanie wybranych włókien

Rodzaj włókna	Przykładowe włókno	Właściwości	Zastosowanie
roślinne	bawełna 	• właściwości izolacyjne • przyjemna i miękka w dotyku • duża wytrzymałość, która rośnie wraz ze wzrostem wilgotności materiału • mało sprężysta • nie elektryzuje się • jest chłonna	do produkcji: ręczników, pościeli, bielizny osobistej, tkanin dekoracyjnych, koszul, sukienek, koronek, nici i materiałów opatrunkowych
	len 	• duża wytrzymałość mechaniczna • mało sprężysty • nie elektryzuje się • szorstki w dotyku • ma szarosrebrzystą barwę o matowym połysku • chłonie wodę	do produkcji: ścierek, obrusów, pościeli, sukienek, garsoniek, obuwia i wyrobów galanteryjnych oraz nici i lin
	włókno kokosowe 	• wysoka odporność mechaniczna • wysoka sprężystość • dobre właściwości izolacyjne • odporność na zabrudzenia	do produkcji materaców

zwierzęce	wełna owcza	 • wysoka sprężystość • nie elektryzuje się • bardzo chłonna	do produkcji ubrań chroniących przed niskimi temperaturami (czapek, rękawic, szalików, swetrów, płaszczy), a także pledów
	jedwab	 • wysoki połysk • elastyczny • wytrzymały mechanicznie • chłonny	do produkcji: apaszek, sukienek, krawatów, strojów wizytowych i delikatnych pościeli
sztuczne	wiskoza	• mało odporna na tarcie oraz na światło słoneczne • mało sprężysta • słabo chłonie wodę • nie elektryzuje się	do produkcji: tkanin ubraniowych, dzianin i tkanin dekoracyjnych oraz koronek i nici
syntetyczne	włókna poliamidowe	• wysoka odporność na ścieranie i odporność mechaniczna • wrażliwe na promienie słoneczne • bardzo sprężyste • silnie się elektryzują • bardzo słabo chłoną wodę	do produkcji: rajstop, dywanów, żyłek wędkarskich oraz pojemników i folii opakowaniowych
	włókna poliestrowe	• wysoka odporność na ścieranie i odporność mechaniczna • bardzo sprężyste • duża odporność na promienie słoneczne • silnie się elektryzują • bardzo słabo chłoną wodę	do produkcji: namiotów, plandek, żagli i odzieży sportowej

Wiele wyrobów powstaje z różnego rodzaju włókien, a informacja o ich ilościowym stosunku znajduje się na etykietach. Odpowiedni dobór rodzaju włókien gwarantuje określone właściwości fizyczne, mechaniczne oraz chemiczne materiału.



Ćwiczenie

2. Dobierz włókno, z którego może być wykonany materiał o podanych właściwościach.
 - a) Nie elektryzuje się, ale jest mało sprężysty, więc mocno się gniece. Jest wytrzymały i bardzo chłonny.
 - b) Nie elektryzuje się, jest bardzo sprężysty i chłonny.
 - c) Gniece się, nie elektryzuje się i słabo chłonie wodę.
 - d) Jest bardzo sprężysty, wytrzymały mechanicznie. Nie chłonie wody i silnie się elektryzuje.

1.4. Opakowania

Wszystkie rodzaje włókien wykorzystuje się do produkcji opakowań. Zadaniem opakowań jest ochrona produktu znajdującego się wewnątrz lub środowiska przed szkodliwym wpływem tego produktu. Właściwości opakowania zależą od rodzaju włókna, z którego wykonano opakowanie.



Wszystkie rodzaje włókien mają swoje zalety oraz wady. **Włókna metalowe** charakteryzują się dużą wytrzymałością mechaniczną, odpornością na działanie skrajnych temperatur oraz dobrą przewodnością cieplną. Opakowanie metalowe można hermetycznie zamknąć, a ponadto materiał, z którego jest wykonane, daje się łatwo formować oraz wyróżnia się wysoką sztywnością konstrukcyjną. Ponadto niezwykle ważną cechą takich opakowań jest ich niepalność oraz możliwość recyklingu. Do wad opakowań z włókien metalowych zalicza się ich korozję, która skraca trwałość opakowania, oraz możliwość niekorzystnego wpływu na zapakowany produkt żywnościowy. Przechowywanie żywności w opakowaniach

metalowych wiąże się z ryzykiem przenikania jonów metali z opakowania do produktu. Jeśli do tego dojdzie, nastąpią niepożądane reakcje chemiczne. By temu zapobiec, stosuje się powłoki metaliczne lub lakiernicze.

Opakowania z **włókien szklanych** charakteryzują się wysoką odpornością na działanie czynników chemicznych, niską przepuszczalnością, przejrzystością, możliwością barwienia oraz łatwością formowania, a także sztywnością konstrukcyjną. Opakowania szklane można także szczelnie zamknąć i wykazują one wysoką odporność na zmiany ciśnienia. Korzyścią przy stosowaniu opakowań szklanych jest możliwość kilkukrotnego wykorzystania tego samego opakowania, a po jego zużyciu możliwość recyklingu, co zmniejsza ich cenę. Do wad opakowań szklanych należą przede wszystkim ich niska odporność mechaniczna (kruchosc) oraz wrażliwość na gwałtowne zmiany temperatury. Niekorzystny jest także stosunek ich masy do pojemności.

Opakowania z **włókien syntetycznych** (nazywane potocznie opakowaniami z tworzyw sztucznych) charakteryzują się niską masą, stosunkowo wysoką odpornością mechaniczną oraz chemiczną, przezroczystością, a także łatwością formowania oraz barwienia. Ich zaletą jest także nieprzepuszczalność oraz niska cena. Do ich wad natomiast zalicza się niską odporność na wysokie temperatury, możliwość przenikania szkodliwych związków z opakowania do produktu oraz uciążliwą dla środowiska gospodarkę odpadami z opakowań wykonanych z włókien syntetycznych.

Opakowania z **włókien celulozowych** można podzielić na papierowe, drewniane oraz wykonane z tkanin. Opakowania papierowe charakteryzują się niską masą, możliwością barwienia i niską przewodnością elektryczną oraz cieplną. Odpady z tych opakowań można łatwo zagospodarować z niską szkodliwością środowiskową, a ich produkcja jest tania. Do wad należy ich niska wytrzymałość mechaniczna oraz palność. Są one także łatwo przepuszczalne i chłoną wodę. Opakowania drewniane mają większą masę, ale stosunek ich masy do pojemności jest dobry. Wykazują też niską przewodność cieplną i elektryczną oraz niewielką przepuszczalność powietrza. Opakowań tych można używać wielokrotnie, a po zużyciu łatwo zagospodarować. Niestety wykazują one często względnie małą wytrzymałość mechaniczną, są palne, łatwo chłoną zapachy i wilgoć, przez co trudno je utrzymać w czystości. Ponadto często wydzielają żywiczne zapachy. Opakowania wykonane z tkanin są lekkie, przepuszczają powietrze, nadają się do wielokrotnego użytku i recyklingu. Charakteryzują się natomiast niską wytrzymałością mechaniczną, są nieodporne na działanie czynników biologicznych i chemicznych oraz palne, a także łatwo się brudzą i umożliwiają przenikanie zanieczyszczeń do opakowanego produktu.

Ćwiczenie

3. Zapisz w zeszycie po trzy przykłady opakowań znajdujących się w twoim otoczeniu wykonanych z włókien metalowych, szklanych, syntetycznych oraz celulozowych.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Włókno** – podstawowa jednostka strukturalna wielu materiałów charakteryzująca się znaczną długością i małym przekrojem poprzecznym. s. 327
- **Włókna naturalne** – włókna pochodzenia roślinnego (celulozowe), zwierzęcego (białkowe) lub mineralnego. s. 327
- **Włókna sztuczne** – włókna będące wynikiem przetwarzania substancji naturalnych. s. 327
- **Włókna syntetyczne** – włókna będące produktami procesów chemicznych. s. 327



Rodzaj opakowania	Zalety	Wady
metalowe	duża wytrzymałość mechaniczna, odporność na działanie wysokich i niskich temperatur, dobra przewodność cieplna, możliwość hermetycznego zamknięcia, łatwość formowania, wysoka sztywność konstrukcyjna, niepalność, możliwość recyklingu	możliwość korozji, możliwość niekorzystnego wpływu na zapakowany produkt żywnościowy
szklane	wysoka odporność na działanie czynników chemicznych, niska przepuszczalność, przejrzystość, możliwość barwienia, łatwość formowania, sztywność konstrukcyjna, możliwość szczelnego zamknięcia, odporność na zmiany ciśnienia, możliwość kilkukrotnego wykorzystania tego samego opakowania, możliwość recyklingu	niska odporność mechaniczna (kruchosc), wrażliwość na gwałtowne zmiany temperatury, niekorzystny stosunek ich masy do pojemności
z tworzyw sztucznych	niska masa, stosunkowo wysoka odporność mechaniczna oraz chemiczna, przezroczystość, łatwość formowania oraz barwienia, nieprzepuszczalność, niska cena	niska odporność na wysokie temperatury, możliwość przenikania szkodliwych związków z opakowania do produktu, uciążliwa dla środowiska gospodarka odpadami
papierowe	niska masa, możliwość barwienia i niska przewodność elektryczna oraz cieplna, łatwa i nieuciążliwa dla środowiska gospodarka odpadami, tania produkcja	niska wytrzymałość mechaniczna, palność, przepuszczalność, chłonność wody
drewniane	dość korzystny stosunek masy do pojemności, niska przewodność cieplna i elektryczna, niewielka przepuszczalność powietrza, możliwość wielokrotnego użytku, łatwa gospodarka odpadami	stosunkowo niska wytrzymałość mechaniczna, palność, chłonność zapachów i wilgoci, trudność utrzymania w czystości, wydzielanie żywicznych zapachów
wykonane z tkanin	niska masa, przepuszczalność powietrza, możliwość wielokrotnego użytku i recyklingu	niska wytrzymałość mechaniczna, niska odporność na czynniki biologiczne oraz chemiczne, palność, łatwość brudzenia i przenikania zanieczyszczeń do produktu

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przedstaw podział włókien ze względu na ich pochodzenie lub metodę wytwarzania.
2. Porównaj właściwości naturalnych i syntetycznych włókien.
3. Opisz w zeszycie wady i zalety włókien roślinnych, zwierzęcych, sztucznych i syntetycznych.
4. Napisz w zeszycie, jak można zidentyfikować włókno pochodzenia roślinnego (celulozowe), zwierzęcego (białkowe), syntetyczne i sztuczne.
5. Jakie włókno można zidentyfikować za pomocą próby ksantoproteinowej?
6. Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, podaj właściwości włókien szklanych oraz metalowych.
7. Jakie rodzaje opakowań wykonuje się z włókien celulozowych?
8. Wymień zalety oraz wady opakowań:
 - a) metalowych,
 - b) szklanych,
 - c) celulozowych,
 - d) z tworzyw sztucznych.Podaj po trzy przykłady każdego rodzaju opakowań, które można spotkać w życiu codziennym.
9. Na podstawie właściwości opakowań szklanych i tych wykonanych z włókien syntetycznych wyjaśnij, dlaczego opakowania z tworzyw sztucznych wyparły te szklane. Jakie konsekwencje dla środowiska niesie za sobą ta zmiana?
10. Jaki rodzaj torby wybierzesz na zakupy? Uzasadnij swój wybór.

2. Chemia kosmetyków. Chemia gospodarcza

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- co to jest emulsja;
- jakie są właściwości emulsji w kosmetykach;
- co znajduje się w środkach czystości i jaka jest ich rola;
- jakie zagrożenia wynikają ze stosowania środków czystości.

