Romuald Hassa
Aleksandra Mrzigod
Janusz Mrzigod

To jest chemia

Chemia organiczna

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum

2

Zakres podstawowy

nowa era
Twoje mocne strony

To jest chemia

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania chemii, na podstawie opinii rzeczoznawców:
dr Mirosławy Jurak, dr hab. Małgorzaty Nodzyńskiej, dr hab. Katarzyny Kłosińskiej.

Zakres kształcenia: podstawowy
Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa (liceum ogólnokształcące i technikum)
Rok dopuszczenia: 2020

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 994/2/2020

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

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

Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na **www.legalnakultura.pl**

© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2024
ISBN 978-83-267-5099-1

Autor zbioru zadań: Aleksandra Kwiek.
Współpraca autorska: Małgorzata Mańska, Adriana Palińska-Saadi.
Konsultacja merytoryczna: Aleksandra Kwiek, Elżbieta Megiel.

Opracowanie redakcyjne: Edyta Ładna, Oliwia Pierzyńska, Honorata Piłasiewicz.
Redakcja merytoryczna: Oliwia Pierzyńska, Honorata Piłasiewicz.
Współpraca redakcyjna: Małgorzata Cholewińska, Marta Mieszkowska, Adriana Palińska-Saadi, Justyna Poliszkiewicz, Patrycja Ściślewska.
Redakcja językowa: Aleksandra Hofman, Marta Zuchowicz.
Nadzór artystyczny: Kaia Pichler.
Opieka graficzna: Ewa Kaletyn.
Projekt okładki: Maciej Galiński.
Projekt graficzny: Maciej Galiński.
Ilustracje: Elżbieta Buczkowska, Rafał Buczkowski, Zuzanna Dudzic, Natalia Helman, Adam Król, Krzysztof Mrawiński, Paulina Podolska, Joanna Ptak, Ewa Sowulewska.
Opracowanie graficzne: Maciej Galiński, Klaudia Jarocka, Marcin Kołacz, Aleksandra Szpunar, Grażyna Truchlińska, Sławomir Włodarczyk.
Realizacja projektu graficznego: Mariusz Knap.
Fotoedycja: Katarzyna Iwan-Maławska.

Nowa Era Sp. z o.o.
Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa
www.nowaera.pl, nowaera@nowaera.pl, Centrum Kontaktu: 58 721 48 00

Druk i oprawa: Quad/Graphics Europe Sp. z o.o.

O czym jest podręcznik?

W części 2. podręcznika znajdują się informacje na temat budowy i właściwości związków organicznych, a także obliczenia chemiczne. Wszystkie ważne umiejętności są wyjaśniane krok po kroku.



Czemu służą poszczególne elementy podręcznika?

To było w szkole podstawowej!

Przypomnienie podstaw przed rozpoczęciem nowego działu ułatwia zrozumienie wprowadzanych zagadnień.

Przykład 1.

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

Jest na to sposób!

Metoda na zapamiętanie nowych pojęć lub szybkie opanowanie umiejętności.

Zastosowania

Krok po kroku

Przedstawienie w *Krok po kroku* kolejnych etapów procesów ułatwia ich zrozumienie, a ciekawa grafika w *Zastosowaniach* przyspiesza zapamiętanie.

Zadania ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

Służą utrwaleniu wiadomości i ćwiczeniu umiejętności z lekcji na lekcję.

Zapamiętaj!

Najważniejsze definicje z każdego tematu.

Chemia w akcji

Fakty czy mity

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

Podsumowanie

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

Sprawdź, czy potrafisz...

Zadania przekrojowe, które ułatwiają ćwiczenie najważniejszych umiejętności przed sprawdzianem.

Doświadczenie 1.

Obowiązkowe doświadczenia chemiczne – wyróżnione kolorem pomarańczowym.

Piktogramy informują o właściwościach używanych substancji (substratów).

N — Doświadczenia chemiczne do wykonania wyłącznie przez nauczyciela.

! — Ważne informacje dotyczące m.in. zasad BHP.

Regulamin pracowni chemicznej i oznaczenia BHP

Przebywając w pracowni chemicznej, należy ściśle przestrzegać jej regulaminu i postępować zgodnie z zasadami bezpiecznej pracy.

- Wszystkie doświadczenia chemiczne można wykonywać wyłącznie na polecenie nauczyciela.
- Przed wykonaniem doświadczenia chemicznego na polecenie nauczyciela należy założyć fartuch i okulary ochronne, a jeśli to konieczne – rękawice ochronne.



- Doświadczenia chemiczne należy przeprowadzać według instrukcji zamieszczonej w podręczniku lub podanej przez nauczyciela.
- Wszystkie substancje stosowane do doświadczeń chemicznych należy traktować jako potencjalne trucizny: nie wolno ich dotykać, sprawdzać smaku ani zapachu.
- Na polecenie nauczyciela można sprawdzić zapach substancji, kierując jej pary ruchem wachlującym dłoni w stronę nosa.
- Podczas ogrzewania substancji w probówce trzeba skierować jej wylot w stronę, gdzie nikogo nie ma, i delikatnie nią poruszać.
- Należy zachować szczególne środki ostrożności podczas pracy z substancjami oznaczonymi znakami ostrzegawczymi w postaci piktogramów.
- Odpady, które zostają po doświadczeniach chemicznych, należy zbierać w odpowiednich pojemnikach i poddawać utylizacji.

Zagrożenia fizykochemiczne



substancje wybuchowe | substancje łatwopalne | substancje utleniające | gazy pod ciśnieniem | substancje korodujące metale

Zagrożenia dla zdrowia



substancje toksyczne | substancje drażniące | substancje rakotwórcze, mutagenne | substancje żrące

Zagrożenia dla środowiska



substancje niebezpieczne dla środowiska

Spis treści

Wprowadzenie do chemii organicznej 6

Węglowodory

1. Węglowodory nasycone – alkany 20
2. Zjawisko izomerii 30
3. Węglowodory nienasycone – alkeny 39
4. Węglowodory nienasycone – alkiny 55
5. Benzen – przedstawiciel węglowodorów aromatycznych 66
6. Paliwa kopalne i ich przetwarzanie 74

Podsumowanie 91

Sprawdź, czy potrafisz... 94

Fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy i ketony

7. Fluorowcopochodne węglowodorów 96
8. Alkohole monohydroksylowe 105
9. Alkohole polihydroksylowe 123
10. Fenole 131
11. Aldehydy 140
12. Ketony 150

Podsumowanie 158

Sprawdź, czy potrafisz... 162

Kwasy karboksylowe, estry, aminy i amidy

13. Kwasy karboksylowe 164
14. Wyższe kwasy karboksylowe 179
15. Estry 187
16. Tłuszcze 196
17. Środki czystości i kosmetyki 205
18. Aminy i amidy 220

Podsumowanie 235

Sprawdź, czy potrafisz... 240

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

19. Hydroksykwasy 242
20. Aminokwasy 253
21. Białka 262
22. Monosacharydy 278
23. Disacharydy 288
24. Polisacharydy 295
25. Tworzywa i włókna białkowe oraz celulozowe 301

Podsumowanie 311

Sprawdź, czy potrafisz... 314

Zbiór zadań

Węglowodory 316

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów – fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry, tłuszcze, aminy i amidy 323

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów – aminokwasy, peptydy, białka, sacharydy 333

Bibliografia 339

Szkło laboratoryjne 341

Sprzęt laboratoryjny 342

Najważniejsze grupy węglowodorów i ich wybrane pochodne 343

Właściwości fizyczne wybranych związków organicznych 344

Najważniejsze zastosowania wybranych związków organicznych 346

Nazewnictwo wybranych składników kosmetyków 351

Oznaczenia wybranych dodatków do żywności 352

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych – zbiór zadań 353

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych 354

Indeks 355

Wprowadzenie do chemii organicznej

Związki organiczne, podobnie jak związki nieorganiczne, występują powszechnie w naszym otoczeniu (fot. 1.).

sacharoza
$C_{12}H_{22}O_{11}$

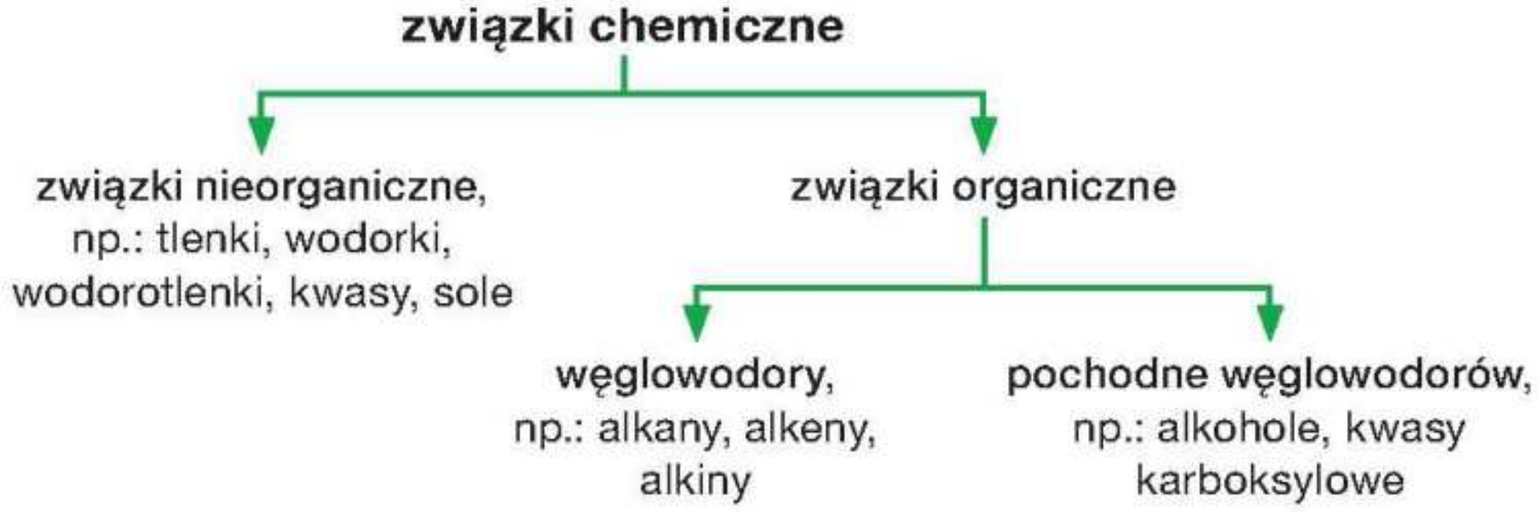
chlorek sodu
NaCl



Fot. 1. Cukier (sacharoza) to przykład związku organicznego, a sól kuchenna (chlorek sodu) – związku nieorganicznego.

Jak można podzielić związki chemiczne?

Wszystkie związki chemiczne można podzielić ze względu na skład chemiczny, a także budowę i właściwości. Tradycyjnie związki chemiczne dzieli się na:



Budowa i właściwości związków nieorganicznych zostały opisane w części 1. podręcznika „To jest chemia".

Z jakich pierwiastków chemicznych są zbudowane związki organiczne?

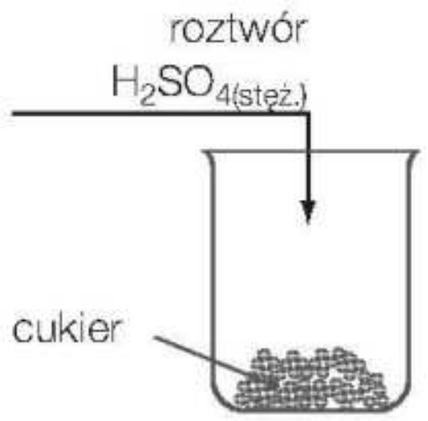
Doświadczenie 1. H_2SO_4

Wykrywanie węgla w cukrze spożywczym (sacharozie)

Odczynniki: cukier spożywczy (sacharoza), stężony roztwór kwasu siarkowego(VI).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, bagietka, łyżka do odczynników.

Instrukcja: Do wysokiej zlewki wsyp łyżkę cukru. Następnie ostrożnie wlej po bagietce tyle stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI), aby całkowicie zwilżyć cukier (schemat).





Fot. 2. Wykrywanie węgla w cukrze.

Obserwacje: Cukier żółknie, następnie staje się brunatny i czarny (fot. 2.). Zwiększa swoją objętość, a nad zlewką unosi się biały dym.
Wniosek: Cukier uległ zwęgleniu. Jednym z pierwiastków chemicznych wchodzących w skład cukru jest węgiel.

Węgiel jest składnikiem wszystkich związków organicznych.

Czym jest węgiel?

Słowo „węgiel" najczęściej kojarzy się nam z węglami kopalnymi (mieszaninami związków chemicznych), stosowanymi m.in. do produkcji energii elektrycznej. Określa ono również pierwiastek chemiczny – węgiel. Ten składnik wszystkich związków organicznych występuje w kilku odmianach alotropowych, które różnią się właściwościami fizycznymi i chemicznymi.

Czym są odmiany alotropowe pierwiastka chemicznego?

Odmiany pierwiastka chemicznego, np. węgla, różniące się budową wewnętrzną, a przez to też właściwościami fizycznymi i chemicznymi, są nazywane odmianami alotropowymi.

Jakie odmiany alotropowe ma węgiel?

Najlepiej poznanymi odmianami alotropowymi węgla pierwiastkowego są: diament, grafit, grafen i fulereny (patrz s. 8).

Czym jest alotropia?

Alotropia to zjawisko występowania pierwiastka chemicznego w odmianach różniących się budową wewnętrzną, a więc przez to też właściwościami fizycznymi i chemicznymi.

14
2 **$_6$C**
węgiel
12,011

Związki chemiczne, które zawierają węgiel, ale **nie są związkami organicznymi**, to m.in. tlenki: CO, CO_2 oraz nietrwały kwas węglowy i jego sole (węglany i wodorowęglany).

Właściwości fizyczne:
- stan skupienia
- barwa
- połysk
- gęstość
- twardość
- rozpuszczalność w wodzie
- temperatury wrzenia i topnienia
- przewodnictwo elektryczne i cieplne

Właściwości chemiczne:
- zapach
- smak
- toksyczność
- palność
- aktywność chemiczna

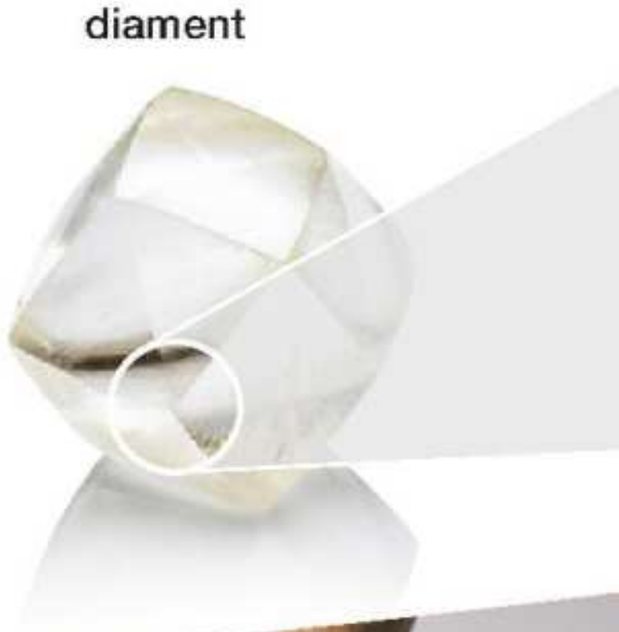
Krok po kroku

Cztery najważniejsze odmiany alotropowe węgla

Czysty węgiel pierwiastkowy występuje w kilku odmianach alotropowych. Najważniejsze z nich to: **diament**, **grafit**, **grafen** i **fulereny**.

1 Diament

Każdy atom węgla w diamencie jest połączony z czterema innymi atomami węgla za pomocą bardzo silnych wiązań kowalencyjnych. Dzięki nim diament jest najtwardszą substancją występującą na Ziemi.


diament

Właściwości fizyczne

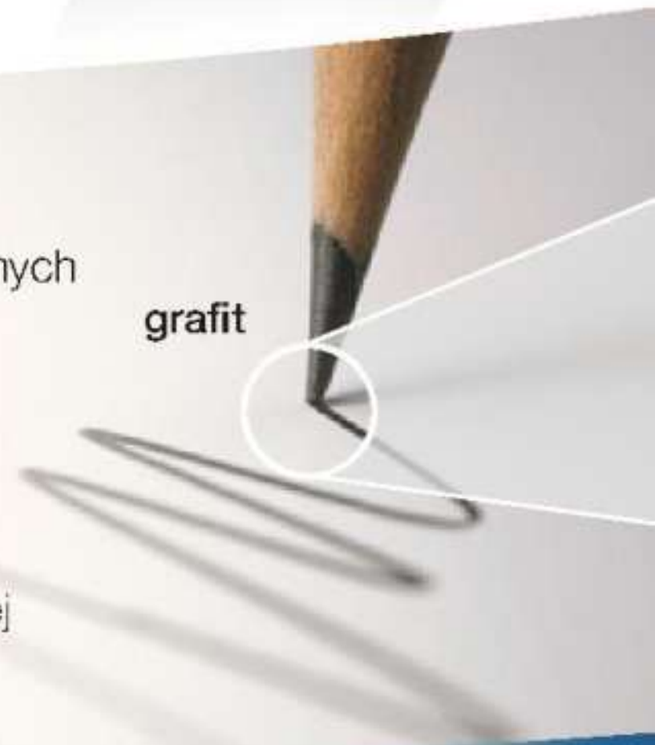
- substancja stała, krucha
- zwykle bezbarwne kryształy, nierozpuszczalne w wodzie
- nie przewodzi prądu elektrycznego
- dobrze przewodzi ciepło

Właściwości chemiczne

- bezwonny
- mało aktywny chemicznie, spala się w temperaturze wyższej od 850°C
- w podwyższonej temperaturze reaguje m.in. z F_2

2 Grafit

Jego sieć krystaliczna składa się z oddalonych od siebie warstw atomów węgla połączonych oddziaływaniami van der Waalsa. Łatwo je rozdzielić, dlatego grafit jest miękki i łupliwy.


grafit

Właściwości fizyczne

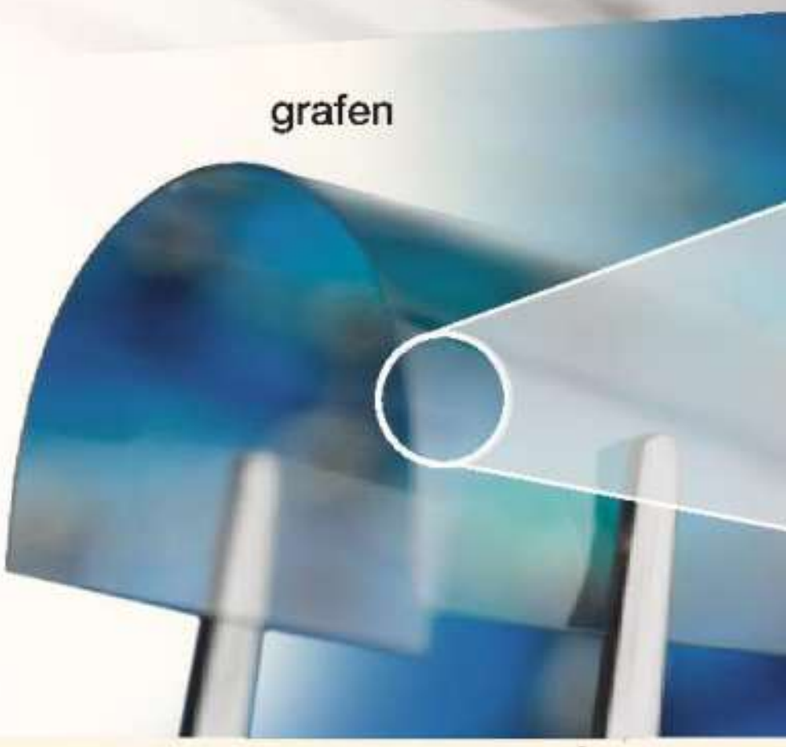
- substancja stała, miękka, tłusta w dotyku
- ciemnoszare płytki, nierozpuszczalne w wodzie
- dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło

Właściwości chemiczne

- bezwonny
- mało aktywny chemicznie w temperaturze 0°C; w podwyższonej temperaturze reaguje m.in. z Br_2
- ulega reakcjom spalania

3 Grafen

Jest zbudowany z pojedynczej warstwy atomów węgla, której struktura przypomina plaster miodu.


grafen

Właściwości fizyczne

- substancja stała, wytrzymała mechanicznie
- przezroczysty
- nierozpuszczalny w wodzie
- dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło

Właściwości chemiczne

- bezwonny
- mało aktywny chemicznie
- w wyniku reakcji z wodorem staje się izolatorem

4 Fulereny

Jedna warstwa atomów węgla, połączonych wiązaniami kowalencyjnymi, tworzy zamkniętą strukturę kształtem zbliżoną do piłki.


fulereny

Właściwości fizyczne

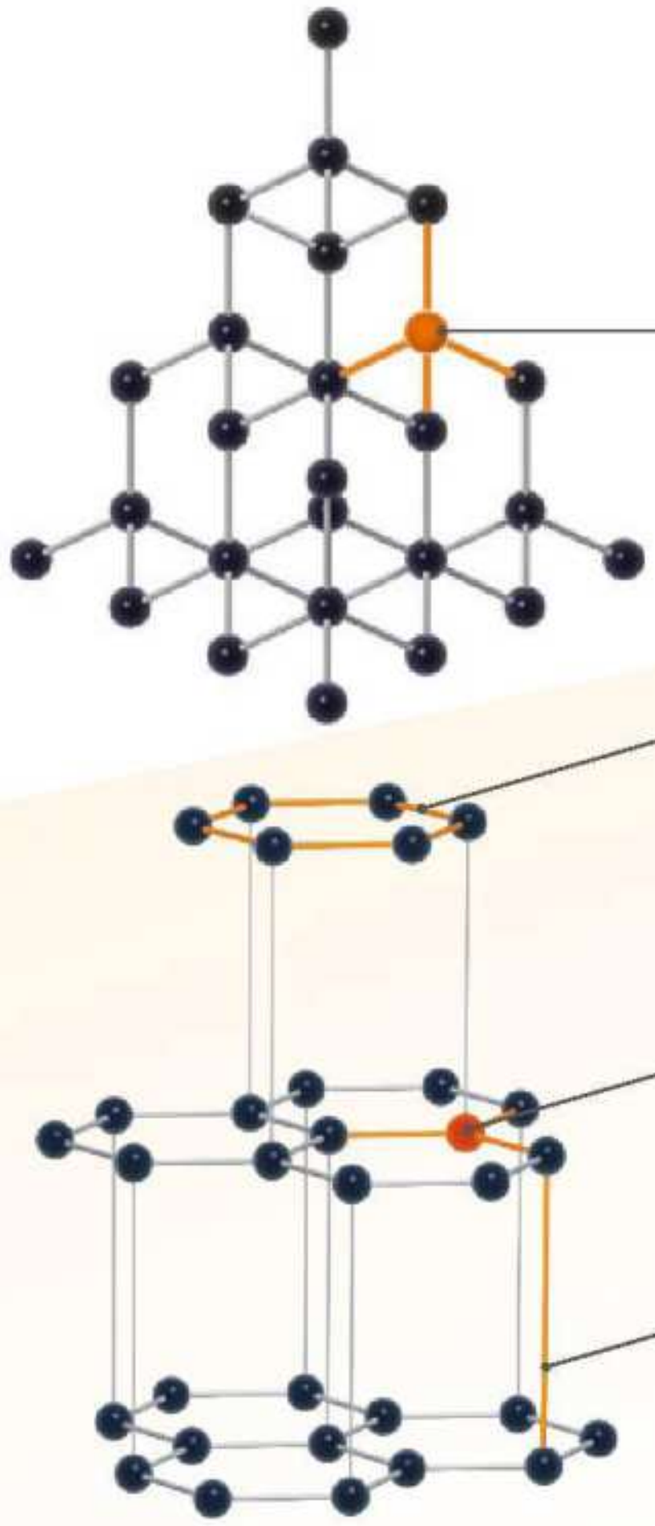
- substancje stałe o metalicznym połysku
- kryształy o barwie od żółtej do czerwonobrązowej
- nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych
- mają właściwości nadprzewodzące i półprzewodnikowe

Właściwości chemiczne

- bezwonne
- pod wpływem światła ulegają rozkładowi
- reagują z najaktywniejszymi litowcami
- ulegają reakcjom spalania

zdjęcia mikroskopowe
odmian alotropowych węgla





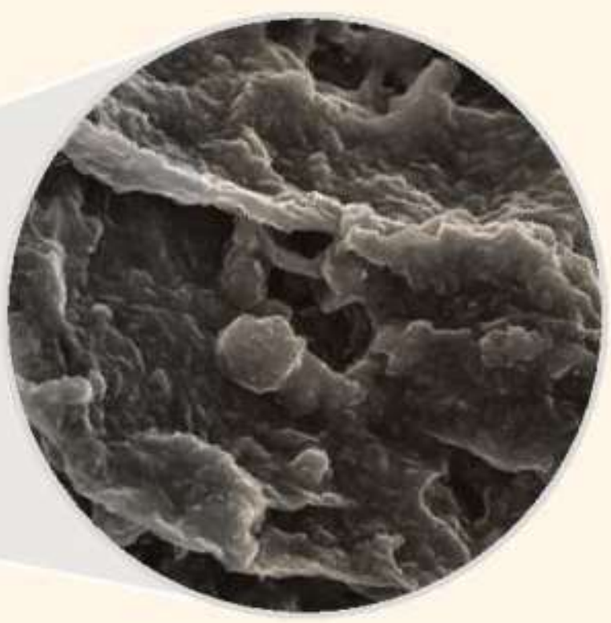
każdy atom węgla
łączy się z **czterema**
innymi atomami węgla

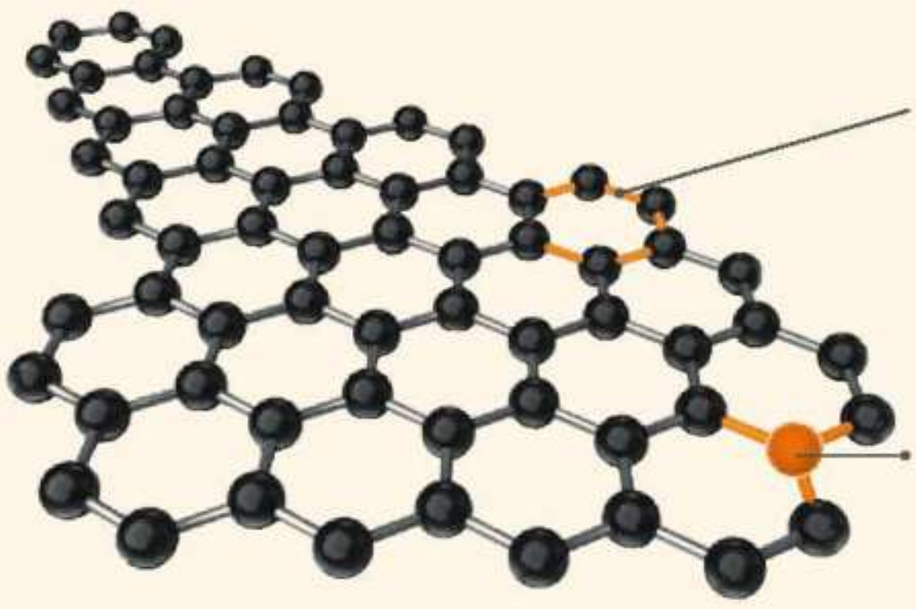
warstwy zbudowane
z sześciokątnych pierścieni



każdy atom węgla
łączy się z **trzema**
innymi atomami węgla

odległość między
warstwami jest większa niż
długość wiązania C–C

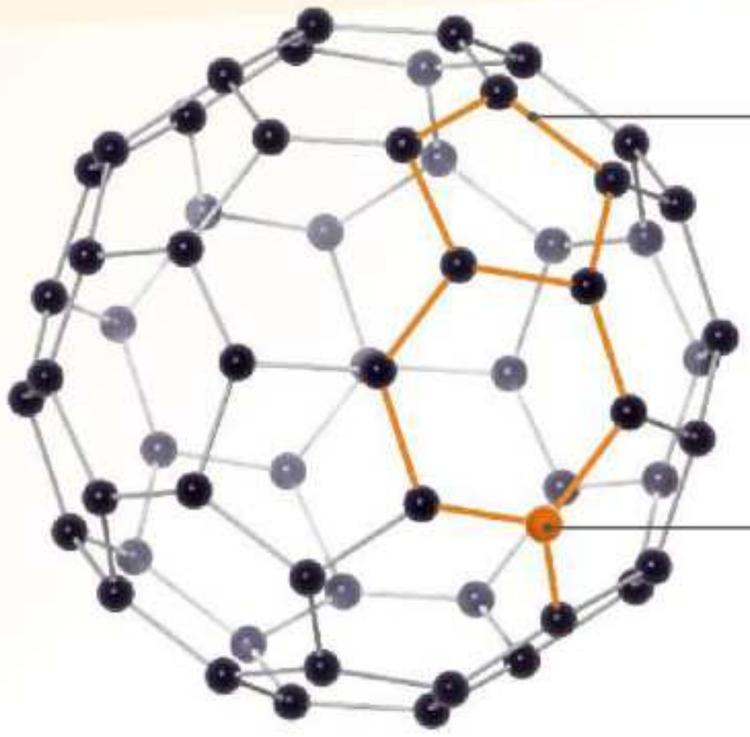




pojedyncza warstwa
atomów zbudowana
z sześciokątnych
pierścieni

każdy atom węgla
łączy się z **trzema**
innymi atomami węgla





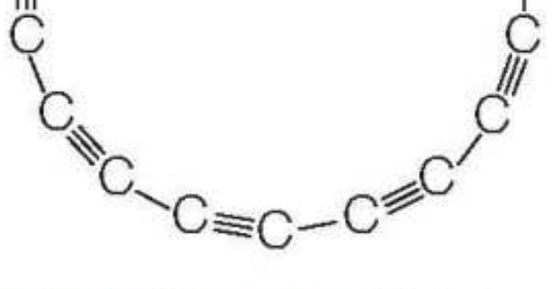
pięciokątne
i sześciokątne
pierścienie

każdy atom węgla
łączy się z **trzema**
innymi atomami węgla

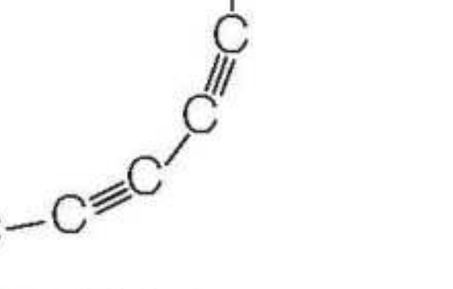
Czy węgiel ma więcej odmian alotropowych?

Oprócz diamentu, grafitu, grafenu i fulerenów znane są jeszcze **dwie inne odmiany alotropowe węgla**.

Pierwsza z nich to **karbin**, który ma postać białych kryształów. Atomy węgla w karbinie są połączone w łańcuchy wiązaniami podwójnymi lub naprzemiennie pojedynczymi i potrójnymi:

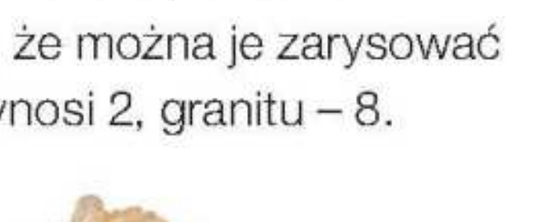


wiązania **podwójne**



naprzemienne wiązania pojedyncze i potrójne

Druga z nich to **cyklokarbon**. Jest to najsłabiej poznana, pierścieniowa odmiana alotropowa węgla. Tworzy ją 18 atomów węgla połączonych naprzemiennie wiązaniami pojedynczymi i potrójnymi. W cyklokarbonie każdy atom węgla łączy się z dwoma innymi atomami węgla:



wzór strukturalny cyklokarbonu

Fakty czy mity

Twardy jak skała – MIT

Do określania twardości minerałów służy skala Mohsa [czyt. mosa] (rys. 1.). W skali tej 1 oznacza najbardziej miękki materiał, natomiast 10 – najtwardszy. Skały gipsowe są tak miękkie, że można je zarysować paznokciem – twardość gipsu w skali Mohsa wynosi 2, granitu – 8. Najtwardszą substancją jest jednak diament.



Rys. 1. Najtwardszą ze znanych substancji naturalnych jest diament – odmiana alotropowa węgla.

Zastosowania

Odmiany alotropowe węgla

Najwięcej zastosowań mają najlepiej poznane odmiany – fulereny, grafit i diament. Grafen może być stosowany np.: w elektronice, w medycynie oraz do produkcji materiałów o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej.





Fulereny

Coraz częściej są wykorzystywane w **medycynie**, m.in. do projektowania leków dla chorych na AIDS lub nowotwory. Z kolei dodanie fulerenu C_{60} do aluminium zwiększa jego twardość, dlatego ten fuleren jest używany również w przemyśle metalurgicznym.



Grafit

Dzięki przesuwaniu się względem siebie warstw atomów węgla grafit pozostawia ślady przy pocieraniu, np. o kartkę papieru, dlatego jest stosowany do **produkcji ołówków**. Grafit można także znaleźć w elektrodach, prętach reaktorów jądrowych oraz szczotkach do silników elektrycznych.

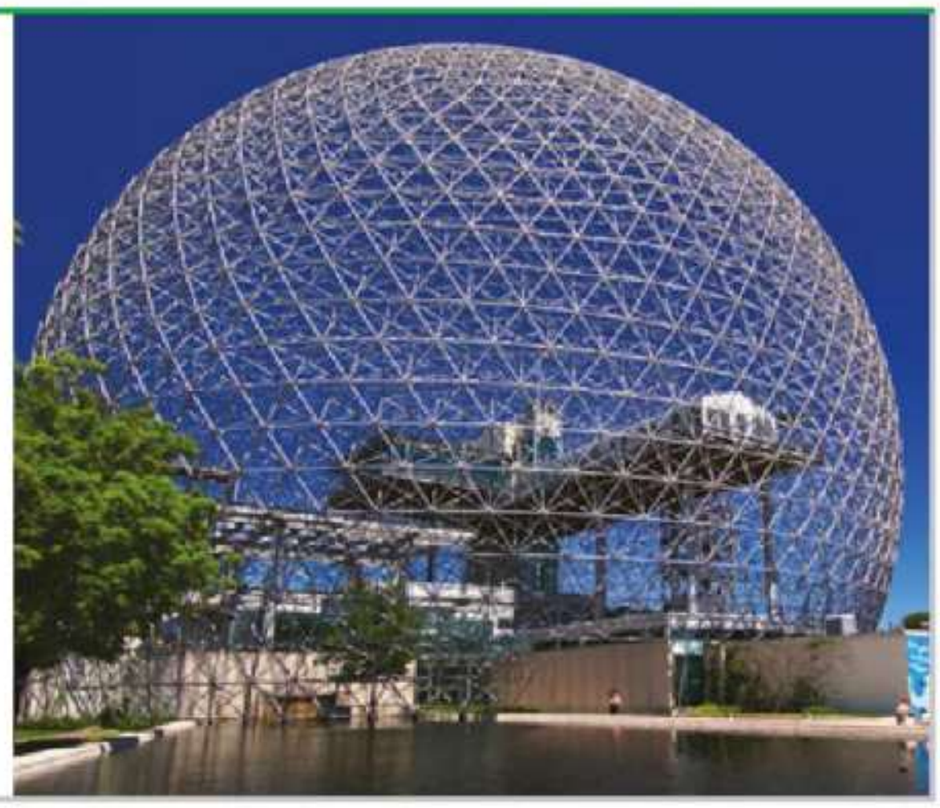
Diament

Diamenty oszlifowane w specjalny sposób to brylanty – najcenniejsze kamienie szlachetne. Są wykorzystywane w **jubilerstwie** do wytwarzania biżuterii. Diamentów używa się także do produkcji m.in. narzędzi tnących oraz sprzętów elektronicznych.

Fakty czy mity

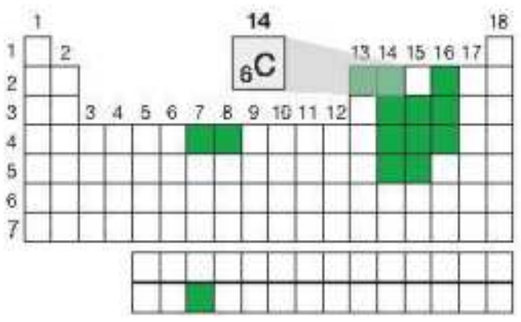
Budowle w kształcie fulerenów powstały, zanim skonstruowano pierwszy model fulerenu – FAKT

Do stworzenia pierwszego modelu fulerenu C_{60} zainspirował sir Harolda W. Kroto widok konstrukcji (fot. 3.) zaprojektowanych jako pokrycia pawilonów wystawowych, targowych i hal fabrycznych.



Fot. 3. Nazwa „fulereny" pochodzi od nazwiska amerykańskiego architekta **Richarda Buckminstera Fullera** [czyt. riczarda bakminstera fulera], który wynalazł kopułę geodezyjną.

Wybrane pierwiastki chemiczne mające odmiany alotropowe:



Model atomu: fosforu

Które pierwiastki chemiczne, oprócz węgla, mają odmiany alotropowe?

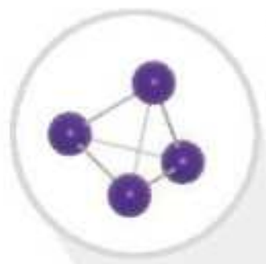
Oprócz węgla odmiany alotropowe mają m.in. fosfor i tlen. Najbardziej znane **odmiany alotropowe fosforu to fosfor biały i fosfor czerwony** (fot. 4.). Fosfor biały to bardzo trująca i najbardziej aktywna chemicznie odmiana alotropowa fosforu. Fosfor czerwony, w przeciwieństwie do fosforu białego, nie jest substancją trującą



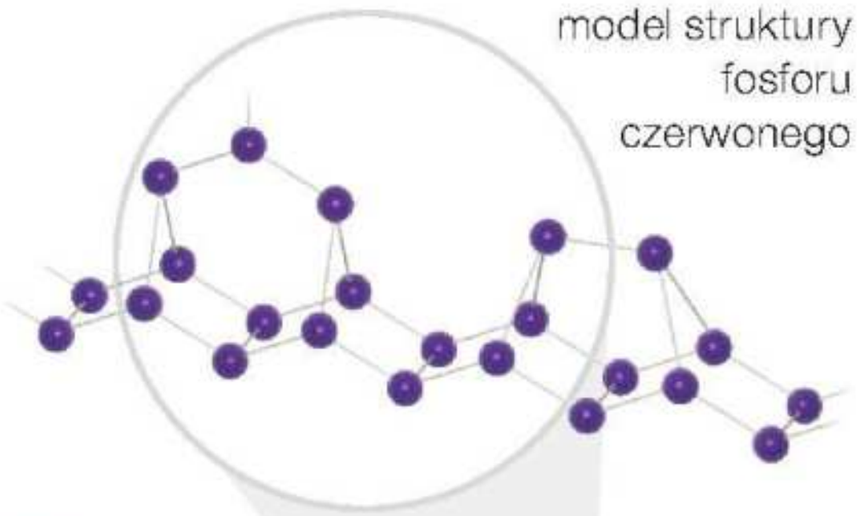
fosfor biały



fosfor czerwony



model struktury fosforu białego



model struktury fosforu czerwonego





Fot. 4. Fosfor biały jest białą, woskowatą substancją, a fosfor czerwony to ciemnoczerwony proszek.

Chemia w akcji

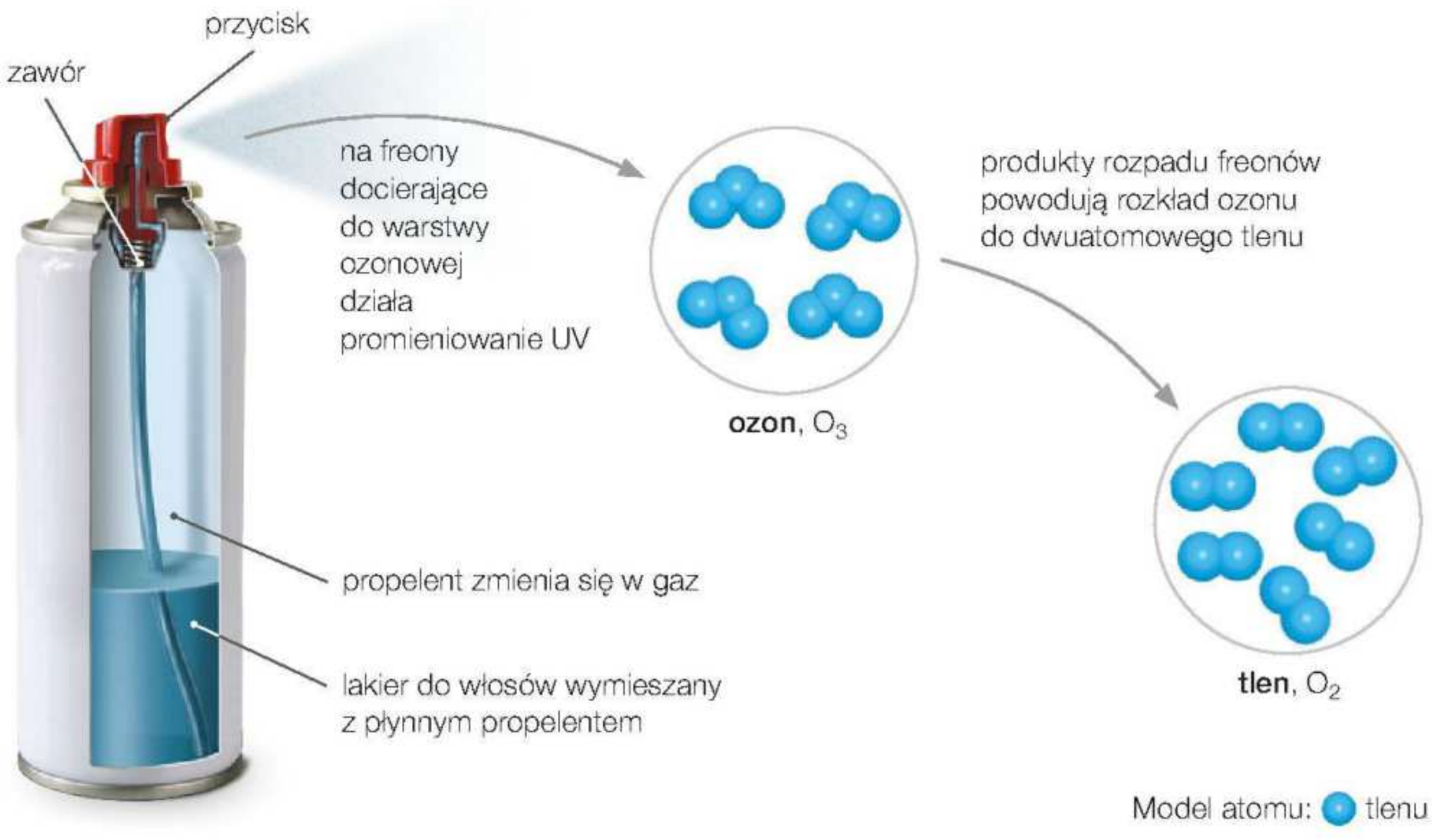
Do produkcji pierwszych zapałek z dodatkiem fosforu (w główce zapałki) wykorzystywano fosfor biały. Jednak z powodu jego trujących właściwości produkcja zapałek była bardzo niebezpieczna, a robotnicy pracujący przy ich wytwarzaniu masowo chorowali. W 1848 r. zostały przeprowadzone pierwsze próby z zastosowaniem fosforu czerwonego jako składnika drasek (fot. 5.).



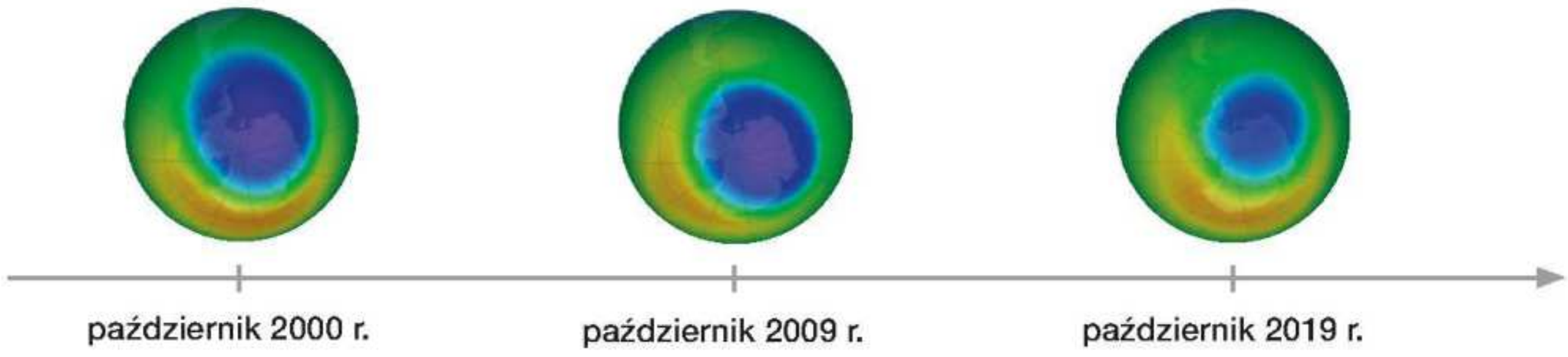
Fot. 5. Fosfor czerwony nadal jest składnikiem drasek znajdujących się na pudełkach zapałek.

Chemia w akcji

Ozon to odmiana alotropowa tlenu. Gdy znajduje się przy powierzchni ziemi, niekorzystnie wpływa na środowisko przyrodnicze. Natomiast wyżej, 15–30 km nad powierzchnią ziemi, **ozon tworzy** tzw. **warstwę ozonową (ozonosferę)**, która jest naturalnym filtrem chroniącym ludzi i zwierzęta przed szkodliwym dla nich promieniowaniem nadfioletowym (UV). Stężenie ozonu wyraża się w jednostkach Dobsona (DU). Obszar, na którym ilość ozonu w górnych warstwach atmosfery jest mniejsza niż 220 DU, jest nazywany **dziurą ozonową**. Zmniejszenie ilości ozonu w ozonosferze jest spowodowane m.in. emisją **freonów**, czyli związków organicznych stosowanych dawniej np. w aerozolach jako gazy nośne.



Jak emisja freonów wpływa na rozmiar dziury ozonowej?



Powszechne stosowanie freonów do lat 80. XX w. spowodowało, że **dziura ozonowa intensywnie się powiększała** – największą powierzchnię miała w październiku 2000 r. Odkrycie niszczącego wpływu freonów na ozonosferę sprawiło, że **wprowadzono zakaz ich stosowania**. Jednak w atmosferze nadal znajdują się cząsteczki freonów, ponieważ rozkładają się one bardzo powoli. Zaprzestanie emisji freonów do atmosfery przyczyniło się do tego, że **dziura ozonowa się zmniejszyła.**

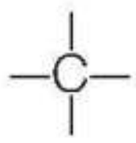
Jak są zbudowane związki organiczne?

Oprócz węgla w skład związków organicznych wchodzą najczęściej wodór, tlen, azot i siarka.

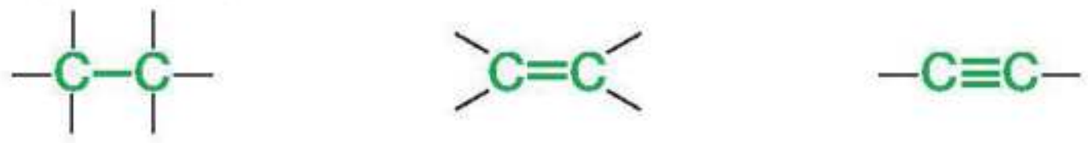
Oto pięć najważniejszych zasad budowy związków organicznych.

Zasada 1 ▶ Każdy związek chemiczny ma charakterystyczną dla siebie budowę, zależną od rodzaju i liczby atomów tworzących ten związek oraz liczby i rodzaju wiązań między tymi atomami.

Zasada 2 ▶ **Węgiel** w związkach organicznych **jest zawsze czterowartościowy**. Atom węgla ma cztery elektrony walencyjne, więc **tworzy cztery wiązania kowalencyjne**:

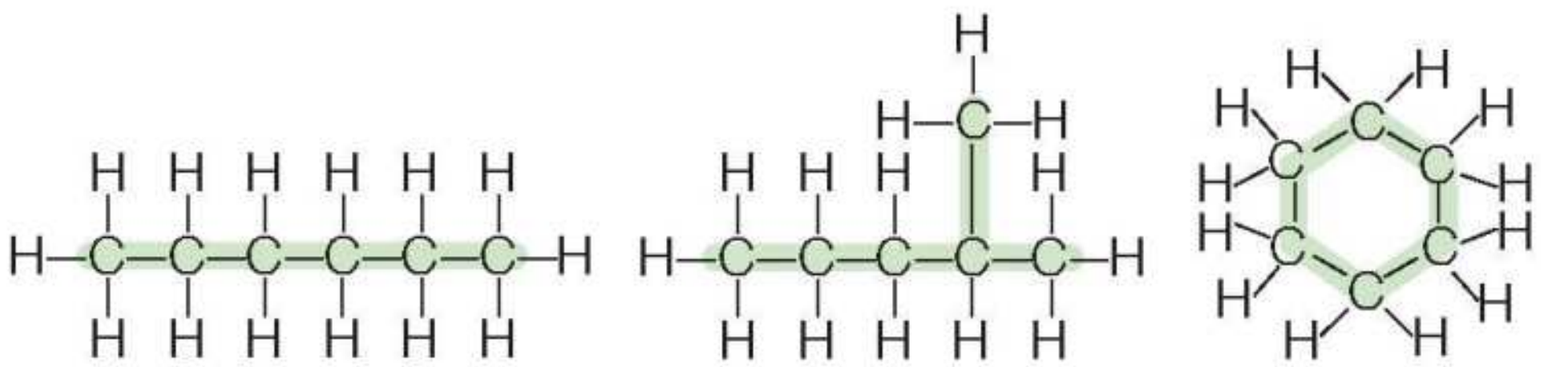


Zasada 3 ▶ Atomy węgla mogą łączyć się ze sobą wiązaniami **pojedynczymi**, **podwójnymi** i **potrójnymi**:



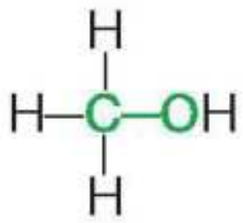
wiązanie pojedyncze — wiązanie podwójne — wiązanie potrójne

Zasada 4 ▶ Atomy węgla mogą łączyć się ze sobą, tworząc **łańcuchy proste** i **rozgałęzione** o różnej długości lub **pierścienie** o różnej wielkości:



łańcuch prosty — łańcuch rozgałęziony — pierścień (forma cykliczna)

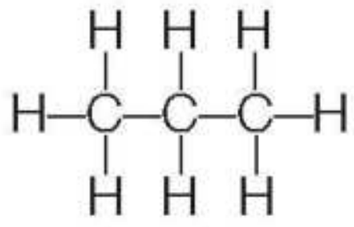
Zasada 5 ▶ Atomy węgla mogą łączyć się **z atomami innych pierwiastków chemicznych**, np. tlenu:



Wymienione w punktach 1–5 oraz pozostałe zasady budowy związków organicznych (omówione w kolejnych tematach) są opisane w tzw. **teorii strukturalnej**. Sformułowali ją niezależnie od siebie m.in. **Aleksander Michajłowicz Butlerow** [czyt. aleksander michajłowicz butlerof] i **Friedrich August Kekulé** [czyt. fridrich ałgust kekule].

Jakie wzory stosuje się do zapisywania związków organicznych?

1. Wzór strukturalny.
Uwzględnia on rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego oraz utworzone w cząsteczce wiązania. Wzór zawiera pojedyncze atomy.



wzór strukturalny propanu

2. Wzór półstrukturalny.
Przedstawia on rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego oraz wiązania węgiel-węgiel. Wzór ten zawiera grupy atomów.

$CH_3—CH_2—CH_3$

wzór półstrukturalny propanu

3. Wzór grupowy.
Uwzględnia on rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego, ale pomija się w nim wiązania. Wzór grupowy przedstawia tylko grupy atomów.

$CH_3CH_2CH_3$

wzór grupowy propanu

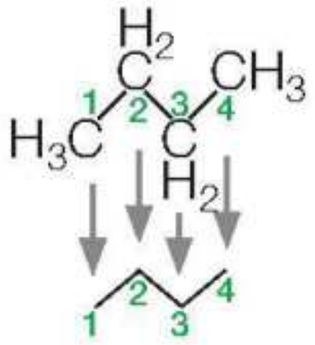
4. Wzór sumaryczny.
Podaje on tylko rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego. Na jego podstawie nie można jednoznacznie określić budowy związku organicznego.

C_3H_8

wzór sumaryczny propanu

5. Wzór szkieletowy.
Przedstawia on tylko szkielet cząsteczki, czyli układ wiązań węgiel-węgiel, a pomija atomy węgla i wodoru występujące w szkielecie. Pojedyncza kreska oznacza wiązanie pojedyncze, podwójna – podwójne, a potrójna – potrójne. Atomy węgla znajdują się na każdym końcu odcinków linii łamanej.

wzór szkieletowy propanu



Każdy związek chemiczny można też przedstawić za pomocą wzoru empirycznego (elementarnego) i rzeczywistego.

Chemia w akcji

Węgiel leczniczy [łac. *carbo medicinalis*] to szczególna postać węgla, nazywana też węglem aktywnym lub węglem aktywowanym (fot. 6.). Ma on silne właściwości adsorpcyjne, dlatego pochłania substancje szkodliwe, będące przyczyną zatruć i dolegliwości żołądkowych. Takie właściwości wynikają z rozdrobnienia węgla, dzięki czemu jego cząstki mają bardzo dużą powierzchnię: 1 g węgla leczniczego może mieć powierzchnię 400–1500 m^2. Węgiel leczniczy nie jest wchłaniany w przewodzie pokarmowym, jest więc uznawany za substancję nieszkodliwą dla organizmu.



Fot. 6. Węgiel leczniczy otrzymuje się zwykle z odpowiednio spreparowanego węgla drzewnego.

wzór empiryczny
CH

wzór rzeczywisty
C_2H_2

stosunek atomowy



C_2H_2
liczba atomów C : liczba atomów H
2 : 2
1 : 1

skład procentowy
C_2H_2
%C : %H
$\left(\frac{2 \cdot 12u}{26u} \cdot 100\%\right) : \left(\frac{2 \cdot 1u}{26u} \cdot 100\%\right)$
92% : 8%

Jak ustalić wzory empiryczny i rzeczywisty związku organicznego?

Wzory empiryczny i rzeczywisty związku organicznego ustala się w taki sam sposób jak wzory związku nieorganicznego.

Wzór empiryczny (wzór elementarny) związku chemicznego określa stosunek liczby moli lub liczby atomów poszczególnych pierwiastków w cząsteczce związku chemicznego wyrażony za pomocą **najmniejszych liczb całkowitych**.

Na podstawie znajomości składu procentowego (procentu masowego) i masy cząsteczkowej związku chemicznego można ustalić jego **wzór rzeczywisty**, który **określa rzeczywiste liczby atomów** pierwiastków chemicznych w cząsteczce związku chemicznego.

Wzór rzeczywisty może być taki sam jak wzór empiryczny albo stanowić jego wielokrotność.

Przykład 1.

W jaki sposób ustalić wzory empiryczny i rzeczywisty związku organicznego na podstawie składu procentowego i masy molowej tego związku?

Ustal wzory empiryczny i rzeczywisty związku chemicznego zawierającego 80% węgla i 20% (procent masowy) wodoru, jeżeli masa molowa tego związku wynosi 30 $\frac{g}{mol}$.

Sposób I

Plan rozwiązywania

1. Wypisz dane i szukane.
2. Wyznacz masy pierwiastków w związku chemicznym.
3. Wyznacz stosunek molowy pierwiastków w związku chemicznym.
4. Ustal wzór empiryczny na podstawie składu procentowego.
5. Ustal wzór rzeczywisty na podstawie wzoru empirycznego i masy molowej.
6. Napisz odpowiedź.

Sposób I

1 **Dane:**
%C = 80%
%H = 20%
$M_{C_{x2}H_{y2}} = 30 \frac{g}{mol}$

Szukane:
wzór empiryczny $C_{x1}H_{y1}$ = ?
wzór rzeczywisty $C_{x2}H_{y2}$ = ?

2 Przyjmij, że masz 100 g związku chemicznego. Wówczas masy pierwiastków chemicznych będą równe ich zawartościom procentowym:

100% to 100 g związku chemicznego
%C = 80% *to* mC = 80 g
%H = 20% *to* mH = 20 g

3 Stosunek molowy pierwiastków chemicznych można obliczyć, dzieląc otrzymane masy przez ich masy molowe:

$$n_C : n_H = \frac{80\,g}{12\frac{g}{mol}} : \frac{20\,g}{1\frac{g}{mol}}$$

$n_C : n_H$ = 6,67 mola : 20 moli
$n_C : n_H$ = 1 : 3

4 Wzór empiryczny tego związku chemicznego to CH_3.

Obliczanie liczby moli za pomocą wzoru:

$n = \frac{m}{M}$

gdzie:
n – liczba moli, mol,
m – masa próbki, g,
M – masa molowa, $\frac{g}{mol}$

patrz s. 17

5 Aby ustalić wzór rzeczywisty, należy obliczyć masę molową CH_3:

$M_{CH_3} = 12\ \frac{g}{mol} + 3 \cdot 1\ \frac{g}{mol}$ $\qquad$ $M_{CH_3} = 15\ \frac{g}{mol}$

i podzielić masę molową $M_{C_{x2}H_{y2}} = 30\ \frac{g}{mol}$ przez masę molową $M_{CH_3} = 15\ \frac{g}{mol}$:

$$\frac{M_{C_{x2}H_{y2}}}{M_{CH_3}} = \frac{30\frac{g}{mol}}{15\frac{g}{mol}} \qquad \frac{M_{C_{x2}H_{y2}}}{M_{CH_3}} = 2$$

Zatem wzór rzeczywisty jest podwojonym wzorem empirycznym i ma postać C_2H_6.

6 Wzór empiryczny tego związku chemicznego to CH_3, a wzór rzeczywisty to C_2H_6.

Sposób II

1 **Dane:**
$\%C = 80\%$
$\%H = 20\%$
$M_{C_{x2}H_{y2}} = 30\ \frac{g}{mol}$

Szukane:
wzór empiryczny $C_{x1}H_{y1} = ?$
wzór rzeczywisty $C_{x2}H_{y2} = ?$

2 Przyjmij, że masz 1 mol związku chemicznego. Wówczas masy pierwiastków chemicznych można obliczyć na podstawie masy molowej oraz składu procentowego pierwiastków w tym związku chemicznym:

$m_C = 80\%$ z $M_{C_{x2}H_{y2}}$
$m_H = 20\%$ z $M_{C_{x2}H_{y2}}$
m_C *stanowi* 80%
30 g *stanowi* 100%

$$m_C = \frac{30\ g \cdot 80\%}{100\%}$$

$m_C = 24\ g$

m_H *stanowi* 20%
30 g *stanowi* 100%

$$m_H = \frac{30\ g \cdot 20\%}{100\%}$$

$m_H = 6\ g$

3 Stosunek molowy pierwiastków chemicznych można obliczyć, dzieląc otrzymane masy przez ich masy molowe:

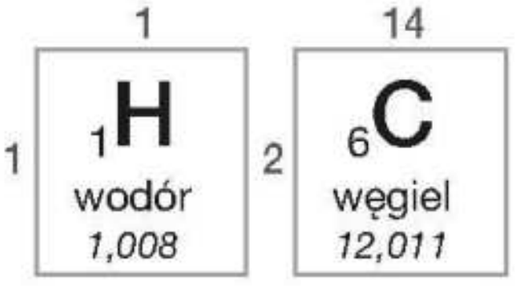
$$n_C : n_H = \frac{24\ g}{12\frac{g}{mol}} : \frac{6\ g}{1\frac{g}{mol}} \qquad n_C : n_H = 2\ mole : 6\ moli$$

$n_C : n_H = 2 : 6$

4 Wzór rzeczywisty tego związku chemicznego to C_2H_6.

5 Aby ustalić wzór empiryczny, należy stosunek liczby atomów w cząsteczce związku chemicznego wyrazić za pomocą najmniejszych liczb całkowitych.
Zatem wzór empiryczny tego związku chemicznego ma postać CH_3.

6 Wzór empiryczny tego związku chemicznego to CH_3, a wzór rzeczywisty to C_2H_6.



Sposób II

Plan rozwiązywania

1 Wypisz dane i szukane.
2 Wyznacz masy pierwiastków w związku chemicznym.
3 Wyznacz stosunek molowy pierwiastków w związku chemicznym.
4 Ustal wzór rzeczywisty na podstawie liczby moli pierwiastków chemicznych w związku.
5 Ustal wzór empiryczny na podstawie wzoru rzeczywistego.
6 Napisz odpowiedź.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Wskaż wzory sumaryczne substancji, które nie są związkami organicznymi.**
   CH_4, C_2H_2, CO_2, C_2H_4, H_2CO_3, $C_6H_{12}O_6$, CO

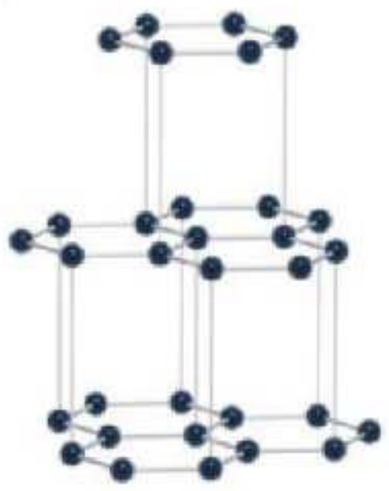
2. **Wskaż zdania, które są prawdziwe.**
   a) Węgiel w związkach organicznych jest zawsze czterowartościowy.
   b) Węgiel ma 3 odmiany alotropowe.
   c) Cząsteczki związków organicznych są zbudowane wyłącznie z atomów węgla i wodoru.
   d) Wzór rzeczywisty może być wielokrotnością wzoru empirycznego.

3. **Napisz, które pierwiastki chemiczne (oprócz węgla, tlenu i fosforu) mają odmiany alotropowe.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

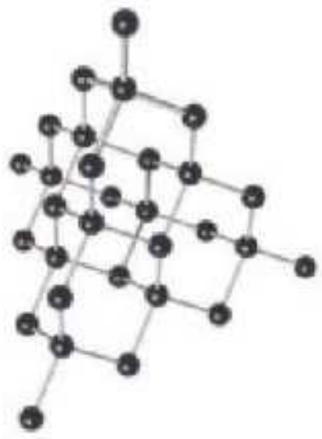
4. Ustal, do której odmiany alotropowej – diamentu czy grafitu – odnoszą się poniższe właściwości. **Napisz, jakie zastosowania diamentu i grafitu wynikają z tych właściwości.**
   a) najtwardsza ze znanych substancji naturalnych
   b) miękka substancja stała
   c) zdolność do załamywania światła
   d) zdolność przewodzenia prądu elektrycznego

5. **Napisz nazwy odmian alotropowych węgla przedstawionych na modelach.**

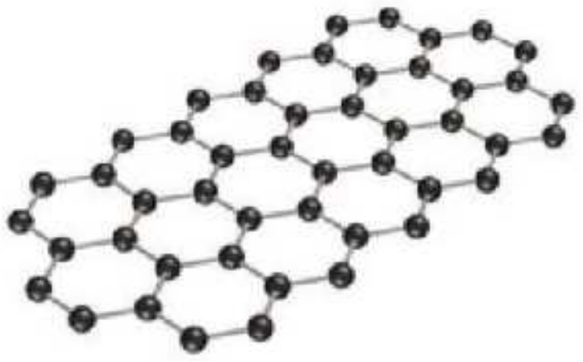
a)



b)



c)



6. **Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny, grupowy i szkieletowy węglowodoru o wzorze sumarycznym C_4H_{10}.**

7. **Ustal, który węglowodór – C_4H_8 czy C_6H_{10} – charakteryzuje się większą zawartością procentową węgla (w procentach masowych).**

8. **Oblicz stosunek masowy pierwiastków chemicznych w węglowodorach o podanych wzorach.**
   a) C_4H_{10} b) C_4H_8 c) C_4H_6

9. **Określ wzór empiryczny pewnego węglowodoru zawierającego 82,76% (w procentach masy) węgla.**

10. **Ustal wzór rzeczywisty związku węgla i wodoru, wiedząc, że zawiera 85,7% węgla, a jego masa molowa wynosi 28 $\frac{g}{mol}$.**

Zapamiętaj!

Alotropia – zjawisko występowania pierwiastka chemicznego w odmianach różniących się budową, a przez to właściwościami fizycznymi i chemicznymi.

Wzór strukturalny – uwzględnia rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego oraz sposób, w jaki atomy są ze sobą połączone.

Wzór półstrukturalny – uwzględnia rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego oraz wiązania węgiel-węgiel.

Wzór grupowy – uwzględnia rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład związku chemicznego, połączonych w grupy atomów.

Wzór sumaryczny – uwzględnia tylko rodzaj i liczbę atomów wchodzących w skład cząsteczki związku chemicznego.

Wzór szkieletowy – przedstawia tylko szkielet cząsteczki, uwzględnia tylko wiązania węgiel-węgiel, pomija atomy węgla i wodoru występujące w szkielecie.

Węglowodory

To było w szkole podstawowej!

- Alkany to **węglowodory nasycone**, których cząsteczki zawierają wyłącznie **wiązania pojedyncze** między atomami węgla. Wzór ogólny **alkanów**:

$$C_nH_{2n+2}$$

gdzie: n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkanu; $n \geqslant 1$.

- Alkeny i alkiny to **węglowodory nienasycone**. W cząsteczkach alkenów występuje jedno wiązanie podwójne między atomami węgla, a w cząsteczkach alkinów – jedno potrójne. Wzory ogólne:

alkenów	**alkinów**
C_nH_{2n}	C_nH_{2n-2}

gdzie: n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkenu i alkinu; $n \geqslant 2$.

- **Szereg homologiczny** to zbiór związków organicznych **o podobnej budowie i podobnych właściwościach**, w którym każdy kolejny związek chemiczny ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru więcej od poprzedniego.

- **reakcje spalania**
  - całkowitego
  - niecałkowitego

- **naturalne źródła węglowodorów**
  - gaz ziemny
  - ropa naftowa
  - węgle kopalne

1. Węglowodory nasycone – alkany



Fot. 7. Głównymi składnikami paliw w pochodniach olimpijskich są propan i butan.

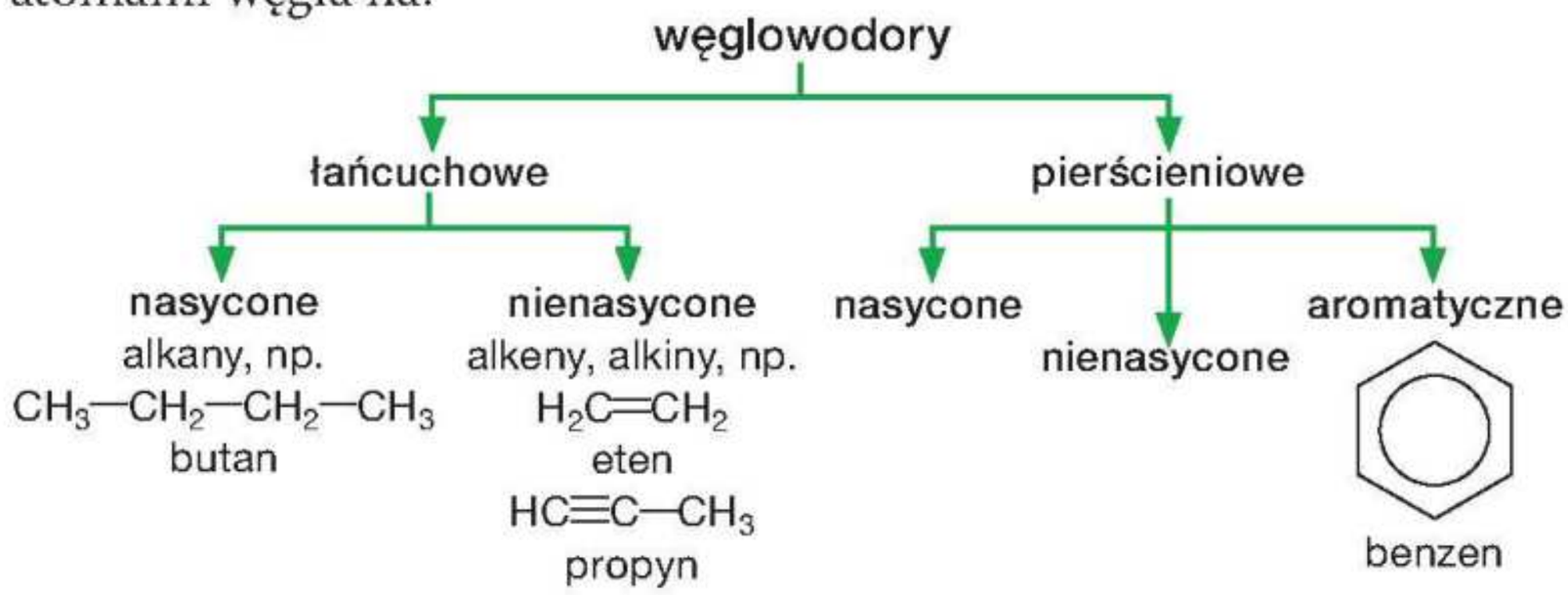
Większość energii, z której codziennie korzystamy, pochodzi ze spalania paliw kopalnych, np. gazu ziemnego czy ropy naftowej. Ich głównym składnikiem są węglowodory. Spalanie (fot. 7.) jest podstawowym źródłem energii wytwarzanej przez człowieka.

Co to są węglowodory?

Węglowodory to związki zbudowane wyłącznie z atomów węgla i wodoru.

Jak można podzielić węglowodory?

Węglowodory można podzielić ze względu na rodzaj wiązań między atomami węgla na:



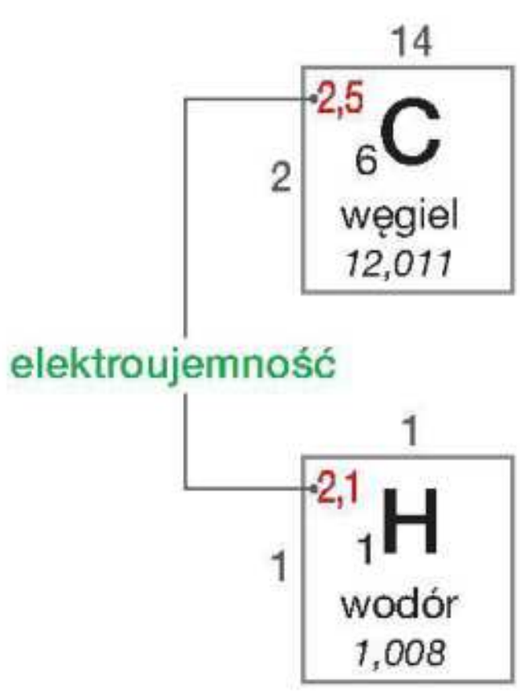
Wiązanie kowalencyjne (atomowe) polega na uwspólnieniu elektronów walencyjnych pochodzących od każdego z atomów tworzących wiązanie.

Co to są alkany?

Alkany to **węglowodory nasycone**, w których cząsteczkach **wszystkie atomy węgla są połączone wiązaniami pojedynczymi**.

Jak są zbudowane alkany?

Alkany są zbudowane wyłącznie **z atomów węgla i wodoru**. Atomy węgla łączą się ze sobą i z atomami wodoru wiązaniami kowalencyjnymi:



Model cząsteczki etanu

Modele atomów:
wodoru węgla

Wiązania pojedyncze w cząsteczkach alkanów są wiązaniami typu σ [czyt. sigma]. Każdy atom węgla tworzy cztery wiązania (jest czterowartościowy), a każdy atom wodoru – jedno wiązanie (jest jednowartościowy).

Jak się tworzy nazwy alkanów?

Nazwy wszystkich alkanów mają końcówkę „-**an**". Cztery pierwsze alkany mają nazwy zwyczajowe: met**an**, et**an**, prop**an**, but**an**. Nazwy systematyczne kolejnych alkanów w szeregu homologicznym pochodzą od nazw liczebników greckich: penta- (pięć), heksa- (sześć), hepta- (siedem), okta- (osiem), nona- (dziewięć), deka- (dziesięć).

Co to jest szereg homologiczny?

Szereg homologiczny to **zbiór związków organicznych o podobnych właściwościach chemicznych i podobnej budowie**. Każdy **kolejny związek chemiczny w tym szeregu ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru**, czyli o jedną grupę metylenową (—CH_2—), **więcej niż poprzedni**.

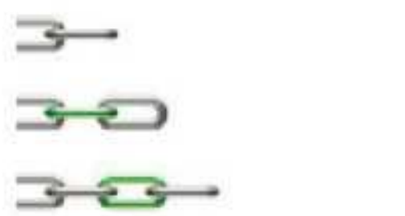
Grupa metylenowa
—CH_2—

CH_3—CH_3

CH_3—$\mathbf{CH_2}$—CH_3

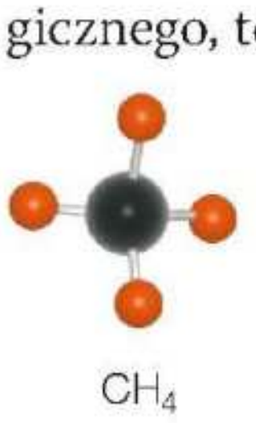
CH_3—CH_2—$\mathbf{CH_2}$—CH_3

Długość kolejnych cząsteczek alkanów w szeregu homologicznym zwiększa się o grupę —CH_2—...

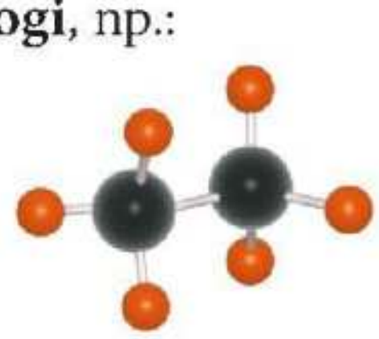


...podobnie jak łańcuch, który wydłuża się po dodaniu jednego ogniwa.

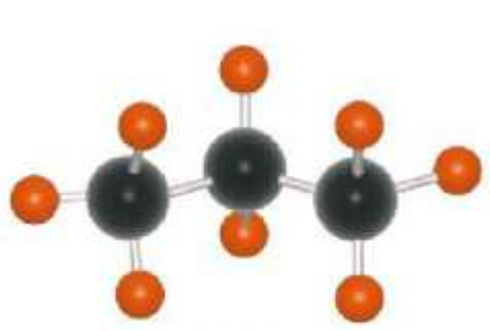
Związki chemiczne, które należą do tego samego szeregu homologicznego, to **homologi**, np.:



CH_4



C_2H_6



C_3H_8

Jakie związki chemiczne tworzą szereg homologiczny alkanów?

Szereg homologiczny alkanów (patrz tabela 1., s. 22) tworzą węglowodory o cząsteczkach łańcuchowych, w których atomy węgla są połączone wyłącznie wiązaniami pojedynczymi C—C. Pierwszy w szeregu homologicznym alkanów jest metan. To najprostszy węglowodór. Jego cząsteczki są zbudowane z jednego atomu węgla i czterech atomów wodoru.

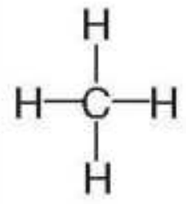
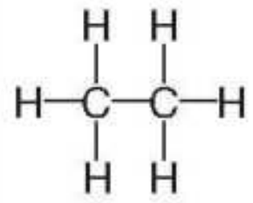
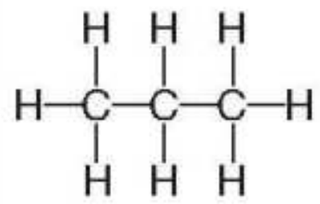
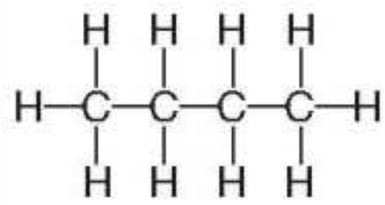
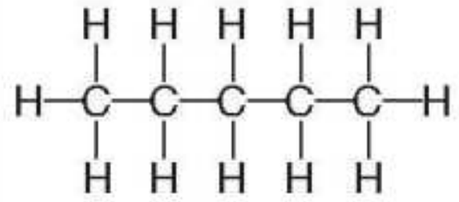
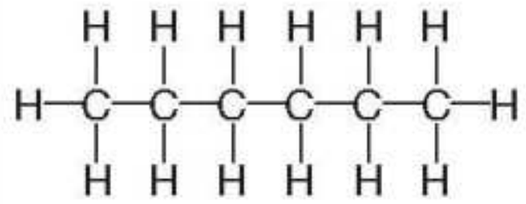
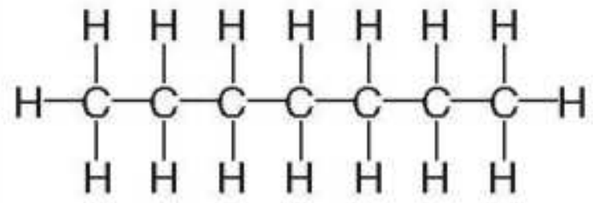
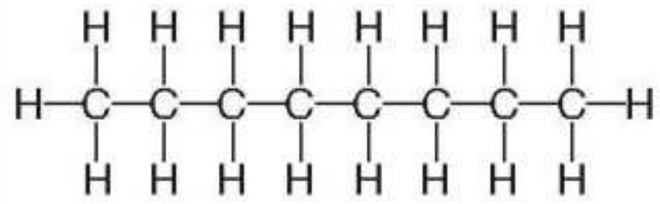
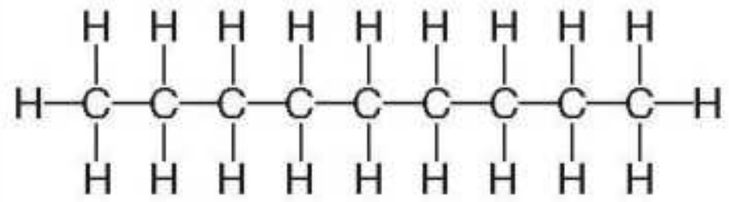
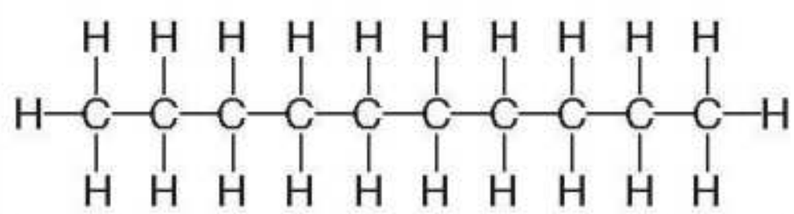
Jak zapisać wzór ogólny alkanów?

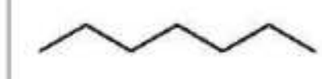
Na podstawie szeregu homologicznego alkanów (tabela 1., s. 22) można wyprowadzić **wzór ogólny alkanów**:

$$C_nH_{2n+2}$$

gdzie:
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkanu; $n \geqslant 1$.

Tabela 1. Szereg homologiczny alkanów o łańcuchach prostych (do 10 atomów węgla w cząsteczce)

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór	
		sumaryczny	strukturalny
1	metan	CH_4	
2	etan	C_2H_6	
3	propan	C_3H_8	
4	butan	C_4H_{10}	
5	pentan	C_5H_{12}	
6	heksan	C_6H_{14}	
7	heptan	C_7H_{16}	
8	oktan	C_8H_{18}	
9	nonan	C_9H_{20}	
10	dekan	$C_{10}H_{22}$	

półstrukturalny	grupowy	szkieletowy (kreskowy)
CH_4	CH_4	brak
$CH_3—CH_3$	CH_3CH_3	
$CH_3—CH_2—CH_3$	$CH_3CH_2CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	

Plan rozwiązywania

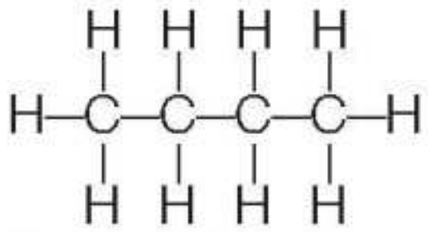
1. Napisz wzór ogólny alkanów.
2. Określ wartość liczby *n*.
3. Podstaw wartość liczby *n* do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru.
4. Napisz wzór sumaryczny alkanu.
5. Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy alkanu na podstawie jego wzoru sumarycznego.

Przykład 2.

W jaki sposób ustalić wzory alkanu na podstawie jego nazwy?

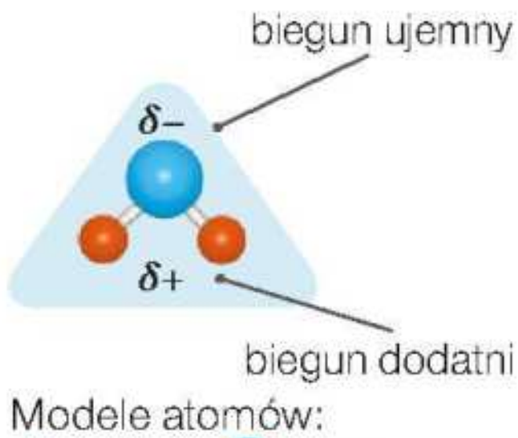
Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy butanu.

1. C_nH_{2n+2}
2. Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce alkanu.
   $n = 4$
3. $C_4H_{2 \cdot 4 + 2}$
4. Wzór sumaryczny: C_4H_{10}
5. Wzór strukturalny:



Wzór półstrukturalny: $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$

Wzór grupowy: $CH_3(CH_2)_2CH_3$

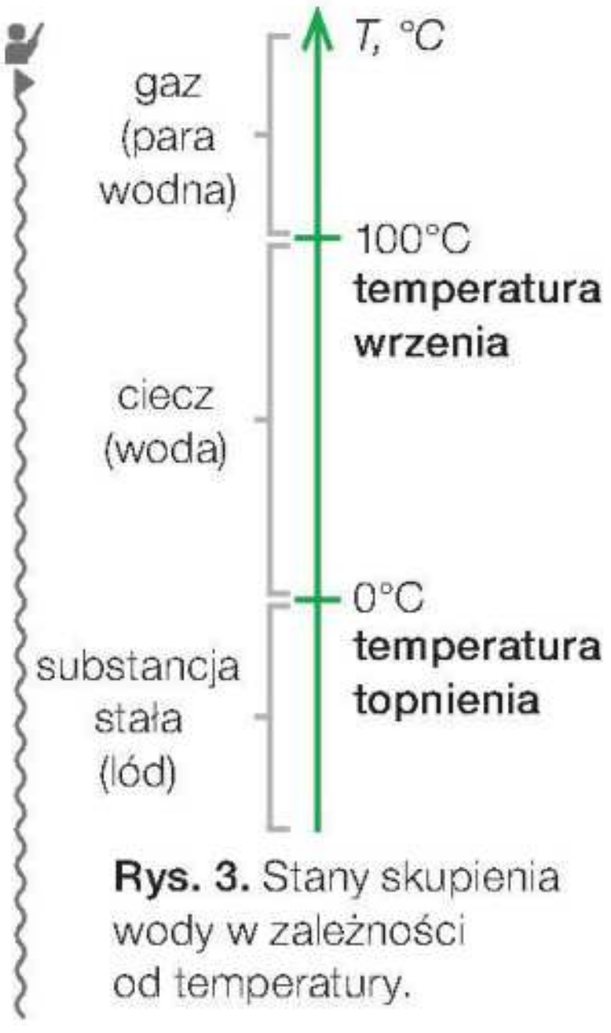


Rys. 2. Cząsteczka wody jest dipolem – ma budowę polarną.

Jakie właściwości fizyczne mają alkany?

Związki chemiczne tworzące szereg homologiczny – czyli homologi – mają podobną budowę, a więc i podobne właściwości. Tylko metan jest lżejszy od powietrza. Wszystkie alkany **mają gęstość mniejszą od gęstości wody**. **Nie rozpuszczają się w niej**, ponieważ w przeciwieństwie do cząsteczki wody, która jest dipolem (rys. 2.), mają budowę niepolarną.

Każdy alkan, podobnie jak woda (rys. 3.), w zależności od temperatury i ciśnienia występuje w określonym stanie skupienia. Temperatura, w której substancja stała przechodzi w ciecz, to **temperatura topnienia**. **Temperatura wrzenia** to temperatura, w której substancja zmienia swój stan skupienia z ciekłego na gazowy.



Rys. 3. Stany skupienia wody w zależności od temperatury.

Jak zmieniają się właściwości fizyczne w szeregu homologicznym alkanów?

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach alkanów nierozgałęzionych **wzrastają ich temperatury wrzenia i topnienia** (tabela 2., s. 25) oraz zmienia się ich stan skupienia (rys. 4., s. 25). W temperaturze pokojowej i pod normalnym ciśnieniem pierwsze cztery węglowodory nasycone (od 1 do 4 atomów węgla w cząsteczce) są gazami, a od 5. do 16. – cieczami. Alkany, które mają co najmniej 17 atomów węgla w cząsteczce, to substancje stałe.

Im wyższa jest temperatura wrzenia alkanu, tym ma on mniejszą lotność, czyli trudniej zmienia stan skupienia na gazowy.

Tabela 2. Temperatury wrzenia i topnienia wybranych alkanów (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór alkanu	Masa cząsteczkowa, u	Temperatura		Stan skupienia
			topnienia, °C	wrzenia, °C	
1	metan CH_4	16	–182	–161	gaz
2	etan C_2H_6	30	–183	–89	gaz
3	propan C_3H_8	44	–188	–42	gaz
4	butan C_4H_{10}	58	–138	–1	gaz
5	pentan C_5H_{12}	72	–130	36	ciecz
6	heksan C_6H_{14}	86	–95	69	ciecz
15	pentadekan $C_{15}H_{32}$	212	10	271	ciecz
16	heksadekan $C_{16}H_{34}$	226	18	287	ciecz
17	heptadekan $C_{17}H_{36}$	240	22	303	substancja stała
18	oktadekan $C_{18}H_{38}$	254	28	316	substancja stała

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Wartość temperatury topnienia danej substancji jest zawsze niższa od wartości temperatury wrzenia.

Jakie właściwości chemiczne mają alkany?

Gazowe alkany **są bezwonne i bez smaku**. Alkany ciekłe i w stałym stanie skupienia **mają charakterystyczne**, niezbyt intensywne **zapachy**, zbliżone do zapachu benzyny lub świecy, oraz **specyficzny smak**.

Wszystkie alkany **są palne**. Gazowe alkany zmieszane z tlenem lub powietrzem w odpowiednich proporcjach **tworzą mieszaniny wybuchowe**.



Rys. 4. Zależność między stanem skupienia alkanów a liczbą atomów węgla w ich cząsteczce.

Co to jest reakcja spalania?

Reakcja spalania to reakcja utleniania, której towarzyszy wydzielenie energii na sposób światła i ciepła (fot. 9., s. 26). W reakcji spalania alkanów **cząsteczka alkanu reaguje z cząsteczkami tlenu**.

Reakcja utleniania polega na oddawaniu elektronów przez atomy danego pierwiastka chemicznego i zwiększaniu jego stopnia utlenienia.

Jakie produkty powstają w reakcji spalania alkanów?

Doświadczenie 2.  CH_4   $Ca(OH)_2$

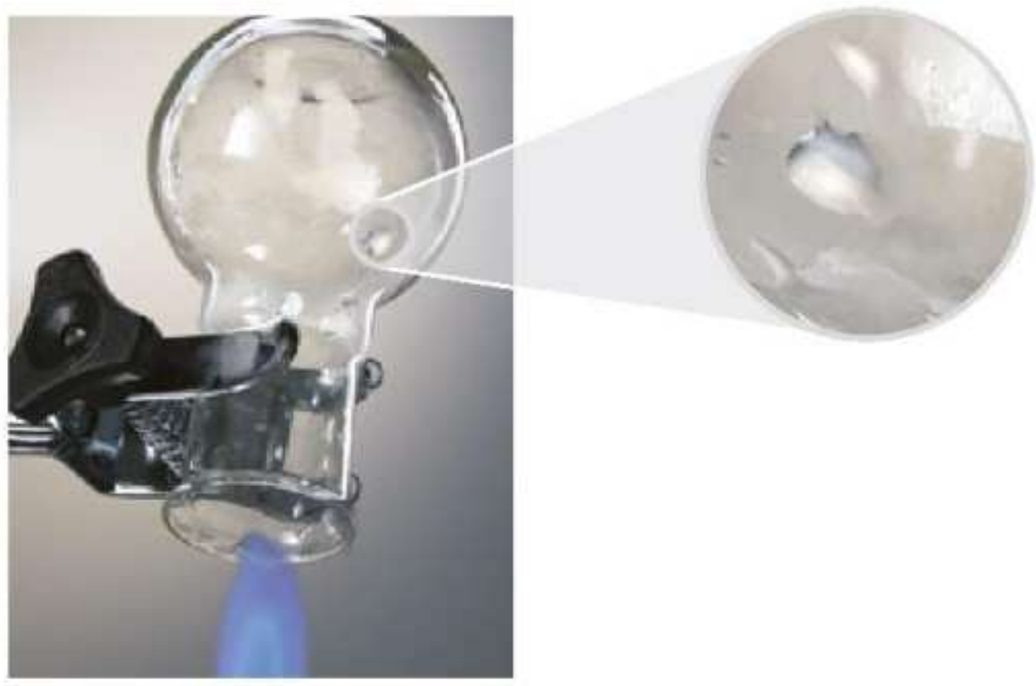
Spalanie metanu

Odczynniki: metan, woda wapienna.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: kolba kulista okrągłodenna, łapa metalowa, palnik gazowy.

Instrukcja: Zwilż wodą wapienną wewnętrzne ścianki kolby kulistej. Zapal palnik gazowy zasilany gazem ziemnym. Umieść kolbę kulistą w łapie metalowej, a następnie ustaw kolbę pod kątem – dnem do góry – nad płomieniem palnika (schemat).





produktami reakcji spalania całkowitego metanu są tlenek węgla(IV) i woda

Fot. 8. Metan spala się niebieskim, niekopcącym płomieniem.

Obserwacje: Na wewnętrznych ściankach kolby powstał biały osad (fot. 8.).
Wniosek: Jednym z produktów reakcji spalania metanu jest tlenek węgla(IV).

Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:

reakcja **spalania całkowitego**

$$\underset{\text{metan}}{CH_4} + 2\,\underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{CO_2\uparrow} + 2\,\underset{\text{woda}}{H_2O}$$



Fot. 9. Reakcja spalania jest reakcją egzoenergetyczną.

Reakcja spalania całkowitego zachodzi przy dużym (nieograniczonym) dostępie tlenu z powietrza. Produktami tej reakcji chemicznej są **woda i tlenek węgla(IV)**.

Tlenek węgla(IV) otrzymany w reakcji spalania metanu powoduje mętnienie wody wapiennej:

$$\underset{\substack{\text{tlenek}\\ \text{węgla(IV)}}}{CO_2} + \underset{\substack{\text{wodorotlenek}\\ \text{wapnia}}}{Ca(OH)_2} \longrightarrow \underset{\substack{\text{węglan}\\ \text{wapnia}}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

czarny osad wewnątrz probówki to sadza

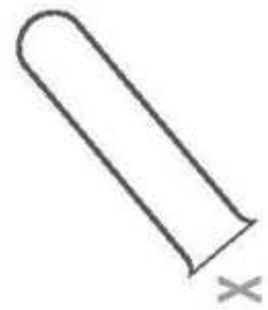


Fot. 10. Butan spala się żółtym, kopcącym płomieniem.

Doświadczenie 3. C_4H_{10}

Spalanie butanu

Odczynnik: butan.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zapalniczka, łapa drewniana.
Instrukcja: Umieść suchą probówkę w łapie drewnianej i przytrzymaj ją dnem do góry nad płomieniem zapalniczki.



Obserwacje: Na wewnętrznych ściankach probówki pojawiają się kropelki cieczy, a u jej wylotu powstaje czarny osad (fot. 10.).
Wniosek: Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest para wodna, która skropliła się na ściankach probówki. Drugim produktem jest węgiel w postaci sadzy.

Zachodzi reakcja chemiczna, którą przedstawia równanie:

$$2\,C_4H_{10} + 5\,O_2 \longrightarrow 8\,C + 10\,H_2O$$

butan tlen węgiel woda

reakcja **spalania niecałkowitego**

Dostęp tlenu z powietrza do probówki był ograniczony, więc **zaszła reakcja spalania niecałkowitego**.

Reakcja spalania niecałkowitego butanu może też przebiegać zgodnie z równaniem:

$$2\,C_4H_{10} + 9\,O_2 \longrightarrow 8\,CO\uparrow + 10\,H_2O$$

butan tlen tlenek węgla(II) woda

reakcja **spalania niecałkowitego**

Reakcja spalania niecałkowitego zachodzi przy ograniczonym dostępie tlenu z powietrza. Produktami tej reakcji są **tlenek węgla(II)** (czad) **i woda** lub **węgiel** (sadza) **i woda**.

Sadza tworzy czarny nalot. Nagromadzenie się sadzy, np. w kominie, stanowi zagrożenie pożarowe.

Czad CO, powstający podczas spalania węgla lub węglowodorów, jest nazywany cichym zabójcą, ponieważ to bezbarwny, bezwonny, niedrażniący gaz, który powoduje śmiertelne zatrucie.



czad CO

Butan, podobnie jak metan, przy nieograniczonym dostępie tlenu **ulega reakcji spalania całkowitego**. Zachodzi wówczas reakcja chemiczna zgodnie z równaniem:

$$2\,C_4H_{10} + 13\,O_2 \longrightarrow 8\,CO_2\uparrow + 10\,H_2O$$

butan tlen tlenek węgla(IV) woda

reakcja **spalania całkowitego**

Alkany ulegają reakcjom spalania całkowitego i niecałkowitego.

reakcje spalania

całkowitego

CO_2 + H_2O

tlenek węgla(IV) woda

niecałkowitego

CO + H_2O

tlenek węgla(II) woda

lub

C + H_2O

węgiel woda

Oprócz reakcji spalania alkany ulegają też reakcji substytucji.

Co to jest reakcja substytucji (podstawiania)?

Reakcja substytucji to **reakcja, w której atom lub grupa atomów z cząsteczki jednego substratu zastępuje atom lub grupę atomów w cząsteczce drugiego substratu.** Przykładem reakcji substytucji jest reakcja gazowego chloru z alkanami zachodząca pod wpływem światła.

Krok po kroku

Reakcja substytucji w alkanach

Cząsteczki alkanów ulegają reakcji substytucji, czyli podstawienia atomów wodoru przez inne atomy, np. fluorowców. Reakcja z chlorem zachodzi pod wpływem światła nadfioletowego (UV). Jej produktami są związki alkanu z fluorowcem, czyli fluorowcopochodne, np. CH_3Cl, oraz odpowiedni fluorowcowodór, np. HCl.



Reakcja substytucji inicjowana światłem dziennym może zakończyć się wybuchem.

Jak przebiega reakcja metanu z chlorem?

1 Otrzymywanie chlorometanu.

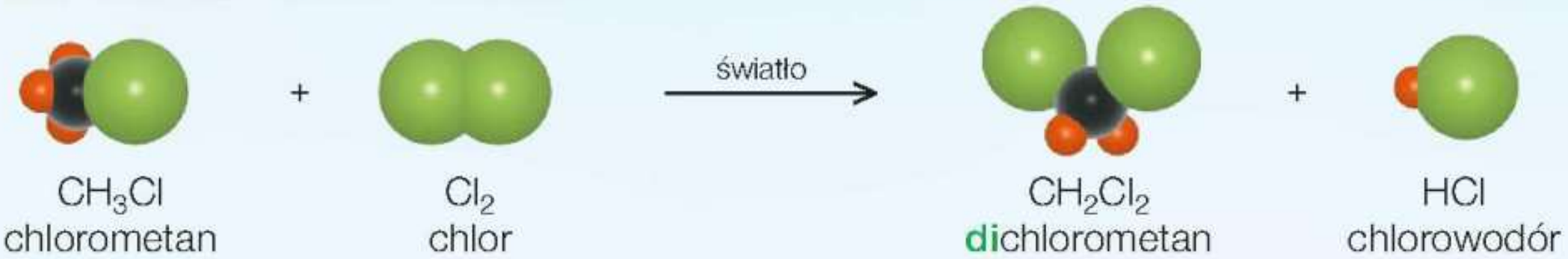
Jeden atom chloru pochodzący z cząsteczki chloru zastępuje atom wodoru w cząsteczce metanu, w wyniku czego powstaje chlorometan. Drugi atom chloru łączy się z odłączonym od cząsteczki metanu atomem wodoru i tworzy chlorowodór.



CH_4 metan + Cl_2 chlor → CH_3Cl chlorometan + HCl chlorowodór

2 Otrzymywanie dichlorometanu, trichlorometanu i tetrachlorometanu.

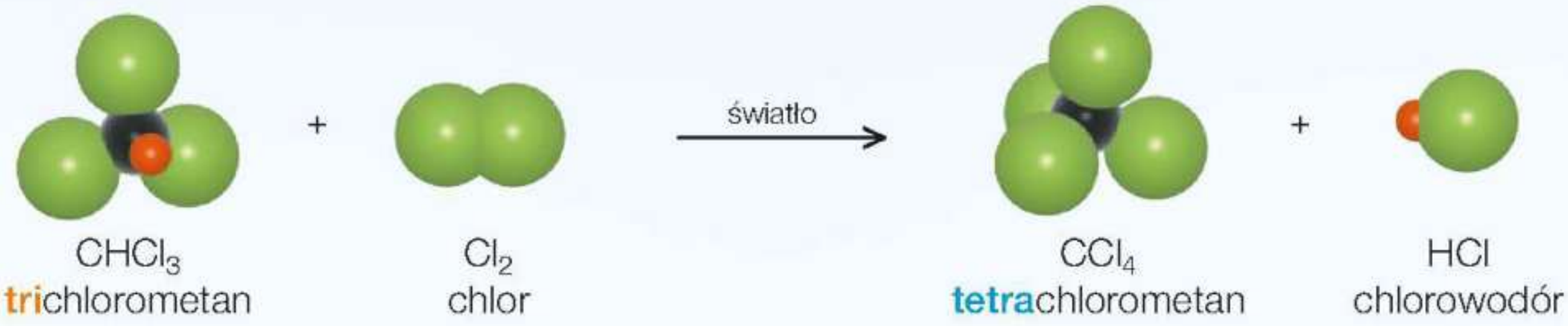
Jeżeli reakcja przebiega w obecności nadmiaru chloru, to w kolejnych etapach podstawieniu ulegną wszystkie atomy wodoru w cząsteczce. W wyniku podstawienia **dwóch**, **trzech** i **czterech** atomów wodoru powstaną odpowiednio: **di**chlorometan, **tri**chlorometan i **tetra**chlorometan.



CH_3Cl chlorometan + Cl_2 chlor → CH_2Cl_2 **di**chlorometan + HCl chlorowodór



CH_2Cl_2 **di**chlorometan + Cl_2 chlor → $CHCl_3$ **tri**chlorometan + HCl chlorowodór



$CHCl_3$ **tri**chlorometan + Cl_2 chlor → CCl_4 **tetra**chlorometan + HCl chlorowodór

Modele atomów: wodoru, węgla, chloru

Zastosowania

Alkany

Alkany, będące węglowodorami nasyconymi, są związkami powszechnie występującymi w środowisku przyrodniczym. Ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel kamienny, które są źródłem węglowodorów, zaspokajają ok. 85% światowego zapotrzebowania energetycznego. Alkany ze względu na ich właściwości wykorzystuje się także w przemyśle, m.in. chemicznym i spożywczym, oraz w medycynie.



Medycyna

Głównymi składnikami **preparatów chłodzących w sprayu** są propan oraz butan. Stosuje się je jako gazy nośne w aerozolach.



Przemysł spożywczy

Ser jest pokrywany parafiną (mieszaniną alkanów o stałym stanie skupienia). Dzięki niej ser może oddychać, a jednocześnie jest chroniony przed wysychaniem i rozwojem pleśni.