Z chemikaliami można spotkać się nie tylko w laboratoriach chemicznych i biochemicznych, lecz także w życiu codziennym. Płyn do szyb usuwający tłuszcz czy środek stosowany do przetykania rur to produkty o bogatym składzie chemicznym, podobnie jak krem do rąk, którego lista składników na pierwszym miejscu zawiera wodę, choć krem konsystencją wcale wody nie przypomina. Jakościowy oraz ilościowy skład chemiczny tych produktów decyduje o ich właściwościach i zastosowaniu.

2.1. Tworzenie emulsji

Wiadomo już, że emulsja jest układem dwufazowym składającym się z co najmniej dwóch niemieszających się cieczy. Jedna z tych cieczy stanowi fazę rozproszoną, a druga – fazę rozpraszającą.

emulsja

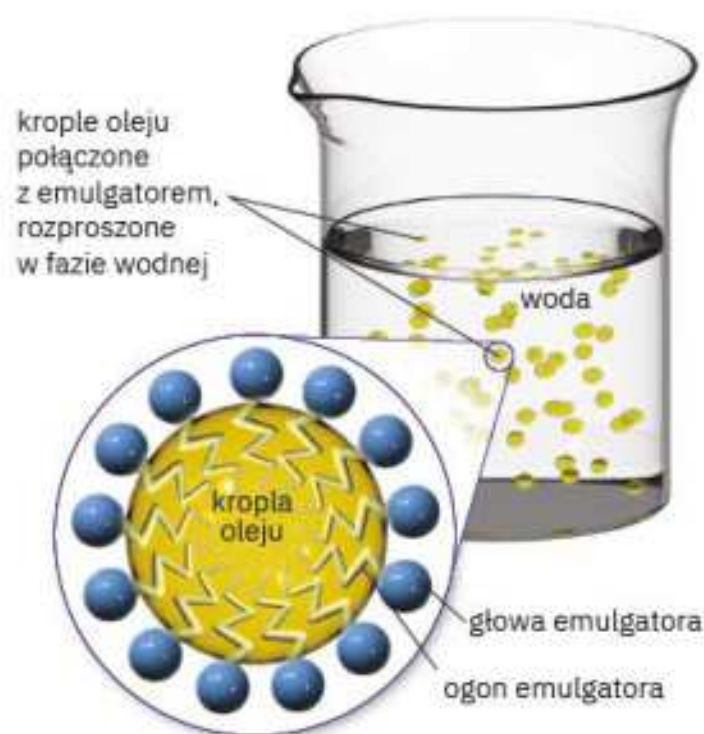
Emulsja – układ dwufazowy składający się z co najmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna stanowi fazę rozpraszającą (dyspersyjną), a druga – fazę rozproszoną (zdyspergowaną).

Ćwiczenie

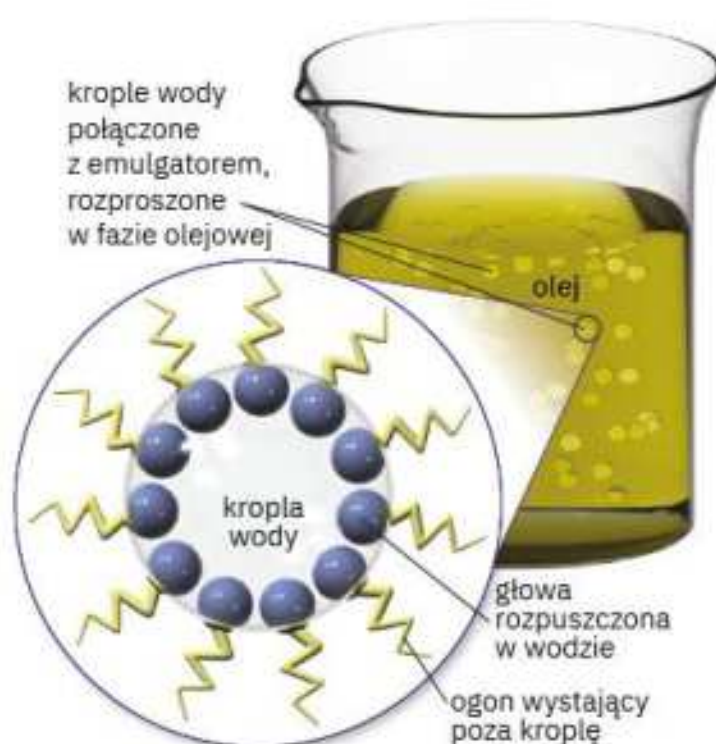
1. Podaj kilka przykładów emulsji.

Polarna woda jest głównym składnikiem kremów, balsamów, lotionów i podobnych do nich kosmetyków, gdyż ma ona zdolność do tworzenia emulsji z niepolarnymi olejami. Emulsje te dzieli na dwa podstawowe typy. Jeżeli w układzie dwufazowym przeważa ilościowo woda, to ona pełni funkcję fazy rozpraszającej. Taką emulsję nazywa się olejem w wodzie i oznacza symbolem **O/W**. Jeżeli natomiast w emulsji ilościowo przeważa olej, to on stanowi fazę rozpraszającą dla rozproszonej w nim wody. Taką emulsję określa się jako wodę w oleju i oznacza **W/O**. Na ogół układy takie są nietrwałe. By zwiększyć trwałość emulsji, stosuje się **emulgatory**. Związki te mają podobną budowę do detergentów. Składają się z części hydrofobowej (ogonów) oraz hydrofilowej (głowy). W kroplach oleju

chętnie lokują się ogony emulgatorów, a pozostawione na zewnątrz kropel głowy łatwo otaczane są cząsteczkami wody. Umożliwia to trwałe rozpraszanie się oleju w wodzie i powstanie emulsji O/W.



Emulsja W/O tworzy się podobnie. Krople wody są połączone z głowami emulgatorów. Ich ogony wystające na zewnątrz kropel wody otaczane są cząsteczkami oleju, a to prowadzi do trwałego rozproszenia wody w oleju.

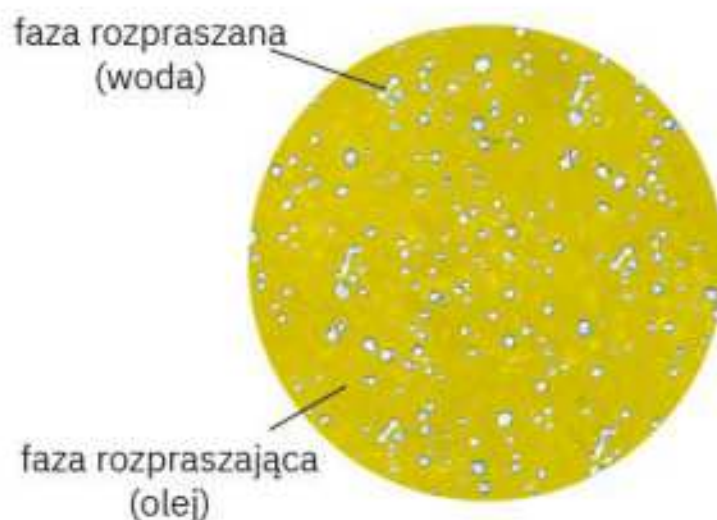


Emulgatory – związki zbudowane z hydrofilowej głowy oraz hydrofobowego ogona zwiększające trwałość emulsji.

emulgatory

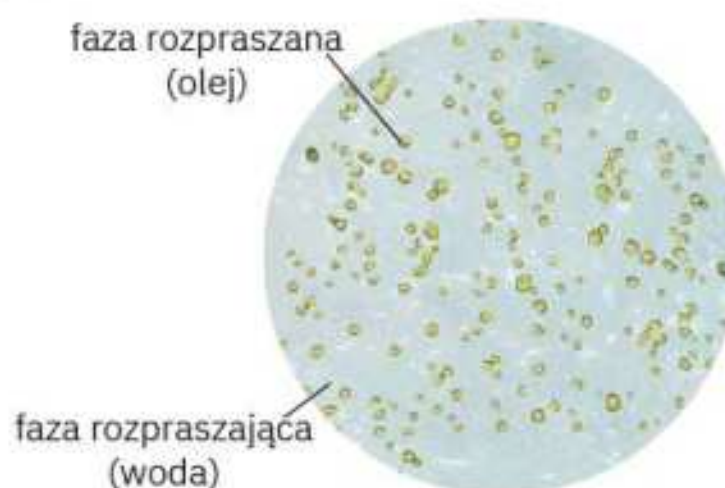
emulsja W/O

Emulsja W/O – emulsja zawierająca większą ilość oleju niż wody, która stanowi fazę rozproszoną.



emulsja O/W

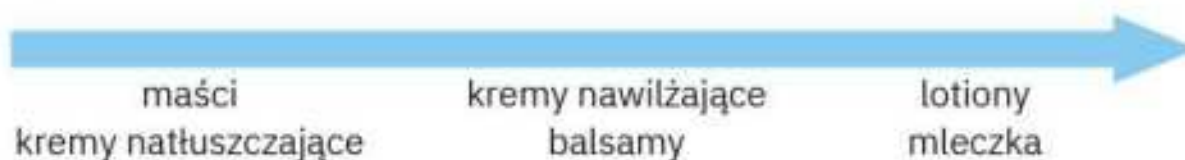
Emulsja O/W – emulsja zawierająca większą ilość wody niż oleju, który stanowi fazę rozproszoną.



2.2. Właściwości emulsji w kosmetykach

Modyfikowanie składu emulsji zmienia jej właściwości. Już sama zmiana stosunku ilościowego składników wpływa na lepkość, czyli konsystencję emulsji. Im więcej wody, tym mniejsza lepkość.

Ilość wody względem oleju w emulsji zmienia się w zależności od rodzaju kosmetyku:



Dlatego też emulsje typu O/W są określane jako lekkie (o małej lepkości), natomiast emulsje W/O – jako ciężkie i lepkie.

2.3. Skład kosmetyków i ich rola

Podstawowy składnik kosmetyków stanowi woda, ponieważ odpowiedni jej poziom zapewnia prawidłowe funkcjonowanie skóry. Woda stosowana w produkcji kosmetyków jest pozbawiona zanieczyszczeń, w tym także mikrobiologicznych.

Tłuszczami wykorzystywanymi do produkcji kosmetyków są przede wszystkim oleje roślinne, woski, tłuszcze zwierzęce oraz mineralne (parafina, wazelina) będące pochodnymi ropy naftowej. Przede wszystkim wzmacniają one i regenerują warstwę lipidową (płaszcz ochronny naskórka), natłuszczają skórę oraz zapobiegają nadmiernemu wysychaniu skóry.

Emulgatory, jak już wiadomo, pełnią funkcje stabilizujące. Mogą się różnić stanem skupienia. W kosmetykach rolę emulgatora najczęściej odgrywają mydła będące pochodnymi kwasu laurynowego ($C_{11}H_{23}COOH$), oleinowego oraz stearynowego lub też detergenty, czyli syntetyczne związki powierzchniowo czynne. Emulgatorami mogą być także związki naturalne pełniące dodatkowo funkcje pielęgnacyjne, jak lanolina, której źródłem jest wełna owcza lub też lecytyna pozyskiwana z rzepaku lub soi. Bardzo często kosmetyki zawierają odpowiednio dobraną mieszaninę emulgatorów, która zapewnia trwałość produktu.

Innymi składnikami często występującymi w kosmetykach są dodatki modyfikujące ich właściwości fizyczne i chemiczne, ale także pielęgnacyjne, ochronne czy lecznicze. Takimi dodatkami mogą być substancje nawilżające, zapachowe, barwniki, przeciwutleniacze, witaminy, substancje stanowiące filtry ochronne przed promieniowaniem UV oraz substancje aktywne biologiczne, np. przeciwbakteryjne.

Kontrolowanie składu kosmetyków jest łatwiejsze dzięki stosowaniu jednolitego nazewnictwa składników zgodnego z Międzynarodową Nomenklaturą Składników Kosmetycznych (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients, INCI).

Tab. 3. Wybrane nazwy składników kosmetyków zgodne z INCI oraz ich polskie odpowiedniki

Rodzaj składnika	Rodzima nazwa	Nazwa podana na opakowaniu (zgodna z INCI)
woda	woda	<i>Aqua</i>
tłuszcze	olej palmowy	<i>Palm oil</i>
	olejek kokosowy	<i>Cocos Nucifera (Coconut) Oil</i>
	oliwa z oliwek	<i>Olea Europaea (Olive) Oil</i>
	wosk pszczeli	<i>Cera Alba</i>
	wazelina	<i>Petrolatum</i>
	parafina	<i>Paraffinum Liquidum (Mineral Oil)</i>

Rodzaj składnika	Rodzima nazwa	Nazwa podana na opakowaniu (zgodna z INCI)
emulgatory	stearynian sorbitolu oleinian sorbitolu lecytyna lanolina cholesterol	<i>Sorbitan stearate</i> <i>Sorbitan oleate</i> <i>Lecithin</i> <i>Lanolin</i> <i>Cholesterol</i>
dodatki pielęgnacyjne oraz ochronne	substancje nawilżające/ zapobiegające przesuszeniu	gliceryna glikol kwas hialuronowy mleczko pszczele wyciąg z aloesu
	przeciwutlenia-cze	<i>Glycerin</i> <i>Glycol</i> <i>Hyaluronic acid</i> <i>Propolis</i> <i>Aloe vera</i>
	witaminy	karotenoidy kwas liponowy koenzym q10
		<i>Carotene, lycopene, Lutein</i> <i>Lipoic acid</i> <i>Ubiquinone</i>
		C A E B3 B5
		<i>Ascorbic acid</i> <i>Retinol</i> <i>Tocopherol</i> <i>Niacinamide</i> <i>Panthenol</i>
	substancje gojące	tlenek cynku alantoina
		<i>Zinc oxide</i> <i>Allantoin</i>

Ćwiczenie

2. Z etykiet wybranego kremu oraz pasty do zębów przepisuj do zeszytu listę składników. W wiarygodnych źródłach znajdź informacje na temat działania poszczególnych składników.

2.4. Skład środków czystości i ich rola

Głównym składnikiem środków myjących są związki powierzchniowo czynne (mydła i syntetyczne substancje powierzchniowo czynne). Środki myjące mają jednak zdecydowanie bogatszy skład, który ma zapewnić ich większą skuteczność. Preparaty te są mieszaniną związków chemicznych o różnorodnych właściwościach fizycznych i chemicznych. Wszystkie środki wykazujące właściwości myjące są nazywane **detergentami**.



detergenty

Detergenty – substancje wykazujące właściwości myjące.

Dla przykładu: proszek do prania oprócz detergentów często zawiera **enzymy** (hydrolazy), które wspomagają usuwanie plam pochodzenia białkowego np. z krwi. W proszkach znajdują się także **fosforany**. W Polsce dopuszczalne stężenie fosforanów nie może przekraczać 6% w przeliczeniu na czysty fosfor. Ze względu na zjawisko eutrofizacji w wielu krajach zabrania się dodawania fosforanów do proszków. Za zmiękczenie wody i usuwanie osadów odpowiadają w takich proszkach droższe **zeolity** (hydraty glinokrzemianów). W proszkach znajdują się też **wybielacze** charakteryzujące się właściwościami utleniającymi. Ich rolą jest usuwanie plam i odświeżanie białego koloru.

Wybielacze dodaje się również do środków czyszczących. Są używane do dezynfekcji urządzeń sanitarnych – usuwają z nich drobnoustroje gromadzące się na powierzchni. Najczęściej taką funkcję pełnią H_2O_2 lub $NaClO$. W płynie do mycia naczyń znajduje się także etanol oraz wodny roztwór kwasu etanowego, który wspomaga usuwanie zabrudzeń. Z kolei do płynów do mycia szyb dodaje się **alkohole**, które są dobrymi rozpuszczalnikami dla wielu związków organicznych, szybko odparowują i nie pozostawiają smug. Ponadto w tych środkach czystości znajduje się też **amoniak**, który zapewnia wysoki połysk.

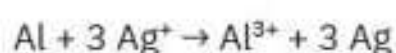


Środki usuwające kamień i rdzę zawierają **kwasy organiczne**, np. kwas cytrynowy, octowy lub hydroksyoctowy, które rozpuszczają zanieczyszczenia tego typu. Ponadto w oczyszczaniu przedmiotów z rdzy dobrze sprawdzają się środki zawierające dodatek **kwasu siarkowego(IV)** oraz **ortofosforanowego(V)**. Głównym składnikiem środka do udrażniania rur jest **wodorotlenek sodu lub potasu**. Wodorotlenki te reagują z większością związków organicznych i tworzą sole dobrze rozpuszczalne w wodzie. Substancje te są jednak trujące i powodują poważne oparzenia. Ich opary działają drażniąco na skórę oraz na układ oddechowy. Przyspieszają także korozję metali, dlatego też jest niewskazane ich stosowanie w aluminiowych instalacjach.

Ćwiczenie

3. Zapisz w zeszycie równanie reakcji wodorotlenku sodu z dowolnym tłuszczem.

Do czyszczenia biżuterii wykorzystuje się substancje ściierające usuwające zanieczyszczenia mechanicznie lub kwas cytrynowy. Domowym sposobem oczyszczania srebra pokrytego czarnym nalotem, będącym siarczkiem srebra (rzadziej tlenkiem srebra), jest czyszczenie pastą do zębów. Jednak w ten sposób można zarysować powierzchnię metali. Bezdotykową metodą oczyszczania srebra jest zanurzenie zanieczyszczonego przedmiotu w roztworze elektrolitu z dodatkiem metalicznego glinu. Źródłem glinu może być folia aluminiowa. W tych warunkach glin pełni funkcję reduktora i jako pierwiastek bardziej aktywny wypiera srebro z jego soli (Ag_2S), redukując kation srebra do metalicznego srebra:



Ćwiczenie

4. Z etykiety dowolnego środka czyszczącego przepisuj do zeszytu listę składników. W wiarygodnych źródłach znajdź informacje na temat działania poszczególnych składników.

2.5. Zagrożenia wynikające ze stosowania środków czystości

Wszystkie stosowane środki czystości trafiają do instalacji kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków, gdzie są usuwane z wody lub neutralizowane. Największym problemem jest niekontrolowane przedostanie się środków czystości, zwłaszcza tych niebiodegradowalnych, do środowiska. Mogą one przenikać do organizmów żywych i kumulować się w nich, co zaburza prawidłowe funkcjonowanie tych organizmów. Wiele składników środków czystości wykazuje działanie toksyczne. Niebezpieczny jest zarówno ich kontakt ze skórą, jak i przedostanie się do organizmu wraz z wodą lub pokarmem. Detergent szkodzi na skórę, ponieważ silnie wysusza naskórek i niszczy płaszcz lipidowy. Ponadto długotrwała praca z detergentami wysusza śluzówki nosa i oczu. Jeszcze większym niebezpieczeństwem jest przedostanie się detergentu do organizmu. Detergent łączy się z tłuszczami znajdującymi się w błonie komórkowej – otacza komórkę jak cząsteczki mydła cząstkę brudu. To niszczy błonę komórkową oraz prowadzi do śmierci komórki. Dodatki, zwłaszcza te wykazujące właściwości żrące, jak kwasy i wodorotlenki, mogą powodować oparzenia skóry, uszkodzenie narządu wzroku, podrażnienie lub uszkodzenie śluzówki nosa i oczu oraz trwałe uszkodzenie narządów (żołądka, płuc, nerek, wątroby). Podejrzewa się też, że niektóre z tych związków wykazują działanie kancerogenne (tzn. sprzyjają powstawaniu nowotworów). Niezwykle ważne jest zatem zachowanie rozsądku podczas stosowania środków czyszczących. Należy zapoznać się z ich etykietą oraz przestrzegać zaleceń producentów.

Ćwiczenie

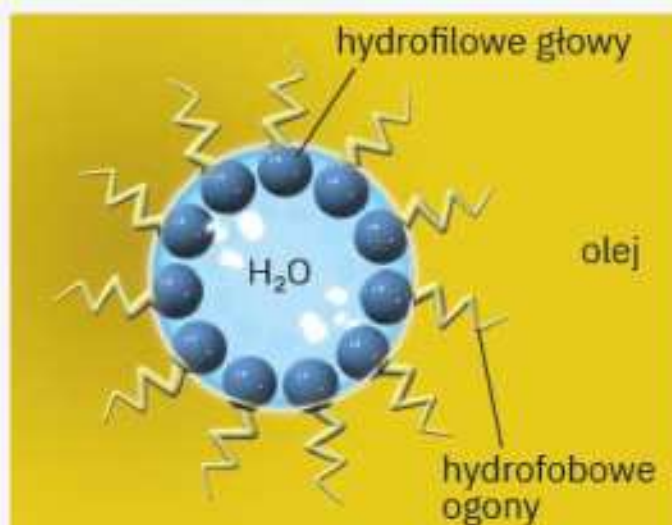
5. Podaj przyczyny i skutki zjawiska eutrofizacji.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 336 • **Emulsja** – układ dwufazowy składający się z co najmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna stanowi fazę rozpraszającą (dyspersyjną), a druga – fazę rozproszoną (zdyspergowaną).
- s. 337 • **Emulgatory** – związki zbudowane z hydrofilowej głowy oraz hydrofobowego ogona, zwiększające trwałość emulsji.

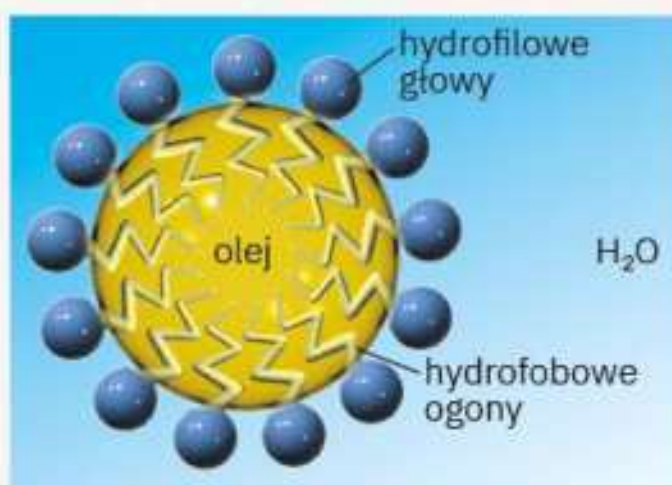
- **Emulsja W/O** – emulsja zawierająca większą ilość oleju niż wody, która stanowi fazę rozproszoną.

s. 338



- **Emulsja O/W** – emulsja zawierająca większą ilość wody niż oleju, który stanowi fazę rozproszoną.

s. 338



- Składniki kremów:
 - woda
 - tłuszcze
 - emulgatory
 - dodatki pielęgnacyjne oraz ochronne:
 - substancje nawilżające lub natłuszczające
 - przeciwutleniacze
 - witaminy
 - substancje gojące

s. 339

- **Detergent** – substancja wykazująca właściwości myjące.

s. 340

- Składniki środków myjących/czyszczących:

- | | |
|--------------|------------------------------|
| – enzymy | – alkohole |
| – fosforany | – amoniak |
| – zeolity | – kwasy organiczne |
| – wybielacze | – wodorotlenek sodu i potasu |

s. 340

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcia: emulsja, emulgator, emulsja O/W, emulsja W/O, detergent.
2. Przedstaw mechanizm tworzenia emulsji O/W.
3. Przedstaw mechanizm tworzenia emulsji W/O.
4. Podaj sposób modyfikowania lepkości emulsji.
5. Wymień przykładowe składniki kremu oraz określ, jaką rolę odgrywają.
6. Wskaż przykładowe składniki środków czystości oraz określ, jaką rolę odgrywają.
7. Określ, jak detergent wpływa na skórę.
8. Jakie niebezpieczeństwo niesie za sobą przedostanie się detergentu do:
a) środowiska,
b) organizmu?
9. Wyjaśnij, dlaczego w niektórych krajach do proszków dodaje się zeolity zamiast fosforanów.
10. Omów problem tzw. przeżyźnienia wód.