Przemysł energetyczny

Zawartość **turystycznych butli gazowych** stanowi mieszanina alkanów – propanu oraz butanu. Z kolei metan stosuje się w piecach i kuchenkach gazowych.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory sumaryczne i półstrukturalne węglowodorów o podanych nazwach.**
   a) etan b) heptan c) nonan d) propan

2. **Napisz nazwy homologów znajdujących się w szeregu homologicznym bezpośrednio przed i za:**
   a) butanem, b) heksanem, c) etanem, d) nonanem.

3. **Napisz równanie reakcji spalania:**
   a) całkowitego nonanu,
   b) niecałkowitego heksanu do sadzy,
   c) niecałkowitego heptanu do czadu,
   d) niecałkowitego propanu do sadzy.

4. **Napisz równanie reakcji etanu z chlorem zachodzącej pod wpływem światła.** Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych.

Zapamiętaj!

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

Homologi – związki chemiczne należące do jednego szeregu homologicznego.

Lotność – właściwość substancji polegająca na przechodzeniu w stan gazowy.

2. Zjawisko izomerii



Fot. 11. Takie same ilości tych samych składników, ale inny sposób ułożenia warstw ciasta.

Do przygotowania ciasta, np. tortu, zawsze użyjemy tych samych składników w ilościach podanych w przepisie, ale kolejność, w jakiej ułożymy warstwy, może być za każdym razem inna (fot. 11.). Podobnie jest z alkanami – mogą mieć taki sam skład, czyli takie same liczby i rodzaje atomów w cząsteczce, ale różnić się sposobem ich połączenia, czyli budową cząsteczek.

Czym jest izomeria?

Izomeria **to zjawisko występowania związków chemicznych o takim samym składzie chemicznym** (wzorze sumarycznym), **lecz różnej budowie cząsteczek** (różnych wzorach strukturalnych).

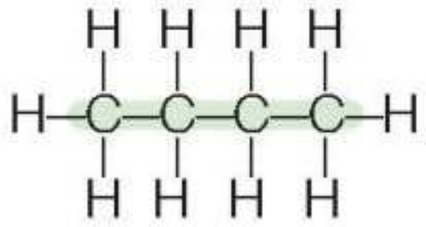
Jak można podzielić alkany ze względu na budowę łańcucha węglowego?

Węglowodory nasycone – alkany – można podzielić ze względu na **budowę łańcucha węglowego** na dwie grupy:

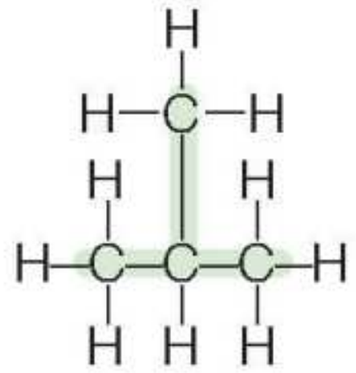
- alkany **nierozgałęzione** (patrz *Węglowodory nasycone – alkany*, s. 20),
- alkany **rozgałęzione**.

Te dwie grupy należą do szeregu homologicznego alkanów.

Butan o prostym (nierozgałęzionym) łańcuchu węglowym oraz **2-metylopropan** o łańcuchu rozgałęzionym mają takie same liczby i rodzaje atomów w cząsteczce, ale inną budowę. Te dwa związki chemiczne **są izomerami**:



butan
atomy węgla tworzą **prosty** (nierozgałęziony) **łańcuch** węglowy



2-metylopropan
atomy węgla tworzą **rozgałęziony łańcuch** węglowy

Zasady tworzenia nazw alkanów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych znajdziesz na s. 34.

Czym są izomery?

Izomery to **związki chemiczne o takim samym składzie, ale różnej budowie cząsteczki**. Oznacza to, że **rodzaje i liczby atomów** wchodzących w skład tych związków chemicznych są takie same, natomiast **atomy w cząsteczkach są ze sobą połączone w odmienny sposób**.

Izomery mają ten sam wzór sumaryczny, ale inny wzór strukturalny.

W szeregu homologicznym alkanów pierwszym związkiem chemicznym, który ma izomery, jest butan – alkan o czterech atomach węgla w cząsteczce:



$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

wzór półstrukturalny *n*-butanu

$CH_3–CH(CH_3)–CH_3$

wzór półstrukturalny 2-metylopropanu

C_4H_{10}

wzór sumaryczny *n*-butanu

C_4H_{10}

wzór sumaryczny 2-metylopropanu

Przedrostek ***n*** w nazwie alkanu **oznacza cząsteczkę o łańcuchu prostym.**

Butan i jego izomer (2-metylopropan) są **izomerami szkieletowymi**, ponieważ różnią się budową „szkieletu", jakim jest łańcuch węglowy.

Im więcej atomów węgla tworzy cząsteczkę węglowodoru, tym więcej ma on izomerów.

Jest na to sposób!

Jak sprawdzić, czy związki chemiczne są izomerami szkieletowymi?

Porównaj **liczby i rodzaje atomów wszystkich pierwiastków** tworzących te związki chemiczne. Jeśli **są takie same, ale kształt łańcucha węglowego jest inny** – masz do czynienia z izomerami szkieletowymi.

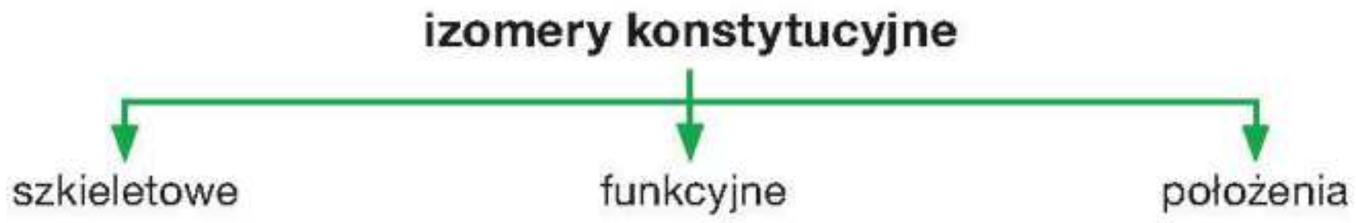




Takie same liczby tych samych elementów, ale inny sposób ich ułożenia.

Jakie są rodzaje izomerów?

Oprócz izomerów szkieletowych, które mają takie same liczby i rodzaje atomów, lecz różną budowę łańcucha węglowego, poznasz też izomery funkcyjne (patrz *Kwasy karboksylowe*, s. 164) oraz izomery położenia (patrz *Węglowodory nienasycone – alkeny*, s. 39). Wszystkie wymienione izomery zalicza się do izomerów konstytucyjnych:



Izomery konstytucyjne różnią się kolejnością i sposobem powiązania atomów w cząsteczkach związków chemicznych.

Plan rozwiązywania

1. Porównaj liczby i rodzaje atomów w cząsteczce.
2. Porównaj budowę łańcuchów węglowych związków chemicznych.
3. Napisz odpowiedź.

Przykład 3.

W jaki sposób ustalić, czy związki chemiczne o podanych wzorach są izomerami?

Wskaż, która z podanych par związków chemicznych to izomery.

a) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$ i $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

b) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ i $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_3$

1

Para związków	Porównanie liczb i rodzajów atomów	
a)	$\overset{1}{C}H_3–\overset{2}{C}H_2–\overset{3}{C}H_2–\overset{4}{C}H_2–\overset{5}{C}H_2–\overset{6}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_3–\overset{2}{C}H_2–\overset{3}{C}H_2–\overset{4}{C}H_2–\overset{5}{C}H_3$
	6 atomów węgla ≠ 5 atomów węgla 14 atomów wodoru ≠ 12 atomów wodoru Te związki chemiczne różnią się liczbą atomów węgla i wodoru w cząsteczce – nie są izomerami.	
b)	$\overset{1}{C}H_3–\overset{2}{C}H_2–\overset{3}{C}H_2–\overset{4}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_3–\overset{\displaystyle 2}{\underset{|}{\overset{4}{C}H}}–\overset{3}{C}H_3$ $\quad\quad\quad

Tabela 3. Temperatury wrzenia izomerów butanu i pentanu (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa alkanu	Wzór sumaryczny alkanu	Wzór półstrukturalny alkanu	Temperatura wrzenia, °C
4	butan	C_4H_{10}	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	–0,55
4	2-metylopropan	C_4H_{10}	$CH_3—CH(CH_3)—CH_3$	–11,7
5	pentan	C_5H_{12}	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	36,1
5	2-metylobutan	C_5H_{12}	$CH_3—CH(CH_3)—CH_2—CH_3$	27,8
5	2,2-dimetylopropan	C_5H_{12}	$CH_3—C(CH_3)_2—CH_3$	9,4

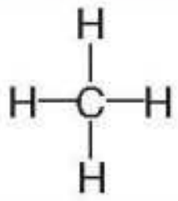
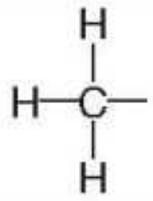
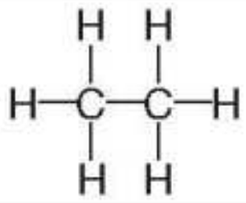
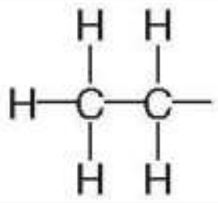
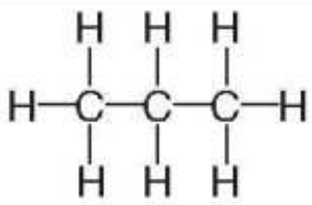
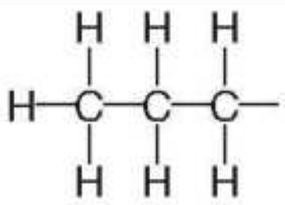
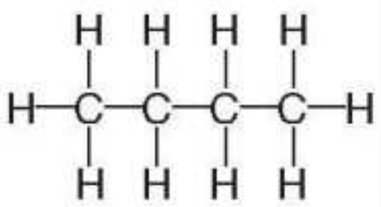
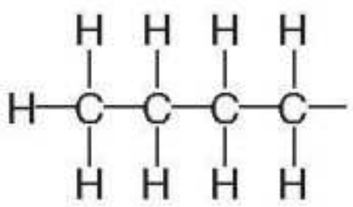
Na podstawie analizy temperatur wrzenia izomerów butanu i pentanu można zauważyć, że **dla alkanów o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce temperatura wrzenia obniża się wraz ze zwiększaniem się stopnia rozgałęzienia łańcucha węglowego**. Dzieje się tak, ponieważ oddziaływania międzycząsteczkowe są wówczas słabsze. Cząsteczki bardziej rozgałęzione przybierają kształt zbliżony do kuli, a przez to zmniejsza się powierzchnia wzajemnego oddziaływania. W przypadku cząsteczek nierozgałęzionych jest odwrotnie.

Oddziaływanie międzycząsteczkowe to siły występujące między cząsteczkami.

Co to jest grupa alkilowa?

Grupa alkilowa to **fragment cząsteczki alkanu, który powstaje w wyniku odłączenia atomu wodoru** od tej cząsteczki (tabela 4.). Grupa alkilowa nazywana jest potocznie alkilem.

Tabela 4. Wzory i nazwy wybranych grup alkilowych (alkilów)

Wzór			
sumaryczny i nazwa alkanu	strukturalny alkanu	strukturalny alkilu	sumaryczny i nazwa alkilu
CH_4 metan			$CH_3–$ grupa metylowa (metyl)
C_2H_6 etan			$C_2H_5–$ grupa etylowa (etyl)
C_3H_8 propan			$C_3H_7–$ grupa propylowa (propyl)
C_4H_{10} butan			$C_4H_9–$ grupa butylowa (butyl)

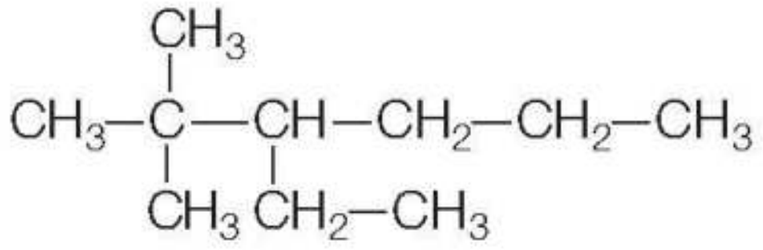
Krok po kroku

Ustalanie nazw systematycznych alkanów

W nazwie alkanu o rozgałęzionym łańcuchu węglowym zawarte są informacje o długości łańcucha głównego, liczbie i położeniu podstawników oraz ich nazwach.

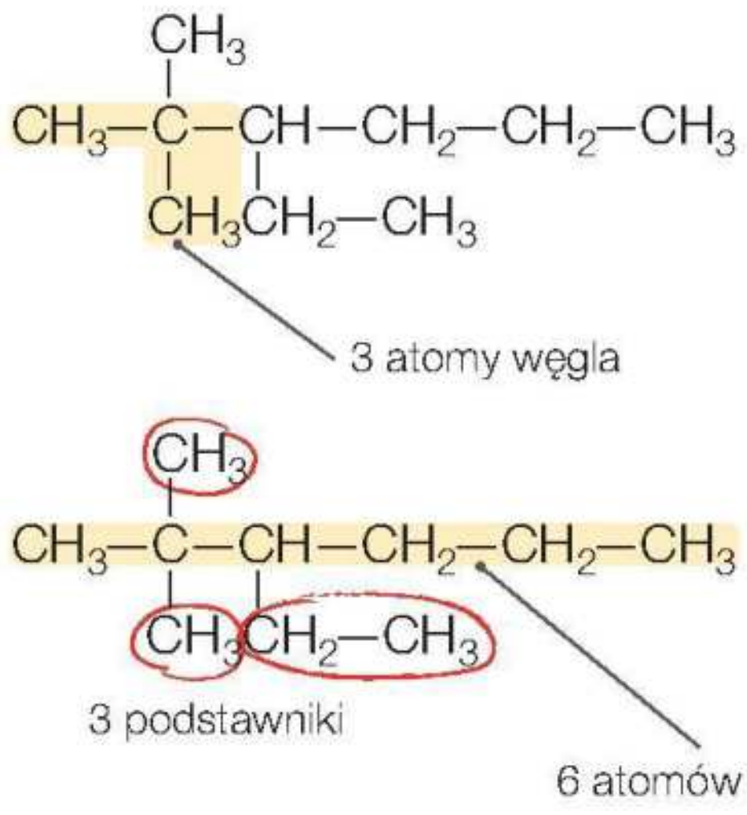
Jak ustalić nazwę systematyczną alkanu na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

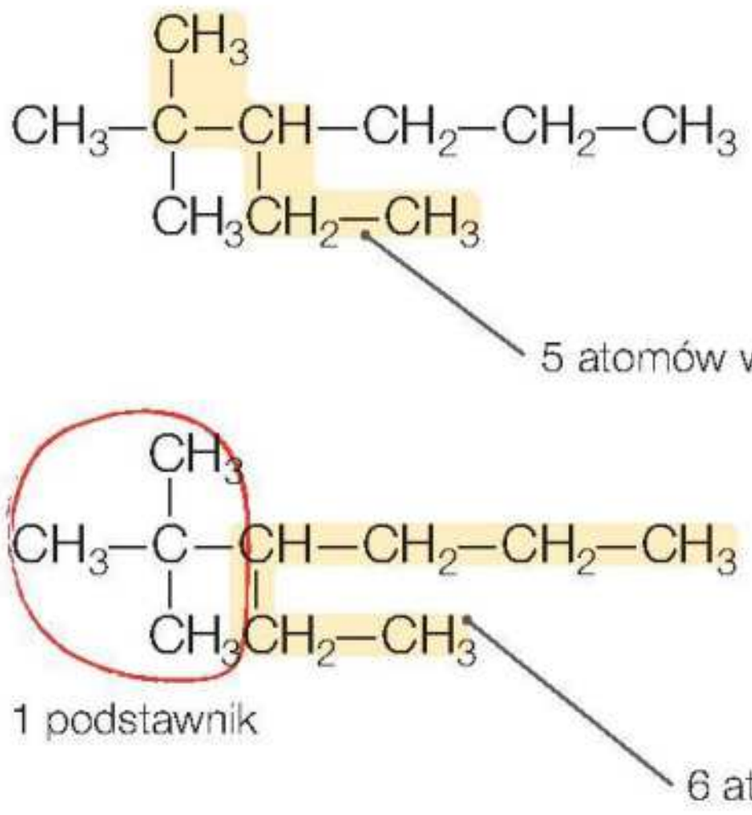
Podaj nazwę systematyczną alkanu o wzorze półstrukturalnym:



1 Znajdź i zaznacz najdłuższy łańcuch węglowy.

Nazwę alkanu odpowiadającego najdłuższemu łańcuchowi przyjmij za podstawę tworzonej nazwy. Najdłuższy łańcuch węglowy składa się z 6 atomów węgla, dlatego podstawą nazwy będzie **heksan**.



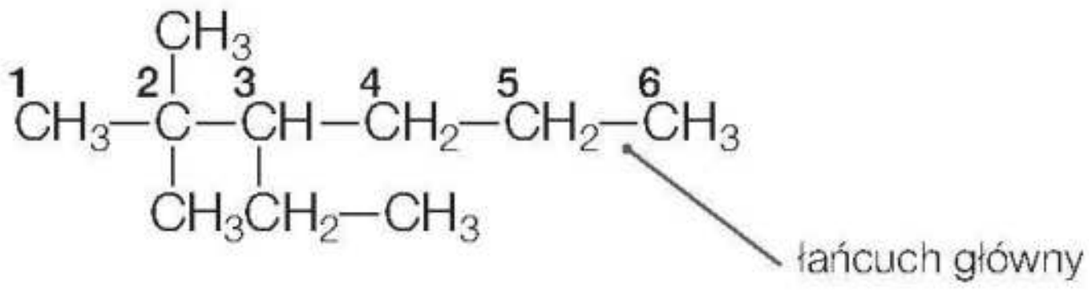


3 atomy węgla < 5 atomów węgla < 6 atomów węgla

! Jeśli jest kilka łańcuchów tej samej długości, należy wybrać ten, który ma najwięcej podstawników (jest najbardziej rozgałęziony).

2 Ponumeruj atomy węgla w łańcuchu głównym.

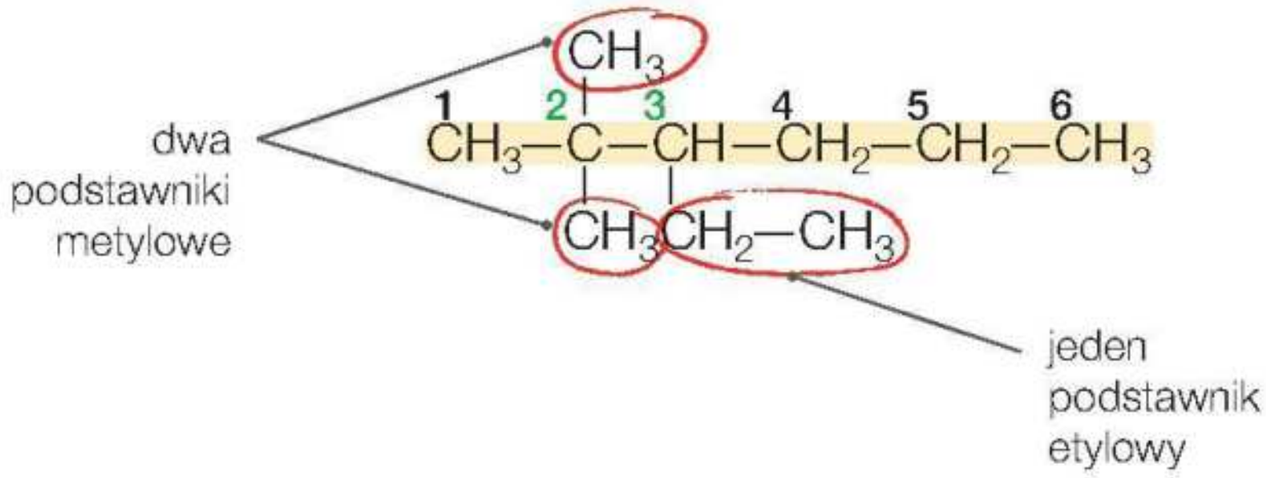
Numerowanie rozpoczyna się od atomu skrajnego, położonego jak najbliżej pierwszego rozgałęzienia łańcucha.



! Lokanty, czyli liczby wskazujące położenie podstawnika, powinny być jak najmniejsze.

3 **Zaznacz podstawniki i ustal ich nazwy.**

Jeżeli przy jednym atomie węgla są dwa podstawniki, każdemu z nich przypisuje się taki sam **lokant**.



! Liczbę identycznych podstawników w cząsteczce związku chemicznego oznacza się przedrostkami: **di**- przy dwóch, **tri**- przy trzech, **tetra**- przy czterech itd.

4 **Napisz nazwę alkanu.**

W pierwszej kolejności podaje się lokanty, liczbę i rodzaj (nazwy) podstawników wymienionych w kolejności alfabetycznej (przy porządkowaniu nie uwzględnia się przedrostków). Następnie zapisuje się nazwę węglowodoru pochodzącą od najdłuższego łańcucha węglowego w cząsteczce.

Nazwa tego alkanu to **3-etylo-2,2-dimetyloheksan**.

Skorzystaj z pojęć

Łańcuch główny	Najdłuższy i najbardziej rozgałęziony (mający najwięcej podstawników) łańcuch węglowy w cząsteczce węglowodoru.
Podstawniki	Atomy lub grupy atomów związane z łańcuchem głównym.
Lokant	Numer tego atomu węgla łańcucha głównego, do którego przyłączony jest podstawnik.

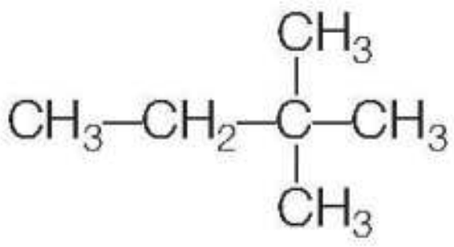
Plan rozwiązywania

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

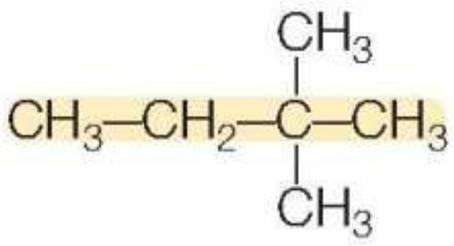
Przykład 4.

Jak ustalić nazwę systematyczną alkanu na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

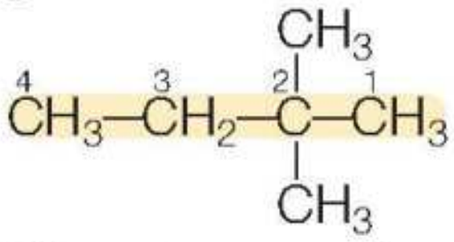
Podaj nazwę systematyczną alkanu o wzorze półstrukturalnym:



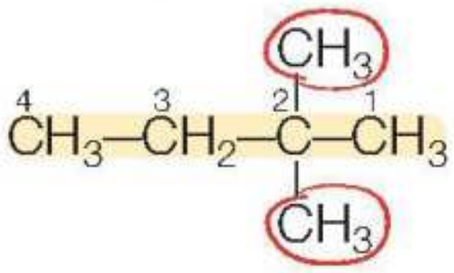
1. Najdłuższy łańcuch węglowy zawiera cztery atomy węgla.



2. Atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym należy ponumerować tak, aby lokanty wskazujące położenie podstawników miały jak najmniejszy numer.



3. W cząsteczce alkanu występują **dwa** podstawniki metylowe.



4. Nazwa tego alkanu to **2,2-dimetylobutan**.



Chemia w akcji

Brak wiedzy o różnicach we właściwościach izomerów doprowadził do tragicznych skutków w latach 50. i 60. XX w. Sprzedawany wówczas lek o nazwie Talidomid był polecanym lekiem usypiającym lub przeciwbólowym szczególnie dla kobiet w ciąży (fot. 12.). Miał jednak poważne skutki uboczne – wywoływał wady wrodzone u dzieci z czego nie zdawano sobie sprawy.

Fot. 12. Talidomid był mieszaniną dwóch izomerów, z których jeden miał działanie lecznicze, a drugi – niepożądane.

Przykład 5.

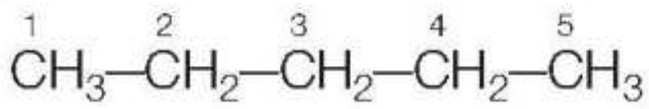
Jak ustalić wzory i nazwy izomerów szkieletowych na podstawie wzoru sumarycznego alkanu?

Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich izomerów szkieletowych alkanu o wzorze C_5H_{12}.

Plan rozwiązywania

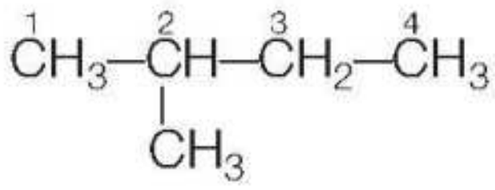
1. Napisz wzór półstrukturalny i nazwę alkanu o prostym (nierozgałęzionym) łańcuchu węglowym.
2. Napisz wzór półstrukturalny i nazwę alkanu o rozgałęzionym łańcuchu węglowym z czterowęglowym łańcuchem głównym.
3. Napisz wzór półstrukturalny i nazwę alkanu o rozgałęzionym łańcuchu węglowym z trzywęglowym łańcuchem głównym.

1 Najprostszym izomerem szkieletowym tego alkanu jest izomer o prostym (nierozgałęzionym) łańcuchu węglowym.



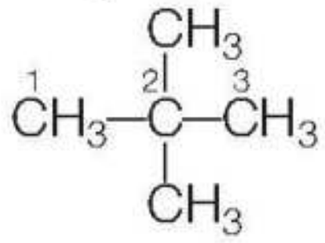
pentan

2 Utwórz węglowodór o łańcuchu głównym krótszym o jeden atom węgla. Powstałą w ten sposób grupę metylową (podstawnik metylowy) przyłącz do atomów węgla w środkowej części cząsteczki.



2-metylobutan

3 Utwórz węglowodór o łańcuchu głównym zbudowanym z trzech atomów węgla. Grupę $-CH_3$ przyłącz do atomu węgla, przy którym znajduje się już jeden podstawnik metylowy.



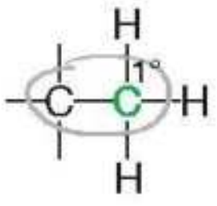
2,2-dimetylopropan

Jak określić rzędowość atomów węgla w cząsteczce węglowodoru?

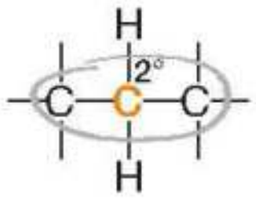
Aby ustalić rzędowość danego atomu węgla w cząsteczce węglowodoru, **należy sprawdzić, z iloma atomami węgla jest on połączony**.

Jeśli atom węgla jest połączony tylko z jednym atomem węgla, to mówimy o nim, że jest **pierwszorzędowy** (1°). Analogicznie – atom węgla połączony z dwoma atomami węgla jest **drugorzędowy** (2°), z trzema atomami węgla – **trzeciorzędowy** (3°), a z czterema atomami węgla – **czwartorzędowy** (4°).

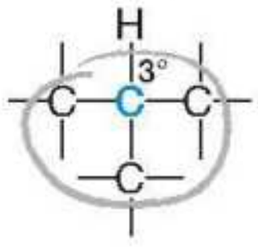
Pierwszorzędowy atom węgla



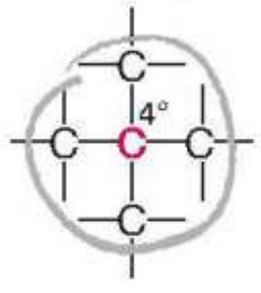
Drugorzędowy atom węgla



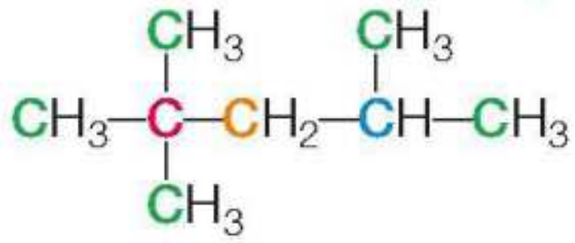
Trzeciorzędowy atom węgla



Czwartorzędowy atom węgla



Na przykład w cząsteczce 2,2,4-trimetylopentanu jest pięć atomów węgla **pierwszorzędowych** (1°), jeden **drugorzędowy** (2°), jeden **trzeciorzędowy** (3°) i jeden **czwartorzędowy** (4°):



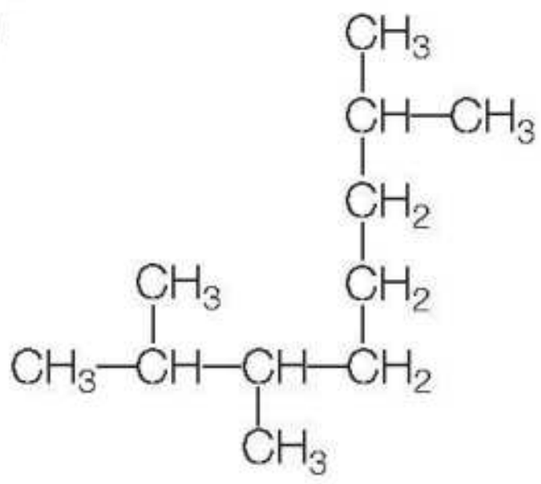
2,2,4-trimetylopentan

Zadania

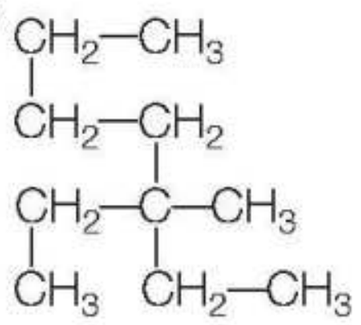
ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Ustal, ile atomów węgla ma najdłuższy łańcuch węglowy w cząsteczkach o podanych wzorach półstrukturalnych. Następnie ponumeruj atomy węgla w łańcuchu głównym i podaj ich rzędowość.

a)



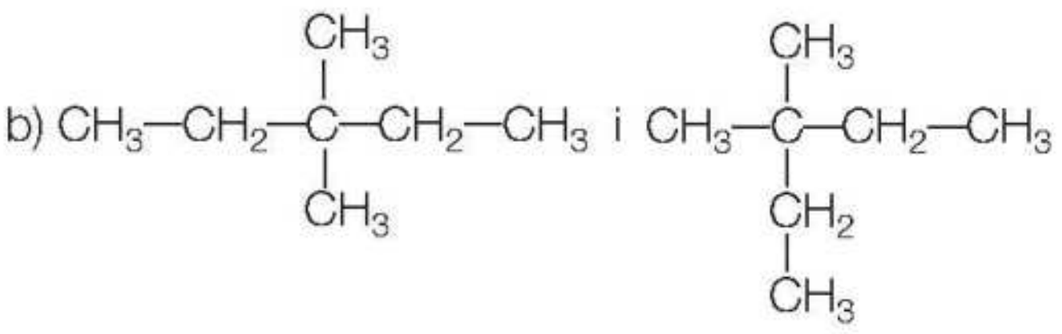
b)



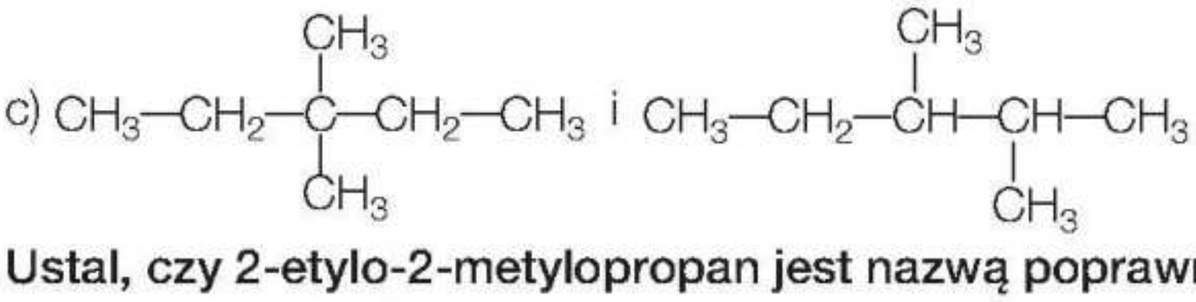
2. Ustal, czy podane pary wzorów półstrukturalnych przedstawiają ten sam węglowodór czy różne związki chemiczne. W której z par są wzory homologów, a w której izomerów? Napisz nazwy wszystkich przedstawionych związków chemicznych.

a) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ i $CH_3—CH_3$

b)



c)



3. Ustal, czy 2-etylo-2-metylopropan jest nazwą poprawną. Uzasadnij swoją odpowiedź.

4. Alkan o wzorze C_6H_{14} ma pięć izomerów szkieletowych. **Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich tych izomerów.**

5. Narysuj wzór strukturalny związku o wzorze grupowym:

$$CH_3C(CH_3)_2CH_2CH(CH_3)CH_2CH_3$$

Określ rzędowość atomów węgla występujących w jego cząsteczce. Podaj liczbę atomów pierwszorzędowych, drugorzędowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych.

Zapamiętaj!

Izomery – związki chemiczne o takim samym składzie, ale różnej budowie.

Izomeria – zjawisko występowania związków chemicznych o takim samym składzie chemicznym (wzorze sumarycznym), lecz innej budowie cząsteczek (różnych wzorach strukturalnych).

Izomery konstytucyjne – związki chemiczne różniące się kolejnością i sposobem powiązania atomów w cząsteczkach.

Izomery szkieletowe – związki chemiczne mające takie same liczby i rodzaje atomów, lecz różną budowę łańcucha węglowego.

Grupa alkilowa (alkil) – fragment cząsteczki alkanu powstający w wyniku odłączenia atomu wodoru.

3. Węglowodory nienasycone – alkeny

Czy wiesz, że można przyspieszyć dojrzewanie owoców? Jeśli zdarzy Ci się kupić w sklepie zielonego banana, to umieść go w jednej torebce z dojrzałym jabłkiem (fot. 13.).



Fot. 13. Dojrzałe owoce wytwarzają węglowodór nienasycony – eten, który przyspiesza dojrzewanie sąsiadujących owoców.

Co to są węglowodory nienasycone?

Węglowodory nienasycone to związki węgla i wodoru, w których cząsteczkach występuje co najmniej jedno **wiązanie wielokrotne między atomami węgla**. Oznacza to, że atomy węgla łączą się ze sobą w ich cząsteczkach wiązaniami podwójnymi lub potrójnymi:



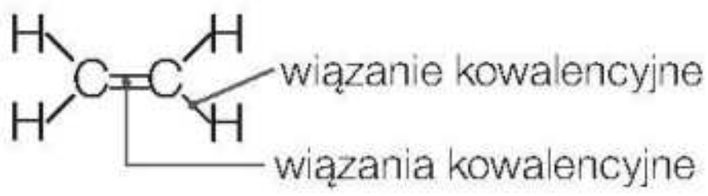
wiązanie podwójne wiązanie potrójne

Co to są alkeny?

Alkeny należą do **węglowodorów nienasyconych**. W ich cząsteczkach występuje **jedno wiązanie podwójne** między atomami węgla.

Jak są zbudowane alkeny?

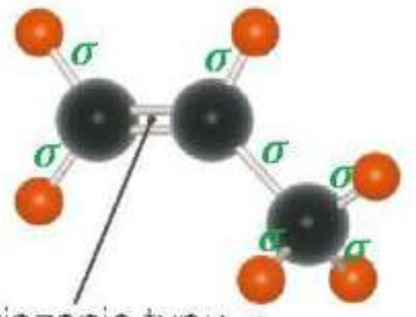
Alkeny, podobnie jak alkany, są zbudowane wyłącznie **z atomów węgla i wodoru**. Atomy węgla w cząsteczkach alkenów łączą się ze sobą i z atomami wodoru wiązaniami kowalencyjnymi:



Jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomami węgla to wiązanie typu σ [czyt. sigma], a drugie – typu π [czyt. pi]. **Pozostałe wiązania między atomami węgla, a także te między atomami węgla i wodoru** są wiązaniami typu σ.

Model cząsteczki propenu

wiązania w alkenach



1 wiązanie typu σ i 1 wiązanie typu π

Modele atomów: wodoru, węgla

Jak się tworzy nazwy alkenów?

Nazwy wszystkich alkenów mają końcówkę „-**en**”. Nazwę alkenu tworzy się **od nazwy alkanu o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce**. Należy zmienić końcówkę z „-**an**” na „-**en**”, np.:

alk**an**	alk**en**
et**an**	et**en**

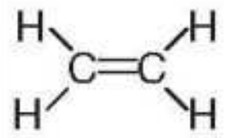
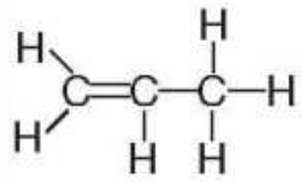
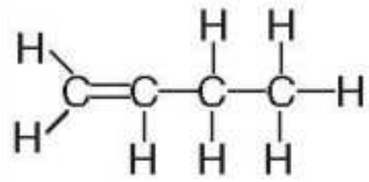
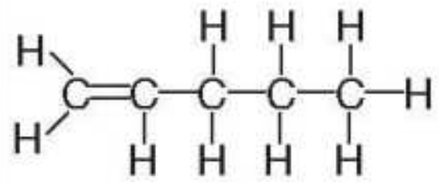
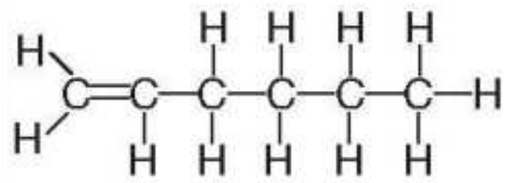
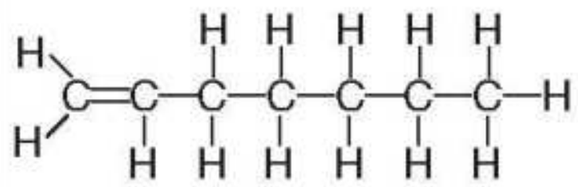
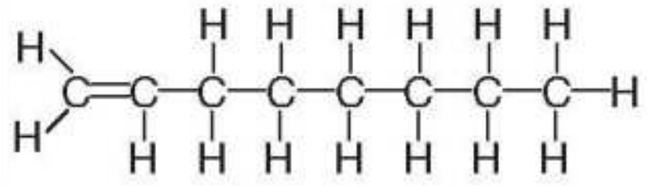
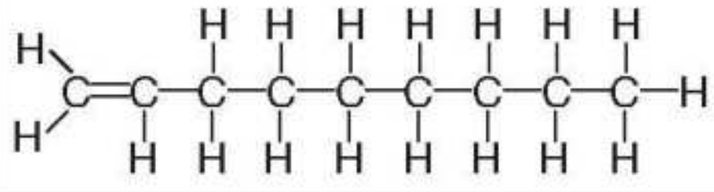
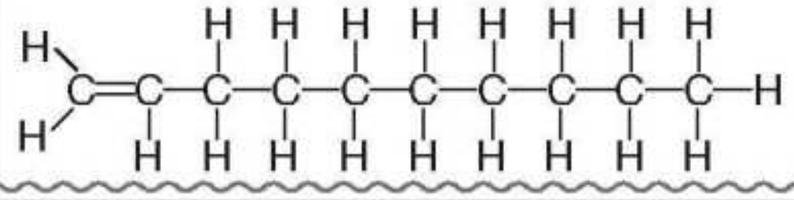
Nie ma węglowodoru nienasyconego, który byłby odpowiednikiem metanu.

Jak są uporządkowane alkeny w szeregu homologicznym?

W szeregu homologicznym alkeny są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 5.).

Pierwszy w szeregu homologicznym alkenów jest eten. Każdy kolejny związek chemiczny w tym szeregu ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru, czyli o jedną grupę metylenową (—CH_2—), więcej niż poprzedni.

Tabela 5. Szereg homologiczny alkenów o prostych (nierozgałęzionych) łańcuchach węglowych (do 10 atomów węgla w cząsteczce)

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór	
		sumaryczny	strukturalny
2	eten (etylen)	C_2H_4	
3	propen	C_3H_6	
4	but-1-en	C_4H_8	
5	pent-1-en	C_5H_{10}	
6	heks-1-en	C_6H_{12}	
7	hept-1-en	C_7H_{14}	
8	okt-1-en	C_8H_{16}	
9	non-1-en	C_9H_{18}	
10	dek-1-en	$C_{10}H_{20}$	

Jak zapisać wzór ogólny alkenów?

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego alkenów można wyprowadzić **wzór ogólny tych węglowodorów nienasyconych**:

$$C_nH_{2n}$$

gdzie:

n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkenu; $n \geqslant 2$.

Najmniejsza możliwa liczba atomów węgla w cząsteczce alkenu to dwa, ponieważ wiązanie podwójne musi łączyć dwa atomy węgla.

W tabeli wiązanie podwójne w cząsteczkach alkenów o prostych łańcuchach węglowych znajduje się zawsze między pierwszym a drugim atomem węgla, dlatego w nazwie tych alkenów należy wpisać numer 1, np. but-1-en.

półstrukturalny	grupowy	szkieletowy (kreskowy)
$CH_2{=}CH_2$	CH_2CH_2	
$CH_2{=}CH{-}CH_3$	CH_2CHCH_3	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CHCH_2CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_2CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_3CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_4CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_5CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_6CH_3$	
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2CH(CH_2)_7CH_3$	

Plan rozwiązywania

1. Napisz wzór ogólny alkenów.
2. Określ wartość liczby *n*.
3. Podstaw wartość liczby *n* do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru.
4. Napisz wzór sumaryczny alkenu.
5. Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy alkenu na podstawie jego wzoru sumarycznego.

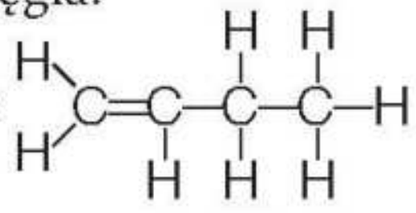
Przykład 6.

W jaki sposób ustalić wzory alkenu na podstawie jego nazwy?

Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy but-1-enu.

1. C_nH_{2n}
2. Liczba ***n*** oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce alkenu.
   $n = 4$
3. $C_4H_{2 \cdot 4}$
4. Wzór sumaryczny: C_4H_8
5. W cząsteczce alkenu występuje jedno wiązanie podwójne między atomami węgla.

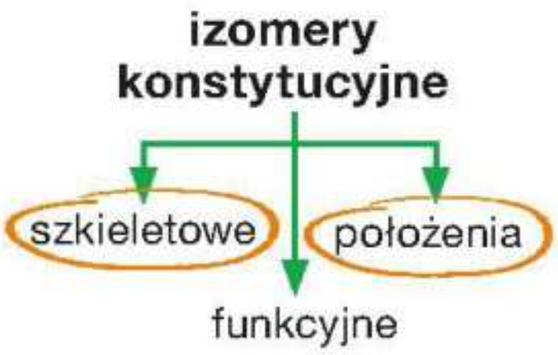
Wzór strukturalny:



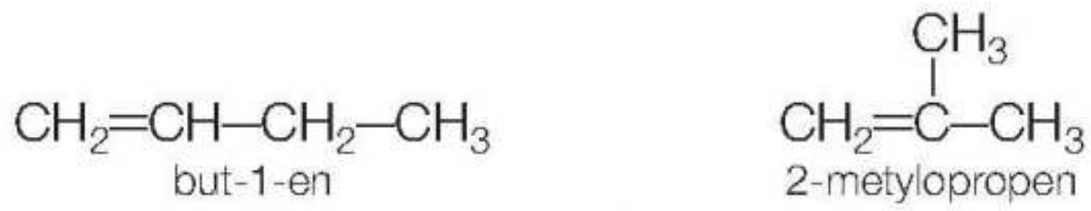
Wzór półstrukturalny: $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$

Wzór grupowy: $CH_2CHCH_2CH_3$

Czy alkeny mają izomery?



Alkeny, podobnie jak alkany, tworzą **izomery szkieletowe**. Na przykład alken o wzorze sumarycznym C_4H_8 ma dwa izomery szkieletowe:



$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ — but-1-en

$CH_2{=}C(CH_3){-}CH_3$ — 2-metylopropen

Alkeny tworzą też **izomery położenia wiązania wielokrotnego (podwójnego)**. Dlatego w nazwach alkenów między rdzeniem nazwy a końcówką „-**en**" należy uwzględnić **położenie wiązania podwójnego** w cząsteczce, czyli wpisać numer atomu węgla, który jako pierwszy bierze udział w tworzeniu wiązania podwójnego. Liczba ta musi być możliwie jak najmniejsza. Pierwszym alkenem, który ma ten typ izomerów, jest buten:



$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3$ — but-**1**-en

$\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{3}{C}H{-}\overset{4}{C}H_3$ — but-**2**-en

W nazwie propenu nie określa się położenia wiązania podwójnego, ponieważ **zawsze będzie ono między pierwszym a drugim atomem węgla**:



$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_3$ — propen

$\overset{3}{C}H_3{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{1}{C}H_2$ — propen

Przykład 7.

W jaki sposób ustalić, czy związki chemiczne o podanych wzorach są izomerami konstytucyjnymi?

Wskaż, która z podanych par związków chemicznych przedstawia izomery konstytucyjne.

a) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ i $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$
b) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ i $CH_2{=}C(CH_3){-}CH_2{-}CH_3$

Plan rozwiązywania

1. Porównaj liczby i rodzaje atomów w cząsteczce.
2. Porównaj budowę łańcuchów węglowych związków chemicznych.
3. Porównaj położenie wiązania podwójnego w cząsteczce.
4. Napisz odpowiedź.

1

Para związków	Porównanie liczb i rodzajów atomów	
a)	$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_2{-}\overset{5}{C}H_2{-}\overset{6}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{3}{C}H{-}\overset{4}{C}H_2{-}\overset{5}{C}H_2{-}\overset{6}{C}H_3$
	6 atomów węgla = 6 atomów węgla 12 atomów wodoru = 12 atomów wodoru ☑ Te związki chemiczne mają takie same liczby i rodzaje atomów.	
b)	$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_2{-}\overset{5}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}(\overset{5}{C}H_3){-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3$
	5 atomów węgla = 5 atomów węgla 10 atomów wodoru = 10 atomów wodoru ☑ Te związki chemiczne mają takie same liczby i rodzaje atomów.	

2

Para związków	Porównanie budowy łańcuchów węglowych (rozgałęziony, nierozgałęziony)	
a)	$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$
	nierozgałęziony = nierozgałęziony Te związki chemiczne mają łańcuch węglowy o takiej samej budowie.	
b)	$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CH_2{=}C(CH_3){-}CH_2{-}CH_3$
	nierozgałęziony ≠ rozgałęziony ☑ Te związki chemiczne różnią się budową łańcucha węglowego – są izomerami szkieletowymi.	

3 Jeśli związki chemiczne mają takie same liczby i rodzaje atomów oraz budowę łańcuchów węglowych, należy porównać położenie wiązania podwójnego.

Para związków	Porównanie położenia wiązania podwójnego	
a)	$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_2{-}\overset{5}{C}H_2{-}\overset{6}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}H{=}\overset{3}{C}H{-}\overset{4}{C}H_2{-}\overset{5}{C}H_2{-}\overset{6}{C}H_3$
	heks-1-en ☑ Te związki chemiczne mają wiązanie podwójne przy różnych atomach węgla – są izomerami położenia.	heks-2-en

patrz s. 44

4 Izomerami konstytucyjnymi są związki chemiczne o wzorach przedstawionych w podpunktach a) i b).

Jak się tworzy nazwy alkenów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych?

Nazwy alkenów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych ustala się podobnie jak nazwy alkanów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 34). **Należy rozpocząć od znalezienia najdłuższego łańcucha węglowego** (łańcucha głównego). Jeśli zawiera on wiązanie podwójne, to atomy węgla w cząsteczce trzeba ponumerować tak, aby pierwszy atom węgla tworzący wiązanie podwójne miał jak najniższy numer. W nazwie alkenu należy uwzględnić numer tego atomu węgla.

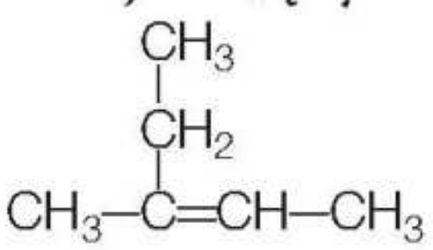
Plan rozwiązywania

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

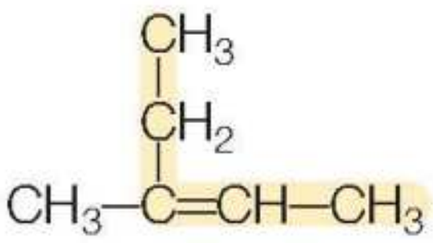
Przykład 8.

Jak ustalić nazwę alkenu na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

Podaj nazwę systematyczną alkenu o wzorze półstrukturalnym:

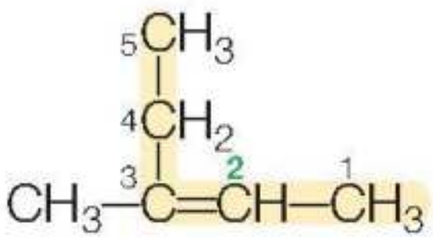


1 Najdłuższy łańcuch węglowy składa się z pięciu atomów węgla.



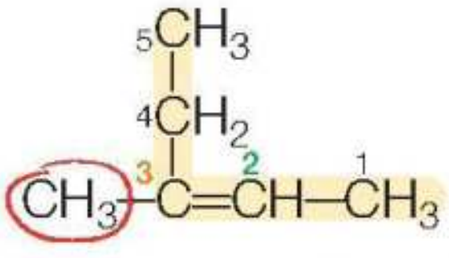
! **Wiązanie podwójne** występuje **w najdłuższym łańcuchu węglowym**.

2 Atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym należy ponumerować tak, aby pierwszy atom węgla tworzący wiązanie podwójne miał możliwie najniższy lokant.



! Atom węgla, który jako pierwszy tworzy **wiązanie podwójne**, musi mieć jak **najniższy lokant**.

3 W cząsteczce alkenu występuje jeden podstawnik metylowy.



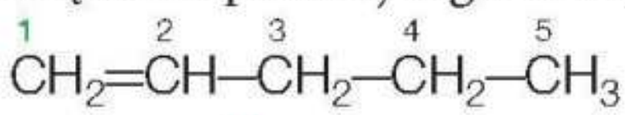
4 Nazwa tego alkenu to **3-metylopent-2-en**.

Przykład 9.

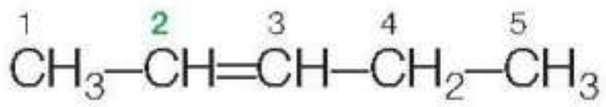
Jak ustalić wzory i nazwy izomerów konstytucyjnych na podstawie wzoru sumarycznego alkenu?

Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich izomerów konstytucyjnych alkenu o wzorze C_5H_{10}.

1 Najprostszymi izomerami konstytucyjnymi tego alkenu są izomery o prostym (nierozgałęzionym) pięcioatomowym łańcuchu węglowym. Różnią się one jedynie położeniem wiązania podwójnego w cząsteczce.

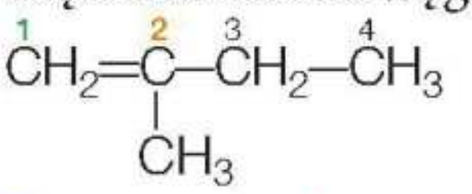


pent-1-en

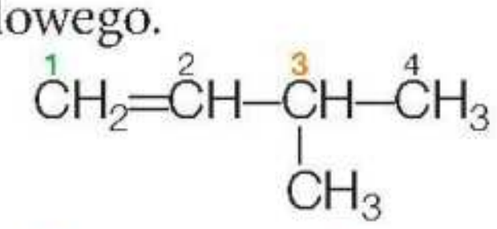


pent-2-en

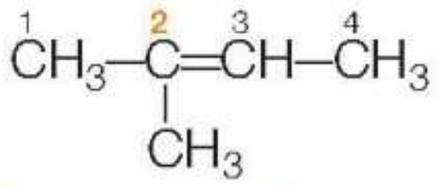
2 Utwórz czteroatomowy łańcuch węglowy. Powstałą w ten sposób grupę metylową $-CH_3$ przyłączaj do atomów węgla w środkowej części łańcucha węglowego.



2-metylobut-1-en



3-metylobut-1-en



2-metylobut-2-en

! Umieszczenie grupy metylowej na końcu czteroatomowego łańcucha węglowego skutkowałoby powstaniem pent-1-enu lub pent-2-enu.

3 Izomerami konstytucyjnymi alkenu o wzorze C_5H_{10} są izomery położenia o nazwach pent-1-en i pent-2-en oraz izomery szkieletowe o nazwach 2-metylobut-1-en, 3-metylobut-1-en i 2-metylobut-2-en.

Plan rozwiązywania

1 Napisz wzór półstrukturalny i nazwę alkenu o prostym (nierozgałęzionym) łańcuchu węglowym.

2 Napisz wzór półstrukturalny i nazwę alkenu o rozgałęzionym łańcuchu węglowym z czterowęglowym łańcuchem głównym.

3 Napisz odpowiedź.

Jak zmieniają się właściwości fizyczne w szeregu homologicznym alkenów?

Alkeny, podobnie jak alkany, **nie rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ **mają budowę niepolarną**.

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach alkenów nierozgałęzionych **wzrastają ich temperatury wrzenia i topnienia** (tabela 6., s. 46) oraz zmienia się ich stan skupienia (rys. 5.). W warunkach normalnych pierwsze trzy nierozgałęzione alkeny – eten, propen, but-1-en – są gazami, a alkeny od pent-1-enu do alkenu zawierającego 15 atomów węgla w cząsteczce są cieczami. Alkeny, które mają co najmniej 16 atomów węgla w cząsteczce, to substancje stałe. Gazowe i ciekłe alkeny są **bezbarwne**.

Warunki normalne
$T = 0°C$, $p = 1013$ hPa



Rys. 5. Zależność między stanem skupienia alkenów a liczbą atomów węgla w ich cząsteczce.

Tabela 6. Temperatury wrzenia i topnienia wybranych alkenów (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór alkenu	Masa cząsteczkowa, u	Temperatura		Stan skupienia alkenu
			topnienia, °C	wrzenia, °C	
2	eten C_2H_4	28	–169	–104	gaz
3	propen C_3H_6	42	–185	–48	gaz
4	but-1-en C_4H_8	56	–185	–6	gaz
5	pent-1-en C_5H_{10}	70	–165	30	ciecz
6	heks-1-en C_6H_{12}	84	–140	64	ciecz
15	pentadek-1-en $C_{15}H_{30}$	210	–4	257	ciecz
16	heksadek-1-en $C_{16}H_{32}$	224	4	285	substancja stała
18	oktadek-1-en $C_{18}H_{36}$	252	17	315	substancja stała

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Jak otrzymać eten?

Eten jest pierwszym związkiem chemicznym w szeregu homologicznym alkenów.

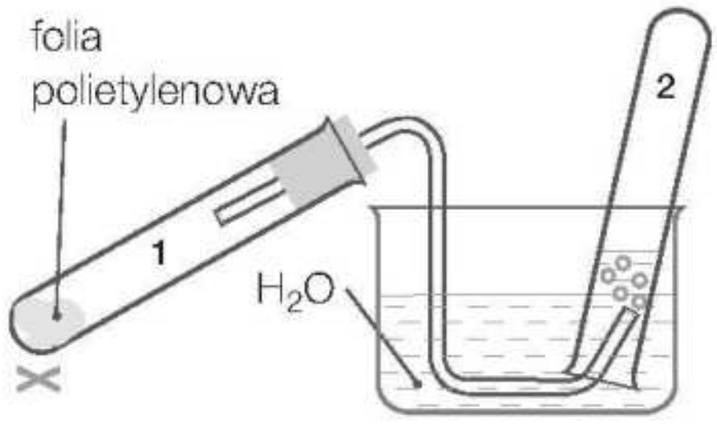
Doświadczenie 4.  C_2H_4

Otrzymywanie etenu (etylenu)

Odczynniki: kawałek folii polietylenowej, woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki, korek z rurką odprowadzającą, krystalizator, statyw do probówek, palnik gazowy, statyw z łapą metalową.

Instrukcja: Umieść kawałek folii polietylenowej w probówce 1. Zamknij probówkę 1. korkiem z rurką odprowadzającą i umieść w łapie metalowej – rurka odprowadzająca musi być zanurzona w wodzie (schemat). Ogrzewaj probówkę 1. w płomieniu palnika. Wydzielający się gaz zbieraj do probówek zanurzonych w wodzie (schemat). Probówki z zebranym gazem zamknij korkami i umieść w statywie – będą potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia 5., s. 47.



Obserwacje: Wydzielają się bezbarwne, nierozpuszczalne w wodzie pęcherzyki gazu (fot. 14., s. 47) o charakterystycznym zapachu.

Wniosek: Ogrzewany polietylen rozkłada się z wydzieleniem bezbarwnego gazu – etenu.

substratem jest folia polietylenowa, która topi się pod wpływem ogrzewania i następuje rozkład polietylenu



produktem jest gaz – eten

Fot. 14. Otrzymywanie etenu z folii polietylenowej.

Jakie właściwości chemiczne mają alkeny?

Alkeny mają lekko słodkie, **przyjemne zapachy**. Wszystkie alkeny są **palne**.

Jakim reakcjom chemicznym ulegają alkeny?

Doświadczenie 5.





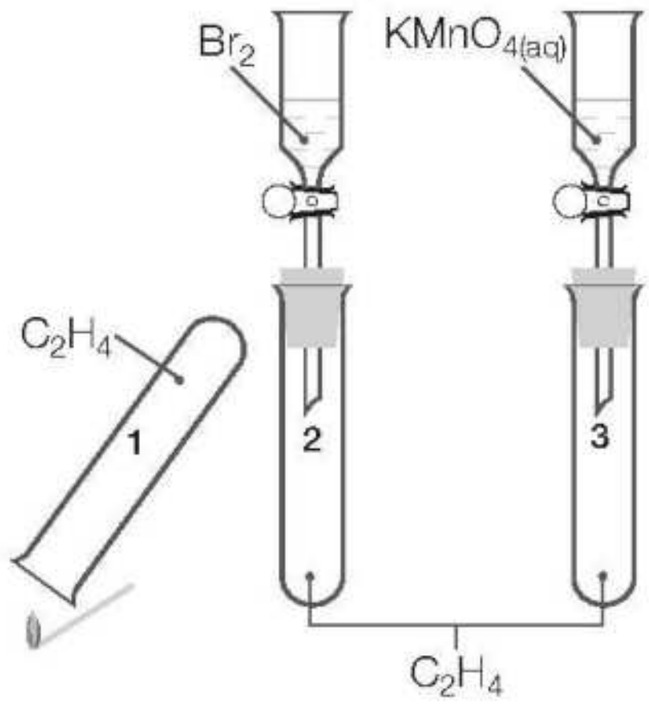


Spalanie etenu oraz badanie zachowania etenu wobec bromu i wodnego roztworu manganianu(VII) potasu

Odczynniki: eten, brom, wodny roztwór manganianu(VII) potasu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki, łuczywo, zapalniczka.

Instrukcja: Zapal łuczywo, a następnie zbliż je do wylotu probówki 1. Nad płomieniem palącego się gazu umieść pustą probówkę. Do probówki 2. dodaj niewielką ilość bromu, a do probówki 3. – niewielką ilość rozcieńczonego roztworu manganianu(VII) potasu. Probówki 2. i 3. zamknij korkami i wstrząsaj.



Obserwacje: Gaz w probówce 1. spala się jasnym, świecącym płomieniem. Na ściankach probówki umieszczonej nad płomieniem palącego się gazu pojawiają się krople bezbarwnej cieczy, a jej wylot pokrywa się czarnym nalotem. Zawartość probówek 2. i 3. się odbarwia.

Probówki z etenem muszą być zamknięte korkami, ponieważ ten gaz ma gęstość mniejszą od gęstości powietrza.

Potrzebny do doświadczenia eten nauczyciel powinien otrzymać w wyniku ogrzewania folii polietylenowej (patrz doświadczenie 4., s. 46).

W tym doświadczeniu należy użyć roztworu fluorowca w rozpuszczalniku organicznym, np. CCl_4.

Wniosek: Jednym z produktów spalania etenu (probówka 1.) jest węgiel (sadza), a drugim woda.

Zachodzi reakcja chemiczna, którą przedstawia równanie:

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$\underset{\text{eten}}{C_2H_4} + \underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,C + \underset{\text{węgiel}}{2\,H_2O} \quad \underset{\text{woda}}{}$$

W reakcji spalania niecałkowitego etenu można również otrzymać tlenek węgla(II) (czad):

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$\underset{\text{eten}}{C_2H_4} + 2\,\underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,\underset{\text{tlenek węgla(II)}}{CO\uparrow} + \underset{\text{woda}}{2\,H_2O}$$

Eten przy ograniczonym dostępie tlenu **ulega reakcjom spalania niecałkowitego**.

Przy nieograniczonym dostępie tlenu z powietrza **alkeny**, podobnie jak alkany, **ulegają reakcji spalania całkowitego**. Przebieg tej reakcji chemicznej dla etenu przedstawia równanie:

reakcja **spalania całkowitego**

$$\underset{\text{eten}}{C_2H_4} + 3\,\underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,\underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{2\,H_2O}$$

Eten reaguje z bromem (probówka 2.) i wodnym roztworem manganianu(VII) potasu (probówka 3.). W probówce 2. zachodzi **reakcja addycji** – atomy bromu przyłączają się do atomów węgla połączonych w cząsteczce etenu wiązaniem podwójnym.

Reakcja chemiczna z bromem przebiega zgodnie z równaniem:

reakcja **addycji Br_2**

$$\underset{\text{eten}}{CH_2{=}CH_2} + \underset{\text{brom}}{Br{-}Br} \longrightarrow \underset{\text{1,2-dibromoetan}}{\overset{\displaystyle Br\quad Br}{\overset{\displaystyle |\quad\ |}{CH_2{-}CH_2}}}$$

Objawem reakcji addycji cząsteczki bromu do cząsteczki etenu jest odbarwienie wody bromowej. Alkeny ulegają nie tylko reakcji spalania, lecz także reakcjom addycji (przyłączania) innych cząsteczek, np.: wodoru, chloru, wody.

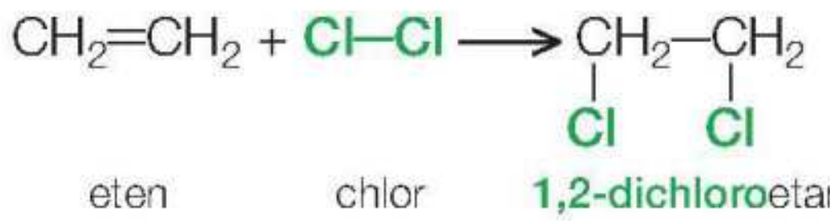
Dlaczego alkeny ulegają reakcji addycji?

Ze względu na obecność wiązania podwójnego alkeny ulegają reakcji addycji (przyłączania). Zachodzi ona w wyniku rozerwania wiązania wielokrotnego. Przyłączane mogą być cząsteczki, np.: H_2, Cl_2, HCl, H_2O. Produktami tych reakcji chemicznych są związki chemiczne należące do alkanów lub ich pochodnych, np. alkoholi lub fluorowcopochodnych węglowodorów.

reakcja **addycji H_2**

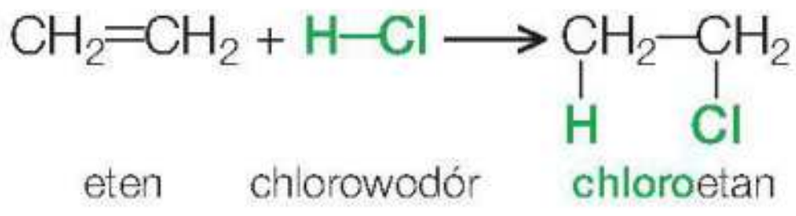
$$\underset{\text{eten}}{CH_2{=}CH_2} + \underset{\text{wodór}}{H{-}H} \xrightarrow{\text{kat.}} \underset{\text{etan}}{\overset{\displaystyle H\quad H}{\overset{\displaystyle |\quad\ |}{CH_2{-}CH_2}}}$$

Produktem tej reakcji chemicznej jest **węglowodór nasycony** – alkan.



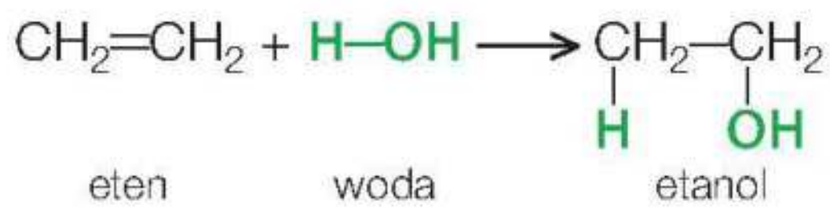
reakcja **addycji Cl_2**

Produktem tej reakcji chemicznej jest **dichloropochodna alkanu** – 1,2-dichloroetan. Reakcja ta zachodzi w środowisku niewodnym, np. w CCl_4 jako rozpuszczalniku.



reakcja **addycji HCl**

Produktem tej reakcji chemicznej jest **monochloropochodna alkanu** – chloroetan.



reakcja **addycji H_2O**

Produktem tej reakcji chemicznej jest **alkohol** – etanol. Alkohole poznasz w temacie *Alkohole monohydroksylowe*, s. 105.

■ Jakie produkty powstają w reakcji addycji cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów?

W reakcji addycji cząsteczek niesymetrycznych, np. HCl, do niesymetrycznych cząsteczek alkenów, np. propenu, powstają dwa produkty: główny i uboczny. Produktem głównym – powstającym w większej ilości – jest produkt otrzymywany zgodnie z regułą Markownikowa. Produktem ubocznym – powstającym w mniejszej ilości – jest produkt otrzymywany niezgodnie z regułą Markownikowa.

cząsteczka **niesymetryczna**
H—Cl CH_2=CH—CH_3

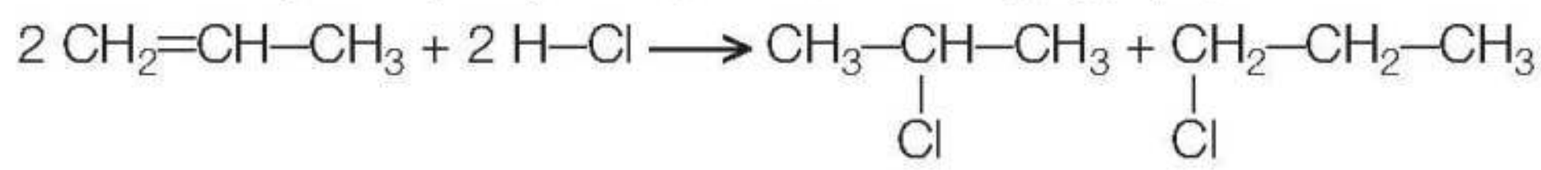
cząsteczka **symetryczna**
H—H CH_2=CH_2

■ Jak brzmi reguła Markownikowa?

W reakcji addycji cząsteczek niesymetrycznych, np. HCl, H_2O, do niesymetrycznej cząsteczki alkenu atom wodoru przyłącza się do tego atomu węgla przy wiązaniu wielokrotnym, który jest połączony z większą liczbą atomów wodoru.

■ W jaki sposób przebiega reakcja addycji cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów?

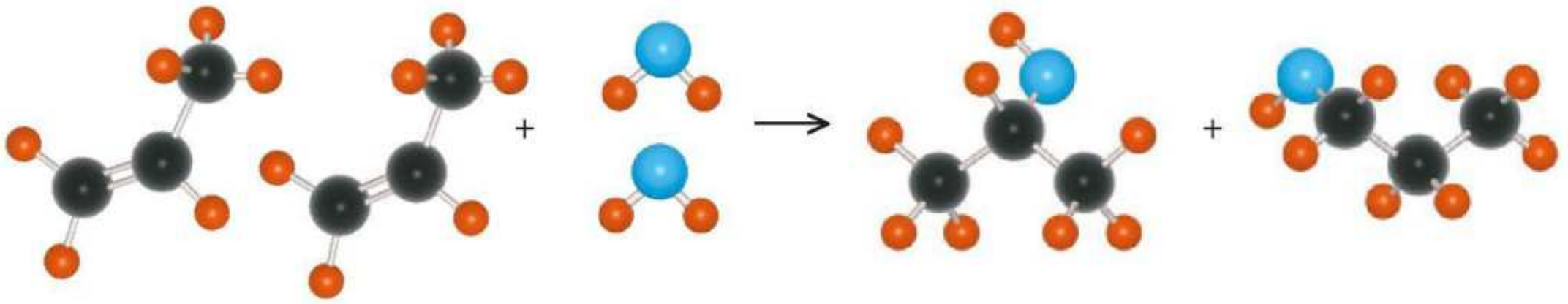
Alkeny o niesymetrycznych cząsteczkach, np. propen, reagują z cząsteczkami niesymetrycznymi, np. HCl, w następujący sposób:



reakcja **addycji HCl**

2-chloropropan – produkt główny – powstaje w wyniku **addycji** (przyłączania) **atomu wodoru** z cząsteczki HCl **do tego atomu węgla** przy wiązaniu podwójnym, **który jest związany z większą liczbą atomów wodoru**. Atom chloru z cząsteczki HCl przyłącza się do drugiego atomu węgla przy wiązaniu podwójnym, związanego z mniejszą liczbą atomów wodoru. 2-chloropropan jest zatem produktem otrzymywanym **zgodnie z regułą Markownikowa**.

Alkeny niesymetryczne mogą przyłączać też inne cząsteczki, np. H_2O. Reakcję addycji wody do propenu przedstawia równanie:



reakcja **addycji H_2O**

$$2\ CH_2{=}CH{-}CH_3 + 2\ H{-}OH \longrightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{CH}{-}CH_3 + CH_2{-}\underset{\displaystyle OH}{CH_2}{-}CH_3$$

propen — woda — propan-2-ol **produkt główny** — propan-1-ol **produkt uboczny**

Głównym produktem jest propan-2-ol, który powstaje w wyniku addycji (przyłączania) atomu wodoru z cząsteczki H_2O do tego atomu węgla przy wiązaniu podwójnym, który jest związany z większą liczbą atomów wodoru. Grupa –OH z cząsteczki H_2O przyłącza się do drugiego atomu węgla przy wiązaniu podwójnym, związanego z mniejszą liczbą atomów wodoru. Propan-2-ol jest zatem produktem otrzymywanym zgodnie z regułą Markownikowa.

Zasady tworzenia nazw alkoholi poznasz w temacie *Alkohole monohydroksylowe*, s. 105.

Przykład 10.

Jak ustalić produkty główny i uboczny reakcji addycji chlorowodoru do niesymetrycznego alkenu?

Napisz równania reakcji addycji chlorowodoru do but-1-enu i podpisz produkty główny oraz uboczny.

Plan rozwiązywania

1 Napisz wzór półstrukturalny alkenu.

2 Napisz równanie opisanej reakcji chemicznej zgodnie z regułą Markownikowa.

3 Napisz równanie opisanej reakcji chemicznej niezgodnie z regułą Markownikowa.

4 Ustal i podaj nazwy systematyczne produktów głównego i ubocznego.

1

$$\overset{1}{CH_2}{=}\overset{2}{CH}{-}\overset{3}{CH_2}{-}\overset{4}{CH_3}$$

but-**1**-en

2 Zastosuj wzory półstrukturalne. Zgodnie z regułą Markownikowa atom wodoru przyłącza się do tego atomu węgla, który jest związany z większą liczbą atomów wodoru.

$$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3{-}CHCl{-}CH_2{-}CH_3$$

patrz s. 51

3 Zastosuj wzory półstrukturalne. Przyłącz atom wodoru do tego atomu węgla, który jest związany z mniejszą liczbą atomów wodoru.

$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + HCl \longrightarrow CH_2Cl{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

4 Produktem głównym jest związek chemiczny powstający zgodnie z regułą Markownikowa, czyli 2-chlorobutan:
$CH_3{-}CHCl{-}CH_2{-}CH_3$.
Produktem ubocznym jest 1-chlorobutan:
$CH_2Cl{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$.

Alkeny mogą ulegać nie tylko reakcjom spalania i addycji, lecz także reakcji polimeryzacji.

Jakim jeszcze reakcjom ulegają alkeny?

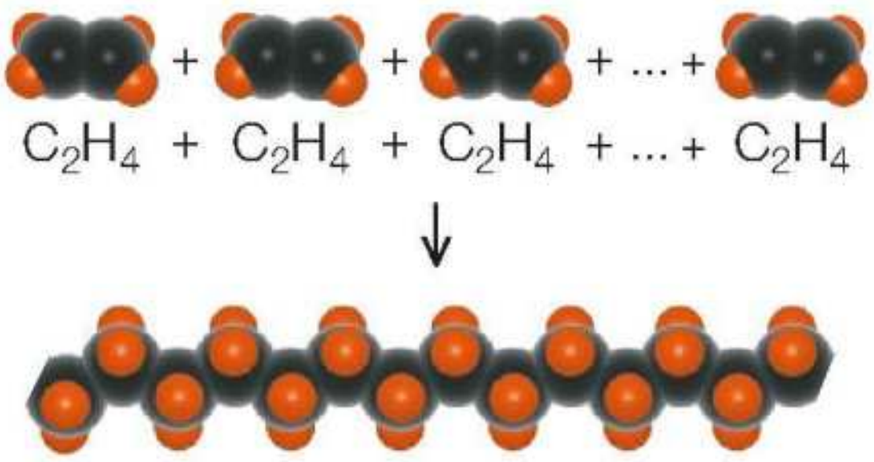
Związki nienasycone, np. alkeny lub alkiny, które zawierają w cząsteczkach wiązania podwójne albo potrójne ulegają **reakcji polimeryzacji**.

Na czym polega reakcja polimeryzacji?

Reakcja polimeryzacji polega **na łączeniu się ze sobą wielu cząsteczek związku nienasyconego** w wyniku rozerwania wiązania typu π lub jednego z wiązań typu π w wiązaniu wielokrotnym. Produktem tej reakcji chemicznej jest wielkocząsteczkowy związek chemiczny.

Czym są monomer i polimer?

Monomer to substrat reakcji polimeryzacji – nienasycony związek chemiczny. **Polimer** powstaje w reakcji polimeryzacji, czyli **jest produktem** – związkiem wielkocząsteczkowym.



W reakcji polimeryzacji wiele cząsteczek związków nienasyconych łączy się ze sobą i tworzy związek wielkocząsteczkowy...



...tak jak w wyniku połączenia wielu koralików powstaje naszyjnik.

Co to jest mer?

Mer to powtarzający się **fragment cząsteczki polimeru**.

Krok po kroku

Reakcja polimeryzacji

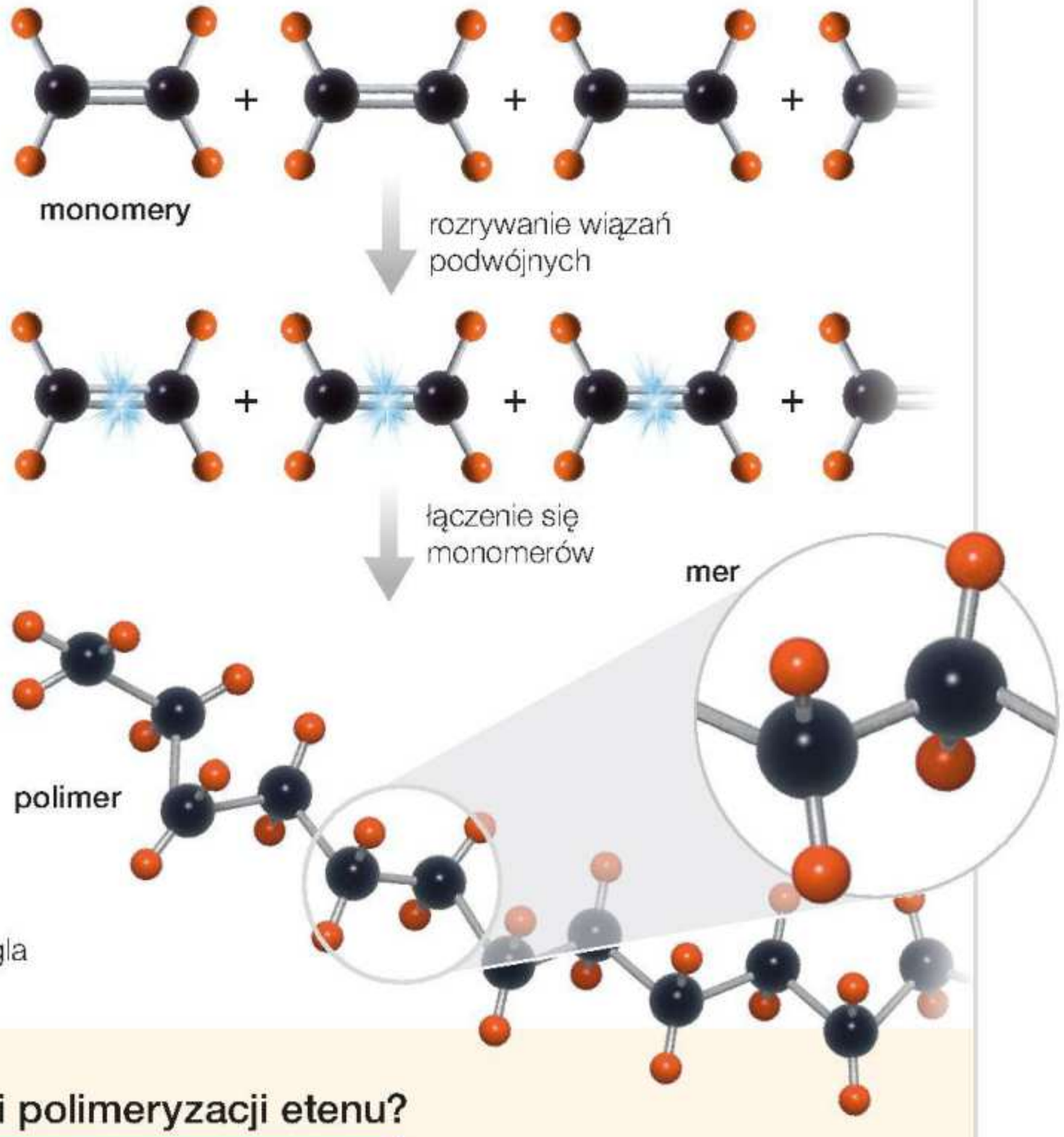
Reakcja polimeryzacji zachodzi w odpowiednio dobranych warunkach ciśnienia i temperatury oraz w obecności katalizatora. **Produktem** tej reakcji chemicznej **jest wielkocząsteczkowy związek chemiczny – polimer.**

Jak przebiega reakcja polimeryzacji etenu (etylenu)?

1 **Substratami** są cząsteczki etenu.

2 **Jedno z wiązań wiązania podwójnego** C=C w każdej cząsteczce etenu (monomeru) **ulega rozerwaniu.**

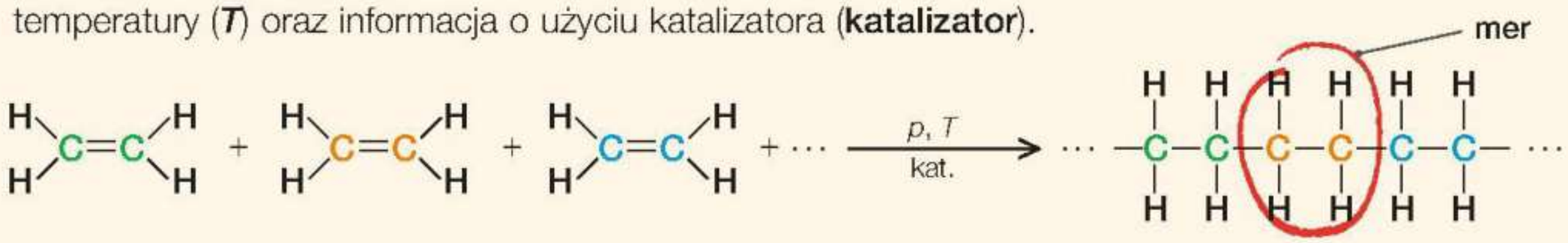
3 Sąsiadujące cząsteczki monomeru łączą się ze sobą i tworzą **wielkocząsteczkowy produkt – polieten** (polietylen).



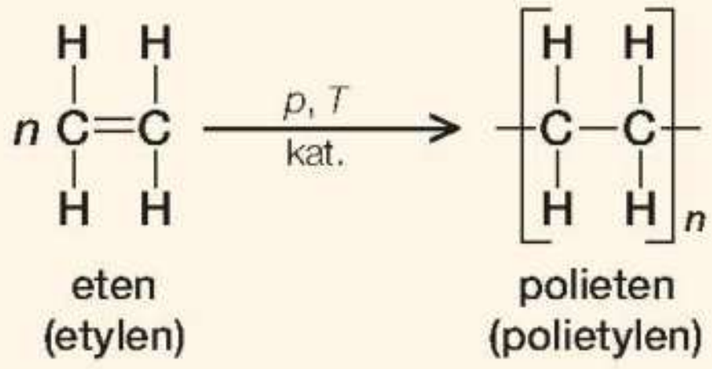
Modele atomów: ● wodoru ● węgla

Jak zapisać równanie reakcji polimeryzacji etenu?

Reakcja polimeryzacji **zachodzi w ściśle określonych warunkach**, dlatego w zapisie równania reakcji **muszą się znaleźć symbole** ciśnienia (***p***), temperatury (***T***) oraz informacja o użyciu katalizatora (**katalizator**).



lub



W jaki sposób tworzy się nazwy polimerów?

Dodaje się przedrostek „**poli**-" do nazwy monomeru, np. **poli**etylen. Jeśli nazwa monomeru składa się z dwóch wyrazów, np. chlorek winylu, to w nazwie polimeru należy ją umieścić w nawiasie, np. **poli**(chlorek winylu). Nazwy polimerów bywają długie i skomplikowane, dlatego większość z nich oznacza się powszechnie stosowanymi skrótami, które pochodzą od angielskich nazw polimerów (tabela 7.). Wprowadzone skróty (fot. 15.), podobnie jak symbole pierwiastków chemicznych, są międzynarodowe, czyli zrozumiałe na całym świecie.

Tabela 7. Międzynarodowe skróty nazw polimerów

Polska nazwa polimeru	Angielska nazwa polimeru	Skrót
polietylen	polyethylene	PE
polipropylen	polypropylene	PP
politetrafluoroetylen	polytetrafluoroethylene	PTFE
poli(chlorek winylu)	poly(vinyl chloride)	PVC



Fot. 15. Oznaczenie przedmiotów wykonanych z polietylenu.

Zastosowania

Alkeny

Eten jest wykorzystywany w ogrodnictwie i sadownictwie jako czynnik przyspieszający dojrzewanie owoców.



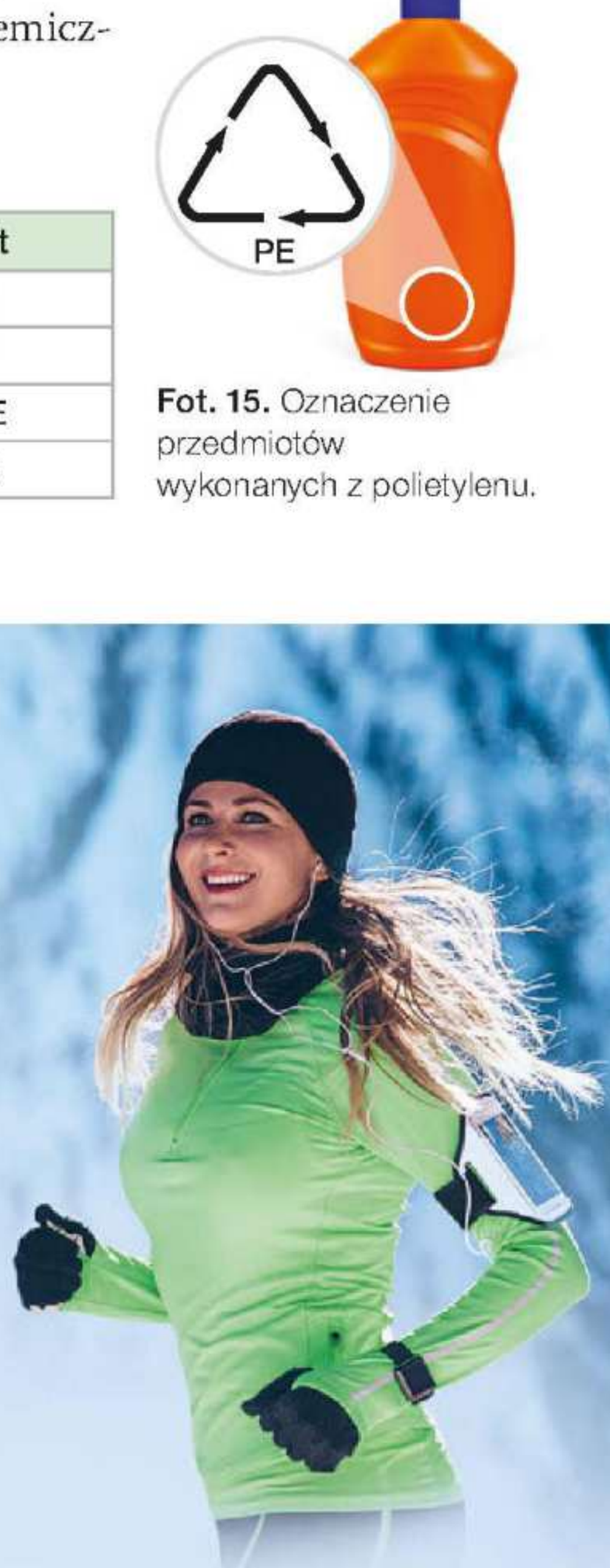
Przemysł chemiczny

Guma stosowana do produkcji m.in. **opon samochodowych** otrzymywana jest w procesie polimeryzacji buta-1,3-dienu (alkenu, w którego cząsteczce występują dwa wiązania podwójne).



Medycyna

β-karoten to alken, w którego cząsteczce występuje jedenaście wiązań podwójnych. Chroni skórę przed szkodliwym wpływem promieni UV. Działa jak niski **filtr przeciwsłoneczny**, a więc zmniejsza ryzyko oparzeń.



Przemysł tekstylny

W skład **zimowej odzieży termoaktywnej** wchodzi polipropylen – produkt polimeryzacji propenu. Chroni on użytkownika przed nadmierną utratą ciepła.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory sumaryczne i półstrukturalne alkenów o podanych nazwach.**
   a) eten
   b) propen
   c) hept-2-en
   d) non-3-en

2. **Napisz nazwy systematyczne alkenów o podanych wzorach.**
   a) $CH_3—CH=CH—CH_3$
   b) $CH_3—CH=CH—CH_2—CH_3$
   c) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH=CH_2$
   d) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH=CH—CH_3$

3. Alken o wzorze C_4H_8 ma trzy izomery konstytucyjne. **Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich tych trzech izomerów.**

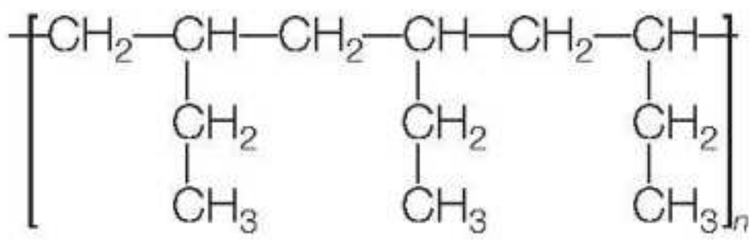
4. W temperaturze pokojowej eten jest bezbarwnym gazem o słodkawym zapachu. Jest lżejszy od powietrza i nie rozpuszcza się w wodzie. Ulega reakcjom spalania i addycji. **Wymień te spośród podanych w opisie właściwości etenu, które są jego właściwościami chemicznymi.**

5. **Podaj liczbę cząsteczek tlenu i nazwę węglowodoru, który poddano spalaniu zgodnie z równaniem:**
   $2\ C_xH_y + [?]\ O_2 \longrightarrow 10\ CO_2\uparrow + 10\ H_2O$

6. **Napisz równania reakcji addycji (przyłączania):**
   a) chloru do etenu,
   b) wodoru do propenu,
   c) chlorowodoru do propenu,
   d) wody do but-1-enu.
   Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych. Jeśli reakcja przebiega zgodnie z regułą Markownikowa, napisz wzór głównego produktu.

7. **Napisz równanie reakcji polimeryzacji propenu. Podpisz monomer, polimer i mer.**

8. **Napisz wzór monomeru, z którego otrzymano polimer o wzorze:**



9. Teflon® to polimer stosowany do pokrywania niektórych patelni. Otrzymywany jest w reakcji polimeryzacji związku chemicznego o wzorze $CF_2=CF_2$. **Napisz równanie reakcji otrzymywania teflonu. Zastosuj wzory półstrukturalne.**

Zapamiętaj!

Alkeny – węglowodory nienasycone mające jedno wiązanie podwójne między atomami węgla.

Reakcja addycji – reakcja przyłączania cząsteczek do związków nienasyconych w wyniku rozerwania wiązania wielokrotnego.

Reguła Markownikowa – atom wodoru przyłącza się do tego atomu węgla przy wiązaniu wielokrotnym, który jest połączony z większą liczbą atomów wodoru.

Reakcja polimeryzacji – reakcja otrzymywania wielkocząsteczkowego związku chemicznego w wyniku łączenia się ze sobą wielu cząsteczek związku nienasyconego.

Monomer – substrat reakcji polimeryzacji, związek nienasycony.

Polimer – wielkocząsteczkowy produkt reakcji polimeryzacji.

Mer – powtarzający się fragment cząsteczki polimeru, który swoją budową odpowiada cząsteczce monomeru.

4. Węglowodory nienasycone – alkiny

Do cięcia i spawania metali używa się palników (fot. 16.), których płomień ma bardzo wysoką temperaturę – ok. 3000°C. Ważnym składnikiem spalanej mieszaniny gazów jest acetylen (etyn), pierwszy związek chemiczny w szeregu homologicznym alkinów.



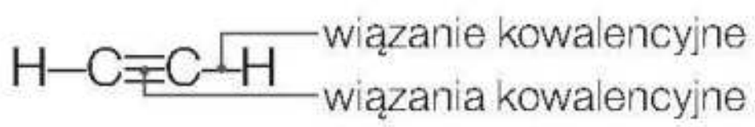
Fot. 16. W palnikach acetylenowo-tlenowych zachodzi reakcja spalania całkowitego etynu.

Co to są alkiny?

Alkiny to **węglowodory nienasycone**. W ich cząsteczkach występuje **jedno wiązanie potrójne** między atomami węgla.

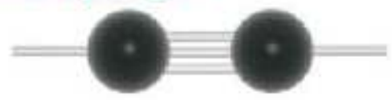
Jak są zbudowane alkiny?

Alkiny, podobnie jak alkany i alkeny, są zbudowane wyłącznie **z atomów węgla i wodoru**. Atomy węgla w cząsteczkach alkinów łączą się ze sobą i z atomami wodoru wiązaniami kowalencyjnymi:

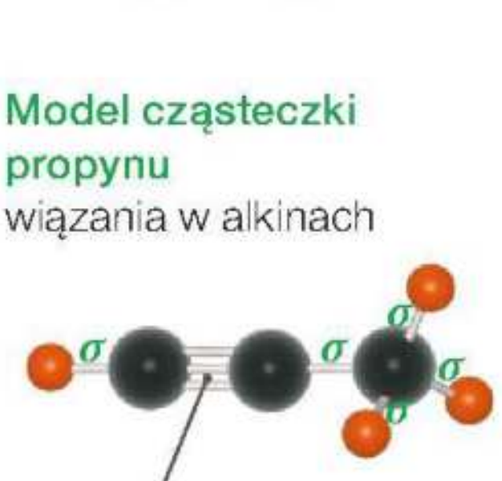


Jedno wiązanie w wiązaniu potrójnym to **wiązanie typu σ** [czyt. sigma], a dwa pozostałe to **wiązania typu π** [czyt. pi]. **Pozostałe wiązania między atomami węgla, a także te między atomami węgla i wodoru są wiązaniami typu σ.**

Model wiązania potrójnego



Model cząsteczki propynu



wiązania w alkinach

1 wiązanie typu σ i 2 wiązania typu π

Modele atomów: wodoru, węgla

Jak się tworzy nazwy alkinów?

Nazwy wszystkich alkinów mają końcówkę „-**yn**" lub „-**in**". Nazwę alkinu tworzy się od nazwy alkanu o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce. Należy zmienić końcówkę z „-**an**" na „-**yn**", np. et**an** – et**yn**, lub „-**in**" (po spółgłoskach: ch, f, g, k, l), np.: dek**an** – dek**in**.

Chemia w akcji

Acetylen spala się bardzo jasnym płomieniem. Już w XIX w. używano go do oświetlania wagonów kolejowych i statków. Obecnie nadal jest wykorzystywany w alpinizmie jaskiniowym (fot. 17.).



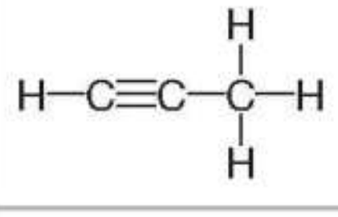
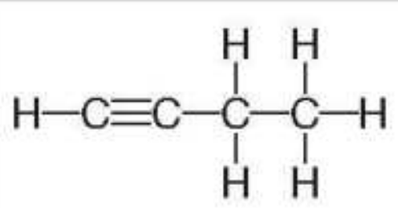
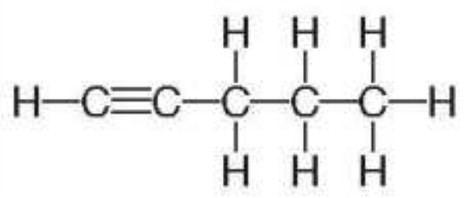
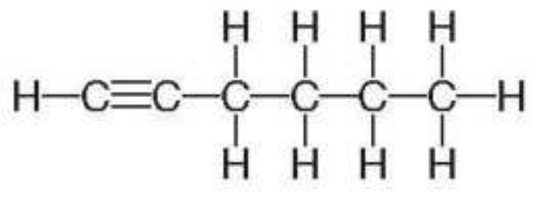
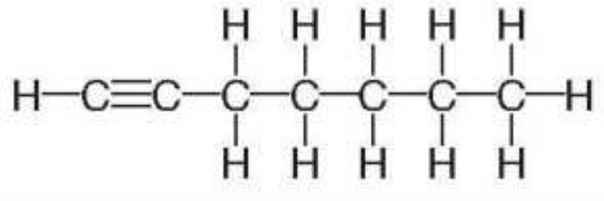
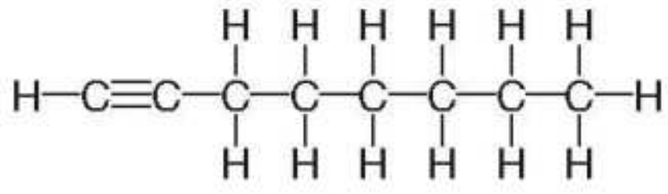
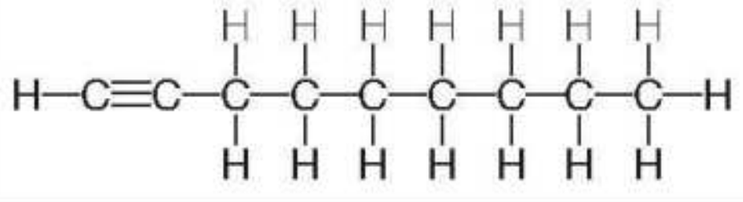
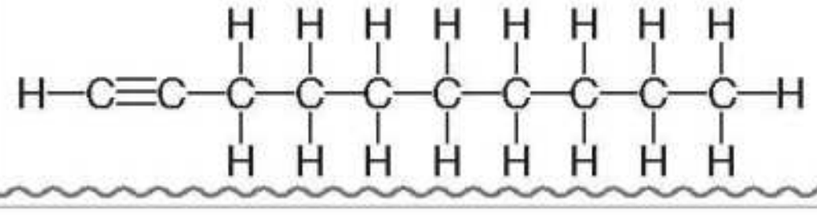
Fot. 17. Zestaw składa się z wytwornicy acetylenu połączonej wężykiem z palnikiem umieszczonym na kasku.

Jak są uporządkowane alkiny w szeregu homologicznym?

W szeregu homologicznym alkiny są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 8.).

Pierwszy w szeregu homologicznym alkinów jest etyn. Każdy kolejny związek chemiczny w tym szeregu ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru, czyli o jedną grupę metylenową (—CH_2—), więcej niż poprzedni.

Tabela 8. Szereg homologiczny alkinów o prostych (nierozgałęzionych) łańcuchach węglowych (do 10 atomów węgla w cząsteczce)

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór	
		sumaryczny	strukturalny
2	etyn (acetylen)	C_2H_2	
3	propyn	C_3H_4	
4	but-1-yn	C_4H_6	
5	pent-1-yn	C_5H_8	
6	heks-1-yn	C_6H_{10}	
7	hept-1-yn	C_7H_{12}	
8	okt-1-yn	C_8H_{14}	
9	non-1-yn	C_9H_{16}	
10	dek-1-in	$C_{10}H_{18}$	

Jak zapisać wzór ogólny alkinów?

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego alkinów można wyprowadzić **wzór ogólny tych węglowodorów nienasyconych**:

$$C_nH_{2n-2}$$

gdzie:
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkinu; $n \geqslant 2$.

Najmniejsza możliwa liczba atomów węgla w cząsteczce alkinu to dwa, ponieważ wiązanie potrójne musi łączyć dwa atomy węgla.

półstrukturalny	grupowy	szkieletowy (kreskowy)
$CH{\equiv}CH$	$CHCH$	
$CH{\equiv}C{-}CH_3$	$CHCCH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$	$CHCCH_2CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_2CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_3CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_4CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_5CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_6CH_3$	
$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$	$CHC(CH_2)_7CH_3$	

Plan rozwiązywania

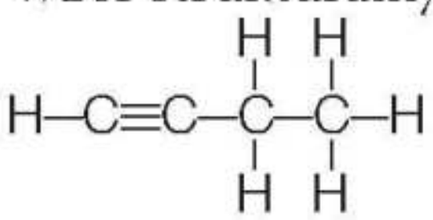
1. Napisz wzór ogólny alkinów.
2. Określ wartość liczby *n*.
3. Podstaw wartość liczby *n* do wzoru ogólnego i oblicz liczbę atomów wodoru.
4. Napisz wzór sumaryczny alkinu.
5. Napisz wzory: strukturalny, półstrukturalny i grupowy alkinu na podstawie jego wzoru sumarycznego.

Przykład 11.

W jaki sposób ustalić wzory alkinu na podstawie jego nazwy?

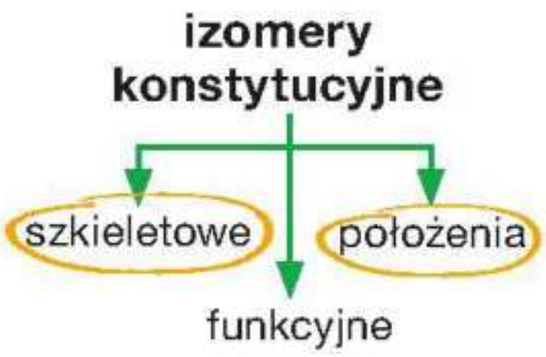
Napisz wzory: sumaryczny, strukturalny, półstrukturalny i grupowy but-1-ynu.

1. C_nH_{2n-2}
2. Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce alkinu.
   $n = 4$
3. $C_4H_{(2 \cdot 4) - 2}$
4. Wzór sumaryczny: C_4H_6
5. W cząsteczce alkinu występuje jedno wiązanie potrójne między atomami węgla.
   Wzór strukturalny:



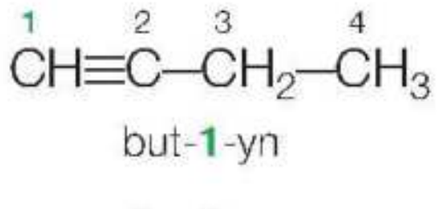
   Wzór półstrukturalny: $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$
   Wzór grupowy: $CHCCH_2CH_3$

Czy alkiny mają izomery?

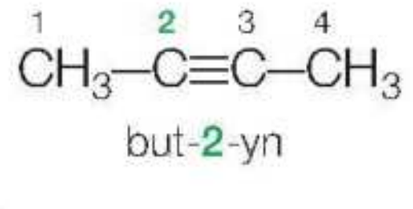


Alkiny, podobnie jak alkeny, tworzą **izomery szkieletowe** i **izomery położenia wiązania wielokrotnego** (**potrójnego**).

W nazwach alkinów między rdzeniem a końcówką „**-yn**" należy uwzględnić **położenie wiązania potrójnego** w cząsteczce, czyli wpisać numer atomu węgla, który jako pierwszy bierze udział w tworzeniu wiązania potrójnego. Numer ten musi być możliwie jak najniższy. Pierwszym alkinem, który tworzy **izomery położenia wiązania potrójnego**, jest alkin o wzorze C_4H_6:

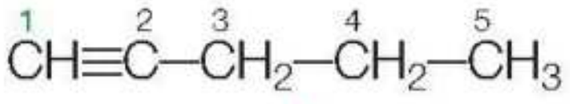


but-**1**-yn

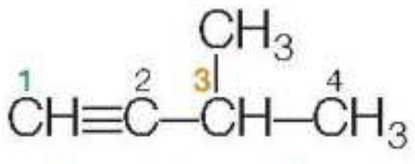


but-**2**-yn

Izomery szkieletowe tworzą alkiny, które mają przynajmniej pięć atomów węgla w cząsteczce, np. alkin o wzorze sumarycznym C_5H_8:



pent-**1**-yn



3-metylobut-**1**-yn

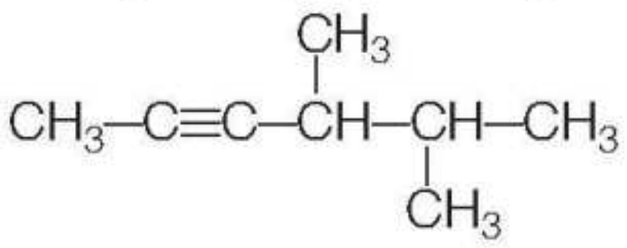
Jak się tworzy nazwy alkinów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych?

Nazwy alkinów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych tworzy się podobnie jak nazwy alkanów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 34). **Należy rozpocząć od znalezienia najdłuższego łańcucha węglowego** (łańcucha głównego). Jeśli zawiera on wiązanie potrójne, to atomy węgla w cząsteczce trzeba ponumerować tak, aby pierwszy atom węgla tworzący wiązanie potrójne miał jak najniższy numer.

Przykład 12.

Jak ustalić nazwę alkinu na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

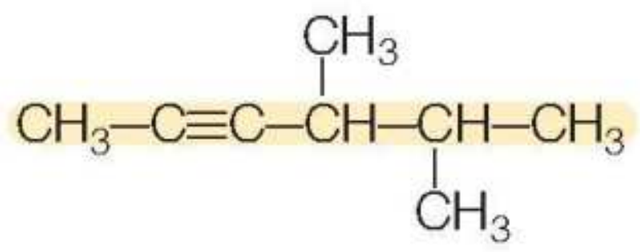
Podaj nazwę systematyczną alkinu o wzorze półstrukturalnym:



Plan rozwiązywania

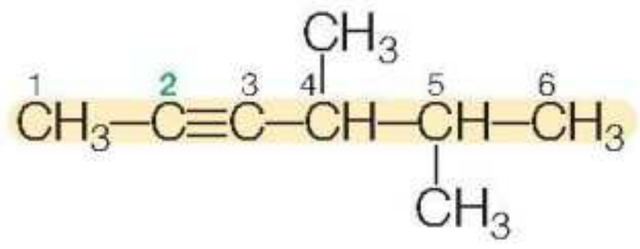
1. Znajdź i zaznacz najdłuższy łańcuch węglowy.
2. Ponumeruj atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym.
3. Zaznacz podstawniki i ustal ich nazwy.
4. Napisz odpowiedź.

1 Najdłuższy łańcuch węglowy składa się z sześciu atomów węgla.



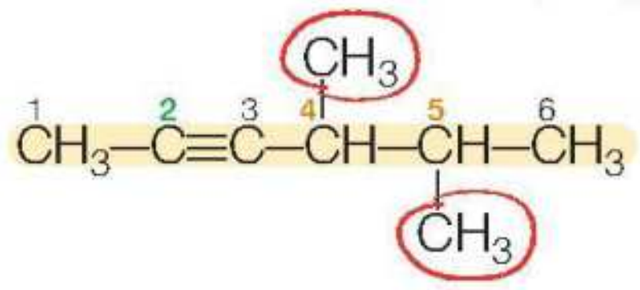
! **Wiązanie potrójne** występuje **w najdłuższym łańcuchu węglowym**.

2 Atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym należy ponumerować tak, aby pierwszy atom węgla tworzący wiązanie potrójne miał możliwie najniższy numer.



! Atom węgla, który jako pierwszy tworzy **wiązanie potrójne**, musi mieć jak **najniższy lokant**.

3 W cząsteczce alkinu występują dwa podstawniki metylowe.



4 Nazwa tego alkinu to **4,5-dimetyloheks-2-yn**.

Jak zmieniają się właściwości fizyczne w szeregu homologicznym alkinów?

Alkiny, podobnie jak inne poznane wcześniej węglowodory, **nie rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ **mają budowę niepolarną**.

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach alkinów nierozgałęzionych **wzrastają ich temperatury wrzenia i topnienia** oraz zmienia się ich stan skupienia. W warunkach normalnych pierwsze trzy alkiny o nierozgałęzionym łańcuchu węglowym są gazami – etyn, propyn i but-1-yn.

Jak otrzymać etyn?

Etyn to pierwszy związek chemiczny w szeregu homologicznym alkinów.

Etyn tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Doświadczenie 6. C_2H_2, CH_3CH_2OH, CaC_2 CaC_2

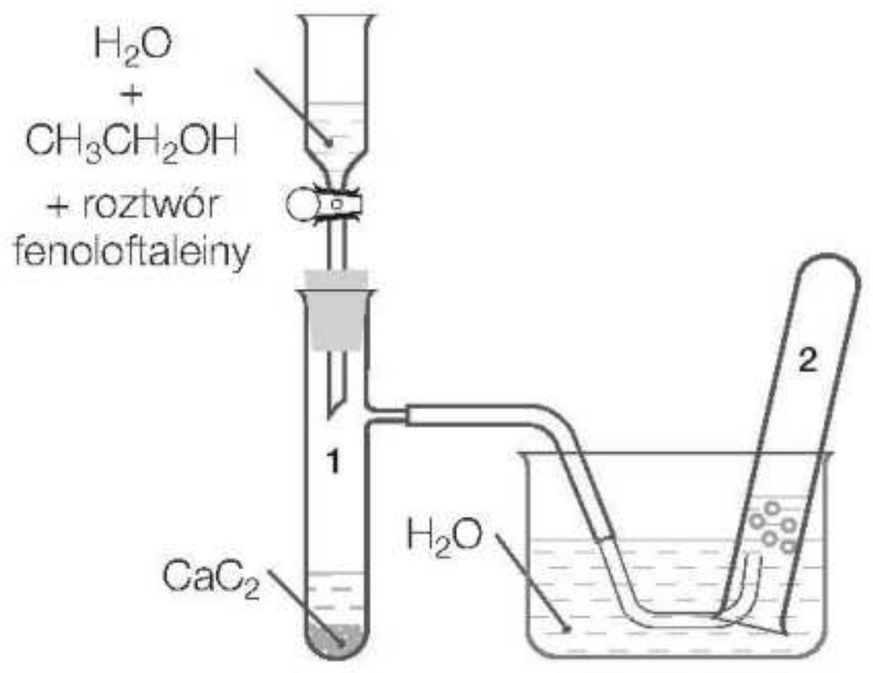
Otrzymywanie etynu

Odczynniki: karbid (węglik wapnia), woda z etanolem (zmieszane w stosunku objętościowym 1 : 1), roztwór fenoloftaleiny, woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, probówka z rurką odprowadzającą, wkraplacz, korki, krystalizator, statyw do probówek, statyw z łapą metalową.

Instrukcja: W probówce 1. umieść małą ilość karbidu (węglika wapnia) i umocuj tę probówkę w łapie statywu – rurka odprowadzająca musi być zanurzona w krystalizatorze z wodą.

Zamknij probówkę 1. korkiem z wkraplaczem. Wkraplaj bardzo ostrożnie mieszaninę wody z etanolem oraz kroplą roztworu fenoloftaleiny. Wydzielający się gaz zbieraj do probówek zanurzonych w wodzie (schemat). Probówki z zebranym gazem zamknij korkami i umieść w statywie – będą potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia 7., s. 61.



Obserwacje: Wydzielają się bezbarwne, bezwonne, nierozpuszczalne w wodzie pęcherzyki gazu. Zawartość probówki 1. barwi się na malinowo (fot. 18., s. 61).

Wniosek: Zabarwienie fenoloftaleiny świadczy o tym, że w probówce 1. powstał produkt, którego wodny roztwór ma odczyn zasadowy.

Produktami reakcji karbidu (węglika wapnia) z wodą są etyn (probówka 2.) i wodorotlenek wapnia (probówka 1.).



probówka 1.
malinowa barwa świadczy o powstaniu produktu, którego wodny roztwór ma odczyn zasadowy – $Ca(OH)_2$

probówka 2.
produktem jest gaz – C_2H_2

Fot. 18. Otrzymywanie etynu w reakcji karbidu z wodą.

Karbid reaguje z wodą zgodnie z równaniem:

$$\underset{\text{węglik wapnia (karbid)}}{CaC_2} + 2\,H_2O \longrightarrow \underset{\text{etyn (acetylen)}}{C_2H_2} + \underset{\text{wodorotlenek wapnia}}{Ca(OH)_2}$$

Jakie właściwości chemiczne mają alkiny?

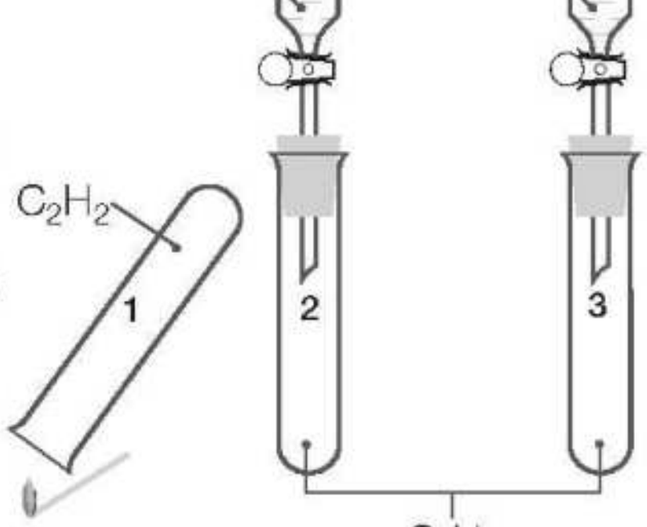
Etyn (acetylen) jest bezwonnym gazem. Niektóre jego homologi mają charakterystyczne zapachy. Wszystkie alkiny są **palne**.

Jakim reakcjom chemicznym ulegają alkiny?

Doświadczenie 7. C_2H_2 Br_2 $KMnO_4$

Spalanie etynu oraz badanie zachowania etynu wobec bromu i wodnego roztworu manganianu(VII) potasu

Odczynniki: etyn, brom, wodny roztwór manganianu(VII) potasu.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki, łuczywo, zapalniczka.
Instrukcja: Zapal łuczywo, a następnie zbliż je do wylotu 1. probówki.
Do probówki 2. wlej niewielką ilość bromu (należy użyć roztworu bromu w rozpuszczalniku organicznym, np. CCl_4), a do probówki 3. – niewielką ilość rozcieńczonego roztworu manganianu(VII) potasu. Probówki 2. i 3. zamknij korkami i wstrząsaj.



Probówki z etynem muszą być zamknięte korkami, ponieważ ten gaz ma gęstość mniejszą od gęstości powietrza.

Potrzebny do doświadczenia etyn nauczyciel powinien otrzymać w reakcji węglika wapnia (karbidu) z wodą (patrz doświadczenie 6., s. 60).

Obserwacje: Gaz w probówce 1. spala się jaskrawym, kopcącym płomieniem. Ścianki probówki pokrywają się czarnym nalotem. Zawartość probówek 2. i 3. się odbarwia.
Wniosek: Jednym z produktów spalania etynu (probówka 1.) jest węgiel (sadza). Świadczy to o dużej zawartości procentowej węgla w tym związku chemicznym.

Reakcje spalania niecałkowitego etynu przedstawiają równania:

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$2\,C_2H_2 + O_2 \longrightarrow 4\,C + 2\,H_2O$$

etyn tlen węgiel woda

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$2\,C_2H_2 + 3\,O_2 \longrightarrow 4\,CO\uparrow + 2\,H_2O$$

etyn tlen tlenek węgla(II) woda

Etyn przy zwiększonym dopływie tlenu, m.in. w płomieniu palnika acetylenowo-tlenowego, **ulega reakcji spalania całkowitego**. Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:

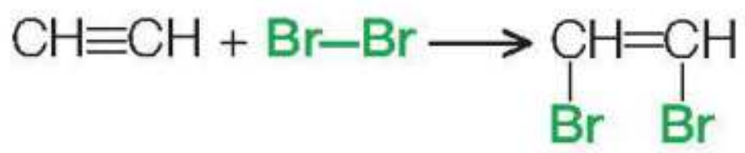
reakcja **spalania całkowitego**

$$2\,C_2H_2 + 5\,O_2 \longrightarrow 4\,CO_2\uparrow + 2\,H_2O$$

etyn tlen tlenek węgla(IV) woda

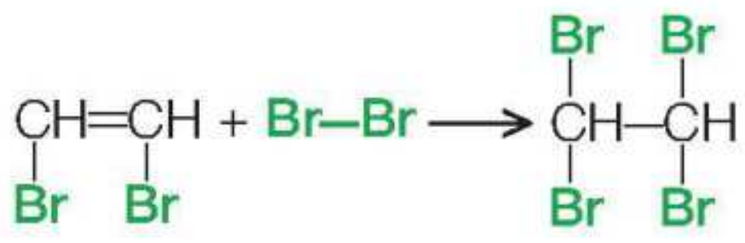
Etyn, podobnie jak alken eten, reaguje z bromem (probówka 2.) i wodnym roztworem manganianu(VII) potasu (probówka 3.). W probówce 2. zachodzi **reakcja addycji** – atomy bromu przyłączają się do atomów węgla połączonych wiązaniem potrójnym w cząsteczce etynu.
Reakcja chemiczna z bromem przebiega zgodnie z równaniami:

reakcja **addycji Br_2**



etyn brom 1,2-**dibromo**eten

reakcja **addycji Br_2**



1,2-**dibromo**eten brom 1,1,2,2-**tetrabromo**etan

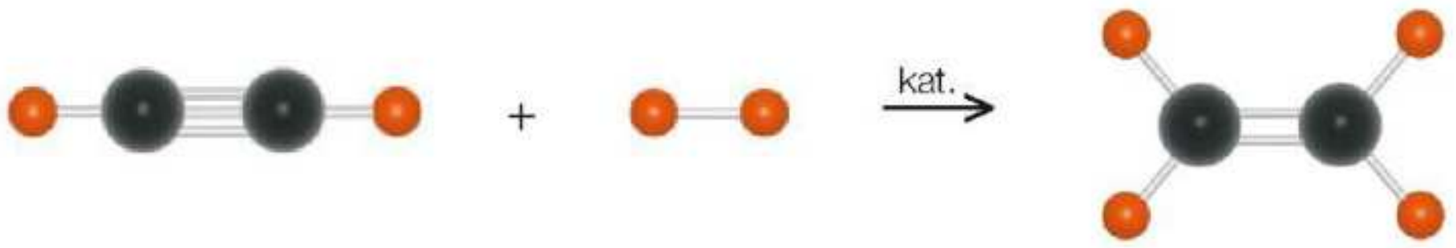
Alkiny, podobnie jak alkeny, odbarwiają wodny roztwór manganianu(VII) potasu i ulegają reakcjom addycji (przyłączania) bromu oraz innych cząsteczek.

Dlaczego alkiny ulegają reakcji addycji?

Ze względu na obecność wiązania potrójnego alkiny ulegają reakcji addycji (przyłączania). Zachodzi ona w wyniku rozerwania jednego lub dwóch wiązań π w wiązaniu wielokrotnym. Przyłączane mogą być cząsteczki, np.: H_2, Cl_2, HCl. Reakcja addycji chloru Cl_2 do alkinu zachodzi podobnie jak opisana wcześniej reakcja addycji bromu Br_2 do etynu.

Reakcja addycji wodoru do etynu zachodzi zgodnie z równaniem:

alkin **alken**



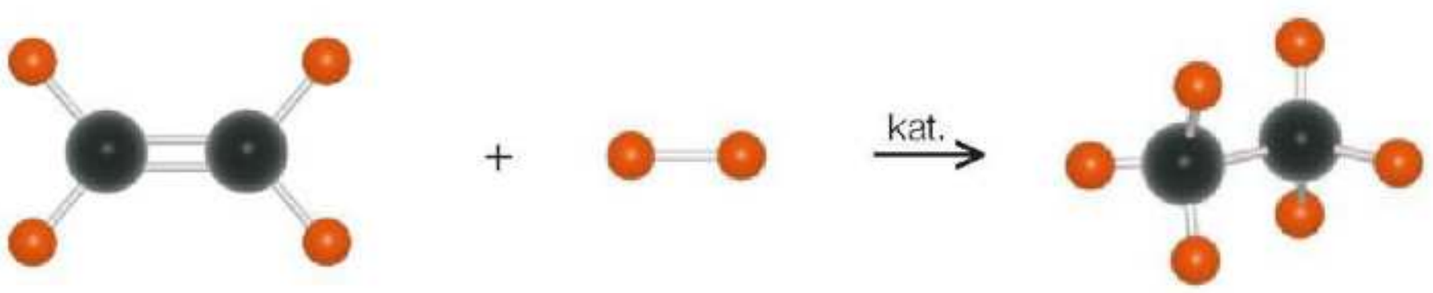
$$CH{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow{kat.} CH_2{=}CH_2$$

etyn wodór eten

reakcja **addycji H_2**

Produktem tej reakcji chemicznej jest węglowodór nienasycony – alken, który może dalej reagować z wodorem zgodnie z równaniem:

alken **alkan**

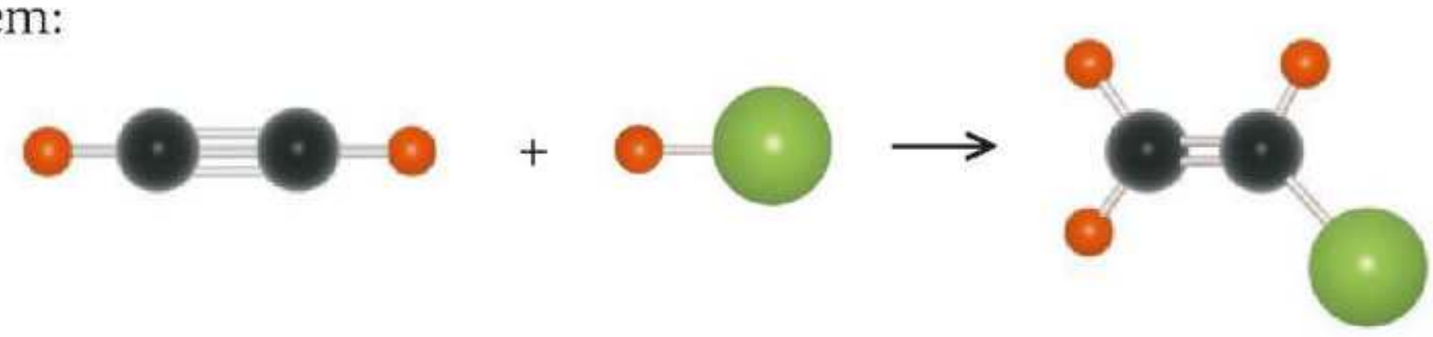


$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{kat.} CH_3{-}CH_3$$

eten wodór etan

Produktem reakcji addycji dwóch cząsteczek wodoru do jednej cząsteczki alkinu jest cząsteczka węglowodoru nasyconego – alkan.

Reakcja addycji chlorowodoru do etynu zachodzi zgodnie z równaniem:

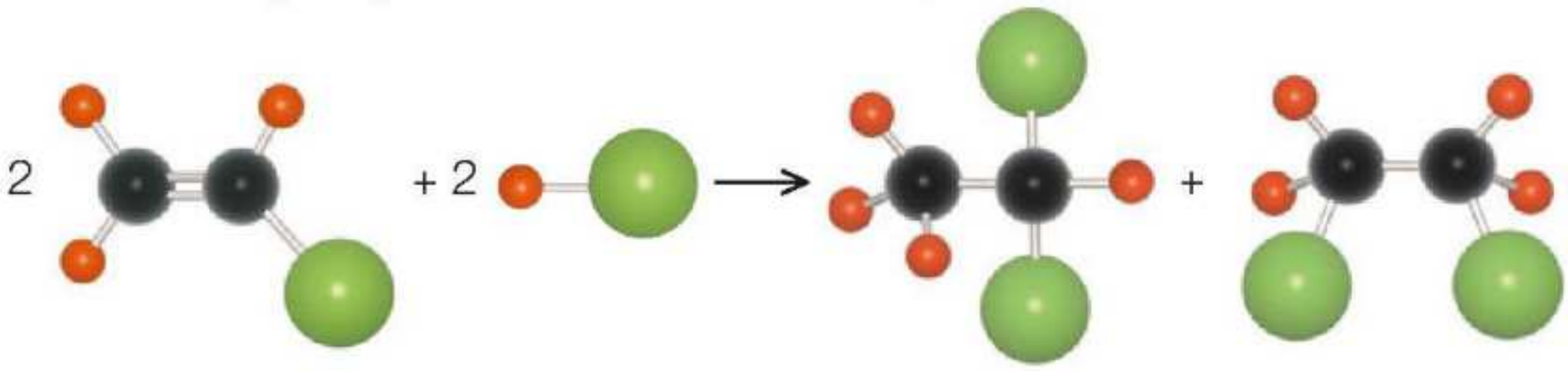


$$CH{\equiv}CH + H\mathbf{Cl} \longrightarrow CH_2{=}CH{-}\mathbf{Cl}$$

etyn chlorowodór **chloro**eten

reakcja **addycji HCl**

Produktem tej reakcji chemicznej jest chloropochodna alkenu, która może dalej reagować z chlorowodorem zgodnie z równaniem:



$$2\ CH_2{=}CH{-}\mathbf{Cl} + 2\ H\mathbf{Cl} \longrightarrow CH_3{-}CH\mathbf{Cl}_2 + CH_2\mathbf{Cl}{-}CH_2\mathbf{Cl}$$

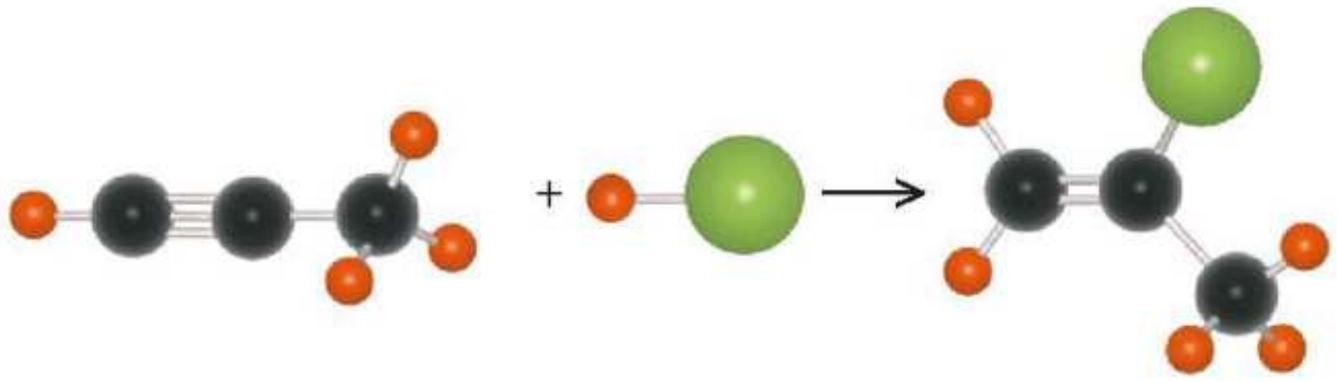
chloroeten chlorowodór 1,1-**dichloro**etan 1,2-**dichloro**etan

W wyniku reakcji addycji chlorowodoru (cząsteczka niesymetryczna) do chloroetenu (cząsteczka niesymetryczna) powstają dwa produkty. Głównym produktem jest 1,1-dichloroetan, otrzymywany zgodnie z regułą Markownikowa.

Reguła Markownikowa – atom wodoru przyłącza się do tego atomu węgla tworzącego wiązanie wielokrotne, który jest połączony z większą liczbą atomów wodoru.

Jak przebiega reakcja addycji cząsteczek niesymetrycznych do alkinów?

Alkiny niesymetryczne reagują z cząsteczkami niesymetrycznymi w podobny sposób jak alkeny. W wyniku reakcji chemicznej powstają dwa produkty: główny i uboczny. Produkt główny powstaje zgodnie z regułą Markownikowa. Reakcję addycji HCl do propynu przebiegającą zgodnie z regułą Markownikowa przedstawia równanie:

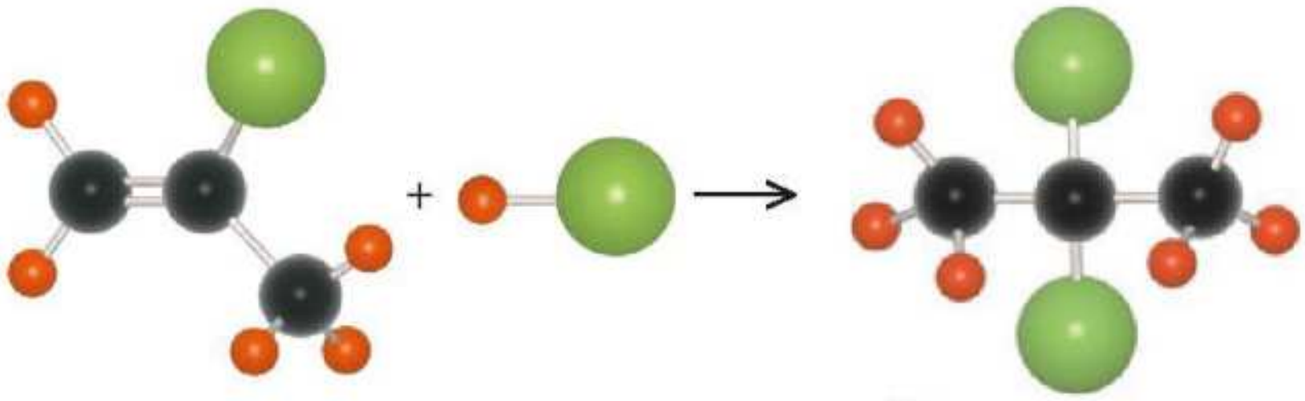


reakcja **addycji HCl**

$$CH{\equiv}C{-}CH_3 + H{-}Cl \longrightarrow CH_2{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{-}CH_3$$

propyn chlorowodór 2-**chloro**propen

2-chloropropen powstaje w wyniku reakcji addycji (przyłączania) atomu wodoru z cząsteczki HCl do tego atomu węgla tworzącego wiązanie potrójne, który jest związany z większą liczbą atomów wodoru. Atom chloru z cząsteczki HCl przyłącza się do drugiego atomu węgla tworzącego wiązanie podwójne, czyli związanego z mniejszą liczbą atomów wodoru. Cząsteczka 2-chloropropenu może dalej reagować z kolejną cząsteczką chlorowodoru. Reakcję addycji zachodzącą zgodnie z regułą Markownikowa przedstawia równanie:



reakcja **addycji HCl**

$$CH_2{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}{-}CH_3 + H{-}Cl \longrightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}{-}CH_3$$

2-**chloro**propen chlorowodór 2,2-**dichloro**propan

2,2-dichloropropan powstaje w wyniku reakcji addycji (przyłączania) atomu wodoru z cząsteczki HCl do tego atomu węgla tworzącego wiązanie podwójne, który jest związany z większą liczbą atomów wodoru. Atom chloru z cząsteczki HCl przyłącza się do drugiego atomu węgla tworzącego wiązanie podwójne, czyli związanego z mniejszą liczbą atomów wodoru.

Alkiny ulegają też reakcji addycji wody (patrz *Aldehydy*, s. 144) oraz reakcji polimeryzacji, m.in. reakcji trimeryzacji (patrz *Benzen – przedstawiciel węglowodorów aromatycznych*, s. 69).

Zastosowania

Alkiny

Dzięki dużej reaktywności chemicznej alkiny wykorzystuje się w wielu syntezach organicznych. Propyn można bezpiecznie sprężać, m.in. dlatego stosuje się go w mieszaninach gazów używanych w palnikach gazowo-tlenowych.



Przemysł chemiczny

Etyn jest substratem **reakcji otrzymywania** wielu **związków organicznych**, m.in.: chloroetenu, etanalu czy etanolu.



Przemysł szklarski

Podczas spalania propynu przy ograniczonym dostępie tlenu powstaje sadza węglowa o właściwościach smarnych, wykorzystywana w trakcie produkcji szkła.

Przemysł metalurgiczny

Płomień etynu (acetylenu) spalanego w czystym tlenie osiąga temperaturę ok. 3000°C, dlatego mieszaninę tych gazów stosuje się w **palnikach acetylenowo-tlenowych**, używanych do cięcia i spawania metali.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory sumaryczne i półstrukturalne alkinów o podanych nazwach.**
   a) acetylen b) heks-2-yn c) non-3-yn d) propyn

2. **Napisz nazwy systematyczne alkinów o podanych wzorach.**
   a) $CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_3$
   b) $CH_3-C\equiv C-CH_3$
   c) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C\equiv C-CH_3$
   d) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C\equiv CH$

3. **Napisz równania reakcji addycji (przyłączania) dwóch cząsteczek:**
   a) chloru do cząsteczki etynu,
   b) wodoru do cząsteczki propynu,
   c) chlorowodoru do cząsteczki propynu.
   Zastosuj wzory półstrukturalne związków organicznych oraz regułę Markownikowa.

Zapamiętaj!

Alkiny – węglowodory nienasycone mające w cząsteczce jedno wiązanie potrójne między atomami węgla.

Etyn (acetylen) – alkin o wzorze C_2H_2, najprostszy w szeregu homologicznym alkinów.

5. Benzen – przedstawiciel węglowodorów aromatycznych



Fot. 19. Wzór benzenu przypomina nakrętkę sześciokątną.

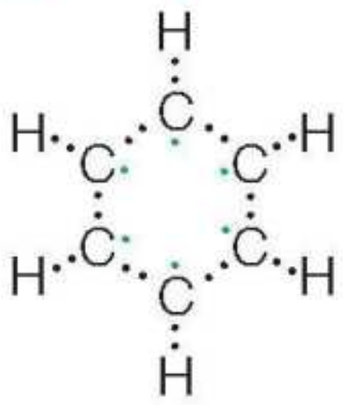
Charakterystyczny kształt sześciokąta foremnego (fot. 19.), utworzony przez sześć atomów węgla połączonych ze sobą wiązaniami, to znak rozpoznawczy większości węglowodorów aromatycznych. Jednym z nich jest benzen.

Jaki jest najprostszy węglowodór aromatyczny?

Najprostszym węglowodorem aromatycznym jest benzen, o wzorze sumarycznym C_6H_6.

Jak jest zbudowana cząsteczka benzenu?

Wzór elektronowy kropkowy benzenu



Wzór szkieletowy benzenu

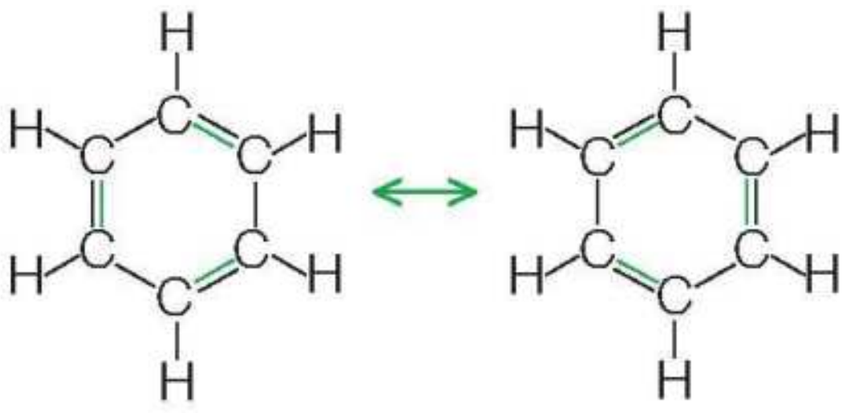


Okrąg symbolizuje sześć elektronów równomiernie rozłożonych w całej cząsteczce (zdelokalizowane wiązanie typu π).

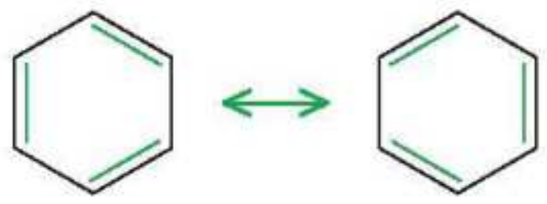
Cząsteczka benzenu jest zbudowana **z sześciu atomów węgla**, które znajdują się w wierzchołkach sześciokąta foremnego. Oznacza to, że wszystkie wiązania węgiel-węgiel mają jednakową długość. **Dodatkowo każdy z atomów węgla jest połączony z atomem wodoru**. W ten sposób każdy atom węgla wykorzystuje trzy z czterech elektronów walencyjnych do utworzenia wiązań typu σ (dwóch C—C i jednego C—H).

Ostatni, czwarty elektron każdego atomu węgla uczestniczy w tworzeniu wiązania typu π (C—C). W sumie sześć elektronów (tzw. sekstet elektronowy) – po jednym od każdego atomu węgla – tworzy **zdelokalizowane wiązanie typu π,** które odpowiada za charakterystyczne właściwości węglowodorów aromatycznych. Wiązanie to przedstawia się za pomocą okręgu umieszczonego wewnątrz sześciokąta foremnego.

Do zapisywania równań reakcji chemicznych benzenu stosuje się, **zgodnie z zaleceniem IUPAC**, również wzory zaproponowane w 1865 r. przez niemieckiego chemika **Friedricha Augusta Kekulégo** [czyt. fridricha ałgusta kekulego].



Wzór strukturalny Kekulégo

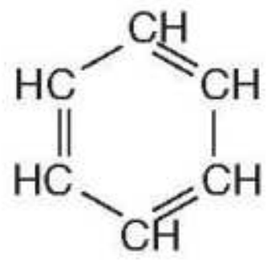
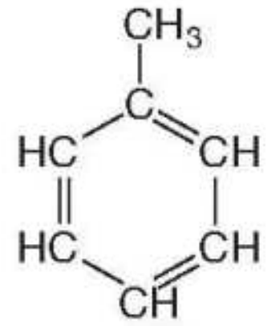
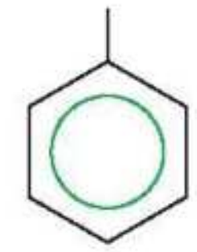
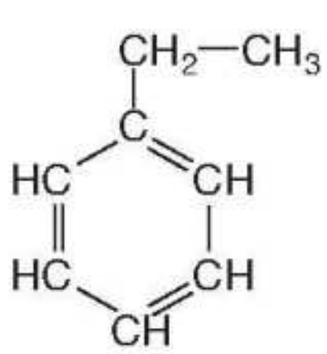
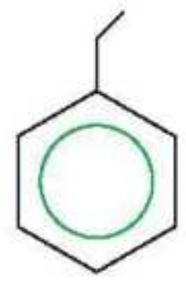
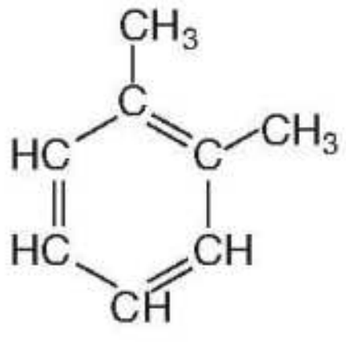
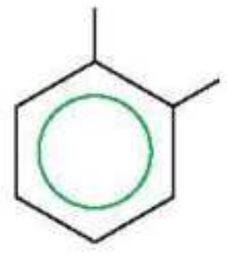
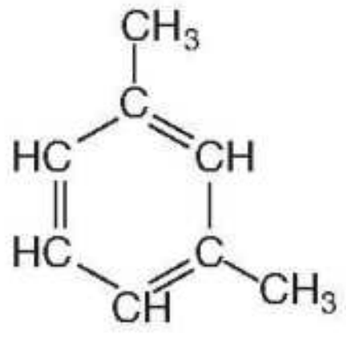
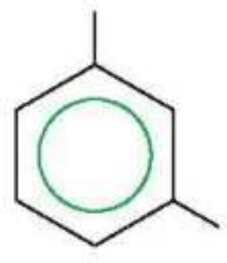
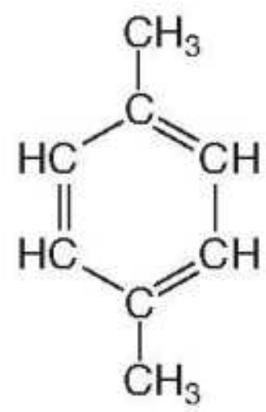
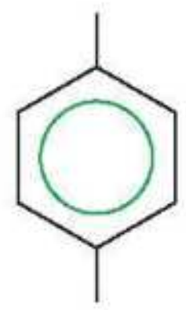


Wzór szkieletowy Kekulégo

Jakie związki chemiczne tworzą szereg homologiczny benzenu?

Szereg homologiczny benzenu (tabela 9.) tworzą benzen i jego homologi, np. etylobenzen, oraz jego izomery – ksyleny.

Tabela 9. Szereg homologiczny benzenu

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór		
		sumaryczny	półstrukturalny	szkieletowy
6	benzen	C_6H_6		
7	metylobenzen (toluen)	C_7H_8		
8	etylobenzen	C_8H_{10}		
8	1,2-dimetylobenzen (*orto*ksylen, *o*-ksylen)	C_8H_{10}		
8	1,3-dimetylobenzen (*meta*ksylen, *m*-ksylen)	C_8H_{10}		
8	1,4-dimetylobenzen (*para*ksylen, *p*-ksylen)	C_8H_{10}		

Jak zapisać wzór ogólny związków z szeregu homologicznego benzenu?

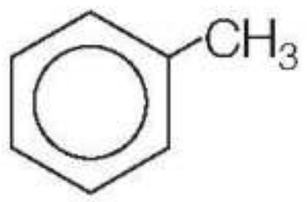
Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego benzenu można wyprowadzić **wzór ogólny węglowodorów aromatycznych**:

$$C_nH_{2n-6}$$

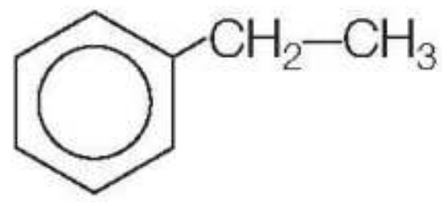
gdzie:
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce węglowodoru aromatycznego; $n \geqslant 6$.

Jak się tworzy nazwy systematyczne homologów benzenu?

Nazwy systematyczne homologów benzenu tworzy się, dodając przed słowem „benzen" nazwę lub nazwy podstawników z końcówką „-**o**", np.:

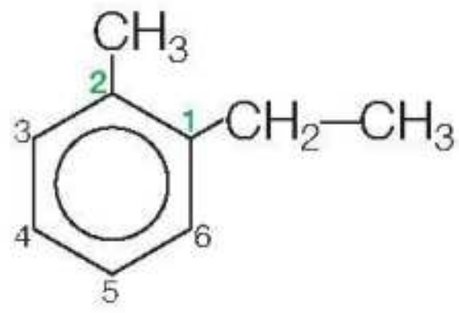


metyl**o**benzen



etyl**o**benzen

Jeżeli związek chemiczny ma różne podstawniki, to wymienia się je w kolejności alfabetycznej. Położenie podstawników podaje się za pomocą odpowiednich **lokantów**. Na przykład:

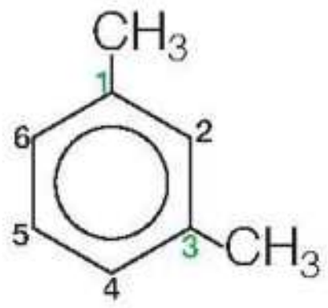


1-etyl**o**-**2**-metyl**o**benzen

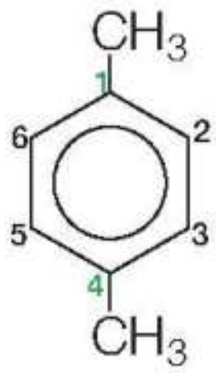
Jeżeli związek chemiczny zawiera dwa takie same podstawniki, przed nazwą podstawnika należy dodać przedrostek „**di**-", jeśli trzy – „**tri**-", np.:



1,2-**di**metylobenzen



1,3-**di**metylobenzen

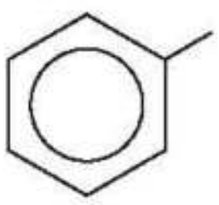


1,4-**di**metylobenzen

Pierścień aromatyczny traktuje się jak podstawnik wtedy, gdy liczba atomów węgla w łańcuchu jest większa niż liczba atomów węgla w pierścieniu aromatycznym, np. 2-fenyloheptan.

Jeżeli z pierścieniem jest połączony tylko jeden podstawnik, to nie podajemy jego lokanta, ponieważ zawsze będzie równy jeden.

Grupa fenylowa
(fenyl)
C_6H_5-

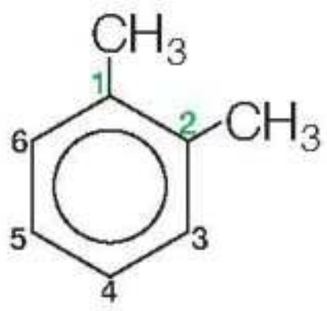


Które węglowodory aromatyczne mają izomery?



Węglowodory aromatyczne, które mają dwa podstawniki przyłączone do pierścienia benzenu, tworzą **izomery położenia podstawników**. W nazwach zwyczajowych tych izomerów zamiast podawać lokanty, zapisuje się **przedrostki** *„orto-”*, *„meta-”*, *„para-”*. Można je zastąpić skrótami *„o-”*, *„m-”*, *„p-”*.

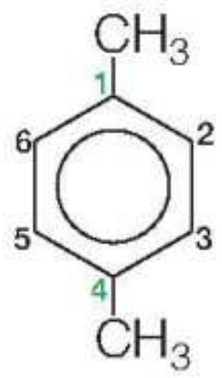
Węglowodory aromatyczne mające dwie grupy metylowe przyłączone do pierścienia benzenu to ksyleny. Tworzą one następujące izomery:



1,2-dimetylobenzen
ortoksylen
o-ksylen



1,3-dimetylobenzen
metaksylen
m-ksylen



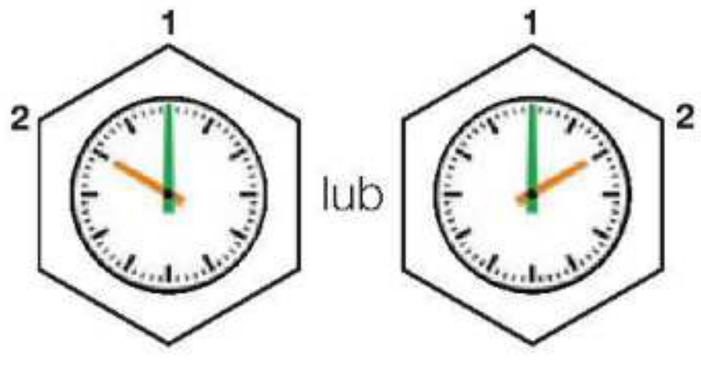
1,4-dimetylobenzen
paraksylen
p-ksylen

Przedrostki *„orto-”*, *„meta-”* i *„para-”* stosuje się wtedy, gdy w pierścieniu benzenu znajdują się dwa podstawniki.

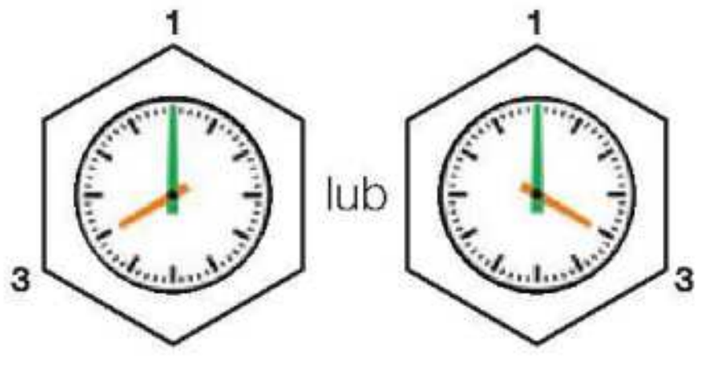
Jest na to sposób!

Jak ustalić, jaki to rodzaj izomeru: *orto*, *meta* czy *para*?

Jeśli **jeden podstawnik** jest przyłączony do atomu węgla o lokancie 1, to **drugi podstawnik** znajduje się względem niego w położeniu ***orto***, ***meta*** lub ***para***.



podstawnik w położeniu
orto



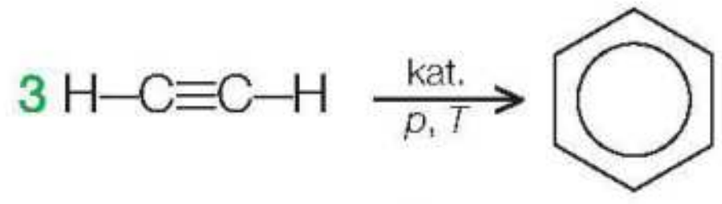
podstawnik w położeniu
meta

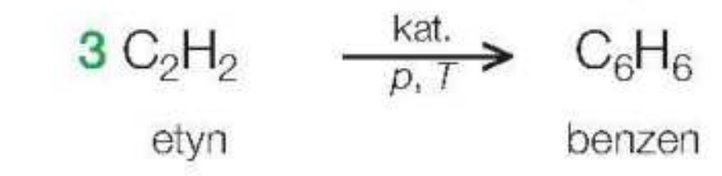


podstawnik w położeniu
para

Jak otrzymać benzen?

Benzen można uzyskać w **reakcji łączenia się trzech cząsteczek etynu** (acetylenu) – pierwszego związku chemicznego z szeregu homologicznego alkinów. Trzy cząsteczki etynu łączą się w cząsteczkę benzenu. Ta reakcja chemiczna nosi nazwę **trimeryzacji**, a jej przebieg przedstawia równanie:





Benzen można też uzyskać z mieszanin węglowodorów występujących w przyrodzie, np. ropy naftowej (patrz *Paliwa kopalne i ich przetwarzanie*, s. 74).

Jakie właściwości fizyczne ma benzen?

Ciśnienie atmosferyczne wynosi 1013 hPa.

W temperaturze pokojowej i pod ciśnieniem atmosferycznym benzen **jest cieczą**. Jego **temperatura topnienia wynosi 5,5°C**, a **temperatura wrzenia 80,1°C**. Benzen **jest bezbarwny** i **ma gęstość mniejszą od gęstości wody. Nie rozpuszcza się w wodzie** – tworzy z nią mieszaninę niejednorodną. Podobnie jak alkany, alkeny i alkiny **ma budowę niepolarną**.

Jakie właściwości chemiczne ma benzen?



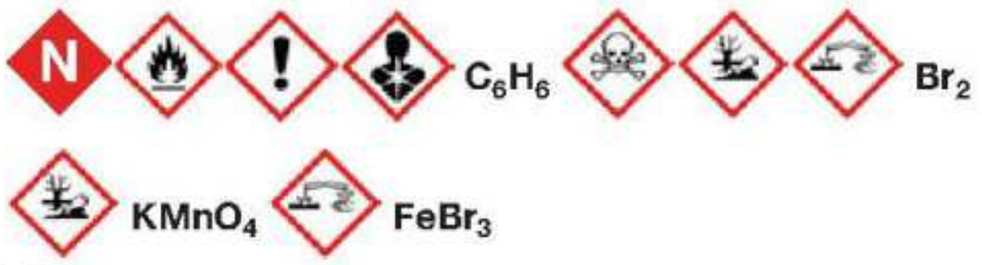
benzen

Benzen ma **charakterystyczny zapach**. Jest związkiem **łatwopalnym** i **trucizną o właściwościach rakotwórczych**.

Jakim reakcjom chemicznym ulega benzen?

! **Benzen jest trucizną i ma właściwości rakotwórcze.** Z tego powodu <u>nie należy</u> badać doświadczalnie jego właściwości na lekcjach chemii. Trzeba omówić je z wykorzystaniem np. pomocy multimedialnych.

Doświadczenie 8.



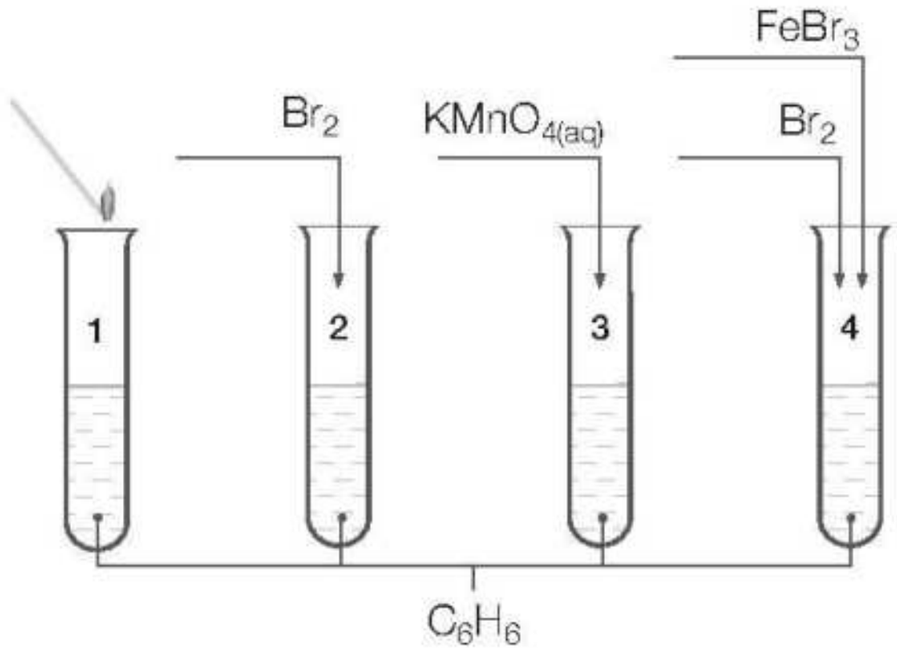
Badanie właściwości benzenu

Odczynniki: benzen, brom, wodny roztwór manganianu(VII) potasu, bromek żelaza(III), gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, zlewka, statyw do probówek, korki, szklane bagietki, palnik gazowy, uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Instrukcja: Do czterech probówek wlej benzen. W probówce 1. zanurz szklaną bagietkę i zbliż ją do płomienia palnika gazowego. Do probówki 2. dolej niewielką ilość bromu, do probówki 3. – niewielką ilość roztworu manganianu(VII) potasu, a do probówki 4. – niewielką ilość bromu i dodaj kilka kryształków bromku żelaza(III) (schemat). Probówkę 4. umieść w zlewce z gorącą wodą. Zawartość probówek 2., 3. i 4. zamieszaj szklaną bagietką, zamknij je korkami i wstrząśnij nimi. U wylotu probówki 4. umieść zwilżony wodą uniwersalny papierek wskaźnikowy.

! W tym doświadczeniu należy użyć roztworu fluorowca w rozpuszczalniku organicznym, np. CCl_4.





Fot. 20. Zachowanie benzenu wobec bromu (probówka 2.), roztworu $KMnO_4$ (probówka 3.) i bromu z dodatkiem $FeBr_3$ (probówka 4.).



Fot. 21. Produktami spalania benzenu w powietrzu są węgiel i woda.

Obserwacje: Benzen spala się żółtym, kopcącym płomieniem (fot. 21.). Zawartość probówek 2. i 3. się nie odbarwiła (fot. 20.). Zawartość probówki 4. się odbarwiła, a zwilżony wodą uniwersalny papierek wskaźnikowy zabarwił się na czerwono. We wszystkich probówkach można zaobserwować dwie warstwy cieczy.
Wniosek: Sadza jest jednym z produktów spalania benzenu. Jej obecność świadczy o dużej zawartości procentowej węgla w tym związku chemicznym. Reakcje spalania benzenu przedstawiają równania:

$$2\,C_6H_6 + 3\,O_2 \longrightarrow 12\,C + 6\,H_2O$$
benzen tlen sadza woda

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$2\,C_6H_6 + 9\,O_2 \longrightarrow 12\,CO\uparrow + 6\,H_2O$$
benzen tlen tlenek węgla(II) woda

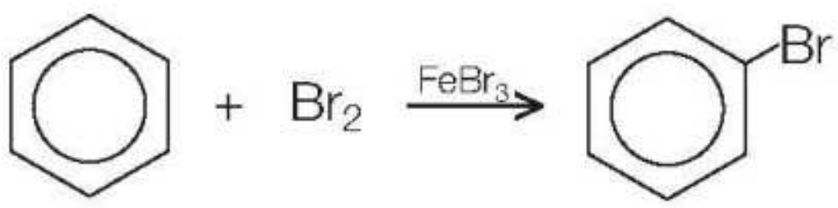
reakcja **spalania niecałkowitego**

$$2\,C_6H_6 + 15\,O_2 \longrightarrow 12\,CO_2\uparrow + 6\,H_2O$$
benzen tlen tlenek węgla(IV) woda

reakcja **spalania całkowitego**

Benzen w przeciwieństwie do alkenów i alkinów **nie reaguje z bromem i wodnym roztworem manganianu(VII) potasu**.

Do zainicjowania reakcji benzenu z bromem potrzebny jest katalizator – bromek żelaza(III) $FeBr_3$. Reakcja chemiczna zachodząca w probówce 4. jest **reakcją substytucji**, czyli podstawienia. Atom bromu z cząsteczki bromu zastępuje atom wodoru w cząsteczce benzenu. Reakcja chemiczna przebiega zgodnie z równaniem:

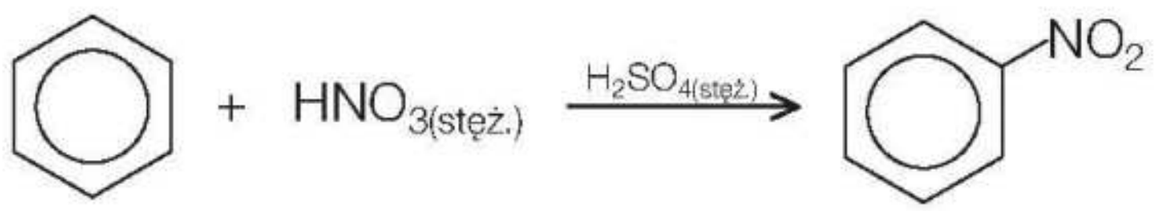


$$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5Br + HBr\uparrow$$
benzen brom bromobenzen bromowodór

reakcja **substytucji**

Benzen ze względu na obecność zdelokalizowanego wiązania typu π **nie wykazuje właściwości chemicznych charakterystycznych dla węglowodorów nienasyconych** (alkenów, alkinów). Nie odbarwia wody bromowej. **Nie ulega też reakcji addycji bromu** (bez obecności światła), ponieważ w jego cząsteczce nie występują wiązania podwójne ani potrójne.

Innym przykładem reakcji substytucji jest **reakcja nitrowania benzenu**. Przeprowadza się ją przy użyciu mieszaniny nitrującej – mieszaniny stężonego roztworu kwasu azotowego(V) i stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI). W reakcji nitrowania benzenu powstaje nitrobenzen:

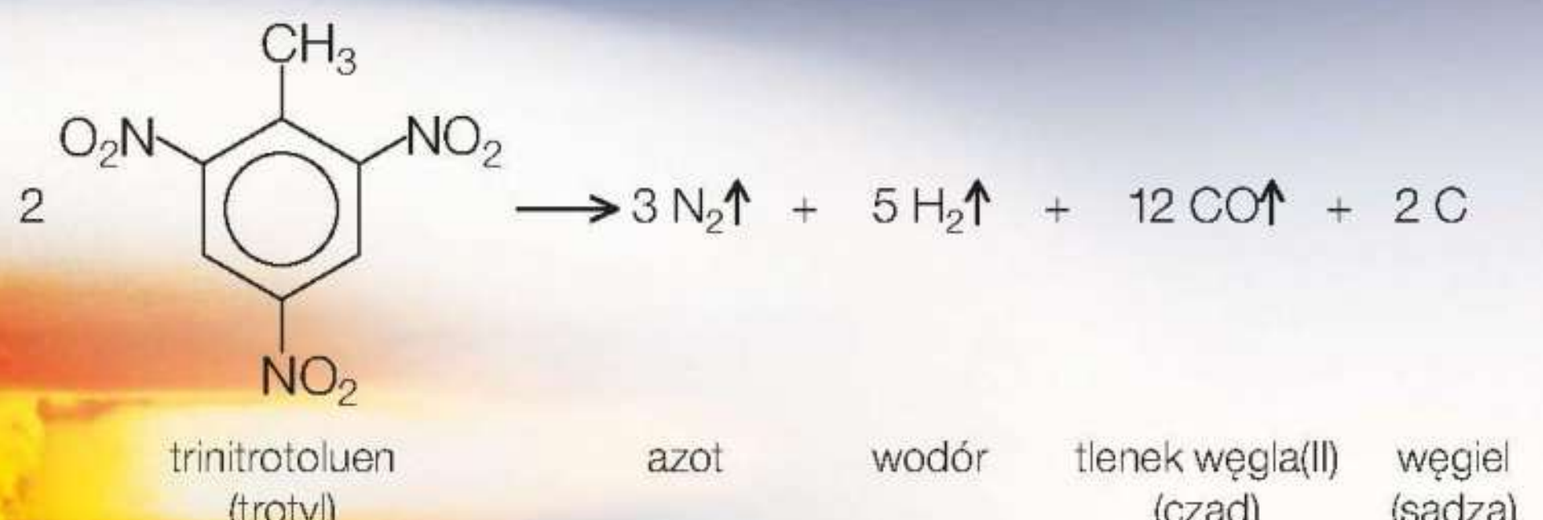


reakcja **substytucji**

$$\underset{\text{benzen}}{C_6H_6} + \underset{\substack{\text{kwas}\\\text{azotowy(V)}}}{HNO_{3(stęż.)}} \xrightarrow{H_2SO_{4(stęż.)}} \underset{\text{nitrobenzen}}{C_6H_5NO_2} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

Chemia w akcji

W reakcji nitrowania toluenu, czyli metylobenzenu, przeprowadzonej w 1863 r. niemiecki chemik **Julius Wilbrand** otrzymał trotyl (fot. 22.). Jest to popularny materiał wybuchowy, określany skrótem TNT (od nazwy trinitrotoluen). W postaci czystej jest nieco słabszym materiałem wybuchowym od dynamitu, ale znacznie bezpieczniejszym w produkcji i stosowaniu. Reakcja wybuchowego rozkładu trotylu zachodzi głównie pod wpływem bodźca uderzeniowego i przebiega zgodnie równaniem:



trinitrotoluen (trotyl) | azot | wodór | tlenek węgla(II) (czad) | węgiel (sadza)

Fot. 22. Trotyl służy dziś jako wzorzec siły wybuchu, np. moc bomb atomowych podaje się w kilotonach lub megatonach trotylu. Bomba Little Boy, zrzucona na Hiroszimę, miała moc wybuchu wynoszącą 15–16 kt TNT.

Zastosowania

Benzen

Stosowany jest jako substrat w syntezie organicznej.



■ Przemysł chemiczny

Nitrobenzenu używa się do produkcji **materiałów wybuchowych**, np. trinitrobenzenu (TNB). Jest to związek chemiczny o dużej sile wybuchu, stosowany m.in. w minachprzeciwpiechotnych.



■ Przemysł tworzyw sztucznych

W wyniku alkilowania benzenu powstaje etylobenzen – substrat w procesie otrzymywania polistyrenu, wykorzystywanego do produkcji **styropianu**.

■ Przemysł lakierniczy

Trifenylometan – pochodna metanu, w której trzy atomy wodoru zostały zastąpione pierścieniami benzenowymi – jest jednym z podstawowych składników wielu **barwników syntetycznych**.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Wyjaśnij, dlaczego benzen, w przeciwieństwie do alkenów i alkinów, nie odbarwia wody bromowej.**

2. **Oblicz:**
   a) masę cząsteczkową benzenu,
   b) zawartość procentową węgla (procent masowy) w benzenie.
   c) zawartość procentową azotu (procent masowy) w nitrobenzenie.

3. Dym papierosowy zawiera wiele substancji rakotwórczych, m.in. benzen. W jednym papierosie może być od ok. 6 µg do 75 µg benzenu. **Oblicz, ile maksymalnie mikrogramów benzenu może znajdować się w paczce zawierającej 20 papierosów.**

Zapamiętaj!

Benzen C_6H_6 – węglowodór aromatyczny, który ma zdelokalizowane wiązanie typu π.

Wiązanie zdelokalizowane – wiązanie łączące więcej niż dwa atomy (elektrony tworzące to wiązanie są uwspólniane przez więcej niż dwa atomy).

6. Paliwa kopalne i ich przetwarzanie



Fot. 23. Hulajnoga elektryczna nie jest źródłem spalin, ale energia elektryczna potrzebna do jej zasilania przeważnie pochodzi ze spalania paliw kopalnych, którego produktem jest m.in. CO_2.

Trudno wyobrazić sobie życie bez energii elektrycznej (fot. 23.), ogrzewania, środków transportu, komunikacji telefonicznej czy elektronicznej. Większość wykorzystywanej przez nas na co dzień energii elektrycznej pochodzi ze spalania **paliw kopalnych**, których głównymi składnikami są pierwiastek chemiczny węgiel i zawierające go związki chemiczne.

Które substancje zalicza się do paliw kopalnych?

Do paliw kopalnych zaliczane są **gaz ziemny, ropa naftowa, torf** i **węgle kopalne**. Paliwa kopalne występują więc we wszystkich stanach skupienia (gazowym, ciekłym i stałym) i zawierają organiczne związki węgla (pierwiastka chemicznego).

Czym jest gaz ziemny?

Gaz ziemny jest mieszaniną gazów. Jego głównym składnikiem jest **metan**. Może on stanowić od 39% do 99% gazu ziemnego, zależy to od miejsca jego wydobycia. Pozostałe składniki to alkany (**etan, propan, butan**), azot, tlenek węgla(II), tlenek węgla(IV), hel i siarkowodór.

alkany

CH_4 metan C_2H_6 etan

C_3H_8 propan C_4H_{10} butan

Złoża gazu ziemnego występują najczęściej wspólnie ze złożami ropy naftowej, a także w kopalniach węgla kamiennego oraz w skałach nazywanych łupkami. Z tego powodu gaz ziemny nazywa się też gazem kopalnianym lub łupkowym.

Jakie właściwości ma gaz ziemny?

Główny składnik gazu ziemnego – metan – **jest gazem palnym** (fot. 24.), dlatego gaz ziemny stosuje się jako źródło energii, m.in. do ogrzewania mieszkań i napędzania silników samochodowych.



Modele atomów: wodoru tlenu węgla

Fot. 24. Płomień palącego się gazu ziemnego ma charakterystyczną niebieską barwę i nie kopci.

W razie pożaru gaszenie gazu ziemnego trzeba rozpocząć od odcięcia jego dopływu. Najskuteczniejszym środkiem gaśniczym jest w tym wypadku proszek gaśniczy. Płomienie palącego się gazu mogą osiągać temperaturę nawet 1200°C, a promieniowanie cieplne może być wyczuwalne nawet w odległości 300 m od miejsca pożaru.

Oczyszczony gaz ziemny **jest bezbarwny i bezwonny**. Ze względów bezpieczeństwa poddaje się go jednak **procesowi nawaniania**, który polega na wprowadzeniu do gazu niewielkiej ilości substancji o charakterystycznym, nieprzyjemnym zapachu. Dzięki temu można wyczuć ulatniający się gaz.

Ulatniający się gaz ziemny stanowi zagrożenie życia (fot. 25.), dlatego należy systematycznie kontrolować szczelność przewodów gazowych.



Fot. 25. Tankowanie gazu ziemnego wymaga szczególnej ostrożności.

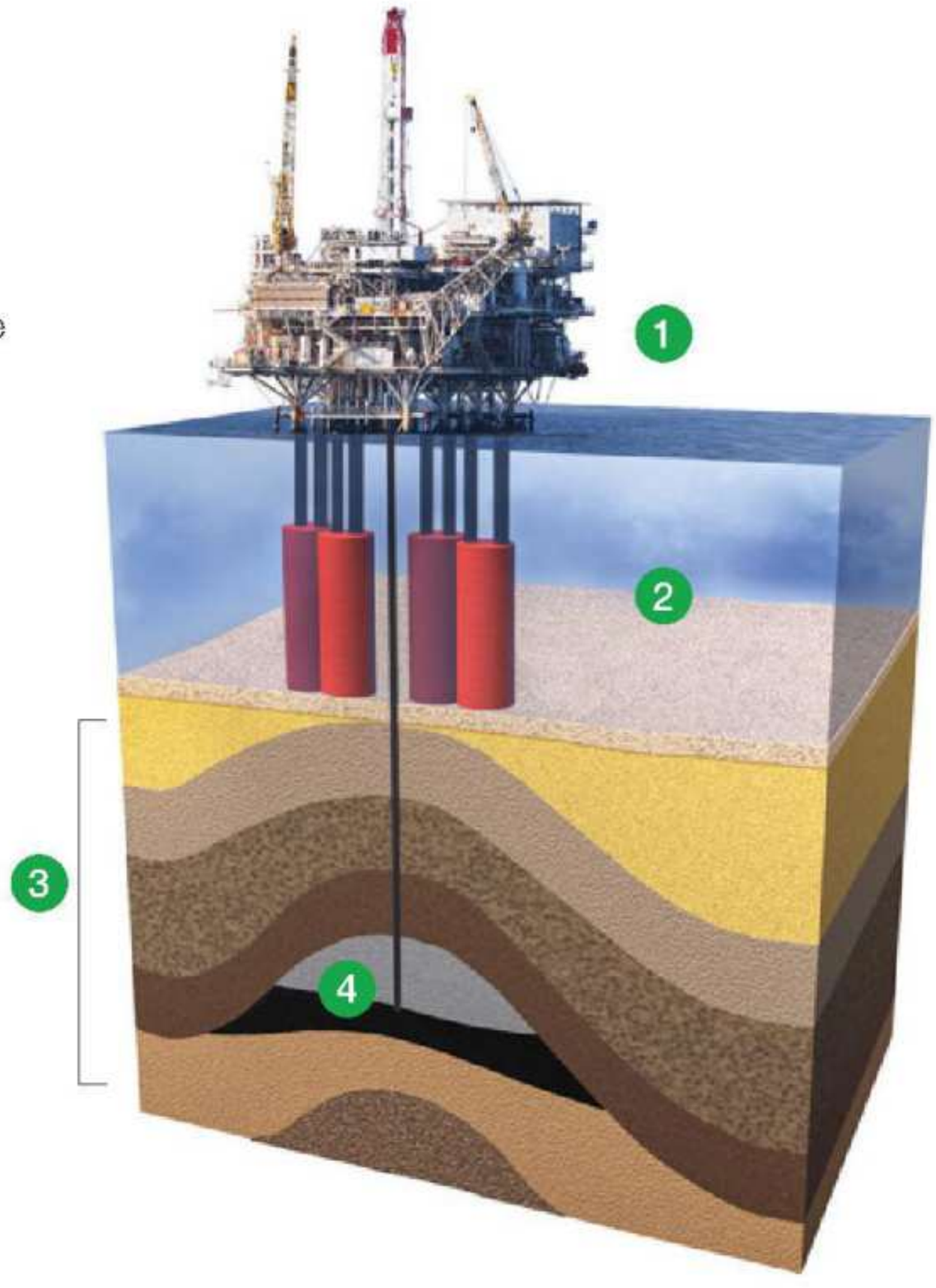
Mieszanina metanu z powietrzem jest wybuchowa, gdy metan stanowi w niej 5–15% (procent objętościowy).

Czym jest ropa naftowa?

Ropa naftowa jest **mieszaniną jednorodną** wielu tysięcy różnych związków chemicznych, głównie **węglowodorów w stanie gazowym, ciekłym i stałym**, wzajemnie w sobie rozpuszczonych.

Ropa naftowa powstała prawdopodobnie w wyniku rozkładu szczątków roślinnych i zwierzęcych w warunkach beztlenowych, z udziałem bakterii. Występuje w podziemnych złożach (rys. 6.), także pod dnem morskim, lub w porowatych skałach bitumicznych. Bardzo często złoża ropy naftowej występują razem ze złożami gazu ziemnego.

Najwięcej ropy naftowej wydobywa się w regionie zatok Morza Arabskiego, w Rosji i Stanach Zjednoczonych. W Polsce – na Podkarpaciu i Pomorzu Zachodnim.



1 platforma wydobywcza

2 morze

3 warstwy skalne

4 gaz ziemny i ropa naftowa uwięzione w porowatej skale

Rys. 6. Ropę naftową wydobywa się z pokładów znajdujących się na głębokości kilku kilometrów pod powierzchnią lądu lub dna morskiego.



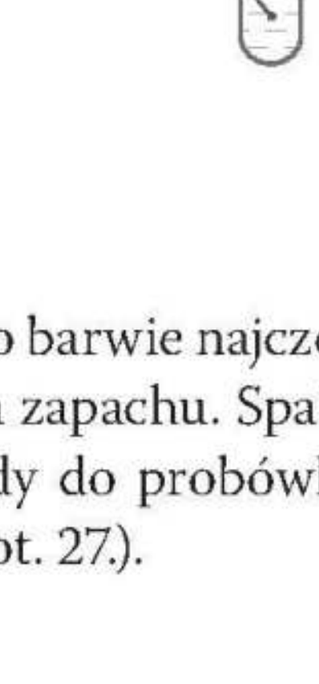
Fot. 26. Ropa naftowa może mieć barwę od żółtej do czarnej.

Jakie właściwości ma ropa naftowa?

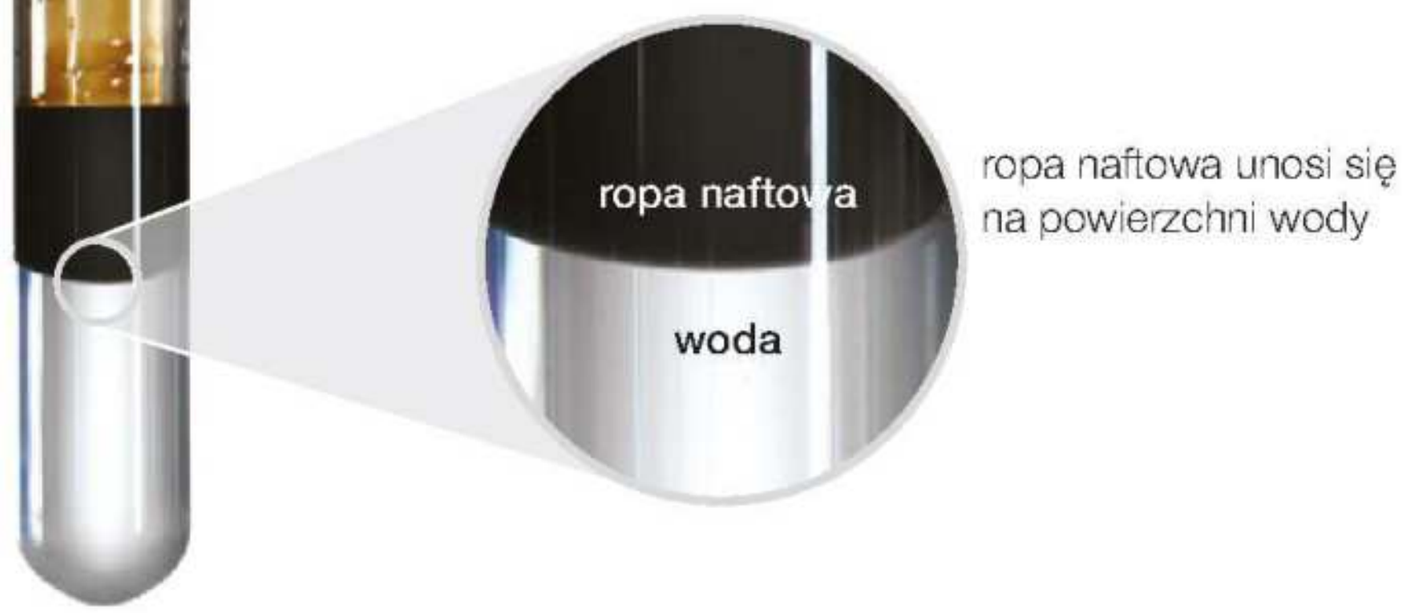
Doświadczenie 9. ropa naftowa

Badanie właściwości ropy naftowej

Odczynniki: ropa naftowa, woda.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica porcelanowa, probówka, korek do probówki.
Instrukcja: Do parownicy wlej niewielką ilość ropy naftowej. Określ jej stan skupienia, barwę i zapach. Następnie zapal ją w parownicy i obserwuj barwę płomienia oraz sposób spalania. Probówkę napełnij wodą do $\frac{1}{3}$ objętości, a następnie wlej podobną objętość ropy naftowej (schemat). Zamknij probówkę korkiem i wstrząsaj nią przez chwilę. Opisz wygląd zawartości probówki.



Obserwacje: Ropa naftowa jest gęstą, mazistą cieczą, o barwie najczęściej brunatnej (fot. 26.) i charakterystycznym ostrym zapachu. Spala się żółtym, kopcącym płomieniem. Po dodaniu wody do probówki z ropą naftową powstaje mieszanina niejednorodna (fot. 27.).



Fot. 27. Mieszanina wody z ropą naftową.

Wniosek: Ropa naftowa jest palną i nierozpuszczalną w wodzie cieczą o gęstości mniejszej od gęstości wody.

Płonącej ropy naftowej nie wolno gasić wodą (fot. 28.), ponieważ ropa wypływa na powierzchnię wody i pali się dalej.



Fot. 28. Do gaszenia palącej się ropy naftowej używa się piasku lub gaśnic śniegowych wypełnionych tlenkiem węgla(IV).

W jaki sposób wydziela się składniki z mieszaniny węglowodorów, jaką jest ropa naftowa?

Metodą przeróbki ropy naftowej jest **destylacja**. Jest to proces fizyczny polegający na rozdzieleniu mieszaniny na **frakcje**, czyli mieszaniny węglowodorów, których składniki wrą w określonych przedziałach temperatur.

Doświadczenie 10.  ropa naftowa

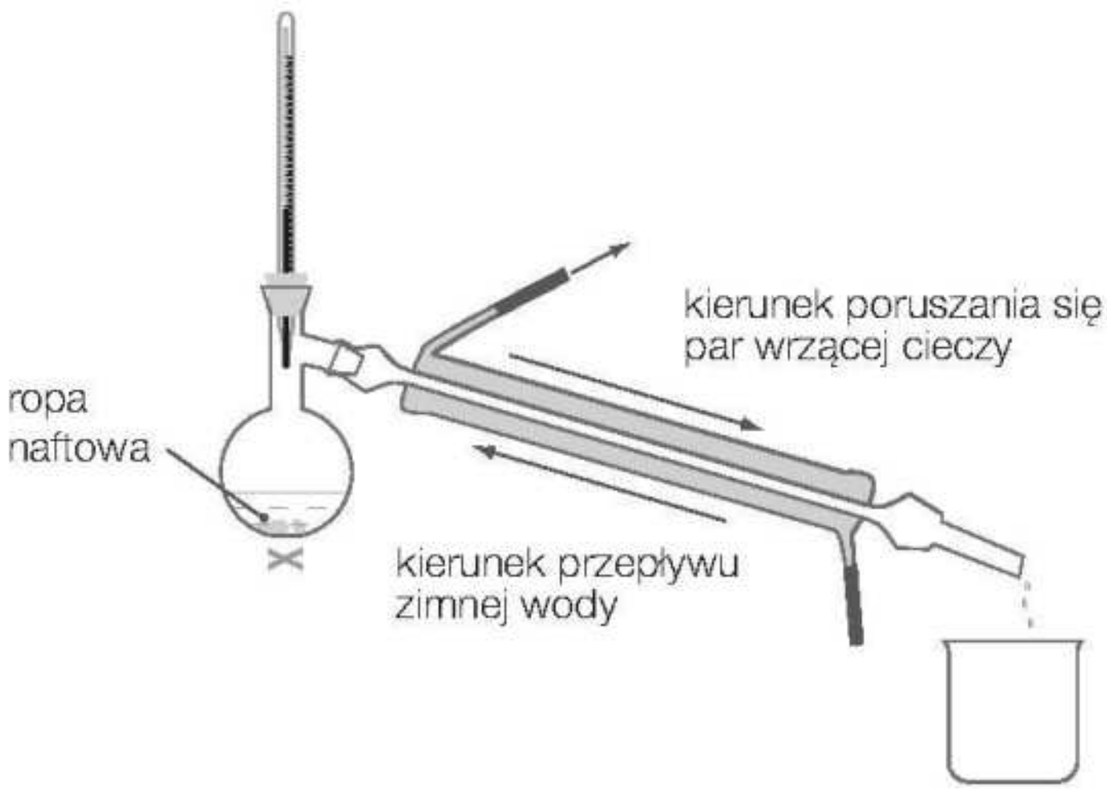
Destylacja frakcjonowana ropy naftowej

Odczynnik: ropa naftowa.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: kolba kulista okrągłodenna, chłodnica, termometr, zlewki (odbieralniki), kawałki porcelany, elektryczna czasza grzejna, gumowe wężyki, statyw, łapa metalowa.

Instrukcja: Do kolby kulistej okrągłodennej wrzuć kilka kawałków porcelany i wlej niewielką ilość ropy naftowej (ok. $\frac{1}{3}$ pojemności). Zmontuj zestaw do destylacji (schemat). Ogrzewaj kolbę z ropą naftową, kontrolując zmiany temperatury za pomocą termometru. W tym doświadczeniu nie używaj do ogrzewania kolby otwartego płomienia (np. palnika). Skraplającą się w chłodnicy ciecz zbieraj do odbieralników. Przy temperaturach ok. 150°C, 200°C i 300°C zmieniaj odbieralniki. Podczas odbierania cięższych frakcji należy zamknąć dopływ wody do chłodnicy.

Doświadczenie należy przeprowadzać pod wyciągiem, z dala od źródeł ognia (palnika, zapałek itp.).





Fot. 29. Ropa naftowa jest cieczą łatwopalną, dlatego w doświadczeniu stosuje się ogrzewanie elektryczne – czaszę grzejną.

Obserwacje: Ogrzewana w kolbie ropa naftowa wrze. Temperatura par co jakiś czas przestaje rosnąć, wówczas zaczynają się one skraplać – w zlewce zbiera się bezbarwna ciecz (fot. 29.).

Wniosek: Ropa naftowa jest jednorodną mieszaniną substancji różniących się temperaturą wrzenia. Składniki mieszaniny w miarę wzrostu temperatury kolejno odparowują. Najpierw skraplają się składniki o najniższej temperaturze wrzenia.

Frakcje ropy naftowej są mieszaninami węglowodorów o różnej liczbie atomów węgla w cząsteczce, dlatego różnią się właściwościami.

Krok po kroku

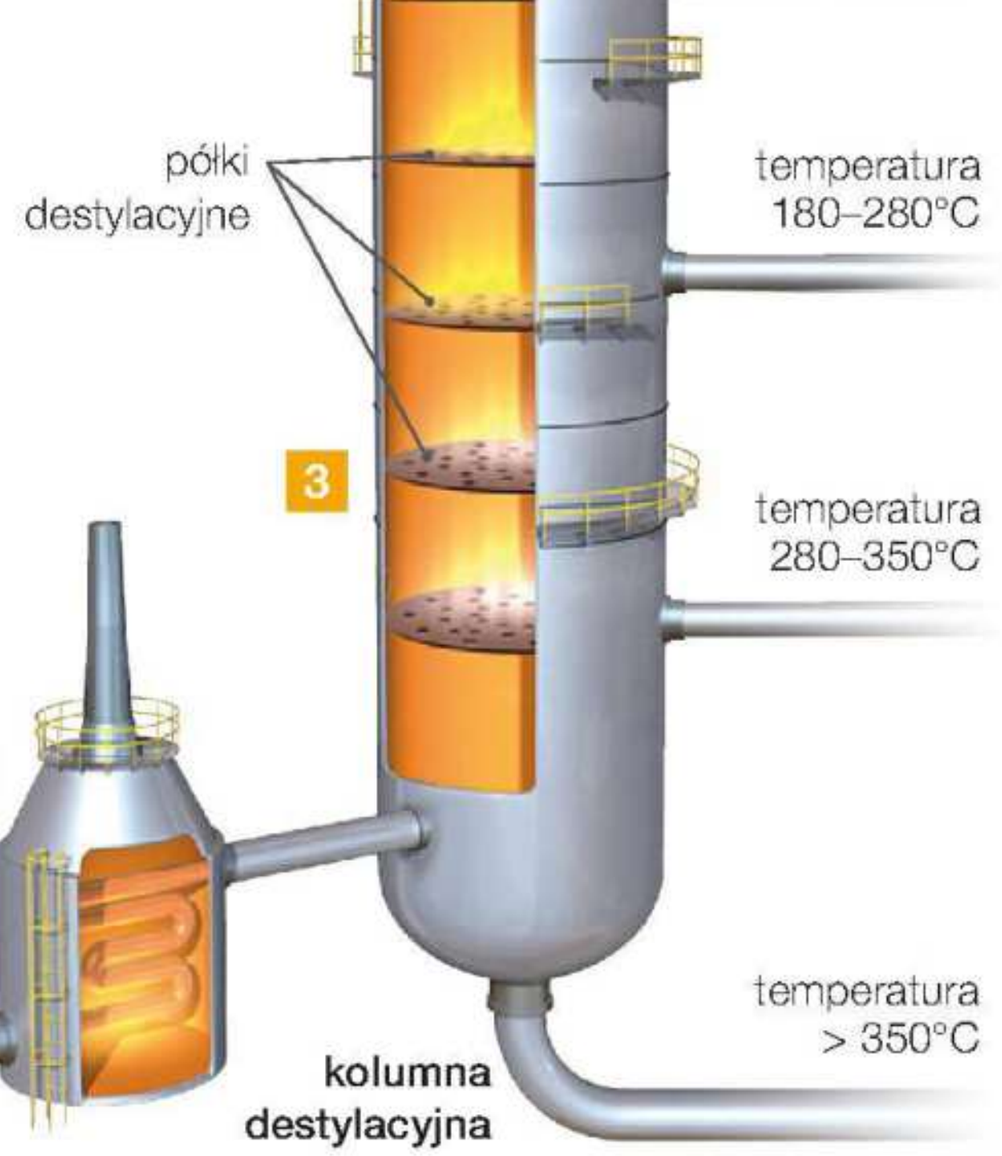
Destylacja ropy naftowej

Na skalę przemysłową ropę naftową **przerabia się w rafineriach i zakładach petrochemicznych.** Wydobytą **ropę naftową** wstępnie **oczyszcza się**, aby usunąć z niej siarkę, a następnie poddaje **procesowi destylacji frakcjonowanej** w kolumnie destylacyjnej.

1 Wstępnie oczyszczona **ropa naftowa jest ogrzewana do temperatury ok. 400°C.** Jej pary przemieszczają się w górę kolumny destylacyjnej, gdzie są schładzane i **skraplają się** na półkach destylacyjnych.

2 **W górnej części** kolumny odbierane są gazowe składniki ropy naftowej **o małych masach cząsteczkowych** i niskich temperaturach wrzenia, **czyli największej lotności.**

3 **W środkowej i dolnej części kolumny** temperatura stopniowo wzrasta – **im niższa półka, tym większe są masy cząsteczkowe**, wyższe temperatury wrzenia, a tym samym **mniejsza jest lotność** odbieranych tam składników ropy naftowej.





Czym jest mazut i jakie są wybrane produkty jego przeróbki?

Mazut to gęsta, oleista ciecz o barwie od ciemnobrunatnej do czarnej. Część mazutu jest wykorzystywana bezpośrednio jako olej opałowy, a część poddaje się dalszej przeróbce (destylacji) pod zmniejszonym ciśnieniem.

Otrzymuje się wówczas m.in.:

- oleje smarowe,
- wazelinę, stosowaną jako środek kosmetyczny i smar,
- parafinę, wykorzystywaną do produkcji świec i impregnacji papieru,
- asfalty, stosowane do pokrywania nawierzchni dróg i wyrobu papy.

Produkty destylacji	Liczba atomów węgla w cząsteczkach węglowodorów
gaz rafineryjny	1–4
benzyny	5–12
nafty	9–16
oleje napędowe	15–18
mazut	> 17

gaz rafineryjny
(głównie propan i butan)



paliwo w butlach turystycznych i do silników z zapłonem iskrowym (zasilanych LPG)

benzyny
(lekkie i ciężkie)





paliwo do silników samochodowych z zapłonem iskrowym, rozpuszczalniki

nafty





paliwo do silników odrzutowych i turbośmigłowych, rozpuszczalniki

oleje napędowe





paliwo do silników z zapłonem samoczynnym (silników Diesla)

mazut
(oleje opałowe lekkie, średnie, ciężkie)



Wazelina to biała lub jasnożółta, mazista substancja, która działa zmiękczająco na skórę.



Papa to arkusze tkaniny, tektury lub tworzywa sztucznego nasączone asfaltem albo smołą.



Parafina jest mieszaniną alkanów stałych o liczbie atomów węgla w cząsteczce większej niż 15.



Chemia w akcji

Jako pierwszy (w 1852 r.) destylację ropy naftowej przeprowadził **Ignacy Łukasiewicz** (1822–1882), polski aptekarz. Wydzielił z niej naftę, którą wykorzystał w skonstruowanej przez siebie lampie (fot. 30.).

Fot. 30. Pierwsze lampy projektu Łukasiewicza zainstalowano w lwowskim szpitalu w 1853 r.

Które węglowodory są składnikami benzyny?

Benzyna jest mieszaniną węglowodorów zawierających **od 5 do 12 atomów węgla w cząsteczce**. Są to przede wszystkim alkany. Skład benzyny otrzymanej w rafineriach zależy od warunków, w jakich prowadzi się proces destylacji, oraz od miejsca pochodzenia ropy naftowej.

Jakie właściwości ma benzyna?



Fot. 31. Spalanie benzyny.

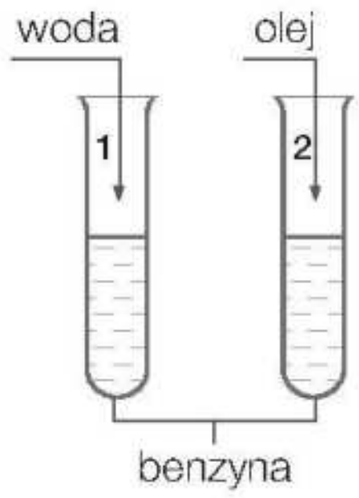
Doświadczenie 11. benzyna

Badanie właściwości benzyny

Odczynniki: benzyna, woda, olej roślinny.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, bagietka, parownica porcelanowa.

Instrukcja: Do parownicy wlej niewielką ilość benzyny. Określ jej stan skupienia, barwę i zapach. Następnie zapal ją w parownicy i obserwuj barwę płomienia oraz sposób spalania. Probówki 1. i 2. napełnij benzyną do $\frac{1}{3}$ objętości. Następnie do probówki 1. wlej podobną objętość wody, a do probówki 2. podobną objętość oleju (schemat). Wymieszaj zawartość probówek.



Obserwacje: Benzyna jest bezbarwną cieczą o charakterystycznym zapachu. Po zapaleniu spala się żółtym, kopcącym płomieniem (fot. 31.). Po dodaniu wody do probówki z benzyną powstaje niejednorodna mieszanina dwóch cieczy, w której benzyna stanowi górną warstwę (fot. 33., s. 81). Olej roślinny tworzy z benzyną mieszaninę jednorodną (fot. 33., s. 81).

Wniosek: Benzyna nie rozpuszcza się w wodzie i ma gęstość mniejszą od gęstości wody. Jest cieczą łatwopalną, rozpuszcza tłuszcze. Benzyna to mieszanina węglowodorów o budowie niepolarnej, jest więc dobrym rozpuszczalnikiem tłuszczów, które także mają budowę niepolarną.

Chemia w akcji

W pierwszych pralniach chemicznych do usuwania tłustych plam z odzieży (fot. 32.) i tkanin używano m.in. benzyny, ponieważ dobrze rozpuszcza tłuszcze i oleje. Jednak z powodu jej łatwopalnych właściwości została zastąpiona przez znacznie mniej palny rozpuszczalnik – tetrachloroeten – stosowany obecnie na dużą skalę.



Fot. 32. Ubrania, które można czyścić chemicznie są oznaczone symbolem graficznym z wpisaną literą P, F lub A.



Fot. 33. Mieszanina benzyny z wodą (probówka 1.) i olejem roślinnym (probówka 2.).

Palącej się benzyny nie wolno gasić wodą.

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

Lotność benzyny jest istotna ze względu na jej zastosowanie w silnikach z zapłonem iskrowym (spalinowych) (fot. 34.).



Fot. 34. Gazowa mieszanina par paliwa i powietrza podtrzymuje spalanie zapoczątkowane przez iskrę elektryczną w silniku o zapłonie iskrowym.

Jak zwiększyć produkcję benzyny?

Ilość benzyny otrzymywanej w procesie destylacji ropy naftowej (średnio z 1 t ropy naftowej otrzymuje się 400 kg benzyny) nie wystarcza na zaspokojenie stale zwiększających się oczekiwań rynku. Zapotrzebowanie na pozostałe produkty destylacji ropy naftowej nie jest aż takie duże, dlatego w celu zwiększenia produkcji benzyny przetwarza się na nią również frakcje zawierające węglowodory o długich łańcuchach węglowych (powyżej 12 atomów węgla w cząsteczce) – nafty, oleje, mazut. Jest to tzw. **kraking** – proces przeprowadzany w obecności **katalizatorów**, czyli substancji, które po dodaniu do substratów ułatwiają przebieg reakcji chemicznej i zwiększają jej szybkość.

Przykłady katalizatorów

- metale: Pt, Ni, Pd, Ag
- tlenki: NiO, ZnO, Cr_2O_3, MnO_2, SiO_2, V_2O_5
- kwasy: H_3PO_4, H_2SO_4

Na czym polega kraking?

Kraking (ang. *cracking* – pękanie) **to reakcja rozkładu alkanów o długich łańcuchach węglowych** (dużych cząsteczkach). W jej wyniku **powstaje mieszanina alkanów i alkenów o krótszych łańcuchach węglowych** (mniejszych cząsteczkach), np.:

$$n\ C_{18}H_{38} \longrightarrow C_8H_{16} + C_8H_{18} + C_9H_{18} + C_9H_{20} + C_{10}H_{20} + \ldots$$

oktadekan — okten — oktan — nonen — nonan — deken

Kraking prowadzi się w warunkach obniżonego lub podwyższonego ciśnienia, w temperaturze ok. 500°C oraz w obecności katalizatorów. Benzyna otrzymywana w wyniku krakingu **jest mieszaniną węglowodorów o łańcuchach prostych**.

Jak przebiega spalanie benzyny otrzymanej w wyniku krakingu?

Benzyny składające się z węglowodorów o nierozgałęzionych łańcuchach spalane w silnikach o zapłonie iskrowym mogą ulegać **spalaniu stukowemu**. Taki rodzaj spalania jest **wybuchowy – szybki**

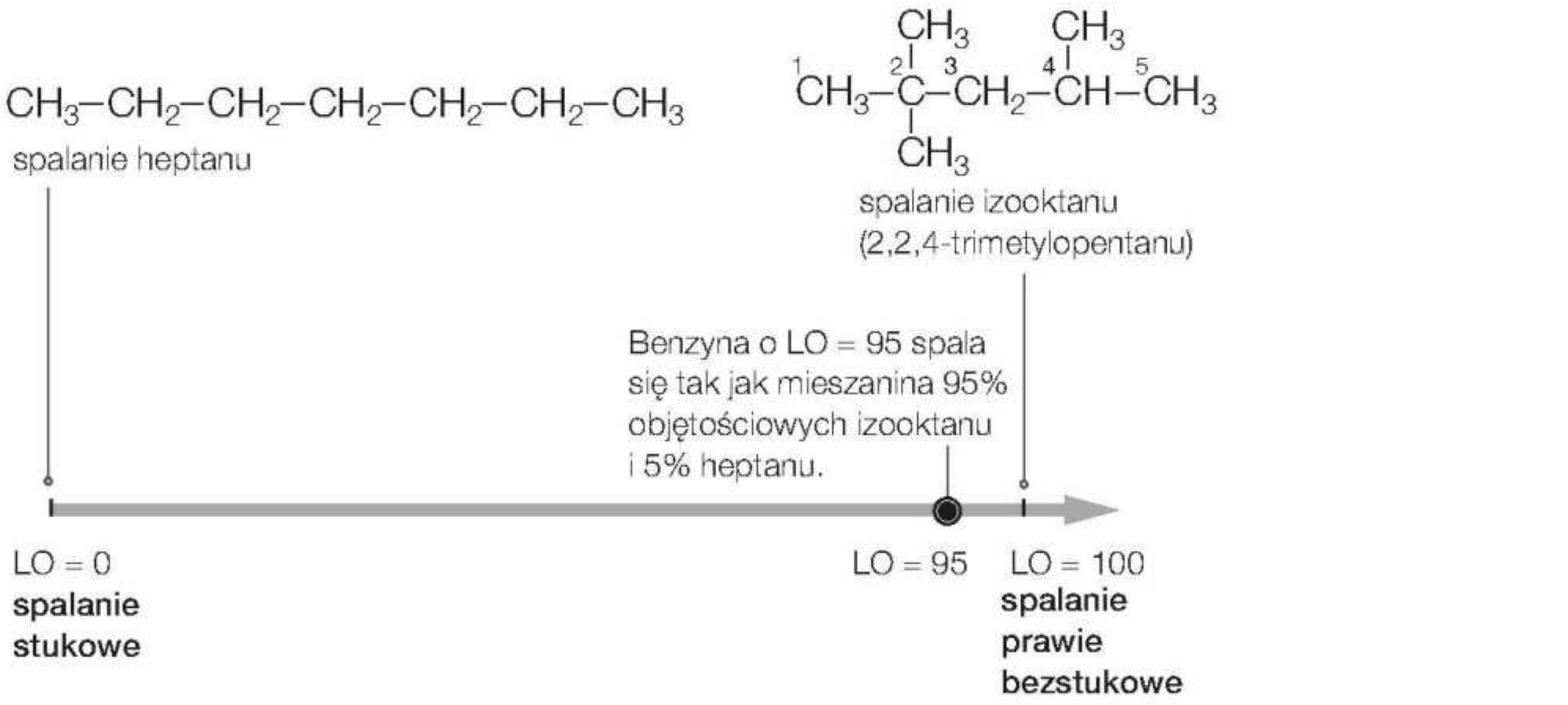
i nierównomierny. Powoduje nieregularną pracę silnika, tzw. stukanie, i jego szybsze zużycie.

Odporność benzyny na spalanie stukowe w silnikach o zapłonie iskrowym określa **liczba oktanowa** (LO).

Jak ustalić liczbę oktanową (LO) benzyny?

Aby ustalić liczbę oktanową benzyny, **porównuje się proces spalania danego paliwa z procesem spalania mieszaniny dwóch węglowodorów wzorcowych**: izooktanu o łańcuchu rozgałęzionym i heptanu o łańcuchu prostym. Najlepiej spośród nich spala się izooktan, a najsłabiej heptan.

Im większa liczba oktanowa, tym większa odporność na spalanie stukowe i lepsza jakość benzyny.



Jeśli analizowana benzyna spala się tak jak czysty izooktan, przyjmuje się, że ma LO = 100, a jeśli spala się tak jak heptan, przyjmuje się, że ma LO = 0.

Jak podwyższyć LO benzyny?

Dodanie do benzyny środka przeciwstukowego, nazywanego potocznie antydetonatorem, jest jednym ze sposobów podwyższenia liczby oktanowej. Jednym z pierwszych antydetonatorów była jodyna, czyli 3-procentowy roztwór jodu w etanolu. Przez wiele lat jako antydetonatory stosowano związki ołowiu. Wycofano je jednak z użycia ze względu na ich dużą toksyczność i gromadzenie się w środowisku przyrodniczym.

Obecnie jako środki przeciwstukowe wykorzystuje się m.in. alkohole (np. etanol CH_3CH_2OH) i etery – związki chemiczne o nazwach

handlowych MTBE (ang. ***Methyl Tert-Butyl Ether***) oraz ETBE (ang. ***Etyl Tert-Butyl Ether***). Podwyższają one LO benzyny. W benzynach bezołowiowych znajduje się do kilku procent środków przeciwstukowych. W wyniku spalania takiej mieszaniny powstające spaliny zawierają wiele związków chemicznych, które są szkodliwe dla zdrowia człowieka i środowiska. Dlatego w samochodach montuje się reaktory katalityczne, nazywane potocznie katalizatorami. Zachodzą w nich reakcje utleniania i redukcji zawartych w spalinach związków chemicznych, które są szkodliwe dla środowiska przyrodniczego, np. szkodliwy tlenek azotu(II) redukuje się do obojętnego gazu – azotu:

$$\underbrace{\text{węglowodory} + H_2O + CO_2 + CO + NO + NO_2}_{\text{spaliny z silnika}} \longrightarrow \underbrace{CO_2 + H_2O + N_2}_{\text{spaliny z katalizatora}}$$

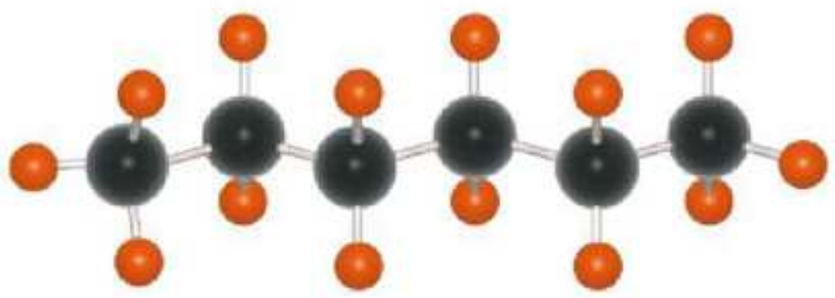
Innym sposobem na podwyższenie LO benzyny jest **reforming**.

Czym jest reforming?

Reforming to proces, podczas którego zachodzą **reakcje przekształcenia węglowodorów o łańcuchach prostych w węglowodory o łańcuchach rozgałęzionych lub pierścieniowych**.

Reforming prowadzi się w podwyższonej temperaturze, pod wysokim ciśnieniem i w obecności katalizatorów. Obejmuje on m.in. procesy: izomeryzacji, cyklizacji i aromatyzacji. Produkty mogą mieć ten sam skład lub różnić się wzorem sumarycznym.