3. Lek czy trucizna?

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- w jaki sposób substancje chemiczne przenikają do organizmu;
- od czego zależą lecznicze lub toksyczne właściwości substancji chemicznych;
- jakie są mechanizmy działania wybranych leków;
- jak wpływają na organizm biologicznie czynne związki naturalne znajdujące się w wybranych produktach spożywczych.



Znane jest powiedzenie Paracelsusa: „Wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, bo tylko dawka czyni truciznę”. Dla przykładu: arszenik (trójtlenek diarsenu) to związek uznawany za truciznę. Jest bezwonny i bezsmakowy, więc już w średniowieczu wykorzystywano go jako składnik trucizn. Toksyczne właściwości arszeniku obserwuje się po wchłonięciu przez układ pokarmowy, oddechowy lub po kontakcie ze skórą. Dawka toksyczna arszeniku wynosi

10–50 mg, a śmiertelna to 70–200 mg lub 1 mg/kg masy ciała/dzień. Związek ten jako kancerogen odpowiada także za niekontrolowane procesy nowotworzenia. Co ciekawe, arszenik jest także dopuszczonym lekiem wykorzystywanym w leczeniu ostrej białaczki promielocytowej. Zatem to lek czy trucizna?

3.1. Przenikanie substancji biologicznie czynnych do organizmu

Aby substancja biologicznie czynna mogła oddziaływać na organizm, musi do niego przeniknąć. Istnieje kilka sposobów przenikania substancji chemicznych do organizmu. Najbardziej oczywista to aplikacja doustna (wnikanie przez układ pokarmowy). Kolejnym sposobem jest bezpośredni kontakt z krwią, który wymaga przerwania ciągłości skóry (przez skaleczenie lub wstrzyknięcie). Pozostałe dwa sposoby wiążą się z bierną ekspozycją organizmu na działanie substancji chemicznej, która wnika do niego przez układ oddechowy lub przez kontakt ze skórą.

Sposób przenikania do organizmu zależy od właściwości fizycznych i chemicznych substancji. Znaczenie mają zarówno stan skupienia, lotność oraz stopień rozdrobnienia substancji chemicznej, jak i jej rozpuszczalność w płynach ustrojowych.

3.2. Lecznicze i toksyczne właściwości substancji

Po przeniknięciu substancji do organizmu o jej właściwościach leczniczych lub toksycznych także decydują właściwości fizyczne oraz chemiczne. Substancje silnie rozdrobnione, lotne i dobrze rozpuszczalne w płynach ustrojowych mogą być szybciej przyswajane przez organizm i osiągać większe stężenia, a tym samym wywierać silniejszy wpływ na funkcjonowanie organizmu.

Ilość związku wprowadzonego do organizmu w krótkim czasie określa się mianem **dawki**. W przypadku leków wyróżnia się dawki:

- **minimalną** – najmniejszą dawkę wywołującą efekt leczniczy;
- **maksymalną** – największą dawkę leczniczą niewpływającą negatywnie na organizm;
- **leczniczą (zalecaną)** – wywołującą zamierzony efekt terapeutyczny;
- **śmiertelną** – jej zażycie w większości przypadków prowadzi do śmierci pacjenta; często podaje się ją, stosując symbol LD z indeksem wskazującym na procent osobników w badanej populacji gatunku zwierząt, dla których określona ilość substancji okazała się śmiertelna.

Na przykład w przypadku gryzoni LD_{50} dla arszeniku wynosi 15 mg/kg. Oznacza to, że 50% populacji badanych gryzoni zmarło po podaniu 15 mg arszeniku na kg masy ciała.

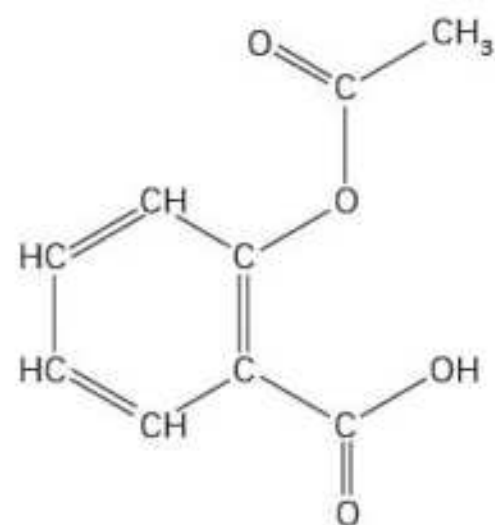
O właściwościach leczniczych lub toksycznych substancji decyduje także szybkość jej metabolizowania oraz wydalania (usuwania w niezmienionej lub przekształconej postaci) oraz zdolność do kumulowania się w organizmie. Niebezpieczne dawki oraz toksyczne działanie alkoholu metylowego oraz etylowego opisano w rozdziale III.1.3.

dawka

Dawka – ilość substancji wprowadzona do organizmu w krótkim przedziale czasu.

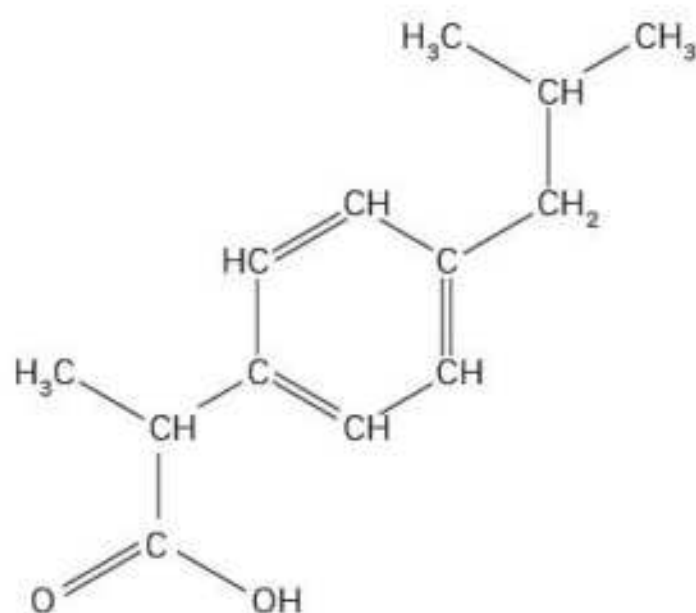
3.3. Działanie wybranych leków

Aspiryna (kwas acetylosalicylowy) to syntetyczna pochodna naturalnie występującego kwasu salicylowego. Jest stosowana w leczeniu stanów zapalnych. Zmniejsza ból o małym lub umiarkowanym nasileniu. Zażywana długotrwale zmniejsza krzepliwość krwi (hamuje agregację płytek krwi), wpływa na układ krwionośny i zmniejsza ryzyko zawału. Powinno się ją przyjmować po posiłku, ponieważ drażni śluzówkę żołądka. Aspiryna wchłania się w jelicie cienkim. Jej maksymalna dawka dobową dla dorosłego człowieka wynosi 4 g.



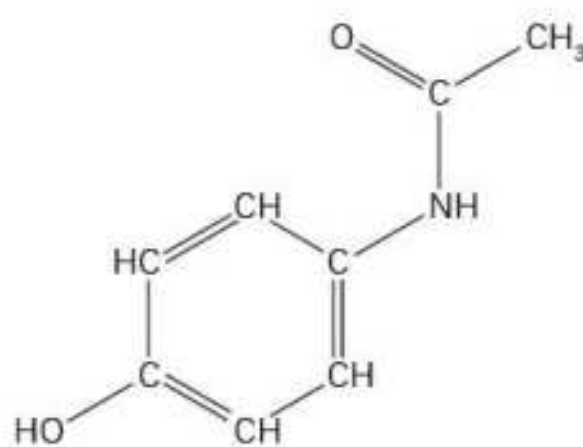
Rys. 1. Struktura kwasu acetylosalicylowego.

Ibuprofen jest syntetycznym związkiem wchodzącym w skład wielu leków przeciwbólowych, przeciwgorączkowych oraz przeciwzapalnych dostępnych w różnych postaciach (tabletek twardych, kapsułek miękkich, kremów, maści, żeli). Jako lek przeciwbólowy stosuje się go w leczeniu bólu o małym lub średnim nasileniu różnego pochodzenia. Ibuprofen, podobnie jak kwas acetylosalicylowy, obniża tendencję do agregacji płytek krwi. Jednak działanie to jest mniej efektywne. Wchłanianie zależy od sposobu aplikacji. Postać doustna częściowo wchłania się w żołądku, ale głównie w jelicie cienkim. Maksymalne stężenie we krwi pojawia się w ciągu 1–2 godzin od podania, natomiast maksymalna dawka dobową wynosi 1,2 g. Pod nadzorem lekarza może zostać zwiększona nawet do 3,2 g na dobę.



Rys. 2. Struktura ibuprofenu.

Paracetamol to lek syntetyczny stosowany do łagodzenia bólu oraz obniżania gorączki. Jego działanie przeciwbólowe utrzymuje się 4–6 godzin, natomiast przeciwgorączkowe – 6–8 godzin. Paracetamol w przeciwieństwie to aspiryny i ibuprofenu nie wykazuje działania przeciwzapalnego. Wchłania się w przewodzie pokarmowym, głównie w jelicie cienkim. Dla dorosłych bezpieczna dawka paracetamolu wynosi 4 g na dobę. Przekroczenie tej dawki może powodować uszkodzenie wątroby. W terapii przewlekłej (np. do łagodzenia bólu u pacjentów z chorobą nowotworową) nie powinno się przekraczać dobowej dawki 2,5 g. Należy zwracać szczególną uwagę na skład preparatów złożonych z kilku substancji aktywnych, które mają łagodzić np. objawy przeziębienia. W wielu z tych preparatów jednym ze składników jest paracetamol, którego spożyta ilość powinna być wliczona do dawki dobowej.



Rys. 3. Struktura paracetamolu.

Węgiel aktywowany (zwany węglem aktywnym) to naturalny lek otrzymywany z węgla drzewnego, którego głównym składnikiem jest węgiel pierwiastkowy. Powszechnie stosuje się go w leczeniu biegunki, niestrawności oraz zatruc pokarmowych. Medyczne zastosowanie węgla aktywowanego wiąże się z jego właściwościami adsorpcyjnymi. Jego powierzchnia adsorpcyjna wynosi 500–2000 m²/g, co oznacza, że 1 gram węgla ma powierzchnię 500–2000 m². Węgiel wchłania substancje toksyczne i ułatwia pozbycie się ich z organizmu.

Leki na nadkwasotę zawierają proste związki będące solami węglanów (np. węglan magnezu). Sole te neutralizują występujący w nadmiarze w żołądku kwas

solny wywołujący uczucie pieczenia żołądka oraz przełyku (tzw. zgagę), zgodnie z równaniem reakcji:



Podobne działanie wykazuje inny składnik leków na nadkwasotę – wodorotlenek glinu.