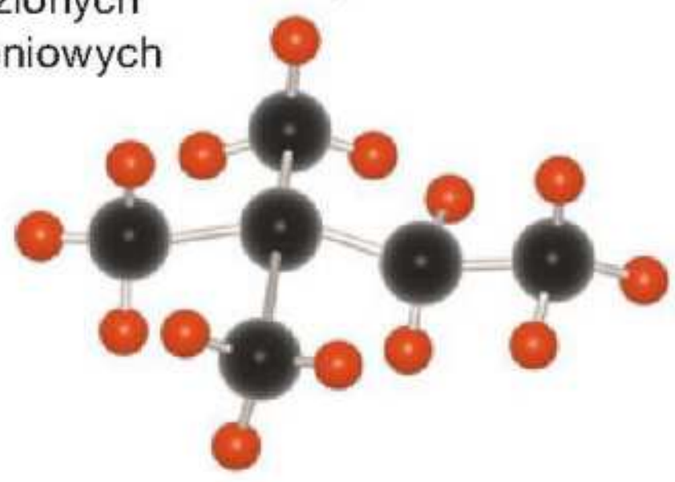
niska LO
proste łańcuchy
w cząsteczkach
węglowodorów pękają



heksan

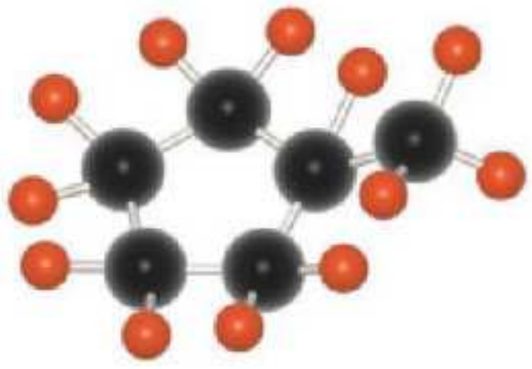
wysoka LO
powstają cząsteczki
o łańcuchach
rozgałęzionych
i pierścieniowych

izomeryzacja



2,2-dimetylobutan

cyklizacja



metylocyklopentan

aromatyzacja



benzen

Gaz ziemny i ropa naftowa nie są jedynymi naturalnymi surowcami energetycznymi (paliwami kopalnymi). Zalicza się do nich także **węgle kopalne**, zwłaszcza węgiel kamienny i produkty jego przeróbki.

Chemia w akcji

To, jaki procent paliwa stanowią biokomponenty, czyli dodatki pochodzenia roślinnego (np. bioetanol, biodiesel), można odczytać z nowych oznaczeń stosowanych na stacjach benzynowych, m.in. na pistolecie dystrybutora paliwa. Znaki graficzne pomagają też w sprawnym rozpoznaniu rodzaju paliwa: ◯ to benzyna, □ – olej napędowy, a ◇ – paliwo gazowe.

E oznacza, że w benzynie jest dodatek **bioetanolu** (alkoholu otrzymywanego z biomasy). Symbole stosowane wcześniej informowały o wartości liczby oktanowej paliwa – 95 lub 98. Te rodzaje benzyny zawierają maksymalnie 5% bioetanolu i są oznaczane obecnie wspólnym znakiem (E5). Produkowane są również benzyny, które zawierają maksymalnie 10% lub 85% bioetanolu. Oznacza się je odpowiednio symbolami: (E10) oraz (E85). ▶





◀ **B** oznacza, że w oleju napędowym jest dodatek **biodiesla** (otrzymywanego z olejów roślinnych). Paliwo stosowane w silnikach Diesla może zawierać maksymalnie 7% lub 10% biodiesla. Oznacza się je odpowiednio: B7 oraz B10.

Paliwa gazowe nadal oznaczane są skrótami CNG, LPG, LNG i H2, ale zostały one ujednolicone. Skróty te pochodzą od nazw paliw w języku angielskim. ▶

- CNG – sprężony gaz ziemny (ang. ***C**ompressed **N**atural **G**as*)
- LPG – gaz płynny (ang. ***L**iquefied **P**etroleum **G**as*).
- LNG – płynny gaz ziemny (ang. ***L**iquefied **N**atural **G**as*)
- H2 – wodór (ang. ***H**ydrogen*)



Czym są węgle kopalne?

Węgle kopalne to mieszaniny związków chemicznych o dużej zawartości procentowej węgla. W przyrodzie występuje kilka odmian węgla kopalnego (fot. 35.), czyli skał pochodzenia organicznego. Zawartość węgla pierwiastkowego jest w nich tym większa, im dłuższy był czas powstawania węgla ze szczątków roślin lądowych lub wodnych w warunkach wysokiego ciśnienia i braku dostępu tlenu (im starsza jest odmiana węgla kopalnego).



Fot. 35. Węgle kopalne różnią się zawartością węgla pierwiastkowego.



Fot. 36. Ślady życia, zwłaszcza roślinności, można znaleźć w złożach węgla w postaci różnych odcisków, np. liści.

Większość złóż węgla kamiennego pochodzi z karbonu – okresu ery paleozoicznej. W czasach, kiedy powstawały, na lądzie żyły owady, pajęczaki i ogromne płazy oraz rosły skrzypy, widłaki i paprocie (fot. 36.).

Węgiel kamienny zawiera domieszki różnych związków chemicznych powstających w wyniku rozkładu szczątków roślinnych. Produkty pirolizy węgla kamiennego są więc mieszaninami wielu związków chemicznych i cennymi surowcami w przemyśle chemicznym.

Na czym polega piroliza?

Proces przeróbki węgla kamiennego nazywany pirolizą (pirogenizacją, suchą destylacją lub koksowaniem węgla) **polega na ogrzewaniu węgla kamiennego w temperaturze ok. 1000°C bez dostępu powietrza**. Węgiel kamienny przerabia się w zakładach przemysłu koksowniczego – **koksowniach**.



Chemia w akcji

Węgiel aktywny, otrzymywany m.in. z węgla kamiennego, węgla brunatnego lub torfu, ma silne właściwości adsorpcyjne, więc dobrze pochłania wszelkie zanieczyszczenia chemiczne. Wykazuje też działanie antybakteryjne, przeciwzapalne, rozjaśniające i działa kojąco na skórę. Dzięki temu stosuje się go m.in. w produktach do oczyszczania i pielęgnacji cery (fot. 37.), głównie tłustej, mieszanej lub trądzikowej. Poza tym skutecznie wybiela zęby, nie uszkadzając szkliwa.

Fot. 37. *Active carbon* to nazwa węgla aktywnego często używana przez producentów kosmetyków.

Doświadczenie 12. N

Sucha destylacja węgla kamiennego

Odczynniki: węgiel brunatny lub drzewny (zamiast węgla kamiennego, którego piroliza zachodzi w bardzo wysokiej temperaturze).
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka z trudno topliwego szkła, korek z rurką kapilarną (zwężoną na jednym końcu), statyw, łapa metalowa, palnik gazowy.
Instrukcja: Do probówki wrzuć niewielki kawałek węgla i zamknij jej wylot korkiem z rurką kapilarną (schemat). Umieść probówkę w statywie i ostrożnie ogrzewaj ją w płomieniu palnika gazowego. Po chwili zapal gaz wydzielający się z probówki. Opisz wygląd płomienia wydzielającego się gazu oraz zawartości probówki.

Doświadczenie należy przeprowadzać pod wyciągiem.



Obserwacje: W wyniku ogrzewania próbki węgla z probówki wydziela się dym, a na jej ściankach widoczne są kropelki cieczy. Na dnie probówki powstaje czarny osad. Pęcherzyki gazu powstające podczas ogrzewania węgla spalają się żółtym płomieniem (fot. 38.). Otrzymana ciecz ma intensywny zapach amoniaku.
Wniosek: W wyniku rozkładu termicznego próbki węgla powstają substancje o trzech stanach skupienia: gazowym, ciekłym i stałym.

W wyniku pirolizy węgla otrzymuje się: **koks, gaz koksowniczy,** nazywany też gazem świetlnym, **wodę pogazową** i **smołę węglową**. Główne produkty pirolizy węgla są mieszaninami wielu związków chemicznych i cennymi surowcami w przemyśle chemicznym (tabela 10.).



Fot. 38. Piroliza węgla.

Tabela 10. Główne produkty pirolizy węgla

Produkt pirolizy	Składniki	Zastosowania
koks	zawiera 96–97% węgla pierwiastkowego	▸ paliwo ▸ reduktor w procesach hutniczych ▸ produkcja karbidu ▸ produkcja gazu syntezowego (mieszaniny CO + H_2), przetwarzanego na benzynę
gaz koksowniczy (gaz świetlny)	mieszanina głównie H_2 i CO oraz CH_4 i N_2	▸ paliwo ▸ gaz opałowy ▸ surowiec do syntez chemicznych
woda pogazowa	mieszanina H_2O, NH_3 i soli amonu	surowiec do produkcji: ▸ nawozów sztucznych ▸ amoniaku i siarczanu(VI) amonu
smoła węglowa	mieszanina kilkuset związków organicznych	surowiec do produkcji: ▸ tworzyw sztucznych ▸ rozpuszczalników i barwników ▸ substancji zapachowych ▸ środków ochrony roślin ▸ leków



koks



woda pogazowa



smoła węglowa



Fot. 39. Wydobywanie węgla brunatnego metodą odkrywkową powoduje **degradację środowiska przyrodniczego**.

Jak wydobycie paliw kopalnych wpływa na środowisko przyrodnicze?

Do produkcji energii stosuje się paliwa w postaci nieprzetworzonej lub po przetworzeniu. Spalanie paliw kopalnych jest najbardziej szkodliwą dla środowiska przyrodniczego i człowieka metodą pozyskiwania elektryczności.

Węgiel brunatny pozyskuje się metodą odkrywkową (fot. 39.), węgiel kamienny w ten sam sposób, a także w kopalniach głębinowych. Również wydobycie i transport ropy naftowej są związane z ogromnym zagrożeniem dla środowiska przyrodniczego (awarie na platformach wydobywczych i tankowcach).

Procesy powstawania nowych złóż węgla, gazu ziemnego i ropy naftowej wciąż zachodzą w skorupie ziemskiej. Odbywa się to jednak w tempie o wiele wolniejszym niż zużywanie przez ludzi istniejących złóż, dlatego obawy o **wyczerpanie zasobów paliw kopalnych** są uzasadnione. Wszystkie źródła energii można podzielić na: wyczerpywalne (nieodnawialne) i niewyczerpywalne (odnawialne):

źródła energii

wyczerpywalne	niewyczerpywalne
• paliwa kopalne, np.: – węgle kopalne – ropa naftowa – gaz ziemny • przemiany promieniotwórcze pierwiastków chemicznych	• słońce • woda • wiatr • ciepło wnętrza Ziemi • biopaliwa

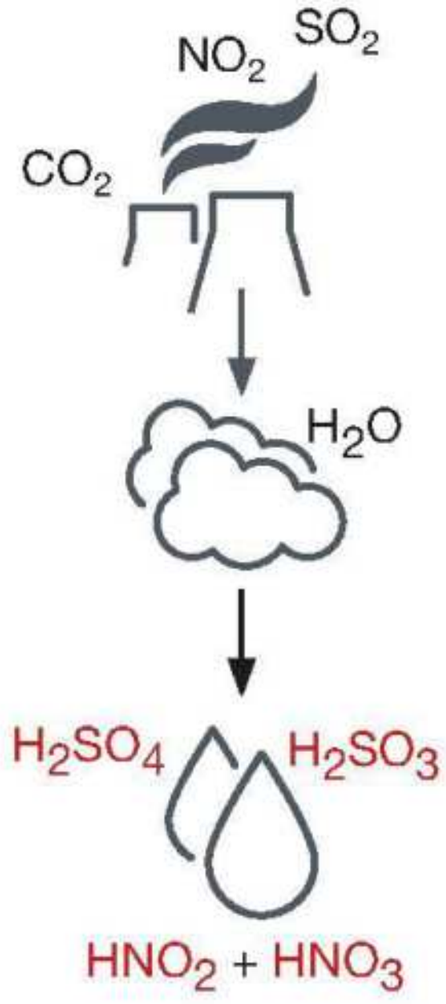
Jak użycie paliw kopalnych wpływa na środowisko przyrodnicze?

Spalanie paliw kopalnych to najprostsza i najczęściej stosowana metoda produkcji energii elektrycznej. Ma jednak niekorzystny wpływ na środowisko przyrodnicze. **Produkty powstające w procesie spalania paliw kopalnych zalicza się do gazów cieplarnianych**. Oprócz CO_2 i pary wodnej należą do nich m.in.: CH_4, O_3 i N_2O. Zapobiegają one utracie ciepła przez Ziemię (efekt cieplarniany), ale ich stężenie w atmosferze nie jest stałe. Ich brak spowodowałby tak duże zmiany temperatury powietrza w ciągu doby, że średnie dobowe wartości temperatury byłyby ujemne, a całą powierzchnię Ziemi pokryłby lód. Natomiast zwiększanie się stężenia gazów cieplarnianych przyczynia się m.in. do wzrostu średniej temperatury powietrza na Ziemi. Zjawisko to, nazywane **globalnym ociepleniem**, prowadzi m.in. do zaniku pokrywy lodowej w górach i okolicach podbiegunowych. W wyniku tego stale podnosi się poziom mórz. Globalne ocieplenie powoduje też wiele innych negatywnych zjawisk, np. powiększanie się pustyń, problemy z dostępem do wody pitnej, wymieranie raf koralowych wskutek

wzrostu temperatury i zmiany składu (zakwaszenia) wód oceanicznych oraz wymieranie zwierząt i roślin wskutek zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym.

W trakcie spalania węgla zanieczyszczonego siarką oprócz tlenku węgla(IV) powstają też tlenki siarki. Spalanie paliw ciekłych w pojazdach mechanicznych powoduje, że do atmosfery emitowane są tlenki azotu i węglowodory. **Powstające tlenki siarki(IV) i azotu(IV) reagują z parą wodną** zawartą w atmosferze i **wracają na Ziemię w postaci kwaśnych opadów** (roztworów wodnych kwasów siarkowych i azotowych), przez co przyczyniają się do zanieczyszczenia gleby, wód gruntowych i podziemnych. Tlenek siarki(IV) i cząstki sadzy, na których mogą się kondensować krople wody, są przyczyną tworzenia się **smogu klasycznego**. Wskutek reakcji chemicznych zachodzących między tlenkami azotu i węglowodorami – produktami spalania m.in. benzyny i oleju napędowego – powstaje **smog fotochemiczny**.

Schemat powstawania kwaśnych opadów



Zanieczyszczenie atmosfery to niejedyny negatywny efekt pozyskiwania energii z paliw kopalnych. Ropa naftowa przedostająca się do morza (np. w wyniku awarii tankowców) unosi się na powierzchni wody i odcina dostęp tlenu oraz światła organizmom morskim, co prowadzi do ich wymierania. Wsiąka też w piasek, przez co przyczynia się do śmierci organizmów żyjących nad brzegami mórz. Jest także niebezpieczna dla ssaków morskich i ptaków (fot. 40.), które ją połykają, gdy starają się oczyścić futro albo zlepione pióra.

Od wielu lat poszukuje się więc innych źródeł energii. Są nimi m.in. elektrownie wiatrowe (fot. 41.), elektrownie słoneczne (fotoogniwa i kolektory słoneczne) oraz elektrownie jądrowe. Jednak każde źródło energii ma wady i zalety, np. turbiny wiatrowe szpecą krajobraz i przyczyniają się do śmierci ptaków. Ponadto są produkowane z nieekologicznych materiałów, a po wycofaniu z użytku stanowią problem jako odpady do składowania.

W celu zmniejszenia zagrożeń wynikających z niewłaściwego planowania i przeprowadzania procesów chemicznych, a tym samym zapobiegania degradacji środowiska **Paul Anastas** [czyt. pol anastas] wprowadził w 1991 r. koncepcję **zielonej chemii** (ang. *green chemistry*).



Fot. 40. Pióra ptaków wodnych oblepione ropą naftową trudno oczyścić wodą.



Fot. 41. Elektrownie wiatrowe są alternatywnym źródłem energii na obszarach występowania silnych wiatrów.

Czym jest zielona chemia?

Zielona chemia zakłada **projektowanie i przeprowadzanie procesów chemicznych** w taki sposób, **aby ograniczyć**:

- **użycie** substancji szkodliwych dla środowiska przyrodniczego,
- **powstawanie** substancji szkodliwych i ich **emisję** do środowiska przyrodniczego (powietrza, gleby i wody).

W przypadku paliw kopalnych przykładem stosowania zasad zielonej chemii może być:

- wydajne wykorzystywanie energii w procesach chemicznych, np. stosowanie katalizatorów w celu zwiększenia efektywności procesów spalania,
- przeprowadzanie procesów chemicznych bez zmiany warunków otoczenia (temperatury i ciśnienia),
- wykorzystanie surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych,
- wstępne oczyszczanie paliw kopalnych z siarki, tzw. odsiarczanie,
- stosowanie filtrów pochłaniających emitowane zanieczyszczenia.

Przestrzeganie zasad zielonej chemii przyczynia się do zmniejszenia szkodliwego wpływu działalności człowieka na środowisko. Stosowanie paliw kopalnych jest sprzeczne z zasadami zielonej chemii.

Zapamiętaj!

Paliwa kopalne – węgle kopalne, torf, ropa naftowa, gaz ziemny. Wykorzystuje się je do pozyskiwania energii.

Benzyna – mieszanina węglowodorów zawierających od 5 do 12 atomów węgla w cząsteczce.

Liczba oktanowa – miara odporności benzyny na spalanie stukowe.

Kraking – reakcja rozkładu alkanów o długich łańcuchach węglowych, w której wyniku powstają alkany o krótszych łańcuchach.

Reforming – reakcja przekształcenia węglowodorów o łańcuchach prostych w węglowodory o łańcuchach rozgałęzionych lub pierścieniowych.

Zadania

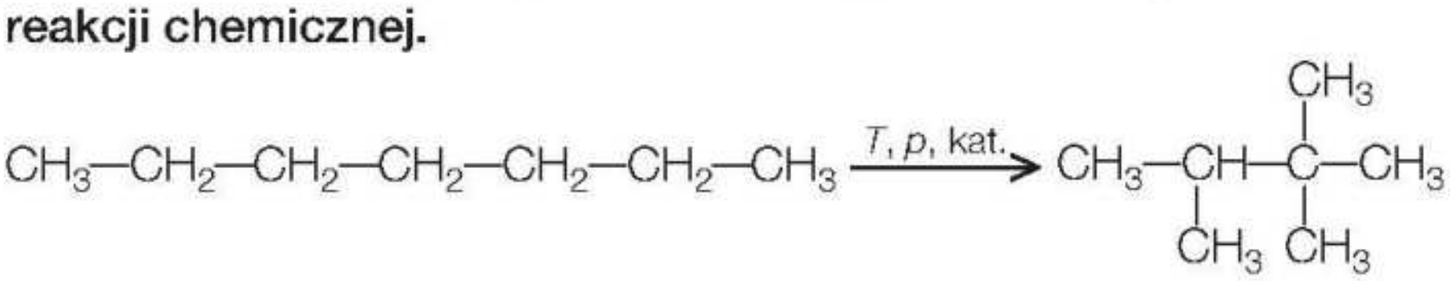
ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Wyjaśnij, dlaczego palącej się benzyny nie wolno gasić wodą.**

2. **Przyporządkuj podane wzory węglowodorów do następujących frakcji destylacji ropy naftowej: benzyna, nafta, oleje napędowe.**
   C_8H_{18}, C_6H_{14}, $C_{18}H_{38}$, C_5H_{12}, C_7H_{16}, $C_{13}H_{28}$, $C_{15}H_{32}$

3. **Dopasuj produkty pirolizy węgla wymienione w podpunkcie a) do przykładów ich zastosowań podanych w podpunkcie b).**
   a) gaz koksowniczy, woda pogazowa, smoła węglowa, koks
   b) produkcja karbidu, produkcja świec i impregnowanie papieru, produkcja tworzyw sztucznych, gaz opałowy, produkcja nawozów sztucznych

4. **Napisz nazwę procesu przedstawionego za pomocą równania reakcji chemicznej.**



5. **Oblicz zawartość procentową węgla w metanie, głównym składniku gazu ziemnego.**

6. Gęstość ropy naftowej zależy od jej składu. **Oblicz masę jednej baryłki ropy naftowej (1 baryłka = 159 dm^3), wiedząc, że gęstość zawartej w niej ropy naftowej wynosi 0,750 $\frac{g}{cm^3}$.** Wynik podaj w gramach.

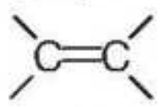
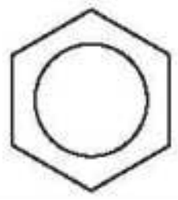
Podsumowanie

węglowodory

- alifatyczne
- aromatyczne

◀ Jakie są główne grupy węglowodorów?

Przykładem węglowodorów alifatycznych są węglowodory nasycone (alkany) i węglowodory nienasycone (alkeny i alkiny). Przykładem węglowodoru aromatycznego jest benzen.

Grupa związków	Wzór ogólny	Rodzaj wiązania między atomami węgla w cząsteczce	Charakterystyczny typ reakcji chemicznej
alkany	C_nH_{2n+2} n – liczba naturalna; $n \geqslant 1$	tylko pojedyncze 	substytucja
alkeny	C_nH_{2n} n – liczba naturalna; $n \geqslant 2$	jedno wiązanie podwójne, pozostałe pojedyncze 	addycja, polimeryzacja
alkiny	C_nH_{2n-2} n – liczba naturalna; $n \geqslant 2$	jedno wiązanie potrójne, pozostałe pojedyncze —C≡C—	addycja, polimeryzacja
węglowodory aromatyczne (areny)	C_nH_{2n-6} n – liczba naturalna; $n \geqslant 6$	zdelokalizowane wiązanie typu π 	substytucja

◀ Jakie cechy charakterystyczne mają węglowodory?

Szereg homologiczny to **zbiór związków organicznych o podobnych właściwościach chemicznych i podobnej budowie**. Każdy kolejny związek chemiczny w szeregu **ma w cząsteczce o jedną grupę metylenową** (—CH_2—) **więcej** niż poprzedni. Szereg homologiczny tworzą m.in.: alkany, alkeny, alkiny.

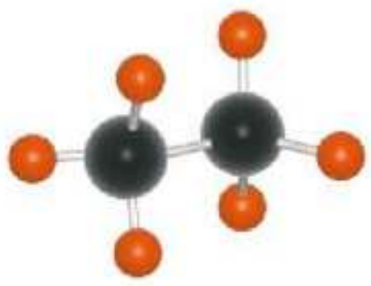
◀ Co to jest szereg homologiczny?

Homologi to związki chemiczne, które **należą do tego samego szeregu homologicznego**, np.:

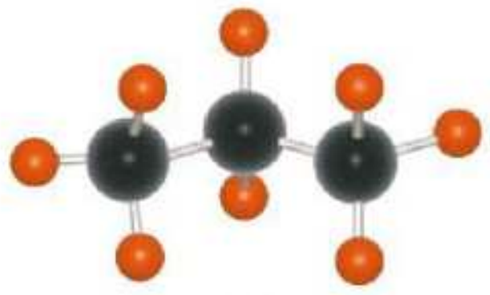
◀ Co to są homologi?



CH_4



C_2H_6



C_3H_8

Jak zmieniają się właściwości fizyczne węglowodorów w szeregach homologicznych?

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach węglowodorów nierozgałęzionych **wzrastają temperatury wrzenia i topnienia tych węglowodorów oraz zmienia się ich stan skupienia** od gazowego przez ciekły do stałego. Wraz ze wzrostem temperatury wrzenia węglowodorów **maleje ich lotność.**

Jakie produkty powstają w reakcji spalania węglowodorów?

reakcje spalania

całkowitego

$CO_2\uparrow$ + H_2O

tlenek węgla(IV) woda

niecałkowitego

$CO\uparrow$ + H_2O *lub* C + H_2O

tlenek węgla(II) woda węgiel woda

Na czym polega reakcja substytucji i jakie węglowodory jej ulegają?

Reakcja substytucji to reakcja chemiczna, w której **atom lub grupa atomów z cząsteczki jednego substratu zastępuje atom lub grupę atomów w cząsteczce drugiego substratu.** Ulegają jej węglowodory nasycone i aromatyczne.

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{światło}} CH_3Cl + HCl$$

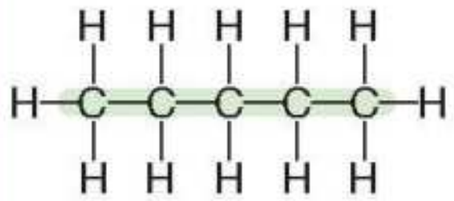
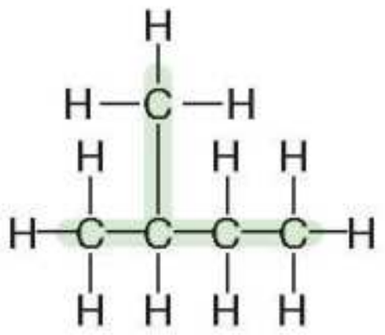
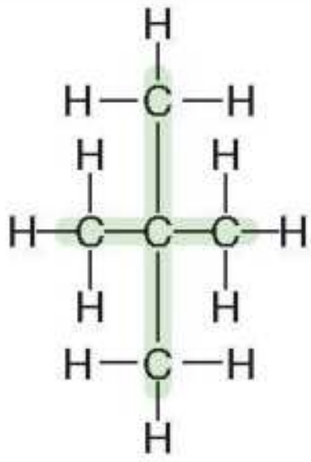
metan chlor chlorometan chlorowodór

Co to są izomery?

Izomery to związki chemiczne **o takim samym wzorze sumarycznym, ale różnych wzorach strukturalnych.**

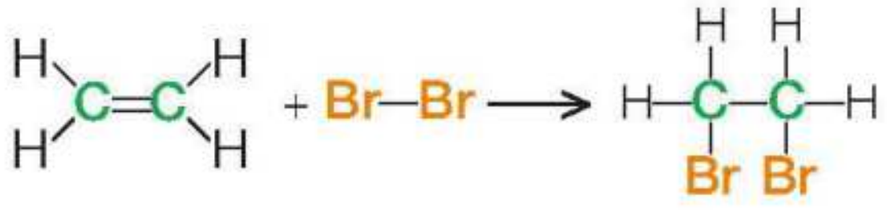
Jak kształt łańcucha węglowego wpływa na właściwości izomerów alkanów?

Dla alkanów **o tej samej liczbie atomów węgla temperatura wrzenia obniża się wraz ze zwiększaniem się stopnia rozgałęzienia łańcucha węglowego.**

Wzór sumaryczny	C_5H_{12}		
Wzór strukturalny			
Temperatura wrzenia, °C	36,1	27,8	9,4

Na czym polega reakcja addycji?

Reakcja addycji to **reakcja przyłączania atomów jednej cząsteczki do atomów drugiej cząsteczki w wyniku rozerwania wiązań wielokrotnych.**



eten brom 1,2-dibromoetan

To **reakcja otrzymywania wielkocząsteczkowego związku chemicznego w wyniku łączenia się ze sobą wielu cząsteczek związku nienasyconego.**

◀ Co to jest reakcja polimeryzacji?

$$n\ CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[\text{kat.}]{p,\ T} \left[CH_2{-}CH_2\right]_n$$

monomer — polimer

Benzen otrzymuje się m.in. **w reakcji trimeryzacji** etynu.

◀ Jak otrzymać benzen?

$$3\ C_2H_2 \xrightarrow[\text{kat.}]{p,\ T} C_6H_6$$

etyn — benzen

Częściej jednak benzen uzyskuje się jako jeden z produktów **destylacji ropy naftowej.**

Roztwór manganianu(VII) potasu i woda bromowa **odbarwiają się pod wpływem nienasyconych związków organicznych.**

◀ Jak odróżnić węglowodory nasycone od węglowodorów nienasyconych i węglowodorów aromatycznych?

Grupa związków	alkany	alkeny	alkiny	aromatyczne
Reakcja z roztworem $KMnO_4$	–	+	+	–
Reakcja z $Br_{2(aq)}$	–	+	+	+ (w obecności $FeBr_3$)

W wyniku destylacji ropy naftowej powstają frakcje, czyli mieszaniny węglowodorów, których składniki wrą w określonych przedziałach temperatur: gaz rafineryjny, benzyny, nafty, oleje napędowe i mazut.

◀ Jakie produkty powstają w wyniku destylacji ropy naftowej?

Liczba oktanowa jest **miarą odporności benzyny na spalanie stukowe w silnikach o zapłonie iskrowym**. Ustala się ją, porównując proces spalania badanego paliwa z procesem spalania mieszaniny węglowodorów wzorcowych – izooktanu (spalanie prawie bezstukowe) i heptanu (spalanie stukowe).

◀ Co to jest liczba oktanowa (LO)?

Liczbę oktanową można zwiększyć poprzez **dodanie do benzyny środka przeciwstukowego** (antydetonatora), np.: etanolu, MTBE, ETBE.

◀ Jak zwiększyć LO benzyny?

Kraking **polega na rozkładzie alkanów o długich łańcuchach węglowych** na alkany i alkeny o krótszych łańcuchach węglowych:

◀ Na czym polega kraking?

$$n\ C_{18}H_{38} \longrightarrow C_8H_{16} + C_8H_{18} + C_9H_{18} + C_9H_{20} + C_{10}H_{20} + \ldots$$

oktadekan — okten — oktan — nonen — nonan — deken

Reforming polega na **przekształceniu węglowodorów o łańcuchach prostych w węglowodory o łańcuchach rozgałęzionych** lub **pierścieniowych** i prowadzi do podwyższenia LO.

◀ Na czym polega reforming?

Piroliza węgla to **proces polegający na ogrzewaniu węgla kamiennego w temperaturze ok. 1000°C bez dostępu powietrza**. Produktami pirolizy są koks, gaz koksowniczy, woda pogazowa i smoła węglowa.

◀ Co to jest piroliza węgla?

Sprawdź, czy potrafisz…

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Wskaż zdania, które są prawdziwe.

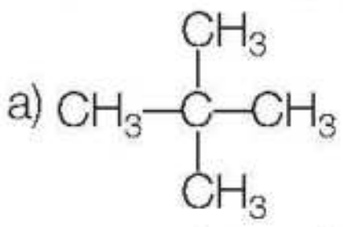
a) Alotropia to zjawisko występowania pierwiastka chemicznego w kilku odmianach różniących się budową.

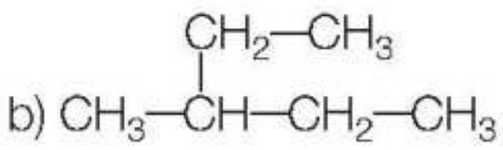
b) Odmiany alotropowe danego pierwiastka chemicznego mają takie same właściwości chemiczne i fizyczne.

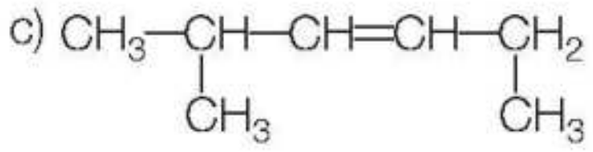
c) Koks, węgiel drzewny i diament to odmiany alotropowe węgla.

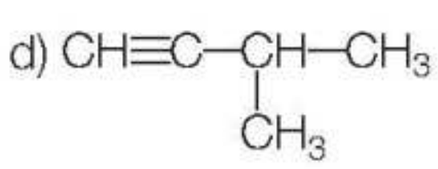
d) Węglami kopalnymi są torf, węgiel kamienny i węgiel brunatny.

2. Napisz nazwy systematyczne węglowodorów o podanych wzorach.

a) 

b) 

c) 

d) 

3. Napisz wzory półstrukturalne węglowodorów o podanych nazwach.

a) 3-etyloheptan

b) 2,3-dimetylobut-2-en

c) 3-etylo-4,5-dimetylohept-1-yn

d) etylobenzen

4. Oblicz, która próbka zawiera więcej czystego węgla: 60 kg antracytu o zawartości 94% węgla pierwiastkowego czy 160 kg torfu o zawartości 59% węgla pierwiastkowego.

5. Wskaż to równanie reakcji spalania metanu, w którym stosunek mas kolejno zapisanych produktów wynosi 7 : 9. Napisz nazwy tych produktów oraz określ rodzaj spalania.

a) $CH_4 + O_2 \longrightarrow C + 2\ H_2O$

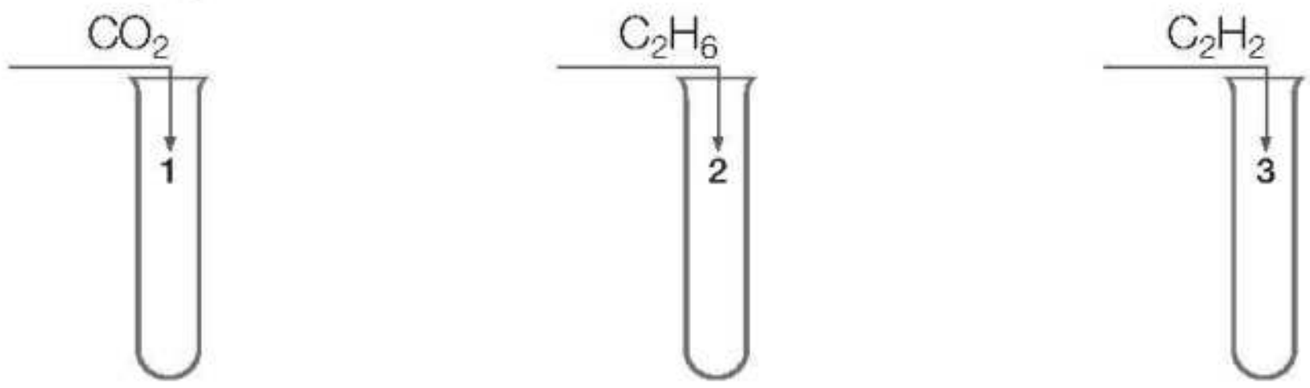
b) $2\ CH_4 + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ CO + 4\ H_2O$

c) $CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

6. Oblicz, ile metrów sześciennych oraz ile kilogramów metanu zawartego w gazie ziemnym stanowi niebezpieczeństwo w pomieszczeniu o wymiarach 5 m × 6 m × 3 m, wiedząc, że gdy zawartość metanu w powietrzu wynosi 5% (procent objętościowy), grozi to wybuchem. Gęstość metanu $d = 0{,}657\ \frac{kg}{m^3}$ (w temperaturze 25°C i pod ciśnieniem 1013 hPa).

7. Napisz wzory sumaryczne tych alkanów mogących powstać w procesie krakingu z cząsteczki $C_{17}H_{36}$, które zalicza się do składników benzyny.

8. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne pozwalające zidentyfikować gazy w probówkach przedstawionych na schemacie. **Zaproponuj obserwacje i wnioski. Napisz i uzgodnij równania reakcji chemicznych.**





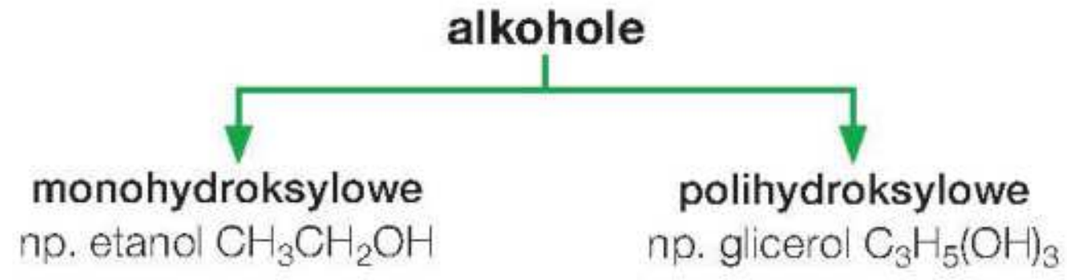
Fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy i ketony

To było w szkole podstawowej!

- **Pochodne węglowodorów** to związki organiczne, które w cząsteczce oprócz atomów węgla i wodoru **zawierają atomy innych pierwiastków chemicznych**, np.: tlenu, azotu, chloru, siarki.
- Cząsteczki pochodnych węglowodorów tworzą: **grupa węglowodorowa** i **grupa funkcyjna**.
- Grupa funkcyjna to grupa, która **nadaje** związkowi organicznemu **charakterystyczne właściwości**.
- **Alkohole to pochodne** węglowodorów **zawierające** w cząsteczce **grupę hydroksylową –OH**.
  Wzór ogólny:



gdzie: R – grupa alkilowa,
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkoholu; $n \geqslant 1$.



- **Fermentacja alkoholowa** to reakcja biochemiczna polegająca na powstawaniu etanolu z monosacharydów (cukrów prostych).



7. Fluorowcopochodne węglowodorów



Fot. 42. Tworzywo, z którego wytwarza się karty płatnicze, jest jednym z najtańszych w produkcji.

Materiał wykorzystywany do produkcji kart płatniczych (fot. 42.) otrzymuje się w reakcji polimeryzacji **pochodnej węglowodoru**, w której cząsteczce występuje atom chloru.

Co to są pochodne węglowodorów?

Pochodne węglowodorów to związki chemiczne, które oprócz grupy węglowodorowej zawierają w swoich cząsteczkach **grupę funkcyjną**, czyli atom lub grupę atomów nadające związkowi organicznemu charakterystyczne właściwości. Grupa węglowodorowa (oznaczana we wzorach ogólnych symbolem **—R**) może być alkilowa albo arylowa, czyli aromatyczna.

Przykłady **grup alkilowych**:

$CH_3—$
metyl

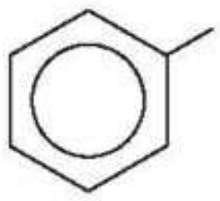
$CH_3CH_2—$
etyl

$CH_3CH_2CH_2—$
propyl

Pochodne węglowodorów, w których cząsteczkach znajduje się grupa funkcyjna jednego rodzaju, to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**. Z kolei te, w których cząsteczkach występują różne rodzaje grup funkcyjnych, np. hydroksylowa i karboksylowa, nazywamy wielofunkcyjnymi pochodnymi węglowodorów (patrz *Hydroksykwasy*, s. 242).

Przykład **grupy arylowej**:

$C_6H_5—$



fenyl

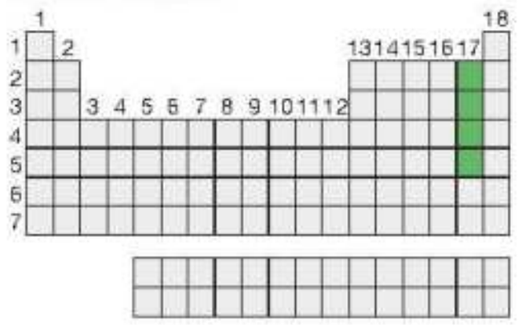
Co to są fluorowcopochodne węglowodorów?

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

Jak są zbudowane fluorowcopochodne węglowodorów?

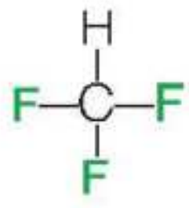
Cząsteczki fluorowcopochodnych węglowodorów składają się z grupy węglowodorowej (alkilowej lub arylowej) połączonej z grupą funkcyjną, którą tworzy atom fluorowca, np. **fluoru**, **chloru**, **bromu** lub **jodu**. W takim przypadku mówimy o monofluorowcopochodnych. Jeżeli więcej niż jeden atom wodoru, np. **dwa**, **trzy** albo **cztery**, został zastąpiony przez atomy fluorowców, powstają odpowiednio **di-**, **tri-** lub **tetra**fluorowcopochodne:

Fluorowce

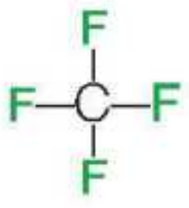




difluorometan



trifluorometan

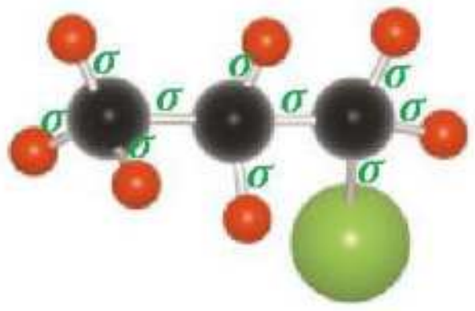


tetrafluorometan

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



Model cząsteczki 1-chloropropanu
wiązania we fluorowcopochodnych węglowodorów



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

Jak zapisać wzór ogólny monofluorowcopochodnych węglowodorów?

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

R–X

gdzie:
–R grupa alkilowa lub grupa arylowa,
–X atom fluorowca (F, Cl, Br, I), czyli grupa funkcyjna.

Jak się tworzy nazwy fluorowcopochodnych węglowodorów?

Nazwy monofluorowcopochodnych węglowodorów tworzy się, **łącząc nazwę fluorowca z nazwą odpowiedniego węglowodoru** przy użyciu łącznika „-o-", np.:

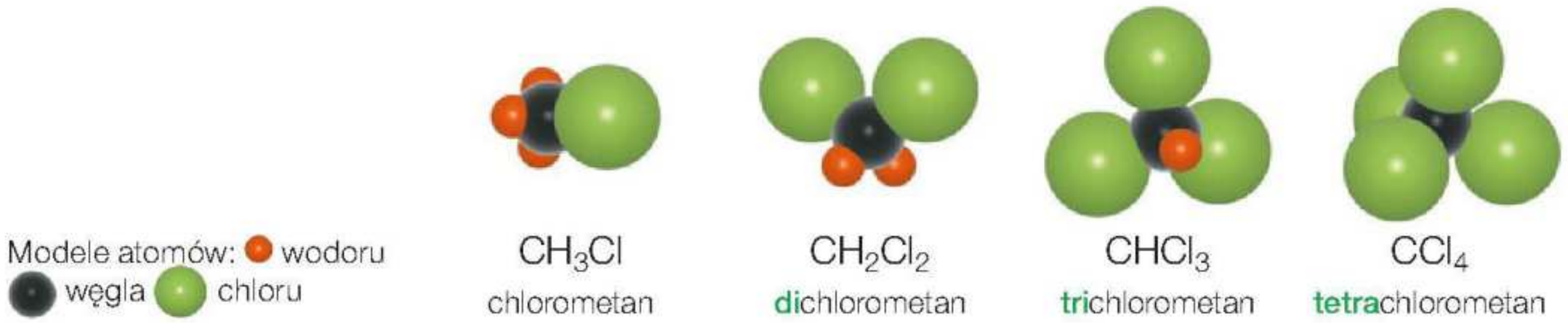
węglowodór	pochodne węglowodoru		
CH_4	CH_3Cl	CH_3Br	CH_3I
metan	chlorometan	bromometan	jodometan

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

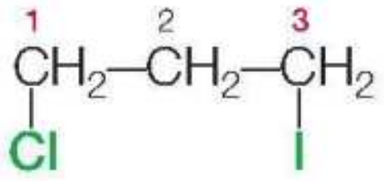
W przypadku fluorowcopochodnych węglowodorów o większej liczbie atomów węgla w cząsteczce stosuje się następujące zasady dotyczące nazewnictwa.

1. **Na początku nazwy** umieszcza się **lokant** atomu węgla (zgodnie z regułami dla cząsteczek węglowodorów), do którego jest przyłączony atom fluorowca, a następnie dodaje **nazwę pierwiastka chemicznego** tworzącego grupę funkcyjną:

2. **Jeśli podstawniki są takie same**, tzn. taka sama grupa funkcyjna występuje kilka razy w cząsteczkach pochodnych węglowodorów, to w nazwie związku chemicznego podaje się **przedrostek** określający liczbę identycznych podstawników: „**di**-" (dwa), „**tri**-" (trzy), „**tetra**-" (cztery) itd. Cząsteczki chloropochodnych metanu mogą zawierać od jednego do czterech atomów fluorowca:



3. **Jeśli podstawniki są różne**, to w nazwie zostają wymienione alfabetycznie:



Chemia w akcji

Pochodne metanu i etanu zawierające atomy fluoru oraz chloru to **freony** (rys. 7.). Freon określany symbolem R-12 (**dichlorodifluorometan** CCl_2F_2) był stosowany jako popularny środek chłodniczy, np. w lodówkach, oraz jako gaz nośny w aerozolach takich jak lakiery do włosów, perfumy itp.



Rys. 7. Szkodliwe dla warstwy ozonowej freony, powszechnie używane jako substancje chłodzące w lodówkach, zastąpiono innymi środkami chemicznymi, m.in. izobutanem.

Jak się otrzymuje fluorowcopochodne węglowodorów?

Fluorowcopochodne węglowodorów można uzyskać w wyniku:

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

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{światło}} CH_3Cl + HCl$$

metan chlor chlorometan chlorowodór — reakcja **substytucji**

$$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5Br + HBr$$

benzen brom bromobenzen bromowodór

- **reakcji addycji** (przyłączenia) atomów fluorowców albo cząsteczek fluorowcowodoru do cząsteczek węglowodorów nienasyconych (patrz *Węglowodory nienasycone – alkeny*, s. 39; *Węglowodory nienasycone – alkiny*, s. 55), np.:

$$CH{\equiv}CH + Cl{-}Cl \longrightarrow CH{=}CH \quad (Cl, Cl)$$

etyn chlor 1,2-dichloroeten — reakcja **addycji**

$$CH{\equiv}CH + H{-}Br \longrightarrow CH{=}CH \quad (H, Br)$$

etyn bromowodór bromoeten

Jakie właściwości mają fluorowcopochodne węglowodorów?

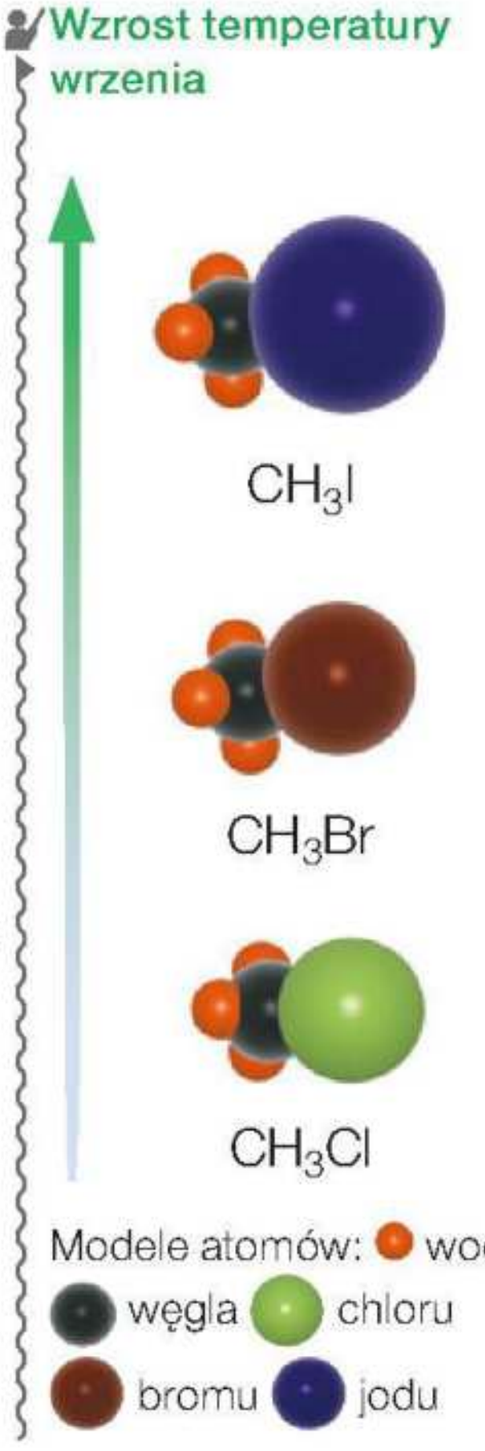
Tylko niektóre fluorowcopochodne węglowodorów występują w temperaturze pokojowej w postaci **gazów**, są to np. chlorometan CH_3Cl i chloroetan CH_3CH_2Cl. **Większość** z tych związków chemicznych to **ciecze nierozpuszczalne w wodzie**. Wraz ze zwiększeniem liczby atomów fluorowca w cząsteczce fluorowcopochodnej zmniejsza się jej **palność**.

Wszystkie fluorowcopochodne węglowodorów **są dobrymi rozpuszczalnikami**, np. tłuszczów.

Jakim reakcjom ulegają fluorowcopochodne węglowodorów?

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

- **eliminacja** – w jej wyniku powstają m.in. produkty o wiązaniach wielokrotnych: podwójnych lub potrójnych,
- **substytucja** – w jej wyniku w zależności od reagenta otrzymuje się różne pochodne węglowodorów, np. alkohole albo alkany,
- **polimeryzacja** – jest możliwa, jeżeli cząsteczki fluorowcopochodnych zawierają wiązania wielokrotne.



Fakty czy mity



Mieszanie środków dezynfekcyjnych może być niebezpieczne dla zdrowia – FAKT

Środki dezynfekcyjne odgrywają ważną rolę w utrzymaniu czystości (fot. 43.), ale używanie jednocześnie różnych preparatów wcale nie musi oznaczać zwiększenia siły ich działania, a dodatkowo może prowadzić do otrzymania substancji niebezpiecznych dla zdrowia. W wyniku zmieszania wybielacza (którego głównym składnikiem jest chloran(I) sodu) ze środkiem do dezynfekcji rąk (zawierającym etanol) powstaje m.in. trichlorometan, czyli **chloroform, który może spowodować utratę przytomności**:

$$12\,NaClO + 3\,CH_3CH_2OH \longrightarrow 4\,\mathbf{CHCl_3} + 10\,NaOH + H_2O + 2\,HCOONa$$

chloran(I) sodu — etanol — trichlorometan (chloroform) — wodorotlenek sodu — woda — mrówczan sodu

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

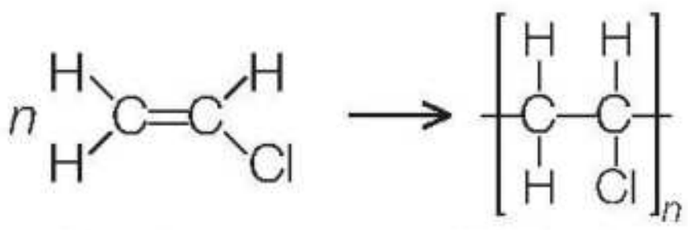
Fot. 43. Środki dezynfekcyjne zawsze należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i przy zachowaniu środków ostrożności zalecanych na opakowaniu.



Chlorek winylu CH_2CHCl jest związkiem rakotwórczym!

Jakie produkty powstają w reakcji polimeryzacji fluorowcopochodnych węglowodorów?

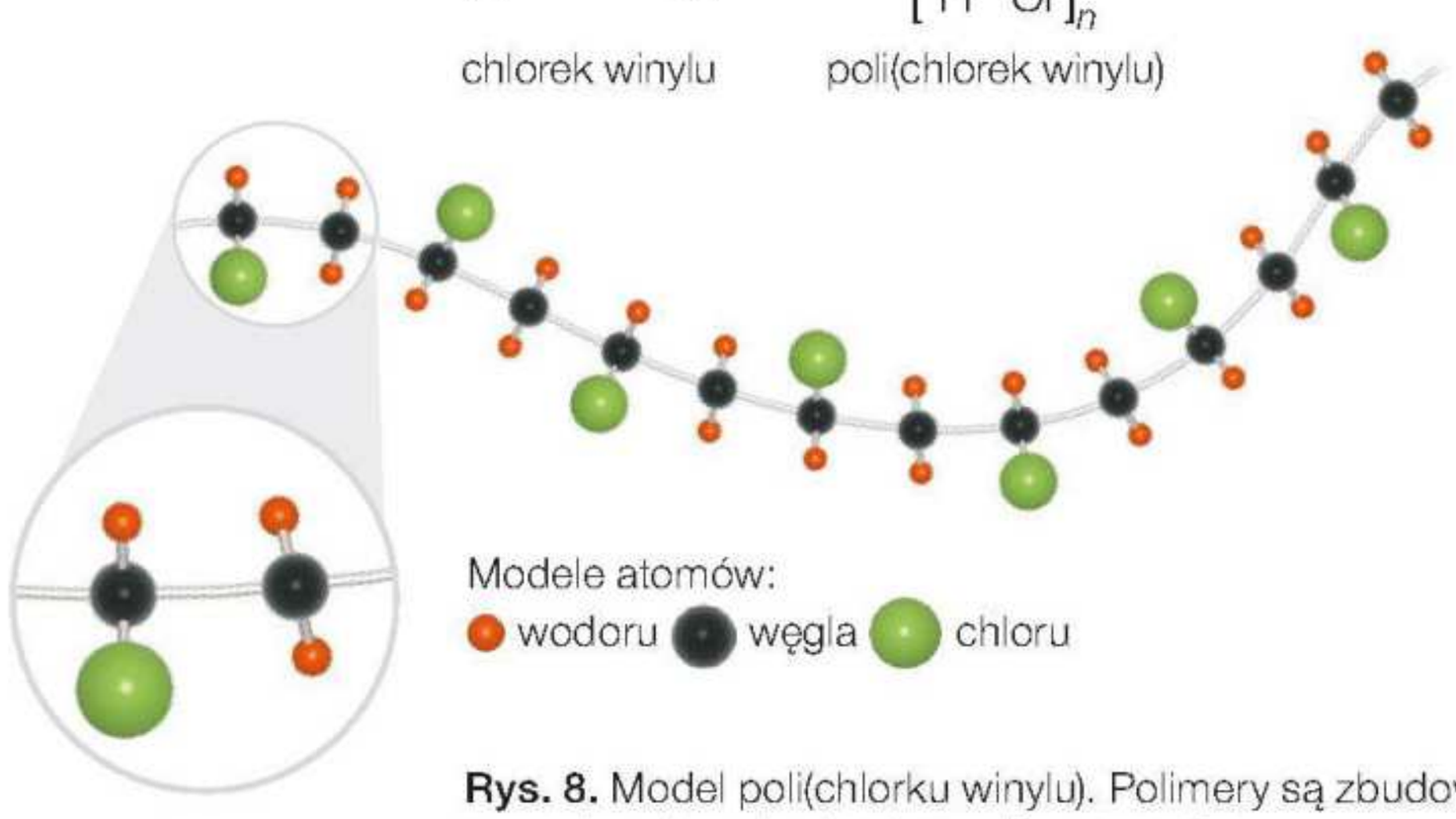
Największe znaczenie w przemyśle mają produkty polimeryzacji tetrafluoroetenu (fot. 44.) oraz chloroetenu CH_2CHCl, o nazwie zwyczajowej chlorek winylu. Produktem polimeryzacji chlorku winylu jest polimer syntetyczny poli(chlorek winylu) (rys. 8.), o powszechnie znanym skrócie PVC:



chlorek winylu — poli(chlorek winylu)



Fot. 44. Produktem polimeryzacji tetrafluoroetenu jest Teflon®. Dzięki temu, że w jego cząsteczkach są atomy fluoru, jest niepalny. Można go stosować w temperaturze do 250°C.



Rys. 8. Model poli(chlorku winylu). Polimery są zbudowane z powtarzających się elementów – merów.

Co to są polimery syntetyczne?

Polimery syntetyczne, np. poli(chlorek winylu), polietylen, polipropylen, to **polimery niewystępujące naturalnie w środowisku, otrzymane ze związków chemicznych o małych masach cząsteczkowych**. Polimery, czyli związki wielkocząsteczkowe, są głównymi składnikami tworzyw sztucznych.

Czym są tworzywa sztuczne?

Tworzywa sztuczne, nazywane potocznie plastikami (gr. *plastikos* – giętki), to materiały, w których skład wchodzą przede wszystkim **polimery oraz dodatkowe substancje zmieniające ich właściwości fizyczne**, np.:

- **barwniki** (pigmenty) – nadają tworzywu określoną barwę,
- **zmiękczacze** (plastyfikatory) – zmiękczają tworzywo oraz zwiększają jego ciągliwość,
- **wypełniacze** – nadają tworzywu nowe właściwości (np. niepalność); są stosowane najczęściej w postaci proszków (np. sadza dodawana do gumy, kreda – do farb).

Jakie właściwości ma poli(chlorek winylu)?

Poli(chlorek winylu) **jest odporny na działanie kwasów i tłuszczów**, a nieodporny na działanie zasad oraz rozpuszczalników organicznych. Dzięki obecności atomów chloru **jest niepalny**. Mięknie w temperaturze 130–150°C.

Poli(chlorek winylu) zalicza się do tzw. **termoplastów**, czyli materiałów, które w podwyższonej temperaturze miękną i topią się, a po ochłodzeniu twardnieją. Tworzywa sztuczne, które raz ukształtowane nie mogą być ponownie topione i formowane, to **duroplasty**.

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

Fakty czy mity

Polimery nie występują naturalnie, są otrzymywane wyłącznie w wyniku reakcji polimeryzacji – MIT

Polimerem naturalnym jest np. nić pajęcza (fot. 45.). Jest ona elastyczna, kilkadziesiąt razy cieńsza od ludzkiego włosa i ma wytrzymałość większą od stali. Tę ostatnią cechę nić pajęcza zawdzięcza szczególnym warunkom, w jakich tworzą się łańcuchy białkowe, z których jest zbudowana.



Fot. 45. Nić pajęcza może zwiększyć swoją długość o mniej więcej 40% bez rozerwania się.

Krok po kroku

Formowanie tworzyw sztucznych metodą wtryskiwania

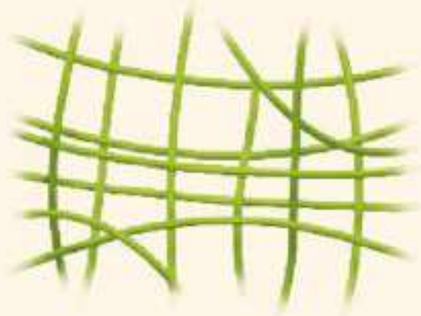
To bardzo prosta metoda przetwarzania tworzyw sztucznych wykorzystująca to, że pod wpływem ogrzewania stają się one plastyczne. Wielokrotnie można przetwarzać **termoplasty** – tworzywa sztuczne, które w podwyższonej temperaturze miękną i topią się (chociaż każdy kolejny cykl ogrzewania i chłodzenia pogarsza ich właściwości). Tworzywa sztuczne, które raz ukształtowane nie mogą być ponownie topione, to **duroplasty**. Pod wpływem wysokiej temperatury ulegają one rozkładowi.



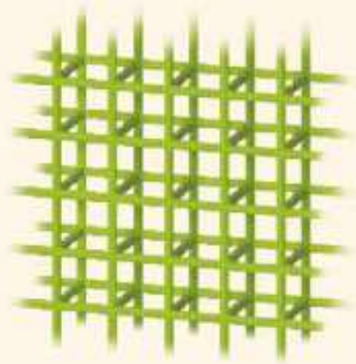
1. Do dozownika wtryskarki wkłada się tworzywo sztuczne w postaci granulatu. W niektórych urządzeniach umieszcza się tutaj także barwnik.
2. Tłok przepycha granulat do ogrzewanej komory.
3. Ogrzany granulat mięknie i kiedy staje się plastyczny, tłok wciska go do formy.
4. Produkt zastyga w formie.

Z czego wynikają różnice we właściwościach termoplastów i duroplastów?

Różnice we właściwościach termoplastów i duroplastów są skutkiem ich odmiennej budowy wewnętrznej.



model struktury termoplastów – łańcuchy polimeru **nie są ze sobą połączone**, co umożliwia ich wielokrotne przetwarzanie



model struktury duroplastów – łańcuchy polimeru **są ze sobą połączone**, co uniemożliwia wielokrotne ich przetwarzanie z wykorzystaniem wysokiej temperatury

Termoplasty	polietylen (**PE**), polipropylen (**PP**), polistyren (**PS**), poli(chlorek winylu) (**PVC**), poli(tereftalan etylenu) (**PET**), poli(metakrylan metylu) (**PMMA**), politetrafluoroetylen (**PTFE**), poliwęglany (**PC**), poliamidy (**PA**)
Duroplasty	poliuretany (**PU**) oraz pianki poliuretanowe (**PUR**), silikony, poliestry nienasycone (tzw. żywice poliestrowe)

Zastosowania

Fluorowcopochodne węglowodorów

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



Przemysł chemiczny

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

Przemysł spożywczy

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



Przemysł rolniczy

1,4-dichlorobenzen to składnik **preparatów chroniących uprawy** przed pleśnią oraz szkodnikami.

Medycyna

Chloroetan ze względu na swoją temperaturę wrzenia (12,3°C) jest stosowany jako łagodny środek znieczulający miejscowo, ponieważ przy tej temperaturze nie ma dużego ryzyka odmrożeń. Natomiast tribromometan jest wykorzystywany w **leczeniu astmy – wstrzyknięcie go łagodzi nagły atak**.





Chemia w akcji

Teflon® – polimer PTFE – stosuje się do produkcji m.in. elementów konstrukcyjnych. W ciągu dnia teflonowa powłoka chroni wnętrze budynku (fot. 46.) przed promieniowaniem słonecznym, a w nocy służy jako ekran do projekcji barwnego pokazu świateł.

Fot. 46. Elewacja hotelu Burj Al Arab w Dubaju została wykonana z włókna szklanego pokrytego teflonem.

Zapamiętaj!

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów – związki chemiczne, których cząsteczki są zbudowane z grupy węglowodorowej i grupy funkcyjnej jednego rodzaju.

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

Fluorowcopochodne węglowodorów – związki chemiczne, których cząsteczki są zbudowane z grupy węglowodorowej i grupy funkcyjnej (atomu lub atomów fluoru, chloru, bromu albo jodu).

Tworzywa sztuczne – materiały, których głównymi składnikami są polimery.

Termoplasty – materiały, które w podwyższonej temperaturze miękną i topią się, a po ochłodzeniu twardnieją. Można je przetwarzać wielokrotnie.

Duroplasty – tworzywa sztuczne, które raz ukształtowane nie mogą być ponownie formowane.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

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

a) $NaCl$
b) $CH_2{=}CH{-}Cl$
c) CCl_2F_2
d) $CaBr_2$
e) KI
f) CCl_2Br_2
g) $CH_2(Br){-}CH_2(Br)$

2. Napisz nazwy i wzory półstrukturalne fluorowcopochodnych węglowodorów przedstawionych za pomocą modeli.

a) b) c)



Modele atomów: wodoru, węgla, chloru

3. Freony, stosowane dawniej m.in. w lodówkach jako czynniki chłodzące, oznacza się kodem złożonym z litery R (ang. *refrigerant* – chłodziwo) oraz odpowiedniej liczby. **Napisz nazwy i wzory strukturalne pochodnych węglowodorów o podanych oznaczeniach.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

a) R-12 b) R-21 c) R-123 d) R-134a

4. Epibatydyna jest organicznym związkiem chemicznym zawierającym w cząsteczce m.in. atom chloru. Dawniej była wykorzystywana przez Indian do zatruwania strzał, a pozyskiwano ją z toksycznej wydzieliny żaby o nazwie drzewołaz trójbarwny. Substancja ta ma znacznie silniejsze działanie przeciwbólowe niż morfina.

Stosunek masowy pierwiastków w opisanym związku chemicznym wynosi mC : mH : mCl : mN = = 132 : 13 : 35 : 28. **Ustal wzór empiryczny epibatydyny, który jest taki sam jak wzór rzeczywisty, i oblicz jej masę cząsteczkową.**



8. Alkohole monohydroksylowe

Większość stosowanych obecnie preparatów do dezynfekcji (fot. 47.) zawiera alkohol. Najczęściej jest to etanol lub propan-2-ol (izopropanol).



Fot. 47. Stężenie roztworu alkoholu używanego do dezynfekcji musi wynosić 60–80%.

Co to są alkohole?

Alkohole to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę hydroksylową** o wzorze sumarycznym **—OH**. Grupa hydroksylowa jest **grupą funkcyjną**.

Jak są zbudowane alkohole?

Cząsteczki alkoholi składają się z **grupy hydroksylowej** połączonej z **grupą węglowodorową**.

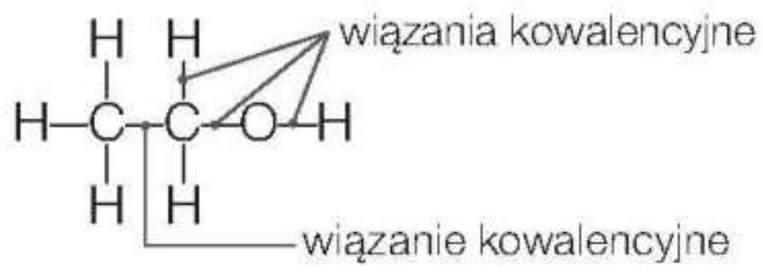
Wzór ogólny alkoholi monohydroksylowych ma postać:

$$R{-}OH$$

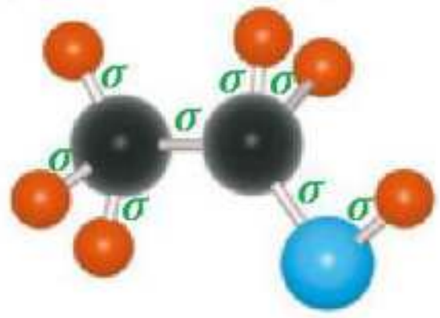
gdzie:
—R grupa alkilowa (alkil),
—OH grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Jeśli grupa hydroksylowa łączy się z atomem węgla należącym do pierścienia aromatycznego, to mamy do czynienia ze związkami chemicznymi o nazwie fenole (patrz *Fenole*, s. 131).

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



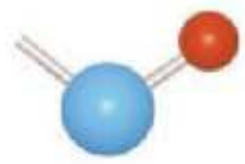
Wiązania pojedyncze w cząsteczkach alkoholi monohydroksylowych są wiązaniami typu σ [czyt. sigma]:



model cząsteczki etanolu

Każdy atom węgla tworzy cztery wiązania (jest czterowartościowy), a każdy atom wodoru – jedno (jest jednowartościowy). Atom tlenu w grupie hydroksylowej tworzy dwa wiązania: jedno z atomem węgla, a drugie – z atomem wodoru (jest dwuwartościowy).

Model grupy hydroksylowej

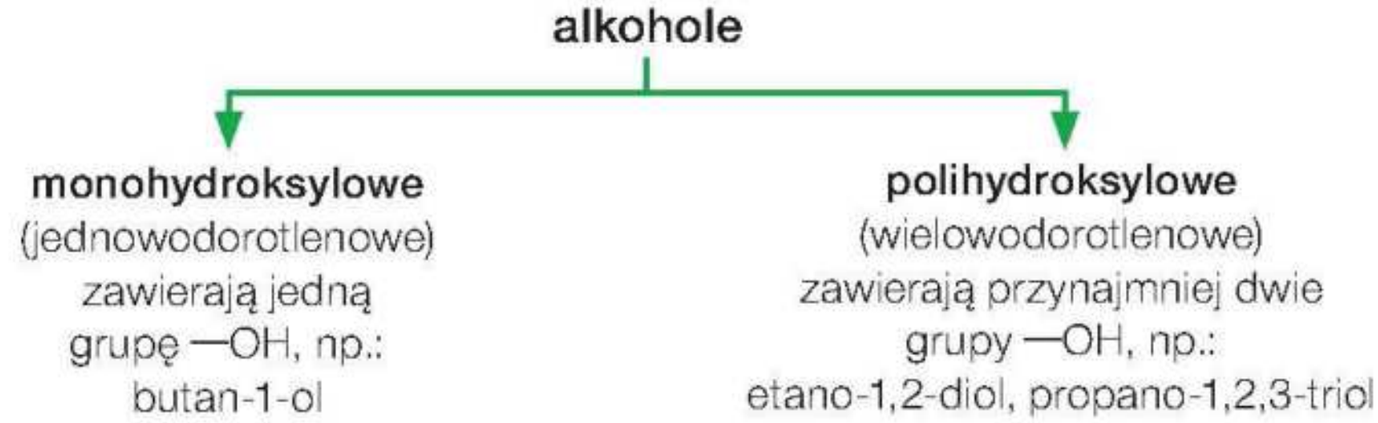


Modele atomów: wodoru węgla tlenu

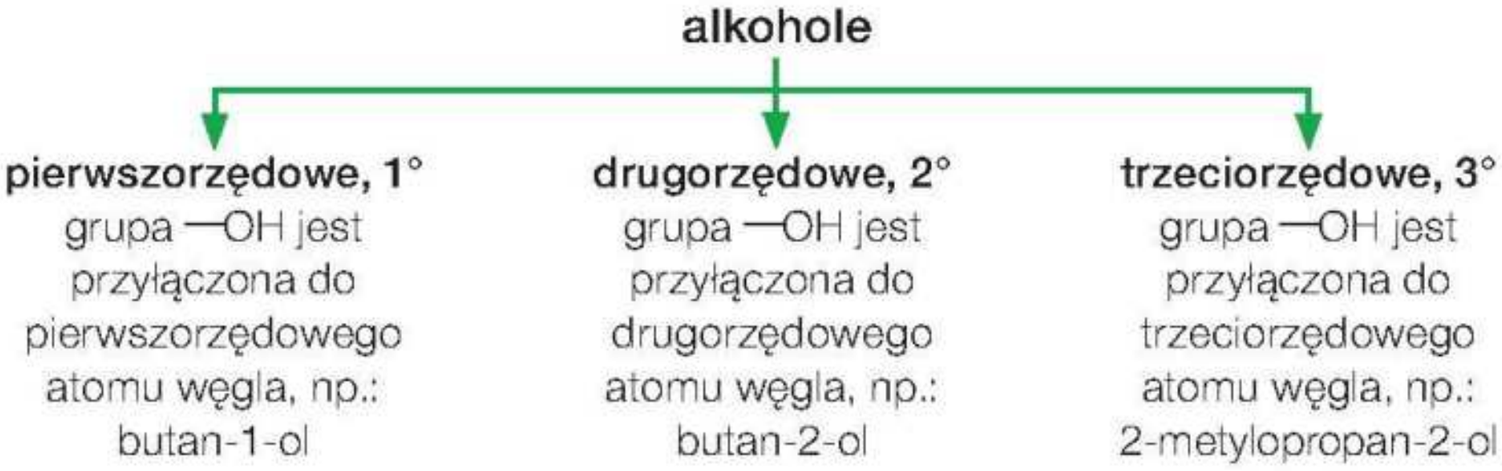
Jak można podzielić alkohole?

Alkohole można podzielić ze względu na:

- **liczbę grup hydroksylowych** w cząsteczce:



- **rzędowość atomu węgla** (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 37), do którego jest przyłączona grupa hydroksylowa:

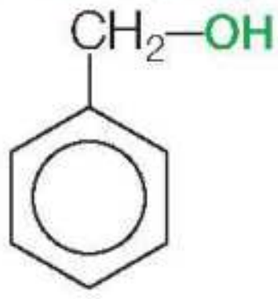


! **Nie ma alkoholi czwartorzędowych**, ponieważ atom węgla tworzy tylko cztery wiązania (a żeby powstał alkohol czwartorzędowy, węgiel musiałby utworzyć ich aż pięć).

Przedstawione przykłady alkoholi 1°, 2° i 3° to **izomery konstytucyjne** (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 31). Różnią się położeniem grupy funkcyjnej (hydroksylowej) lub sposobem połączenia atomów węgla w łańcuchu węglowym.

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

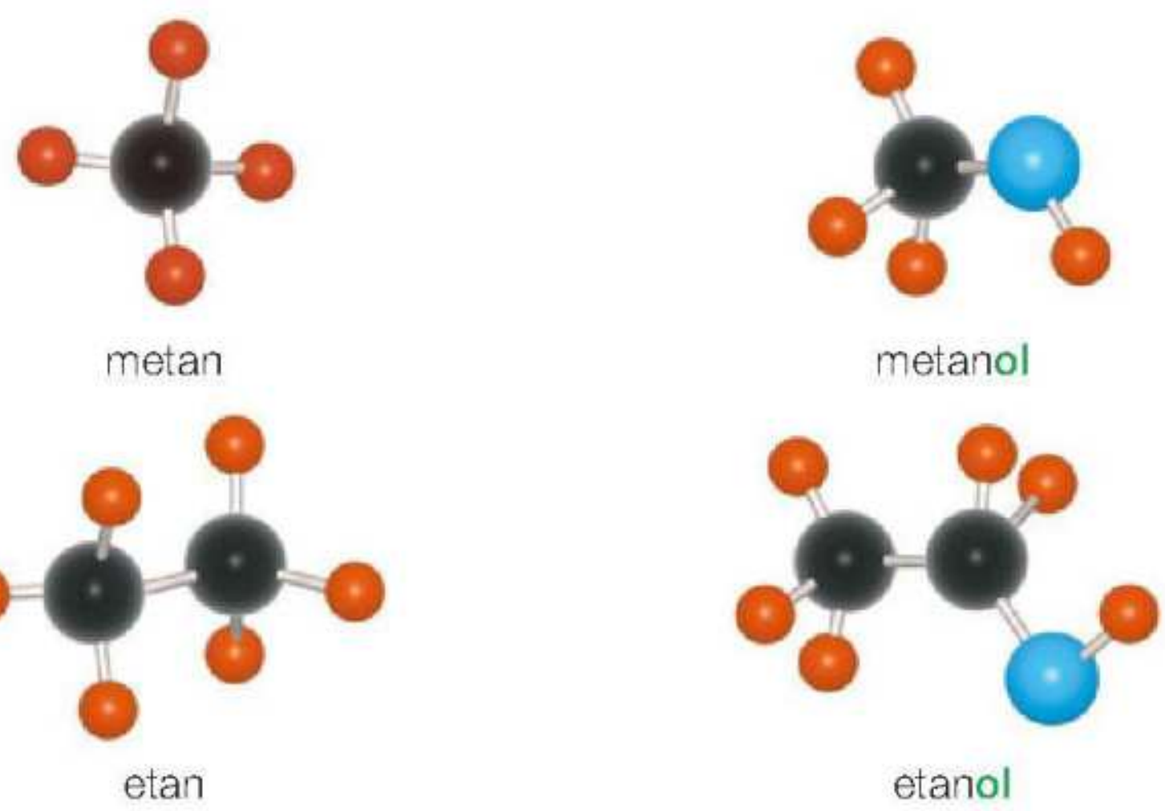
Alkohol aromatyczny



fenylometanol
(alkohol benzylowy)

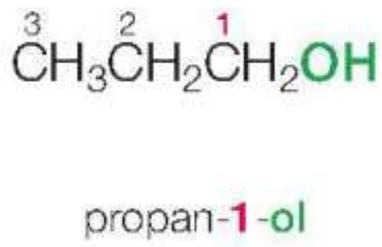
Jak tworzy się nazwy alkoholi monohydroksylowych?

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

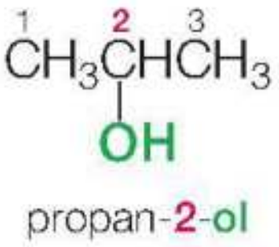


Modele atomów: wodoru węgla tlenu

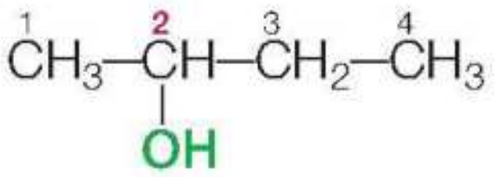
Tak powstają nazwy dwóch pierwszych związków chemicznych w szeregu homologicznym alkoholi, ale już w przypadku alkoholu zawierającego w cząsteczce trzy atomy węgla należy określić za pomocą **lokanta** położenie grupy hydroksylowej. Lokant podaje się w nazwie przed końcówką „-**ol**" i oddziela od niej oraz od początkowej części nazwy kreskami, np.:



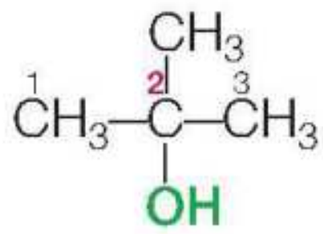
propan-**1**-**ol**



propan-**2**-**ol**



butan-**2**-**ol**



2-metylopropan-**2**-**ol**

Nazwy zwyczajowe (tabela 11.) alkoholi monohydroksylowych składają się z dwóch wyrazów. Pierwszym z nich jest „alkohol". Drugi z tych wyrazów tworzy się, dodając końcówkę „-**owy**" do nazwy grupy alkilowej, do której jest przyłączona grupa funkcyjna.

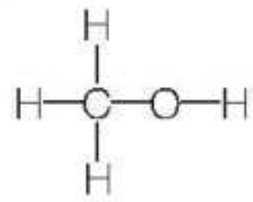
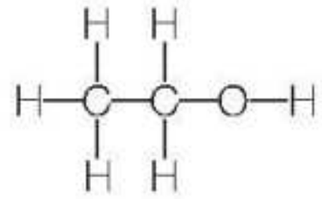
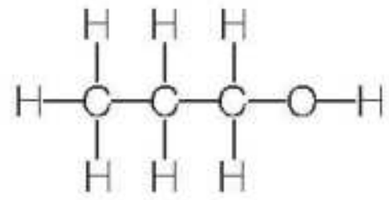
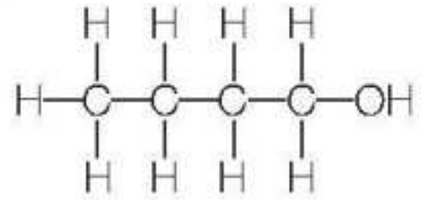
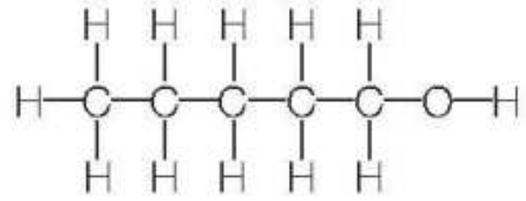
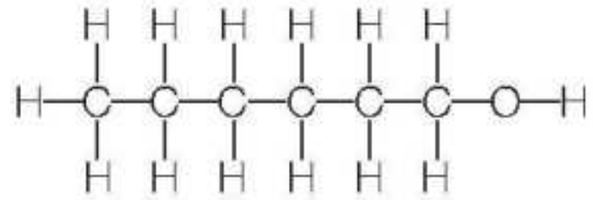
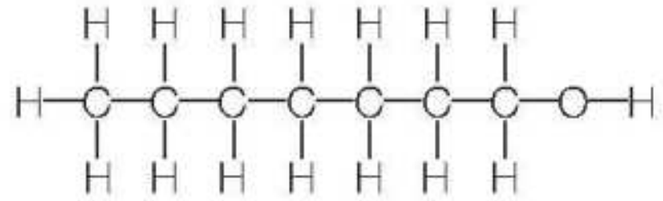
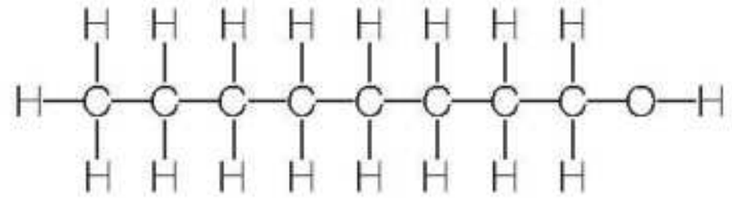
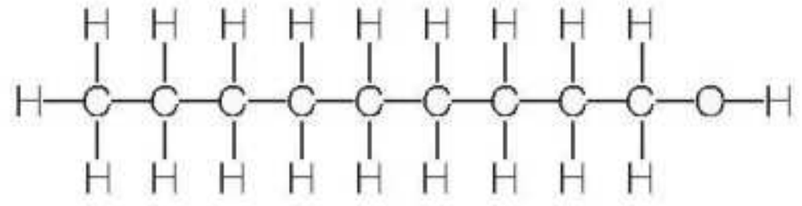
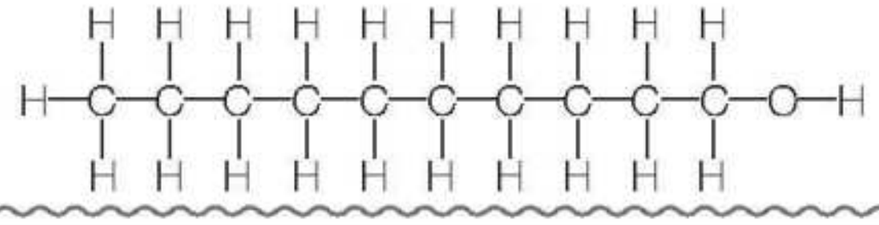
Tabela 11. Nazwy systematyczne i zwyczajowe wybranych alkoholi

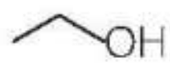
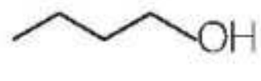
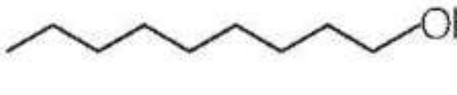
Wzór alkoholu	Nazwa systematyczna alkoholu	Wzór i nazwa grupy alkilowej	Nazwa zwyczajowa alkoholu
CH_3OH	metanol	CH_3— metyl	alkohol metylowy
CH_3CH_2OH	etanol	CH_3CH_2— etyl	alkohol etylowy
$CH_3CH_2CH_2OH$	propan-1-ol	$CH_3CH_2CH_2$— propyl	alkohol propylowy
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	butan-1-ol	$CH_3CH_2CH_2CH_2$— butyl	alkohol butylowy

Jak są uporządkowane nasycone nierozgałęzione alkohole monohydroksylowe w szeregu homologicznym?

W szeregu homologicznym nierozgałęzione alkohole monohydroksylowe są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 12., s. 108). Pierwszy w szeregu homologicznym alkoholi monohydroksylowych jest metanol. Każdy kolejny związek chemiczny w tym szeregu ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru (jedną grupę $-CH_2-$) więcej niż poprzedni.

Tabela 12. Szereg homologiczny nasyconych nierozgałęzionych alkoholi monohydroksylowych (do 10 atomów węgla w cząsteczce)

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa	Wzór	
		sumaryczny	strukturalny
1	metanol (alkohol metylowy)	CH_4O	
2	etanol (alkohol etylowy)	C_2H_6O	
3	propan-1-ol (alkohol propylowy)	C_3H_8O	
4	butan-1-ol (alkohol butylowy)	$C_4H_{10}O$	
5	pentan-1-ol (alkohol pentylowy)	$C_5H_{12}O$	
6	heksan-1-ol (alkohol heksylowy)	$C_6H_{14}O$	
7	heptan-1-ol (alkohol heptylowy)	$C_7H_{16}O$	
8	oktan-1-ol (alkohol oktylowy)	$C_8H_{18}O$	
9	nonan-1-ol (alkohol nonylowy)	$C_9H_{20}O$	
10	dekan-1-ol (alkohol decylowy)	$C_{10}H_{22}O$	

półstrukturalny	grupowy	szkieletowy (kreskowy)
$CH_3—OH$	CH_3OH	
$CH_3—CH_2—OH$	CH_3CH_2OH	
$CH_3—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3CH_2CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_4CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_5CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_6CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_7CH_2OH$	
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	$CH_3(CH_2)_8CH_2OH$	

Jak zapisać wzór ogólny nasyconych alkoholi monohydroksylowych?

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego alkoholi monohydroksylowych (tabela 12., s. 108) można wyprowadzić wzór ogólny tych jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów:

$$C_nH_{2n+1}OH$$

gdzie:

n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkoholu monohydroksylowego; $n \geqslant 1$,

—OH grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Plan rozwiązywania

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

Przykład 13.

W jaki sposób ustalić wzory nasyconego alkoholu monohydroksylowego na podstawie jego nazwy?

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

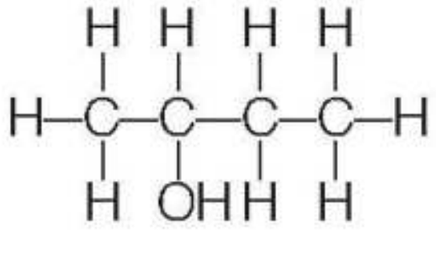
1. $C_nH_{2n+1}OH$

2. Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce alkoholu monohydroksylowego.
$n = 4$

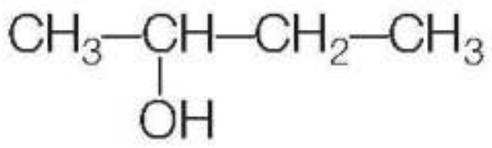
3. $C_4H_{(2 \cdot 4) + 1}OH$
C_4H_9OH

4. Wzór sumaryczny: $C_4H_{10}O$

5. W cząsteczce alkoholu monohydroksylowego występuje jedna grupa hydroksylowa. Jej położenie określa lokant w nazwie związku chemicznego.
Wzór strukturalny:



Wzór półstrukturalny:



Wzór grupowy:

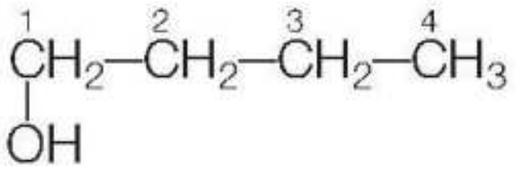
$CH_3CH(OH)CH_2CH_3$

Czy alkohole monohydroksylowe tworzą izomery?

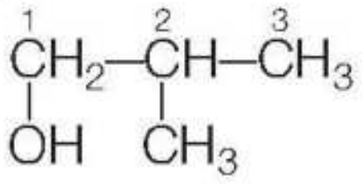


Alkohole monohydroksylowe tworzą m.in. **izomery szkieletowe** oraz **izomery położenia grupy funkcyjnej**.

Pierwszym alkoholem, który tworzy **izomery szkieletowe**, jest alkohol o wzorze sumarycznym $C_4H_{10}O$:

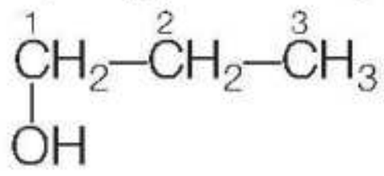


butan-1-ol

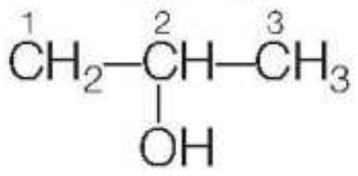


2-metylopropan-1-ol

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



propan-1-ol



propan-2-ol

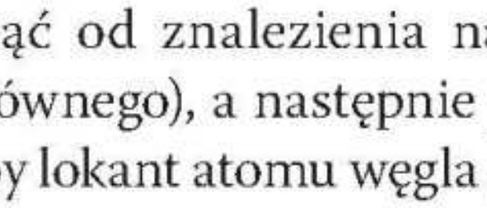
Jak się tworzy nazwy alkoholi monohydroksylowych o rozgałęzionych łańcuchach węglowych?

Nazwy alkoholi monohydroksylowych o rozgałęzionych łańcuchach węglowych tworzy się podobnie jak nazwy alkanów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 34). Należy rozpocząć od znalezienia najdłuższego łańcucha węglowego (łańcucha głównego), a następnie ponumerować atomy węgla w cząsteczce tak, aby lokant atomu węgla połączonego z grupą hydroksylową był jak najmniejszy. Grupa hydroksylowa jest nadrzędna wobec innych podstawników węglowodorowych, które również uwzględnia się w nazwie.

Przykład 14.

Jak ustalić nazwę alkoholu monohydroksylowego na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

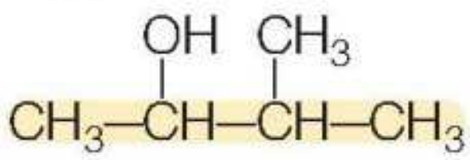
Podaj nazwę systematyczną alkoholu monohydroksylowego o wzorze półstrukturalnym:



Plan rozwiązywania

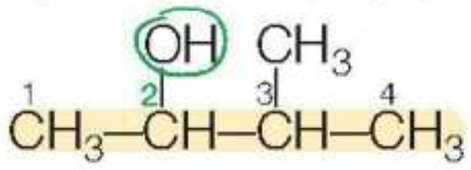
1. Znajdź i zaznacz najdłuższy łańcuch węglowy.
2. Ponumeruj atomy węgla w najdłuższym łańcuchu węglowym.
3. Zaznacz podstawniki i ustal ich nazwy.
4. Napisz odpowiedź.

1 Najdłuższy łańcuch węglowy składa się z czterech atomów węgla.

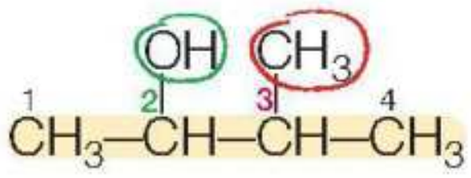


patrz s. 112

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



3 W cząsteczce alkoholu monohydroksylowego występuje jeden podstawnik metylowy.



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

Jak zmieniają się właściwości fizyczne alkoholi monohydroksylowych w szeregu homologicznym?

Wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla w cząsteczkach nierozgałęzionych alkoholi monohydroksylowych **wzrastają ich temperatury topnienia i wrzenia** (tabela 13.) oraz zmienia się ich stan skupienia (rys. 9.). **Im wyższa jest temperatura wrzenia nierozgałęzionego alkoholu monohydroksylowego, tym ma on mniejszą lotność**, czyli trudniej zmienia stan skupienia na gazowy.

W temperaturze pokojowej pierwszych 11 alkoholi monohydroksylowych w szeregu homologicznym to **ciecze**, natomiast począwszy od dodekan-1-olu – **substancje stałe**. Alkohole mają wyższe wartości temperatur topnienia i wrzenia (tabela 13.) niż alkany o zbliżonej masie cząsteczkowej (patrz tabela 2., s. 25).



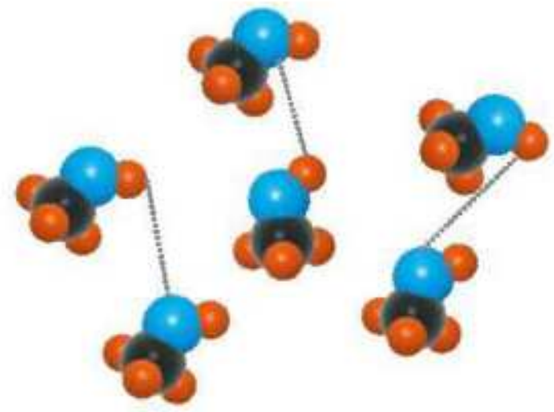
Rys. 9. Zależność między stanem skupienia alkoholi monohydroksylowych a liczbą atomów węgla w ich cząsteczkach.

Tabela 13. Temperatury topnienia i wrzenia wybranych alkoholi monohydroksylowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór alkoholu	Masa cząsteczkowa, u	Temperatura		Stan skupienia
			topnienia, °C	wrzenia, °C	
1	metanol CH_3OH	32	–98	65	ciecz
2	etanol CH_3CH_2OH	46	–114	78	ciecz
3	propan-1-ol $CH_3CH_2CH_2OH$	60	–126	98	ciecz
4	butan-1-ol $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	74	–89	118	ciecz
10	dekan-1-ol $CH_3(CH_2)_8CH_2OH$	158	7	231	ciecz
11	undekan-1-ol $CH_3(CH_2)_9CH_2OH$	172	11	146	ciecz
12	dodekan-1-ol $CH_3(CH_2)_{10}CH_2OH$	186	24	259	substancja stała
18	oktadekan-1-ol $CH_3(CH_2)_{16}CH_2OH$	270	58	336	substancja stała

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Wyższe wartości temperatur topnienia i wrzenia alkoholi monohydroksylowych wynikają z występowania **wiązań wodorowych** między cząsteczkami tych związków chemicznych. Atom wodoru grupy hydroksylowej jednej cząsteczki oddziałuje z atomem tlenu grupy hydroksylowej drugiej cząsteczki (rys. 10.). W ten sposób cząsteczki alkoholi ulegają **asocjacji** – a alkohole są mniej lotne.



Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

Rys. 10. Model wiązania, które powstaje między polarnymi cząsteczkami metanolu. Wiązanie wodorowe oznacza się linią kropkowaną.

Jak kształt łańcucha węglowego wpływa na właściwości alkoholi monohydroksylowych?

Zależność między stopniem rozgałęzienia izomerycznych cząsteczek alkoholi a ich temperaturami wrzenia (tabela 14.) jest podobna jak w przypadku węglowodorów. **Im bardziej rozgałęziona jest cząsteczka izomeru, tym niższa jest jego temperatura wrzenia**, ponieważ im większa jest liczba rozgałęzień w cząsteczce o tej samej liczbie atomów węgla, tym słabiej oddziałuje z innymi cząsteczkami tego alkoholu.

Tabela 14. Temperatury topnienia i wrzenia izomerów alkoholi monohydroksylowych o czterech atomach węgla w cząsteczce (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór alkoholu	Temperatura	
		topnienia, °C	wrzenia, °C
4	butan-1-ol $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	–89	118
4	butan-2-ol $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$	–96	100
4	2-metylopropan-1-ol $CH_3CH(CH_3)CH_2OH$	–108	108
4	2-metylopropan-2-ol $CH_3C(OH)(CH_3)CH_3$	26	82

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

W jaki sposób można otrzymać alkohole monohydroksylowe?

Najprostszy alkohol – **metanol** – uzyskuje się w wyniku ogrzewania gazu syntezowego (mieszaniny CO i H_2) w obecności katalizatorów:

$$\underset{\text{tlenek węgla(II)}}{CO\uparrow} + \underset{\text{wodór}}{2\,H_2\uparrow} \xrightarrow[\text{kat.}]{T,\,p} \underset{\text{metanol}}{CH_3OH}$$



Metanol jest silną trucizną!

Etanol do celów spożywczych otrzymuje się metodą fermentacji cukru znajdującego się w burakach cukrowych albo ziemniakach.

Zawarta w nich sacharoza lub skrobia przekształca się w glukozę, która ulega fermentacji alkoholowej:

reakcja **fermentacji**

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{drożdże}} 2\,\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + 2\,\underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{CO_2\uparrow}$$

Alkohole otrzymuje się również w reakcjach:

- **addycji** (przyłączenia) cząsteczki wody do cząsteczek alkenów w obecności kwasu siarkowego(VI) lub kwasu fosforowego(V):

reakcja **addycji**

$$\underset{\text{eten}}{CH_2CH_2} + \underset{\text{woda}}{H\text{—}OH} \xrightarrow[\text{kat.}]{T,\,p} \underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH}$$

- **substytucji** (podstawiania) fluorowcopochodnych węglowodorów grupami —OH w środowisku wodnym:

reakcja **substytucji**

$$\underset{\text{chloroetan}}{CH_3CH_2Cl} + \underset{\text{wodorotlenek sodu}}{NaOH} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + \underset{\text{chlorek sodu}}{NaCl}$$

Jak przebiega fermentacja alkoholowa?

Doświadczenie 13. $Ca(OH)_2$

Fermentacja alkoholowa

Odczynniki: glukoza, drożdże spożywcze, woda destylowana, woda wapienna.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: kolba stożkowa o pojemności 500 cm^3, korek z rurką odprowadzającą, zlewka, bagietka.

Instrukcja: Do kolby stożkowej wsyp 100 g glukozy i wlej 200 cm^3 ciepłej wody destylowanej. Zawartość mieszaj bagietką aż do całkowitego rozpuszczenia glukozy. Następnie dodaj 20 g drożdży spożywczych. Zamknij kolbę korkiem, a koniec rurki odprowadzającej umieść w zlewce z wodą wapienną.



Fot. 48. Mętnienie wody wapiennej powoduje tlenek węgla(IV) – produkt uboczny fermentacji alkoholowej.

Obserwacje: Powstają pęcherzyki gazu, który powoduje mętnienie wody wapiennej.

Wniosek: Wydzielający się gaz to tlenek węgla(IV). W mieszaninie drożdży, cukru (glukoza) i wody rozpoczyna się proces fermentacji, której produktem jest m.in. CO_2 (fot. 48.).

Drożdże wytwarzają enzym – zymazę – który katalizuje rozkład cukru na CO_2 i CH_3CH_2OH. Proces fermentacji alkoholowej zachodzi nie tylko podczas wytwarzania napojów alkoholowych, lecz także podczas produkcji kefiru oraz wyrobu ciast drożdżowych.

Drożdże, które wykorzystuje się do wypieków, katalizują rozkład cukrów na CO_2 i CH_3CH_2OH – zachodzi fermentacja alkoholowa. Powstający CO_2 powoduje spulchnienie ciasta (fot. 49.):



Fot. 49. Wydzielający się CO_2 jest odpowiedzialny za porowatą strukturę pieczywa.

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{drożdże}} 2\,\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + 2\,\underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{CO_2\uparrow}$$

Chemia w akcji

Stężenie etanolu w winie zależy od zawartości cukru w owocach, z których jest zrobione. Nie przekracza jednak nigdy 14%, ponieważ powyżej tego stężenia giną drożdże (fot. 50.).



woda wlana do rurki destylacyjnej odcina dopływ tlenu (z powietrza) do wina, dzięki czemu zapewnia beztlenowe warunki fermentacji, a jednocześnie umożliwia wydostanie się z naczynia powstającego CO_2

Fot. 50. Drożdże dodawane do soku wyciśniętego z owoców wytwarzają enzym – zymazę – który katalizuje fermentację.

Jakie właściwości mają alkohole monohydroksylowe?

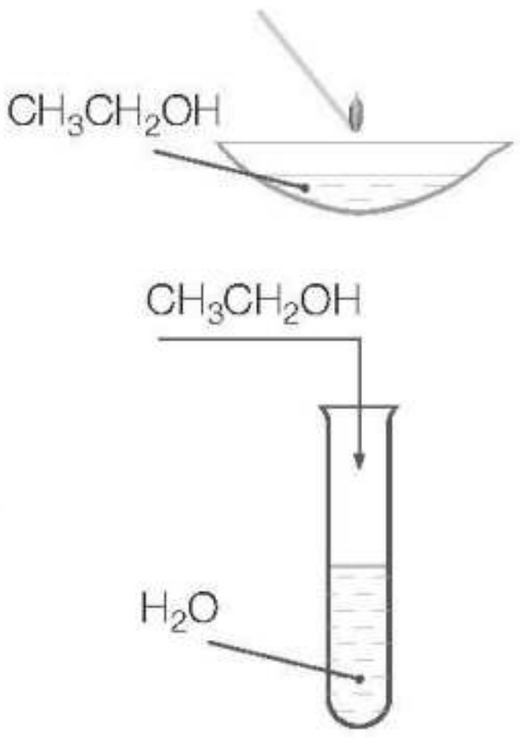
Doświadczenie 14. CH_3CH_2OH

Badanie właściwości etanolu

Odczynniki: etanol, woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica, probówka, korek, pipeta, uniwersalny papierek wskaźnikowy, łuczywo, zapalniczka, mazak.

Instrukcja: Do parownicy wlej niewielką ilość etanolu. Określ jego stan skupienia, barwę oraz zapach. Następnie zbliż do parownicy zapalone łuczywo. Do probówki wypełnionej do $\frac{1}{4}$ wysokości wodą ostrożnie wkraplaj pipetą po ściankach taką samą ilość etanolu (schemat). Mazakiem zaznacz poziom obu cieczy. Następnie zamknij probówkę korkiem i wymieszaj jej zawartość. Ponownie oznacz poziom cieczy. Zbadaj odczyn roztworu uniwersalnym papierkiem wskaźnikowym.



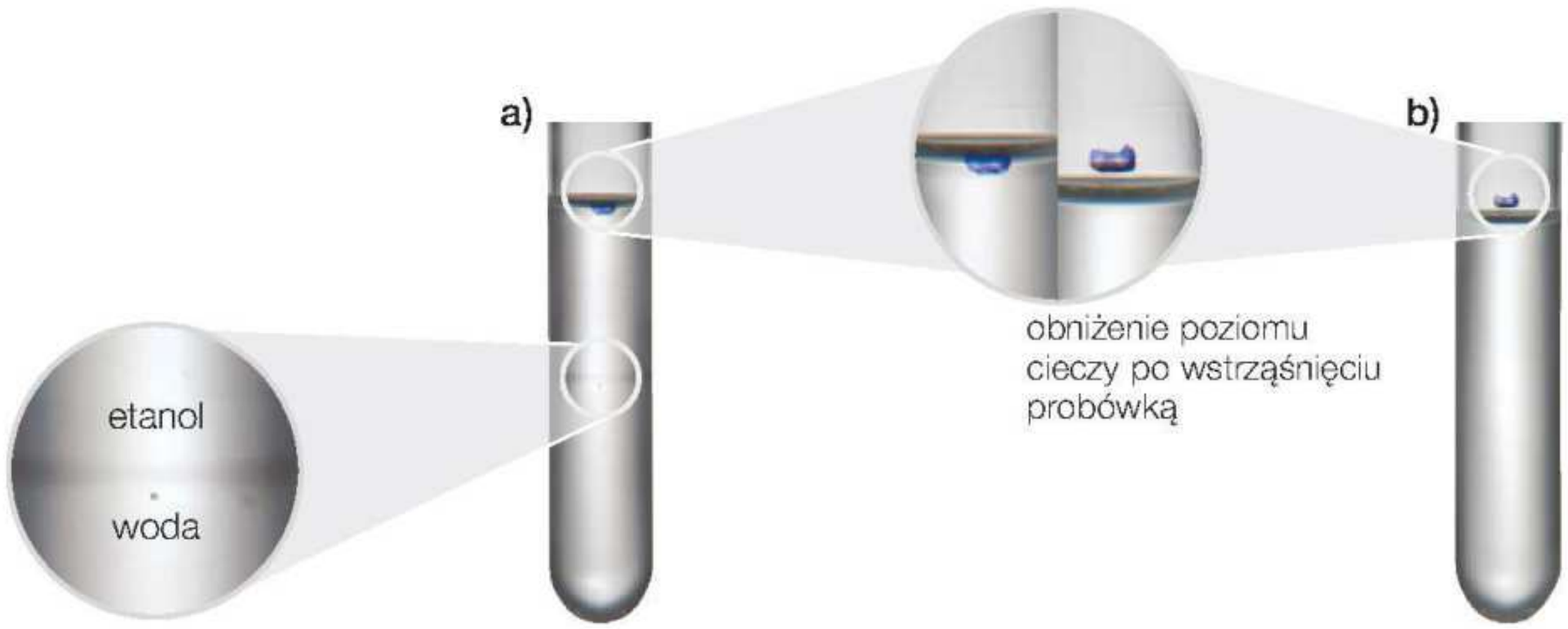


Fot. 51. Etanol jest łatwopalny.



Fot. 52. Barwa papierka wskaźnikowego nie zmienia się, czyli wodny roztwór etanolu ma odczyn obojętny (nie dysocjuje).

Obserwacje: Etanol to bezbarwna, łatwopalna (fot. 51.) ciecz o charakterystycznym zapachu. Po dodaniu etanolu do wody w probówce tworzą się dwie warstwy (fot. 53.a, s. 116). Po ostrożnym ich wymieszaniu granica między nimi przestaje być widoczna, a poziom cieczy w probówce jest niższy niż przed wymieszaniem (fot. 53., s. 116). Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w tym roztworze nie zmienia barwy (fot. 52.).



Fot. 53. Po dodaniu etanolu do wody widać granicę między tymi cieczami (a). Po ich wymieszaniu poziom cieczy w probówce się obniżył (b).

Wniosek: Etanol jest cieczą łatwopalną. Górną warstwę w probówce stanowi etanol, a dolną – woda. Gęstość etanolu jest mniejsza od gęstości wody. Po wymieszaniu powstała mieszanina jednorodna. Podczas mieszania etanolu z wodą obserwujemy zjawisko **kontrakcji** (zmniejszania) **objętości** roztworu. Zmniejszenie objętości następuje na skutek występowania oddziaływań międzycząsteczkowych między składnikami mieszaniny. W wyniku tego objętość powstałego roztworu (mieszaniny) jest mniejsza od sumy objętości użytych cieczy – wody i alkoholu (fot. 53.). Alkohole mimo obecności grupy hydroksylowej nie dysocjują, ponieważ wiązanie O—H nie jest silnie spolaryzowane. Wodny roztwór etanolu ma **odczyn obojętny**.

Reakcja spalania etanolu przy nieograniczonym dostępie tlenu zachodzi zgodnie z równaniem:

reakcja **spalania całkowitego**

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + 3\,\underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,\underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{CO_2\uparrow} + 3\,\underset{\text{woda}}{H_2O}$$

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

reakcje **spalania niecałkowitego**

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + 2\,\underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,\underset{\text{tlenek węgla(II)}}{CO\uparrow} + 3\,\underset{\text{woda}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + \underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow 2\,\underset{\text{węgiel}}{C} + 3\,\underset{\text{woda}}{H_2O}$$

Etanol jest cieczą o większej lotności niż woda – jego temperatura wrzenia jest niższa niż temperatura wrzenia wody. Z tego powodu etanol szybciej odparowuje (fot. 54.).

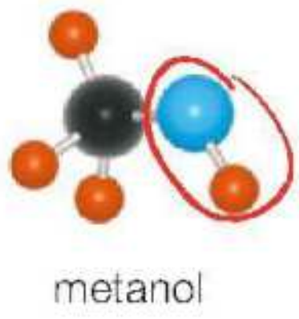


Fot. 54. Etanol i woda zostały naniesione na krążek bibuły w tym samym czasie. Po 5 min plama z wody nadal była widoczna, a etanol odparował całkowicie.

Pierwsze w szeregu homologicznym alkohole monohydroksylowe to **bezbarwne substancje o gęstości mniejszej od gęstości wody**, które **dobrze rozpuszczają się w wodzie**. Budowa grupy hydroksylowej jest podobna do budowy cząsteczki wody, co sprawia, że jest ona polarna. Dlatego nazywa się ją **hydrofilową**, czyli „lubiącą wodę":

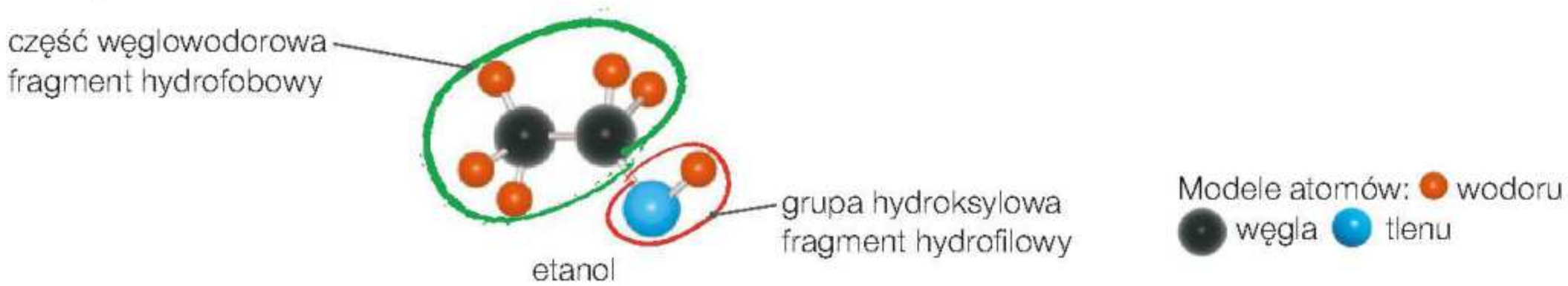


woda



metanol

Cząsteczki metanolu CH_3OH, etanolu CH_3CH_2OH i propan-1-olu $CH_3CH_2CH_2OH$ silnie oddziałują z cząsteczkami H_2O i bardzo dobrze się w niej rozpuszczają. Jednak oprócz grupy hydroksylowej cząsteczka alkoholu zawiera także część węglowodorową, która jest niepolarna. Łańcuch węglowodorowy jest więc **hydrofobowy**, co znaczy, że „nie lubi wody":



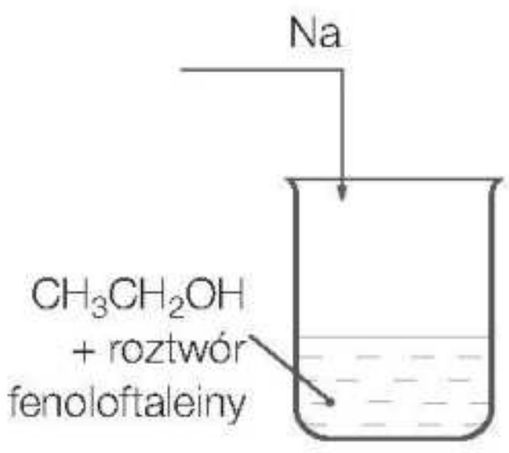
Im jest on dłuższy, tym mniej rozpuszczalny w wodzie jest związek chemiczny, w którego cząsteczce występuje.

Jakim reakcjom chemicznym ulegają alkohole monohydroksylowe?

Doświadczenie 15.  CH_3CH_2OH

Reakcja etanolu z sodem

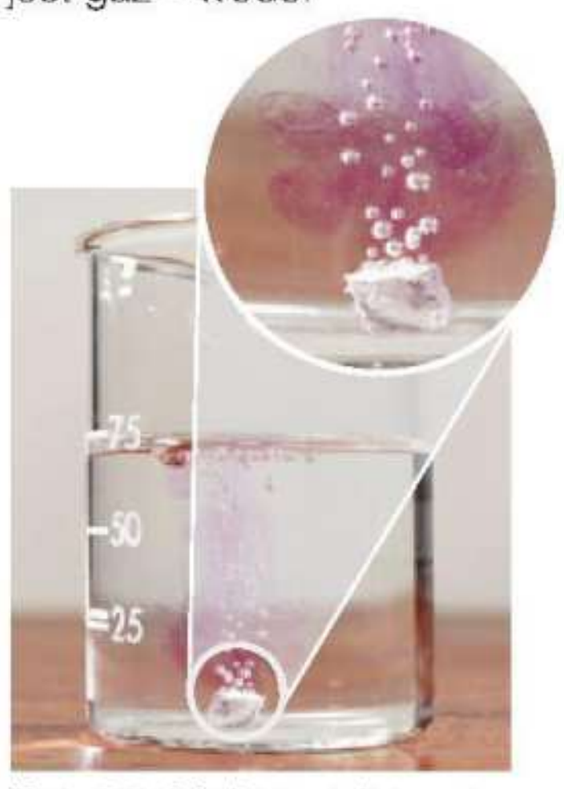
Odczynniki: etanol, sód, roztwór fenoloftaleiny.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, pęseta, bibuła, nóż, łuczywo.
Instrukcja: Wyjmij z pojemnika pęsetą sód, dokładnie osusz go bibułą i odetnij nożem jego mały kawałek. Resztę sodu włóż z powrotem do pojemnika z naftą. Odcięty kawałek dodaj do zlewki z niewielką ilością etanolu i roztworu fenoloftaleiny (schemat). Zbliż zapalone łuczywo do wylotu zlewki.



Obserwacje: W zlewce wydziela się bezbarwny gaz, który spala się z charakterystycznym dźwiękiem przypominającym szczeknięcie. Roztwór barwi się na malinowo (fot. 55.).
Wniosek: Etanol reaguje z sodem. Otrzymanym gazem jest wodór.

Reakcja z sodem jest niebezpieczna. Zachowaj szczególną ostrożność.

jednym z produktów jest gaz – wodór



Fot. 55. Malinowa barwa roztworu świadczy o odczynie zasadowym.

Drugim produktem reakcji sodu z etanolem jest etanolan sodu zaliczany do grupy alkoholanów (związków o charakterze soli):

$$2\,CH_3CH_2OH + 2\,Na \longrightarrow 2\,CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$$

etanol — sód — etanolan sodu — wodór

Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4.



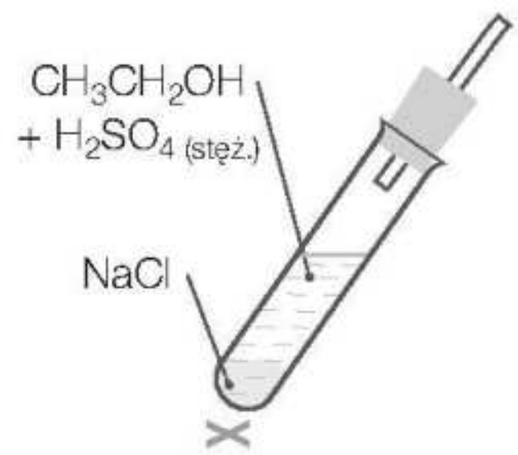
Doświadczenie 16. HCl, H_2SO_4 CH_3CH_2OH CH_3CH_2OH, HCl

Reakcja etanolu z chlorowodorem

Odczynniki: etanol, chlorek sodu, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, korek z rurką odprowadzającą, statyw z łapą do probówek, palnik gazowy, łuczywo, zapalniczka.

Instrukcja: Do probówki z niewielką ilością chlorku sodu dodaj ok. 1 cm^3 stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) i ok. 3 cm^3 etanolu. Zamknij probówkę korkiem z rurką odprowadzającą i ogrzewaj jej zawartość w płomieniu palnika (schemat). Zbliż zapalone łuczywo do wylotu probówki.



Obserwacje: Z probówki wydziela się gaz, który łatwo się spala (fot. 56.).

Wniosek: Chlorek sodu reaguje z kwasem siarkowym(VI).

Zaszła reakcja chemiczna zgodnie z równaniem:

$$2\,NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl\uparrow$$

chlorek sodu — kwas siarkowy(VI) — siarczan(VI) sodu — chlorowodór

Następnie powstający chlorowodór ulega reakcji z etanolem – produktem jest łatwopalny chloroetan:

$$CH_3CH_2OH + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl\uparrow + H_2O$$

etanol — chlorowodór — chloroetan — woda



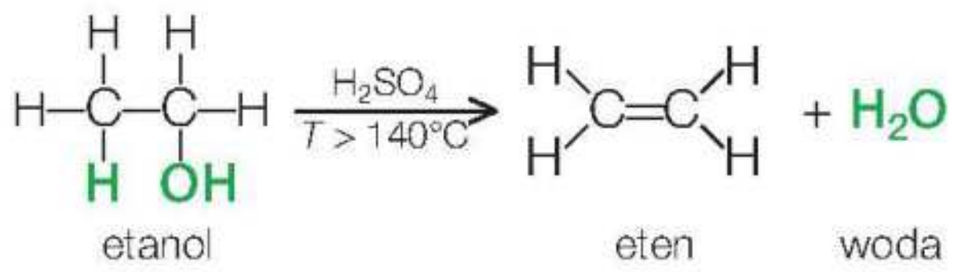
Fot. 56. Doświadczenie należy wykonywać pod wyciągiem, ponieważ produkty tej reakcji są łatwopalne i toksyczne.

W reakcji alkoholu z chlorowodorem otrzymuje się chloropochodną węglowodoru.

Podczas ogrzewania alkoholi zawierających przynajmniej dwa atomy węgla w cząsteczce w obecności środków odwadniających, takich jak Al_2O_3 lub stężony roztwór H_2SO_4, dochodzi do odłączenia cząsteczki wody od cząsteczki alkoholu.

Reakcja ta nazywa się **dehydratacją** i jest przykładem **reakcji eliminacji**. Jej produktami są oprócz wody węglowodory nienasycone:

reakcja **eliminacji**



etanol — eten — woda

Na czym polega reakcja eliminacji?

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

Atom wodoru łączący się z grupą hydroksylową zawsze zostaje oderwany **od atomu węgla połączonego z mniejszą liczbą atomów wodoru**, np.:

$$CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{Al_2O_3,\ T} CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + H_2O$$

butan-2-ol — but-2-en — woda

Alkohole reagują też z kwasami karboksylowymi i ulegają reakcjom utleniania (patrz s. 190 i s. 170).

Zastosowania

Alkohole monohydroksylowe

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



Medycyna

Alkohole etylowy oraz propylowy stosuje się do produkcji sprayów oraz **chusteczek odkażających**. Należy pamiętać, żeby nie korzystać z nich, gdy się ma podrażnioną skórę.



Przemysł kosmetyczny

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

Przemysł petrochemiczny

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

Jak etanol wpływa na organizm?

Po spożyciu etanol szybko wchłania się do krwi (w 95%) z żołądka i jelita cienkiego. Jest rozkładany w wątrobie. W czasie przetwarzania etanolu zwiększa się zużycie tlenu, co powoduje niedotlenienie komórek wątroby i innych organów, a przez to zaburza pracę całego organizmu. Proces ten obejmuje wieloetapowe utlenianie, którego końcowym produktem jest tlenek węgla(IV). Alkohol przyspiesza tętno, a tym samym przepływ krwi, co prowadzi do rozgrzania organizmu. Zimą może to jednak doprowadzić do zamarznięcia wyziębionego organizmu, gdyż po szybkim rozgrzaniu następuje niekontrolowana utrata ciepła.

Nadmierne spożywanie alkoholu jest przyczyną wielu chorób i powoduje wyniszczenie organizmu:

- zmiany w mózgu,
- zaburzenia pamięci,
- raka przełyku,
- uszkodzenie mięśnia sercowego,
- nieodwracalne uszkodzenia wątroby (marskość wątroby),
- stany zapalne i owrzodzenie żołądka.

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



Fot. 57. Alkomat służy do badania zawartości alkoholu w wydychanym powietrzu.

Objawy zatrucia etanolem występują po spożyciu większej ilości napojów alkoholowych (fot. 57.) i zależą od stężenia etanolu we krwi, wieku, płci oraz stanu zdrowia człowieka. Najbardziej wiarygodne dane dotyczące zawartości alkoholu we krwi uzyskuje się w wyniku laboratoryjnego badania krwi (tabela 15., s. 121).

Fakty czy mity

Etanol działa szkodliwie na organizmy – FAKT

Jednym z najważniejszych składników organizmów, w tym ciała ludzkiego, jest białko. Jego struktura pod wpływem etanolu ulega zniszczeniu – białko ścina się (fot. 58.). Toksycznie wpływają na organizm także produkty metabolizmu etanolu. W następstwie długotrwałego lub powtarzającego się narażenia organizmu na działanie alkoholu i produktów jego przemiany może dojść do uszkodzenia narządów wewnętrznych, m.in. wątroby.



Fot. 58. Etanol powoduje nieodwracalną zmianę w białku jaja kurzego – **pod wpływem alkoholu ulega ono denaturacji (ścina się)**.

Odporność organizmu na alkohol zależy od masy ciała, wieku i ogólnego stanu zdrowia człowieka. Jest więc jasne, że na podstawie informacji o dawce substancji wyrażonej tylko w gramach czy mililitrach nie można przewidzieć jej wpływu na organizm, ponieważ **ta sama substancja działa na każdy organizm inaczej**.

Przyjmuje się, że śmiertelna dawka alkoholu dla zdrowego dorosłego człowieka o masie ciała ok. 70 kg to ok. 450 g czystego CH_3CH_2OH, a więc ok. 900 g wódki podanej doustnie. Daje to ponad 4‰ alkoholu we krwi, czyli 0,4% (procent objętościowy).

promil
1‰ = 0,1%

Tabela 15. Według polskiego prawa dopuszczalna zawartość alkoholu we krwi kierowcy wynosi do 0,2‰. Zawartość od 0,2‰ do 0,5‰ jest traktowana jako stan po spożyciu alkoholu, natomiast powyżej 0,5‰ – jako stan upojenia alkoholowego.

Stężenie alkoholu we krwi, ‰*	Wpływ na organizm
do 0,1	brak wyraźnego wpływu (stan fizjologiczny)
0,2–1,5	pobudzenie psychoruchowe, wesołość
1,0–2,5	zaburzenia psychiki i równowagi, duża nadpobudliwość objawiająca się nadmierną wesołością lub agresją
1,2–3,3	utrata koordynacji myśli i ruchów, zmniejszona bariera odczuwania bólu
2,5–4,0	utrata świadomości, sen narkotyczny
powyżej 4,0	śmierć spowodowana porażeniem układu oddechowego (porażenie mięśni oddechowych), krążenia i nerwowego

* Stężenie alkoholu we krwi wyrażono w promilach: 1‰ = 0,1% (procent objętościowy).

Jest na to sposób!

Jak bez alkomatu ustalić przybliżoną zawartość alkoholu we krwi?

Można to obliczyć, korzystając ze wzoru Erika Widmarka. Wystarczy znać:

- **liczbę gramów spożytego etanolu** (*A*) – trzeba pamiętać, że zawartość etanolu zależy od gatunku alkoholu, np. 10 g etanolu znajduje się zarówno w 250 ml 5-procentowego piwa, jak i w 30 ml 40-procentowej wódki,
- **masę ciała** (*W*) osoby, dla której wylicza się stężenie alkoholu we krwi,
- **płeć osoby**.

Dane należy podstawić do prostego wzoru:

$$P = \frac{A}{K \cdot W}$$

gdzie:
P – zawartość alkoholu we krwi, ‰,
A – masa spożytego etanolu, g,
K – współczynnik proporcjonalności: ok. 0,7 dla mężczyzn i 0,6 dla kobiet,
W – masa ciała, kg.

Otrzymany na podstawie takich obliczeń **wynik nie może być jednak podstawą do ustalenia, czy dana osoba może prowadzić pojazd mechaniczny**. Najdokładniejsze dane uzyskuje się w wyniku badania stężenia alkoholu we krwi.



Czym jest dawka?

Każda substancja może działać toksycznie na organizm lub nie wykazywać szkodliwego działania. Zależy to od **ilości substancji wprowadzanej do organizmu**, czyli **dawki**. Zatem o tym, czy dana substancja będzie lekiem czy trucizną, decyduje jej **dawka**.

Początkowo organizm reaguje na niewielkie dawki substancji, ale szybko się do nich przyzwyczaja. Wywołuje to potrzebę zażywania coraz większych dawek, a to prowadzi do wystąpienia zjawiska nazywanego tolerancją. **Tolerancja oznacza zmniejszoną wrażliwość organizmu na określoną dawkę substancji** i brak oczekiwanych efektów po jej przyjęciu.

Czym jest uzależnienie?

Przyjmowanie substancji o silnym działaniu na organizm, np. alkoholu, prowadzi do **zaburzenia zdrowia** nazywanego uzależnieniem. **Uzależnienie psychiczne** to silna potrzeba ciągłego zażywania danej substancji. **Uzależnienie fizyczne** objawia się tzw. głodem organizmu, czyli dolegliwościami fizycznymi związanymi z brakiem tej substancji w organizmie, np.: bólem kończyn, wymiotami, wzmożoną potliwością, wywołującymi potrzebę zażycia kolejnej dawki substancji.

Uzależnienie od etanolu to **alkoholizm**.

Zapamiętaj!

Alkohole – związki chemiczne zawierające grupę funkcyjną –OH (grupę hydroksylową).

Kontrakcja objętości – zjawisko fizyczne polegające na zmniejszeniu objętości roztworu otrzymanego po zmieszaniu dwóch cieczy w stosunku do sumy objętości obu składników. Zachodzi na skutek oddziaływań między cząsteczkami składników mieszaniny.

Dawka – ilość substancji decydująca o tym, czy będzie ona działać leczniczo, czy też toksycznie.

Uzależnienie – silna potrzeba psychiczna lub wewnętrzny przymus ciągłego zażywania danej substancji.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

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

a) $CH_3—CH_2—OH$

b) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—OH$

c) $CH_3—CH(OH)—CH_2—CH_3$

d) $CH_3—CH(OH)—C(CH_3)(CH_3)—CH_3$

e) $CH_3—CH(CH_3)—C(OH)(CH_3)—CH_3$

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

a) pentan-2-ol

b) dekan-1-ol

c) 2-metyloheksan-2-ol

d) etanol

3. Napisz równania reakcji chemicznych i nazwy produktów związków organicznych, jakie powstaną w reakcji etanolu z:

a) sodem,

b) chlorowodorem w obecności H_2SO_4.

4. Wskaż równanie przedstawiające reakcję eliminacji wody.

a) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{Al_2O_3,\ T} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$

b) $CH_3CH_2CH_2OH + HCl \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Cl + H_2O$

9. Alkohole polihydroksylowe

Jeśli na opakowaniu produktu znajduje się informacja, że nie zawiera on alkoholu, możemy być pewni, że nie ma w nim alkoholu etylowego. Jednak termin „alkohol" odnosi się nie tylko do tego jednego związku chemicznego. Gliceryna, występująca w wielu kosmetykach (fot. 59.), jest przykładem **alkoholu polihydroksylowego**.



Fot. 59. Gliceryna ze względu na właściwości higroskopijne jest często składnikiem kremów nawilżających do rąk.

Co to są alkohole polihydroksylowe?

Alkohole polihydroksylowe to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**. W ich cząsteczkach występują **przynajmniej dwie grupy hydroksylowe —OH**, mimo to zalicza się je do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów, ponieważ wszystkie grupy są takie same.

Alkohole polihydroksylowe nazywane są też alkoholami wielowodorotlenowymi.

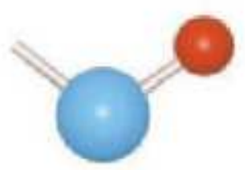
Jak są zbudowane alkohole polihydroksylowe?

Cząsteczki alkoholi polihydroksylowych zawierają co najmniej dwie grupy hydroksylowe —OH. Każda z nich jest połączona z innym atomem węgla w łańcuchu węglowym.

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



Wiązania pojedyncze w cząsteczkach alkoholi polihydroksylowych są wiązaniami typu σ [czyt. sigma].



Model grupy hydroksylowej



Model cząsteczki etano-1,2-diolu
wiązania w alkoholach polihydroksylowych

Modele atomów: wodoru węgla tlenu

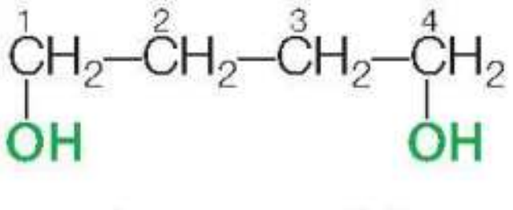
Chemia w akcji

Ksylitol (pentano-1,2,3,4,5-pentaol) to alkohol polihydroksylowy o słodkim smaku. Dzięki temu jest stosowany jako substancja słodząca w przemyśle spożywczym. Dodaje się go m.in. do gum do żucia (fot. 60.), cukierków i żywności dla diabetyków.

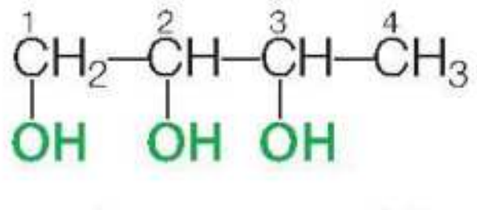
Fot. 60. Za charakterystyczny chłód na końcu języka podczas żucia gumy odpowiada ksylitol – rozpuszczanie ksylitolu w wodzie jest procesem endotermicznym.

Jak się tworzy nazwy alkoholi polihydroksylowych?

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



butan**o**-1,4-di**ol**



butan**o**-1,2,3-tri**ol**

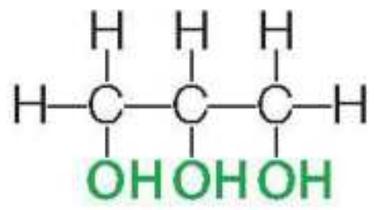
Alkohole polihydroksylowe, podobnie jak monohydroksylowe, oprócz nazw systematycznych mają też nazwy zwyczajowe. Najbardziej znany jest **alkohol polihydroksylowy** o nazwie zwyczajowej **glicerol (gliceryna)**:

Model cząsteczki propano-1,2,3-triolu



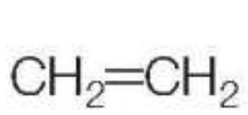
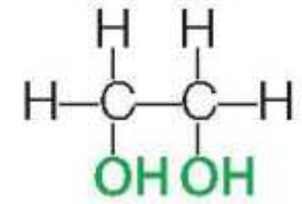
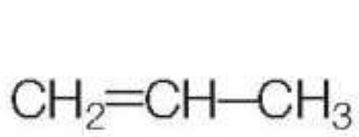
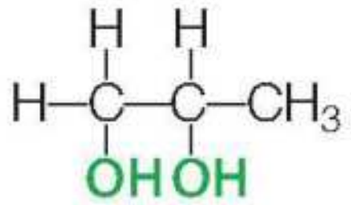
glicerol (gliceryna)

Modele atomów: wodoru węgla tlenu



glicerol (gliceryna)
propano-1,2,3-triol

Nazwą „glikol" określa się alkohol **di**hydroksylowy, w którego cząsteczce dwie grupy –OH występują przy sąsiednich atomach węgla. Drugą część nazwy takiego alkoholu tworzy się, dodając do **nazwy zwyczajowej** odpowiedniego **alkenu** końcówkę „-**owy**", np.:

alken	**alkohol**
	
etylen	glikol etylen**owy** etano-1,2-diol
	
propylen	glikol propylen**owy** propano-1,2-diol

W jaki sposób można otrzymać alkohole polihydroksylowe?

Etano-1,2-diol powstaje w wyniku reakcji chemicznej 1,2-dibromoetanu i wodnego roztworu wodorotlenku sodu.

Propano-1,2,3-triol otrzymuje się z propenu w trzyetapowej reakcji z chlorem, roztworem wodorotlenku sodu i nadtlenkiem wodoru w obecności katalizatora. Jest on również produktem ubocznym w procesie zmydlania tłuszczów (patrz doświadczenie 39., s. 200).

Jak obecność wielu grup hydroksylowych w cząsteczkach alkoholi wpływa na ich właściwości?

Obecność wielu grup hydroksylowych w cząsteczce sprawia, że tworzy się bardziej rozbudowana sieć wiązań wodorowych, dzięki czemu cząsteczki alkoholi są ze sobą silniej związane. Wpływa to na ich właściwości fizyczne.

Temperatury topnienia i wrzenia alkoholi polihydroksylowych są wyższe niż alkoholi monohydroksylowych o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce, w konsekwencji mają one mniejszą lotność w porównaniu z analogicznymi alkoholami monohydroksylowymi. Podobnie jest w przypadku porównania gęstości alkoholi poli- i monohydroksylowych. Etano-1,2-diol i propano-1,2,3-triol to ciecze o większej gęstości niż etanol i propan-1-ol (tabela 16.).

Alkohole polihydroksylowe bardzo dobrze rozpuszczają się w wodzie (fot. 61.). Również to jest wynikiem obecności w ich cząsteczkach wielu hydrofilowych grup hydroksylowych.



Fot. 61. Etano-1,2-diol ze względu na swoje właściwości fizyczne jest składnikiem płynu do chłodnic samochodowych.

Tabela 16. Właściwości fizyczne wybranych alkoholi mono- i polihydroksylowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Nazwa systematyczna alkoholu		etanol	etano-1,2-diol	propan-1-ol	propano-1,2,3-triol
Wzór		CH_3CH_2OH	$C_2H_4(OH)_2$	$CH_3CH_2CH_2OH$	$C_3H_5(OH)_3$
Gęstość (25°C), g/cm^3		0,785	1,110	0,780	1,258
Temperatura	topnienia, °C	–114	–12	–126	18
	wrzenia, °C	78	197	98	290

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Fakty czy mity

Wszystkie kosmetyki, których składnikiem jest alkohol, wysuszają skórę – MIT

Niektóre związki chemiczne z grupy alkoholi działają nawilżająco na skórę. Na przykład **gliceryna** (fot. 62.) dzięki zdolności do przenikania przez warstwę rogową naskórka ułatwia transportowanie w głąb skóry innych substancji. Z kolei alkohole monohydroksylowe o długich łańcuchach węglowych, takie jak **alkohol cetylowy czy stearylowy**, tworzą na powierzchni skóry specjalną warstwę zmniejszającą odparowywanie wody. W ten sposób zapobiegają przesuszeniu skóry.



Fot. 62. Różne alkohole będące składnikami kosmetyków mają odmienne działanie. Niektóre z nich ułatwiają utrzymanie skóry w dobrym stanie.

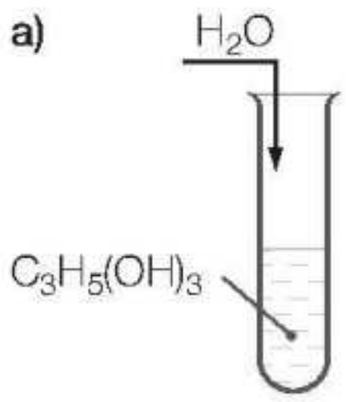
Jakie właściwości mają alkohole polihydroksylowe?

Doświadczenie 17.

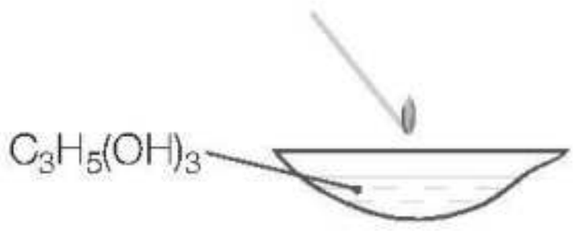
Badanie właściwości propano-1,2,3-triolu (glicerolu)

Odczynniki: glicerol, woda destylowana.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, korek, uniwersalny papierek wskaźnikowy, parownica, łuczywo.
Instrukcja: a) Nalej do probówki niewielką ilość glicerolu. Określ jego stan skupienia, barwę i zapach. Następnie dodaj do probówki taką samą ilość wody destylowanej (schemat). Zamknij probówkę korkiem i mocno nią wstrząśnij. W otrzymanym roztworze zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy i porównaj jego barwę ze skalą umieszczoną na opakowaniu.
b) Nalej do parownicy niewielką ilość glicerolu, a następnie zbliż do niego zapalone łuczywo (schemat).

a)



b)





Fot. 63. Glicerol – podobnie jak inne alkohole – jest substancją palną.

Obserwacje: Glicerol jest bezbarwną, syropowatą, bezwonną cieczą. Po dodaniu wody do glicerolu w probówce tworzą się dwie warstwy cieczy. Po ich wymieszaniu granica między nimi przestaje być widoczna – powstaje mieszanina jednorodna. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w tym roztworze nie zmienia barwy. Glicerol spala się w powietrzu kopcącym płomieniem (fot. 63.).
Wniosek: Górną warstwę w probówce stanowi woda, a dolną – glicerol. Ma on gęstość większą od gęstości wody i rozpuszcza się w niej. Wodny roztwór tego alkoholu polihydroksylowego ma odczyn obojętny. W wyniku spalania glicerolu powstaje sadza (węgiel).

Glicerol ulega reakcji spalania zgodnie z równaniami:

reakcja **spalania niecałkowitego**

$$2\,C_3H_5(OH)_3 + O_2 \longrightarrow 6\,C + 8\,H_2O$$

propano-1,2,3-triol (glicerol) | tlen | węgiel | woda

reakcja **spalania całkowitego**

$$2\,C_3H_5(OH)_3 + 7\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2\uparrow + 8\,H_2O$$

propano-1,2,3-triol (glicerol) | tlen | tlenek węgla(IV) | woda



Glikol etylenowy jest toksyczny.

Dobra rozpuszczalność glicerolu w wodzie wynika z tego, że **cząsteczki obu tych substancji mają budowę polarną**.

Etano-1,2-diol (glikol etylenowy) ma podobne właściwości jak propano-1,2,3-triol (glicerol). Jest gęstą, bezbarwną i bezwonną cieczą, która dobrze rozpuszcza się w wodzie. Tak samo jak glicerol ulega reakcjom spalania.

Jakim reakcjom ulegają alkohole polihydroksylowe?

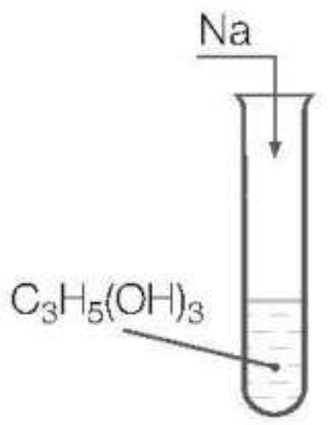
Doświadczenie 18.  Na

Reakcja propano-1,2,3-triolu (glicerolu) z sodem

Odczynniki: glicerol, sód, woda, roztwór fenoloftaleiny.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, szkiełko zegarkowe, pęseta, bibuła, nóż.

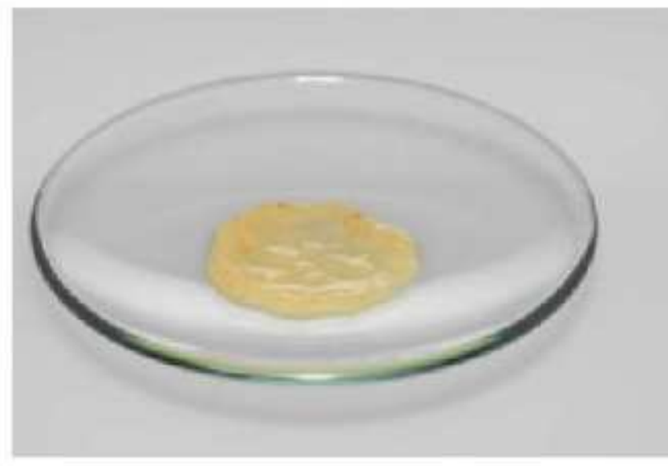
Instrukcja: Wyjmij pęsetą z pojemnika sód, dokładnie osusz go bibułą i odetnij nożem jego mały kawałek. Resztę sodu włóż z powrotem do pojemnika z naftą, a odcięty kawałek wrzuć do probówki z niewielką ilością glicerolu (schemat). Ostrożnie dotknij dłonią dna probówki. Po całkowitym przereagowaniu sodu przelej kilka kropli otrzymanej mieszaniny na szkiełko zegarkowe i odparuj ją. Osad ze szkiełka rozpuść w wodzie i dodaj do otrzymanego roztworu kroplę roztworu fenoloftaleiny.



Podczas reakcji glicerolu z sodem może dojść do samozapłonu powstającego gazu – wodoru.

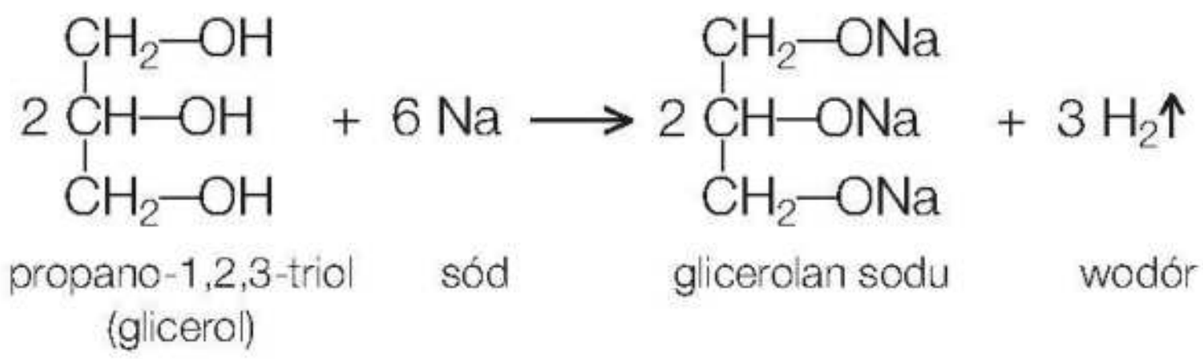
Obserwacje: Reakcja chemiczna zachodzi gwałtownie, probówka się nagrzewa. Wydziela się bezbarwny gaz. Osad otrzymany po odparowaniu mieszaniny (fot. 64.) rozpuszcza się w wodzie, a jego roztwór barwi się na malinowo po dodaniu fenoloftaleiny.

Wniosek: Reakcja ta jest silnie **egzotermiczna**. Jej produktem jest związek chemiczny, którego wodny roztwór ma **odczyn zasadowy** – świadczy o tym malinowa barwa roztworu po dodaniu roztworu fenoloftaleiny.



Fot. 64. Produktem reakcji chemicznej glicerolu z sodem jest glicerolan sodu.

Reakcja chemiczna zachodzi zgodnie z równaniem:



Dla alkoholi polihydroksylowych charakterystyczne są nie tylko reakcje z metalami aktywnymi, lecz także **reakcje wymiany grup hydroksylowych** na atomy fluorowca w reakcjach z fluorowcowodorami. Reagują one podobnie do alkoholi monohydroksylowych (patrz doświadczenie 16., s. 118).

Alkohole polihydroksylowe ulegają również reakcjom z kwasami nieorganicznymi i organicznymi – czyli reakcjom **estryfikacji** – w wyniku czego powstają estry (patrz *Estry*, s. 187).

Najważniejsze właściwości chemiczne wybranych alkoholi polihydroksylowych znajdują się w tabeli 17. na s. 128.

Alkohole polihydroksylowe reagują z litowcami i niektórymi berylowcami

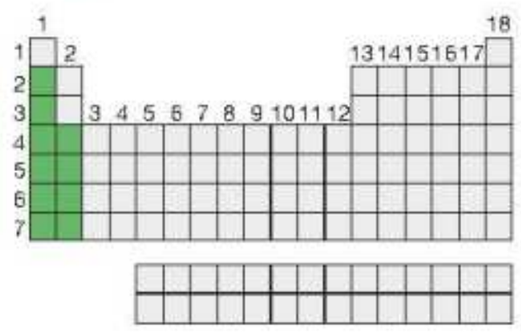


Tabela 17. Właściwości chemiczne glicerolu, glikolu etylenowego i glikolu propylenowego

Nazwa	systematyczna	propano-1,2,3-triol	etano-1,2-diol	propano-1,2-diol
	zwyczajowa	glicerol	glikol etylenowy	glikol propylenowy
Wzór		$C_3H_5(OH)_3$	$C_2H_4(OH)_2$	$C_3H_6(OH)_2$
Palność		palny	palny	palny
Smak		słodki	słodki	słodki
Toksyczność		nietoksyczny	toksyczny	nietoksyczny
Reakcja z	metalami aktywnymi	reaguje	reaguje	reaguje
	fluorowcowodorami	reaguje	reaguje	reaguje
	kwasami	reaguje	reaguje	reaguje

Jak odróżnić alkohole polihydroksylowe od alkoholi monohydroksylowych?

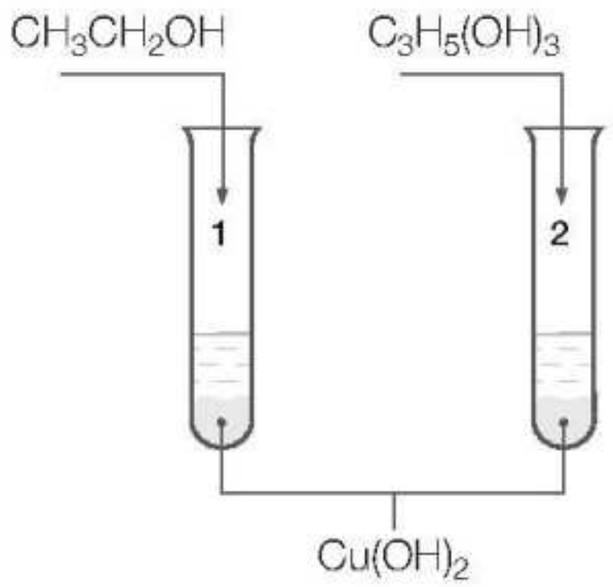
Doświadczenie 19.  $CuSO_4$  NaOH  CH_3CH_2OH

Odróżnianie alkoholi polihydroksylowych od monohydroksylowych

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

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki do probówek.

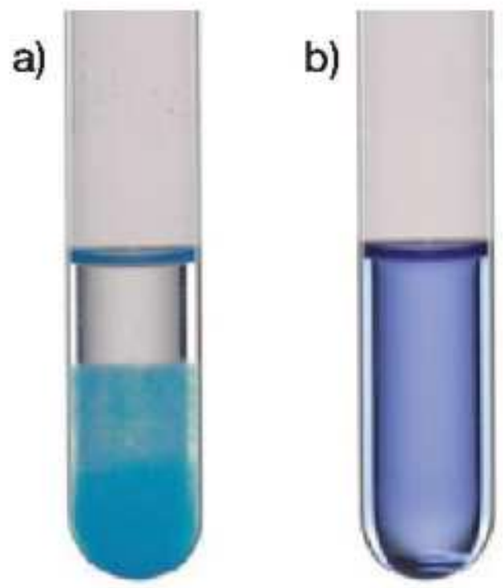
Instrukcja: Do dwóch probówek nalej po 2 cm^3 roztworu siarczanu(VI) miedzi(II), a następnie dodaj do każdej z nich po 2 cm^3 roztworu wodorotlenku sodu. Nie stosuj nadmiaru tego odczynnika. Do probówki 1. wlej 2 cm^3 etanolu, a do probówki 2. wlej 2 cm^3 glicerolu (schemat). Zamknij probówki korkami i wstrząśnij ich zawartością.



Obserwacje: W wyniku dodania roztworu NaOH do roztworu $CuSO_4$ w probówkach strąca się niebieski, galaretowaty osad. Po dodaniu alkoholi do otrzymanych zawiesin w probówce 1. nie zachodzą żadne zmiany (fot. 65.a, s. 129), a w probówce 2. osad roztwarza się i powstaje szafirowy, klarowny roztwór (fot. 65.b, s. 129).

Wniosek: Etanol (alkohol monohydroksylowy) **nie reaguje** z wodorotlenkiem miedzi(II). **Glicerol** (alkohol polihydroksylowy) **reaguje** z wodorotlenkiem miedzi(II).

Na podstawie obserwacji i wyników doświadczenia 19. można odróżnić alkohol monohydroksylowy od alkoholu polihydroksylowego:



Fot. 65. Alkohol polihydroksylowy (glicerol) reaguje z wodorotlenkiem miedzi(II) (a), w wyniku czego powstaje klarowny roztwór o szafirowej barwie (b).

Glikol etylenowy reaguje podobnie do glicerolu. Za pomocą tego doświadczenia możemy odróżnić go od alkoholi monohydroksylowych.

Reakcja ta jest charakterystyczna dla alkoholi polihydroksylowych, które zawierają grupy hydroksylowe przy sąsiednich atomach węgla. Dzięki niej można doświadczalnie odróżnić alkohole polihydroksylowe od alkoholi monohydroksylowych.

Zastosowania

Alkohole polihydroksylowe

Glikol etylenowy jest składnikiem płynów stosowanych m.in. w instalacjach grzewczych i klimatyzacyjnych. Glicerolu używa się w garbarstwie, czyli obróbce materiałów skórzanych.



Medycyna

Glikol propylenowy to składnik **żeli łagodzących** ból podczas ząbkowania. Zapobiega on wysychaniu kremów i maści.



Przemysł chemiczny

Glikol etylenowy jest używany jako rozpuszczalnik podczas produkcji **lakierów do drewna**, klejów i farb drukarskich.



Przemysł kosmetyczny

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



Chemia w akcji

Płyn do baniek mydlanych ma sekretny składnik, dzięki któremu można uzyskać bańki gigantycznych rozmiarów (fot. 66.). Jest nim **gliceryna**. Żeby przyrządzić taki płyn, trzeba zmieszać glicerynę, płyn do mycia naczyń i wodę destylowaną w proporcji 1 : 10 : 100.

Fot. 66. Dzięki glicerynie bańki są sprężyste i trwałe.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

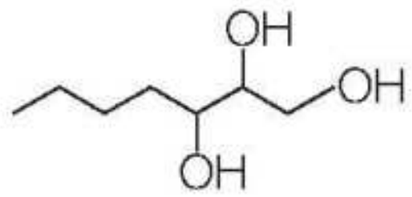
1. Napisz wzory półstrukturalne alkoholi polihydroksylowych o podanych nazwach.

a) propano-1,3-diol

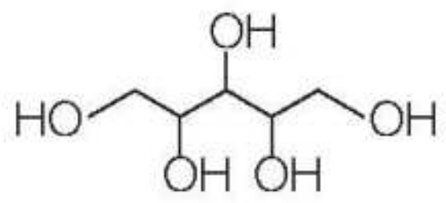
b) butano-1,3-diol

c) 3-metylopentano-1,3,5-triol

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



3. Ksylitol to alkohol polihydroksylowy będący składnikiem soku z brzozy. Wzór szkieletowy tego alkoholu to:



Napisz wzór strukturalny i nazwę systematyczną ksylitolu.

4. Wskaż zdania, które są prawdziwe.

a) Glikole to grupa alkoholi trihydroksylowych, w których cząsteczkach grupy –OH występują przy sąsiednich atomach węgla.

b) Alkohole polihydroksylowe mają wyższe temperatury wrzenia niż alkohole monohydroksylowe zawierające tyle samo atomów węgla w cząsteczce.

c) W reakcji charakterystycznej alkoholi polihydroksylowych osad wodorotlenku miedzi(II) rozpuszcza się w alkoholu i powstaje roztwór o barwie szafirowej.

5. Napisz i uzgodnij równania podanych reakcji chemicznych.

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

b) reakcja spalania całkowitego etano-1,2-diolu

6. Oblicz skład procentowy (procent masowy) najprostszego alkoholu polihydroksylowego. Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Zapamiętaj!

Alkohole polihydroksylowe – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczce więcej niż jedną grupę hydroksylową.

10. Fenole

Składnikiem niektórych leków przeznaczonych dla osób z problemami skórnymi, np. grzybicą lub zakażeniem bakteryjnym skóry, jest fenol (fot. 67.)



Fot. 67. Fenol ma właściwości grzybobójcze i bakteriobójcze.

Co to są fenole?

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

Jak są zbudowane fenole?

Cząsteczki fenoli składają się z **grupy hydroksylowej** połączonej bezpośrednio z atomem węgla grupy arylowej.

Wzór ogólny fenoli ma postać:

R—OH

gdzie:
—R grupa arylowa (aryl),
—OH grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Grupa arylowa (—R) może być zbudowana podobnie jak cząsteczka benzenu, czyli składać się z sześciu atomów węgla. Zatem najprostszy fenol jest zbudowany z pierścienia benzenowego i grupy hydroksylowej (bezpośrednio połączonej z atomem węgla pierścienia benzenu):

Model grupy hydroksylowej w fenolu

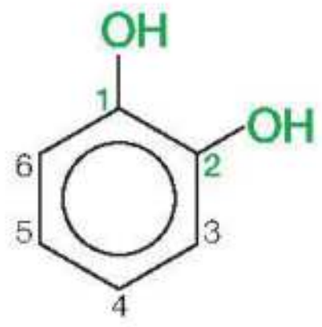


Modele atomów: wodoru węgla tlenu

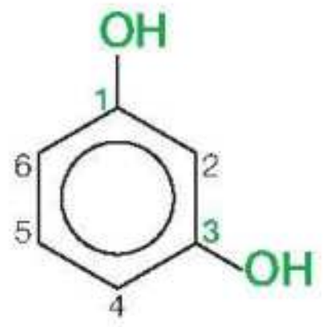


benzenol (fenol)

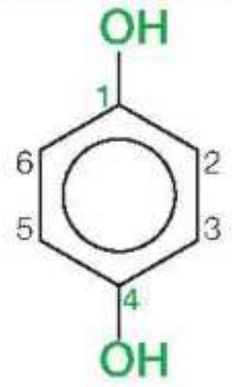
Fenole, podobnie jak alkohole, **mogą zawierać w cząsteczce więcej niż jedną grupę hydroksylową**. Fenole z jedną grupą —OH w cząsteczce to **fenole monohydroksylowe**, a te z kilkoma grupami —OH – **polihydroksylowe**. Najprostszymi przedstawicielami **fenoli polihydroksylowych** są benzeno-1,2-diol, benzeno-1,3-diol i benzeno-1,4-diol:



benzeno-**1,2**-diol
(pirokatechina)



benzeno-**1,3**-diol
(rezorcyna)



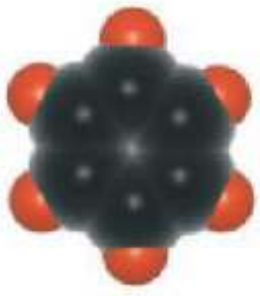
benzeno-**1,4**-diol
(hydrochinon)

Jak się tworzy nazwy fenoli monohydroksylowych?

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

Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

węglowodór



benzen

fenol

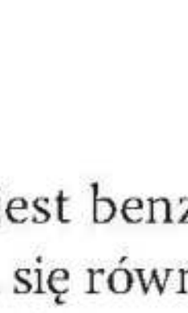


benzen**ol**

Najprostszym fenolem jest benzen**ol**. Jego nazwa zwyczajowa to **fenol**. Związek ten nazywa się również **hydroksybenzenem**.

Jeśli fenol ma także inne (niż grupa funkcyjna) podstawniki przyłączone do pierścienia, to również ich nazwy podaje się w jego nazwie systematycznej. Numerowanie atomów węgla rozpoczyna się od tego atomu, do którego jest przyłączona grupa —OH.

Najczęściej używa się jednak nazw zwyczajowych albo uproszczonych, np.:





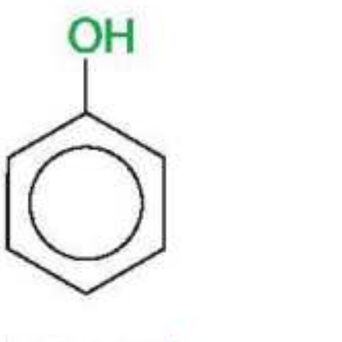
nazwy systematyczne:	benzen**ol**	2-metylobenzen**ol**
nazwy zwyczajowe:	fenol	2-metylofenol, metylofenol, krezol

Czy fenole tworzą izomery?

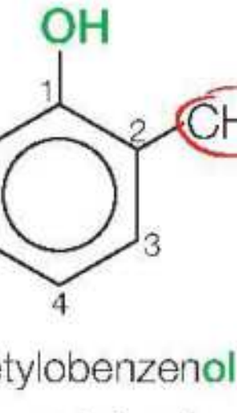
izomery konstytucyjne
- szkieletowe
- położenia
- funkcyjne

Fenole, które mają podstawnik przyłączony do pierścienia aromatycznego, tworzą **izomery położenia podstawników**. W nazwach zwyczajowych tych izomerów stosuje się przedrostki „***orto***-", „***meta***-", „***para***-", które można zastąpić skrótami „***o***-", „***m***-", „***p***-". Izomerami położenia podstawników są np. krezole:

2-metylobenzen**ol**
ortokrezol
o-krezol



3-metylobenzen**ol**
metakrezol
m-krezol



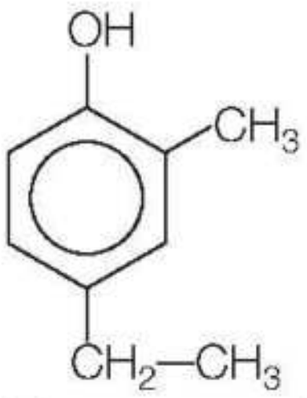
4-metylobenzen**ol**
parakrezol
p-krezol

Przedrostki „*orto*-", „*meta*-" i „*para*-" stosuje się wtedy, gdy w pierścieniu benzenu znajdują się dwa podstawniki.

Przykład 15.

Jak ustalić nazwę fenolu na podstawie jego wzoru?

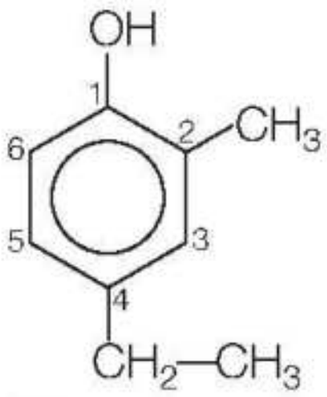
Podaj nazwę systematyczną fenolu o wzorze:



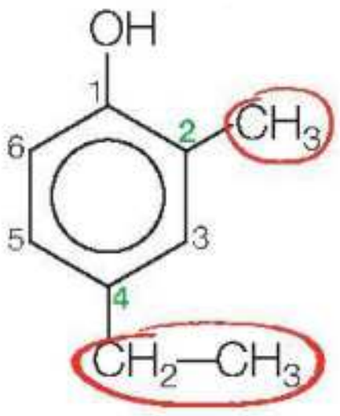
Plan rozwiązywania

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

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



2 W cząsteczce fenolu znajdują się: jeden podstawnik metylowy $-CH_3$ oraz jeden podstawnik etylowy $-CH_2-CH_3$. W nazwie należy wymienić je w kolejności alfabetycznej.



3 Nazwa tego fenolu to **4-etylo-2-metylo**benzenol.

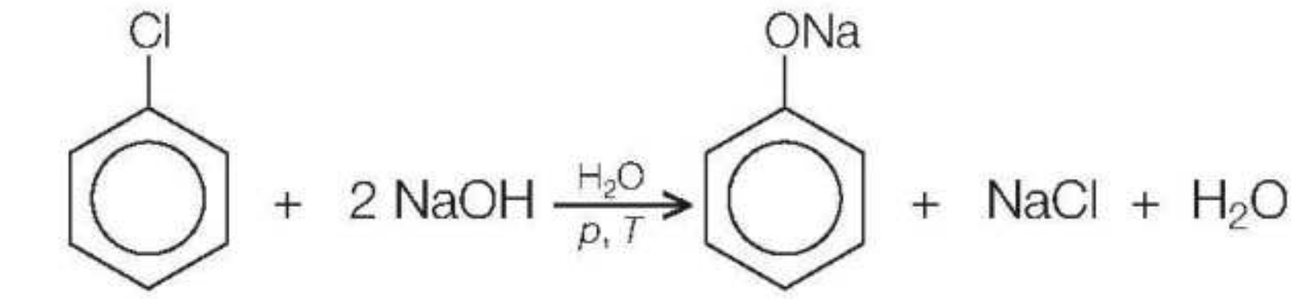
W jaki sposób można otrzymać fenol?

Fenol (benzenol) pozyskuje się **ze smoły węglowej** (fot. 68.) – produktu pirolizy węgla kamiennego (patrz *Paliwa kopalne i ich przetwarzanie*, s. 87). Innym sposobem otrzymania tego związku chemicznego jest **synteza fenolu z chlorobenzenu**. Proces ten przeprowadza się w dwóch etapach.

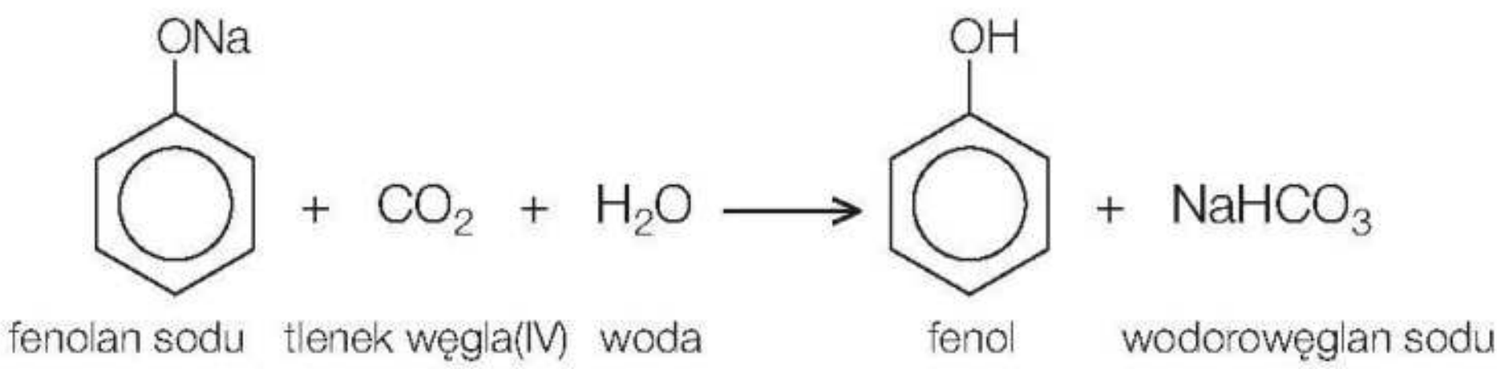


Fot. 68. Smoła węglowa.

Etap I. Produktem reakcji chlorobenzenu ze stężonym roztworem wodorotlenku sodu jest **sól – fenolan sodu**:



Etap II. Fenolan sodu jest poddawany reakcji z nasyconym roztworem CO_2:

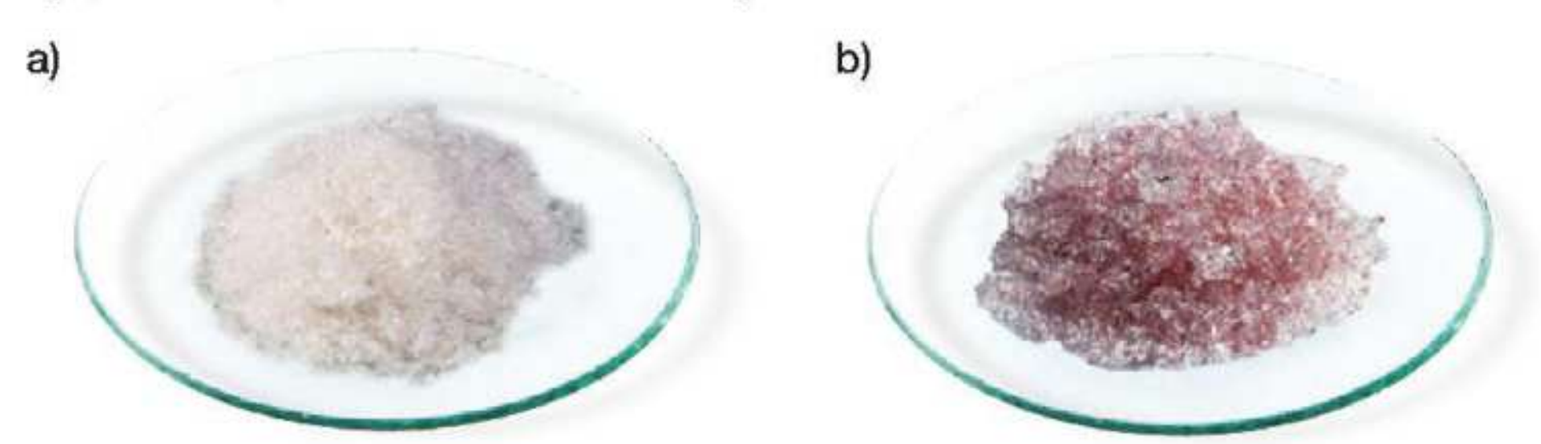


Jakie właściwości ma fenol?



Fenol jest substancją toksyczną, dlatego należy zachować szczególne środki ostrożności.

Fenol jest bezbarwną substancją stałą (fot. 69.a) o charakterystycznym zapachu, która pod wpływem powietrza przyjmuje barwę różową (fot. 69.b) lub nawet brunatną.

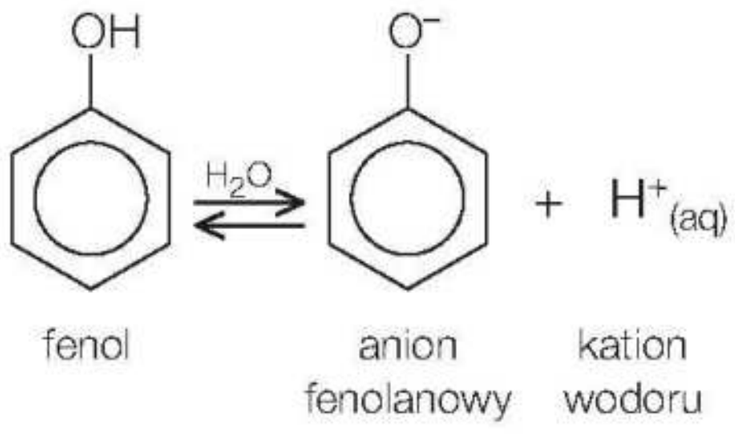


Fot. 69. Bezbarwne kryształy fenolu (a) pod wpływem tlenu z powietrza zmieniają barwę na różową (b).

Nie rozpuszcza się w zimnej wodzie – tworzy zawiesinę. W gorącej wodzie rozpuszcza się bardzo dobrze – powstaje klarowny roztwór. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w tym roztworze przyjmuje barwę czerwoną. Oznacza to, że ten roztwór ma odczyn kwasowy.

Fenol ulega w wodzie dysocjacji jonowej, która przebiega zgodnie z równaniem:

$\rightleftharpoons^{H_2O}$ oznaczenie dysocjacji odwracalnej



Fenol jest substancją toksyczną i żrącą – powoduje trudno gojące się oparzenia, a jego pary są trujące.

Jakim reakcjom chemicznym ulega fenol?

Doświadczenie 20.



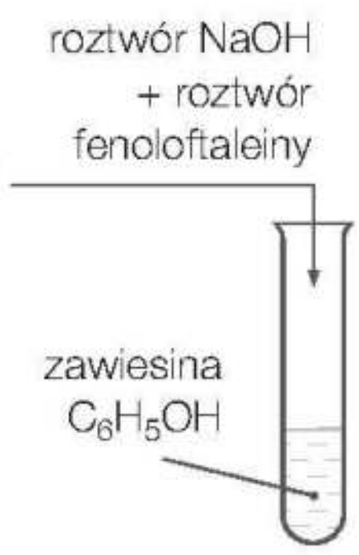
C_6H_5OH NaOH HCl

Reakcja fenolu z wodorotlenkiem sodu

Odczynniki: fenol, woda destylowana, stężony roztwór wodorotlenku sodu, kwas chlorowodorowy, roztwór fenoloftaleiny.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, wkraplacz, uniwersalny papierek wskaźnikowy, bagietka.

Instrukcja: Do probówki nalej wody destylowanej oraz dodaj niewielką ilość fenolu. Zawartość probówki wymieszaj bagietką. Do stężonego roztworu wodorotlenku sodu dodaj kilka kropli roztworu fenoloftaleiny. Następnie wkraplaj otrzymany roztwór do probówki z zawiesiną fenolu, aż roztwór stanie się klarowny (schemat). Do otrzymanego roztworu dodawaj wkraplaczem kwas chlorowodorowy aż do strącenia osadu.



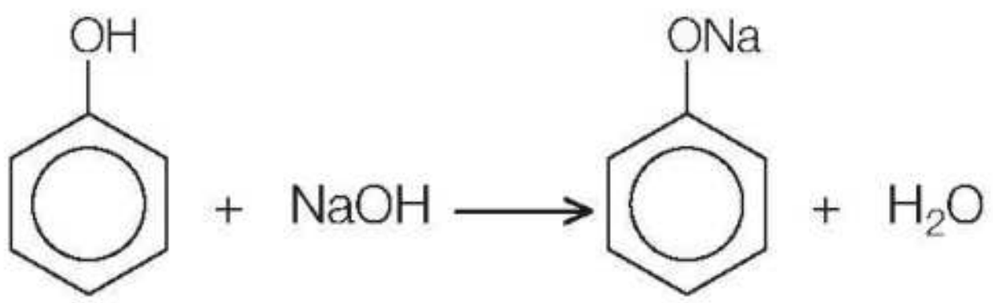
Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem (dygestorium) ze względu na toksyczne właściwości fenolu.



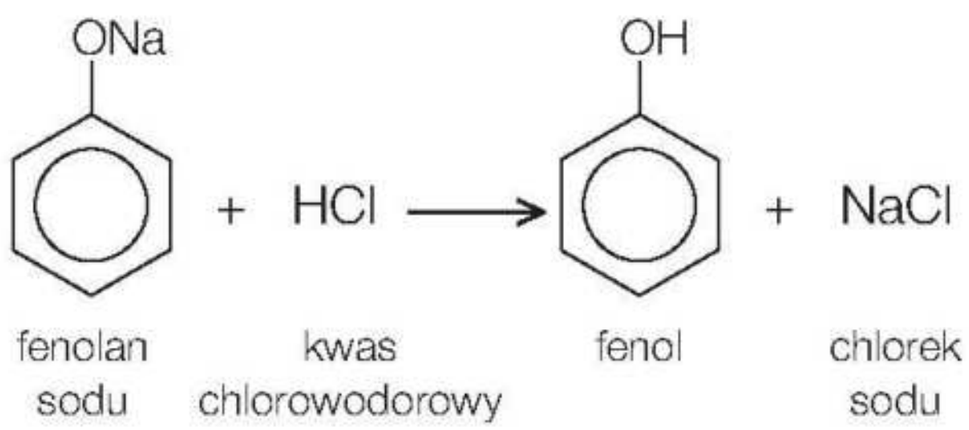
Obserwacje: Pod wpływem stężonego roztworu wodorotlenku sodu zawiesina zmienia się w klarowny roztwór. Po dodaniu kwasu chlorowodorowego roztwór odbarwia się i staje się mętny.

Wniosek: Fenol reaguje z wodorotlenkiem sodu.

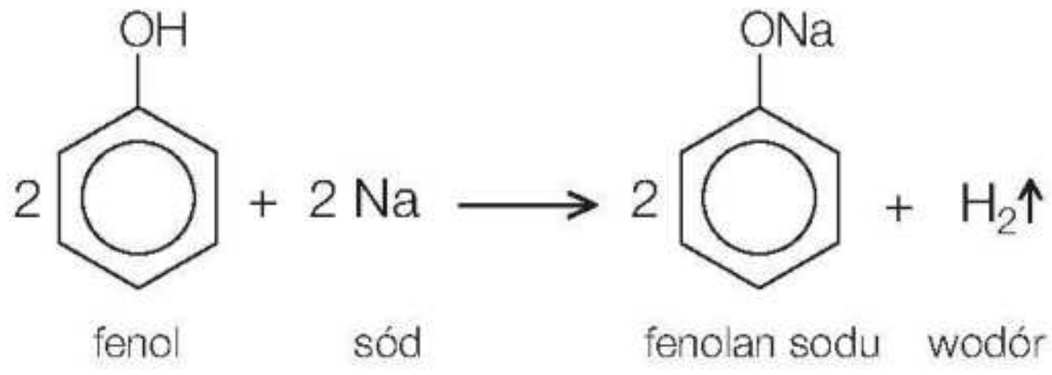
Reakcję chemiczną fenolu z wodorotlenkiem sodu przedstawia równanie:



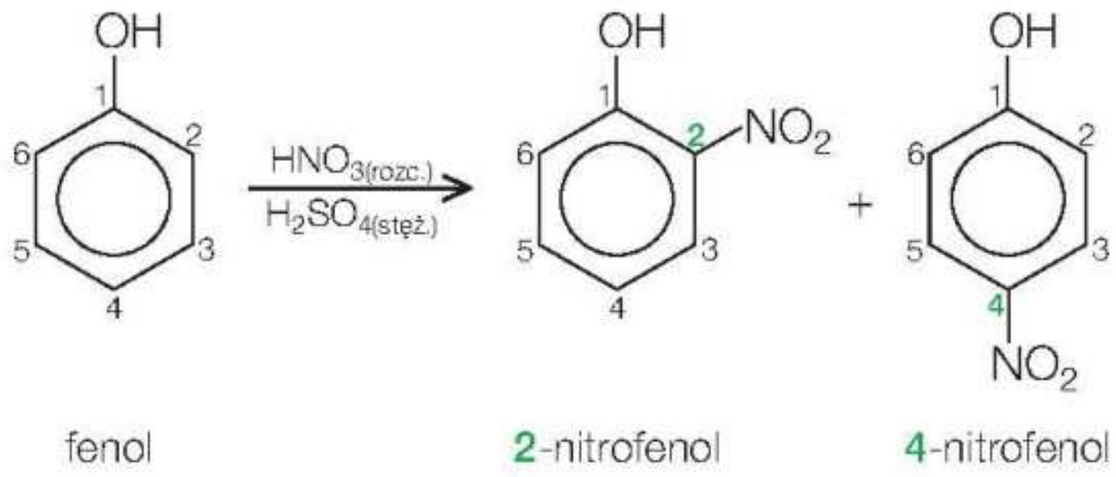
Otrzymany produkt – fenolan sodu – jest solą słabego kwasu i mocnej zasady. W reakcji z kwasem chlorowodorowym fenol jest wypierany przez mocniejszy kwas:



Fenol, podobnie jak alkohole mono- i polihydroksylowe, **reaguje z metalami aktywnymi chemicznie**, np. z sodem:



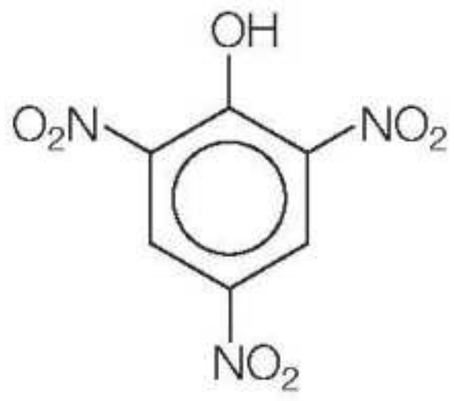
Fenol **reaguje** również **z kwasem azotowym(V)** w obecności stężonego H_2SO_4 (katalizatora). W reakcji z rozcieńczonym roztworem HNO_3 powstaje mieszanina produktów:





Fot. 70. 2,4,6-trinitrofenol był stosowany podczas I i II wojny światowej jako materiał wybuchowy do wypełniania pocisków.

Natomiast w reakcji ze stężonym roztworem kwasu azotowego(V) otrzymuje się 2,4,6-trinitrofenol (kwas pikrynowy) (fot. 70.) o wzorze:



2,4,6-trinitrofenol
(kwas pikrynowy)

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



Doświadczenie 21.

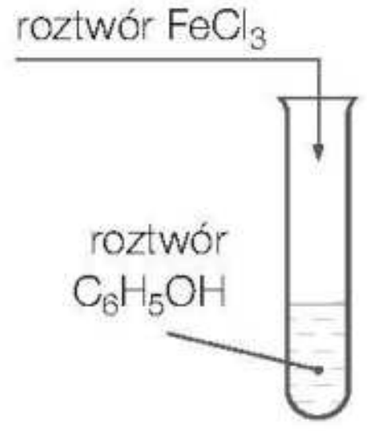


Wykrywanie fenolu – reakcja fenolu z chlorkiem żelaza(III)

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

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, wkraplacz.

Instrukcja: Do probówki nalej wodnego roztworu fenolu. Następnie wkraplaczem dodaj roztwór chlorku żelaza(III) (schemat).





Fot. 71. Reakcja z solami żelaza(III) jest charakterystyczna dla fenoli.

Obserwacje: Roztwór przyjął barwę fioletową (fot. 71.).

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

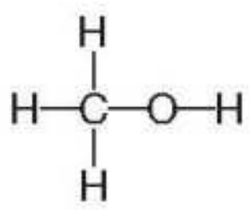
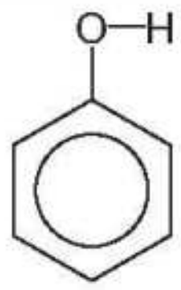
Reakcja z solami żelaza(III) jest reakcją charakterystyczną fenolu, która umożliwia wykrycie nawet śladowych jego ilości.

Podobnie reagują też inne fenole.

Jakie są podobieństwa i różnice we właściwościach alkoholi i fenoli?

Alkohole i fenole, mimo że mają taką samą grupę funkcyjną —OH, różnią się właściwościami (tabela 18.). Wynika to z różnej budowy tych grup związków chemicznych.

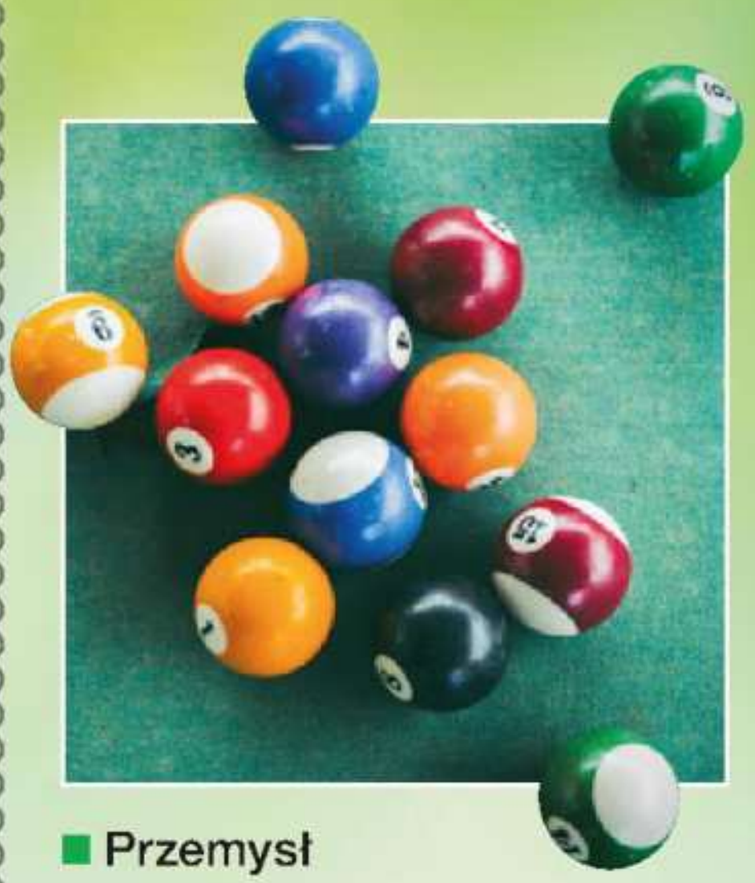
Tabela 18. Porównanie budowy i wybranych właściwości alkoholi i fenoli

Nazwa grupy związków	Alkohole	Fenole
Wzór ogólny	R—OH —R to grupa **alkilowa**	R—OH —R to grupa **arylowa**
Rodzaj grupy węglowodorowej	alifatyczna	aromatyczna
Wzór i nazwa grupy funkcyjnej	—OH grupa hydroksylowa	—OH grupa hydroksylowa
Wzór i nazwa pierwszego związku chemicznego w szeregu homologicznym	 metanol	 benzenol
Reakcja dysocjacji	nie dysocjują	ulegają reakcji dysocjacji z odszczepieniem kationu $H^+_{(aq)}$ z grupy hydroksylowej
Reakcja z fluorowcowodorami	reagują	nie reagują
Reakcja z litowcami	reagują – powstają związki chemiczne o charakterze soli (alkoholany)	reagują – powstają sole (fenolany)
Reakcja z wodorotlenkami litowców	nie reagują	reagują – powstają sole (fenolany)
Reakcja eliminacji wody	reagują	nie reagują
Charakter aromatyczny	nie wykazują	wykazują – ulegają np. reakcji nitrowania
Reakcja charakterystyczna	reakcja alkoholi polihydroksylowych mających dwie grupy —OH przy sąsiednich atomach węgla z $Cu(OH)_2$ – powstaje szafirowy roztwór	reakcja z jonami żelaza(III) – powstaje fioletowy roztwór

Zastosowania

Fenole

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



Przemysł tworzyw sztucznych

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



Przemysł chemiczny

Błękit bromofenolowy jest **wskaźnikiem kwasowo-zasadowym**. W roztworach o pH równym 3,0 ma barwę żółtą, natomiast jeśli pH roztworu jest wyższe niż 4,6 – barwi się na granatowofioletowo.

Przemysł rolniczy

Tymol (2-izopropylo-5-metylofenol) ze względu na właściwości insektobójcze jest składnikiem **preparatów zwalczających roztocza**, które są przyczyną chorób m.in. u pszczół miodnych.

Medycyna

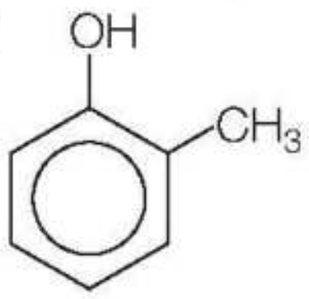
Triklosan działa antyseptycznie, przeciwbakteryjnie i konserwująco. Jest **składnikiem substancji używanych do mycia rąk** przed zabiegami chirurgicznymi oraz preparatów do odkażania narzędzi medycznych.

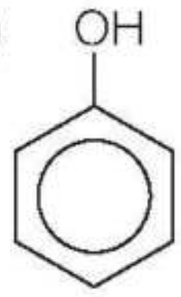


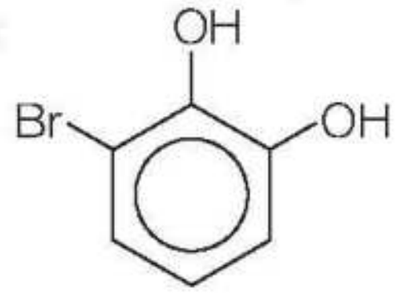
Zadania

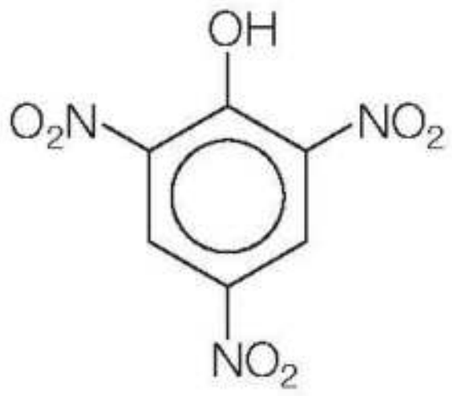
ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

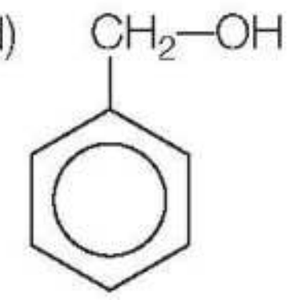
1. Wskaż wzory fenoli. Napisz ich nazwy systematyczne i zwyczajowe.

a) 

c) 

e) 

b) 

d) 

2. Metylofenol i fenylometanol to izomery konstytucyjne – mają ten sam wzór sumaryczny C_7H_8O, ale ich cząsteczki mają odmienną budowę (a w związku z tym różnią się także właściwościami fizykochemicznymi). **Napisz wzory strukturalne tych związków chemicznych oraz zaproponuj sposób ich rozróżnienia. Skorzystaj z przedstawionej tabeli.**

	Metylofenol	Fenylometanol
Szereg homologiczny	fenole	alkohole
Wzór sumaryczny	C_7H_8O	C_7H_8O
Masa cząsteczkowa, u	108,14	108,14
Gęstość w 20°C, $\frac{g}{cm^3}$	1,135	1,05
Stan skupienia w warunkach normalnych	substancja stała	ciecz

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

4. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, za pomocą którego wykażesz, że fenol jest słabszym kwasem niż kwas węglowy. **Narysuj schemat, zaproponuj obserwacje i wnioski oraz napisz odpowiednie równanie reakcji chemicznej.**

5. Oblicz, ilu gramów oraz ilu moli fenolu potrzeba, aby przereagował całkowicie z 200 cm^3 2-molowego roztworu wodorotlenku sodu.

Zapamiętaj!

Fenole – związki organiczne, w których cząsteczkach występują grupy hydroksylowe —OH bezpośrednio związane z atomami węgla pierścienia aromatycznego.

11. Aldehydy



Fot. 72. Aldehyd wanilinowy występuje w owocach wanilii płaskolistnej, z której produkuje się esencję zapachową dodawaną do ciast.

Charakterystyczna woń wanilii, którą czujemy po dodaniu do ciasta cukru wanilinowego lub ekstraktu z wanilii (fot. 72.), to zapach aldehydu wykorzystywanego także w przemyśle perfumeryjnym.

Co to są aldehydy?

Aldehydy to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę aldehydową** o wzorze sumarycznym **–CHO**. Grupa aldehydowa jest **grupą funkcyjną**.

Jak są zbudowane aldehydy?

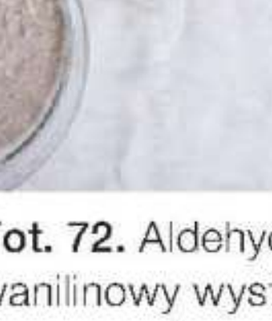
Cząsteczki aldehydów składają się z **grupy aldehydowej** połączonej z **grupą węglowodorową** lub **atomem wodoru**.

Wzór ogólny aldehydów ma postać:

$$R{-}CHO$$

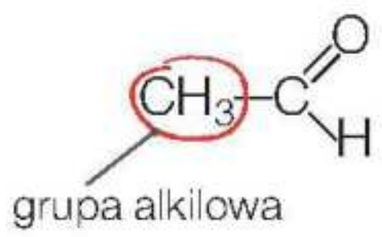
gdzie:
–R atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa,
–CHO grupa aldehydowa, czyli grupa funkcyjna.

Model grupy aldehydowej



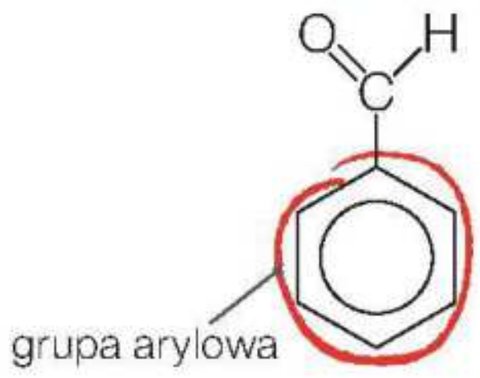
Modele atomów: wodoru węgla tlenu

aldehyd **alifatyczny**



etanal

aldehyd **aromatyczny**



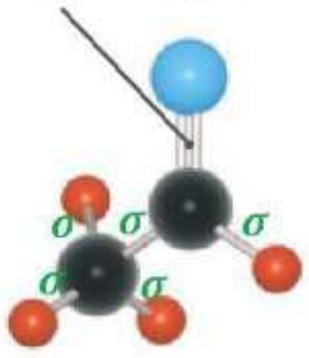
benzenokarboaldehyd (benzaldehyd)

Grupę aldehydową tworzy **grupa karbonylowa** $\rangle C{=}O$ **połączona z jednym atomem wodoru**. Najprostszy aldehyd zbudowany jest z grupy aldehydowej, do której jest przyłączony jeszcze jeden atom wodoru:



metanal

Model cząsteczki etanalu
wiązania w aldehydach
1 wiązanie typu σ
i 1 wiązanie typu π



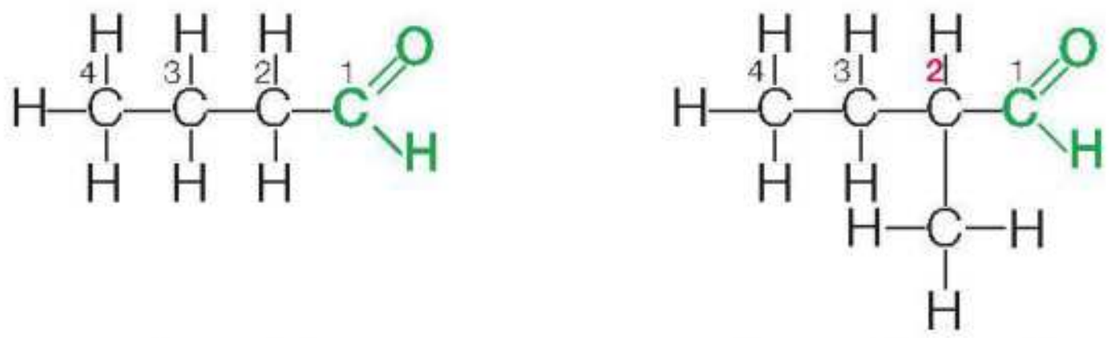
Jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ [czyt. sigma], a drugie – typu π [czyt. pi]. Pozostałe wiązania pojedyncze w cząsteczkach aldehydów są wiązaniami typu σ.

Jak się tworzy nazwy aldehydów alifatycznych?

Nazwy systematyczne aldehydów alifatycznych tworzy się podobnie jak nazwy alkoholi. Do nazwy odpowiedniego węglowodoru dodaje się końcówkę „-**al**", np.:



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



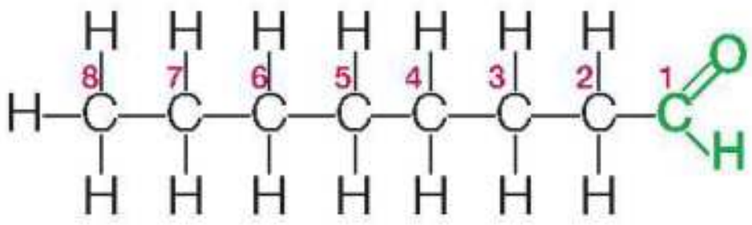


Butanal i 2-metylopropanal mają takie same liczby i rodzaje atomów w cząsteczce (ten sam wzór sumaryczny), ale inną budowę (inny wzór strukturalny). Oznacza to, że są **izomerami szkieletowymi**.

Izomery funkcyjne aldehydów poznasz w temacie *Ketony*, s. 150.



Podobnie jak podczas przygotowywania stołu dla gości trzeba doliczyć krzesło dla siebie…



…aby otrzymać poprawną nazwę aldehydu, **należy doliczyć atom węgla z grupy aldehydowej do liczby atomów węgla łańcucha grupy węglowodorowej.**

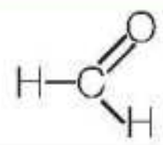
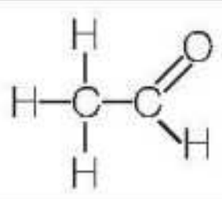
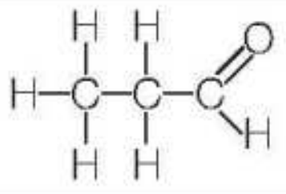
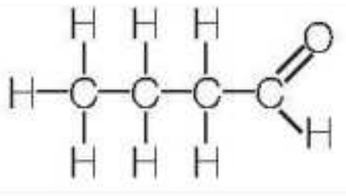
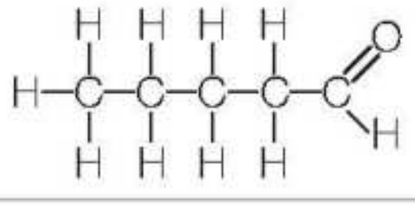
Nazwy zwyczajowe aldehydów składają się z dwóch wyrazów, np. aldehyd mrówkowy. Niektóre aldehydy mają dodatkowo jednowyrazowe nazwy zwyczajowe, np. formaldehyd, acetaldehyd (patrz tabela 19.).

Czy aldehydy tworzą szereg homologiczny?

Aldehydy tworzą różne szeregi homologiczne. Jeden z nich tworzą nasycone aldehydy alifatyczne. Jest on podobny do poznanych wcześniej szeregów, w których związki chemiczne są uporządkowane według zwiększającej się liczby atomów węgla w cząsteczce (tabela 19.).

Pierwszy w tym szeregu homologicznym jest metanal. Każdy kolejny związek chemiczny ma w cząsteczce o jeden atom węgla i dwa atomy wodoru (jedną grupę $—CH_2—$) więcej niż poprzedni.

Tabela 19. Szereg homologiczny nasyconych nierozgałęzionych aldehydów alifatycznych

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa		Wzór	
	systematyczna	zwyczajowa	sumaryczny	strukturalny
1	metanal	aldehyd mrówkowy, formaldehyd	CH_2O	
2	etanal	aldehyd octowy, acetaldehyd	C_2H_4O	
3	propanal	aldehyd propionowy	C_3H_6O	
4	butanal	aldehyd masłowy	C_4H_8O	
5	pentanal	aldehyd walerianowy, waleroaldehyd	$C_5H_{10}O$	

Jak zapisać wzór ogólny nasyconych aldehydów alifatycznych?

Na podstawie wzorów z szeregu homologicznego nasyconych aldehydów alifatycznych można wyprowadzić **wzór ogólny tych związków chemicznych**:

$$C_nH_{2n+1}CHO$$

gdzie:
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; $n \geqslant 0$.

Przykład 16.

W jaki sposób ustalić wzory nasyconego aldehydu alifatycznego na podstawie jego nazwy?

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

1 Wzór ogólny nasyconych aldehydów alifatycznych, do których należy butanal, to:
$C_nH_{2n+1}CHO$

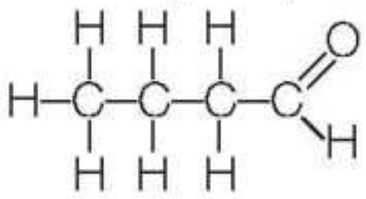
2 Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w grupie alkilowej aldehydu. Butanal jest pochodną butanu, związku mającego cztery atomy węgla w cząsteczce. Jeden atom węgla tworzy grupę aldehydową —CHO, zatem:
$n = 3$

3 $C_3H_{2\cdot 3+1}CHO$ C_3H_7CHO

4 Wzór sumaryczny: C_4H_8O

5 Butanal jest aldehydem nasyconym.

Wzór strukturalny:



Wzór półstrukturalny: $CH_3—CH_2—CH_2—CHO$
Wzór grupowy: $CH_3(CH_2)_2CHO$

Plan rozwiązywania

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

W jaki sposób można otrzymać aldehydy?

Doświadczenie 22. CH_3CH_2OH CuO

Otrzymywanie etanalu

Odczynniki: drut miedziany (najlepiej gruby), etanol.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łapa drewniana, palnik gazowy.
Instrukcja: Chwyć łapą drewnianą drut miedziany i ogrzewaj go w płomieniu palnika do czerwoności, a następnie ostudź. Powtórz te czynności kilkukrotnie, aż powierzchnia metalu pokryje się nalotem. Wprowadź drut do probówki i bardzo ostrożnie zanurz go w ciekłym etanolu.



Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem ze względu na toksyczne właściwości produktu tej reakcji chemicznej.

Obserwacje: Powierzchnia drutu miedzianego ogrzewanego w płomieniu palnika pokrywa się czarnym nalotem. Po wprowadzeniu drutu do probówki z etanolem nalot znika, a drut miedziany ma ponownie barwę różową lub ceglastoczerwoną. Roztwór w probówce pozostaje bezbarwny i klarowny. Wyczuwalna jest zmiana zapachu zawartości probówki.

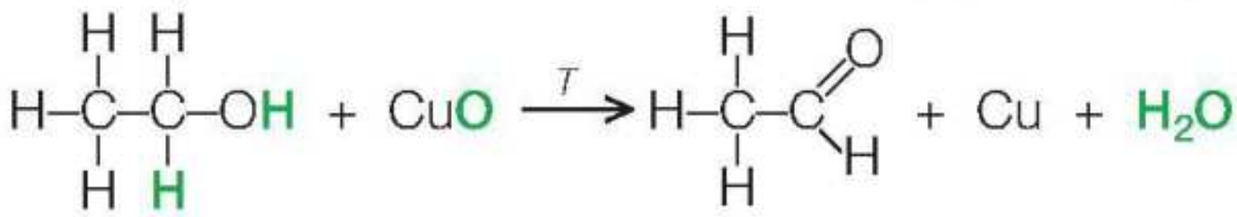
Wniosek: Miedź ogrzewana w płomieniu palnika utlenia się tlenem z powietrza. Czarny nalot to tlenek miedzi(II) CuO. Po wprowadzeniu do etanolu gorącej miedzi pokrytej nalotem zachodzi reakcja chemiczna, w której tlenek miedzi(II) redukuje się do metalicznej miedzi.

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

$$2\,Cu + O_2 \longrightarrow 2\,CuO$$

miedź tlen tlenek miedzi(II)

Etanol w wyniku kontaktu z tlenkiem miedzi(II) utlenia się do etanalu:



etanol tlenek miedzi(II) etanal miedź woda

Aldehydy są więc produktami utleniania alkoholi pierwszorzędowych za pomocą słabych utleniaczy, np. CuO. Użycie silnego utleniacza sprawia, że powstają kwasy karboksylowe (patrz doświadczenie 28., s. 170).

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

$$2\,CH_3OH + O_2 \xrightarrow{\text{kat., } T = 600^\circ C} 2\,HCHO + 2\,H_2O$$

metanol tlen metanal woda

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

$$CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{HgSO_4,\ H_2SO_4} CH_3CHO$$

etyn woda etanal

Jakie właściwości mają aldehydy?

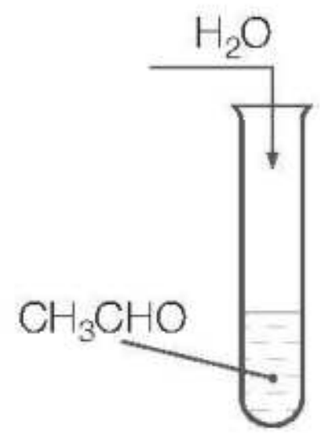
Doświadczenie 23. CH_3CHO

Badanie właściwości etanalu

Odczynniki: etanal, woda destylowana.

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

Instrukcja: Nalej do probówki ok. 3 cm^3 etanalu. Określ jego stan skupienia i barwę. Następnie dodaj do probówki taką samą ilość wody destylowanej (schemat). Zamknij probówkę korkiem i mocno nią wstrząśnij. W otrzymanym roztworze zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy i porównaj jego barwę ze skalą umieszczoną na opakowaniu.



Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem ze względu na toksyczne właściwości etanalu.



Obserwacje: Etanal jest bezbarwną cieczą. Po wymieszaniu powstała mieszanina jednorodna. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w tym roztworze nie zmienia barwy (fot. 73.).
Wniosek: Etanal jest substancją rozpuszczalną w wodzie. Jego wodny roztwór ma odczyn obojętny.



Fot. 73. Barwa papierka wskaźnikowego nie zmienia się, czyli wodny roztwór etanalu ma odczyn obojętny (etanal nie dysocjuje).

Etanal jest substancją toksyczną, drażni błony śluzowe i powoduje łzawienie.

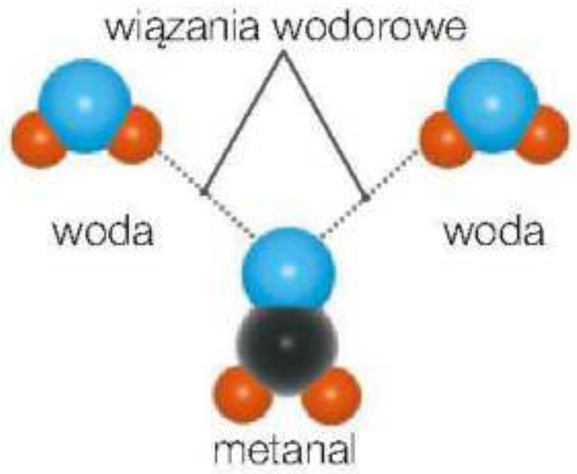
W temperaturze pokojowej aldehyd o najmniejszej masie cząsteczkowej, **metanal, jest gazem**. Jego 40-procentowy wodny roztwór to **formalina** (fot. 74.) – bezbarwna ciecz o ostrym zapachu. Kolejne aldehydy w szeregu homologicznym to **ciecze**, na ogół bezbarwne.

Oddziaływania między cząsteczkami aldehydów są słabe, dlatego te cząsteczki nie ulegają asocjacji. W wyniku tego aldehydy są bardziej lotne (czyli mają niższe temperatury wrzenia) niż alkohole o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce – mimo iż mają podobną masę cząsteczkową (patrz tabela 21., s. 154).

W odróżnieniu od związków z grupą hydroksylową cząsteczki aldehydów nie zawierają polarnego wiązania —O—H, a jedynie atom tlenu z wolnymi parami elektronowymi. W związku z tym między ich cząsteczkami **nie powstają wiązania wodorowe**. Mogą natomiast tworzyć wiązania wodorowe z cząsteczkami wody (ze względu na obecność atomu tlenu z wolnymi parami elektronowymi), dlatego dobrze się w niej rozpuszczają.



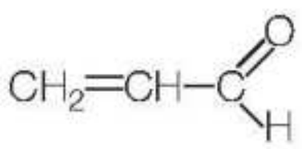
Fot. 74. Formalina była stosowana do konserwacji i przechowywania preparatów biologicznych. Obecnie używa się do tego stężonego roztworu etanolu.



Aldehydy o niewielkiej masie cząsteczkowej, np. metanal, są trujące, drażniące i rakotwórcze. Te o dużej masie cząsteczkowej, zwłaszcza aldehydy aromatyczne, nie są toksyczne.

Chemia w akcji

Podczas długotrwałego smażenia na oleju w wysokiej temperaturze wydziela się aldehyd – **akroleina** (fot. 75.).



akroleina (propenal)



Fot. 75. Akroleina to trująca, bezbarwna, lotna ciecz o gryzącej woni, która działa drażniąco na błony śluzowe oczu, nosa i gardła.

Jakim reakcjom ulegają aldehydy?

Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Doświadczenie 24.



Reakcja metanalu z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I) – próba Tollensa

Odczynniki: wodny roztwór metanalu (formalina), roztwór azotanu(V) srebra(I), stężony roztwór wodorotlenku sodu, wodny roztwór amoniaku, woda destylowana, gorąca woda, płyn do mycia naczyń.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipety.

Instrukcja: Umyj starannie probówkę z użyciem płynu do mycia naczyń, a potem dokładnie ją wypłucz wodą destylowaną (dzięki temu wynik doświadczenia będzie bardziej efektowny). Wlej do probówki ok. 3 cm^3 roztworu azotanu(V) srebra(I) i dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami roztwór amoniaku aż do całkowitego roztworzenia się strąconego osadu. Na koniec do otrzymanego odczynnika Tollensa dodaj ok. 1 cm^3 roztworu metanalu i umieść probówkę w zlewce z gorącą wodą (schemat).



Należy stosować świeżo otrzymane roztwory amoniakalne, ponieważ w tych, które są przechowywane przez dłuższy czas, mogą powstać wybuchowe związki srebra.



Fot. 76. Na ściankach probówki osadza się metaliczne srebro, tworząc lustro.

odczynnik Tollensa – amoniakalny roztwór tlenku srebra(I)

Obserwacje: W trakcie dodawania do roztworu azotanu(V) srebra(I) stężonego roztworu wodorotlenku sodu strąca się brunatny osad. Pod wpływem dodawanego roztworu amoniaku osad zanika. Po dodaniu aldehydu i ogrzaniu probówki jej ścianki pokrywają się błyszczącym, srebrzystym nalotem (fot. 76.).