Ćwiczenie

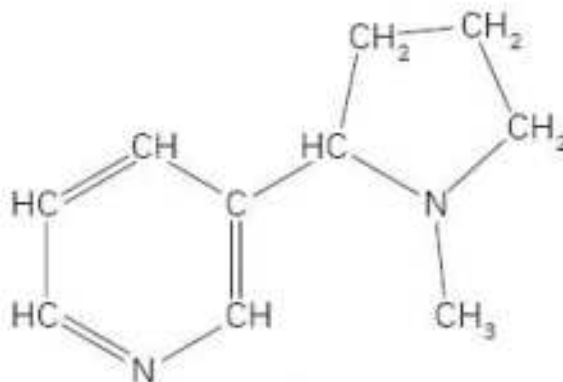
1. Napisz w zeszycie równanie reakcji zachodzącej po zażyciu leków na nadkwasotę zawierających $\text{Al}(\text{OH})_3$.

3.4. Działanie związków naturalnych w wybranych produktach spożywczych

Nikotyna jest substancją toksyczną występującą w tytoniu. Najbogatsze w nikotynę są liście tytoniu. W niskich dawkach (1–3 mg) nikotyna może wykazywać działanie stymulujące. Wywołuje wzmożone wydzielanie adrenaliny, przez co łagodzi ból i głód, przyspiesza akcję serca oraz rozszerza źrenice. W większych dawkach blokuje układ nerwowy i działa przeciwzakrzepowo. Duża dawka nikotyny (50–100 mg) hamuje pracę mięśnia przepony i wywołuje śmierć przez uduszenie. Nikotyna przenika do organizmu szlakiem jama ustna → płuca → krew → serce → mózg bardzo szybko (w czasie 7 s) i długo się utrzymuje w organizmie (do 72 godz.). Zażywanie nikotyny podwyższa stężenie dopaminy w organizmie i prowadzi do uzależnienia.

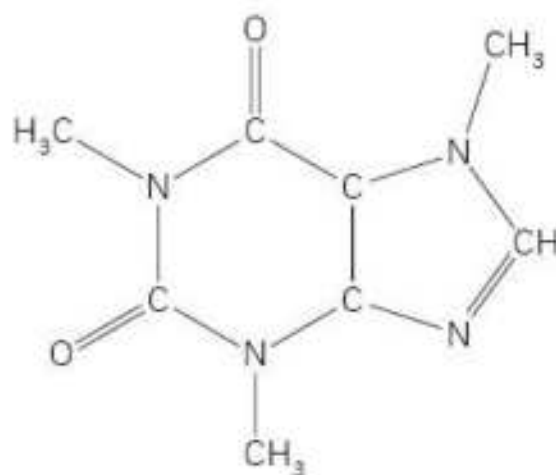


Rys. 4. Kwiat tytoniu.



Rys. 5. Struktura nikotyny.

Kofeina, znana także jako teina, to substancja występująca w kawie, herbacie, czekoladzie, napojach typu cola oraz energetyzujących. Ta sama substancja chemiczna wyizolowana z kawy nazywa się kofeiną, a wyizolowana z herbaty – teiną. Tą samą substancją jest także guaranina pozyskana z guarany oraz mateina – z liści mate. Ta substancja działa stymulująco na centralny układ nerwowy, zwiększa sprawność myślenia oraz niweluje zmęczenie. Przyspiesza przemianę materii, zmniejsza napięcie mięśni gładkich naczyń krwionośnych oraz pobudza wydzielanie soku żołądkowego. Kofeina działa moczopędnie i po wchłonięciu z przewodu pokarmowego z moczem w formie przekształconej (po metabolizowaniu) jest wydalana. Stosuje się ją w stanach zmęczenia fizycznego oraz umysłowego, a także w zatruciach alkoholowych, u pacjentów ze zbyt niskim ciśnieniem tętniczym, w leczeniu astmy i migren. Jedna filiżanka kawy zawiera ok. 50 mg kofeiny. Uznaje się, że dzienna dawka kofeiny poniżej 200 mg nie uzależnia i działa pozytywnie na organizm. Jednak przekroczenie tej dawki może powodować pojawienie się efektów ubocznych, takich jak: zaburzenia pracy układu nerwowego, stany lękowe i bezsenność. Przyjęcie dawki ok. 2 g może doprowadzić do śmierci.



Rys. 5. Struktura kofeiny.

Ćwiczenia

2. Oblicz stężenie procentowe kofeiny w kubku kawy, jeżeli jej masa w 250 mg roztworu wynosi 50 mg.
3. $C_8H_{10}N_4O_2$ to wzór sumaryczny kofeiny. Podaj stężenie molowe kofeiny w kubku kawy wspomnianym w zadaniu 2. (gęstość roztworu jest równa gęstości wody).
4. Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, znajdź informacje i porównaj zawartość kofeiny w kawie parzonej, kawie rozpuszczalnej, herbacie oraz napojach typu cola oraz cola bez cukru.

Mleko uważa się za cenny produkt odżywczy. Można je spożywać w formie nieprzetworzonej, a także przetworzonej, jako kefir, jogurt czy ser. W skład mleka wchodzi białka: **kazeina**, **albuminy** i **globuliny**, tłuszcze: estry glicerolu, kwasu butanowego oraz estry kwasów tłuszczowych, a także woda, **laktoza** i sole mineralne, np. związki wapnia. Skład ilościowy mleka zmienia się w zależności od jego pochodzenia. Dla przykładu: najbogatsze w białko jest mleko królika.



(15,5%), a w tłuszcz – mleko foki szarej (53,2%). Najwięcej laktozy zawiera mleko słonia (7,5%). Mleko ludzkie w porównaniu z mlekiem krowim ma o połowę mniej białka i związków mineralnych, jednak jest zdecydowanie bogatsze w cukry. Ze względu na alergię, jakie są wywoływane przez jeden składnik mleka lub większą liczbę składników, nie wszyscy mogą je spożywać. Czynnikiem alergizującym są białka lub cukier mleczny – laktoza. Nietolerancja laktozy wynika z braku enzymu (galaktozydazy) lub jego niską aktywnością. Enzym ten umożliwia hydrolizę laktozy. W takim przypadku nietolerancję zmniejsza się lub wyklucza, stosując suplementy zawierające ten enzym.



Ćwiczenie

5. Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, porównaj skład różnych przetworzonych produktów mlecznych.

3.5. Wpływ dodatków do produktów spożywczych na organizm

Woda wodociągowa ze względu na procesy oczyszczania oraz dezynfekcji ma zbyt ubogą zawartość składników mineralnych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Wody występujące w ofercie handlowej: źródlane, mineralne i stołowe są wzbogacane w **związki mineralne**. Zawierają one przede wszystkim kationy sodu, potasu, wapnia i magnezu oraz aniony wodorowęglanowe, chlorkowe, siarczanowe(VI). Na etykietach podaje się skład jakościowy i ilościowy wody, a także informacje o zawartości sumarycznej składników mineralnych (mg/dm^3). Wody źródlane oraz stołowe mają niską zawartość składników mineralnych ($<500 \text{ mg/dm}^3$). Wody mineralne dzielą się na niskozmineralizowane ($<500 \text{ mg/dm}^3$), średnierzmineralizowane ($<1500 \text{ mg/dm}^3$) oraz wysokozmineralizowane ($>1500 \text{ mg/dm}^3$). Aby nie zaburzyć gospodarki mineralnej organizmu, zaleca się spożywanie wód niskozmineralizowanych, a średnio- i wysokozmineralizowane stosuje się tylko w przypadku uzupełniania określonych niedoborów.

Ćwiczenie

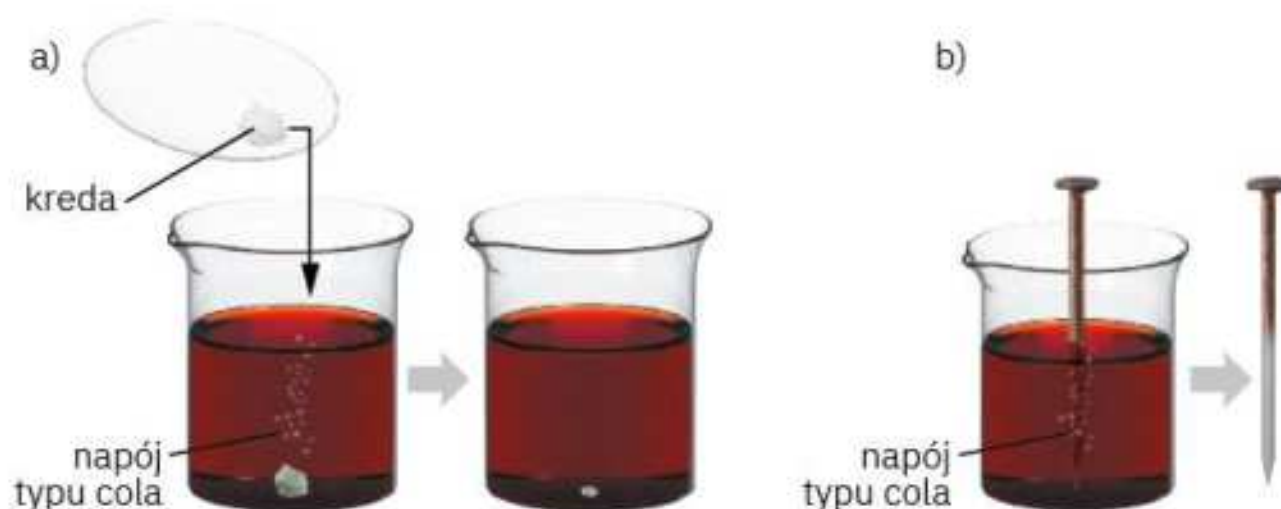
6. Z etykiet wybranej wody źródlanej oraz mineralnej przepisuj do zeszytu skład jakościowy oraz ilościowy, a następnie je porównaj.

Napoje typu cola zawierają, poza kofeiną, substancje słodzące, tlenek węgla(IV), barwniki (np. karmel – E150d), **kwasy ortofosforowy(V)** (E388), który pełni funkcję regulatora kwasowości, oraz inne substancje smakowo-zapachowe. Szczegół-

łowy skład napojów tego typu jest zmienny w zależności od producenta i objęty tajemnicą handlową. Jednak wszystkie ze względu na obecność kwasu ortofosforowego(V) wykazują charakter kwasowy. Można go potwierdzić, badając odczyn tych napojów uniwersalnym papierkiem wskaźnikowym oraz wykonując proste doświadczenia.

Doświadczenie

Badanie właściwości kwasowych napoju typu cola



Opis:

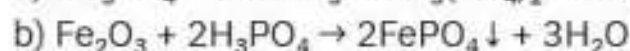
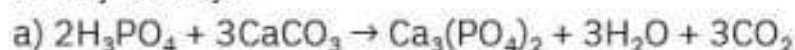
Do dwóch zlewek wlej ok. 200 cm³ napoju. Następnie do jednej z nich wrzuć niewielki kawałek kredy tablicowej (CaCO₃) (a), a w drugiej zanurz zardzewiały gwóźdź (b).

Obserwacje:

- a) Kreda uległa rozтворzeniu.
- b) Z gwoździa została usunięta rdza do wysokości zanurzenia w napoju.