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

Równania zachodzących reakcji chemicznych:

$$\underset{\text{kation srebra(I)}}{2\,Ag^+} + \underset{\text{anion wodorotlenkowy}}{2\,OH^-} \longrightarrow \underset{\text{tlenek srebra(I)}}{Ag_2O\downarrow} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{tlenek srebra(I)}}{Ag_2O} + \underset{\text{amoniak}}{4\,NH_{3\,(aq)}} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{kation diaminasrebra(I)}}{2\,[Ag(NH_3)_2]^+} + \underset{\text{anion wodorotlenkowy}}{2\,OH^-}$$

Metanal ulega utlenianiu do kwasu metanowego (mrówkowego). Reakcja chemiczna przebiega w środowisku zasadowym, dlatego zamiast kwasu karboksylowego powstaje jego sól (anion kwasu karboksylowego):

$$2\,[Ag(NH_3)_2]^+ + HCHO + 3\,OH^- \xrightarrow{T} 2\,Ag\downarrow + HCOO^- + 4\,NH_3 + 2\,H_2O$$

kation diaminasrebra(I) | metanal | anion wodorotlenkowy | srebro | anion metanianowy | amoniak | woda

Uproszczony zapis równania reakcji utleniania metanalu za pomocą odczynnika Tollensa ma postać:

$$HCHO + Ag_2O \xrightarrow{T,\ NH_{3(aq)}} HCOOH + 2\,Ag\downarrow$$

Doświadczenie 25. $CuSO_4$ $NaOH$, HCHO HCHO

Reakcja metanalu z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera

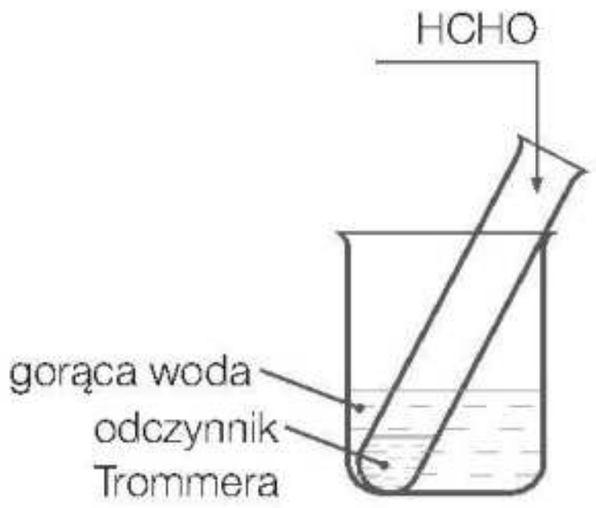
Odczynniki: wodny roztwór metanalu (formalina), roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipety.

Instrukcja: Do probówki zawierającej ok. 3 cm^3 roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) dodaj pipetą roztwór wodorotlenku sodu. Następnie do otrzymanego odczynnika Trommera dodaj ok. 1 cm^3 roztworu metanalu. Umieść probówkę w zlewce z gorącą wodą (schemat).

Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.





odczynnik Trommera – osad wodorotlenku miedzi(II)

Obserwacje: Po dodaniu do roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) roztworu wodorotlenku sodu strąca się niebieski, galaretowaty osad. Dodanie roztworu metanalu i ogrzanie probówki powoduje, że osad zmienia barwę z niebieskiej na ceglastoczerwoną (fot. 77.).

Wniosek: Otrzymany osad wodorotlenku miedzi(II) reaguje z metanalem i redukuje się do tlenku miedzi(I). Metanal ulega utlenieniu.

Reakcje chemiczne przebiegają zgodnie z równaniami:

$$CuSO_4 + 2\,NaOH \longrightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

siarczan(VI) miedzi(II) | wodorotlenek sodu | wodorotlenek miedzi(II) | siarczan(VI) sodu

$$HCHO + 2\,Cu(OH)_2 + OH^- \xrightarrow{T} HCOO^- + Cu_2O\downarrow + 3\,H_2O$$

metanal | wodorotlenek miedzi(II) | anion wodorotlenkowy | anion metanianowy | tlenek miedzi(I) | woda



Fot. 77. Osad w probówce zmienia barwę z niebieskiej na ceglastoczerwoną.

Próby Tollensa i Trommera służą do identyfikacji związków chemicznych, które mają w cząsteczce grupę aldehydową.



Fot. 78. Poliformaldehyd jest wykorzystywany do produkcji m.in. kostek do gry na gitarze.

Metanal może też **ulegać reakcji polimeryzacji** (np. pod wpływem światła) i w wyniku tej reakcji chemicznej tworzyć wielkocząsteczkowy liniowy produkt – **poliformaldehyd** (fot. 78.) – o wzorze $HO(CH_2O)_nH$, gdzie $n = 8–100$:

$$n\,HCHO \longrightarrow \left[CH_2–O\right]_n$$

metanal (monomer) → poliformaldehyd (polimer)

Aldehydy mogą ulegać reakcji redukcji do alkoholi pierwszorzędowych, np.:

$$CH_3–\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} + H_2 \xrightarrow{\text{kat.}} CH_3CH_2OH$$

etanal + wodór → etanol

Zastosowania

Aldehydy

Metanal jest stosowany do produkcji tworzyw sztucznych, leków i barwników. Przyjemny zapach aldehydów powoduje, że często wykorzystuje się je też w przemyśle perfumeryjnym, kosmetycznym i spożywczym.



■ Przemysł perfumeryjny

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



■ Przemysł kosmetyczny

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



■ Przemysł spożywczy

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

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory półstrukturalne aldehydów o podanych nazwach systematycznych.**
   a) pentanal
   b) heptanal
   c) 3-metylobutanal
   d) 2-etylo-4-metylopentanal

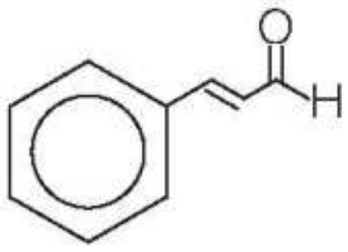
2. **Wskaż nazwy aldehydów (a–d), które są względem siebie izomerami. Uzasadnij odpowiedź.**
   a) pentanal
   b) heptanal
   c) 3-metylobutanal
   d) 2,4-dimetylopentanal

3. **Wskaż zdania, które są prawdziwe.**
   a) Benzaldehyd to związek aromatyczny.
   b) Aldehydy o małych masach cząsteczkowych nie rozpuszczają się w wodzie.
   c) Cząsteczki aldehydów ulegają asocjacji.
   d) Metanal jest w warunkach normalnych gazem.

4. Grupa aldehydowa łatwo się utlenia, czyli wykazuje właściwości redukujące. Reakcją charakterystyczną aldehydów wykorzystującą tę właściwość jest próba Tollensa (próba lustra srebrowego). **Napisz uproszczone równanie reakcji chemicznej zachodzącej podczas próby Tollensa z propanalem.**



5. Aldehydy aromatyczne to związki, w których grupa aldehydowa jest połączona bezpośrednio z atomem węgla należącym do pierścienia aromatycznego. Aldehyd cynamonowy to związek chemiczny o wzorze:



Jest substancją zapachową występującą w korze drzew cynamonowych.
a) **Ustal, czy ten związek chemiczny jest aldehydem aromatycznym. Uzasadnij odpowiedź.**
b) **Oblicz jego masę cząsteczkową.**

Zapamiętaj!

Aldehydy – związki chemiczne zawierające grupę funkcyjną  (grupę aldehydową).

12. Ketony

Najprostszym ketonem jest aceton. Jest on głównym składnikiem wielu zmywaczy lakieru do paznokci (fot. 79.), ponieważ jest dobrym rozpuszczalnikiem.



Fot. 79. Lakiery do paznokci z dodatkiem acetonu szybciej wysychają.

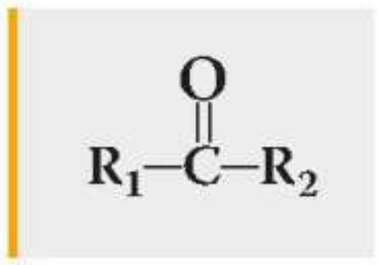
Co to są ketony?

Ketony to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karbonylową** o wzorze sumarycznym >C=O. Grupa karbonylowa jest **grupą funkcyjną**.

Jak są zbudowane ketony?

Cząsteczki ketonów składają się z **grupy karbonylowej** połączonej z **dwiema grupami węglowodorowymi – alkilowymi** lub **arylowymi**.

Wzór ogólny ketonów ma postać:



gdzie:

$-R_1$, $-R_2$ grupy alkilowe lub arylowe,

>C=O grupa karbonylowa, czyli grupa funkcyjna.

W cząsteczce ketonu grupy $-R_1$ i $-R_2$ mogą być takie same lub różne. Jednak nie mogą to być atomy wodoru, ponieważ gdyby zamiast obu lub jednej z grup ($-R_1$ lub $-R_2$) był atom wodoru, to wzór przedstawiałby aldehyd:

Model grupy karbonylowej

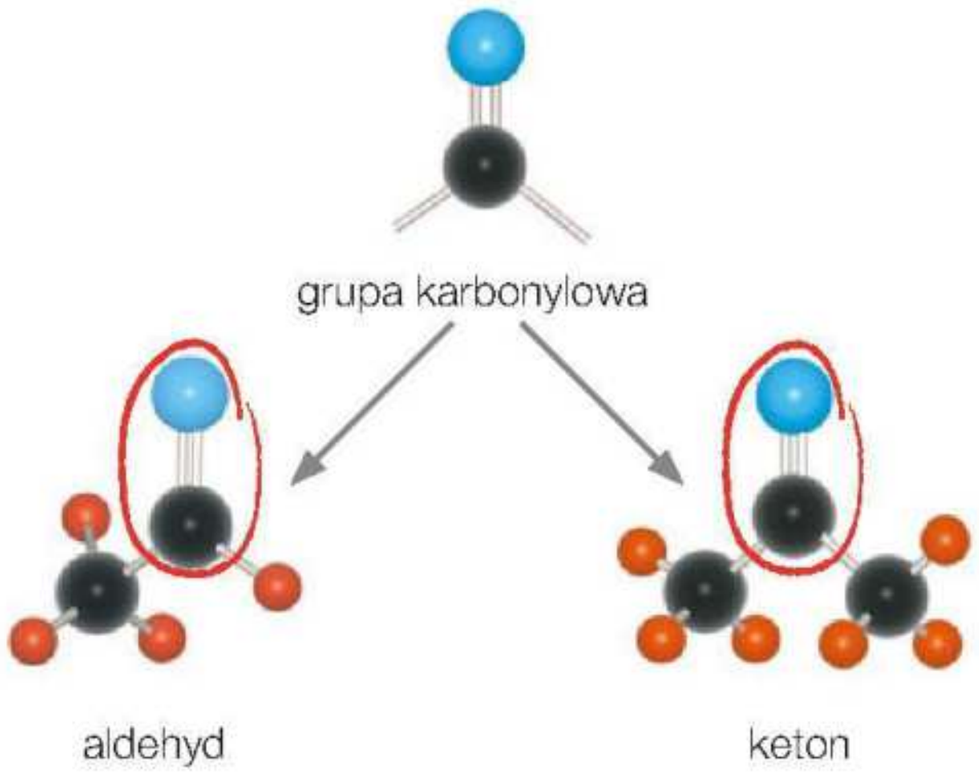


Model cząsteczki propan-2-onu

wiązania w ketonach

1 wiązanie typu σ i 1 wiązanie typu π

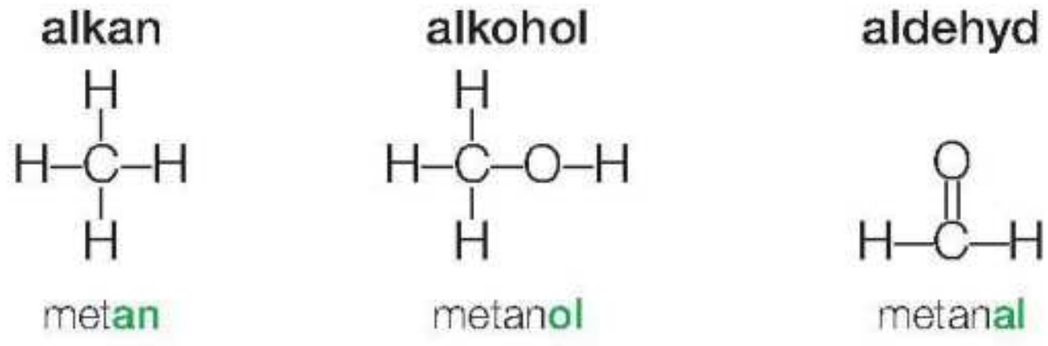
Modele atomów: wodoru węgla tlenu



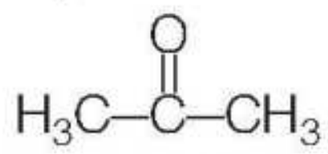
Jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ [czyt. sigma], a drugie – typu π [czyt. pi]. Pozostałe wiązania (pojedyncze) w cząsteczkach ketonów są wiązaniami typu σ.

Jak jest zbudowana cząsteczka najprostszego ketonu?

Najprostszy keton ma łańcuch węglowy składający się **z trzech atomów węgla**, czym znacząco różni się od najprostszych alkanów, alkoholi oraz aldehydów, które mają jeden atom węgla w cząsteczce:



Najprostszą grupą węglowodorową jest grupa metylowa. Jeśli podstawimy ją za $-R_1$ i $-R_2$ we wzorze ogólnym ketonów (patrz s. 150), otrzymamy związek chemiczny o wzorze:



nazwa systematyczna: propan-2-on
nazwa zwyczajowa: aceton

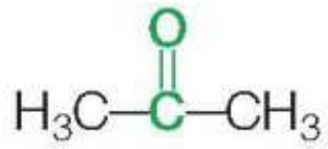
Model cząsteczki propan-2-onu (acetonu)



Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

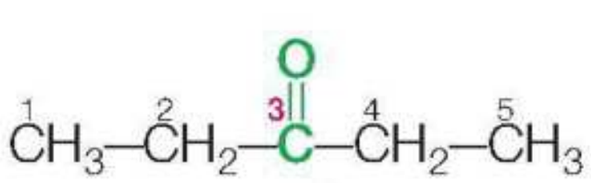
Jak się tworzy nazwy ketonów?

Nazwy systematyczne ketonów (tabela 20., s. 152) tworzy się przez dodanie końcówki „-**on**" do nazwy węglowodoru o odpowiedniej liczbie atomów węgla (licząc też atom węgla z grupy karbonylowej), np.:

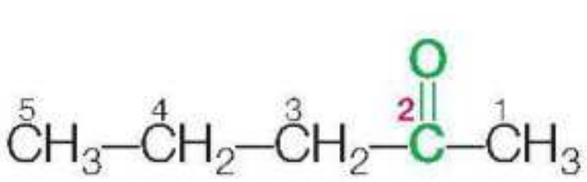


propan-2-**on**

Ketony, które mają w cząsteczce co najmniej pięć atomów węgla, mogą różnić się położeniem grupy karbonylowej. Dlatego w nazwach takich ketonów między rdzeniem nazwy a końcówką „-**on**" trzeba wpisać lokant atomu węgla w grupie karbonylowej. Atomy węgla w cząsteczce trzeba numerować tak, aby **lokant** atomu węgla w grupie karbonylowej był jak najmniejszy. Na przykład:



pentan-**3**-**on**



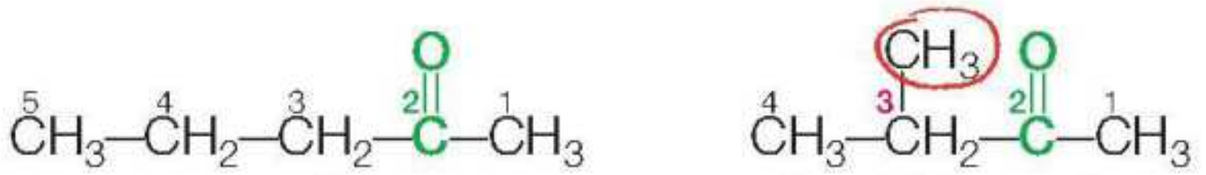
pentan-**2**-**on**

Ketony o tym samym wzorze sumarycznym, ale innym położeniu grupy karbonylowej, np. pentan-3-on i pentan-2-on – oba o wzorze sumarycznym $C_5H_{10}O$, są **izomerami położenia grupy funkcyjnej**.

Ketony mogą różnić się też budową łańcucha węglowego – mieć proste lub rozgałęzione łańcuchy węglowe. Nazwy ketonów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych tworzy się podobnie jak nazwy alkanów o rozgałęzionych łańcuchach węglowych (patrz *Zjawisko izomerii*, s. 30).

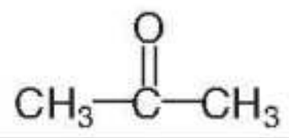
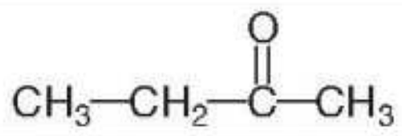
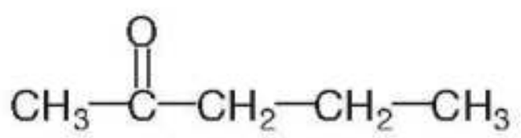
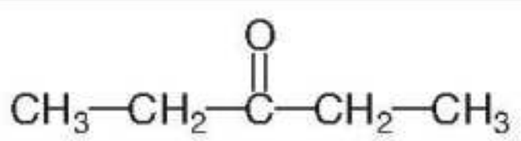
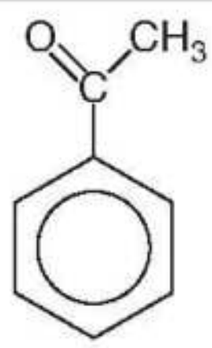
Jeżeli atom węgla tworzący grupę karbonylową ma lokant 1, to znaczy, że dany wzór przedstawia cząsteczkę aldehydu, a nie ketonu.

łańcuch prosty **łańcuch rozgałęziony**

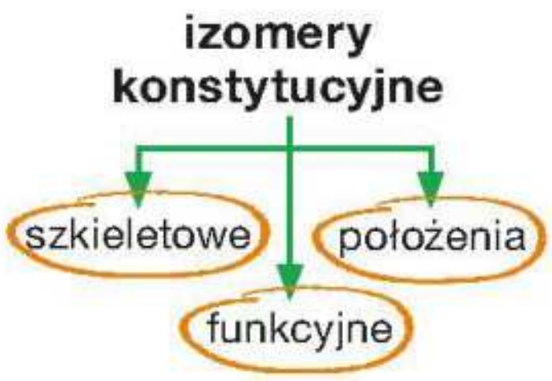


Ketony, które różnią się budową łańcucha węglowego, ale mają ten sam wzór sumaryczny, np. pentan-2-on i 3-metylobutan-2-on – oba o wzorze sumarycznym $C_5H_{10}O$, są **izomerami szkieletowymi**.

Tabela 20. Wzory i nazwy wybranych ketonów

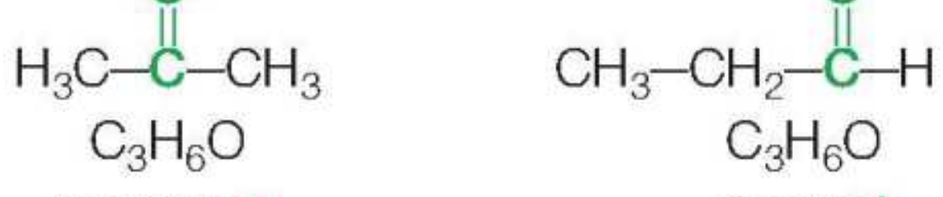
Liczba atomów węgla w cząsteczce	Wzór		Nazwa systematyczna
	sumaryczny	strukturalny	
3	C_3H_6O		propan-2-on, keton dimetylowy
4	C_4H_8O		butan-2-on, keton etylowo-metylowy
5	$C_5H_{10}O$		pentan-2-on, keton metylowo-propylowy
5	$C_5H_{10}O$		pentan-3-on, keton dietylowy
8	C_8H_8O		1-fenyloetanon, keton fenylowo-metylowy

Jakie izomery tworzą ketony?



Ketony, oprócz omówionych wcześniej izomerów szkieletowych i położenia, tworzą też **izomery funkcyjne** z aldehydami. Izomery takie zawierają w cząsteczkach różne grupy funkcyjne. Przykładem takich izomerów są propan-2-on i propanal:

keton **aldehyd**



Ketony i aldehydy, które mają takie same liczby i rodzaje atomów w cząsteczce (ten sam wzór sumaryczny), są **izomerami funkcyjnymi**.

W cząsteczkach aldehydów grupa karbonylowa $\rangle C{=}O$ zawiera się w grupie aldehydowej –CHO. W przypadku ketonów nie jest ona częścią żadnej innej grupy funkcyjnej.

W jaki sposób można otrzymać ketony?

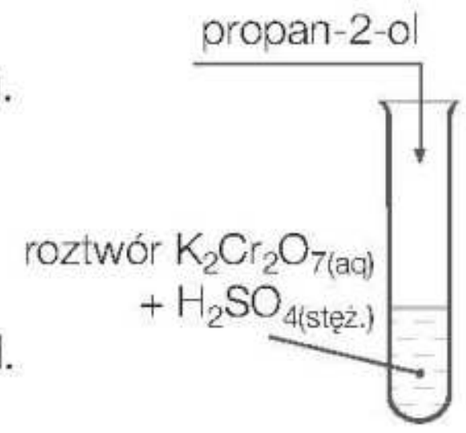
Ketony, podobnie jak aldehydy, otrzymuje się w reakcjach utleniania alkoholi. Aldehydy powstają w wyniku utleniania alkoholi pierwszorzędowych (patrz doświadczenie 22., s. 143), natomiast **ketony – utlenia alkoholi drugorzędowych** (alkohole trzeciorzędowe nie ulegają utlenieniu).

Doświadczenie 26.



Badanie zachowania alkoholu drugorzędowego wobec utleniacza

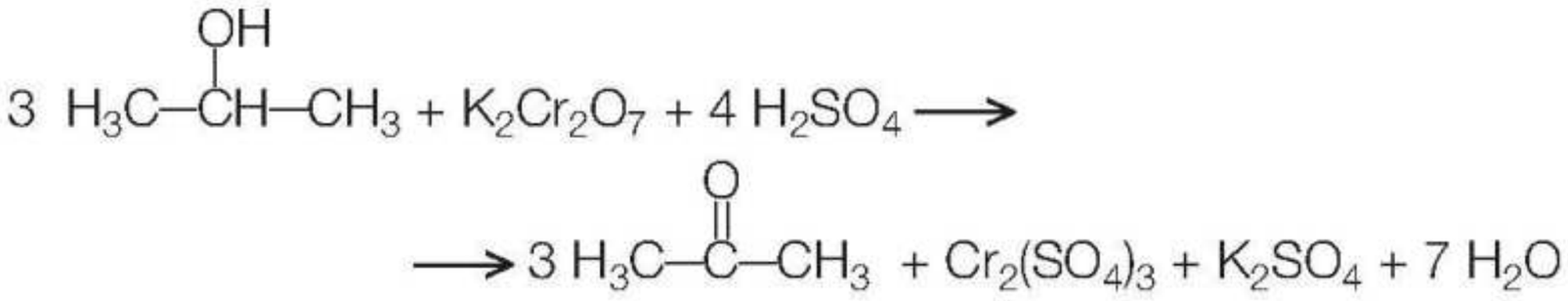
Odczynniki: propan-2-ol, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), wodny roztwór dichromianu(VI) potasu.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, bagietka.
Instrukcja: Do probówki wlej wodny roztwór dichromianu(VI) potasu, następnie dodaj stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), a na koniec propan-2-ol. Wymieszaj ostrożnie zawartość probówki bagietką.



Obserwacje: Roztwór w probówce zmienił barwę z pomarańczowej na zieloną. Wyczuwalny jest zapach acetonu.

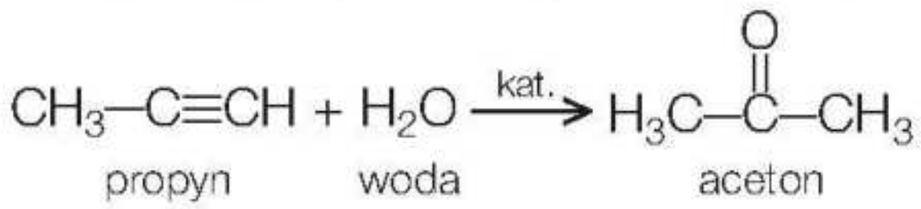
Wniosek: Zaszła reakcja chemiczna. Alkohol drugorzędowy w obecności utleniacza ulega reakcji utleniania do ketonu.

Przebieg reakcji chemicznej można przedstawić za pomocą równania:



$$3\ H_3C{-}\overset{\overset{OH}{|}}{C}H{-}CH_3 + K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 \longrightarrow 3\ H_3C{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O$$

Innym sposobem otrzymywania ketonów jest addycja cząsteczki wody do alkinów (uwodnienie) w obecności katalizatora. W ten sposób na skalę przemysłową uzyskuje się aceton (propan-2-on):



$$\underset{\text{propyn}}{CH_3{-}C{\equiv}CH} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \xrightarrow{\text{kat.}} \underset{\text{aceton}}{H_3C{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}CH_3}$$

Jakie właściwości mają ketony?

W temperaturze pokojowej ketony są cieczami. Ich cząsteczki, podobnie jak cząsteczki aldehydów, nie ulegają asocjacji – związki te są bardziej lotne niż alkohole o tej samej liczbie atomów węgla w cząsteczce (tabela 21., s. 154). Cząsteczki ketonów, tak jak cząsteczki aldehydów, mogą tworzyć wiązania wodorowe z cząsteczkami wody, dlatego **ketony o niewielkich masach cząsteczkowych dobrze rozpuszczają się w wodzie** (fot. 80.).



Fot. 80. Keton o najmniejszej masie cząsteczkowej – aceton w temperaturze pokojowej jest cieczą, która bardzo dobrze (bez ograniczeń) rozpuszcza się w wodzie.

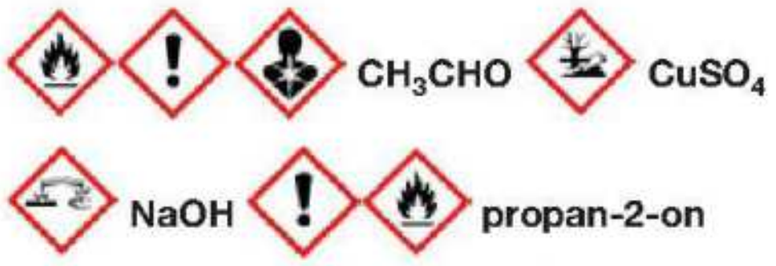
Tabela 21. Porównanie właściwości fizycznych alkoholi, aldehydów i ketonów o trzech atomach węgla w cząsteczkach (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Właściwość \ Nazwa	Propan-2-ol	Propanal	Propan-2-on
Szereg homologiczny	alkohole	aldehydy	ketony
Wzór grupowy	$CH_3CH(OH)CH_3$	CH_3CH_2CHO	CH_3COCH_3
Masa cząsteczkowa, u	60	58	58
Gęstość w 25°C, g/cm^3	0,78	0,79	0,78
Temperatura topnienia, °C	–88	–80	–95
Temperatura wrzenia, °C	82	48	56
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	ciecz	ciecz	ciecz
Rozpuszczalność w wodzie, g/100g H_2O	nieograniczona	20	nieograniczona

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Jak doświadczalnie odróżnić ketony od aldehydów?

Doświadczenie 27.

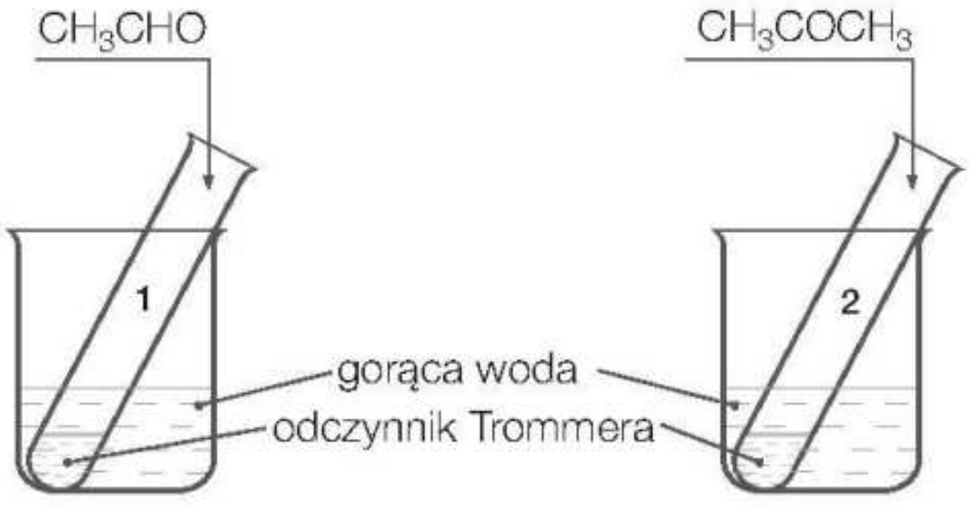


Odróżnianie ketonów od aldehydów – próba Trommera

Odczynniki: propan-2-on (aceton), etanal, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, zlewki, pipety.

Instrukcja: Do dwóch probówek wlej po ok. 3 cm^3 roztworu siarczanu(VI) miedzi(II). Do każdej z nich dodaj pipetą roztwór wodorotlenku sodu. Następnie do probówki 1. dodaj 1 cm^3 etanalu, a do probówki 2. – 1 cm^3 propan-2-onu. Probówki umieść w zlewkach z gorącą wodą (schemat).



Obserwacje: Po dodaniu do niebieskiego roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) roztworu wodorotlenku sodu strąca się niebieski, galaretowaty osad. W probówce 1. po dodaniu aldehydu i ogrzaniu mieszaniny osad zmienia barwę z niebieskiej na ceglastoczerwoną. W probówce 2. po dodaniu ketonu i ogrzaniu mieszaniny osad zmienia barwę z niebieskiej na czarną.

Wniosek: W wyniku reakcji siarczanu(VI) miedzi(II) z wodorotlenkiem sodu powstaje osad wodorotlenku miedzi(II). W probówce 1. zachodzi reakcja redukcji miedzi(II) do miedzi(I). Zmiana barwy osadu w probówce 1. wynika z właściwości redukujących aldehydu. W probówce 2. wodorotlenek miedzi(II) pod wpływem wysokiej temperatury ulega rozkładowi do tlenku miedzi(II) i wody. Propan-2-on nie ma właściwości redukujących, więc stopień utlenienia miedzi w probówce 2. się nie zmienia.

Zmiany zaobserwowane w doświadczeniu przedstawiają równania reakcji:

$$\underset{\text{siarczan(VI) miedzi(II)}}{CuSO_4} + \underset{\text{wodorotlenek sodu}}{2\,NaOH} \longrightarrow \underset{\text{wodorotlenek miedzi(II)}}{Cu(OH)_2\downarrow} + \underset{\text{siarczan(VI) sodu}}{Na_2SO_4}$$

$$\underset{\text{etanal}}{CH_3CHO} + \underset{\text{wodorotlenek miedzi(II)}}{2\,Cu(OH)_2} + \underset{\text{anion wodorotlenkowy}}{OH^-} \xrightarrow{T} \underset{\text{anion etanianowy}}{CH_3COO^-} + \underset{\text{tlenek miedzi(I)}}{Cu_2O\downarrow} + \underset{\text{woda}}{3\,H_2O}$$

Probówka 1.

$$\underset{\text{wodorotlenek miedzi(II)}}{Cu(OH)_2} \xrightarrow{T} \underset{\text{tlenek miedzi(II)}}{CuO} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

Probówka 2.

Do doświadczalnego odróżnienia ketonów od aldehydów można także zastosować **próbę Tollensa** (lustra srebrnego, patrz doświadczenie 24., s. 146). Jeżeli w jej wyniku na ściankach naczynia, w którym przeprowadza się doświadczenie, osadzi się metaliczne srebro, będzie to oznaczało, że w naczyniu jest aldehyd. W przypadku użycia ketonu nie zaobserwuje się takiego efektu.

Jakim reakcjom chemicznym ulegają ketony?

Ketony mogą ulegać reakcji redukcji do alkoholi drugorzędowych zgodnie ze schematem:

$$\underset{\text{keton}}{R_1{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}R_2} + \underset{\text{wodór}}{H_2} \xrightarrow{\text{kat.}} \underset{\text{alkohol drugorzędowy}}{R_1{-}\overset{\overset{OH}{|}}{CH}{-}R_2}$$

Przykładem takiej reakcji jest np. redukcja propan-2-onu do propan-2-olu:

$$\underset{\text{propan-2-on}}{CH_3{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}CH_3} + \underset{\text{wodór}}{H_2} \xrightarrow{\text{kat.}} \underset{\text{propan-2-ol}}{CH_3{-}\overset{\overset{OH}{|}}{CH}{-}CH_3}$$

Jest na to sposób!

Jak nie pomylić próby Tollensa z próbą Trommera?

Aby nie pomylić tych dwóch prób, służących do odróżniania aldehydów od ketonów, warto zastosować sprytną metodę. Spójrz na litery powtarzające się w nazwiskach naukowców, a następnie przypomnij sobie pozytywny wynik identyfikacji związków chemicznych.



próba Tollensa
„ll" jak lustro srebrowe



próba Trommera
„mm" jak tlenek miedzi(I)

Zastosowania

Ketony

Ketony są składnikami kompozycji zapachowych wielu perfum i stanowią nutę, która uwalnia się najdłużej. Najwięcej zastosowań w przemyśle ma jednak najprostszy z ketonów – aceton.





Przemysł perfumeryjny

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

Budownictwo

Aceton stosowany jest podczas remontów do odtłuszczania powierzchni przed malowaniem i klejeniem. Wykorzystywany jest też do **czyszczenia** zabrudzonych narzędzi malarskich, np. **pędzli**.

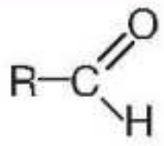
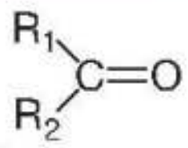
Przemysł tekstylny

Lapachol jest jednym z **barwników** wykorzystywanych w produkcji sztucznych tkanin, a indygo stosuje się do barwienia tkanin, np. dżinsu.

Jakie są podobieństwa i różnice we właściwościach aldehydów i ketonów?

Grupa karbonylowa $\rangle C{=}O$, która jest grupą funkcyjną ketonów, stanowi część grupy aldehydowej. Pod względem właściwości fizycznych ketony są dość podobne do aldehydów (patrz tabela 21., s. 154) jednak różnią się od nich **reaktywnością** (tabela 22.).

Tabela 22. Porównanie aldehydów i ketonów

Nazwa grupy związków	Aldehydy	Ketony
Wzór ogólny	 —R to atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa	 —R_1 i —R_2 to grupy alkilowe lub arylowe
Wzór i nazwa najprostszego związku chemicznego	HCHO metanal (aldehyd mrówkowy, formaldehyd)	CH_3COCH_3 propan-2-on (aceton)
Sposoby otrzymywania	**utlenianie alkoholi pierwszorzędowych** łagodnym utleniaczem (np. CuO), reakcje alkenów z użyciem katalizatora	**utlenianie alkoholi drugorzędowych** (np. $K_2Cr_2O_7$ w środowisku H_2SO_4), reakcje alkinów z użyciem katalizatora
Próby Tollensa i Trommera	ulegają im (mają właściwości redukujące)	nie ulegają im (nie mają właściwości redukujących)

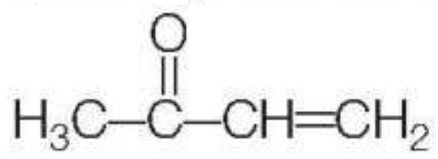
Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Ustal liczbę izomerów związanych z położeniem grupy funkcyjnej w heptanonie o wzorze sumarycznym $C_7H_{14}O$. Napisz ich wzory strukturalne.**

2. Metyloketony to ketony, w których grupa karbonylowa jest połączona bezpośrednio z grupą metylową. Ulegają one reakcji jodoformowej. **Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, za pomocą którego udowodnisz, że butanon jest metyloketonem. Napisz obserwacje, wniosek oraz równanie reakcji chemicznej jodoformowania butanonu.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

3. Keton metylowo-winylowy to związek chemiczny o wzorze:



W przeciwieństwie do większości ketonów nasyconych jest bardzo trujący. Ze względu na dużą reaktywność często wykorzystuje się go w syntezie organicznej i podczas produkcji leków.

a) **Napisz nazwę systematyczną tego ketonu.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

b) **Oblicz, ile decymetrów sześciennych wodoru (odmierzonego w warunkach normalnych) należy dodać do tego związku chemicznego, aby otrzymać 1 kg butanonu.**

Zapamiętaj!

Ketony – związki chemiczne zawierające grupę funkcyjną $\rangle C{=}O$ (grupę karbonylową) połączoną z dwoma atomami węgla.

Podsumowanie

Co to są pochodne węglowodorów?

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

Co to jest grupa funkcyjna?

- Grupa funkcyjna to **atom lub grupa atomów**, która **nadaje** związkowi organicznemu **charakterystyczne właściwości**.

Co to są jednofunkcyjne pochodne węglowodorów?

- Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów to pochodne, w których cząsteczkach jest **grupa funkcyjna jednego rodzaju**.

Co to są tworzywa sztuczne?

- Tworzywa sztuczne to **materiały, których** głównymi **składnikami są** związki wielkocząsteczkowe powstające w wyniku reakcji polimeryzacji, czyli **polimery**.

Jak można podzielić tworzywa sztuczne?

- Tworzywa sztuczne ze względu na możliwość przetwarzania w wysokiej temperaturze można podzielić na:

tworzywa sztuczne

termoplasty	**duroplasty**
np. poli(chlorek winylu) (**PVC**)	np. poliuretany (**PU**)
można je wielokrotnie przetwarzać	raz ukształtowane nie mogą być ponownie topione

Jak można podzielić alkohole?

- Alkohole można podzielić ze względu na:
  - **liczbę grup hydroksylowych w cząsteczce:**

alkohole

monohydroksylowe
np. metanol CH_3OH

polihydroksylowe
np. $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$
propano-1,2,3-triol (glicerol)

  - **rzędowość atomu węgla**, do którego jest przyłączona grupa –OH:

alkohole

pierwszorzędowe
np. $CH_3CH_2CH_2\overset{1^\circ}{C}H_2OH$
butan-**1**-ol

drugorzędowe
np. $CH_3\overset{2^\circ}{C}H(OH)CH_2CH_3$
butan-**2**-ol

trzeciorzędowe
np. $CH_3-\overset{3^\circ}{C}(OH)(CH_3)-CH_3$
2-metylopropan-**2**-ol

Co to jest fermentacja alkoholowa?

- Fermentacja alkoholowa to **proces zachodzący pod wpływem enzymu** (zymazy), polegający na **przemianie cukrów prostych w etanol**:

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{drożdże}} \underset{\text{etanol}}{2\,CH_3CH_2OH} + \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{2\,CO_2\uparrow}$$

Kontrakcja objętości jest to **zjawisko fizyczne** polegające na **zmniejszeniu objętości roztworu otrzymanego po zmieszaniu dwóch cieczy**. Zachodzi na skutek oddziaływań między składnikami mieszaniny.

◀ Co to jest kontrakcja objętości?

Należy przeprowadzić **reakcję alkoholu z wodorotlenkiem miedzi(II)**. Alkohole monohydroksylowe nie ulegają reakcji z tą substancją, a alkohole polihydroksylowe tworzą z $Cu(OH)_2$ związek koordynacyjny o szafirowej barwie.

◀ Jak odróżnić alkohole monohydroksylowe od alkoholi polihydroksylowych?



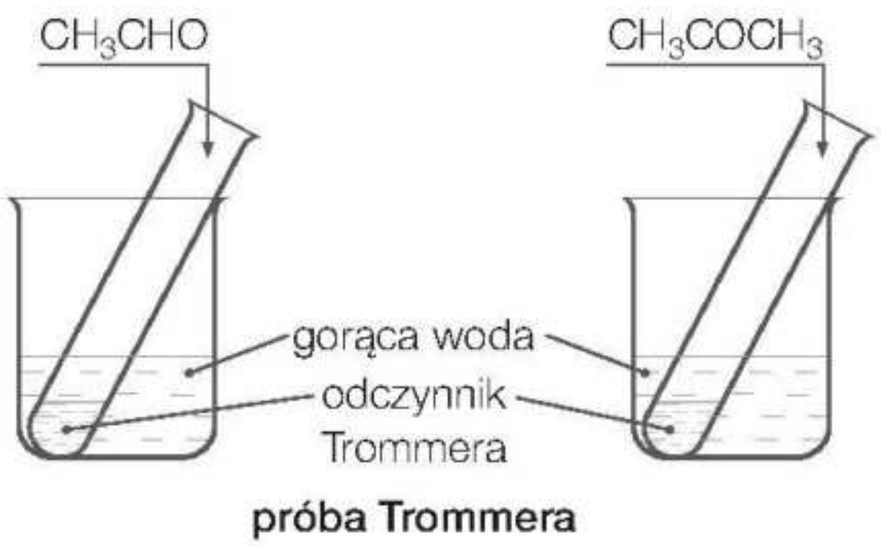
alkohol monohydroksylowy



alkohol polihydroksylowy

Należy przeprowadzić **próbę Trommera (reakcja z $Cu(OH)_2$)** lub **próbę Tollensa (reakcja z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I))**. Aldehydy to związki chemiczne o właściwościach redukujących, które dają pozytywny wynik prób Trommera i Tollensa. Ketony nie mają właściwości redukujących i dają negatywny wynik prób Tollensa i Trommera.

◀ Jak odróżnić aldehydy od ketonów?



izomery konstytucyjne

◀ Jakie izomery tworzą pochodne węglowodorów?

szkieletowe

np. $CH_2{=}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ (OH)

butan-1-ol

funkcyjne

np. $CH_3{-}C(=O){-}CH_3$

propan-2-on

położenia

np. $CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ (OH)

propan-1-ol

$CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3$ (OH, CH_3)

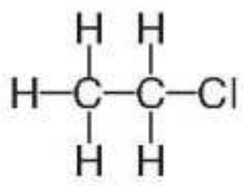
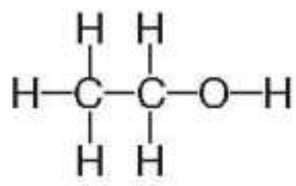
2-metylopropan-1-ol

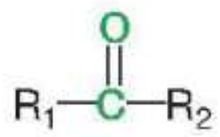
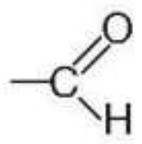
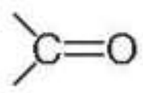
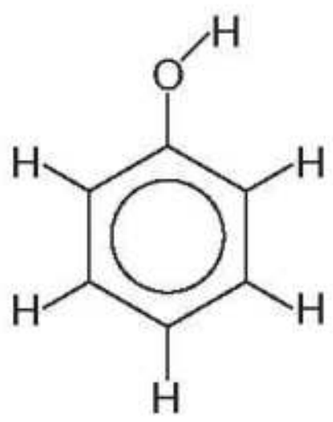
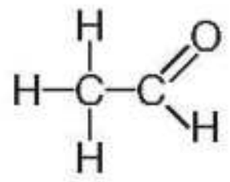
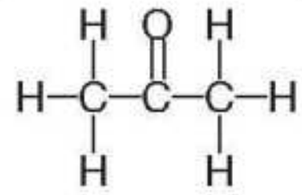
$CH_3{-}CH_2{-}C(=O){-}H$

propanal

$CH_3{-}CH(OH){-}CH_3$

propan-2-ol

Grupa związków	Fluorowcopochodne	Alkohole
Wzór ogólny	R—X —R grupa alkilowa lub grupa arylowa —X atom fluorowca	R—OH lub $C_nH_{2n+1}OH$ —R grupa alkilowa n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w cząsteczce alkoholu monohydroksylowego; $n \geqslant 1$
Grupa funkcyjna	—F, —Cl, —Br, —I	—OH
Rodzaje wiązań w cząsteczce	wiązania pojedyncze typu σ	
	wiązania kowalencyjne: 	wiązania kowalencyjne: 
Wybrane sposoby otrzymywania	▸ reakcja substytucji (patrz s. 99) ▸ reakcja addycji (patrz s. 99)	▸ z gazu syntezowego (patrz s. 113) ▸ fermentacja alkoholowa (patrz s. 114)
Reaktywność	▸ reakcja polimeryzacji – w przypadku obecności wiązań wielokrotnych w cząsteczce (patrz s. 100)	▸ reakcja z litowcami (patrz s. 118, 127) ▸ reakcja z fluorowcowodorami (patrz s. 118) ▸ reakcja eliminacji (patrz s. 118)
Przykłady zastosowań	$CHCl_3$ **trichlorometan (chloroform)** produkcja antybiotyków produkcja tworzyw sztucznych synteza chemiczna, rozpuszczalnik	CH_3OH **metanol** składnik detergentów produkcja barwników synteza chemiczna paliwo do motocykli

Fenole	Aldehydy	Ketony
R—OH —R grupa arylowa (aryl)	R—CHO lub $C_nH_{2n+1}CHO$ —R atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa *n* – liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; $n \geqslant 0$	 R_1—C—R_2 —R_1, —R_2 grupy alkilowe lub arylowe
—OH		
wiązania pojedyncze typu σ oraz zdelokalizowane wiązanie typu π	wiązania pojedyncze typu σ oraz wiązanie podwójne (1 wiązanie typu σ i 1 wiązanie typu π)	
wiązania kowalencyjne: 	wiązania kowalencyjne: 	wiązania kowalencyjne: 
▸ dwuetapowa reakcja z chlorobenzenem (patrz s. 133-134)	▸ utlenianie alkoholi pierwszorzędowych (patrz s. 143)	▸ utlenianie alkoholi drugorzędowych (patrz s. 153)
▸ reakcja z NaOH (patrz s. 135) ▸ reakcja z HNO_3 (patrz s. 136) ▸ reakcja z Na (patrz s. 136)	▸ próba Tollensa (patrz s. 146) ▸ próba Trommera (patrz s. 147) ▸ reakcja polimeryzacji (patrz s. 148) ▸ reakcja redukcji do alkoholi pierwszorzędowych (patrz s. 148)	▸ reakcja redukcji do alkoholi drugorzędowych (patrz s. 155)
C_6H_5OH **fenol** produkcja leków, m.in. aspiryny produkcja środków powierzchniowo czynnych produkcja barwników produkcja środków chwasto- i grzybobójczych	**CH_3CHO** **etanal (acetaldehyd)** produkcja tworzyw sztucznych synteza chemiczna	**CH_3COCH_3** **propan-2-on (aceton)** składnik m.in. lakierów do paznokci i zmywaczy produkcja tworzyw sztucznych składnik farb synteza chemiczna

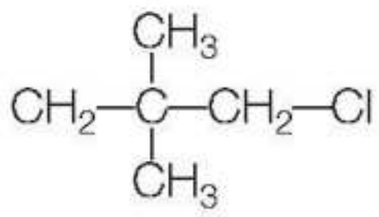
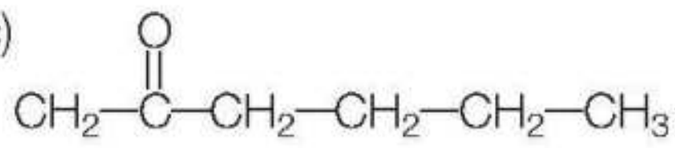
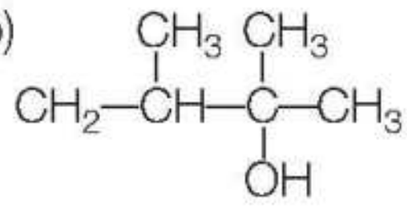
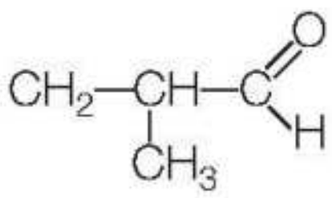
Sprawdź, czy potrafisz…

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory półstrukturalne jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów o podanych nazwach.**

   a) 2-chloro-2-metylopropan
   b) 2-metylobutan-2-ol
   c) 4-etylo-2-metylofenol
   d) 3,3-dimetylopentanal

2. **Napisz nazwy systematyczne jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów o podanych wzorach.**

   a) 
   c) 
   b) 
   d) 

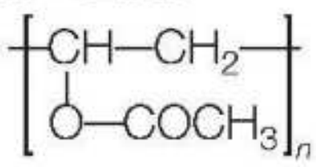
3. **Zakwalifikuj związki chemiczne o podanych wzorach do fluorowcopochodnych węglowodorów, alkoholi, aldehydów lub ketonów. Wskaż izomery konstytucyjne wśród podanych wzorów i podaj rodzaj tych izomerów.**

   $CH_3CH_2CH_2CH_2CHO$, CH_3OH, $CH_3CH(CH_3)CH_2CHO$, CH_3COCH_3, $CH_3CHClCH_2CH_3$, $CH_3CH_2CH_2CH_2COCH_2CH_2CH_3$, $CH_3CH_2COCH_2CH_3$

4. **Wskaż zdania, które są prawdziwe.**

   a) Chlorometan ma mniejszą lotność od jodometanu.
   b) Etanol jest alkoholem o najmniejszej masie cząsteczkowej.
   c) Glikol etylenowy jest alkoholem dihydroksylowym.
   d) 2-metylobenzenol należy do fenoli.
   e) Propanal i propan-2-on są izomerami funkcyjnymi.

5. **Oblicz masę cząsteczkową polimeru poli(octanu winylu) (PVAC) o podanym wzorze dla $n = 250$.**

6. Mentol to alkohol występujący w mięcie. Jest składnikiem m.in. past do zębów. Cząsteczka mentolu o wzorze $C_xH_yO_z$ zawiera 76,92% węgla, 12,82% wodoru i 10,26% tlenu, a jej masa cząsteczkowa wynosi 156 u. **Ustal wzór rzeczywisty mentolu.**

7. **Oblicz masę glukozy, która uległa fermentacji alkoholowej, jeżeli powstało 100 cm^3 etanolu o gęstości $d = 0{,}7851 \frac{g}{cm^3}$.**

8. **Oblicz, który związek chemiczny: propan-1-ol, propanal czy propan-2-on ma najmniejszą zawartość procentową (procent masowy) tlenu w cząsteczce.**



Kwasy karboksylowe, estry, aminy i amidy

To było w szkole podstawowej!

- **Kwasy karboksylowe** to pochodne węglowodorów zawierające w cząsteczce **grupę karboksylową —COOH**.
- Sole wyższych kwasów karboksylowych to **mydła**.
- **kwasy karboksylowe**
  - niższe kwasy karboksylowe, np. CH_3COOH kwas etanowy
  - wyższe kwasy karboksylowe
    - nasycone, np. $C_{15}H_{31}COOH$ kwas palmitynowy
    - nienasycone, np. $C_{17}H_{33}COOH$ kwas oleinowy
- **Fermentacja octowa** to proces utleniania etanolu do kwasu etanowego pod wpływem bakterii:

$$CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow{\text{bakterie}} CH_3COOH + H_2O$$

- **Estry** to pochodne kwasów i alkoholi zawierające w cząsteczce **grupę estrową —COO—**.
- **Reakcja estryfikacji** to reakcja kwasu z alkoholem w obecności stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI), który pełni funkcję katalizatora:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \underset{}{\overset{H_2SO_{4(stęż.)}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

- **Tłuszcze** to estry wyższych kwasów karboksylowych i glicerolu.

13. Kwasy karboksylowe



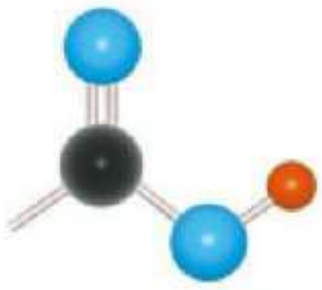
Fot. 81. Jad mrówek ma odczyn kwasowy. Można go zobojętnić wodnym roztworem sody oczyszczonej.

Piekący ból po ugryzieniu mrówki (fot. 81.) jest skutkiem drażniących właściwości kwasu mrówkowego. Nazwy zwyczajowe kwasów karboksylowych (np. kwas mrówkowy) są częściej stosowane niż ich nazwy systematyczne. Te pierwsze pochodzą najczęściej od miejsca występowania kwasów, np.: kwas octowy znajduje się w occie, kwas masłowy – w zjełczałym maśle z mleka krowiego, a kwas szczawiowy – w szczawiu.

Co to są kwasy karboksylowe?

Kwasy karboksylowe to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę karboksylową** o wzorze **—COOH**. Grupa karboksylowa jest **grupą funkcyjną**.

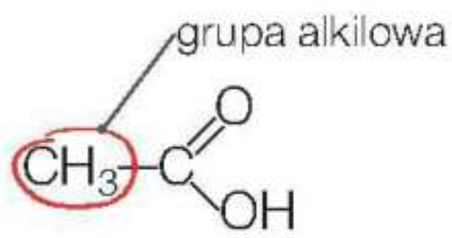
Model grupy karboksylowej



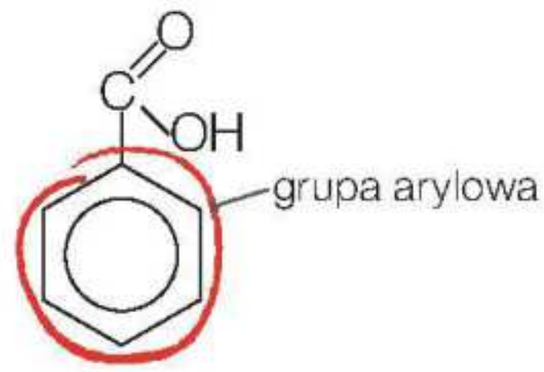
Modele atomów: wodoru węgla tlenu

Jak są zbudowane kwasy karboksylowe?

Cząsteczki kwasów karboksylowych składają się z **grupy karboksylowej** połączonej z **grupą alkilową** (alifatyczne kwasy karboksylowe) lub bezpośrednio z **grupą arylową** (aromatyczne kwasy karboksylowe). Na przykład:



kwas etanowy
(kwas octowy)



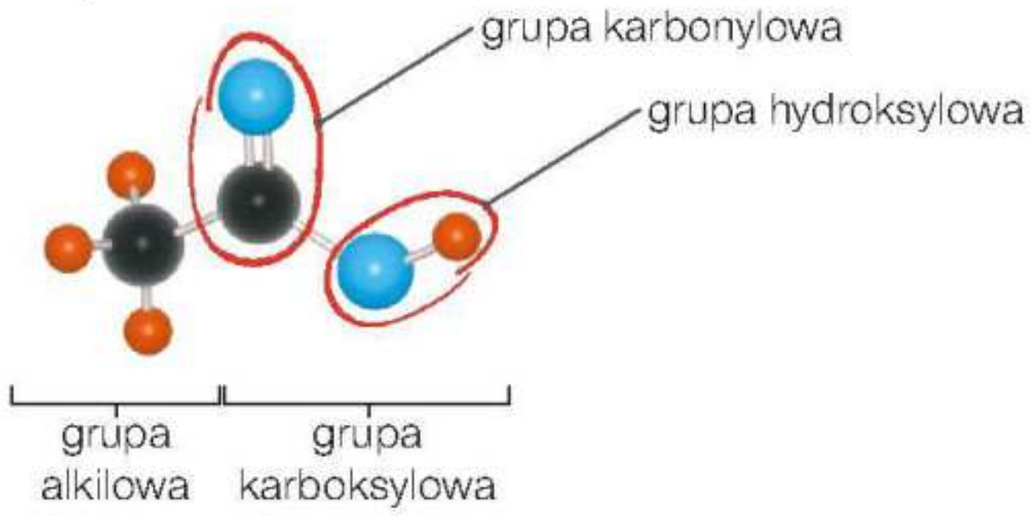
kwas benzenokarboksylowy
(kwas benzoesowy)

Wzór ogólny kwasów karboksylowych ma postać:

R—COOH

gdzie:
—R atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa,
—COOH grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna.

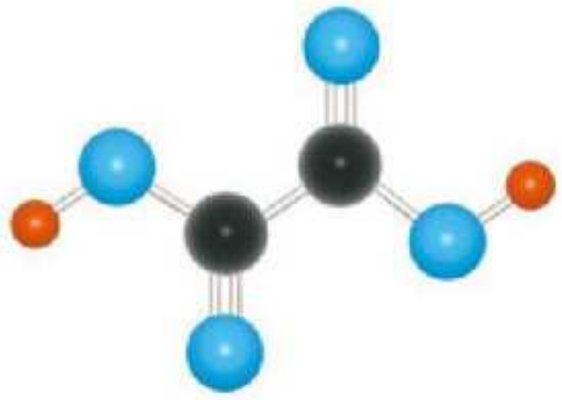
Grupa karboksylowa jest zbudowana z dwóch grup: **karbonylowej** i **hydroksylowej**:



Kwasy karboksylowe zawierające w cząsteczce jedną grupę –COOH to **kwasy monokarboksylowe**. Są również kwasy karboksylowe, które mają w cząsteczce więcej niż jedną grupę karboksylową. Przykładami takich związków chemicznych są **kwasy dikarboksylowe** (**dwie grupy karboksylowe**) oraz **kwasy trikarboksylowe** (**trzy grupy karboksylowe**), np. kwas cytrynowy. Cząsteczka najprostszego kwasu dikarboksylowego – kwasu etanodiowego (szczawiowego) – jest zbudowana z dwóch połączonych ze sobą grup karboksylowych:

Kwas **monokarboksylowy**
CH_3COOH
kwas etanowy (octowy)

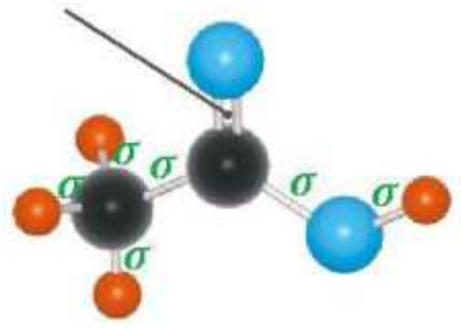
Kwas **dikarboksylowy**
COOH
|
COOH
kwas etanodiowy (szczawiowy)



model cząsteczki kwasu etanodiowego (szczawiowego)

Model cząsteczki kwasu etanowego

wiązania w kwasach karboksylowych
1 wiązanie typu σ
i 1 wiązanie typu π



Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

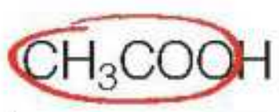
Jedno z wiązań tworzących wiązanie podwójne między atomem węgla i atomem tlenu to wiązanie typu σ [czyt. sigma], a drugie – typu π [czyt. pi]. Pozostałe wiązania pojedyncze w cząsteczkach kwasów są wiązaniami typu σ.

Jak się tworzy nazwy kwasów karboksylowych?

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

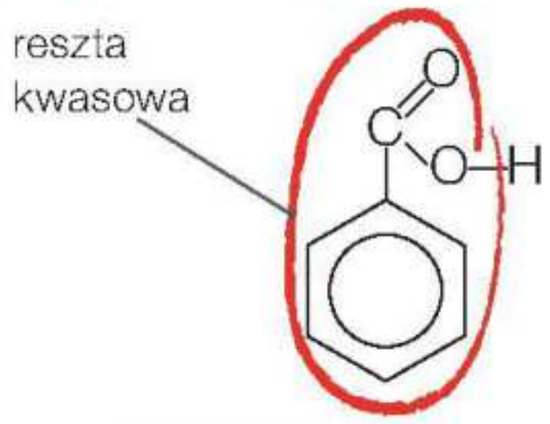


kwas metan**owy**
(jeden atom węgla)



kwas etan**owy**
(dwa atomy węgla)

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



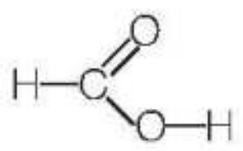
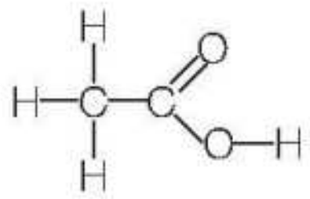
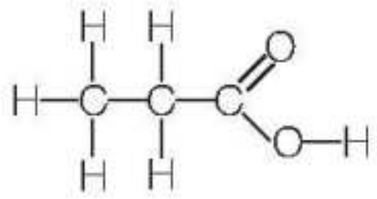
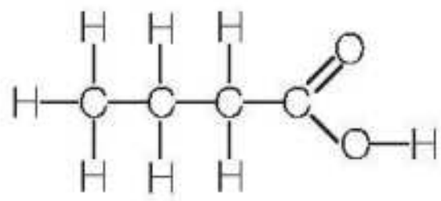
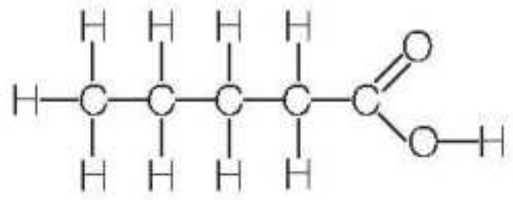
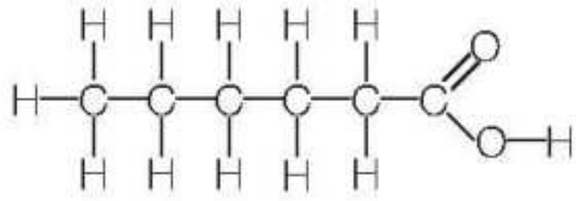
kwas benzen**okarboksylowy** (benzoesowy)

Nazwy zwyczajowe wybranych kwasów karboksylowych przedstawiono w tabeli 23., s. 166.

Czy kwasy karboksylowe tworzą szereg homologiczny?

Kwasy karboksylowe tworzą różne szeregi homologiczne. Jeden z nich składa się z nasyconych kwasów alifatycznch zawierających w cząsteczce jedną grupę karboksylową —COOH (tabela 23.).

Tabela 23. Szereg homologiczny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych

Liczba atomów węgla w cząsteczce	Nazwa		Wzór	
	systematyczna	zwyczajowa	sumaryczny	strukturalny
1	kwas metanowy	kwas mrówkowy	CH_2O_2	
2	kwas etanowy	kwas octowy	$C_2H_4O_2$	
3	kwas propanowy	kwas propionowy	$C_3H_6O_2$	
4	kwas butanowy	kwas masłowy	$C_4H_8O_2$	
5	kwas pentanowy	kwas walerianowy	$C_5H_{10}O_2$	
6	kwas heksanowy	kwas kapronowy	$C_6H_{12}O_2$	

Jak zapisać wzór ogólny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych?

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

$$C_nH_{2n+1}COOH$$

gdzie:
n – liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; $n \geqslant 0$.

Przykład 17.

W jaki sposób ustalić wzory kwasu karboksylowego na podstawie jego nazwy?

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

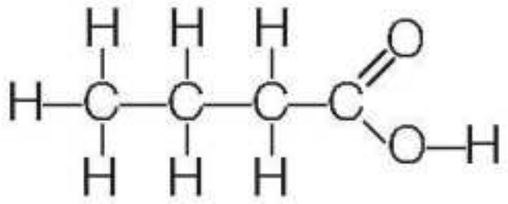
1 Wzór ogólny alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych, do których należy kwas butanowy, to: $C_nH_{2n+1}COOH$

2 Liczba n oznacza liczbę atomów węgla w grupie alkilowej kwasu karboksylowego. Kwas butanowy jest pochodną butanu, który ma cztery atomy węgla w cząsteczce. Jeden atom węgla wchodzi w skład grupy karboksylowej —COOH, zatem:
$n = 3$

3 $C_3H_{2\cdot 3+1}COOH$ C_3H_7COOH

4 Wzór sumaryczny: $C_4H_8O_2$

5 Kwas butanowy jest nasyconym kwasem karboksylowym.
Wzór strukturalny:



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

Plan rozwiązywania

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

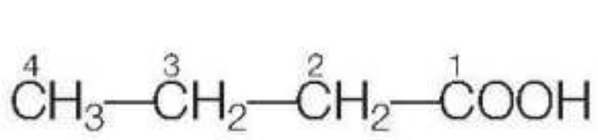
Czy kwasy karboksylowe tworzą izomery?

Kwasy karboksylowe tworzą izomery szkieletowe, położenia i funkcyjne.



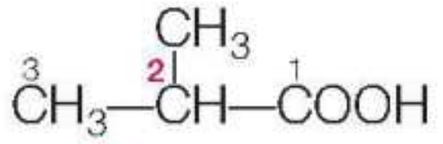
Przykładem **izomerów szkieletowych**, które różnią się budową łańcucha węglowego, są kwasy o wzorze sumarycznym $C_4H_8O_2$. W nazwie izomeru o łańcuchu rozgałęzionym należy podać **lokant** atomu węgla, z którym połączony jest podstawnik. Numerowanie atomów węgla trzeba zacząć od atomu węgla grupy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

łańcuch prosty



kwas butanowy

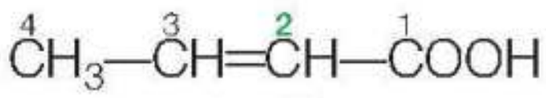
łańcuch rozgałęziony



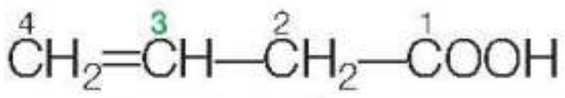
kwas **2**-metylopropanowy

Nienasycone kwasy karboksylowe, które mają w cząsteczce więcej niż trzy atomy węgla, tworzą **izomery położenia wiązania wielokrotnego**. W nazwach tych izomerów należy uwzględnić położenie wiązania wielokrotnego w cząsteczce, czyli podać lokant atomu węgla,

który jako pierwszy bierze udział w tworzeniu wiązania wielokrotnego. Na przykład:

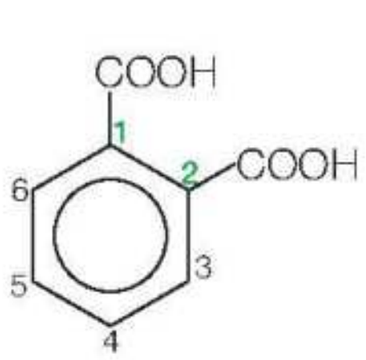


kwas but-**2**-enowy

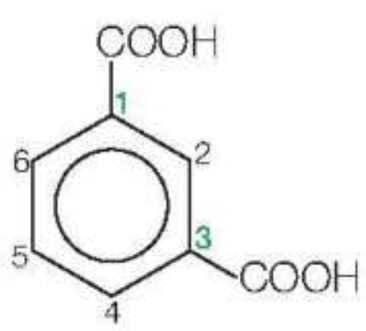


kwas but-**3**-enowy

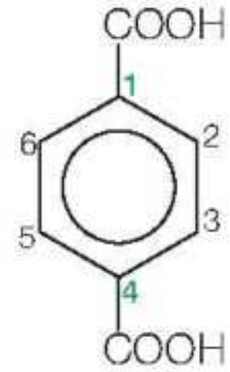
Izomery położenia grupy funkcyjnej tworzą m.in. aromatyczne kwasy karboksylowe, które mają w cząsteczce dwie grupy karboksylowe:



kwas benzeno-**1,2**-dikarboksylowy (ftalowy)



kwas benzeno-**1,3**-dikarboksylowy (izoftalowy)



kwas benzeno-**1,4**-dikarboksylowy (tereftalowy)

Izomery funkcyjne kwasów karboksylowych poznasz w temacie *Estry*, s. 189.

Jak zmieniają się właściwości w szeregu homologicznym alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych?

Wraz ze zwiększaniem się masy cząsteczkowej kwasów karboksylowych **wzrastają ich temperatury topnienia i wrzenia** (tabela 24.).

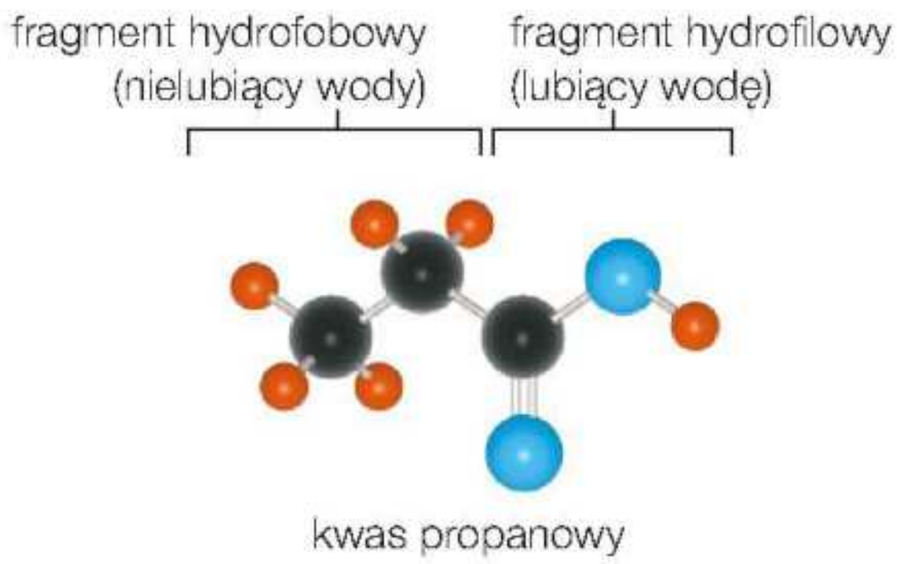
Tabela 24. Temperatury topnienia i wrzenia wybranych kwasów karboksylowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Liczba atomów węgla	Nazwa i wzór	Masa cząsteczkowa, u	Temperatura		Stan skupienia
			topnienia, °C	wrzenia, °C	
1	kwas metanowy (mrówkowy) $HCOOH$	46	8,3	100,7	ciecz
2	kwas etanowy (octowy) CH_3COOH	60	16,6	117,9	ciecz
3	kwas propanowy (propionowy) CH_3CH_2COOH	74	–20,7	141,0	ciecz
11	kwas undekanowy $C_{10}H_{21}COOH$	186	28,5	284,0	substancja stała
16	kwas heksadekanowy (palmitynowy) $C_{15}H_{31}COOH$	256	62,5	390	substancja stała
18	kwas oktadekanowy (stearynowy) $C_{17}H_{35}COOH$	284	69,3	360	substancja stała

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

W temperaturze pokojowej pierwsze trzy alifatyczne nasycone kwasy monokarboksylowe, czyli kwasy: metanowy, etanowy i propanowy, są cieczami dobrze rozpuszczalnymi w wodzie (rys. 11.). Kwasy karboksylowe od kwasu butanowego C_3H_7COOH aż do kwasu dekanowego $C_9H_{19}COOH$ to oleiste ciecze, które trudno rozpuszczają się w wodzie. Nasycone kwasy karboksylowe, które mają co najmniej 11 atomów węgla w cząsteczce, są nierozpuszczalnymi w wodzie substancjami stałymi.

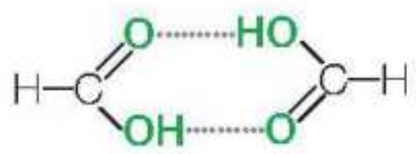
Im więcej atomów węgla tworzy grupę alkilową w cząsteczce kwasu karboksylowego, **tym mniejsza jest rozpuszczalność tego kwasu w wodzie**, ponieważ zwiększa się wpływ grupy węglowodorowej, która jest hydrofobowa. **Moc kwasu** (czyli jego zdolność do odłączenia kationu wodoru od cząsteczki kwasu w roztworze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

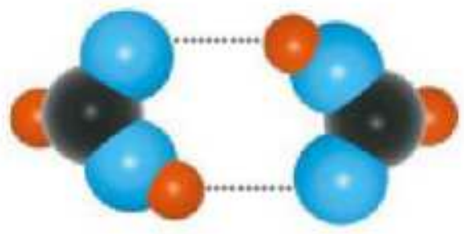


Rys. 11. Model cząsteczki kwasu rozpuszczalnego w wodzie.

Między cząsteczkami kwasów karboksylowych powstają dodatkowo wiązania wodorowe i wówczas do rozdzielenia takich cząsteczek jest potrzebna wyższa energia. Dlatego kwasy karboksylowe mają wyższe temperatury wrzenia niż alkany o zbliżonych masach cząsteczkowych.

Wiązania wodorowe między cząsteczkami kwasu metanowego





Modele atomów: wodoru węgla tlenu

W jaki sposób można otrzymać kwasy karboksylowe?

W warunkach laboratoryjnych kwasy karboksylowe otrzymuje się **w reakcjach utleniania alkoholi pierwszorzędowych i aldehydów**. Aby uzyskać kwas karboksylowy z alkoholu pierwszorzędowego, niezbędna jest obecność silnego utleniacza, np. dichromianu(VI) potasu $K_2Cr_2O_7$ lub manganianu(VII) potasu $KMnO_4$.

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

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{kwas etanowy (octowy)}}{CH_3COOH}$$

Doświadczenie 28.



Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4.

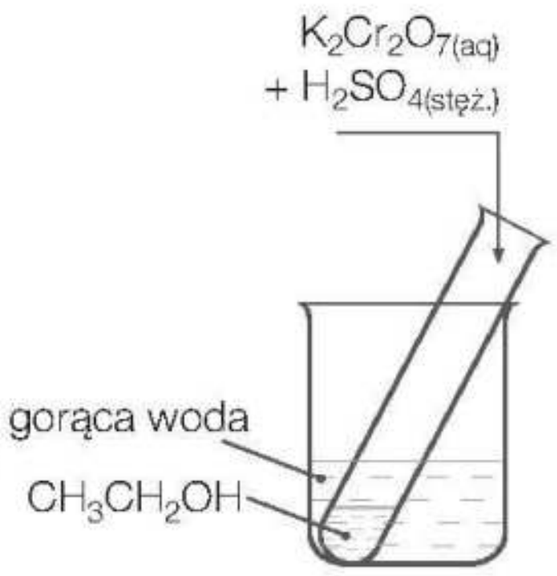


Badanie zachowania alkoholu pierwszorzędowego wobec utleniacza

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

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, probówka, pipeta.

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





Fot. 82. Zmiana barwy roztworu świadczy o tym, że zaszła reakcja chemiczna.

Obserwacje: Roztwór w probówce zmienił barwę z pomarańczowej na zieloną (fot. 82.). Wyczuwalny jest zapach octu.

Wniosek: Etanol pod wpływem silnego utleniacza $K_2Cr_2O_7$ utlenia się do kwasu etanowego (octowego) CH_3COOH.

Zaszła reakcja utleniania-redukcji zgodnie z równaniem:

$$3\,CH_3CH_2OH + 2\,K_2Cr_2O_7 + 8\,H_2SO_4 \xrightarrow{T}$$

etanol; dichromian(VI) potasu; kwas siarkowy(VI)

$$\xrightarrow{T} 3\,CH_3COOH + 2\,Cr_2(SO_4)_3 + 2\,K_2SO_4 + 11\,H_2O$$

kwas etanowy; siarczan(VI) chromu(III); siarczan(VI) potasu; woda

Kwas etanowy (octowy) **powstaje w reakcji utleniania alkoholu pierwszorzędowego** – etanolu – w obecności silnego utleniacza $K_2Cr_2O_7$.

Kwasy karboksylowe powstają z aldehydów także w próbach Tollensa i Trommera (patrz *Aldehydy*, s. 146–147). Ponieważ te reakcje chemiczne przebiegają w środowisku zasadowym, jednym z ich produktów jest anion kwasu karboksylowego:

próba Tollensa

$$2\,[Ag(NH_3)_2]^+ + CH_3CHO + 3\,OH^- \xrightarrow{T}$$

kation diaminasebra(I); etanal; anion wodorotlenkowy

$$\xrightarrow{T} 2\,Ag\downarrow + CH_3COO^- + 4\,NH_3\uparrow + 2\,H_2O$$

srebro; anion etanianowy; amoniak; woda

próba Trommera

$$CH_3CHO + 2\,Cu(OH)_2 + OH^- \xrightarrow{T} CH_3COO^- + Cu_2O\downarrow + 3\,H_2O$$

etanal; wodorotlenek miedzi(II); anion wodorotlenkowy; anion etanianowy; tlenek miedzi(I); woda

Chemia w akcji

Z wina w procesie fermentacji octowej wytwarza się ocet winny. Stężenie kwasu octowego w occie wynosi od 6% do 10%. Ocet winny stosuje się jako przyprawę (fot. 83.) Ten pochodzący z wina czerwonego wykorzystuje się do marynowania wołowiny, cielęciny czy jagnięciny oraz do sałatek z czerwonych warzyw.



Fot. 83. Białego octu winnego używa się głównie do przyprawiania sałatek i surówek.

Popularną metodą przemysłowej syntezy kwasu etanowego jest **fermentacja octowa**. Używa się jej m.in. do produkcji octu, czyli wodnego roztworu kwasu etanowego o stężeniu 6–10%, stosowanego w przemyśle spożywczym i gospodarstwach domowych.

Czym jest i na czym polega fermentacja octowa?

Pozostawione w otwartych naczyniach niskoprocentowe napoje alkoholowe po pewnym czasie kwaśnieją. Oznacza to, że **przy dostępie tlenu** z powietrza zachodzi w nich fermentacja octowa. Jest to **proces polegający na utlenianiu alkoholu etylowego do kwasu etanowego** (octowego) zgodnie z uproszczonym równaniem:

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH} + \underset{\text{tlen}}{O_2} \xrightarrow{\text{bakterie}} \underset{\text{kwas etanowy}}{CH_3COOH} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

Fermentacja octowa **zachodzi pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie kwasu octowego** (fot. 84.).



Fot. 84. Ocet na skalę przemysłową otrzymuje się w drewnianych kadziach. Wypełnia się je wiórkami bukowmi, na których żyją bakterie kwasu octowego.

Jakie właściwości mają alifatyczne nasycone kwasy karboksylowe?

Doświadczenie 29.  HCOOH  CH_3COOH

Badanie właściwości kwasów metanowego i etanowego

Odczynniki: kwas metanowy, kwas etanowy, woda destylowana.

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

Instrukcja: Do probówki 1. wlej ok. 2 cm^3 roztworu kwasu metanowego, a do probówki 2. – ok. 2 cm^3 roztworu kwasu etanowego. Określ stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach obu kwasów. Następnie zbadaj rozpuszczalność obu kwasów w wodzie. Potem określ odczyn ich wodnych roztworów za pomocą uniwersalnych papierków wskaźnikowych. Łyżkę do spalań z kwasem metanowym umieść w płomieniu palnika (schemat). Powtórz tę czynność z wykorzystaniem kwasu etanowego.

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





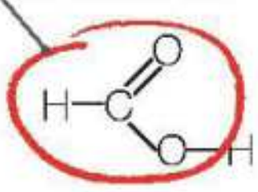
Fot. 85. Barwa wskaźnika świadczy o odczynie kwasowym roztworu.



Fot. 86. Spalanie kwasu etanowego.

$\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$ oznaczenie dysocjacji odwracalnej

reszta kwasowa



reakcja **spalania całkowitego**

reakcja **spalania całkowitego**

Obserwacje: Kwas metanowy jest bezbarwną cieczą o charakterystycznym ostrym zapachu. Kwas etanowy to bezbarwna ciecz o zapachu octu. Uniwersalne papierki wskaźnikowe zanurzone w wodnych roztworach kwasów przyjmują barwę czerwoną (fot. 85.). Badane kwasy tworzą z wodą mieszaniny jednorodne. Kwas metanowy i kwas etanowy spalają się niebieskim płomieniem (fot. 86.).

Wniosek: Badane kwasy karboksylowe dobrze rozpuszczają się w wodzie. Roztwory kwasów metanowego i etanowego mają odczyn kwasowy, czyli ich pH < 7. Kwas metanowy i kwas etanowy są palne.

Kwasy karboksylowe w roztworze wodnym dysocjują na kationy wodoru i aniony reszty kwasowej. Proces dysocjacji elektrolitycznej HCOOH i CH_3COOH można przedstawić za pomocą równań:

$$\underset{\text{kwas metanowy}}{HCOOH} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} \underset{\text{anion metanianowy}}{HCOO^-} + \underset{\text{kation wodoru}}{H^+}$$

$$\underset{\text{kwas etanowy}}{CH_3COOH} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} \underset{\text{anion etanianowy}}{CH_3COO^-} + \underset{\text{kation wodoru}}{H^+}$$

Jony H^+ odpowiadają za **odczyn kwasowy** roztworu.

Kwasy karboksylowe przy nieograniczonym dostępie tlenu z powietrza ulegają reakcji spalania całkowitego. Przebieg tej reakcji chemicznej dla kwasów metanowego i etanowego przedstawiają równania:

$$\underset{\text{kwas metanowy}}{2\,HCOOH} + \underset{\text{tlen}}{O_2} \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{2\,CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{2\,H_2O}$$

$$\underset{\text{kwas etanowy}}{CH_3COOH} + \underset{\text{tlen}}{2\,O_2} \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{2\,CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{2\,H_2O}$$

Jakim reakcjom chemicznym ulegają kwasy karboksylowe?

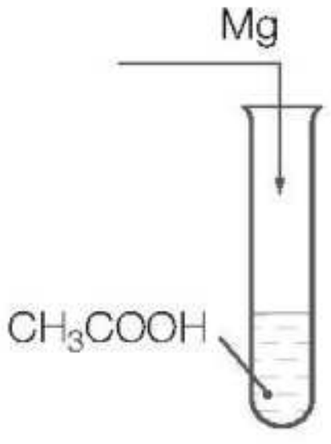
Doświadczenie 30.  CH_3COOH  Mg

Reakcja kwasu etanowego z magnezem

Odczynniki: roztwór kwasu etanowego, wiórki magnezu.

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

Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm^3 wodnego roztworu kwasu etanowego, a następnie wrzuć wiórki magnezu (schemat). Ostrożnie dotknij dłonią dna probówki. Zapal łuczywo i zbliż je do wylotu probówki umieszczonej w statywie.



Obserwacje: Wiórki magnezu zanikają, wydzielają się pęcherzyki bezbarwnego gazu (fot. 87.). Probówka staje się gorąca. Wydzielający się z probówki gaz spala się z charakterystycznym dźwiękiem przypominającym szczeknięcie.
Wniosek: Kwas etanowy reaguje z magnezem. Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest wodór. Ogrzanie się zawartości probówki oznacza, że zaszła reakcja egzoenergetyczna.

Zachodzącą reakcję chemiczną przedstawia równanie:

$$2\,CH_3COOH + Mg \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg + H_2\uparrow$$

kwas etanowy — magnez — etanian magnezu — wodór

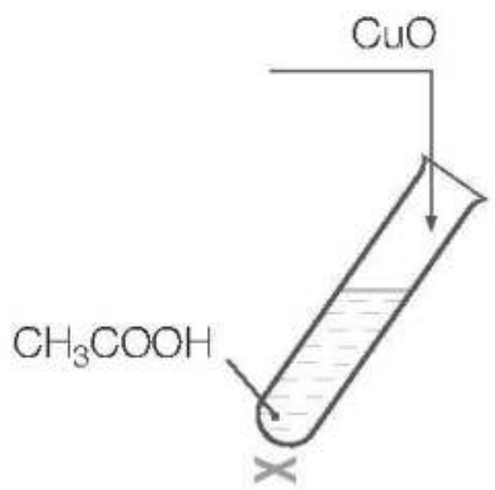

pęcherzyki bezbarwnego gazu to wodór

Fot. 87. Reakcja kwasu etanowego z magnezem.

Doświadczenie 31. CH_3COOH CuO

Reakcja kwasu etanowego z tlenkiem miedzi(II)

Odczynniki: roztwór kwasu etanowego, stały tlenek miedzi(II).
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łyżka do odczynników, łapa metalowa lub drewniana, palnik gazowy.
Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm^3 roztworu kwasu etanowego, a następnie dodaj niewielką ilość tlenku miedzi(II). Probówkę ogrzewaj w płomieniu palnika (schemat).



Obserwacje: Po zakończeniu ogrzewania nie widać w probówce czarnego proszku, a roztwór zabarwił się na niebiesko (fot. 88.).
Wniosek: Kwas etanowy reaguje z tlenkiem miedzi(II). Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest rozpuszczalna w wodzie sól.

Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:

$$2\,CH_3COOH + CuO \longrightarrow (CH_3COO)_2Cu + H_2O$$

kwas etanowy — tlenek miedzi(II) — etanian miedzi(II) — woda

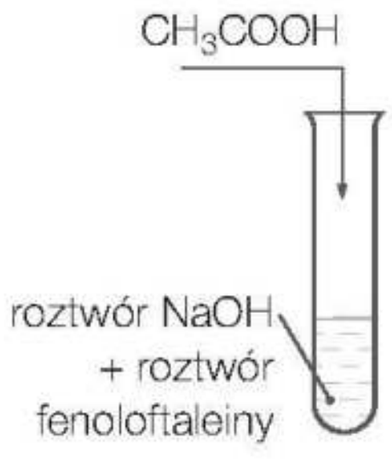


Fot. 88. Reakcja kwasu etanowego z tlenkiem miedzi(II).

Doświadczenie 32. CH_3COOH NaOH

Reakcja kwasu etanowego z wodorotlenkiem sodu

Odczynniki: roztwór kwasu etanowego, roztwór wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, pipeta.
Instrukcja: Do probówki wlej ok. 2 cm^3 roztworu wodorotlenku sodu i dodaj kilka kropli roztworu fenoloftaleiny. Następnie do probówki dodawaj kroplami roztwór kwasu etanowego (schemat).





Fot. 89. Reakcja kwasu etanowego z wodorotlenkiem sodu: a) roztwór NaOH z fenoloftaleiną ma barwę malinową, b) pod wpływem CH_3COOH roztwór się odbarwia.

Obserwacje: Roztwór wodorotlenku sodu po dodaniu roztworu fenoloftaleiny zabarwił się na malinowo (fot. 89.a), a po dodaniu kwasu etanowego odbarwił się (fot. 89.b).

Wniosek: Kwas etanowy reaguje z wodorotlenkiem sodu.

Przebieg tej reakcji chemicznej przedstawia równanie:

$$\underset{\text{kwas etanowy}}{CH_3COOH} + \underset{\text{wodorotlenek sodu}}{NaOH} \longrightarrow \underset{\text{etanian sodu}}{CH_3COONa} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

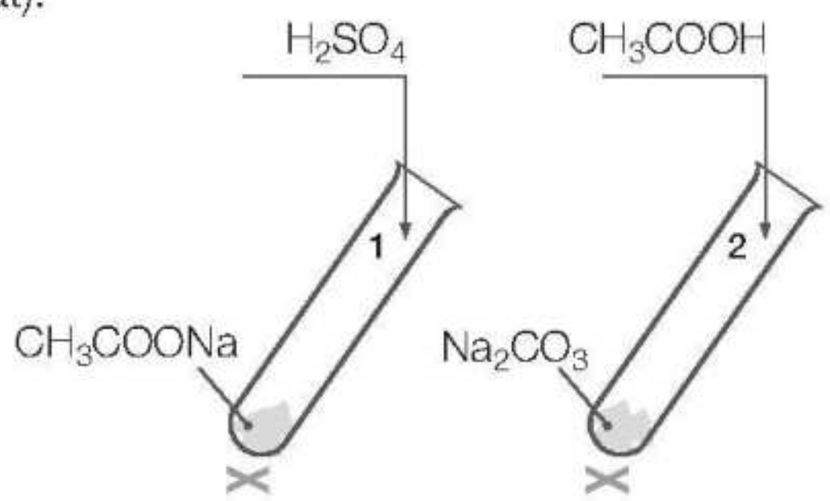
Doświadczenie 33. CH_3COOH H_2SO_4 Na_2CO_3

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

Odczynniki: roztwór kwasu etanowego, roztwór kwasu siarkowego(VI), stały etanian sodu, stały węglan sodu.

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

Instrukcja: Do probówki 1. wsyp niewielką ilość etanianu sodu, a do probówki 2. – niewielką ilość węglanu sodu. Następnie do probówki 1. dodaj 3 cm^3 roztworu kwasu siarkowego(VI), a do probówki 2. – 3 cm^3 roztworu kwasu etanowego. Obie probówki ogrzewaj w płomieniu palnika (schemat).



Obserwacje: Z probówki 1. wydziela się charakterystyczny zapach octu, a zawartość probówki 2. intensywnie się pieni.

Wniosek: Kwas etanowy jest słabszy od kwasu siarkowego(VI) – kwas siarkowy(VI) wypiera kwas etanowy z roztworu jego soli. Kwas etanowy jest mocniejszy od kwasu węglowego, ponieważ wypiera go z roztworu jego soli.

Reakcję chemiczną zachodzącą **w probówce 1.** przedstawia równanie:

$$\underset{\text{etanian sodu}}{2\,CH_3COONa} + \underset{\text{kwas siarkowy(VI)}}{H_2SO_4} \longrightarrow \underset{\text{kwas etanowy}}{2\,CH_3COOH} + \underset{\text{siarczan(VI) sodu}}{Na_2SO_4}$$

W probówce 2. zachodzi reakcja chemiczna zgodnie z równaniem:

$$\underset{\substack{\text{węglan}\\\text{sodu}}}{Na_2CO_3} + \underset{\substack{\text{kwas}\\\text{etanowy}}}{2\,CH_3COOH} \longrightarrow \underset{\substack{\text{etanian}\\\text{sodu}}}{2\,CH_3COONa} + \underset{\text{woda}}{H_2O} + \underset{\substack{\text{tlenek}\\\text{węgla(IV)}}}{CO_2\uparrow}$$

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

Krok po kroku

Metabolizm alkoholu etylowego

Przemiana alkoholu etylowego (etanolu) zachodzi głównie w wątrobie, ponieważ produkuje ona enzym nazywany **dehydrogenazą alkoholową**. Jest on niezbędny do utlenienia alkoholu etylowego do aldehydu octowego. Później następuje utlenienie do kwasu octowego i ostatecznie do tlenku węgla(IV) i wody.

1 Etanol po spożyciu szybko **przenika do krwiobiegu**. Obecny we krwi alkohol **odparowuje przez płuca**, dlatego można zbadać jego obecność w wydychanym powietrzu.

2 Pierwszym produktem utleniania jest **aldehyd octowy**. Powoduje on rozszerzenie naczyń krwionośnych, co wywołuje u osoby, która go spożyła, uczucie gorąca i ból głowy.

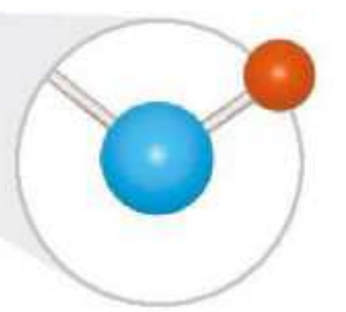
3 Następnie aldehyd octowy jest utleniany do **kwasu octowego**.

4 W ostatnim etapie kwas octowy jest utleniany **do tlenku węgla(IV)** i **wody**.

alkohol etylowy — model

$CH_3—CH_2—OH$

[O] dehydrogenaza alkoholowa

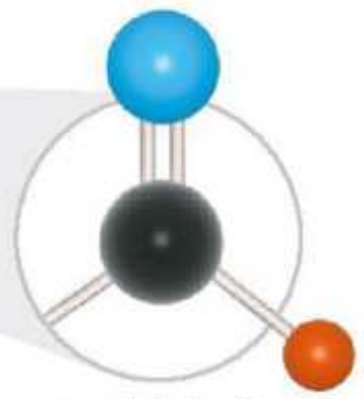


grupa hydroksylowa

aldehyd octowy

$CH_3—CHO$

[O]

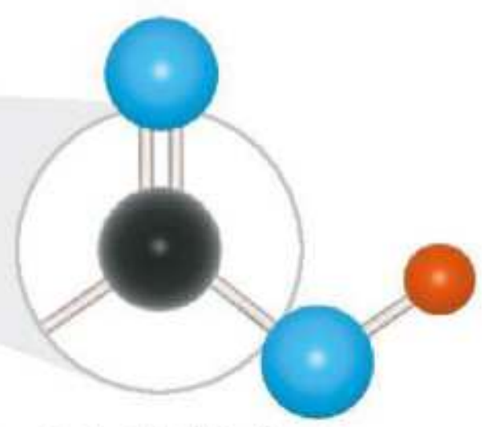


grupa aldehydowa

kwas octowy

$CH_3—COOH$

[O]



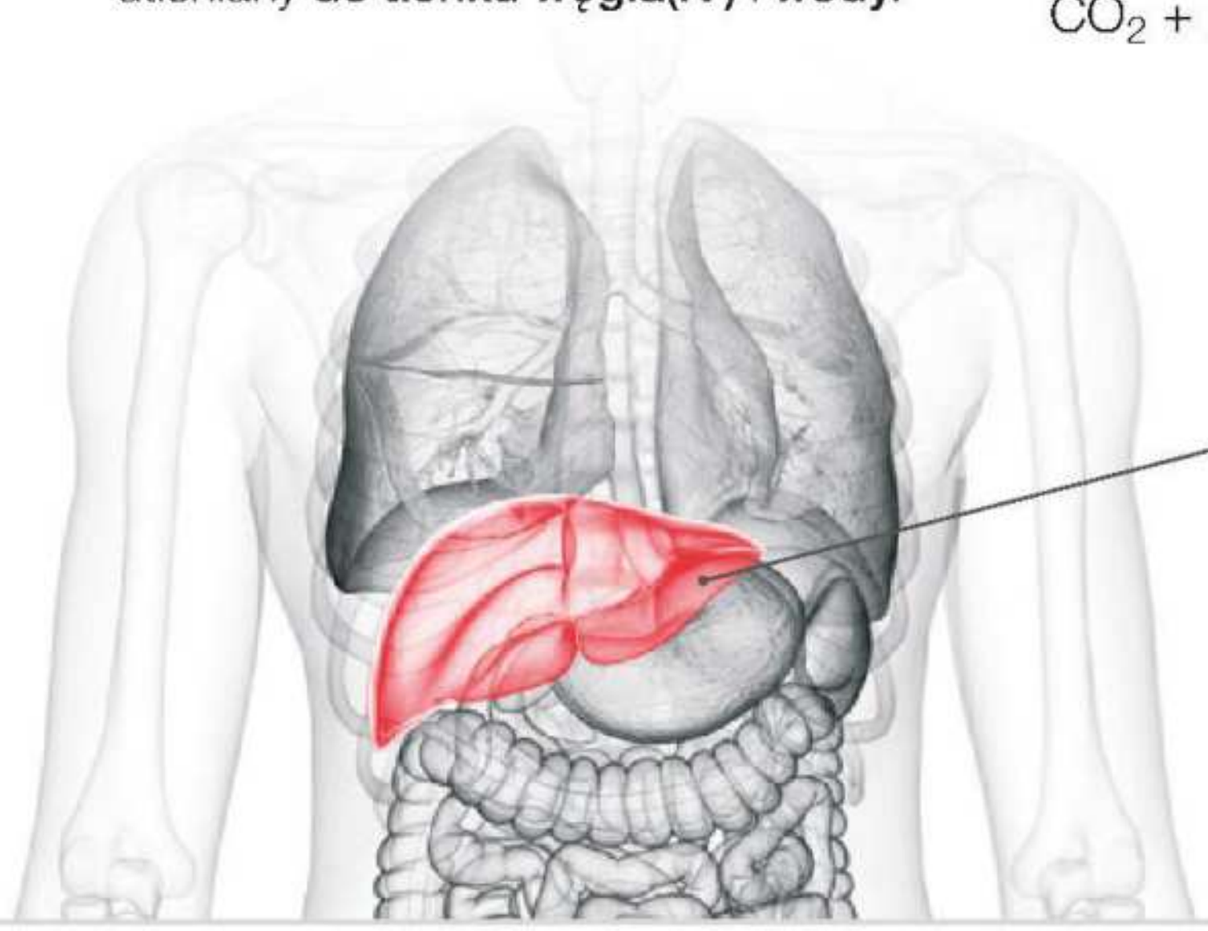
grupa karboksylowa

tlenek węgla(IV) + woda

$CO_2 + H_2O$

[O] – utleniacz

Modele atomów:
- wodoru
- tlenu
- węgla



Enzymy w wątrobie przekształcają etanol w **aldehyd octowy i kwas octowy, które mogą znacznie uszkodzić komórki wątroby**. Ostatecznymi produktami metabolizmu alkoholu etylowego są tlenek węgla(IV) i woda.

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

Kwasy karboksylowe zaliczane są do kwasów słabych – występują w roztworach wodnych zarówno w postaci jonów, jak i cząsteczek.

Otrzymany w doświadczeniu 33. na s. 174 wodny roztwór etanianu sodu (probówka 2.) ma **odczyn zasadowy**. Dysocjacja CH_3COONa przebiega zgodnie z równaniem:

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^- + Na^+$$

etanian sodu — anion etanianowy — kation sodu

CH_3COONa to **sól słabego kwasu** CH_3COOH i **mocnej zasady** NaOH.

Jony CH_3COO^- reagują z wodą zgodnie z równaniem:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

anion etanianowy — woda — kwas etanowy — anion wodorotlenkowy

Nadmiar jonów OH^- odpowiada za **odczyn zasadowy** roztworu.

Kwasy organiczne (np. CH_3COOH), podobnie jak poznane w 1. części podręcznika kwasy nieorganiczne (np. HCl), reagują z metalami aktywnymi chemicznie, tlenkami metali, wodorotlenkami i solami słabszych kwasów. Jednym z produktów takich reakcji chemicznych **są sole**.

Jak się tworzy nazwy soli kwasów karboksylowych?

Nazwy systematyczne soli kwasów karboksylowych tworzy się, dodając do nazwy węglowodoru, od którego pochodzi kwas, końcówkę „-**ian**" (tabela 25.) i nazwę metalu w dopełniaczu. Gdy metal tworzy związki chemiczne na więcej niż jednym stopniu utlenienia, podaje się jego wartość w nawiasie po nazwie metalu, np. etan**ian** miedzi(II).

Często stosuje się też **nazwy zwyczajowe** soli kwasów karboksylowych. Powstają one w analogiczny sposób od nazw zwyczajowych kwasów (tabela 25.).

Tabela 25. Nazwy soli wybranych kwasów karboksylowych

Wzór kwasu	Nazwa kwasu	Nazwa soli
HCOOH	kwas metanowy (mrówkowy)	metan**ian** (mrówcz**an**)
CH_3COOH	kwas etanowy (octowy)	etan**ian** (oct**an**)
CH_3CH_2COOH	kwas propanowy (propionowy)	propan**ian** (propion**ian**)
$CH_3CH_2CH_2COOH$	kwas butanowy (masłowy)	butan**ian** (maśl**an**)
$C_{15}H_{31}COOH$	kwas heksadekanowy (palmitynowy)	heksadekan**ian** (palmityn**ian**)
$C_{17}H_{35}COOH$	kwas oktadekanowy (stearynowy)	oktadekan**ian** (stearyn**ian**)

Kwasy karboksylowe

Kwas octowy (etanowy) stosuje się jako rozpuszczalnik w rafinacji kwasu benzeno-1,4-dikarboksylowego, używanego do produkcji poli(tereftalanu etylenu) (PET), z którego wykonane są butelki. Natomiast właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne kwasu benzoesowego wykorzystuje się w odżywczych kremach do twarzy oraz w maściach.







■ Przemysł tworzyw sztucznych

Z kwasu akrylowego (kwasu prop-2-enowego) otrzymuje się estry (tzw. akrylany) stosowane do produkcji m.in. **soczewek kontaktowych**, aparatów słuchowych oraz wypełnień zębowych.

■ Przemysł kosmetyczny

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

■ Przemysł spożywczy

Kwasy benzoesowy (oznaczany numerem E 210), mrówkowy (metanowy – E 236) i octowy (etanowy – E 260) są wykorzystywane jako substancje konserwujące np. **napoje gazowane**, ogórki konserwowe i soki owocowe.

■ Medycyna

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





Chemia w akcji

Do usunięcia osadu (kamienia) (fot. 90.) można użyć octu i wody. Należy zmieszać ocet z wodą w proporcji 1 : 1, nasączyć tym roztworem ścierkę i położyć ją na miejscu wymagającym oczyszczenia. Po 15 minutach wystarczy przetrzeć powierzchnię i opłukać ją wodą.

Fot. 90. Ocet roztwarza osad z kamienia.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory półstrukturalne kwasów karboksylowych o podanych nazwach.**
   a) kwas metanowy
   b) kwas butanowy
   c) kwas propionowy
   d) kwas palmitynowy

2. **Napisz nazwy systematyczne i zwyczajowe kwasów karboksylowych o podanych wzorach.**
   a) CH_3COOH
   b) CH_3CH_2COOH
   c) $CH_3(CH_2)_3COOH$
   d) $CH_3(CH_2)_4COOH$

3. **Napisz równania reakcji podanego ciągu przemian.** Uwzględnij warunki, w jakich zachodzą te reakcje chemiczne. Niektóre etapy mogą wymagać więcej niż jednej reakcji.
   etanol $\xrightarrow{1}$ etanal $\xrightarrow{2}$ kwas etanowy

4. Pewien kwas karboksylowy należący do szeregu homologicznego alifatycznych nasyconych kwasów monokarboksylowych zawiera w swojej cząsteczce 26,7% (procent masowy) węgla, a jego masa cząsteczkowa wynosi 90 u. **Ustal wzór rzeczywisty tego kwasu.**

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

6. Kwas octowy jest powszechnie wykorzystywany w przemyśle spożywczym i gospodarstwach domowych. Jego roztwór o stężeniu 70% jest nazywany esencją octową, a roztwór o stężeniu 6% to ocet. **Oblicz, jaką masę esencji octowej i jaką objętość wody należy zmieszać, aby otrzymać 1,5 kg octu.**

7. **Ustal, jaki odczyn ma roztwór wodny propanianu potasu. Napisz odpowiednie równania reakcji, stosując skrócony zapis jonowy.**

8. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, w którym zbadasz, czy kwas szczawiowy jest mocniejszy od kwasu węglowego. **Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Zapamiętaj!

Kwasy karboksylowe – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które mają w cząsteczce grupę karboksylową o wzorze —COOH.

14. Wyższe kwasy karboksylowe

Stearyna, z której wytwarza się świece (fot. 91.), to mieszanina wyższych kwasów karboksylowych. Jednym z jej składników jest kwas stearynowy, używany też do produkcji kosmetyków, m.in. szamponów i mydeł.



Fot. 91. Stearyna to mieszanina kwasów palmitynowego i stearynowego.

Jak można podzielić kwasy karboksylowe?

Kwasy karboksylowe można podzielić m.in. ze względu na długość łańcucha węglowego:

kwasy karboksylowe

niższe
np.: HCOOH – kwas metanowy
CH_3COOH – kwas etanowy

wyższe
np.: $C_{15}H_{31}COOH$ – kwas palmitynowy
$C_{17}H_{35}COOH$ – kwas stearynowy

Co to są wyższe kwasy karboksylowe?

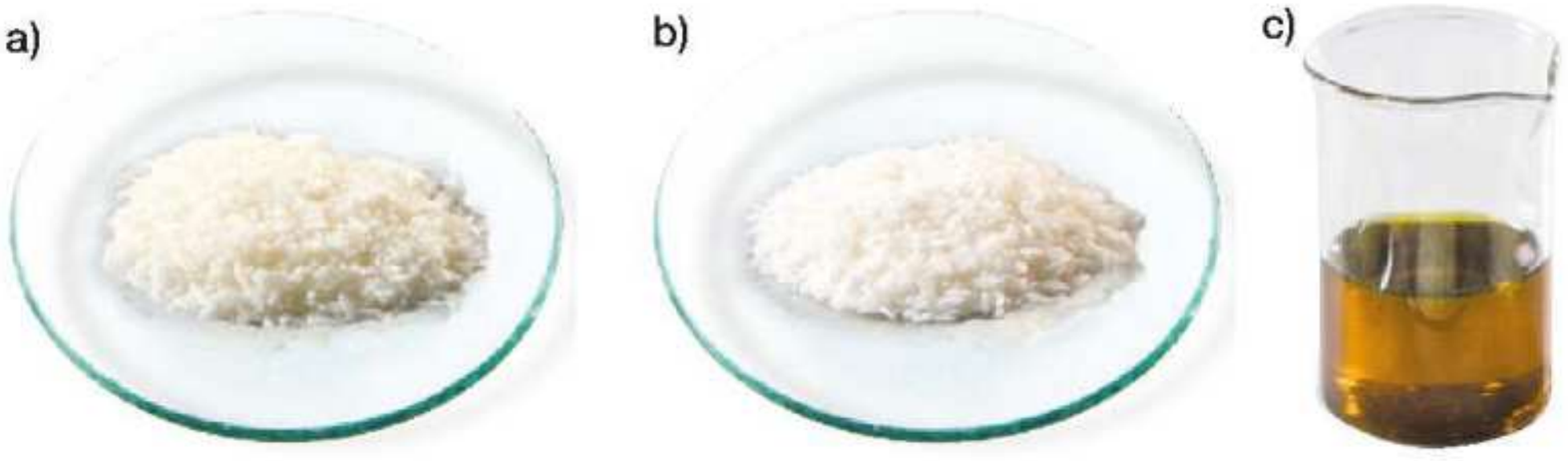
Wyższe kwasy karboksylowe **to kwasy karboksylowe, których cząsteczki zawierają długie łańcuchy węglowe**. Te, które występują naturalnie w tłuszczach, mają parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce i nazywane są kwasami tłuszczowymi (tabela 26.).

Nasycone kwasy karboksylowe
$C_{15}H_{31}COOH$
kwas palmitynowy
$C_{17}H_{35}COOH$
kwas stearynowy

Nienasycony kwas karboksylowy
$C_{17}H_{33}COOH$
kwas oleinowy

Tabela 26. Przykłady kwasów tłuszczowych

Wzór	Nazwa systematyczna	Nazwa zwyczajowa
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	kwas heksadekanowy	kwas palmitynowy
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	kwas oktadekanowy	kwas stearynowy
$CH_3(CH_2)_7\overset{10}{C}H{=}\overset{9}{C}H(CH_2)_7COOH$	kwas oktadek-9-enowy	kwas oleinowy



Fot. 92. Wyższe kwasy karboksylowe: a) kwas palmitynowy, b) kwas stearynowy, c) kwas oleinowy.

Jakie właściwości mają wyższe kwasy karboksylowe?

Doświadczenie 34.

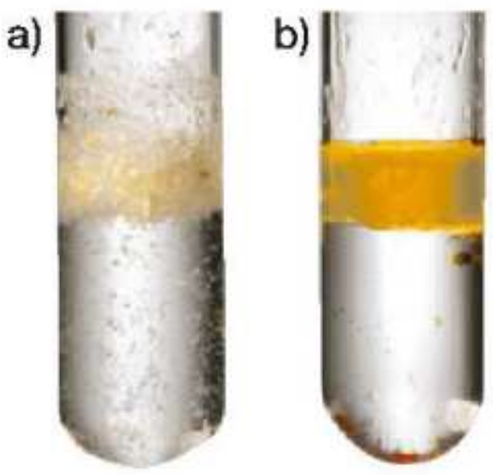
Badanie właściwości kwasów palmitynowego, stearynowego i oleinowego

Odczynniki: kwas palmitynowy, kwas stearynowy, kwas oleinowy, woda destylowana.

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

Instrukcja: W trzech probówkach umieść kolejno: w 1. – kwas palmitynowy, w 2. – kwas stearynowy, w 3. – kwas oleinowy. Określ stan skupienia, barwę oraz (bardzo ostrożnie) zapach tych kwasów. Następnie do wszystkich probówek wlej trochę wody destylowanej. Wymieszaj zawartość probówek bagietką. W każdej z probówek zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy (schemat). Łyżkę do spalań z kwasem palmitynowym umieść w płomieniu palnika (schemat). Powtórz tę czynność z wykorzystaniem kwasu stearynowego, a następnie kwasu oleinowego.





Fot. 93. Wyższe kwasy tłuszczowe nie rozpuszczają się w wodzie:
a) kwas stearynowy,
b) kwas oleinowy.

Obserwacje: Kwasy palmitynowy i stearynowy są białymi substancjami stałymi (patrz fot. 92., s. 179) o charakterystycznym zapachu. Kwas oleinowy jest bezbarwną cieczą (żółknie pod wpływem tlenu z powietrza) o charakterystycznym zapachu i oleistej konsystencji. Badane kwasy karboksylowe tworzą z wodą mieszaniny niejednorodne – unoszą się na powierzchni wody (fot. 93.). Uniwersalne papierki wskaźnikowe zanurzone w otrzymanych mieszaninach nie zmieniają barwy. W wyniku ogrzewania kwasy palmitynowy i stearynowy topią się. Wszystkie badane kwasy spalają się żółtym płomieniem.

Wniosek: Badane kwasy karboksylowe **nie rozpuszczają się w wodzie**. Mieszaniny kwasów palmitynowego, stearynowego i oleinowego z wodą **mają odczyn obojętny**. Badane kwasy karboksylowe **ulegają reakcjom spalania**.

Wyższe kwasy karboksylowe przy nieograniczonym dostępie tlenu z powietrza ulegają reakcji spalania całkowitego. Przebieg tej reakcji chemicznej dla badanych kwasów przedstawiają równania:

reakcja **spalania całkowitego**

$$\underset{\text{kwas palmitynowy}}{C_{15}H_{31}COOH} + 23\,O_2 \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{16\,CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{16\,H_2O}$$

reakcja **spalania całkowitego**

$$\underset{\text{kwas stearynowy}}{C_{17}H_{35}COOH} + 26\,O_2 \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{18\,CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{18\,H_2O}$$

reakcja **spalania całkowitego**

$$2\,\underset{\text{kwas oleinowy}}{C_{17}H_{33}COOH} + 51\,O_2 \longrightarrow \underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{36\,CO_2\uparrow} + \underset{\text{woda}}{34\,H_2O}$$

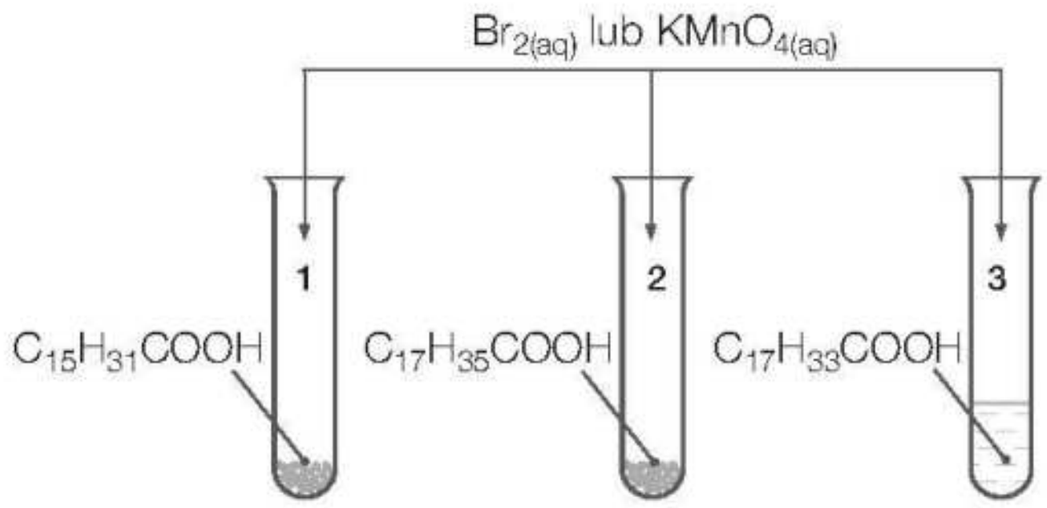
Wyższe kwasy karboksylowe, w przeciwieństwie do niższych kwasów karboksylowych, praktycznie **nie ulegają w wodzie dysocjacji jonowej**.

Jak odróżnić kwasy nasycone od kwasów nienasyconych?

Doświadczenie 35.  $Br_{2(aq)}$ $KMnO_{4(aq)}$

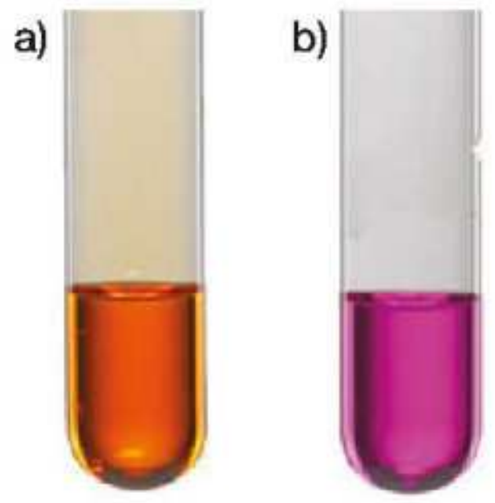
Odróżnianie kwasów nasyconych od kwasów nienasyconych

Odczynniki: kwas palmitynowy, kwas stearynowy, kwas oleinowy, woda bromowa, zakwaszony wodny roztwór manganianu(VII) potasu.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników, pipeta, bagietki.
Instrukcja: W trzech probówkach umieść kolejno: w 1. – kwas palmitynowy, w 2. – kwas stearynowy, a w 3. – kwas oleinowy. Następnie do każdej z probówek wlej niewielką ilość wody bromowej lub zakwaszonego wodnego roztworu manganianu(VII) potasu (schemat).

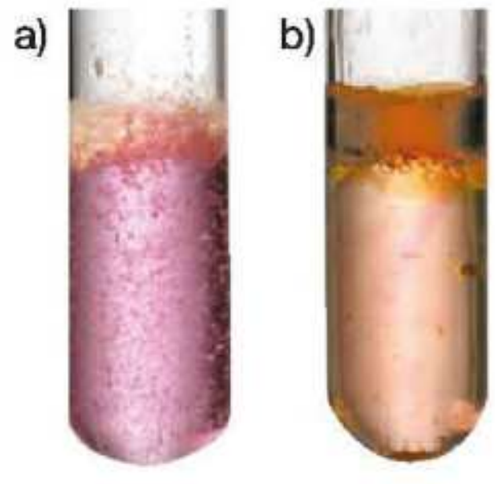


Obserwacje: Woda bromowa (fot. 94.a) lub wodny roztwór manganianu(VII) potasu (fot. 94.b) odbarwiają się tylko w probówce 3.
Wniosek: Kwas oleinowy odbarwia wodę bromową i wodny roztwór manganianu(VII) potasu (fot. 95.b) – jest związkiem nienasyconym. Kwasy palmitynowy i stearynowy nie odbarwiają wody bromowej (fot. 95.a) ani wodnego roztworu manganianu(VII) potasu – są związkami nasyconymi.

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



Fot. 94. Woda bromowa jest brunatna (a), a roztwór manganianu(VII) potasu – fioletowy (b).



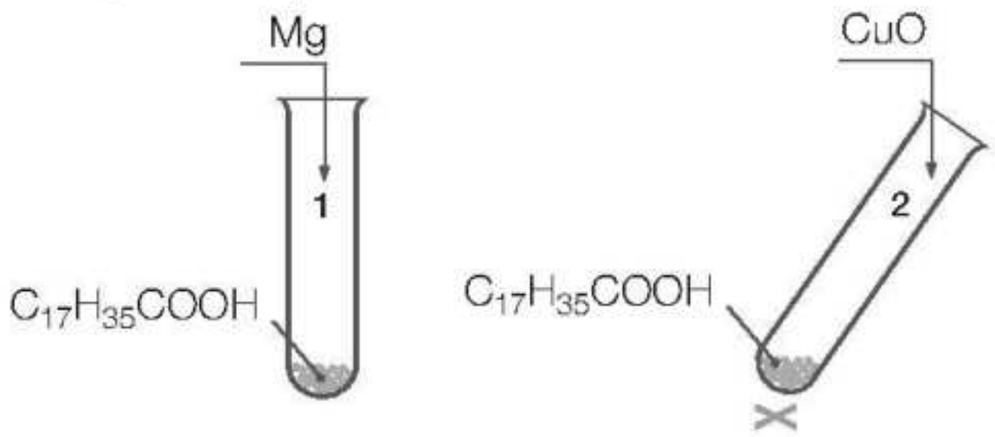
Fot. 95. Kwas stearynowy nie odbarwia wodnego roztworu manganianu(VII) potasu (a), natomiast kwas oleinowy zmienia barwę wodnego roztworu $KMnO_4$ (b).

Jakim reakcjom chemicznym ulegają wyższe kwasy karboksylowe?

Doświadczenie 36.  Mg CuO

Reakcje kwasu stearynowego z magnezem i tlenkiem miedzi(II)

Odczynniki: kwas stearynowy, wiórki magnezu, stały tlenek miedzi(II).
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników, łapa drewniana, łuczywo, palnik gazowy.
Instrukcja: Do dwóch probówek wsyp trochę kwasu stearynowego. Do probówki 1. wrzuć wiórki magnezu. Zapal łuczywo i zbliż je do wylotu probówki 1. Następnie do probówki 2. dodaj niewielką ilość tlenku miedzi(II) i ogrzej ją ostrożnie w płomieniu palnika do czasu stopienia kwasu (schemat).



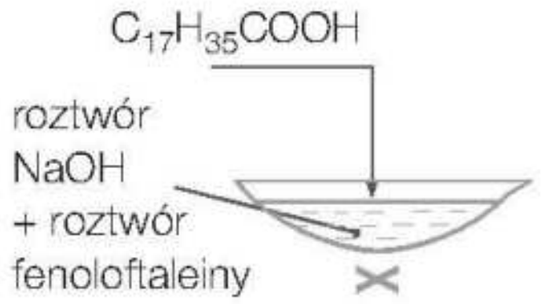
Obserwacje: Nie zaobserwowano żadnych objawów reakcji chemicznych. W wyniku ogrzewania kwas stearynowy stopił się.
Wniosek: Kwas stearynowy nie reaguje z magnezem i tlenkiem miedzi(II).

Wyższe kwasy karboksylowe nie reagują z metalami i tlenkami metali.

Doświadczenie 37.  NaOH

Reakcja kwasu stearynowego z wodorotlenkiem sodu

Odczynniki: kwas stearynowy, stężony roztwór wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica porcelanowa, łyżka do odczynników, pipeta, bagietka, statyw z pierścieniem metalowym, palnik gazowy.
Instrukcja: Do parownicy wlej 3 cm^3 stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Dodaj kroplę roztworu fenoloftaleiny, a następnie wsyp trochę kwasu stearynowego. Parownicę ostrożnie ogrzewaj (schemat) i mieszaj jej zawartość bagietką.



Obserwacje: Mieszanina ogrzewana w parownicy intensywnie się pieni (fot. 97.). Malinowy roztwór (fot. 96.) się odbarwia. Wydziela się charakterystyczny zapach mydlin.
Wniosek: Kwas stearynowy reaguje z wodorotlenkiem sodu. Pienienie się jest konsekwencją powstawania mydła (fot. 98.), a nie wydzielania się produktu gazowego.

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

$$\underset{\text{kwas stearynowy}}{C_{17}H_{35}COOH} + \underset{\substack{\text{wodorotlenek}\\\text{sodu}}}{NaOH} \xrightarrow{T} \underset{\substack{\text{stearynian sodu}\\\text{(mydło sodowe)}}}{C_{17}H_{35}COONa} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$



Fot. 96. Zabarwienie fenoloftaleiny świadczy o zasadowym odczynie roztworu wodorotlenku sodu.

Kwasy palmitynowy i oleinowy w reakcji z zasadami zachowują się podobnie jak kwas stearynowy. Reakcje tych kwasów z zasadą sodową zachodzą zgodnie z równaniami:

$$\underset{\substack{\text{kwas}\\\text{palmitynowy}}}{C_{15}H_{31}COOH} + \underset{\substack{\text{wodorotlenek}\\\text{sodu}}}{NaOH} \xrightarrow{T} \underset{\substack{\text{palmitynian sodu}\\\text{(mydło)}}}{C_{15}H_{31}COONa} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

$$\underset{\substack{\text{kwas}\\\text{oleinowy}}}{C_{17}H_{33}COOH} + \underset{\substack{\text{wodorotlenek}\\\text{sodu}}}{NaOH} \xrightarrow{T} \underset{\substack{\text{oleinian sodu}\\\text{(mydło)}}}{C_{17}H_{33}COONa} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$



Fot. 97. Mieszanina kwasu stearynowego z wodorotlenkiem sodu intenstywnie się pieni.

Wyższe kwasy karboksylowe, w przeciwieństwie do niższych kwasów karboksylowych, nie reagują z metalami i tlenkami metali. Ulegają natomiast reakcji z zasadami, w wyniku której powstają mydła.

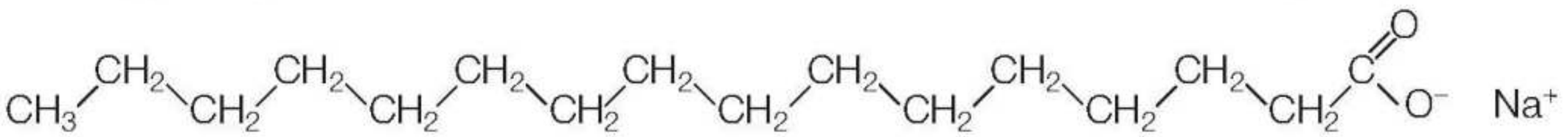
Do produkcji mydeł na skalę przemysłową wykorzystywana jest reakcja zmydlania tłuszczów. Tę reakcję chemiczną poznasz w temacie *Tłuszcze*, s. 200.



Fot. 98. Produkt reakcji kwasu stearynowego z wodorotlenkiem sodu jest substancją stałą, śliską w dotyku.

Co to są mydła?

Mydła to **sole wyższych kwasów karboksylowych** (kwasów tłuszczowych), np. stearynowego, oleinowego lub palmitynowego. Mają budowę jonową:



palmitynian sodu

Mydła sodowe to twarde, białe substancje stałe, dobrze rozpuszczalne w wodzie (fot. 99.).

Do reakcji zobojętniania kwasu tłuszczowego można użyć też roztworów wodorotlenków innych metali, np.: potasu (fot. 100., s. 184), litu, magnezu czy wapnia. Powstają wówczas mydła, które różnią się od siebie konsystencją i rozpuszczalnością w wodzie (tabela 27., s. 184).



Fot. 99. Mydła sodowe stosuje się do produkcji mydeł toaletowych w kostkach.



Fot. 100. Do produkcji m.in. płynów do prania stosuje się mydła potasowe, które są szare, maziste i lepiej rozpuszczalne w wodzie niż mydła sodowe.

Tabela 27. Podział mydeł

Właściwości mydeł	Rodzaje mydeł		
Rozpuszczalność w wodzie	rozpuszczalne	np. sodowe, potasowe	
	trudno rozpuszczalne lub nierozpuszczalne	np. litowe, magnezowe, glinowe, wapniowe	
Stan skupienia	stałe	twarde	np. sodowe, wapniowe
		maziste	np. potasowe

Jaki odczyn mają wodne roztwory mydeł?

Wodne roztwory mydeł mają **odczyn zasadowy**. Jest to związane z tym, że mydła ulegają w wodzie dysocjacji, a następnie powstałe jony mydła reagują z cząsteczkami wody. Mydło, np. stearynian sodu, ulega w wodzie dysocjacji:

$$\underset{\text{stearynian sodu (mydło)}}{C_{17}H_{35}COONa} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{anion stearynianowy}}{C_{17}H_{35}COO^-} + \underset{\text{kation sodu}}{Na^+}$$

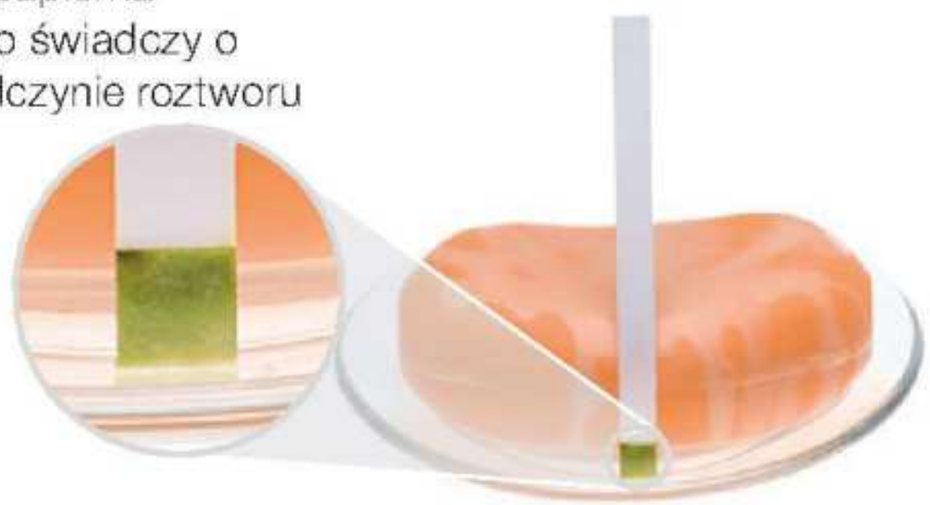
$C_{17}H_{35}COONa$ to **sól słabego kwasu** $C_{17}H_{35}COOH$ i **mocnej zasady** NaOH.

Powstały w wyniku dysocjacji anion stearynianowy reaguje z wodą zgodnie z równaniem:

$$\underset{\text{anion stearynianowy}}{C_{17}H_{35}COO^-} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{kwas stearynowy}}{C_{17}H_{35}COOH} + \underset{\text{anion wodorotlenkowy}}{OH^-}$$

Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest wodorotlenek sodu, który nadaje wodnym roztworom mydeł odczyn zasadowy (fot. 101.). Roztwory mydeł o odczynie zasadowym nie są korzystne dla skóry człowieka, która ma odczyn lekko kwasowy (pH = 5,5). Powodują miejscową zmianę odczynu skóry, co może przyczyniać się do jej wysuszenia i podrażnienia. Dlatego też do mydeł dla dzieci lub osób o bardzo wrażliwej skórze dodaje się substancje zmieniające odczyn tych produktów (obniżające wartość pH).

zielona barwa papierka wskaźnikowego świadczy o zasadowym odczynie roztworu



Fot. 101. Wartość pH roztworów mydeł jest wyższa od wartości pH wilgotnej skóry.

Zastosowania

Wyższe kwasy karboksylowe

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



Medycyna

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



Przemysł gumowy

Związki wyższych kwasów tłuszczowych, np. stearyna, wykorzystywane są do produkcji wyrobów gumowych, m.in. opon i **uszczelek**. Pełnią funkcję zmiękczacza, dzięki czemu zwiększają elastyczność oraz wytrzymałość gotowego produktu na rozciąganie.



Przemysł lakierniczy

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

Farby

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



Chemia w akcji

Mydła glinowe to substancje stałe, miękkie, nierozpuszczalne w wodzie, wykazujące właściwości żelujące. Są stosowane m.in. do impregnacji tkanin bawełnianych (brezent), z których szyje się odporne na deszcz namioty (fot. 102.), odzież, plecaki itp.



Fot. 102. Nieprzemakalne namioty zapewniają komfort i bezpieczeństwo nawet podczas ulewy.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz i uzgodnij równanie reakcji kwasu palmitynowego z zasadą potasową. Nazwij otrzymane produkty reakcji chemicznej.**

2. **Określ odczyn i podaj możliwe zabarwienie uniwersalnego papierka wskaźnikowego zanurzonego w roztworze palmitynianu potasu. Napisz odpowiednie równania reakcji chemicznych.**

3. Witamina F zawiera niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), które muszą być dostarczane do organizmu. Przykładem takiego kwasu jest kwas linolowy, którego masa cząsteczkowa wynosi 280 u, a mC : mH : mO = = 27: 4 : 4. **Ustal wzór sumaryczny kwasu linolowego.**

4. Kwas arachidonowy może powstawać w tkankach ssaków (z wyjątkiem tych z rodziny kotów). Masa cząsteczkowa tego kwasu wynosi 304 u, a masy wodoru i tlenu stanowią po 10,53% masy cząsteczki. **Ustal wzór sumaryczny kwasu arachidonowego, a następnie oceń, czy ten kwas będzie odbarwiał wodę bromową. Uzasadnij swoją odpowiedź.**

5. Stearynian magnezu jest używany do produkcji leków. Może stanowić 0,3–2% masy tabletki. Jeden z leków, który zawiera stearynian magnezu, jest dostępny w postaci tabletek o masie 500 mg. **Oblicz, ile miligramów stearynianu magnezu może zawierać 1 tabletka.**

Zapamiętaj!

Wyższe kwasy karboksylowe – kwasy karboksylowe o długich łańcuchach węglowych.

Kwasy tłuszczowe – wyższe kwasy karboksylowe występujące naturalnie w tłuszczach.

Mydła – sole wyższych kwasów karboksylowych.

15. Estry

Estry występują w przyrodzie jako substancje zapachowe roślin (fot. 103.).



Fot. 103. Charakterystyczny zapach nadaje ananasom ester maślan metylu.

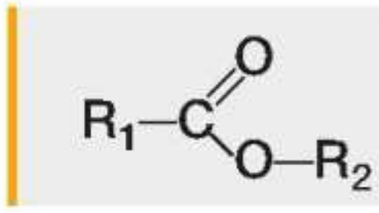
Co to są estry?

Estry to **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które zawierają w cząsteczkach **grupę estrową** o wzorze **—COO—**. Grupa estrowa jest **grupą funkcyjną**.

Jak są zbudowane estry?

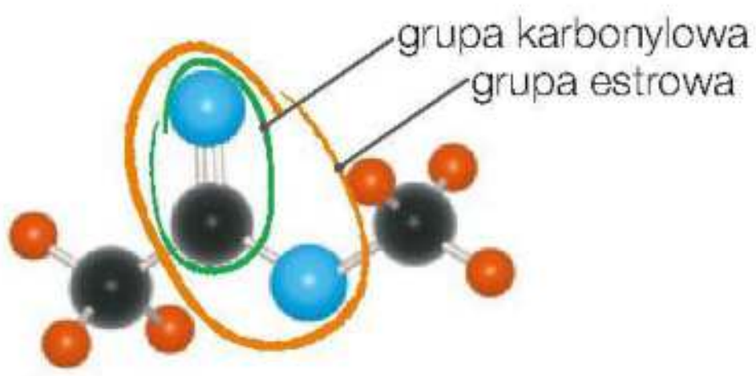
Cząsteczki estrów są zbudowane z **grupy estrowej**, która łączy dwa fragmenty cząsteczek – jeden pochodzi od kwasu ($—R_1$), a drugi od alkoholu ($—R_2$). Estry mogą powstawać zarówno z kwasów organicznych, jak i nieorganicznych. Najpopularniejszą grupą estrów są pochodne kwasów karboksylowych i alkoholi.

Wzór ogólny estrów kwasów karboksylowych ma postać:



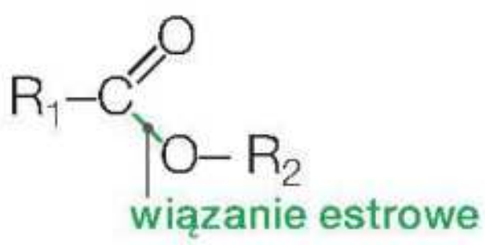
gdzie:
$—R_1$ atom wodoru lub grupa węglowodorowa (alifatyczna lub aromatyczna) pochodzące od kwasu karboksylowego,
$—R_2$ grupa węglowodorowa (alifatyczna lub aromatyczna) pochodząca od alkoholu,
—COO— grupa estrowa, czyli grupa funkcyjna.

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

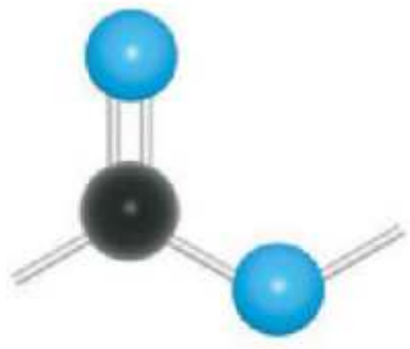


Modele atomów: wodoru węgla tlenu

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



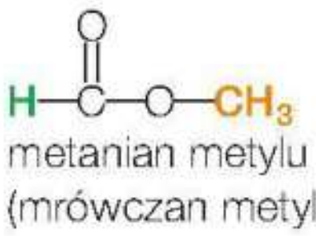
Model grupy estrowej



Modele atomów: węgla tlenu

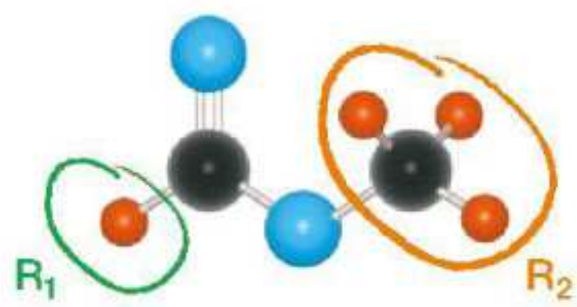
Jak jest zbudowany najprostszy ester kwasu karboksylowego?

Najprostszym przedstawicielem estrów kwasów karboksylowych jest związek chemiczny, który powstał w wyniku połączenia najprostszego kwasu karboksylowego, czyli kwasu metanowego **H**COOH, z najprostszym alkoholem monohydroksylowym, czyli metanolem **CH_3**OH. Jeśli we wzorze ogólnym estrów za $-R_1$ podstawimy atom wodoru, a za $-R_2$ grupę metylową, otrzymamy związek chemiczny o wzorze **H**COO**CH_3** i nazwie systematycznej metanian metylu:



metanian metylu
(mrówczan metylu)

Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu



model metanianu metylu (mrówczanu metylu)

Jak się tworzy nazwy estrów?

Nazwy systematyczne estrów tworzy się podobnie jak nazwy systematyczne soli kwasów karboksylowych (patrz *Kwasy karboksylowe*, tabela 25., s. 176). Należy rozpocząć od podania nazwy węglowodoru, od którego pochodzi kwas karboksylowy, i dodania do niej końcówki „-**ian**". Następnie trzeba podać w dopełniaczu nazwę grupy węglowodorowej (w solach kwasów karboksylowych podaje się w tym miejscu nazwę metalu) – najczęściej alkilu (patrz *Zjawisko izomerii*, tabela 4., s. 33) – pochodzącej od alkoholu, np. metan**ian** metylu.

Często stosowane są też **nazwy zwyczajowe** estrów kwasów karboksylowych, tworzone w analogiczny sposób od nazw zwyczajowych kwasów (tabela 28.). Pierwszy wyraz w nazwie estru jest nazwą anionu odpowiedniego kwasu karboksylowego, drugi wyraz to nazwa grupy węglowodorowej będącej fragmentem cząsteczki alkoholu.

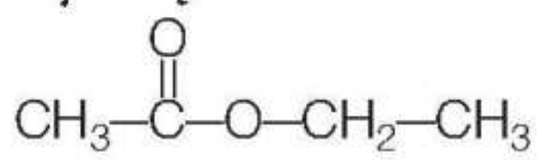
Tabela 28. Nazwy wybranych estrów kwasów karboksylowych

Wzór i nazwa		Wzór estru	Nazwa estru	
kwasu	alkoholu		systematyczna	zwyczajowa
HCOOH kwas **metanowy** (kwas mrówkowy)	CH_3OH alkohol **metylowy**	$HCOOCH_3$	metanian metylu	mrówczan metylu
CH_3COOH kwas **etanowy** (kwas octowy)	CH_3CH_2OH alkohol **etylowy**	$CH_3COOCH_2CH_3$	etanian etylu	octan etylu
CH_3CH_2COOH kwas **propanowy** (kwas propionowy)	CH_3OH alkohol **metylowy**	$CH_3CH_2COOCH_3$	propanian metylu	propionian metylu

Przykład 18.

Jak ustalić nazwę estru na podstawie jego wzoru półstrukturalnego?

Podaj nazwę systematyczną estru o wzorze półstrukturalnym:



1 Ester o wzorze $CH_3COOCH_2CH_3$ powstał z kwasu etanowego o wzorze CH_3COOH i etanolu o wzorze CH_3CH_2OH.

2 Alkil o wzorze CH_3CH_2- to **etyl**.

3 Nazwa systematyczna anionu kwasu karboksylowego o wzorze CH_3COOH, czyli kwasu etanowego, to **etanian**.

4 Nazwę alkilu podaje się w dopełniaczu: **etanian etylu**.

5 Nazwa systematyczna estru o podanym wzorze to etanian etylu.

Plan rozwiązywania

1 Ustal wzory i nazwy kwasu i alkoholu, z których powstał ester.

2 Ustal nazwę alkilu pochodzącego od alkoholu.

3 Ustal nazwę systematyczną anionu kwasu karboksylowego.

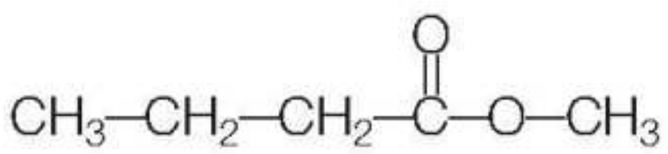
4 Połącz nazwę systematyczną anionu kwasowego z nazwą alkilu.

5 Napisz odpowiedź.

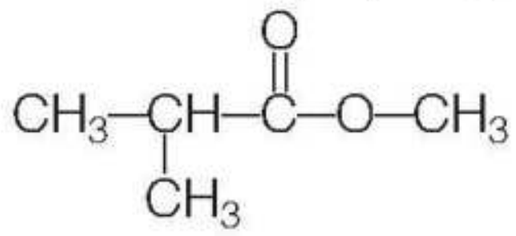
Czy estry tworzą izomery?

Wiele estrów, podobnie jak omawiane wcześniej związki organiczne, ma izomery konstytucyjne.

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



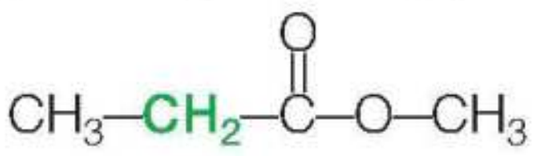
butanian metylu



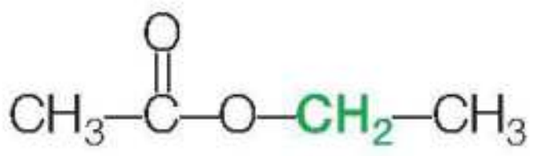
2-metylopropanian metylu



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



propanian metylu

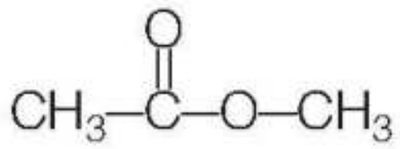


etanian etylu

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

ester

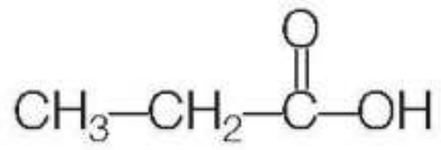
$C_3H_6O_2$



etanian metylu

kwas karboksylowy

$C_3H_6O_2$



kwas propanowy

W jaki sposób można otrzymać estry?

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

Doświadczenie 38.



Otrzymywanie estru w reakcji etanolu z kwasem etanowym

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

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

Instrukcja: Ostrożnie zbadaj zapach etanolu i roztworu kwasu etanowego. Następnie wlej do probówki po 2 cm^3 etanolu i kwasu etanowego. Dodaj pipetą ok. 0,5 cm^3 stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI). Wymieszaj zawartość probówki bagietką. Wstaw probówkę na 10–15 minut do zlewki z gorącą wodą (schemat). Następnie wlej zawartość probówki do następnej zlewki z 10–15 cm^3 zimnej wody. Zbadaj zapach i wygląd substancji w zlewce z zimną wodą.



Obserwacje: Etanol ma charakterystyczny zapach. Kwas etanowy ma zapach przypominający zapach octu. Na powierzchni wody w zlewce unosi się tłusta plama (fot. 104., s. 191) o przyjemnym owocowym zapachu.

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

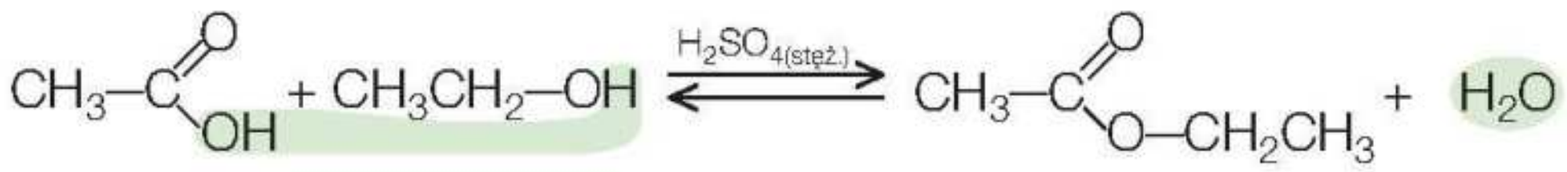
Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania stężonego roztworu H_2SO_4.





Fot. 104. Produkt reakcji estryfikacji ma gęstość mniejszą od gęstości wody.

Reakcję kwasu etanowego z etanolem w obecności stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) przedstawia równanie:



kwas etanowy — etanol — etanian etylu — woda

Podczas reakcji estryfikacji grupa hydroksylowa zostaje odłączona od cząsteczki kwasu i połączona z atomem wodoru z cząsteczki alkoholu.

W reakcji estryfikacji oprócz estru powstaje produkt o małej masie cząsteczkowej – woda.

Rekcje chemiczne polegające na łączeniu się co najmniej dwóch cząsteczek tego samego lub różnych związków chemicznych z jednoczesnym powstaniem produktu o małej masie cząsteczkowej nazywają się **reakcjami kondensacji**. Małocząsteczkowym produktem reakcji kondensacji może być też np. amoniak lub chlorowodór. Zatem reakcja etanolu z kwasem etanowym jest przykładem **reakcji kondensacji**, której **głównym produktem jest ester etanian etylu** (octan etylu), a **ubocznym – woda**.

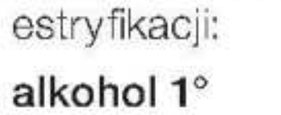
Stężony roztwór kwasu siarkowego(VI) dzięki właściwościom higroskopijnym wiąże się z cząsteczkami wody, które są jednym z produktów reakcji chemicznej. **Kationy wodoru** pochodzące z dysocjacji stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) **pełnią funkcję katalizatora**.

Jakie właściwości mają estry?

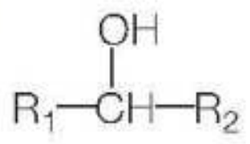
Estry niższych kwasów karboksylowych i alkoholi monohydroksylowych to **bezbarwne lotne ciecze o gęstości mniejszej od gęstości wody. Słabo rozpuszczają się w wodzie** (rozpuszczalne są jedynie estry o małych masach cząsteczkowych, np. metanian metylu). Estry wyższych kwasów karboksylowych występują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

Wzrost reaktywności alkoholi w reakcji estryfikacji:

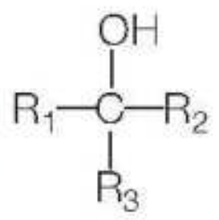
alkohol 1°



alkohol 2°

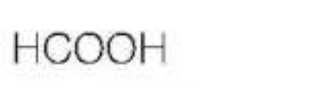


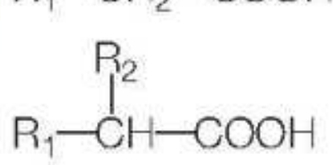
alkohol 3°

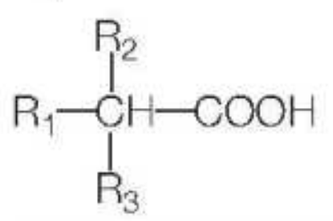


Wzrost reaktywności kwasów karboksylowych w reakcji estryfikacji:

HCOOH









Fot. 105. Banany zawdzięczają swój zapach etanianowi izopentylu.



Fot. 106. Kwiatom jaśminowca charakterystyczny zapach nadaje etanian benzylu.

Estry, podobnie jak aldehydy i ketony, **nie tworzą wiązań wodorowych** między swoimi cząsteczkami. Pomimo wyraźnie większej masy cząsteczkowej są bardziej lotne i o wiele słabiej rozpuszczalne w wodzie niż kwasy karboksylowe i alkohole, z których powstały. Temperatury topnienia i wrzenia estrów (tabela 29.) są niższe niż kwasów karboksylowych o zbliżonej masie cząsteczkowej, a podobne do temperatur topnienia i wrzenia odpowiednich węglowodorów.

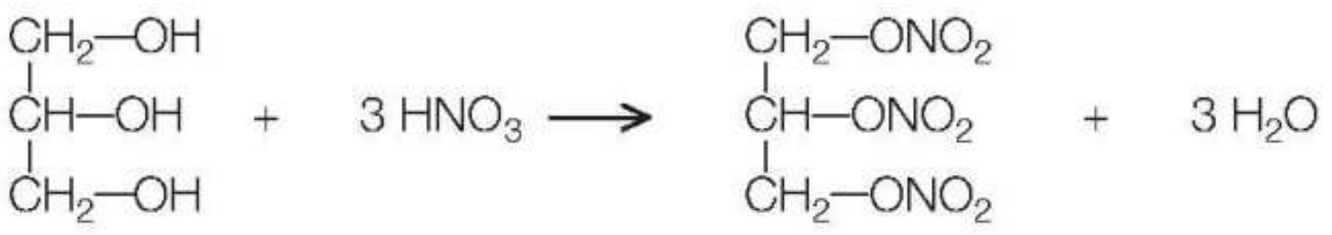
Tabela 29. Temperatury topnienia i wrzenia wybranych estrów (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Nazwa systematyczna	Wzór	Temperatura	
		topnienia, °C	wrzenia, °C
metanian metylu	$HCOOCH_3$	–99	31
metanian etylu	$HCOOCH_2CH_3$	–80	54
metanian propylu	$HCOOCH_2CH_2CH_3$	–93	81
etanian metylu	CH_3COOCH_3	–98	57
etanian etylu	$CH_3COOCH_2CH_3$	–84	77
benzoesan etylu	$C_6H_5COOCH_2CH_3$	–34	213

Większość estrów ma **przyjemny zapach**. Na ogół są to aromaty owocowe (fot. 105.) lub kwiatowe (fot. 106.).

Chemia w akcji

Przykładem estru nieorganicznego jest triazotan(V) glicerolu, niepoprawnie nazywany nitrogliceryną. Jest on trującą, oleistą cieczą, która powstaje w reakcji glicerolu z kwasem azotowym(V):



glicerol (propano-1,2,3-triol) | kwas azotowy(V) | triazotan(V) glicerolu (triazotan(V) propano-1,2,3-triolu) | woda

Triazotan(V) glicerolu jest nadzwyczaj silnym środkiem wybuchowym, wymagającym szczególnej ostrożności. Aby zwiększyć bezpieczeństwo podczas prac z nim, został połączony z absorbentem (ziemią okrzemkową), czyli substancją pochłaniającą. W ten sposób otrzymano dynamit (fot. 107.), który wybucha dopiero po zastosowaniu zapalnika lub ognia.



Fot. 107. Obecnie dynamit wykorzystuje się głównie do wysadzania skał w górnictwie, podczas budowy dróg, torów kolejowych, tuneli oraz prowadzenia prac rozbiórkowych.

Jakim reakcjom chemicznym ulegają estry?

Estry **ulegają** m.in. **hydrolizie kwasowej i hydrolizie zasadowej**. Hydroliza to reakcja związku chemicznego z wodą prowadząca do jego rozkładu.

- **Hydroliza kwasowa estrów** zachodzi pod wpływem wody i w obecności kwasu jako katalizatora. Jest **reakcją odwracalną**. Hydroliza kwasowa estrów jest reakcją odwrotną do reakcji estryfikacji. Reakcję hydrolizy kwasowej etanianu etylu przedstawia równanie:

$$\underset{\text{etanian etylu}}{CH_3COOCH_2CH_3} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \overset{H^+_{(aq)}}{\rightleftharpoons} \underset{\text{kwas etanowy}}{CH_3COOH} + \underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH}$$

Produktami hydrolizy kwasowej estrów **są kwas i alkohol**.

- **Hydroliza zasadowa estrów** zachodzi pod wpływem zasad. O ile podczas hydrolizy kwasowej powstają kwas i alkohol, to podczas hydrolizy zasadowej zamiast kwasu powstaje jego sól. Hydroliza zasadowa **jest** zatem **reakcją nieodwracalną**. Reakcję hydrolizy zasadowej etanianu etylu przedstawia równanie:

$$\underset{\text{etanian etylu}}{CH_3COOCH_2CH_3} + \underset{\text{wodorotlenek sodu}}{NaOH} \longrightarrow \underset{\text{etanian sodu}}{CH_3COONa} + \underset{\text{etanol}}{CH_3CH_2OH}$$

Estry alkoholi trzeciorzędowych nie są wrażliwe na działanie zasad.

Czym różni się reakcja estryfikacji od reakcji zobojętniania?

Reakcje estryfikacji i zobojętniania to reakcje chemiczne, w których jednym z produktów jest woda. Różnice między reakcją estryfikacji i reakcją zobojętniania są przedstawione w tabeli 30.

Tabela 30. Porównanie reakcji estryfikacji i reakcji zobojętniania

Nazwa reakcji chemicznej	estryfikacja	zobojętnianie
Przebieg reakcji chemicznej	$\rightleftharpoons$ odwracalna	$\longrightarrow$ nieodwracalna
Substraty	kwas i alkohol	kwas i zasada
Produkty	ester i woda	sól i woda
Równanie reakcji chemicznej	$HCOOH + CH_3OH \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} \underset{\text{ester}}{HCOOCH_3} + H_2O$	$HCl + KOH \longrightarrow \underset{\text{sól}}{KCl} + H_2O$
Warunki reakcji chemicznej	w obecności katalizatora $H^+_{(aq)}$	bez udziału katalizatora
Dysocjacja produktu	nie dysocjuje	dysocjuje na jony
Hydroliza produktu	produkt ulega hydrolizie w środowisku kwasowym lub zasadowym	produkt może ulegać hydrolizie w roztworze wodnym (oprócz soli mocnych kwasów i mocnych zasad) niezależnie od środowiska

Zastosowania

Estry

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



Medycyna

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



Przemysł kosmetyczny

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



Przemysł chemiczny

W reakcji polimeryzacji octanu winylu (etanianu etenylu) powstaje poli(octan winylu). Ze względu na dobrą przyczepność stosuje się go jako **substancję wiążącą w klejach i masach szpachlowych**.



Przemysł spożywczy

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

Chemia w akcji

Banany zawdzięczają charakterystyczny zapach octanowi izopentylu. Jednocześnie ten ester jest feromonem alarmu pszczoły miodnej (fot. 108.). A to oznacza, że pszczoły atakują, gdy tylko poczują aromat bananów.



Fot. 108. Tam, gdzie jest dużo pszczół, np. w pobliżu pasieki, nie powinno się jeść bananów, bo można zostać pożądlonym.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz wzory półstrukturalne estrów o podanych nazwach.**
   a) metanian propylu
   b) propanian etylu

2. **Napisz nazwy systematyczne estrów o podanych wzorach.**
   a) CH_3COOCH_3
   b) $HCOOCH_2CH_3$

3. **Napisz nazwy systematyczne i wzory półstrukturalne kwasów karboksylowych i alkoholi potrzebnych do otrzymania estrów o podanych nazwach.**
   a) etanian pentylu
   b) metanian butylu

4. **Ustal wzory i nazwy systematyczne wszystkich ośmiu estrów będących izomerami konstytucyjnymi butanianu metylu $CH_3CH_2CH_2COOCH_3$.**

5. W produktach spożywczych i kosmetycznych stosuje się aromaty pochodzenia naturalnego lub otrzymywane sztucznie. Mrówczan etylu ma zapach rumu. **Napisz równanie reakcji otrzymywania tego estru i jego nazwę systematyczną.**

6. Oleinian etylu jest wytwarzany przez organizm podczas zatrucia alkoholem. **Napisz równanie reakcji otrzymywania tego estru.**

7. Salicylan metylu jest pozyskiwany z kory jednej z odmian brzozy. Jest składnikiem maści – wcierany w skórę działa przeciwbólowo. **Napisz wzór salicylanu metylu, a następnie zaznacz w nim grupę estrową i wiązanie estrowe.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Zapamiętaj!

Estry – jednofunkcyjne pochodne węglowodorów, które zawierają w cząsteczce grupę estrową o wzorze —COO—.

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

Reakcja kondensacji – reakcja chemiczna polegająca na łączeniu się co najmniej dwóch cząsteczek tego samego lub różnych związków chemicznych z jednoczesnym powstaniem produktu o małej masie cząsteczkowej.

Hydroliza kwasowa estru – reakcja rozkładu estru na kwas i alkohol pod wpływem wody i w obecności kwasu jako katalizatora.

Hydroliza zasadowa estru – reakcja rozkładu estru na sól i alkohol pod wpływem wodnych roztworów zasad.

16. Tłuszcze



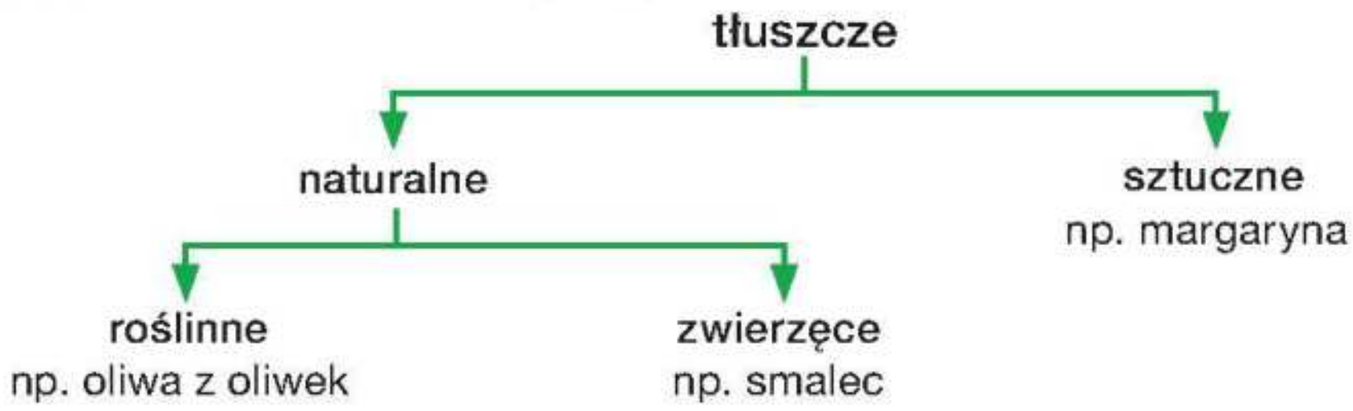
Fot. 109. Masło jest tłuszczem pochodzenia zwierzęcego.

Masło (fot. 109.), smalec, oliwa i oleje to powszechnie stosowane tłuszcze. Wyodrębnia się je ze źródeł naturalnych pochodzenia roślinnego (roślin oleistych, np. nasion słonecznika) lub zwierzęcego (np. mleka krowiego).

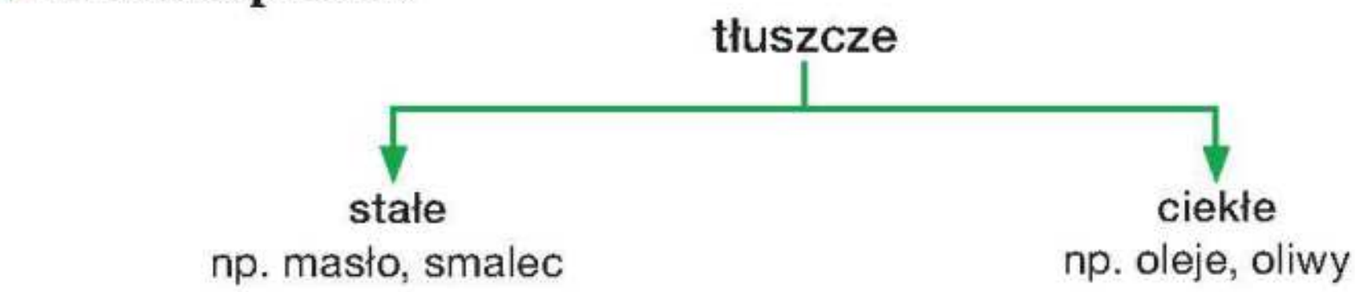
Jak można podzielić tłuszcze?

Tłuszcze można podzielić ze względu na:

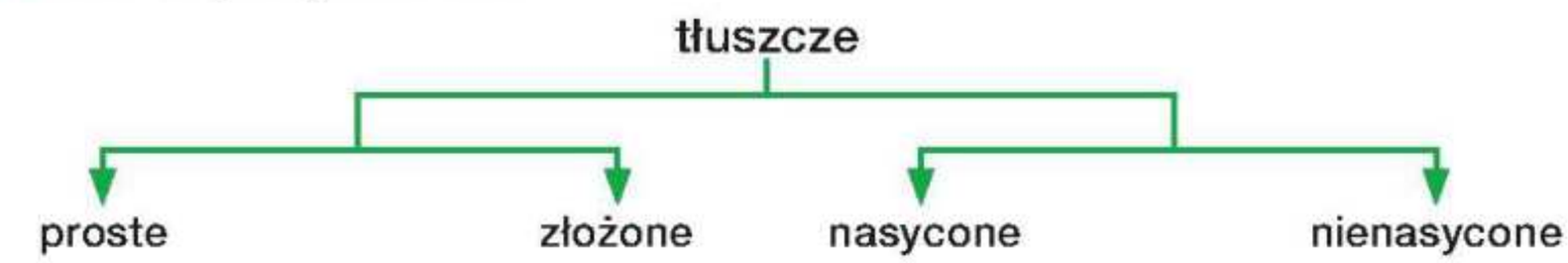
- **pochodzenie oraz występowanie:**



- **stan skupienia:**



- **budowę cząsteczki:**





Chemia w akcji

Olej palmowy (fot. 110.) wykorzystuje się w postaci utwardzonej, jest to wówczas tłuszcz palmowy. Ze względu na niską cenę jest powszechnie stosowany w przemyśle spożywczym do produkcji m.in. margaryny, chipsów i słodyczy. Jest składnikiem niektórych czekolad. Olej palmowy jest szkodliwy dla zdrowia, ponieważ zawiera dużo tłuszczów nasyconych – ok. 44% jego składu to kwas palmitynowy. Ponadto produkcja tego oleju powoduje degradację środowiska przyrodniczego, bo plantacje palmy olejowej są zakładane na terenach zajmowanych przez lasy deszczowe. Oznacza to stratę ogromnych powierzchni lasów i zagraża bioróżnorodności.

Fot. 110. Olej palmowy jest tłuszczem roślinnym otrzymywanym z nasion lub miąższu owoców olejowca gwinejskiego.

Co to są kwasy tłuszczowe?

Kwasy tłuszczowe to **wyższe kwasy karboksylowe występujące naturalnie w tłuszczach**. Mają parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce. Są to np. kwasy: palmitynowy, oleinowy, stearynowy.

Przykłady **kwasów tłuszczowych**:

$C_{15}H_{31}COOH$
kwas palmitynowy

$C_{17}H_{35}COOH$
kwas stearynowy

$C_{17}H_{33}COOH$
kwas oleinowy

Co to są tłuszcze?

Tłuszcze (glicerydy) to **estry glicerolu** (propano-1,2,3-triolu) **i wyższych kwasów monokarboksylowych**.

Tłuszcze występujące w środowisku przyrodniczym, np. w orzechach włoskich (fot. 111.), są mieszaninami estrów glicerolu i kwasów tłuszczowych.

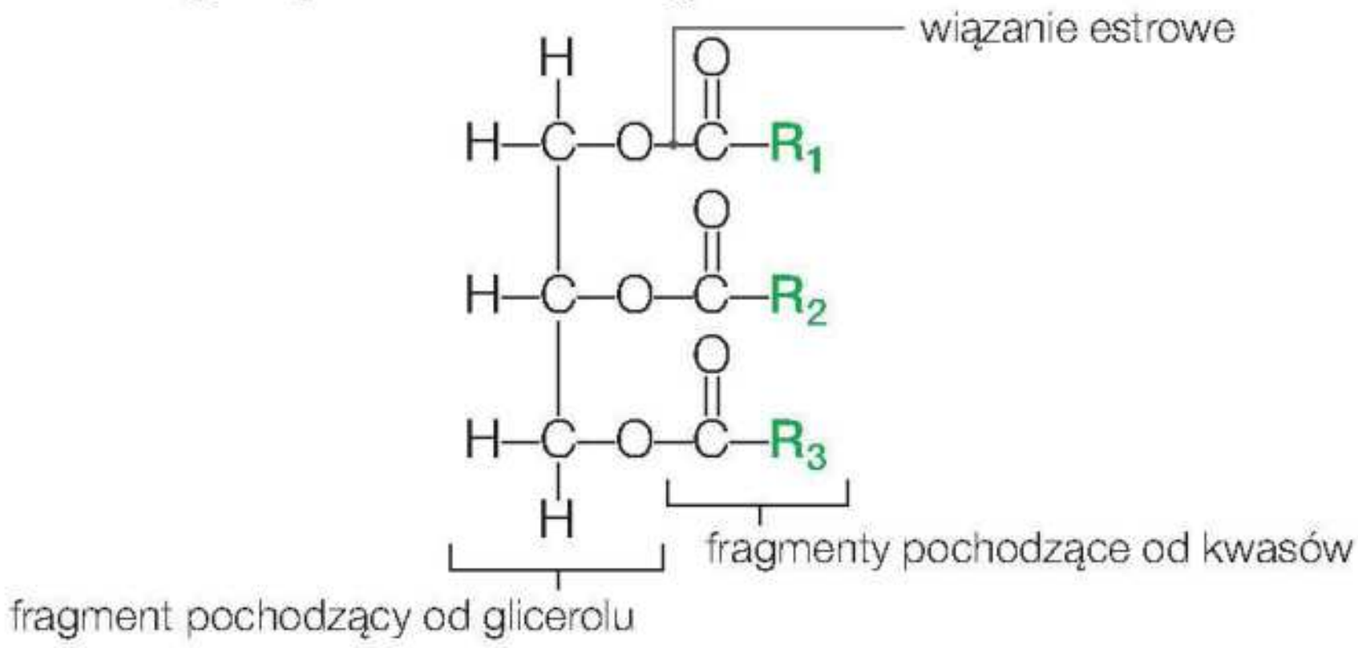


Fot. 111. Tłusta plama pozostawiona na bibule przez orzechy jest dowodem na to, że jest w nich tłuszcz.

Jak są zbudowane tłuszcze?

Cząsteczki tłuszczów składają się **z fragmentu pochodzącego od cząsteczki glicerolu połączonego za pomocą wiązań estrowych z trzema fragmentami pochodzącymi od cząsteczek kwasów tłuszczowych** $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$). Estry zbudowane z cząsteczek, w których jedna cząsteczka glicerolu połączona jest z trzema resztami trzech kwasów tłuszczowych, nazywane są triglicerydami.

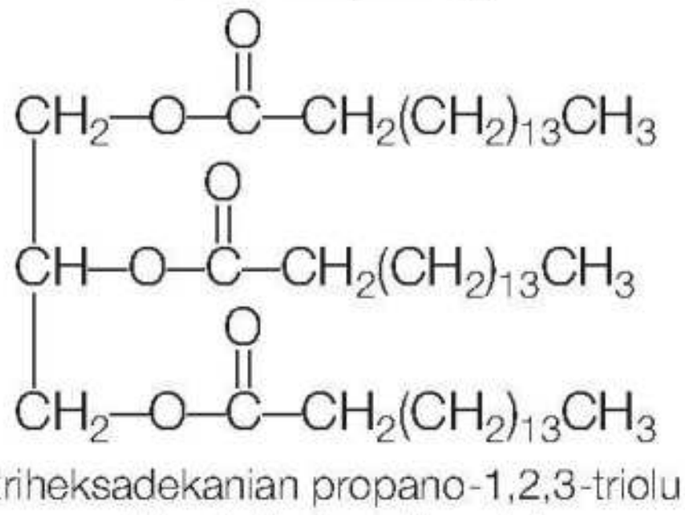
Wzór ogólny tłuszczów ma postać:



gdzie:
$-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ grupy alifatyczne pochodzące od cząsteczek kwasów tłuszczowych,
$-COO-$ grupa estrowa, czyli grupa funkcyjna.

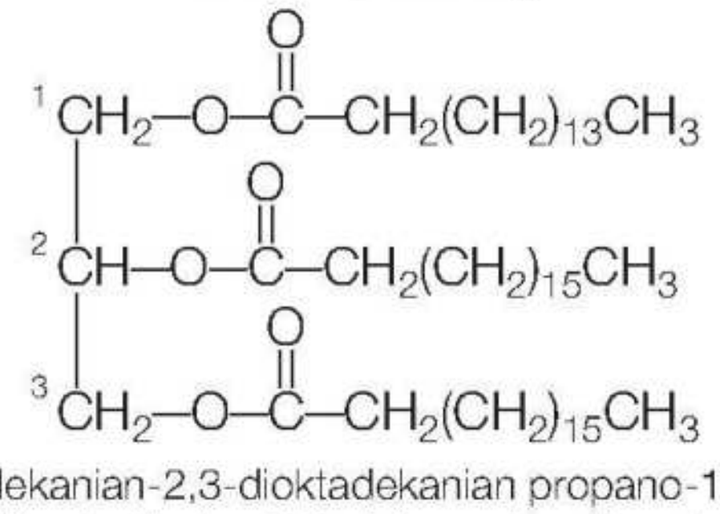
Jeśli w cząsteczkach tłuszczu wszystkie trzy reszty kwasowe $-R_1$, $-R_2$ i $-R_3$ są jednakowe, mamy do czynienia z **tłuszczem prostym**, a jeśli $-R_1$, $-R_2$ i $-R_3$ są różne, jest to **tłuszcz złożony**, np.:

tłuszcz prosty



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

tłuszcz złożony

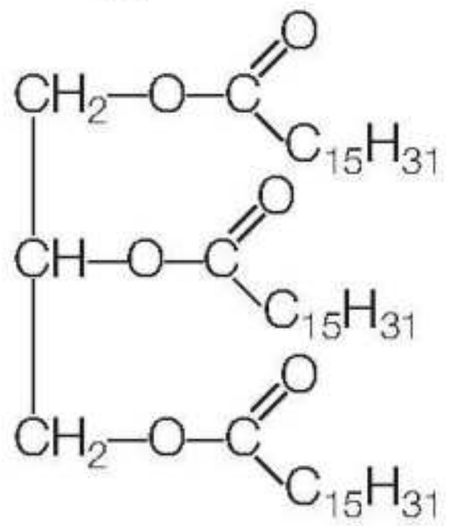


1-heksadekanian-2,3-dioktadekanian propano-1,2,3-triolu
(1-palmitynian-2,3-distearynian glicerolu)

Jak się tworzy nazwy tłuszczów?

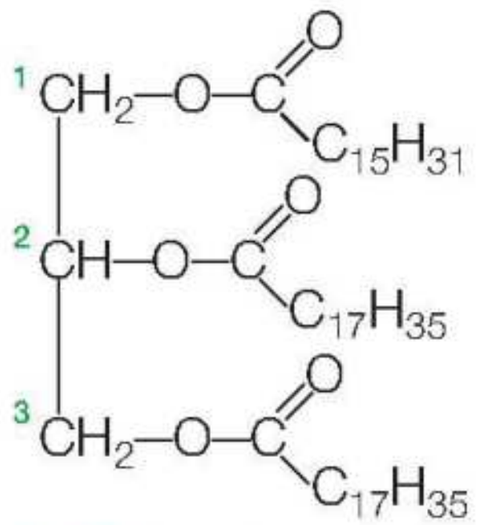
Tłuszcze są estrami, dlatego nazwy tłuszczów tworzy się tak samo jak nazwy estrów (patrz *Estry*, s. 188).

Tworzenie **nazwy tłuszczu prostego**, w którego cząsteczce fragmenty $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ pochodzą od tego samego kwasu tłuszczowego, należy rozpocząć od podania nazwy anionu kwasu tłuszczowego z przedrostkiem „**tri**-", a następnie dodać słowo „glicerolu", np.:



triheksadekanian propano-1,2,3-triolu
(**tri**palmitynian glicerolu)

Aby utworzyć **nazwę tłuszczu złożonego**, czyli takiego, w którym fragmenty $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ pochodzą od różnych kwasów tłuszczowych, należy ponumerować atomy węgla z fragmentu cząsteczki glicerolu, a następnie podać nazwy reszt kwasów tłuszczowych w kolejności numeracji atomów węgla, np.:



1-heksadekanian-**2,3**-**di**oktadekanian propano-1,2,3-triolu
(**1**-palmitynian-**2,3**-**di**stearynian glicerolu)

Jakie właściwości mają tłuszcze?

Większość tłuszczów nasyconych to substancje stałe. Natomiast większość tłuszczów nienasyconych to ciecze, ponieważ łańcuchy węglowodorowe nienasyconych kwasów tłuszczowych występujących w cząsteczce tłuszczu obniżają jego temperaturę topnienia.

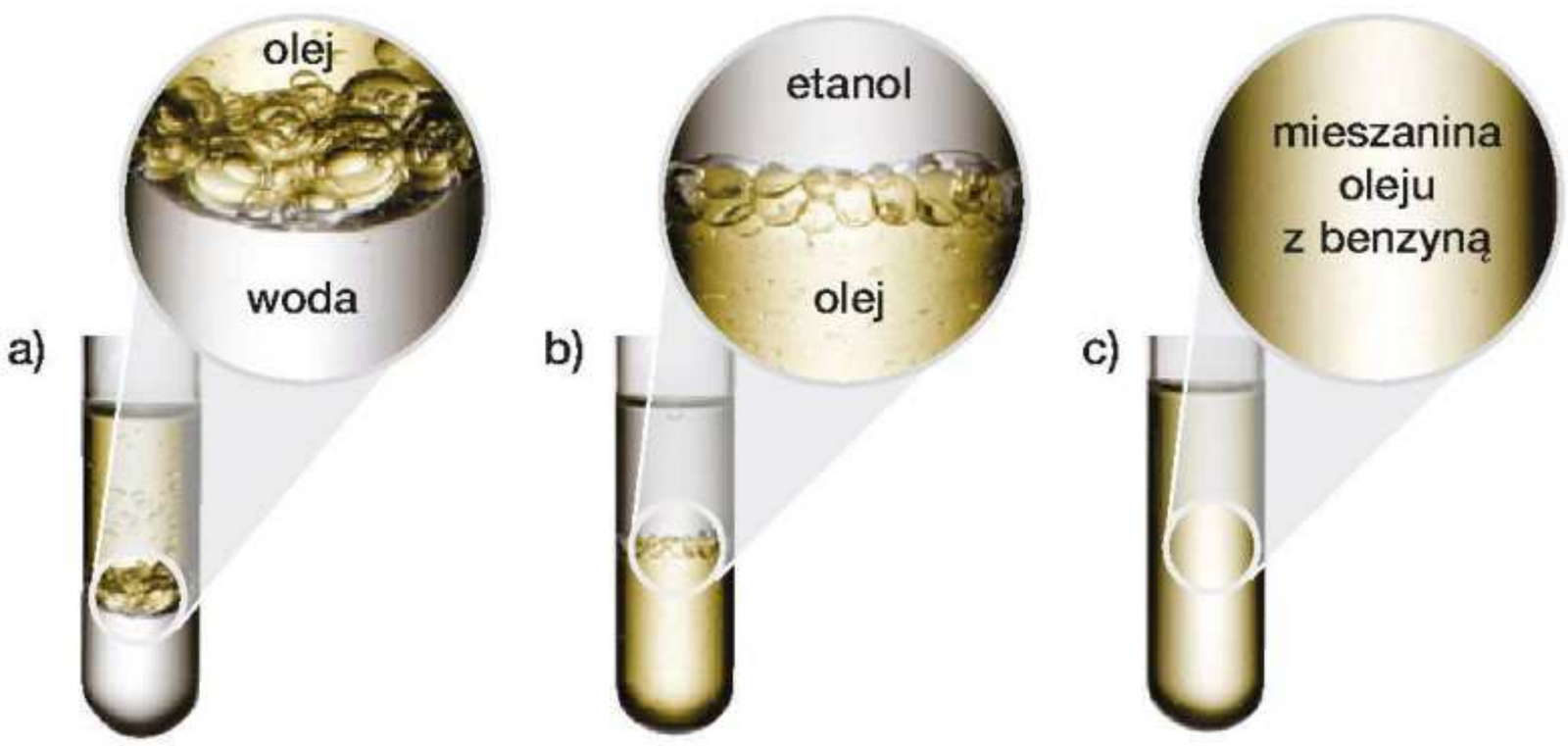
Tłuszcze roślinne (np. olej rzepakowy, olej słonecznikowy) **są ciekłe w temperaturze pokojowej**, dlatego nazywa się je olejami (olej z oliwek nazywa się oliwą). Wyjątkiem jest m.in. masło kakaowe, które jest substancją stałą. **Tłuszcze zwierzęce** (np. masło i łój) **są stałe w temperaturze pokojowej**. Wyjątkiem jest tran, który jest cieczą, ponieważ w jego skład wchodzą łańcuchy węglowodorowe nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Tłuszcze są nierozpuszczalne w wodzie (fot. 112.a), ponieważ w ich cząsteczkach występują długie łańcuchy węglowodorowe. Mają gęstość mniejszą od gęstości wody (fot. 113.). Należą do substancji hydrofobowych (nielubiących wody). Tłuszcze słabo rozpuszczają się też w innych rozpuszczalnikach polarnych, np. etanolu (fot. 112.b), natomiast **dobrze rozpuszczają się w rozpuszczalnikach niepolarnych** – zgodnie z zasadą „podobne rozpuszcza się w podobnym".

Dobrymi rozpuszczalnikami tłuszczów są m.in. nafta i benzyna (fot. 112.c). Można je stosować np. do usuwania z tkanin tłustych plam.



Fot. 113. Charakterystyczne oka pływające po powierzchni rosołu to tłuszcz stopiony w wyniku ogrzewania.



Fot. 112. Olej nie rozpuszcza się w wodzie (a), słabo rozpuszcza się w etanolu (b), natomiast dobrze rozpuszcza się w benzynie (c).

Palącego się oleju nie wolno gasić wodą.

Aby zgasić płonący tłuszcz (fot. 114.), należy odciąć dostęp powietrza, np. przykrywając patelnię pokrywką.

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



Fot. 114. Olej, podobnie jak ropa naftowa i benzyna, ma gęstość mniejszą od gęstości wody, dlatego wypływa na powierzchnię wody i pali się dalej.

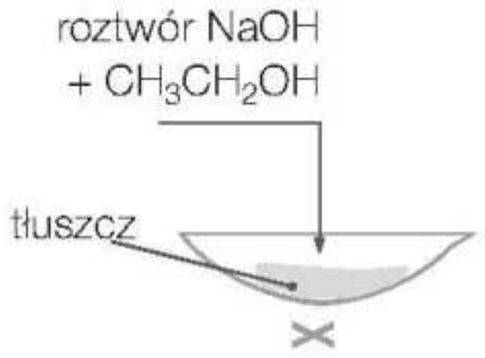
Jakim reakcjom chemicznym ulegają tłuszcze?

Tłuszcze są estrami, zatem mogą ulegać **hydrolizie w środowisku kwasowym lub zasadowym**. W wyniku hydrolizy w środowisku kwasowym powstają odpowiednie kwasy karboksylowe i glicerol, a w efekcie hydrolizy w środowisku zasadowym – odpowiednie sole kwasów karboksylowych i glicerol. Reakcja hydrolizy tłuszczów w środowisku zasadowym nazywa się **zmydlaniem**.

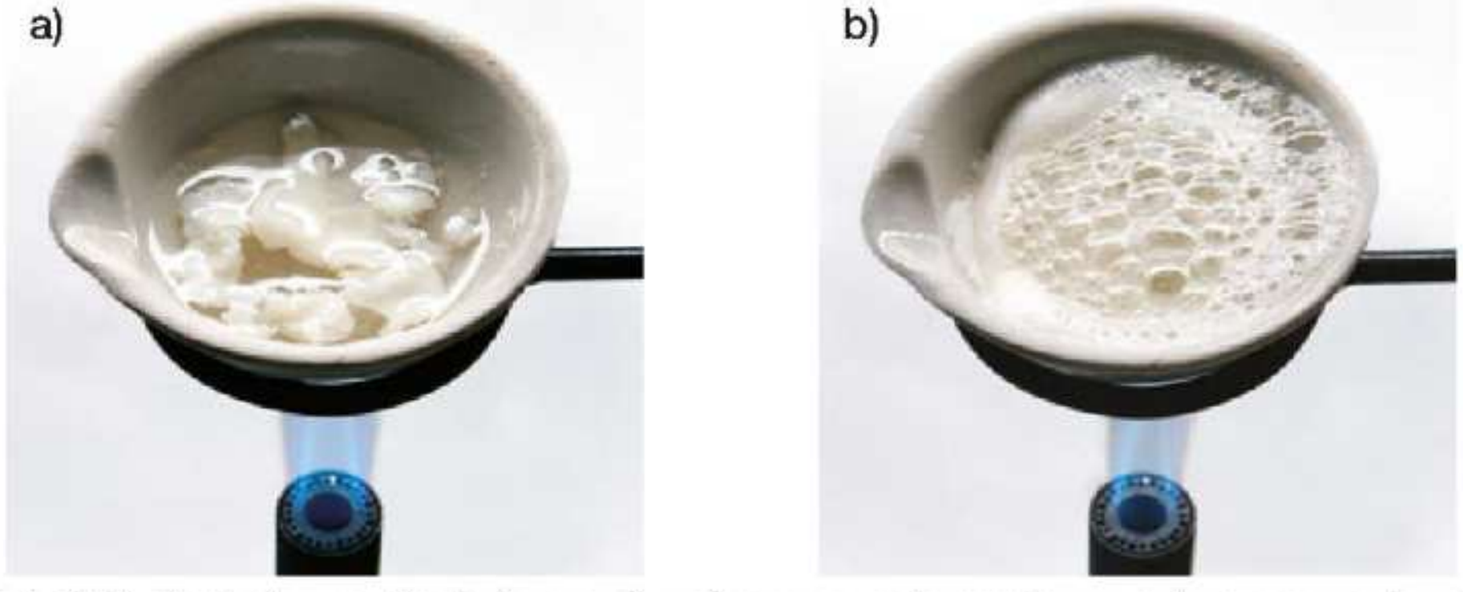
Doświadczenie 39. NaOH CH_3CH_2OH

Hydroliza zasadowa tłuszczów (zmydlanie tłuszczów)

Odczynniki: tłuszcz stały (smalec lub masło), stężony roztwór wodorotlenku sodu, woda destylowana, etanol, nasycony roztwór wodny chlorku sodu.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: parownica porcelanowa, statyw z pierścieniem metalowym, palnik gazowy, łyżeczka, probówki, bagietki.
Instrukcja: W parownicy umieść łyżeczkę tłuszczu (ok. 5 g), dodaj 10 cm^3 stężonego roztworu wodorotlenku sodu i 3–5 cm^3 etanolu (aby ułatwić rozpuszczanie tłuszczu). Ogrzewaj i mieszaj zawartość parownicy przez ok. 10 min (schemat). Następnie wlej 10 cm^3 roztworu chlorku sodu (aby ułatwić rozdzielanie składników mieszaniny), wymieszaj wszystko i pozostaw do ochłodzenia. Po ostudzeniu powstałej substancji sprawdź, jaki jest w dotyku stały produkt tej reakcji chemicznej. Umyj ręce! Niewielką ilość produktu przenieś bagietką do probówki z wodą destylowaną i silnie wstrząsaj probówką.



Obserwacje: Ogrzewana w parownicy mieszanina (fot. 115.a) intensywnie się pieni (fot. 115.b) i wydziela charakterystyczny zapach mydlin. Produkt ma postać białej masy, śliskiej w dotyku. Po dodaniu wody destylowanej i wstrząśnięciu produkt się rozpuszcza.
Wniosek: Tłuszcz reaguje z wodorotlenkiem sodu, w wyniku czego powstaje mydło. Substancja ta dobrze rozpuszcza się w wodzie.

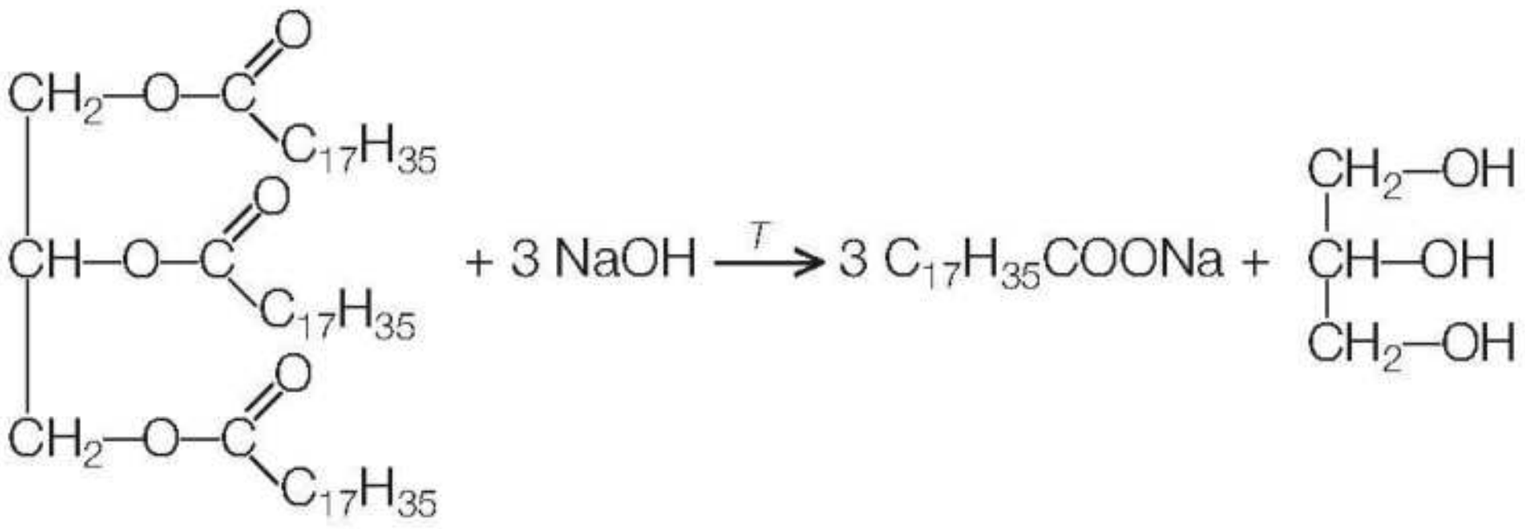


Fot. 115. Reakcja zmydlania tłuszczów: a) ogrzewanie smalcu z roztworem wodorotlenku sodu, b) powstanie soli sodowej wyższego kwasu karboksylowego, czyli mydła.

Ogólny zapis reakcji zmydlania tłuszczów ma postać:

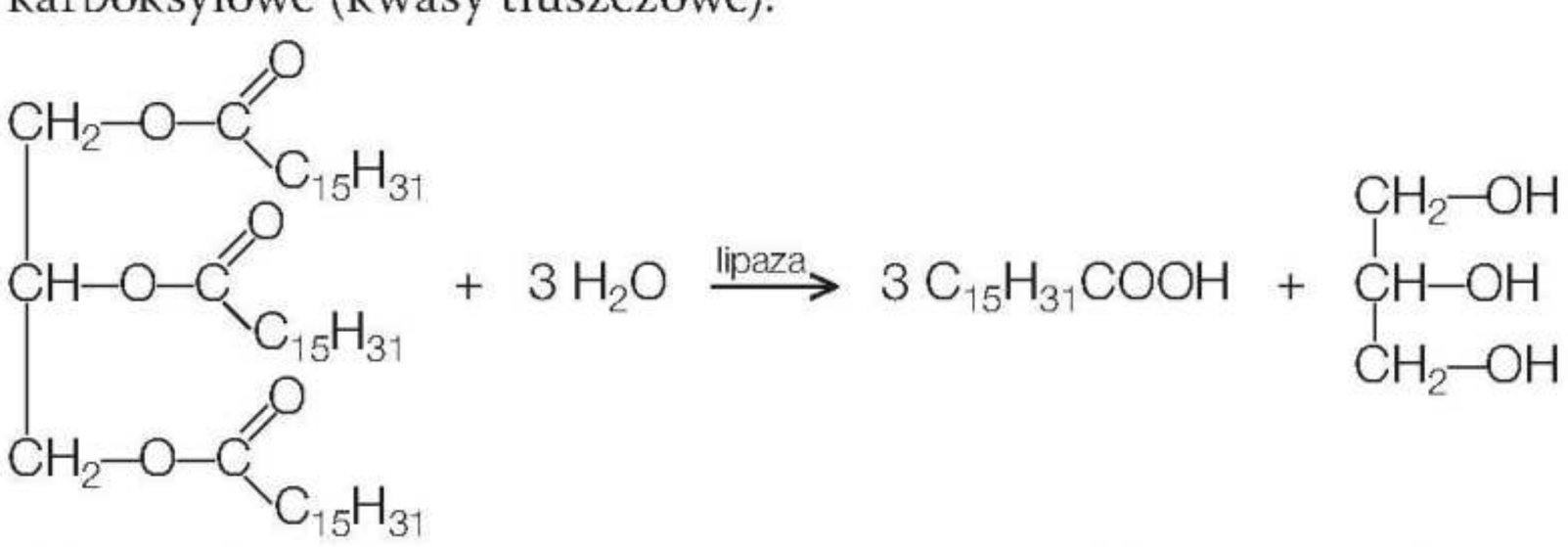
tłuszcz + wodorotlenek $\xrightarrow{T}$ mydło + glicerol

Reakcję chemiczną przeprowadzoną w doświadczeniu 39., s. 200 wykorzystuje się do produkcji mydła na skalę przemysłową. Reakcję zmydlania tłuszczu można więc zapisać następująco:



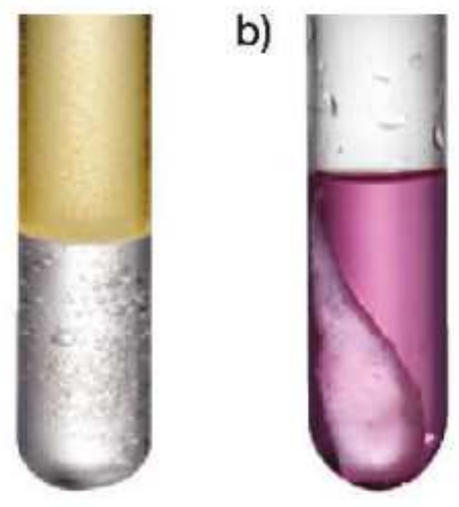
trioktadekanian propano-1,2,3-triolu tristearynian glicerolu (tłuszcz) | wodorotlenek sodu | oktadekanian sodu; stearynian sodu (mydło sodowe) | glicerol (alkohol)

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



triheksadekanian propano-1,2,3-triolu tripalmitynian glicerolu | woda | kwas heksadekanowy; kwas palmitynowy | glicerol

Tłuszcze nienasycone, czyli takie, które mają w cząsteczce wiązania wielokrotne między atomami węgla, wykazują podobne właściwości chemiczne jak np. alkeny – **ulegają reakcjom addycji do wiązania wielokrotnego**, odbarwiają wodę bromową i zakwaszony roztwór manganianu(VII) potasu (fot. 116.). Tłuszcze nienasycone ulegają też **uwodornieniu**, czyli reakcji addycji wodoru do wiązania wielokrotnego. Ta reakcja chemiczna ma znaczenie praktyczne, gdyż powoduje przekształcenie ciekłego tłuszczu roślinnego w tłuszcz stały, czyli utwardzenie tłuszczu roślinnego.



Fot. 116. Zakwaszony wodny roztwór manganianu(VII) potasu: a) odbarwia się w probówce z olejem roślinnym (tłuszcz nienasycony), b) nie odbarwia się w probówce ze smalcem (tłuszcz nasycony).

Przykłady cząsteczek **tłuszczów**:

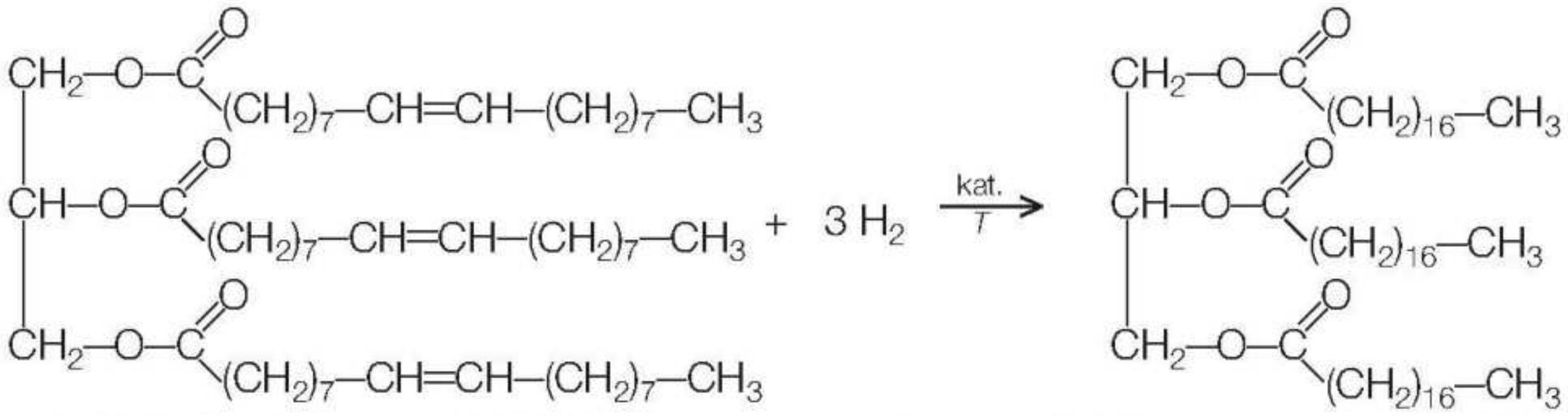
$(C_{15}H_{31}COO)_3C_3H_5$
tripalmitynian glicerolu

$(C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5$
tristearynian glicerolu

$(C_{17}H_{33}COO)_3C_3H_5$
trioleinian glicerolu

Jak się utwardza tłuszcze ciekłe?

Utwardzanie tłuszczów ciekłych polega na **reakcji addycji wodoru do wiązania wielokrotnego**, czyli reakcji uwodornienia. Tę reakcję chemiczną prowadzi się w podwyższonej temperaturze, z użyciem wodoru i w obecności katalizatora:



trioktadek-9-enian propano-1,2,3-triolu
trioleinian glicerolu
(tłuszcz ciekły)

wodór

trioktadekanian propano-1,2,3-triolu
tristearynian glicerolu
(tłuszcz stały)

Zastosowania

Tłuszcze

Smażenie i pieczenie to powszechne zastosowanie tłuszczów. Natomiast woski, których głównymi składnikami są estry wyższych kwasów tłuszczowych oraz wyższych alkoholi monohydroksylowych, pełnią m.in. funkcję ochronną.



Przemysł spożywczy

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



Przemysł chemiczny

Wosk karnauba to jeden z najtwardszych wosków naturalnych. Stosowany jest m.in. do produkcji **past do obuwia** i podłóg oraz lakierów – nadaje im połysk oraz chroni przed wodą i zabrudzeniami.



Przemysł kosmetyczny

Wosk pszczeli wykorzystuje się w **kosmetykach** ze względu na jego właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze. Natomiast lanolina nadaje kosmetykom odpowiednią konsystencję.

Chemia w akcji

Od początku XX w. proces uwodornienia (utwardzenia) ciekłych tłuszczów roślinnych wykorzystuje się podczas produkcji margaryny (fot. 117.).
Jej recepturę opracowano we Francji w wyniku ogłoszonego przez Napoleona III konkursu na produkt, który będzie tanim zamiennikiem masła. Pierwotnie margarynę wytwarzano z łoju.



Fot. 117. Miękkie odmiany margaryny stosuje się do smarowania pieczywa, a twarde – do pieczenia i smażenia.

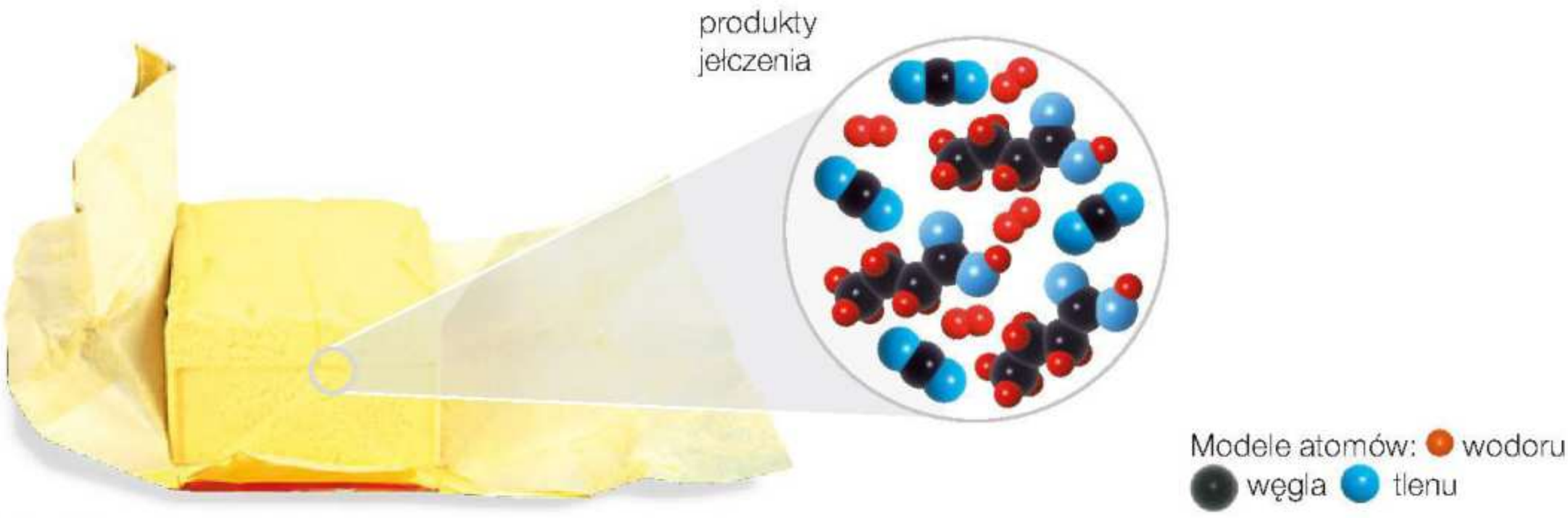
Jakim przemianom ulegają tłuszcze?

Podczas długiego przechowywania tłuszczów zachodzi proces ich **jełczenia**. Sprzyja temu podwyższona temperatura i obecność światła słonecznego. Skutkiem tego procesu jest powstanie substancji lotnych o nieprzyjemnym zapachu. Tłuszcze, które zjełczały w wyniku utleniania kwasów tłuszczowych, mają szkodliwy wpływ na organizm.

Niekiedy do jełczenia zalicza się też reakcje zachodzące pod wpływem mikroorganizmów, np. **fermentację masłową**. Jest to proces zachodzący w warunkach beztlenowych z udziałem bakterii masłowych. Mikroorganizmy te występują w glebie i rozkładają polisacharydy na monosacharydy, które następnie przekształcają w kwas masłowy (butanowy):

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{bakterie masłowe}} \underset{\substack{\text{kwas butanowy}\\(\text{masłowy})}}{CH_3CH_2CH_2COOH} + 2\,\underset{\substack{\text{tlenek}\\\text{węgla(IV)}}}{CO_2}\uparrow + 2\,\underset{\text{wodór}}{H_2}\uparrow$$

Kwas masłowy występuje (w niewielkich ilościach) w wielu gatunkach sera (nadaje im gorzkawy smak) oraz w zjełczałym maśle (fot. 118.).



Fot. 118. Jełczenie masła polega na powstawaniu m.in. kwasu masłowego pod wpływem światła, powietrza, wody, a także enzymów. Proces ten nadaje tłuszczom przykry zapach.



Fot. 119. Tkanka tłuszczowa chroni morsa przed utratą ciepła.

Jakie znaczenie dla organizmu mają tłuszcze?

Kwasy tłuszczowe otrzymane w reakcji hydrolizy tłuszczów ulegają w organizmie dalszemu rozpadowi i utlenianiu. W wyniku tego powstają CO_2 i H_2O oraz znaczna ilość energii potrzebnej do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Oprócz funkcji energetycznej tłuszcze **pełnią funkcję izolacyjną** (fot. 119.) – chronią organizm przed utratą energii i wody – **oraz ochronną** – zabezpieczają organy wewnętrzne przed urazami mechanicznymi. **Są** również **materiałem zapasowym** oraz **dostarczają witamin**, np. olej rzepakowy jest doskonałym źródłem witaminy E. W tłuszczach rozpuszczają się też niektóre składniki odżywcze, np. witaminy A, D, E i K – dzięki temu są łatwiej przyswajane przez organizm. Nadmiar tłuszczów odkłada się jako tkanka tłuszczowa utrudniająca pracę narządów.



Chemia w akcji

Tłuszcze stanowią źródło glicerolu i potrzebnych organizmom kwasów tłuszczowych, np. wykorzystywanych do syntezy hormonów. Egzogenne kwasy tłuszczowe, nazywane NNKT (niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe), to kwasy tłuszczowe, których organizm zwierzęcy nie potrafi syntezować, dlatego powinny być dostarczane wraz z pożywieniem (egzogenność). Przykładem jest kwas eikozapentaenowy, który występuje np. w mięsie łososia (fot. 120.). Niedobory NNKT mogą powodować odwodnienie, choroby skóry, np. łupież, a w czasie ciąży mogą skutkować niedorozwojem płodu.

Fot. 120. Mięso łososia jest źródłem NNKT.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Wyjaśnij, co jest podstawą podziału tłuszczów na:**
   a) nasycone i nienasycone, b) proste i złożone.
2. Tłuszcze są substancjami hydrofobowymi. **Napisz, co to oznacza oraz jakie są tego przyczyny i konsekwencje.**
3. **Napisz równanie reakcji hydrolizy tristearynianu glicerolu w środowisku kwasowym.**
4. **Oblicz, jaka objętość wodoru (w warunkach normalnych) jest potrzebna do całkowitego utwardzenia 1 kg trioleinianu glicerolu.** Wynik podaj w decymetrach sześciennych z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.
5. **Wyjaśnij, dlaczego tłuszcze ułatwiają przyswajanie witamin. Napisz, z jakiej cechy ich budowy to wynika.**

Zapamiętaj!

Tłuszcze – estry glicerolu i kwasów tłuszczowych.

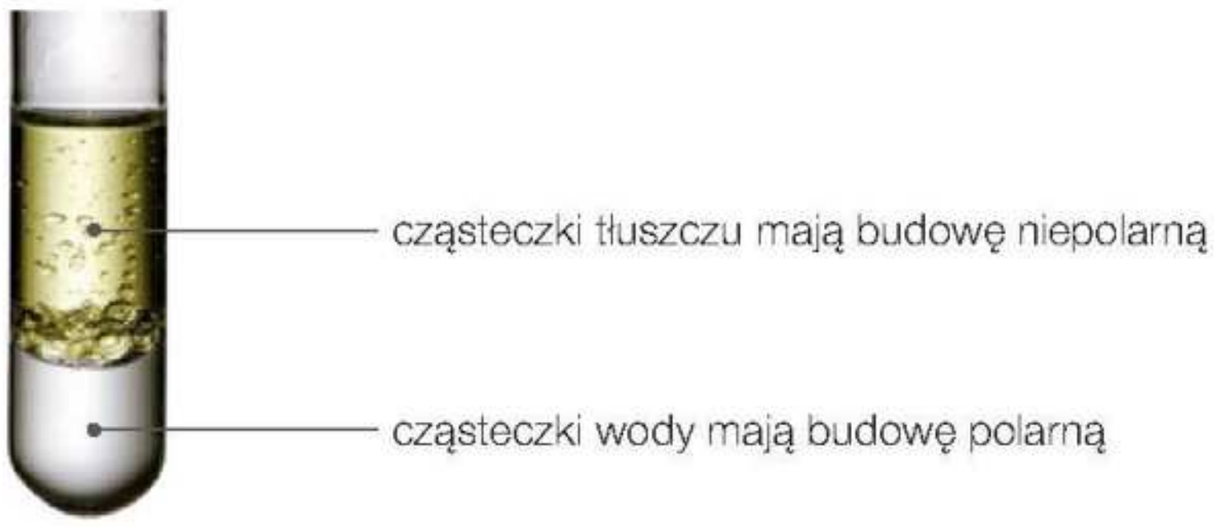
Kwasy tłuszczowe – wyższe kwasy karboksylowe występujące naturalnie w tłuszczach.

17. Środki czystości i kosmetyki

Na skórze i ubraniach nieustannie osadza się brud (fot. 121.), w którego skład wchodzą m.in.: tłuszcz, białka i sadza. Czysta woda rozpuszcza wiele składników brudu, jednak nie nadaje się do usuwania plam zawierających cząsteczki tłuszczu (fot. 122.).



Fot. 121. Tłuste plamy można usunąć z ubrań mydłem.