Wnioski:

Zaszły reakcje:



tlenek żelaza(III) to jeden z głównych składników rdzy

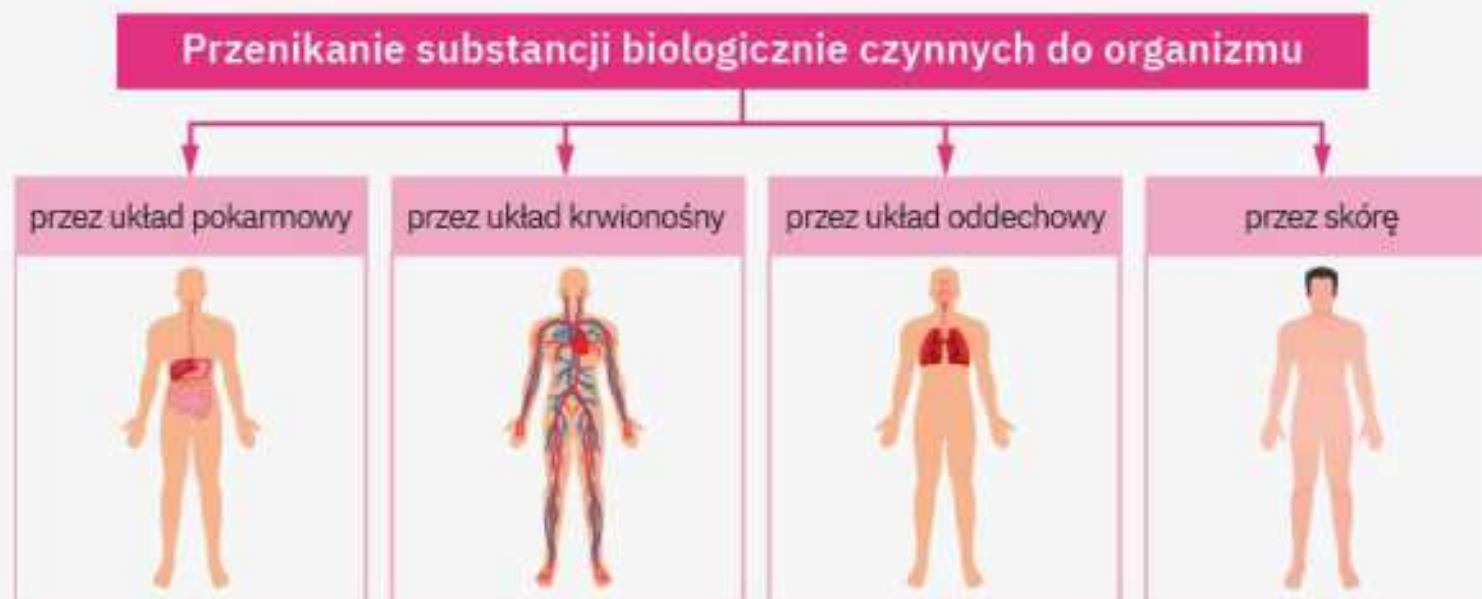
Ćwiczenie

7. Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, znajdź informacje na temat wpływu kwasu ortofosforowego(V) na organizm człowieka.



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 345



s. 346

- **Dawka** – ilość substancji wprowadzona do organizmu w krótkim przedziale czasu.

s. 346

- **Dawka minimalna** – najmniejsza dawka wywołująca efekt leczniczy.

s. 346

- **Dawka maksymalna** – największa dawka wywołująca efekt leczniczy, niewpływająca negatywnie na organizm.

s. 346

- **Dawka zalecana** – ilość leku wywołująca zamierzony efekt leczniczy.

s. 346

- **Dawka śmiertelna** – ilość leku wywołująca śmierć pacjenta.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przedstaw możliwe drogi przenikania substancji biologicznie czynnych do organizmu.
2. Podaj, od czego zależy sposób przenikania substancji biologicznie czynnych do organizmu.
3. Wyjaśnij pojęcia: dawka, dawka zalecana (lecznicza), dawka minimalna, dawka maksymalna, dawka śmiertelna.
4. Omów, co wpływa na lecznicze lub toksyczne właściwości substancji biologicznie czynnych.
5. Dlaczego tak ważne są przyjmowane dawki substancji biologicznie czynnych?
6. Wytlumacz, jak działa węgiel aktywowany.
7. Wyjaśnij, jak działają środki na nadkwasotę.
8. Nazwij i opisz działanie substancji biologicznie czynnych występujących w kawie, herbacie, mleku.

4. Procesy fermentacji. Konserwowanie żywności

NA TEJ LEKCJI DOWIESZ SIĘ:

- czym są procesy fermentacji i jak one przebiegają;
- jakie procesy zachodzą podczas wyrabiania ciasta, produkcji wina i przetwarzania mleka;
- co sprawia, że żywność się psuje;
- jakie są konsekwencje stosowania środków konserwujących.

Człowiek od zarania dziejów szukał sposobów, by bezpiecznie przechowywać żywność, zachowując jej zapach, smak i właściwości odżywcze. Za psucie żywności są odpowiedzialne enzymy naturalnie znajdujące się w produkcie spożywczym, zanieczyszczenie produktów żywnościowych drobnoustrojami lub niekontrolowane procesy fermentacyjne. Zabiegi związane z wydłużeniem czasu przydatności do spożycia nazywa się utrwalaniem.

4.1. Procesy fermentacji

Fermentacja to proces zachodzący najczęściej w warunkach beztlenowych z udziałem enzymów, polegający na rozkładzie glukozy. Enzymy są wytwarzane przez bakterie, drożdże lub pleśnie. W zależności od rodzaju enzymów biorących udział w procesie fermentacji powstają inne produkty przekształcenia glukozy. Fermentacja zachodząca pod wpływem enzymów wytwarzanych przez drożdże, prowadząca do powstania alkoholu etylowego, nazywa się **fermentacją alkoholową**. Zachodzi ona zgodnie z równaniem:



Produkty, w których zachodzi fermentacja alkoholowa, mają kwaśny smak i alkoholowy zapach.

Fermentacja alkoholowa jest wykorzystywana w produkcji wina, piwa i spirytusu. Wino białe otrzymane w procesie naturalnej fermentacji osiąga maksymalne stężenie alkoholu wynoszące 11,5%, natomiast czerwone może zawierać nawet do 13% alkoholu. Maksymalne stężenie etanolu otrzymane w procesie fermentacji wynosi ok. 15%. By otrzymać wyższe stężenie alkoholu, produkty fermentacji oczyszcza się przez destylację, która pozwala na wyizolowanie roztworów etanolu o wysokim stężeniu – nawet ok. 96%.

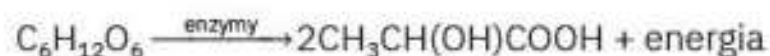
Niekontrolowana fermentacja alkoholowa przyczynia się do psucia owoców, warzyw i wytwarzanych z nich produktów. W mleku oraz produktach mlecznych ujawnia się ona przez



Rys. 6. Fermentacja alkoholowa cukrów ze zbóż jest wykorzystywana do produkcji piwa, a z owoców – do produkcji wina.

powstanie kożucha. Jest ona także powodem psucia się słodkich napojów oraz mięsa, na którego powierzchni widać biały nalot.

Fermentacja zachodząca pod wpływem enzymów wytworzonych przez bakterie drożdżowe prowadzi do powstania kwasu mlekowego (kwas 2-hydroksypropionowy), dlatego też nazywa się **fermentacją mlekową**:



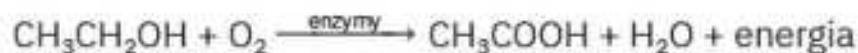
Produktem fermentacji mlekowej jest kwas mlekowy zmieniający zapach, smak oraz konsystencję produktów. Jest to proces pożądaný podczas produkcji mleka zsiadłego, acydofilnego, kefirów, jogurtów i śmietany, serów i wędlin długo dojrzewających oraz kiszonych warzyw (kapusty, ogórków). Kwas mlekowy stanowi też ważny składnik tzw. zakwasu chlebowego wykorzystywanego do produkcji chleba. Nadaje on pożądaný zapach oraz smak oraz chroni chleb przed pleśnią.



Rys. 7. Produkty spożywcze wytworzone z wykorzystaniem procesu fermentacji mlekowej.

Niekontrolowane procesy fermentacji mlekowej prowadzą do zmiany konsystencji słodkich napojów na śluzowatą oraz do pojawienia się zielonego nalotu na produktach mięsnych.

Wyjątkowym rodzajem fermentacji jest fermentacja zachodząca w obecności tlenu. Przebiega ona w obecności bakterii octowej (*Acetobacter*) wydzielającej odpowiednie enzymy. Nazywa się **fermentacją octową**, ponieważ produktem tego procesu jest kwas octowy:



Ten proces wykorzystuje się w produkcji octu, który jest wodnym roztworem kwasu octowego o stężeniu 5–10%.

Fermentacja octowa jest niepożądana w przypadku produkcji win. Dostęp powietrza do wina umożliwia przemianę etanolu w kwas octowy pogarszający jego walory smakowe. Ten proces powoduje zmętnienie niektórych produktów oraz pojawienie się nieprzyjemnego kwaśnego smaku. Prowadzi także do psucia się marynowanych produktów spożywczych oraz pieczywa.



Rys. 8. Ocet jest produktem powstającym w wyniku utleniania alkoholu etylowego do kwasu etanowego.

Fermentacja alkoholowa – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w alkohol etylowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się tlenu węgla(IV) oraz energii.

fermentacja
alkoholowa

Fermentacja mlekowa – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w kwas mlekowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się energii.

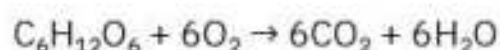
fermentacja
mlekowa

Fermentacja octowa – tlenowy proces przekształcenia alkoholu etylowego w kwas etanowy oraz wodę, któremu towarzyszy wydzielanie energii.

fermentacja
octowa

4.2. Dlaczego ciasto „rośnie”?

Ciasto zawierające drożdże, cukier, mąkę rośnie w związku z procesami metabolicznymi drożdży. Zarówno zachodząca beztlenowo fermentacja alkoholowa, jak i proces oddychania:



prowadzą do powstania tlenu węgla(IV), który odpowiada za pulchnienie ciasta. Ponadto powstająca w procesie oddychania woda w temperaturze pieczenia jest również gazem. Obecne w cieście drożdże w pierwszej kolejności przetwarzają cukry proste, a następnie cukry złożone. W celu ułatwienia hydrolizy polisacharydów przez drożdże dodaje się enzym amylazę, występującą także czasami naturalnie w mąkach.



Rys. 9. Pulchnienie ciasta drożdżowego może następować zarówno w warunkach beztlenowych (fermentacja), jak i tlenowych (oddychanie).

Spulchnianie ciasta niezawierającego drożdży z reguły wywołuje się przez dodanie substancji nazywanych spulchniaczami. Proszek do pieczenia jest mieszaniną związków rozkładających się z wytworzeniem gazów odpowiedzialnych za pulchnienie ciasta. Jednym z nich, przeważającym ilościowo, jest wodorowęglan

sodu dostępny także w czystej postaci (soda oczyszczona), który w podwyższonej temperaturze rozkłada się zgodnie z równaniem reakcji:



W tym samym celu wykorzystuje się także wodorowęglan amonu, którego termiczny rozpad opisuje równanie reakcji:



Rys. 10. Ciasta niezawierające drożdży spulchnia się, dodając np. wodorowęglan sodu lub wodorowęglan amonu.

4.3. Przyczyny psucia się żywności

Psucie się żywności następuje często w wyniku procesów chemicznych. Rozkład składników żywnościowych, takich jak białka, tłuszcze lub cukry powoduje, że produkty spożywcze tracą swoje walory smakowe i odżywcze. Rozkład ten mogą wywoływać enzymy występujące naturalnie w produktach spożywczych, enzymy wytwarzane przez bakterie, drożdże, pleśnie lub czynniki nieenzymatyczne (takie jak wilgoć, promienie świetlne).

Niebezpieczne jest także spożywanie produktów zawierających mikroorganizmy chorobotwórcze, które wytwarzają substancje toksyczne dla człowieka i zwierząt.

Przykładem takiej toksyny jest botulina (zwana jadem kiełbasianym) produkowana przez beztlenowe bakterie z rodziny *Clostridium*. To najsilniejsza toksyna występująca w żywności. Podanie dożylnie 10^{-9} g tej toksyny prowadzi do śmierci człowieka.

Zmniejszona tysiąckrotnie dawka botuliny jest stosowana w leczeniu np. zezu lub nadmiernej potliwości oraz w przemyśle kosmetycznym do wygładzania zmarszczek.



Rys. 11. Podanie podskórne neurotoksyny – botuliny – powoduje uszkodzenie nerwu i rozluźnienie mięśnia lub też zahamowanie działania gruczołów potowych.

4.4. Konserwowanie żywności

Od najdawniejszych czasów ludzie starali się przechowywać żywność i przedłużyć okres jej przydatności do spożycia. Wszystkie procesy powstrzymujące psucie się żywności nazywa się **utrwalaniem żywności**.

Utrwalanie żywności – ogół procesów zapobiegających psuciu się żywności i przedłużające czas jej przydatności do spożycia.

utrwalanie
żywności

Do utrwalania żywności stosuje się metody biologiczne, fizyczne i chemiczne. Do metod biologicznych zalicza się głównie **kontrolowane procesy fermentacyjne**. Do metod fizycznych należą procesy związane z obróbką termiczną, stosowanie środków odwadniających, a także sterylizacja z wykorzystaniem promieniowania UV. Najprostszą, od dawna stosowaną, metodą konserwowania żywności jest jej **suszenie**. Uniemożliwia ono rozwój mikroorganizmów bytujących w wilgotnym środowisku. Innymi sposobami są **obróbka cieplna**, **zamrażanie** lub **liofilizowanie** (usuwanie wody przez jej sublimację z zamrożonych produktów). Ogrzewanie prowadzi do śmierci drobnoustrojów i dezaktywacji enzymów obecnych w żywności mogących powodować jej psucie. Zamrażanie hamuje rozwój i namnażanie drobnoustrojów, a także dezaktywuje enzymy. Do metod chemicznych należy stosowanie różnych związków chemicznych utrwalających żywność. Przykładem metody chemicznej jest stosowane od dawna **peklowanie** mięsa. Polega ono na użyciu roztworu soli peklowej do utrwalania mięsa, które jest nacierane lub nastrzykiwane tym roztworem bądź w nim zanurzane. Sól peklowa składa się przede wszystkim z chlorku sodu oraz saletry lub soli kwasu ortofosforowego(V). Hamuje ona rozwój szkodliwych drobnoustrojów.

Ćwiczenie

1. Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, znajdź informacje na temat saletry chilijskiej oraz indyjskiej.

4.5. Dodatki do żywności

W produktach żywnościowych znajduje się wiele dodatków pełniących rozmaite funkcje. Substancjami tymi zajmuje się chemia spożywcza. Zadaniem tych dodatków jest poprawa wyglądu (barwniki), zapachu i smaku (np. polepszacze, wzmacniacze smaku) oraz konsystencji (np. emulgatory) żywności, a także przedłużenie czasu jej przydatności do spożycia (konserwanty, przeciwutleniacze, stabilizatory).

Konserwanty wydłużają trwałość produktów, a tym samym czas ich przydatności do spożycia. Niektóre konserwanty wykazują działanie bakteriobójcze. Jednak w większych dawkach mogą niekorzystnie oddziaływać na organizm człowieka. Z tego względu dodane konserwanty nie mogą przekroczyć wagowo 0,2% (oznacza to, że na 100 g produktu żywnościowego producent nie może dodać więcej niż 0,2 g substancji konserwujących).



Przeciwutleniacze (antyoksydanty) to dodatki do produktów spożywczych zapobiegające utlenianiu się związków chemicznych w nich zawartych. Przykładem przeciwutleniacza jest kwas cytrynowy. Jego działanie łatwo można sprawdzić – należy skropić obranego banana lub przekrojone jabłko sokiem z cytryny, w którym znajduje się kwas cytrynowy działający jak antyoksydant i hamujący ciemnienie tych owoców.

Stabilizatory to dodatki, które utrzymują odpowiednie właściwości fizyczne lub chemiczne charakterystyczne dla danego produktu spożywczego. Na przykład dzięki nim produkt zachowuje odpowiednią konsystencję w okresie przydatności do spożycia.

Informacje o wszystkich dodatkach powinny znajdować się na etykiecie produktu. Często oznaczone są za pomocą symboli E (tab. 4).

Tab. 4. Symbole dodatków żywnościowych

Symbol	Rodzaj dodatku
E100–E199	barwniki
E200–E299	konserwanty
E300–E399	przeciwutleniacze
E400–E499	emulgatory i zagęstniki
E500–E599	dodatki o różnym przeznaczeniu
E600–E699	wzmacniacze smaku
E700–E799	antybiotyki
E900–E1200	dodatki o różnym przeznaczeniu
E1400–E1500	modyfikowane skrobie

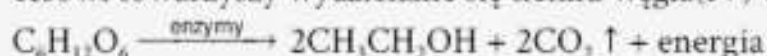
Ćwiczenia

- Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, przedstaw, jak wpływa na człowieka nadmierna ilość saletry chilijskiej (E251) oraz indyjskiej (E252) obecnych w żywności.
- Korzystając ze źródeł innych niż podręcznik, podaj, jak wpływa na człowieka wzmacniacz smaku E621 (glutaminian sodu).

PODSUMOWANIE LEKCJI

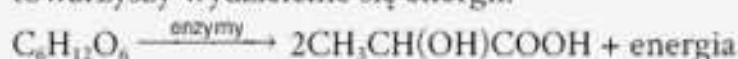
s. 355

- Fermentacja alkoholowa** – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w alkohol etylowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się tlenu węgla(IV) oraz energii.



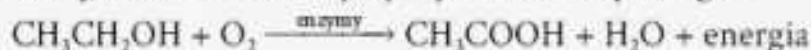
s. 355

- Fermentacja mlekowa** – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w kwas mlekowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się energii.



- **Fermentacja octowa** – tlenowy proces przekształcenia alkoholu etylowego w kwas etanowy oraz wodę, któremu towarzyszy wydzielanie się energii.

s. 355



- **Procesy i reakcje powodujące wzrost:**

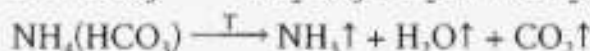
s. 355

a) ciasta drożdżowego:

– fermentacja alkoholowa (w warunkach beztlenowych);

– $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (w warunkach tlenowych);

b) ciasta niezawierającego drożdży:



- **Psucie produktów spożywczych mogą powodować:**

s. 356

– enzymy, które występują naturalnie w produktach spożywczych;

– enzymy wytwarzane przez bakterie, drożdże, pleśnie;

– czynniki nieenzymatyczne (takie jak wilgoć czy promienie świetlne).

- **Utrwalanie żywności** – ogół procesów zapobiegających psuciu się żywności i przedłużających czas ich przydatności do spożycia.

s. 357



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcia: fermentacja alkoholowa, fermentacja mlekowa, fermentacja octowa, utrwalanie żywności.
2. Napisz w zeszycie równania reakcji opisujące:
 - a) fermentację alkoholową,
 - b) fermentację mlekową,
 - c) fermentację octową.
3. Napisz w zeszycie równania reakcji wyjaśniające pulchnienie ciasta:
 - a) drożdżowego w warunkach beztlenowych,
 - b) drożdżowego w warunkach tlenowych,
 - c) z dodatkiem sody oczyszczonej,
 - d) z dodatkiem wodorowęglanu amonu.
4. Wymień przyczyny psucia się żywności.
5. Przedstaw metody biologiczne zapobiegające psuciu się żywności.
6. Wskaż, za pomocą jakich metod fizycznych można zapobiegać psuciu się żywności.
7. Podaj przykład metody chemicznej zapobiegającej psuciu się żywności.
8. Wymień rodzaje związków chemicznych dodawanych do żywności w celu jej utrwalania.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

WŁÓKNA – podstawowa jednostka strukturalna wielu materiałów charakteryzująca się znaczną długością i małym przekrojem poprzecznym



RODZAJ OPAKOWANIA	Zalety	Wady
metalowe 	duża wytrzymałość mechaniczna, odporność na działanie wysokich i niskich temperatur, dobra przewodność cieplna, możliwość hermetycznego zamknięcia, łatwość formowania, wysoka sztywność konstrukcyjna, niepalność, możliwość recyklingu	możliwość korozji, możliwość niekorzystnego wpływu na zapakowany produkt żywnościowy
szklane 	wysoka odporność na działanie czynników chemicznych, niska przepuszczalność, przejrzystość, możliwość barwienia, łatwość formowania, sztywność konstrukcyjna, możliwość szczelnego zamknięcia, odporność na zmiany ciśnienia, kilkukrotna możliwość wykorzystania tego samego opakowania, możliwość recyklingu	niska odporność mechaniczna (kruchosc), wrażliwość na gwałtowne zmiany temperatury, niekorzystny stosunek ich masy do pojemności

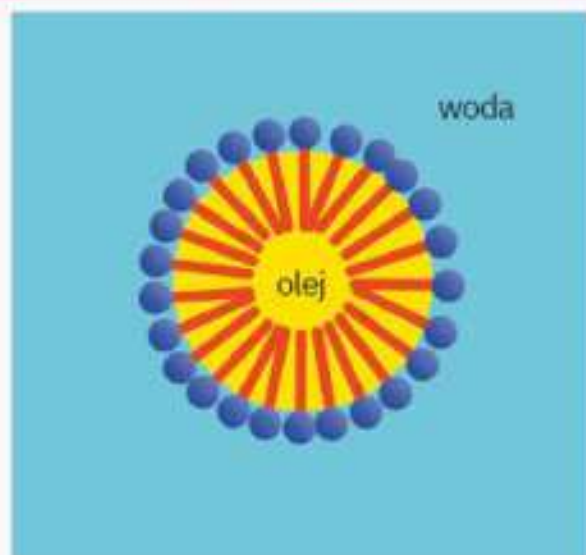
RODZAJ OPAKOWANIA	Zalety	Wady
z tworzyw sztucznych 	niska masa, stosunkowo wysoka odporność mechaniczna oraz chemiczna, przezroczystość, łatwość formowania oraz barwienia, nieprzepuszczalność, niska cena	niska odporność na wysokie temperatury, możliwość przenikania szkodliwych związków z opakowania do produktu, uciążliwa dla środowiska gospodarka odpadami
papierowe 	niska masa, możliwość barwienia i niska przewodność elektryczna oraz cieplna, łatwa i nieuciążliwa dla środowiska gospodarka odpadami, tania produkcja	niska wytrzymałość mechaniczna, palność, przepuszczalność, chłonność wody
drewniane 	dość korzystny stosunek masy do pojemności, niska przewodność cieplna i elektryczna, niewielka przepuszczalność powietrza, możliwość wielokrotnego użytku, łatwa gospodarka odpadami	stosunkowo niska wytrzymałość mechaniczna, palność, chłonność zapachów i wilgoci, trudność utrzymania w czystości, wydzielanie żywicznych zapachów
z tkanin 	niska masa, przepuszczalność powietrza, możliwość wielokrotnego użytku i recyklingu	niska wytrzymałość mechaniczna, niska odporność na czynniki biologiczne oraz chemiczne, palność, łatwość brudzenia i przenikania zanieczyszczeń do produktu

- **Emulsja** – układ dwufazowy składający się z co najmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna stanowi fazę rozpraszającą (dyspersyjną), a druga – fazę rozproszoną (zdyspergowaną).

s. 336

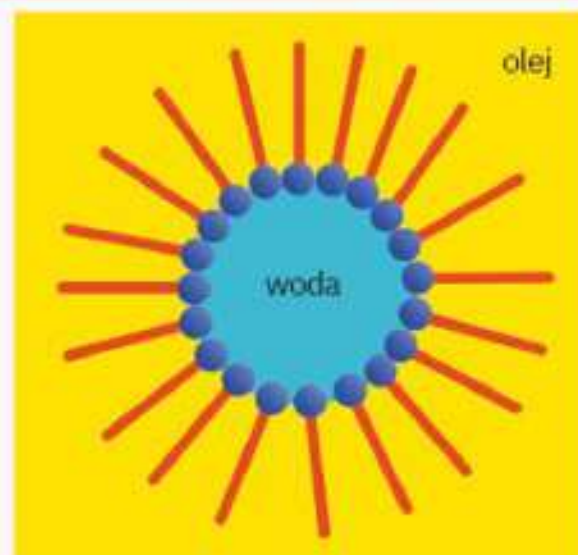
- s. 337
- **Emulgatory** – związki zbudowane z hydrofilowej głowy oraz hydrofobowego ogona zwiększające trwałość emulsji.

Emulsja O/W



emulsja zawierająca większą ilość wody niż oleju, który stanowi fazę rozproszoną

Emulsja W/O



emulsja zawierająca większą ilość oleju niż wody, która stanowi fazę rozproszoną

- s. 339
- Składniki kremów:
 - woda
 - tłuszcze
 - emulgatory
 - dodatki pielęgnacyjne oraz ochronne
 - substancje nawilżające lub natłuszczające
 - przeciwutleniacze
 - witaminy
 - substancje gojące

- s. 340
- **Detergenty** – substancje wykazujące właściwości myjące.

- s. 340
- W skład środków myjących/czyszczących wchodzi:
 - enzymy
 - fosforany
 - zeolity
 - wybielacze
 - alkohole
 - amoniak
 - kwasy organiczne
 - wodorotlenek sodu i potasu

- s. 345
- Przenikanie substancji biologicznie czynnych do organizmu następuje przez:
 - układ pokarmowy
 - układ krwionośny
 - układ oddechowy
 - skórę

- **Dawka** – ilość substancji wprowadzona do organizmu w krótkim przedziale czasu. s. 346
- **Dawka minimalna** – najmniejsza dawka wywołująca efekt leczniczy. s. 346
- **Dawka maksymalna** – największa dawka wywołująca efekt leczniczy, niewpływająca negatywnie na organizm. s. 346
- **Dawka zalecana** – ilość leku wywołująca zamierzony efekt leczniczy. s. 346
- **Dawka śmiertelna** – ilość leku wywołująca śmierć pacjenta. s. 346
- **Fermentacja alkoholowa** – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w alkohol etylowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się tlenu węgla(IV) oraz energii.

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \xrightarrow{\text{enzymy}} 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{energia}$$
 s. 355
- **Fermentacja mlekowa** – beztlenowy proces przekształcenia glukozy w kwas mlekowy. Procesowi towarzyszy wydzielanie się energii.

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \xrightarrow{\text{enzymy}} 2\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH} + \text{energia}$$
 s. 355
- **Fermentacja octowa** – tlenowy proces przekształcenia alkoholu etylowego w kwas etanowy oraz wodę, któremu towarzyszy wydzielanie się energii.

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{enzymy}} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{energia}$$
 s. 355
- Procesy i reakcje powodujące wzrost ciasta drożdżowego: s. 355
 - fermentacja alkoholowa (w warunkach beztlenowych)
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (w warunkach tlenowych)
- Reakcje powodujące wzrost ciasta niezawierającego drożdży: s. 355

$$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}\uparrow + \text{CO}_2\uparrow$$

$$\text{NH}_4(\text{HCO}_3) \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}\uparrow + \text{CO}_2\uparrow$$
- Psucie się produktów spożywczych mogą powodować: s. 356
 - enzymy, które występują naturalnie w produktach spożywczych;
 - enzymy wytwarzane przez bakterie, drożdże, pleśń;
 - czynniki nieenzymatyczne (takie jak wilgoć i promienie świetlne).
- **Utrwalanie żywności** – ogół procesów zapobiegających psuciu się żywności i przedłużających czas ich przydatności do spożycia. s. 357



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcia: włókno, włókno celulozowe, włókno białkowe, włókno sztuczne, włókno syntetyczne.
2. Podaj pochodzenie i przykład włókna celulozowego, białkowego.
3. Czym różni się włókno syntetyczne od sztucznego? Podaj przykład każdego z nich.
4. Zaproponuj metodę odróżnienia:
 - a) włókna celulozowego od włókna białkowego,
 - b) włókna sztucznego od włókna syntetycznego.
5. Podaj przykładowe wady i zalety włókien roślinnych, zwierzęcych, sztucznych i syntetycznych.
6. Wymień przykładowe wady i zalety opakowań wykonanych z włókien roślinnych, zwierzęcych, sztucznych i syntetycznych.
7. Wskaż przykład zastosowania opakowań wykonanych z włókien roślinnych, zwierzęcych, sztucznych i syntetycznych.
8. Porównaj właściwości opakowań szklanych i tych wykonanych z włókien syntetycznych. Wymień wady i zalety każdego typu opakowań dla użytkownika oraz dla środowiska.
9. Wskaż poprawne wyjaśnienie pojęcia „emulsja”.
 - a) Układ dwufazowy składający się z co najmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna stanowi fazę rozpraszającą, a druga – fazę rozproszoną.
 - b) Układ dwufazowy składający się z co najmniej dwóch niemieszających się ze sobą cieczy, z których jedna stanowi fazę dyspersyjną, a druga – fazę zdyspergowaną.
 - c) Układ jednofazowy składający się z dwóch dobrze mieszających się ze sobą substancji ciekłych.
 - d) Układ jednofazowy składający się z dwóch niemieszających się ze sobą substancji ciekłych.
10. Jaką rolę odgrywa emulgator?
11. Porównaj emulsje typu O/W oraz W/O. Przedstaw mechanizmy ich tworzenia.
12. Wymień przykłady kilku emulsji, które można spotkać w życiu codziennym.
13. Wyjaśnij pojęcie „detergent”. Wymień przykłady detergentów, jakie można spotkać w życiu codziennym.
14. Dlaczego detergent działa szkodliwie:
 - a) w kontakcie ze skórą,
 - b) na organizm ludzki po jego spożyciu,
 - c) na środowisko?
15. Omów problem eutrofizacji. Podaj przykładowe sposoby minimalizacji tego zjawiska.
16. Wyjaśnij pojęcia: dawka, dawka zalecana (lecnicza), dawka minimalna, dawka maksymalna, dawka śmiertelna.
17. Wskaż, co decyduje o leczniczych lub toksycznych właściwościach substancji biologicznie czynnych.
18. Określ, dlaczego tak ważne jest przyjmowanie ustalonej dawki substancji biologicznie czynnych. Na wybranym przykładzie podaj zmienność właściwości substancji biologicznie czynnej w zależności od dawki.
19. Wyjaśnij jak działa:
 - a) węgiel aktywowany,
 - b) wybrany środek na nadkwasotę.

20. Podaj przykład i opisz działanie substancji biologicznie czynnej wprowadzonej do organizmu wraz ze spożytą kawą, herbatą oraz mlekiem.
21. Zastanów się, czy picie kawy jest zdrowe. Swoją odpowiedź uzasadnij.
22. Podaj nazwę oraz napisz w zeszycie równanie reakcji fermentacji wykorzystywanej w produkcji:
 - a) piwa i wina,
 - b) jogurtów i serów,
 - c) octu.
23. Napisz w zeszycie równania reakcji obrazujące zjawisko pulchnienia ciasta:
 - a) drożdżowego,
 - b) niedrożdżowego.
24. Wymień czynniki wywołujące psucie się produktów spożywczych.
25. Co to jest utrwalanie żywności? Podaj przykłady procesów prowadzących do utrwalania żywności.
26. Wymień przykłady zapobiegania psucia się żywności należące do metod:
 - a) biologicznych,
 - b) fizycznych,
 - c) chemicznych.

Indeks

A

aldehydy 176
aldoza 289
alkohol
 drugorzędowy 151
 pierwszorzędowy 151
 trzeciorzędowy 151
alkohole 142
aminokwasy 263
 alifatyczne 263
 aromatyczne 263
 białkowe (biogenne) 263
 egzogenne 263
 endogenne 263
 niebiałkowe 263
aminy 245
asymetryczny atom węgla 291

B

białka 278

C

chemia organiczna 8
C-koniec peptydu 271
czynnik
 elektrofilowy (elektrofil) 36
 nukleofilowy (nukleofil) 36

D

dawka 346
denaturacja białka 283
depolimeryzacja 99
detergenty 340

E

emulgatory 337
emulsja 336
emulsja O/W 338
emulsja W/O 338
estry 223
 mieszane 234

F

fenole 161
fermentacja
 alkoholowa 355
 mlekowa 355
 octowa 355

G

grupa
 formylowa (grupa aldehydowa) 177
 funkcyjna 14
grupy
 hydrofilowe 243
 hydrofobowe 243

H

homologi 33
hydroliza peptydów 272

I

izomeria 19
 grup funkcyjnych 22
 konstytucyjna 21
 optyczna 291
 położenia 22
 szkieletowa 21
izomery 19
 geometryczne 23

J

jon obojnaczy 268

K

ketony 189
ketoza 289
kraking 124
 katalityczny 125
 termiczny 124
kwasy
 monokarboksylowe 200
 polikarboksylowe 200
 tłuszczowe 212

L

liczba oktanowa 125
lokant 53

M

mer 77
monomer 77
monosacharydy 289
mydło 241

N

N-koniec peptydu 271

P

peptyd 271
polikondensacja 96
polimeryzacja 77
półspalanie 59
próba
 biuretowa 285
 ksantoproteinowa 284
punkt izoelektryczny 268

R

reakcja
 addycji 37
 addycji elektrofilowej 37
 eliminacji 37
 estryfikacji 226, 235
 polikondensacji 278
 spalania 59
 substytucji 36
 substytucji elektrofilowej 36
 substytucji nukleofilowej 37
 substytucji rodnikowej 36
 zmydlania (zmydlanie) 237
reakcje łańcuchowe 61
reforming 127
reguła
 Hückla 107
 Markownikowa 75
rezonans 106
rodnik 35
rzędowość 62

S

sekwencja aminokwasów 278
spalanie
 całkowite 59
 niecałkowite 59
stereoizomeria 21
struktura graniczna 106
szereg homologiczny 33

T

teoria witalistyczna 9
tłuszcze 233

U

utrwalanie żywności 357

W

wiązanie
 zdelokalizowane 105
wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne 114
włókna
 syntetyczne 327
 sztuczne 327
włókno 327
wysolenie 283
wzór
 półstrukturalny (grupowy) 15
 półstrukturalny (grupowy) uproszczony 15
 strukturalny 15
 sumaryczny 14
 szkieletowy 16

Z

związki
 aromatyczne 105
 wielofunkcyjne 33

18																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	
1314151617																	

1,0

Ca

20

II

wapń

40,078

metale

niemetale

gazy szlachetne

Elektryczność (w skali Paulinga)

Wartościowość typowa, rzadko spotykana)

Symbol chemiczny (dla stałych, ciekłych, gazów)

Liczba atomowa

Nazwa pierwiastka

Masa atomowa [u]