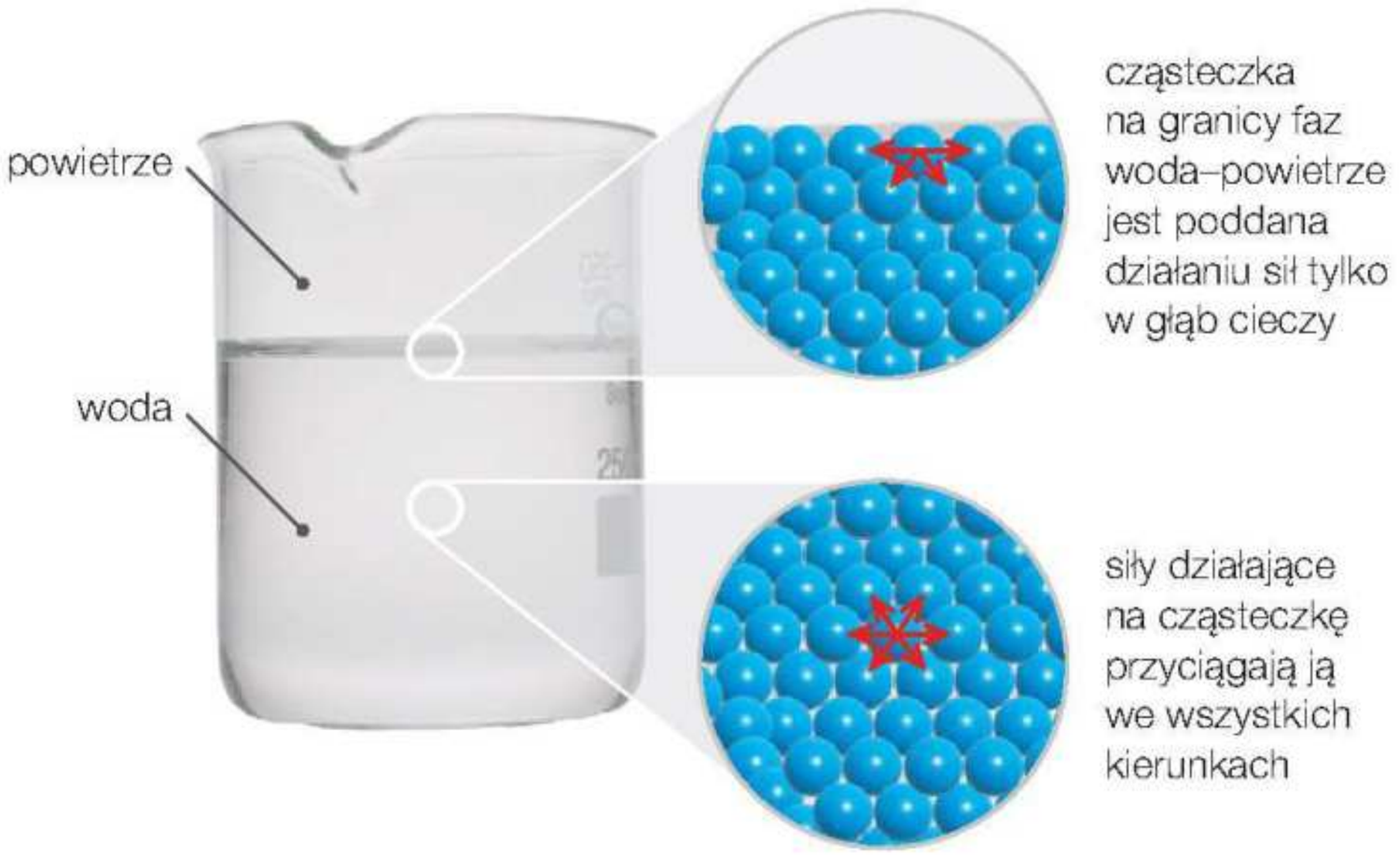
Fot. 122. W wodzie dobrze rozpuszczają się substancje o budowie polarnej. Substancje niepolarne dobrze rozpuszczają się w rozpuszczalnikach niepolarnych.

Co to jest napięcie powierzchniowe cieczy?

Krople wody, np. kapiące z kranu, przyjmują kształt kulisty (fot. 123.). Jest to związane z siłami spójności występującymi między cząsteczkami wody. Wewnątrz cieczy, np. w kropli wody, siły działające na jej cząsteczki równoważą się wzajemnie (fot. 124.). Na powierzchni cieczy, czyli na granicy faz ciecz–powietrze, siły nie równoważą się, gdyż są skierowane tylko do wewnątrz. Dlatego **warstwa powierzchniowa cieczy zachowuje się jak sprężysta, napięta błona, co jest określane jako napięcie powierzchniowe** (fot. 125.).



Fot. 123. Każda ciecz dąży do uzyskania kształtu o minimalnej powierzchni przy danej objętości (kuli).



Fot. 124. Napięcie powierzchniowe jest wynikiem sił przyciągania działających na powierzchni cieczy.



Fot. 125. Nartnik utrzymuje się na powierzchni wody dzięki zjawisku napięcia powierzchniowego.

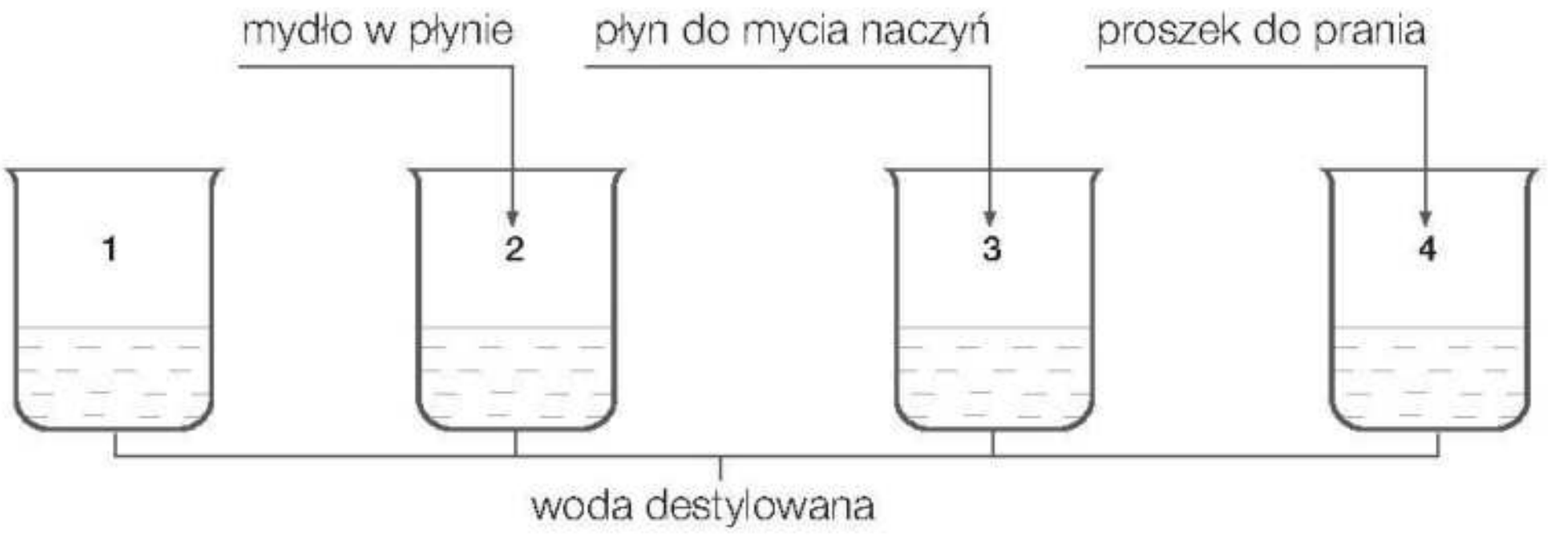
Doświadczenie 40.

Badanie wpływu różnych substancji na napięcie powierzchniowe wody

Odczynniki: woda destylowana, mydło w płynie, płyn do mycia naczyń, proszek do prania.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewki (o pojemności np. 150 cm^3), igły, bagietka.

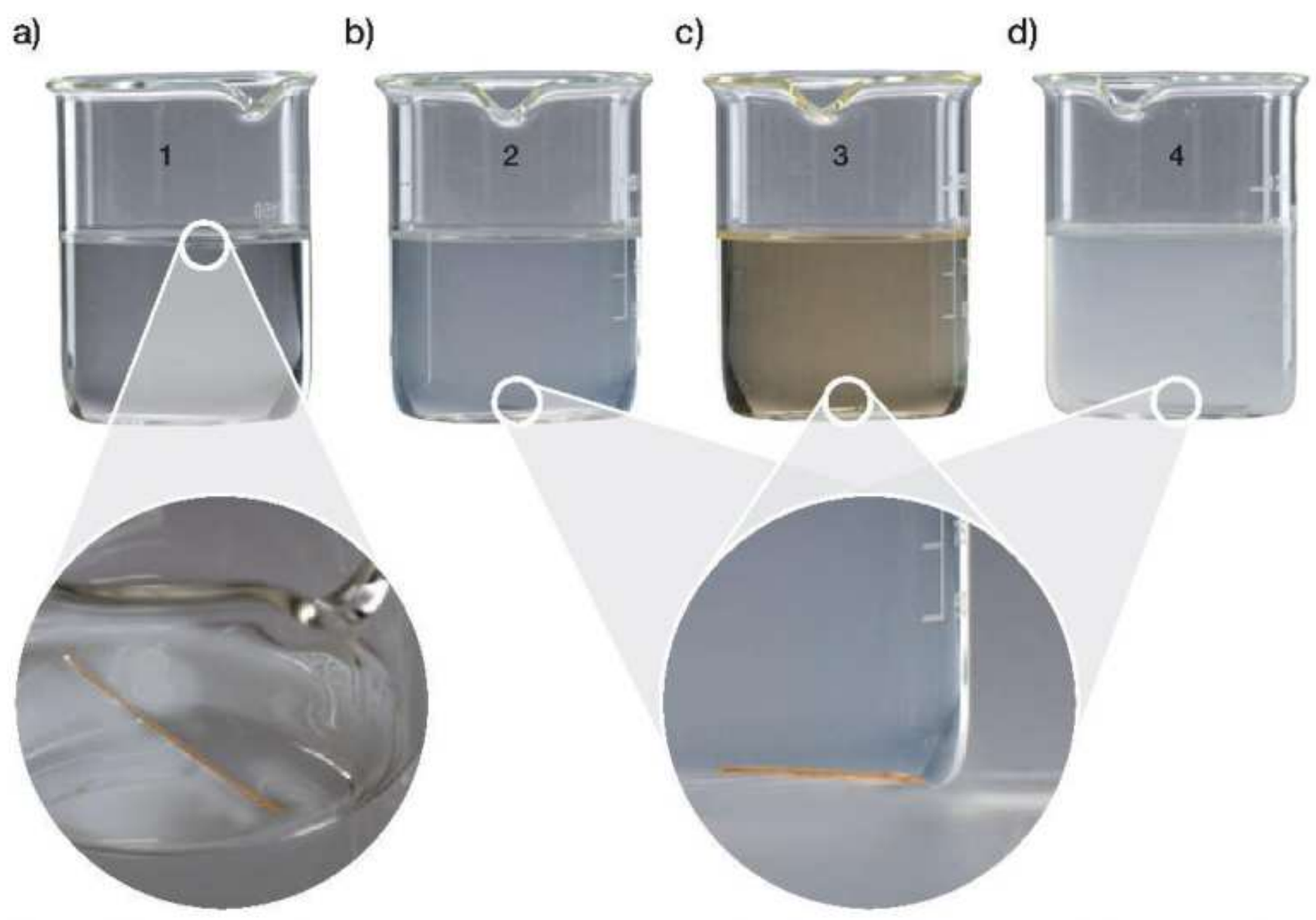
Instrukcja: Do czterech zlewek wlej po mniej więcej 100 cm^3 wody. Do zlewki 2. dodaj ok. 10 cm^3 mydła w płynie, do 3. – ok. 10 cm^3 płynu do mycia naczyń, a do 4. wsyp 10 g proszku do prania (schemat). Wymieszaj bagietką zawartość trzech zlewek. Poczekaj, aż ciecze będą nieruchome, i bardzo ostrożnie połóż igły na ich powierzchni.



Obserwacje: Igła utrzymuje się na powierzchni cieczy tylko w zlewce 1. z wodą destylowaną (fot. 126.a). W pozostałych zlewkach igła opada na dno.

Wniosek: Dodanie do wody mydła, płynu do mycia naczyń czy proszku do prania zmniejsza jej napięcie powierzchniowe.

woda ma największe napięcie powierzchniowe ze wszystkich przygotowanych roztworów



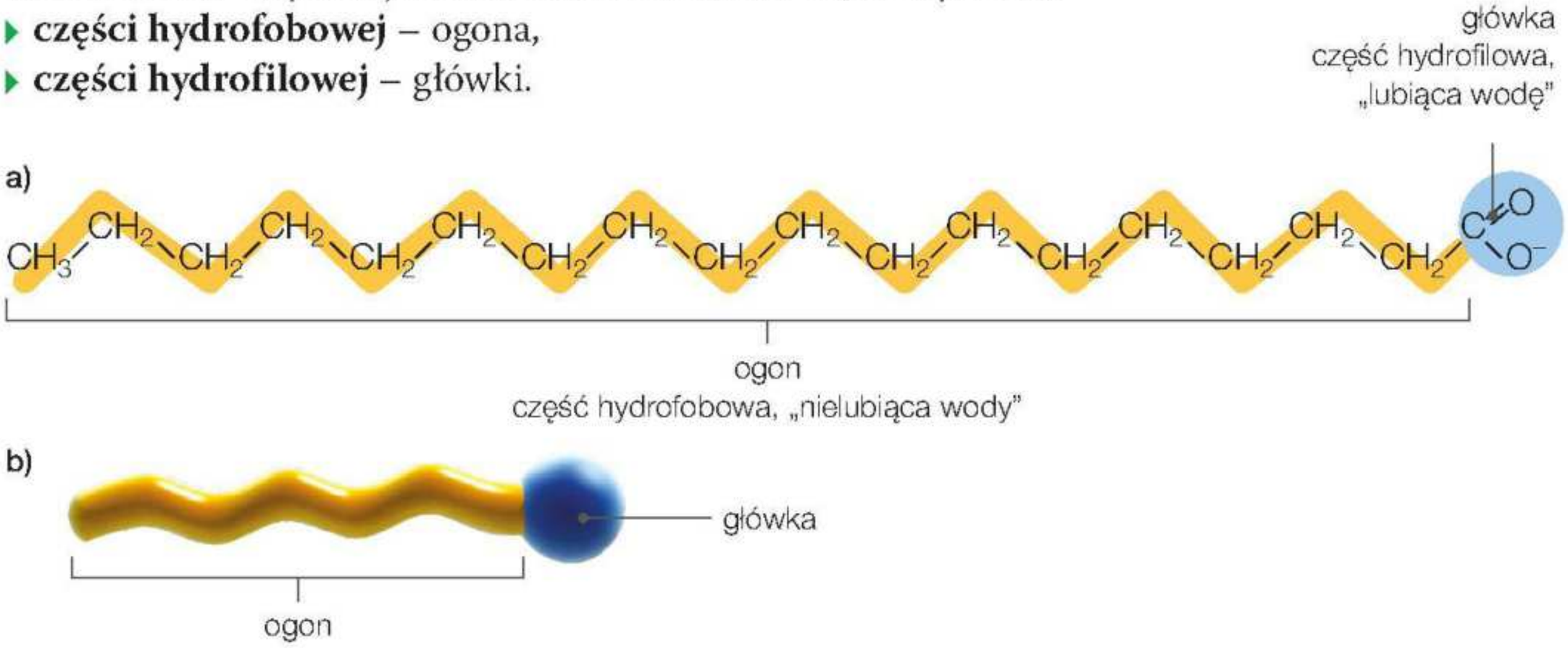
Fot. 126. Igła położona na powierzchni wody destylowanej unosi się (a), a w roztworach: mydła (b), płynu do mycia naczyń (c) i proszku do prania (d) opada na dno.

Co to są substancje powierzchniowo czynne i jak są zbudowane?

Substancje powierzchniowo czynne to substancje, które **zmniejszają napięcie powierzchniowe cieczy**. Najbardziej znaną substancją powierzchniowo czynną jest mydło, np. stearynian sodu $C_{17}H_{35}COO^-\ Na^+$. Mieszaninami zawierającymi substancje powierzchniowo czynne są płyny do mycia naczyń i proszki do prania.

Mydło rozpuszczalne w wodzie, podobnie jak inne substancje powierzchniowo czynne, jest zbudowane z dwóch części (rys. 12.):

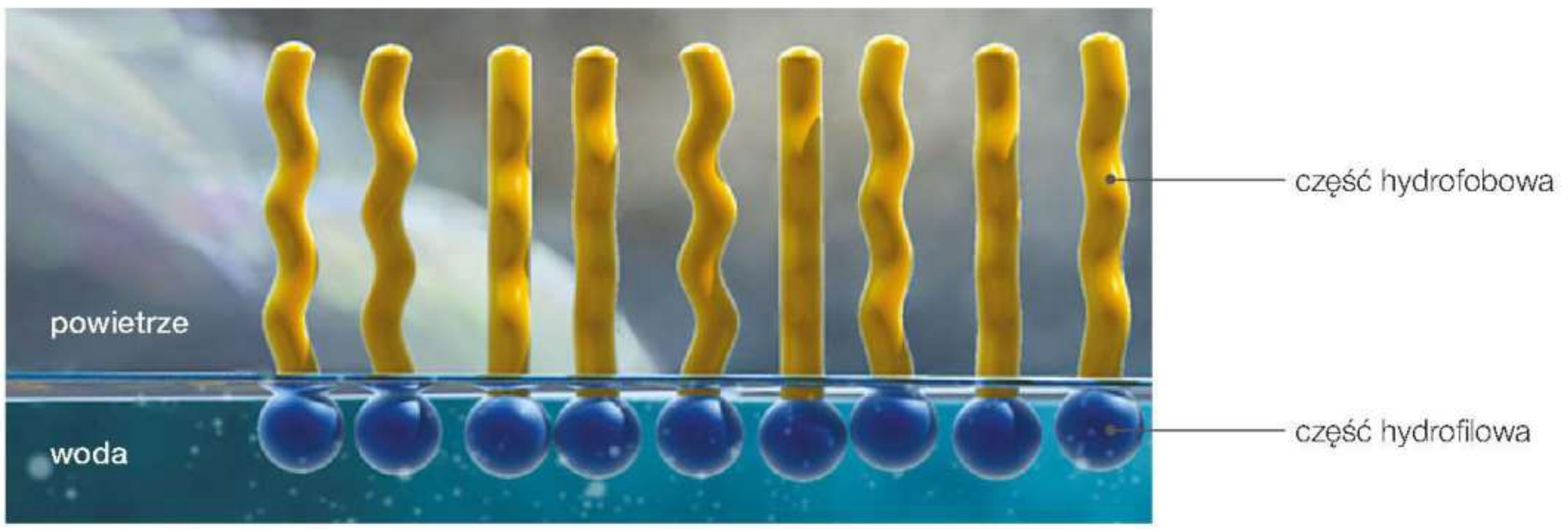
- **części hydrofobowej** – ogona,
- **części hydrofilowej** – główki.



Rys. 12. Jon stearynianowy: a) wzór półstrukturalny, b) model.

Na czym polega mechanizm mycia i prania?

Substancje powierzchniowo czynne dodane do wody ustawiają się w ten sposób, że ich główki znajdują się w wodzie, a ogony wystają nad jej powierzchnię (rys. 13.). Część hydrofobowa „dziurawi" sprężystą błonkę występującą na powierzchni wody. Tym samym **zmniejsza napięcie powierzchniowe wody i zwiększa zdolność wody do zwilżania powierzchni hydrofobowych**.

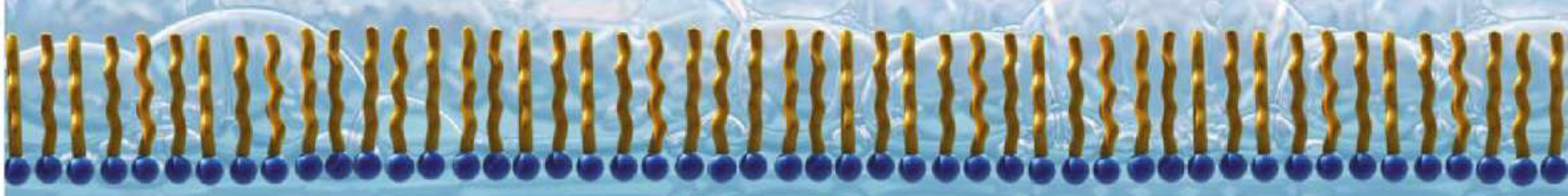


Rys. 13. Ustawienie cząsteczek substancji powierzchniowo czynnej na granicy faz woda–powietrze.

Krok po kroku

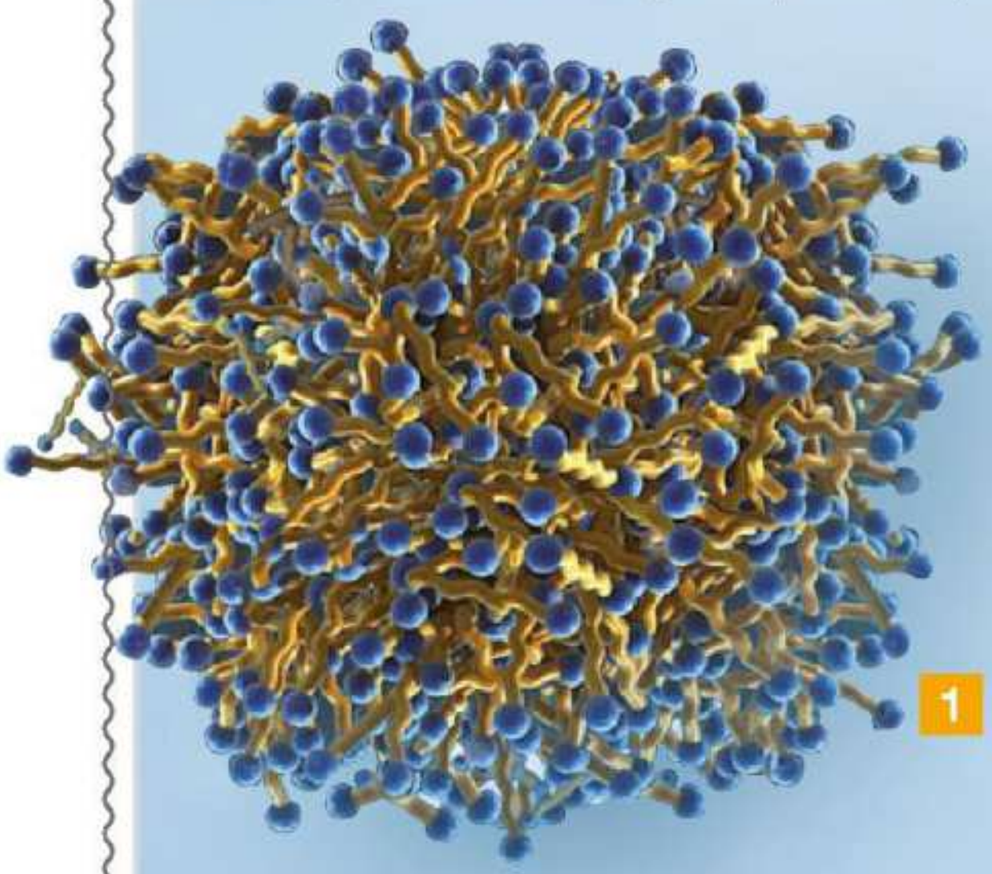
Mechanizm usuwania brudu

Dodanie do wody **substancji powierzchniowo czynnej**, np. mydła, zmniejsza napięcie powierzchniowe wody. Lepiej zwilża ona powierzchnie hydrofobowe i łatwiej wnika w tkaninę, a dzięki temu skuteczniej usuwa brud.

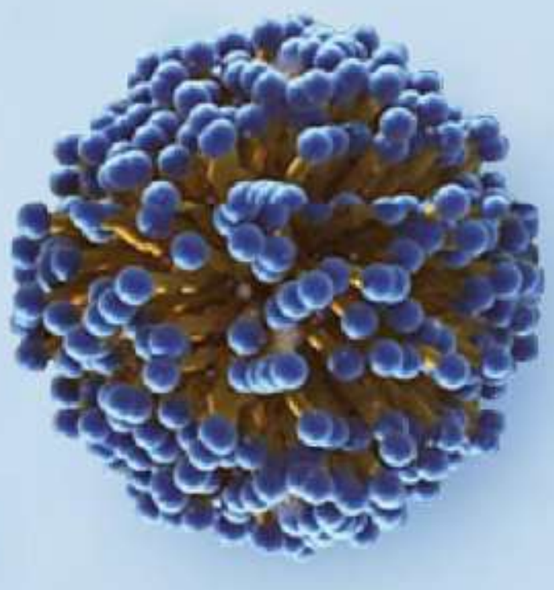


W jaki sposób powstaje piana?

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



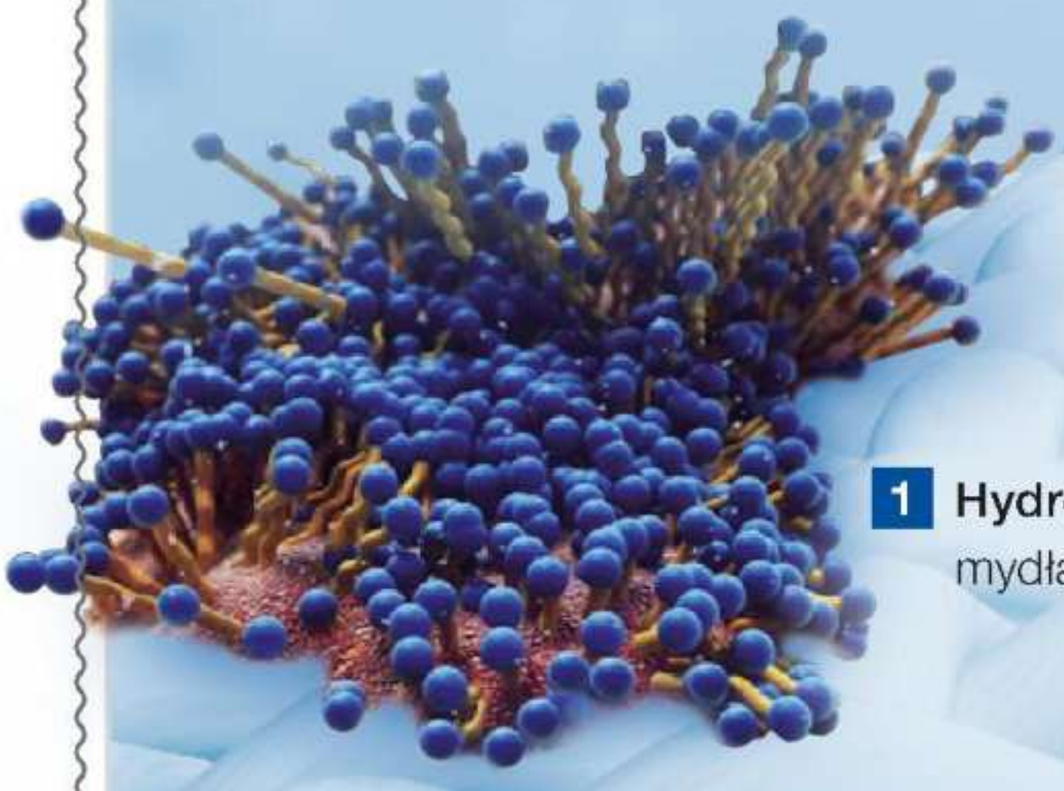
1 Jony mydła tworzą w wodzie skupiska zwane **micelami**.



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

W jaki sposób usuwa się brud z tkaniny?

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



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



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

powietrze

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

woda

powietrze

3 Micela unosi się na powierzchnię wody.

4 Brud zostaje usunięty z tkaniny.

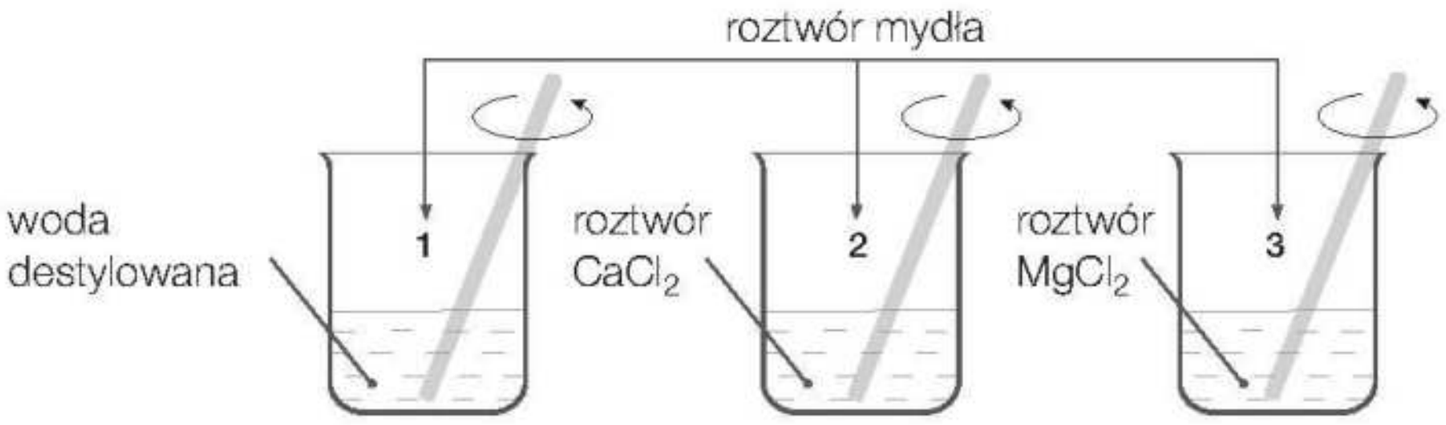
3 **Jony mydła** zamykają w miceli oderwany brud.

Jaki wpływ ma twardość wody na powstawanie piany?

Doświadczenie 41.

Badanie wpływu twardości wody na powstawanie piany

Odczynniki: woda destylowana, roztwór wodny chlorku wapnia, roztwór wodny chlorku magnezu, roztwór wodny mydła, np. sodowego.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewki (np. o pojemności 150 cm^3), bagietki.
Instrukcja: Do zlewki 1. wlej ok. 100 cm^3 wody destylowanej, do 2. – ok. 100 cm^3 roztworu chlorku wapnia, a do 3. – ok. 100 cm^3 roztworu chlorku magnezu. Do każdej zlewki dodaj po kilka centymetrów sześciennych roztworu mydła (schemat) i mieszaj bagietką po kolei zawartość zlewek aż do spienienia płynu. Następnie ponownie wlej do wszystkich zlewek po kilka centymetrów sześciennych roztworu mydła i wymieszaj ich zawartość bagietką.





Fot. 127. Mydło nie pieni się w wodzie twardej (a), natomiast bardzo dobrze pieni się w wodzie miękkiej (b).

Obserwacje: W zlewce 1. powstaje dużo piany. W zlewkach 2. i 3. nie powstaje piana i strąca się kłaczkowaty osad. Po ponownym dodaniu roztworu mydła i wymieszaniu zawartości we wszystkich zlewkach powstaje piana.
Wniosek: W wodzie zawierającej kationy wapnia i magnezu, czyli w twardej wodzie, mydło się nie pieni (fot. 127.a).

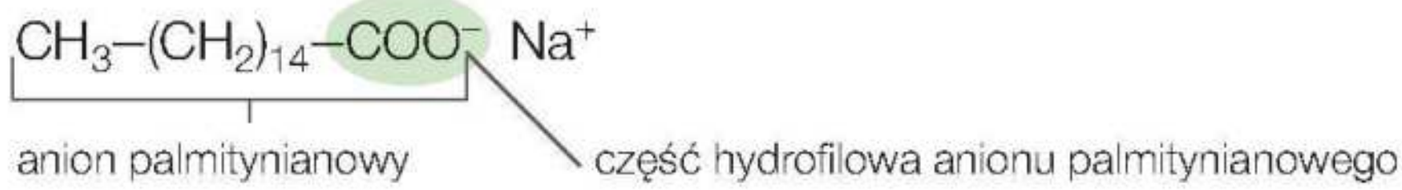
Woda, w której występują jony Ca^{2+} i Mg^{2+} w odpowiednio dużym stężeniu, jest nazywana **wodą twardą**. Mycie i pranie w takiej wodzie jest utrudnione. Obecne w niej kationy wapnia i magnezu tworzą z jonami wyższych kwasów karboksylowych trudno rozpuszczalne sole, które strącają się w postaci osadu. Wytworzenie w takiej wodzie piany, niezbędnej w procesie prania, jest możliwe dopiero po dodaniu większej ilości środka powierzchniowo czynnego. Wynika to z konieczności wstępnego zmiękczenia twardej wody.

Zamiast zwiększać ilość detergentów dodawanych do prania, można stosować środki zmiękczające wodę, m.in. sole kwasów fosforowych(III) i kwasów fosforowych(V), np. fosforan(V) sodu Na_3PO_4. Jednak przedostające się do środowiska fosforany(III) i fosforany(V) wpływają negatywnie na stan wód. Dlatego coraz częściej sole kwasów fosforowych(III) i fosforowych(V) zastępuje się węglanem sodu Na_2CO_3 i siarczanem(VI) sodu Na_2SO_4, które są mniej szkodliwe dla środowiska przyrodniczego.

Jakie są rodzaje substancji powierzchniowo czynnych?

Substancje powierzchniowo czynne można podzielić na **niejonowe** (np. monostearynian glicerolu) i **jonowe** (m.in. anionowe i kationowe). **Niejonowe środki powierzchniowo czynne** tworzą pianę mniej skutecznie od jonowych, ale za to są odporne na twardość wody i najłagodniejsze dla skóry.

Do anionowych substancji powierzchniowo czynnych zalicza się mydła, ponieważ ich część hydrofilowa ma ładunek ujemny, np.:



Substancje te są głównymi składnikami proszków do prania oraz szamponów. Z kolei **kationowe substancje powierzchniowo czynne** wykorzystuje się w płynach do płukania tkanin (jako substancje zmiękczające) oraz w środkach do mycia urządzeń sanitarnych (jako substancje dezynfekujące). Ich część hydrofilowa ma ładunek dodatni.

! **Środków zawierających anionowe i kationowe substancje powierzchniowo czynne** nie można łączyć, ponieważ tracą swoje właściwości.

Co to są środki czystości, jakie są ich rodzaje i zastosowania?

Środki czystości to substancje przeznaczone do usuwania brudu z różnego rodzaju powierzchni. Najważniejszymi składnikami środków czystości są **anionowe lub kationowe substancje powierzchniowo czynne**. W ich skład wchodzi też wiele innych związków chemicznych, np.: fosforany(V), związki chloru, tlenek krzemu(IV) SiO_2, wodorotlenek sodu NaOH. Skład środków czystości w znacznym stopniu zależy od rodzaju powierzchni, do której są przeznaczone.

Środki do mycia m.in. szyb i luster mają najczęściej postać roztworu właściwego substancji powierzchniowo czynnej w wodzie i nie zawierają środków ściernych, aby nie zarysowały szkła. Składnikami płynów do czyszczenia szklanych powierzchni są też substancje szybko odparowujące (lotne), np. amoniak NH_3, kwas etanowy CH_3COOH i etanol CH_3CH_2OH, dzięki którym na szybach i lustrach nie pozostają smugi.

Środki stosowane do mycia szkła laboratoryjnego nie powinny zawierać substancji ściernych, gdyż pozostawione przez nie rysy mogą spowodować pęknięcie naczynia, np. podczas ogrzewania.

Głównymi **składnikami środków myjących używanych w zmywarkach** są związki sodu – fosforany(V) i krzemiany. Mechanizm usuwania brudu przy użyciu środków zawierających krzemian sodu Na_2SiO_3 polega na reakcji tego związku chemicznego z wodą. Jednym z produktów tej reakcji chemicznej jest żrący wodorotlenek sodu NaOH, który następnie bierze udział w reakcji zmydlania tłuszczu (składnika brudu). Produkty reakcji zmydlania usuwa silny strumień wody w zmywarce.

! **Środków przeznaczonych do zmywarek** nie można używać do ręcznego mycia naczyń. **Wodorotlenek sodu** powstający w reakcji tych środków z wodą **jest substancją silnie żrącą!**

NaOH i **KOH** – główne składniki środków do udrożniania rur – **są substancjami silnie żrącymi**. Dlatego podczas stosowania tych preparatów najlepiej zakładać gumowe rękawice.

Do udrożniania rur odprowadzających ścieki komunalne, m.in. z gospodarstw domowych, stosuje się wodorotlenek sodu NaOH w postaci granulek lub stężonego roztworu. Tak jak w przypadku środków do zmywarek, wodorotlenek sodu bierze udział w reakcji zmydlania tłuszczu (składnika zanieczyszczeń). Wszystkie produkty tej reakcji chemicznej są dobrze rozpuszczalne w wodzie, dzięki czemu łatwo się wypłukują. Nie każdy zator w rurach można jednak usunąć za pomocą NaOH. Jeśli rura będzie zatkana kisielem, NaOH jej nie udrożni. Głównym składnikiem kisielu jest skrobia – sacharyd (patrz *Polisacharydy*, s. 295), który nie reaguje z NaOH. W takim przypadku najskuteczniejszym środkiem udrożniającym jest gorąca woda. Środków zawierających NaOH nie wolno używać do udrożniania rur wykonanych z aluminium (stopu zawierającego 90–99% Al). W wyniku reakcji glinu z wodorotlenkiem sodu mogą one ulec korozji.

Jak usunąć zanieczyszenia z powierzchni metalowych?

Na powierzchniach metalowych osadzają się zanieczyszczenia fizyczne i chemiczne. Tymi pierwszymi są najczęściej tłuszcz i inne związki chemiczne zawarte w wodzie i powietrzu. Osiadają przede wszystkim na przedmiotach wykonanych z metali szlachetnych oraz pokrytych powłoką ochronną, np. z Zn lub Cr. Do usuwania takich zanieczyszczeń **stosuje się środki rozpuszczające składniki brudu, środki zawierające substancję ścierną** (np. rozdrobnioną krzemionkę), **a także szczotki, które umożliwiają mechaniczne usunięcie zanieczyszczeń**. Z kolei zanieczyszczenia chemiczne (tabela 31.) powstają w wyniku reakcji chemicznej powierzchni metalu ze składnikami środowiska, w jakim znajduje się przedmiot. Usuwa się je **środkami czyszczącymi, których składniki reagują ze składnikami zanieczyszczeń**.

Tabela 31. Przykłady chemicznych zanieczyszczeń powierzchni metalowych i metody ich usuwania

Zanieczyszczenie chemiczne	Sposób jego powstawania	Metoda jego usuwania
rdza	przedmioty ze stali nieszlachetnej ulegają korozji pod wpływem tlenu i pary wodnej zawartej w powietrzu – pokrywają się brunatnoczerwoną lub czarną warstwą zawierającą tlenki i wodorotlenki żelaza(II) i żelaza(III)	czyszczenie 10-procentowym roztworem HCl lub NaOH, a potem płukanie przedmiotu wodą i roztworem sody oczyszczonej ($NaHCO_3$)
czarny nalot na srebrze	przedmioty ze srebra na skutek reakcji tego pierwiastka chemicznego ze związkami siarki zawartymi w zanieczyszczonym powietrzu pokrywają się czarną warstwą siarczku srebra(I)	mycie w gorącej wodzie z dodatkiem octu i sody oczyszczonej
patyna na miedzi lub jej stopach	powierzchnie wykonane z miedzi i jej stopów, takich jak mosiądz czy brąz, pokrywają się zielonym nalotem węglanu wodorotlenku miedzi(II); powstaje on w reakcji miedzi z CO_2 i H_2O zawartymi w powietrzu	mycie roztworem amoniaku lub soli kuchennej i octu w ciepłej wodzie

Chemia w akcji

Biżuterię wykonaną ze srebra można wyczyścić w prosty sposób (fot. 128.). Wystarczy usunąć z takiego przedmiotu tłuszcz i inne zabrudzenia wodą z dodatkiem płynu do mycia naczyń, a następnie wyłożyć folią aluminiową dno naczynia i wlać do niego roztwór chlorku sodu (5–6 łyżek stołowych na 1 l wrzącej wody). Srebrną biżuterię należy włożyć do naczynia i w zależności od stopnia zabrudzenia pozostawić ją tam na kilka minut lub kilka godzin. Na koniec biżuterię trzeba wypłukać dokładnie w ciepłej wodzie i wytrzeć miękką szmatką.



Fot. 128. Roztwór soli kuchennej NaCl może być stosowany jako środek czyszczący.

Co to są kosmetyki?

Kosmetyki to **produkty przeznaczone do oczyszczania i pielęgnacji ciała, a także do ochrony skóry** przed utratą wody i szkodliwym działaniem czynników atmosferycznych, np. promieniowania słonecznego, wiatru czy niskiej temperatury.

Większość kosmetyków i środków czystości występuje w postaci emulsji (fot. 129.).



Fot. 129. Emulsjami są np. kremy kosmetyczne.

Czym jest emulsja?

Ze względu na wielkość cząstek substancji rozpuszczonej w ciekłym rozpuszczalniku wyróżnia się roztwory właściwe, zawiesiny i koloidy (patrz *To jest chemia*, cz. 1, s. 203). Emulsja jest **przykładem koloidu**.

Emulsja jest **mieszaniną co najmniej dwóch nierozpuszczających się w sobie cieczy**, z których jedna jest rozproszona w drugiej w postaci bardzo małych kropel. **Rozproszenie** oznacza rozmieszczenie jednej cieczy w postaci kropel, czyli **cieczy rozproszonej**, w całej objętości drugiej cieczy, czyli **cieczy rozpraszającej**.

Składniki emulsji różnią się właściwościami, dlatego trudno przygotować z nich trwałą mieszaninę jednorodną. Pomaga w tym **emulgator** – substancja ułatwiająca tworzenie się emulsji i ją utrwalająca.

Krok po kroku

Powstawanie emulsji

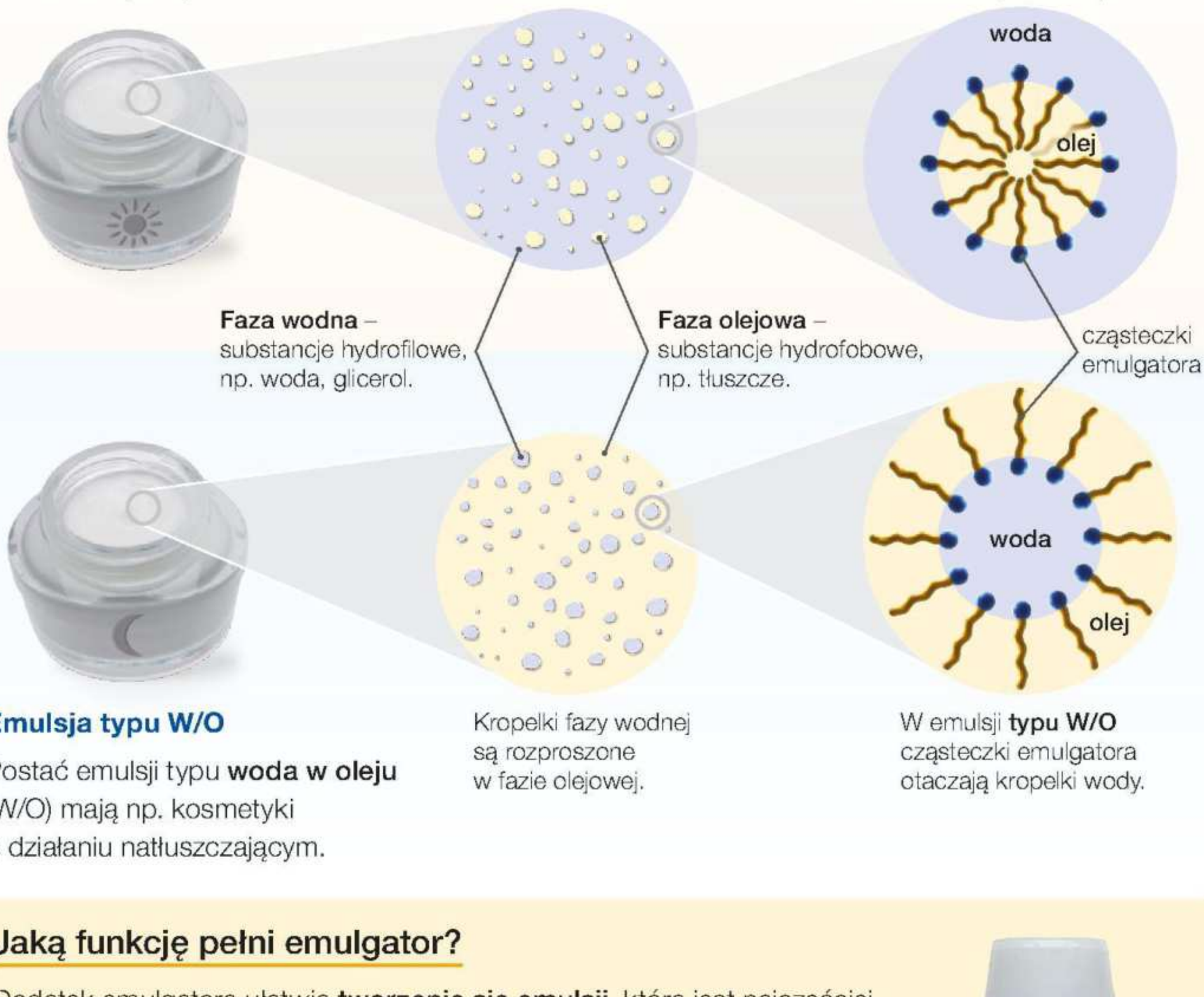
Wyróżnia się dwa typy emulsji. Jeżeli dominującym składnikiem jest substancja hydrofilowa, a składnikiem w niej rozproszonym – substancja hydrofobowa, to mówimy o **emulsji typu olej w wodzie** (O/W). **Emulsja typu woda w oleju** (W/O) występuje wówczas, gdy w substancji hydrofobowej jest rozproszona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

Emulsja typu O/W

Kosmetyki o działaniu nawilżającym to najczęściej emulsje typu **olej w wodzie** (O/W).

Kropelki fazy olejowej są rozproszone w fazie wodnej.

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



Emulsja typu W/O

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

Kropelki fazy wodnej są rozproszone w fazie olejowej.

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

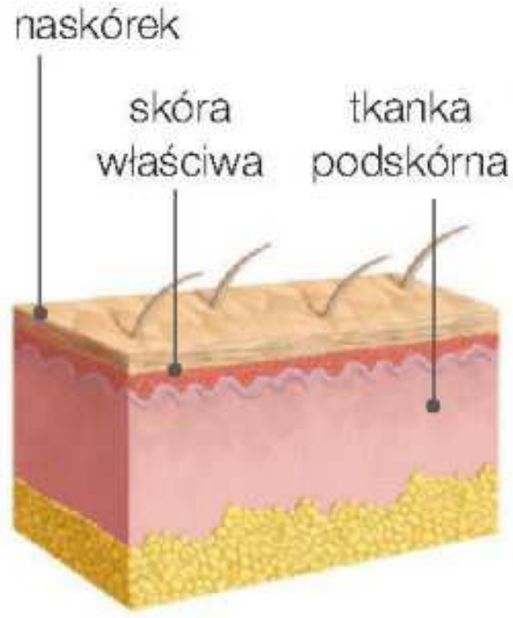
Jaką funkcję pełni emulgator?

Dodatek emulgatora ułatwia **tworzenie się emulsji**, która jest najczęściej mieszaniną tłuszczu i wody. Substancja pełniąca funkcję emulgatora musi składać się zarówno z części hydrofilowej, jak i hydrofobowej, tak jak np. mydło. Emulgator w emulsji ustawia się tak, że jego część **hydrofilowa** styka się z **wodą** (substancją hydrofilową), a część **hydrofobowa** – z **tłuszczem** (substancją hydrofobową). Emulgatora nie zawiera np. płyn dwufazowy do demakijażu – mieszanina fazy wodnej i oleistej. Dopiero po intensywnym wstrząśnięciu butelką powstaje emulsja. Jest ona jednak nietrwała i po kilku minutach mieszanina się rozwarstwia.

Jaki wpływ mają kosmetyki na skórę człowieka?

Skóra to zewnętrzna powłoka ciała, która m.in. chroni organizm przed utratą wody (organizm człowieka składa się w mniej więcej 65% z H_2O). Zachodzą w niej liczne procesy odnowy komórek, jednak wraz z upływem lat zaczynają przeważać procesy ich rozpadu. Skutkiem tego jest zmniejszenie zdolności regeneracji uszkodzonych fragmentów i starzenie się skóry, czego objawami są m.in. jej wysuszenie, wiotkość oraz zmarszczki.

Zadaniem kosmetyków jest utrzymanie skóry w takim stanie, aby jak najdłużej mogła pełnić swoje funkcje, a także tuszowanie niekorzystnych zmian powstających z wiekiem. Ogromną rolę odgrywa odpowiednie jej **nawilżanie i natłuszczanie** oraz **ochrona przed szkodliwym promieniowaniem słonecznym**. Dlatego najważniejszą właściwością kosmetyków jest ich zdolność wnikania do warstwy skóry (rys. 14.), w której składniki kosmetyku będą działały najlepiej.



Rys. 14. Każda warstwa skóry ma inną zdolność wiązania wody. Najwolniej woda przenika przez zewnętrzną warstwę naskórka.

Na naskórek działają kosmetyki pełniące funkcje: oczyszczającą, ochronną, zapachową i upiększającą. Do tej warstwy dociera też promieniowanie wywołujące oparzenia słoneczne (UVB). Kosmetyki o działaniu pielęgnacyjnym wnikają do skóry właściwej. Dociera do niej również promieniowanie odpowiedzialne za opaleniznę (UVA). Do tkanki podskórnej kosmetyki się nie przedostają.

Ze względu na funkcję, jaką ma pełnić kosmetyk, do jego produkcji wykorzystuje się substancje o określonym działaniu (tabela 32.).

Tabela 32. Działanie różnych rodzajów substancji zawartych w kosmetykach

Rodzaj substancji	Przykłady substancji, ich właściwości i działanie
substancje promieniochronne (filtry)	filtry **chemiczne** (np. **witaminy C** i **E**) pochłaniają część promieniowania UV, **filtry fizyczne** (np. **ZnO** i **TiO_2**) rozpraszają lub odbijają część promieniowania UV; chronią skórę przed szkodliwym działaniem promieniowania słonecznego (promieniowania UV)
substancje nawilżające	np.: **gliceryna**, **sacharydy**, **aminokwasy**, **kwas hialuronowy** przenikają przez zewnętrzną warstwę naskórka, dostarczają wodę do jego głębszych warstw i zatrzymują ją tam
substancje konserwujące i przeciwutleniające	np.: **HCOOH**, **CH_3CH_2COOH** i **witamina E**, ich zadaniem jest utrzymanie kosmetyku w niezmienionym stanie w czasie określonym przez datę przydatności do użytku, hamują rozwój mikroorganizmów oraz zapobiegają utlenianiu się tłuszczów, czyli ich jełczeniu
substancje antybakteryjne	np.: **S**, **Ag**, **H_3BO_3**, **ZnO**, niszczą bakterie odpowiedzialne m.in. za powstawanie wyprysków i zapachu potu
substancje polerujące i złuszczające	np.: **$Ca_3(PO_4)_2$**, **$Mg_3(PO_4)_2$**, **$CaCO_3$**, **NaCl**, to składniki past do zębów i środków usuwających nadmiar zrogowaciałego naskórka (peelingów)
barwniki	np.: **C**, **Cu**, **Au**, **Al**, **ZnO**, **TiO_2**, to składniki farb do włosów oraz tzw. kosmetyków kolorowych (szminek, cieni do powiek, lakierów do paznokci itp.)
substancje zapachowe	**substancje zapachowe naturalne** są uzyskiwane z roślin, np. **olejki** różany i goździkowy, lub ze zwierząt, np. **ambra**, **piżmo**, **cybeton**; substancje zapachowe otrzymywane syntetycznie to m.in. alkohole, np. **heksan-1-ol**, węglowodory, np. **limonen** (zapach cytryn), oraz estry, np. **cynamonian metylu** (zapach truskawek); wszystkie te substancje pełnią funkcję utrwalacza lub modyfikatora zapachu

Krok po kroku

Analiza składu kosmetyków

Składniki każdego kosmetyku są podane na etykiecie lub na ulotce dołączonej do opakowania. Aby ujednolicić opis składu kosmetyków, wprowadzono system **INCI** (ang. *International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*) – Międzynarodowe Nazewnictwo Składników Kosmetycznych. W systemie INCI stosuje się angielskie nazwy związków chemicznych oraz łacińskie nazwy roślin, a także skróty i uproszczenia (np. jeśli nazwy są zbyt długie lub skomplikowane bądź gdy dany składnik stanowi mieszaninę).

Cztery zasady INCI, według których należy analizować skład kosmetyków.

1. **Nazwy składników** są porządkowane zgodnie z ich malejącą zawartością w produkcie.
2. Jeśli **zawartość poszczególnych składników** jest taka sama, to ich nazwy wymienia się w kolejności alfabetycznej.
3. **Substancje stanowiące mniej niż 1%** (procent masowy) produktu wymienia się w dowolnej kolejności (nie porządkuje się zgodnie z zasadą 1.).
4. **Nazwy substancji zapachowych oraz barwników** są zawsze umieszczane na końcu listy. Nazwy barwników są zapisywane w postaci numerów CI (ang. ***C**olor **I**ndex*).



Jakie funkcje pełnią składniki kosmetyków?

W skład kosmetyku wchodzą substancje bazowe, czynne oraz dodatkowe. **Składniki bazowe** stanowią największy udział w masie produktu, zawsze są wymienione w składzie na pierwszym miejscu. Są rozpuszczalnikami dla pozostałych składników kosmetyku. **Składniki czynne (aktywne)** to substancje warunkujące działanie kosmetyku, np.: nawilżające, chroniące przed promieniowaniem UV, wybielające, złuszczające lub barwiące. **Składniki dodatkowe (pomocnicze)** to substancje ułatwiające uzyskanie ostatecznej postaci kosmetyku (np. emulgatory), zapewniające jego trwałość przez dłuższy czas (konserwanty, przeciwutleniacze) oraz nadające barwę i zapach.



oznaczenie informujące o tym, że do opakowania **dołączono ulotkę** zawierającą informacje na temat składu kosmetyku i jego stosowania



Substancje bazowe

Aqua – woda
Ethyl Alcohol – etanol

Substancje dodatkowe (pomocnicze)

Titanium Dioxide – tlenek tytanu(IV)
Saccharin – sacharyna
Hydroxyethylcellulose – hydroksyetyloceluloza
Limonene – limonen

Substancje czynne (aktywne)

Hydrated Silica – uwodniona krzemionka
Olaflur – olaflur, czyli aminofluorek – związek fluoru



Czas po otwarciu – symbol **PAO** (ang. ***P**eriod **A**fter **O**pening*) informuje o liczbie miesięcy (M), w czasie których można bezpiecznie używać kosmetyku, licząc od dnia jego otwarcia.

SPF 15

Wskaźnik ochrony przeciwsłonecznej przed promieniowaniem UVB – SPF (ang. ***S**un **P**rotection **F**actor*). Im wyższa wartość przy SPF, tym większa ochrona przed promieniowaniem UVB. Liczba określa, jak długo można bezpiecznie opalać się w ciągu jednego dnia w określonych warunkach (np. kosmetyki zawierające SPF 15 mogą wydłużyć bezpieczny czas przebywania na słońcu 15 razy).

UVA

Ochrona przed promieniami UV – symbol UVA informuje o kompleksowej ochronie przed promieniowaniem UV. Większość kosmetyków promieniochronnych zawiera tylko filtry przeciwko promieniowaniu UVB, podczas gdy bardziej szkodliwe jest promieniowanie UVA.



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

Jaki wpływ na środowisko przyrodnicze ma stosowanie środków czystości i kosmetyków?

Środki piorące zawierają nie tylko substancje powierzchniowo czynne, barwniki i substancje zapachowe, lecz także składniki zmiękczające wodę – fosforany(V). Mogą one stanowić nawet do 50% (procent objętościowy) proszków i płynów po prania. Środki piorące trafiają razem z wodą do ścieków komunalnych, a często wprost do rzek, jezior czy wód gruntowych i **zanieczyszczają środowisko przyrodnicze**. Wzrost zawartości fosforanów(V) w wodzie powoduje intensywny rozwój roślin i mikroorganizmów wodnych. Proces ten jest nazywany **eutrofizacją** (gr. *eutrophia* – dobre odżywienie) lub **zakwitem**.

Krok po kroku

Eutrofizacja

Zabarwienie wód, w których zachodzi proces eutrofizacji, zależy od rodzaju rozwijających się w nich organizmów. Może być ono zielone, niebieskozielone, brunatne lub czerwone.

1 Pod wpływem nadmiernej ilości substancji odżywczych (przede wszystkim związków **fosforu**, ale też **azotu**) w zbiorniku wodnym dochodzi do intensywnego rozwoju roślinności, mikroorganizmów oraz zagęszczenia planktonu. Wzrastając, organizmy te zużywają dużą ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie.

2 Tlen zużywany jest również przez rozkładającą się materię organiczną, np. obumarłe glony.

plankton

ucieczka organizmów z niższych warstw

3 Efektem zmniejszania się zawartości tlenu w wodzie jest wymieranie organizmów wodnych.

H_2S
NH_3

4 Dalszy rozkład materii zachodzi w warunkach beztlenowych. Powstają wówczas toksyczne związki chemiczne o przykrych zapachach, m.in. siarkowodór, amoniak, aminy.

5 Obumarłe rośliny i drobne organizmy zwierzęce opadają na dno zbiornika wodnego. W efekcie zaczyna gromadzić się tam muł.

Ze względu na szkodliwy wpływ fosforanów(V) na środowisko przyrodnicze zastępuje się je innymi substancjami zmiękczającymi wodę, np. węglanami. Reagują one z zawartymi w wodzie jonami Ca^{2+} i Mg^{2+}, dzięki czemu usuwają jej twardość, jednak tworzą trudno rozpuszczalne węglany wapnia $CaCO_3$ i magnezu $MgCO_3$. Substancje te osadzają się np. na grzałkach pralek w postaci kamienia kotłowego i powodują szybsze zużywanie się tych urządzeń.

Tworzywa sztuczne dodawane do kosmetyktów usuwających nadmiar zrogowaciałego naskórka (peelingów) oraz środków czystości, np. mleczek czyszczących, dostają się do zbiorników wodnych. Organizmy tworzące plankton połykają malutkie granulki tworzyw sztucznych. W konsekwencji te granulki utrudniają planktonowi wchłanianie pokarmu, a to z kolei prowadzi do śmierci tych organizmów.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz równanie reakcji chemicznej zachodzącej między wodorotlenkiem sodu zawartym w środku do udrożniania rur i tripalmitynianem glicerolu, który znajduje się w zatkanej rurze.**

2. Majonez jest przykładem emulsji. Sporządza się go, dodając stopniowo do żółtek jaj kurzych olej z wodnym roztworem octu lub soku cytrynowego. Zawarta w żółtku lecytyna zapobiega rozwarstwianiu się majonezu.
   a) **Napisz, co jest w majonezie fazą wodną, a co fazą olejową.**
   b) **Zaprojektuj doświadczenie, w którym wykażesz właściwości emulgatora w majonezie. Napisz instrukcję, narysuj schemat, podaj obserwacje i sformułuj wniosek.**

3. Naturalny olejek różany otrzymuje się z płatków róży metodą enfleurage [czyt. ąfleraż, fr. *enfleurage* – nawanianie], która polega na pochłanianiu przez tłuszcz olejków eterycznych zawartych w płatkach. Do uzyskania 1 kg olejku potrzeba 3 t płatków. **Oblicz zawartość procentową (procent masowy) olejku różanego w płatkach róży.**

4. Jednym ze składników toniku do cery tłustej jest etanol. Aby przygotować 100 g toniku, należy użyć 20 g tego alkoholu. **Oblicz, jaką objętość etanolu należy odmierzyć cylindrem miarowym, aby wyprodukować 50 g tego toniku.** Przyjmij, że gęstość alkoholu etylowego to $d = 0{,}79 \frac{g}{cm^3}$.

5. **Oblicz, ile gramów poszczególnych składników trzeba użyć, aby otrzymać 150 g pudru o następującym składzie (w procentach masowych): skrobia ryżowa lub kreda – 40%, talk – 30%, tlenek cynku – 24%, stearynian cynku – 6%.**

6. **Przetłumacz i napisz nazwy substancji, które znajdują się na opakowaniu kremu do rąk. Wymień ich funkcje.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.
   Składniki (INCI): *Aqua, Mineral Oil, Glycerin, Stearic Acid, Cera Alba, Citric Acid, Citronellol, Eugenol*.

Zapamiętaj!

Substancje powierzchniowo czynne – substancje zmniejszające napięcie powierzchniowe cieczy, np. mydło.

Środki czystości – substancje przeznaczone do usuwania brudu z różnego rodzaju powierzchni.

Kosmetyki – produkty przeznaczone do oczyszczania i upiększania ciała, a także do ochrony skóry.

Emulsja – mieszanina nierozpuszczających się w sobie cieczy, z których jedna jest rozproszona w drugiej w postaci bardzo małych kropelek.

Emulsja typu O/W – emulsja, w której kropelki fazy olejowej są rozproszone w fazie wodnej.

Emulsja typu W/O – emulsja, w której kropelki fazy wodnej są rozproszone w fazie olejowej.

Emulgator – substancja ułatwiająca tworzenie się emulsji i ją utrwalająca.

18. Aminy i amidy



Fot. 130. Skropienie ryby przed smażeniem sokiem z cytryny neutralizuje jej zapach.

Charakterystyczny zapach ryb (fot. 130.) jest spowodowany obecnością w ich organizmach metyloaminy – związku organicznego, w którego cząsteczce występuje atom azotu.

Co to są aminy?

Aminy to **jednofunkcyjne pochodne amoniaku**, w którym atom lub atomy wodoru zostały zastąpione grupą lub grupami węglowodorowymi. W zależności od liczby grup węglowodorowych wyróżnia się **aminy pierwszo-, drugo-** lub **trzeciorzędowe**. Można je oznaczać odpowiednio: 1°, 2° lub 3°.

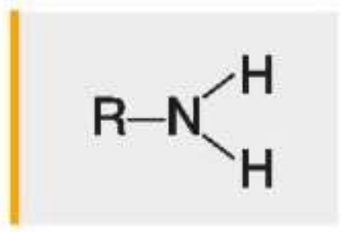
Jak są zbudowane aminy?

Model grupy aminowej aminy pierwszorzędowej

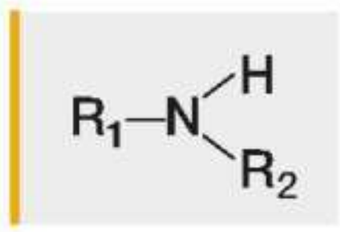


Cząsteczki amin pierwszorzędowych składają się z **grupy aminowej** $-NH_2$ połączonej z jedną grupą alkilową (aminy alifatyczne) lub bezpośrednio z grupą arylową (aminy aromatyczne). W przypadku amin drugo- i trzeciorzędowych odpowiednio dwa albo trzy atomy wodoru cząsteczki amoniaku są zastąpione grupami węglowodorowymi.

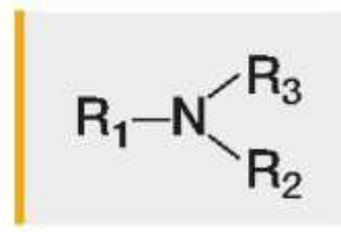
Wzory ogólne amin to:



amina pierwszorzędowa



amina drugorzędowa

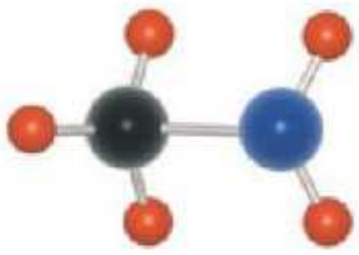


amina trzeciorzędowa

gdzie:
$-R$, $-R_1$, $-R_2$, $-R_3$ grupa węglowodorowa (alkilowa lub arylowa),
$-NH_2$ grupa aminowa, czyli grupa funkcyjna.

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

Modele atomów: wodoru, węgla, azotu



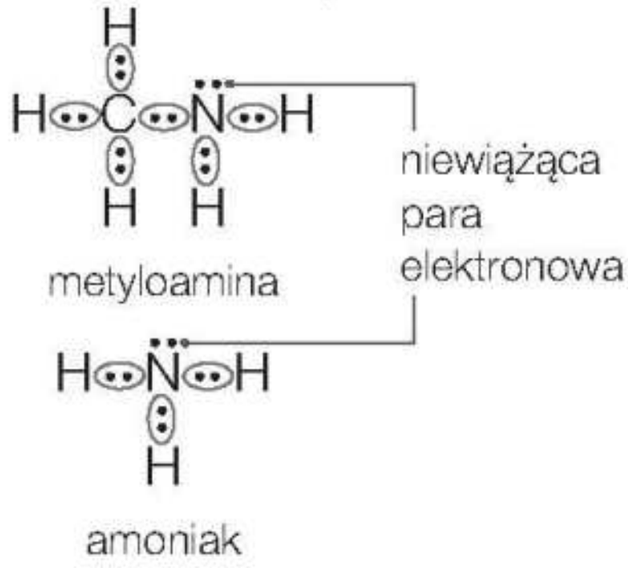
metanoamina
metyloamina



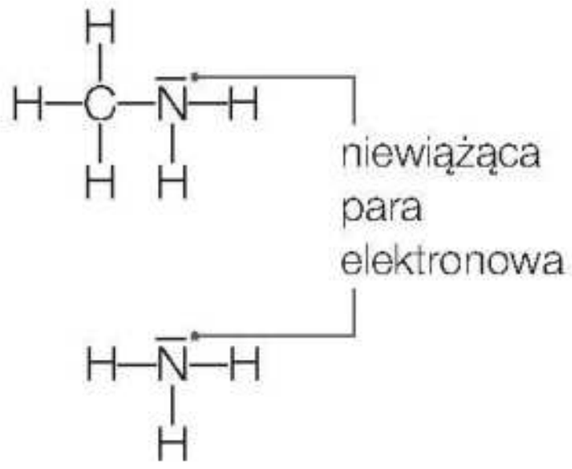
anilina
benzenoamina

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

wzory elektronowe kropkowe



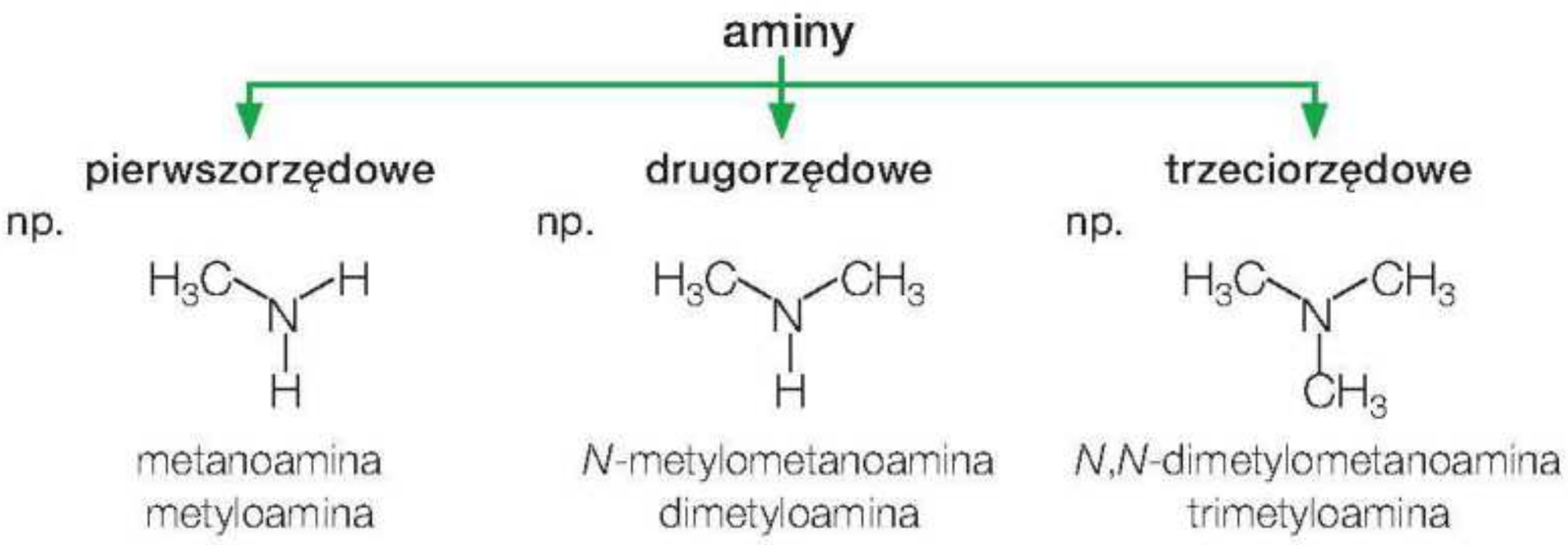
wzory elektronowe kreskowe



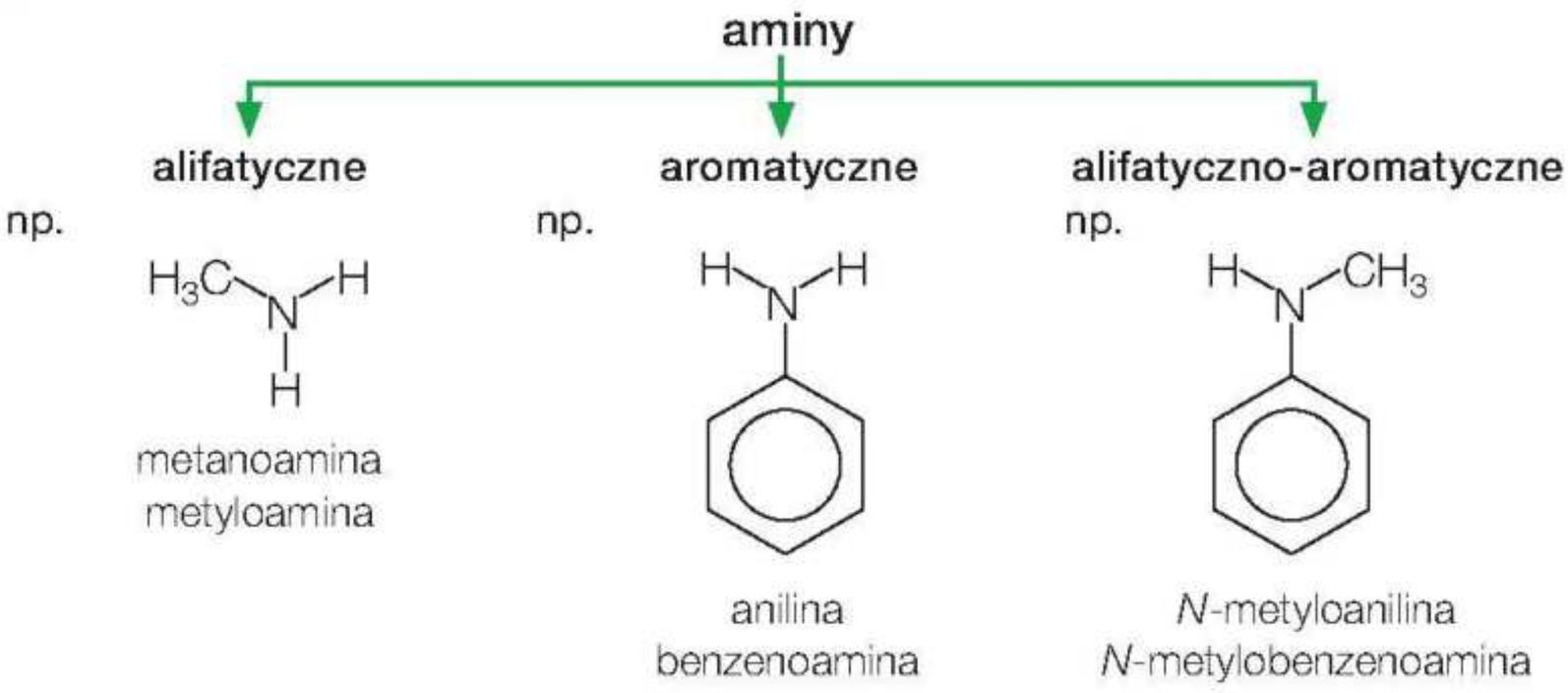
Jak można podzielić aminy?

Aminy można podzielić ze względu na:

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



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



Jak się tworzy nazwy systematyczne amin?

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

węglowodory

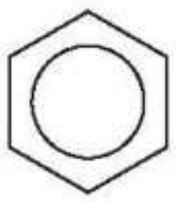
$CH_3—CH_3$

etan

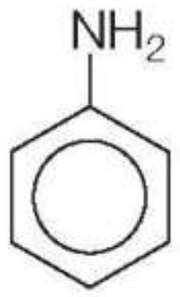
aminy

$CH_3—CH_2—NH_2$

etan**oamina**
(etyl**oamina**)



benzen



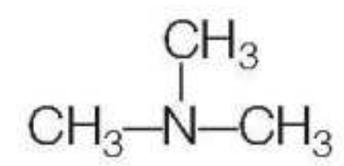
benzen**oamina**
(anilina)

! Anilina jest jedyną nazwą aminy pierwszorzędowej $C_6H_5NH_2$ zachowaną jako preferowana nazwa IUPAC.

Nazwy systematyczne amin drugo- i trzeciorzędowych można utworzyć, traktując związek chemiczny jako *N*-podstawioną (podstawnik jest połączony z atomem azotu) aminę pierwszorzędową. W takim przypadku do nazwy aminy pierwszorzędowej dopisuje się nazwy podstawników poprzedzone literą „*N*-". Jeśli amina ma takie same podstawniki, to jej nazwę można utworzyć, dodając przed nazwą aminy pierwszorzędowej odpowiedni przedrostek, np. „**di**-" lub „**tri**-":

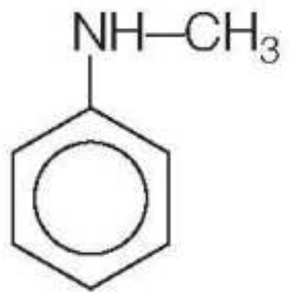
$CH_3—NH—CH_3$

N-metylometanoamina
(**di**metyloamina)



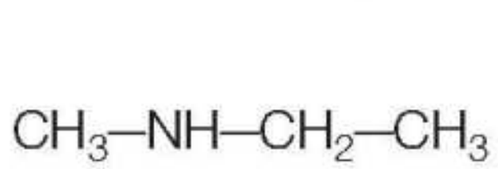
N,*N*-dimetylometanoamina
(**tri**metyloamina)

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

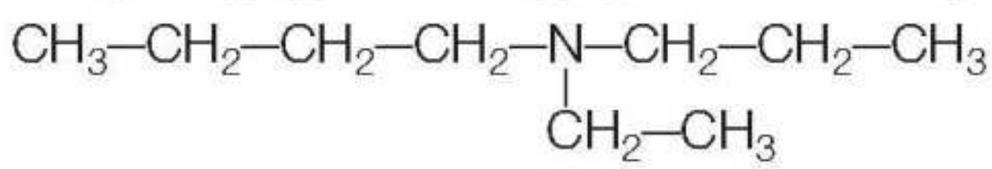


N-metyloanilina
N-metylobenzenoamina

Inną metodą utworzenia nazwy jest dodanie przed słowem „-amina" nazw podstawników. Trzeba je wymienić w kolejności alfabetycznej. W przypadku amin drugorzędowych nazwę drugiego podstawnika należy umieścić w nawiasie, a w przypadku amin trzeciorzędowych w nawiasie muszą się znaleźć nazwy drugiego i trzeciego podstawnika, np.:

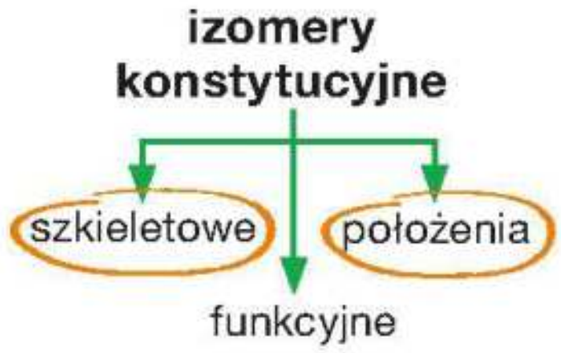


etylo(metylo)amina

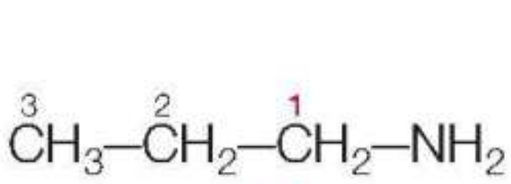


butylo(etylo)(propylo)amina

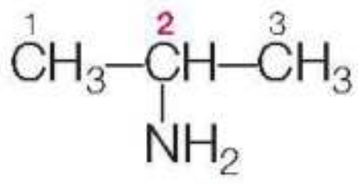
Czy aminy tworzą izomery?



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

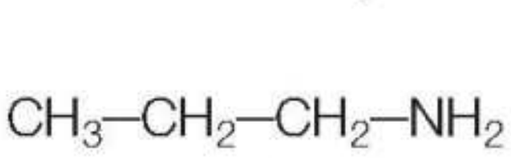


propano-**1**-amina

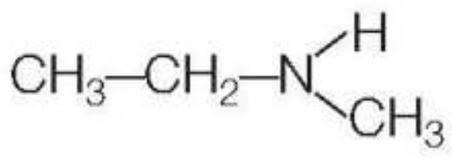


propano-**2**-amina

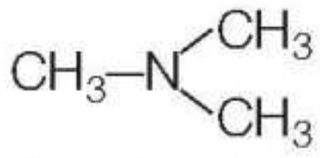
Pierwszo-, drugo- i trzeciorzędowe aminy alifatyczne o co najmniej trzech atomach węgla w cząsteczce są względem siebie **izomerami szkieletowymi**:



propano-1-amina



N-metyloetanoamina

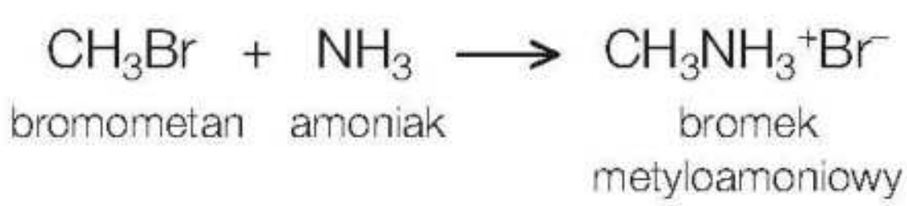


trimetyloamina

W jaki sposób można otrzymać aminy?

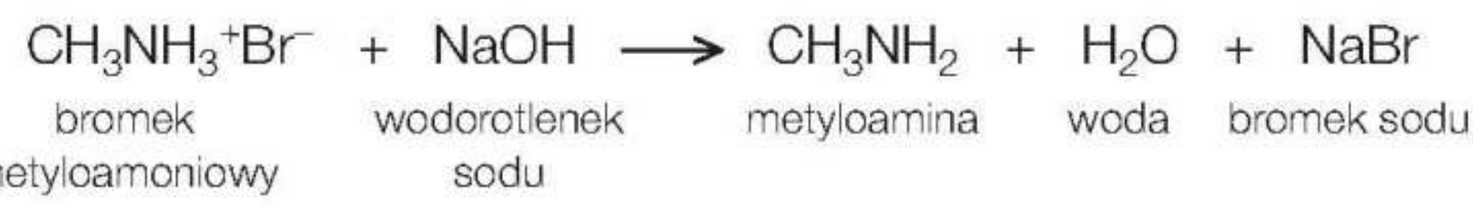
Aminy otrzymuje się **w reakcji fluorowcopochodnych węglowodorów z amoniakiem**. Przebiega ona w dwóch etapach:

Etap I. Otrzymywanie bromku metyloamoniowego:



bromometan amoniak bromek metyloamoniowy

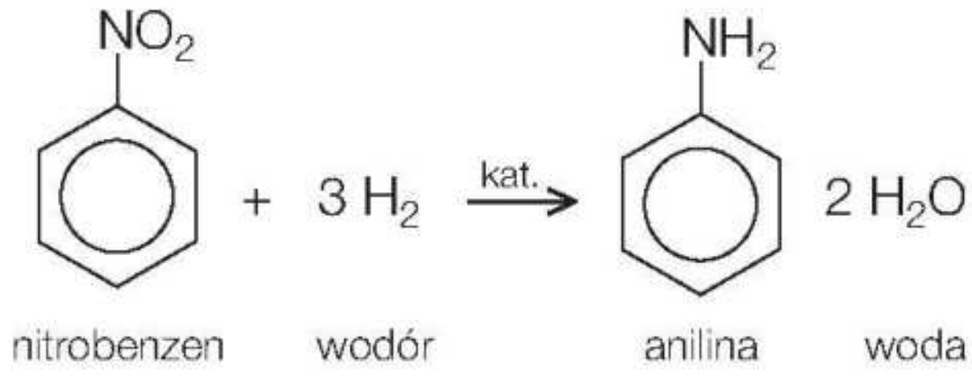
Etap II. Reakcja produktu etapu I z wodorotlenkiem sodu:



bromek metyloamoniowy; wodorotlenek sodu; metyloamina; woda; bromek sodu

Otrzymana amina pierwszorzędowa może reagować z nadmiarem fluorowcopochodnej alkanu, tworząc aminy drugo- i trzeciorzędowe.

Aminy aromatyczne, np. anilinę, na skalę przemysłową otrzymuje się w wyniku redukcji wodorem nitrobenzenu w obecności katalizatora. Reakcja ta zachodzi zgodnie z równaniem:



nitrobenzen wodór anilina woda

Jakie właściwości mają aminy?

W temperaturze pokojowej metyloamina i etyloamina są gazami. Aminy alifatyczne o większej masie cząsteczkowej oraz aminy aromatyczne są cieczami. Aminy o bardzo dużych masach cząsteczkowych są substancjami stałymi.

Aminy alifatyczne **dobrze rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ za pomocą wolnej pary elektronowej atomu azotu **tworzą wiązanie wodorowe z cząsteczkami wody**. Aminy aromatyczne **słabiej rozpuszczają się w wodzie**, ponieważ wolna para elektronowa atomu azotu oddziałuje ze zdelokalizowanym wiązaniem typu π pierścienia aromatycznego, co **zmniejsza zdolność tych amin do tworzenia wiązań wodorowych**. Temperatury wrzenia i topnienia amin są wyższe niż alkanów o podobnej masie cząsteczkowej, ale niższe niż odpowiadających im alkoholi (tabela 33.).

Tabela 33. Porównanie właściwości fizycznych alkanów, alkoholi monohydroksylowych i amin o zbliżonych masach cząsteczkowych (pod ciśnieniem 1013 hPa)

Właściwość \ Nazwa	pentan	butan-1-ol	butano-1-amina
Szereg homologiczny	alkany	alkohole monohydroksylowe	aminy alifatyczne
Wzór grupowy	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	$CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$
Masa cząsteczkowa, u	72	74	73
Gęstość w 25°C, $\frac{g}{cm^3}$	0,62	0,81	0,74
Temperatura topnienia, °C	–130	–89	–49
Temperatura wrzenia, °C	36	118	77
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	ciecz	ciecz	ciecz
Rozpuszczalność w wodzie, g/100 g H_2O	0,0041	7,9	nieograniczona

Według W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.

Obecność wolnej pary elektronowej w atomie azotu ma również **wpływ na charakter chemiczny** amin. Podobnie jak amoniak mają one charakter zasadowy i w reakcji z wodą lub kwasami mogą przyłączać kation wodoru:

$$\underset{\text{amoniak}}{NH_3} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{kation}\\\text{amonu}}}{NH_4^+} + \underset{\substack{\text{anion}\\\text{wodorotlenkowy}}}{OH^-}$$

$$\underset{\text{metyloamina}}{CH_3NH_2} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{kation}\\\text{metyloamoniowy}}}{CH_3NH_3^+} + \underset{\substack{\text{anion}\\\text{wodorotlenkowy}}}{OH^-}$$

Jakim reakcjom ulegają aminy?

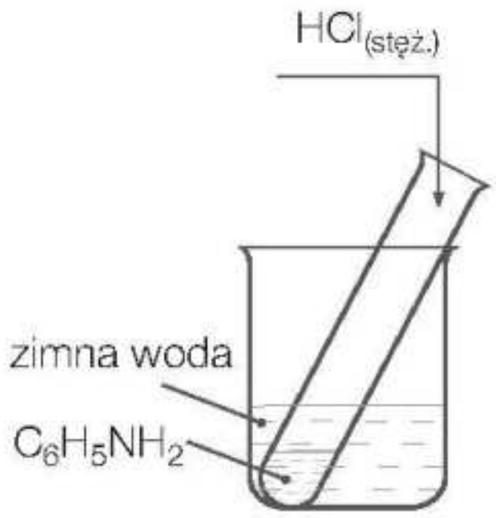
Doświadczenie 42.  HCl  $C_6H_5NH_2$

Reakcja aniliny z kwasem chlorowodorowym

Odczynniki: anilina, stężony kwas chlorowodorowy, zimna woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewka, probówka, pipeta.

Instrukcja: Nalej aniliny do probówki (do $\frac{1}{3}$ jej wysokości). Dodaj ostrożnie pipetą niewielką ilość stężonego kwasu chlorowodorowego. Umieść probówkę w zlewce z zimną wodą (schemat).



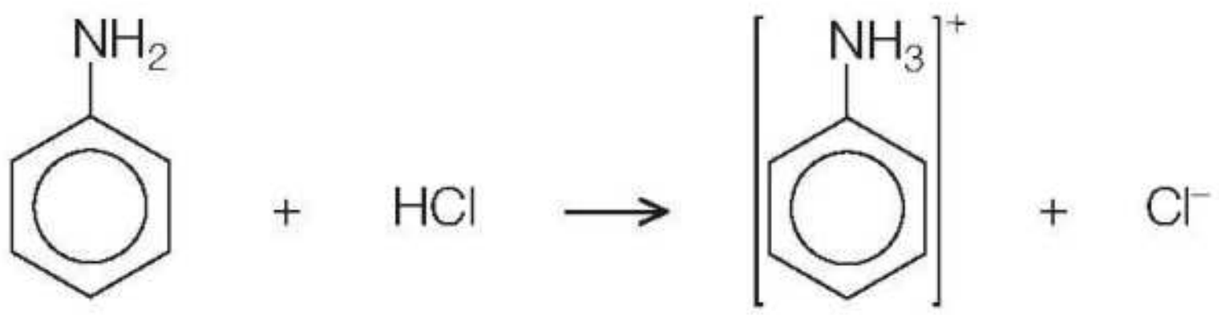
Zachowaj szczególną ostrożność podczas nalewania aniliny i stężonego kwasu chlorowodorowego. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Obserwacje: W trakcie dodawania kwasu chlorowodorowego w probówce widać biały dym. Po ochłodzeniu probówki powstaje krystaliczna substancja stała.

Wniosek: Anilina reaguje z kwasem chlorowodorowym, co jest potwierdzeniem jej charakteru zasadowego.

Reakcja chemiczna przebiega zgodnie z równaniem:



anilina — kwas chlorowodorowy — kation fenyloamoniowy — anion chlorkowy

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

$$\underset{\text{metyloamina}}{CH_3NH_2} + \underset{\substack{\text{kwas}\\\text{chlorowodorowy}}}{HCl} \longrightarrow \underset{\substack{\text{chlorek}\\\text{metyloamoniowy}}}{CH_3NH_3^+Cl^-}$$

Chemia w akcji

Świąd i ból odczuwany po poparzeniu pokrzywą (fot. 131.) wywołuje **histamina**, czyli amina, która – wydzielona w dużych ilościach do tkanki podskórnej – drażni zakończenia nerwowe.



Fot. 131. Liście i łodygę pokrzywy pokrywają włoski parzące, które z kolei wydzielają drażniący skórę kwas mrówkowy.

Zastosowania

Aminy

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



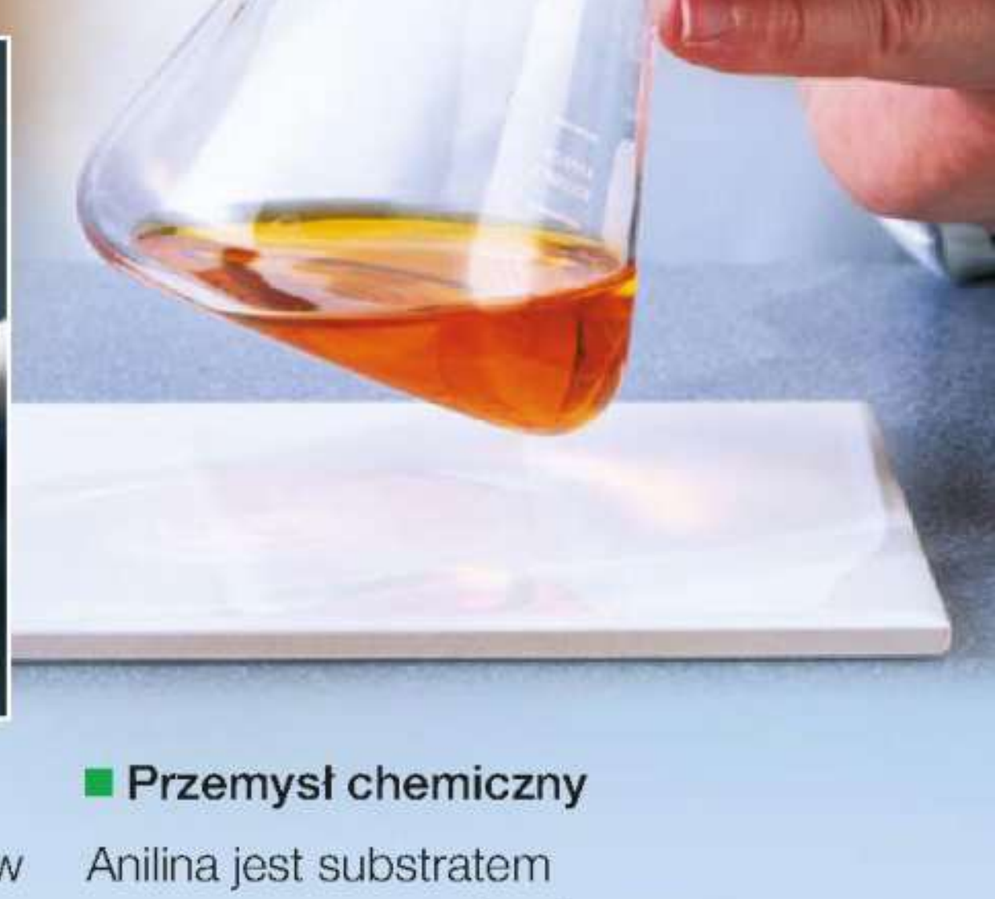
Medycyna

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



Przemysł włókienniczy

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



Przemysł chemiczny

Anilina jest substratem do produkcji wskaźników kwasowo-zasadowych, m.in. **oranżu metylowego**. Jego alkoholowy roztwór służy w laboratoriach do identyfikowania roztworów o odczynie kwasowym.

Przemysł energetyczny

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

Co to są amidy?

To, czy nerki funkcjonują prawidłowo, najszybciej sprawdzimy, oznaczając stężenie mocznika we krwi (fot. 132.). Ten amid jest produktem przemiany białek i powstaje głównie w wątrobie.



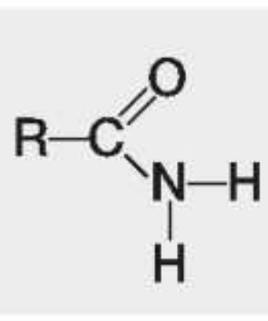
Fot. 132. Stężenie mocznika we krwi zwiększa się, kiedy nerki nie radzą sobie z wydalaniem go z organizmu.

Amidy to **jednofunkcyjne pochodne kwasów karboksylowych**, w których grupa –OH w grupie karboksylowej została zastąpiona grupą $-NH_2$. **Grupa amidowa** $-CONH_2$ jest **grupą funkcyjną**.

Jak są zbudowane amidy?

Cząsteczki amidów są zbudowane z **grupy amidowej** połączonej z atomem wodoru albo z **grupą alkilową** (amidy alifatyczne) lub bezpośrednio z **grupą arylową** (amidy aromatyczne).

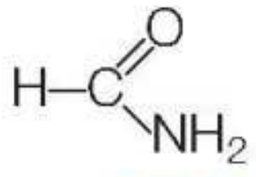
Wzór ogólny amidów ma postać:



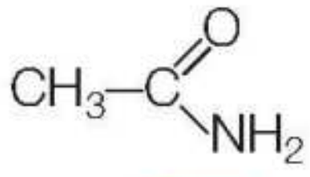
gdzie:
–R atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa,
$-CONH_2$ grupa amidowa, czyli grupa funkcyjna.

Jak się tworzy nazwy amidów?

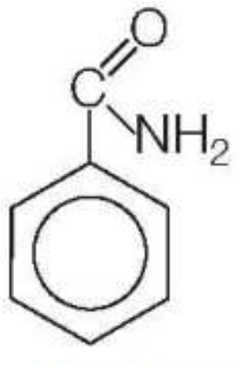
Nazwy systematyczne amidów tworzy się przez dodanie do nazwy węglowodoru końcówki „-**amid**" (amidy alifatyczne) lub końcówki „-**karboksyamid**" (amidy aromatyczne) przy użyciu litery „-**o**-", np.:



metan**o**amid



etan**o**amid

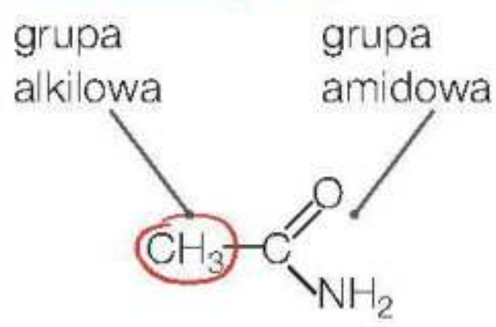


benzen**o**karboksyamid

Model grupy amidowej

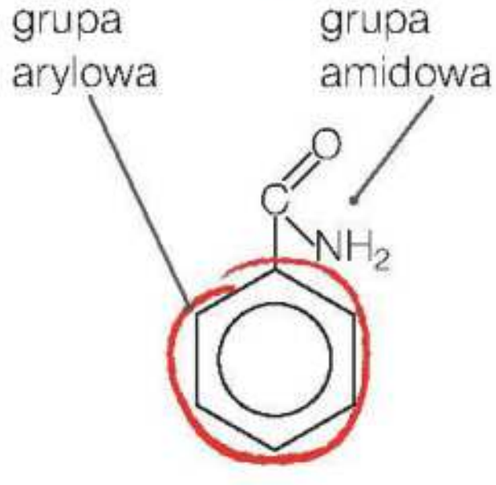
Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu

Amid alifatyczny



etanoamid
(amid kwasu etanowego, acetamid)

Amid aromatyczny



benzenokarboksyamid
(amid kwasu benzoesowego, benzamid)

Jak się otrzymuje amidy?

Amidy można uzyskać **w wyniku termicznego rozkładu soli amonowych kwasów karboksylowych**. Reakcja ta przebiega w dwóch etapach:

Etap I. Otrzymywanie soli amonowej kwasu karboksylowego:

$$CH_3COOH + NH_3 \longrightarrow CH_3COONH_4$$

kwas etanowy amoniak etanian amonu

Etap II. Termiczny rozkład soli amonowej:

$$CH_3COONH_4 \xrightarrow{T} CH_3CONH_2 + H_2O$$

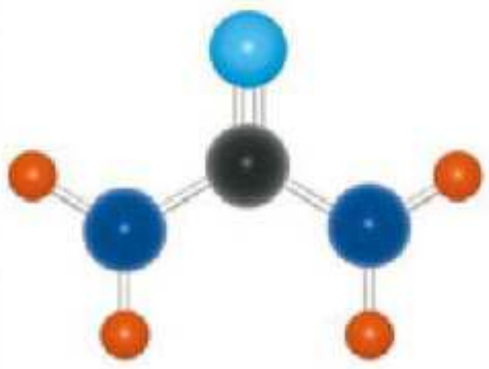
etanian amonu etanoamid woda

Jakie właściwości mają amidy?

W temperaturze pokojowej metanoamid jest **cieczą**, a amidy zawierające w cząsteczce dwa i więcej atomów węgla są **substancjami stałymi**. Obecność w grupie amidowej atomu tlenu oraz atomu azotu z wolnymi parami elektronowymi powoduje, że cząsteczki amidów **łączą się ze sobą silnymi wiązaniami wodorowymi**. Dlatego amidy **mają wysokie temperatury wrzenia i małą lotność**. Amidy o małych masach cząsteczkowych **bardzo dobrze rozpuszczają się w wodzie**. Rozpuszczalność amidów zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się ich masy cząsteczkowej.

Czym jest mocznik i jakim reakcjom ulega?

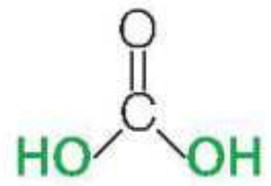
Model cząsteczki mocznika



Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu

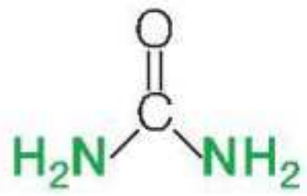
Mocznik to **diamid kwasu węglowego**.

kwas nieorganiczny



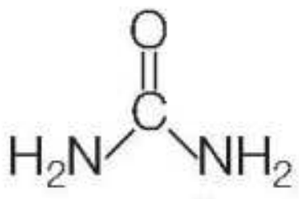
kwas węglowy

amid



mocznik

Mocznik **jest krystaliczną substancją stałą, dobrze rozpuszczalną w wodzie**. W obecności stężonego kwasu siarkowego(VI) **reaguje z wodą** zgodnie z równaniem reakcji:

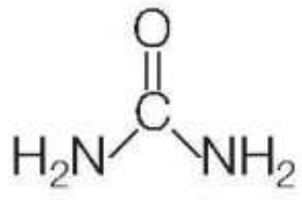


mocznik

$$+ \; H_2O \; + \; H_2SO_4 \xrightarrow{T} (NH_4)_2SO_4 \; + \; CO_2\uparrow$$

woda; kwas siarkowy(VI); siarczan(VI) amonu; tlenek węgla(IV)

W reakcji mocznika **z wodorotlenkiem sodu** powstaje m.in. amoniak:

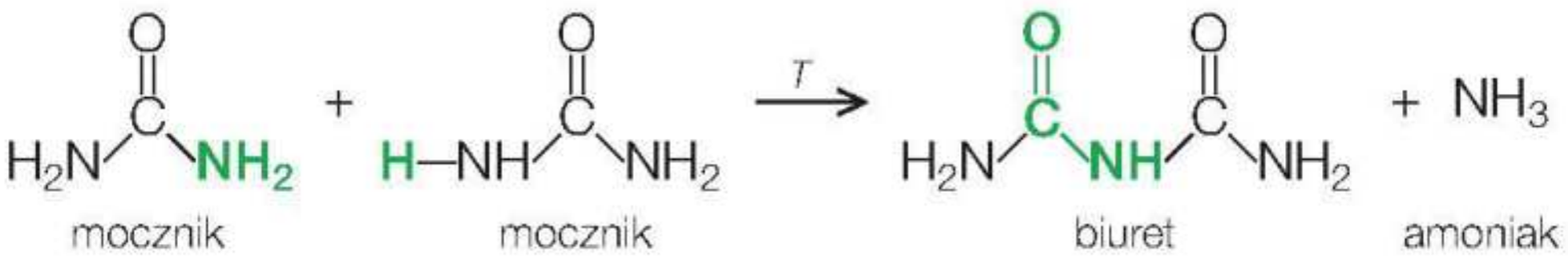


mocznik

$$+ \; 2\,NaOH \xrightarrow{T} Na_2CO_3 \; + \; 2\,NH_3\uparrow$$

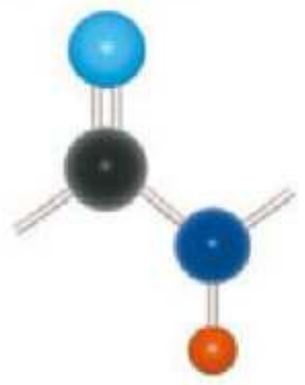
wodorotlenek sodu; węglan sodu; amoniak

Mocznik pod wpływem wysokiej temperatury **ulega reakcji kondensacji**. Jej produktami są **dimocznik** (**biuret**) oraz amoniak:



Cząsteczka biuretu zawiera **wiązanie amidowe**. Wiązanie tego typu występuje w poliamidach, a także w peptydach i białkach, w których jest nazywane **wiązaniem peptydowym** (patrz *Białka*, s. 262).

Model wiązania amidowego (peptydowego)

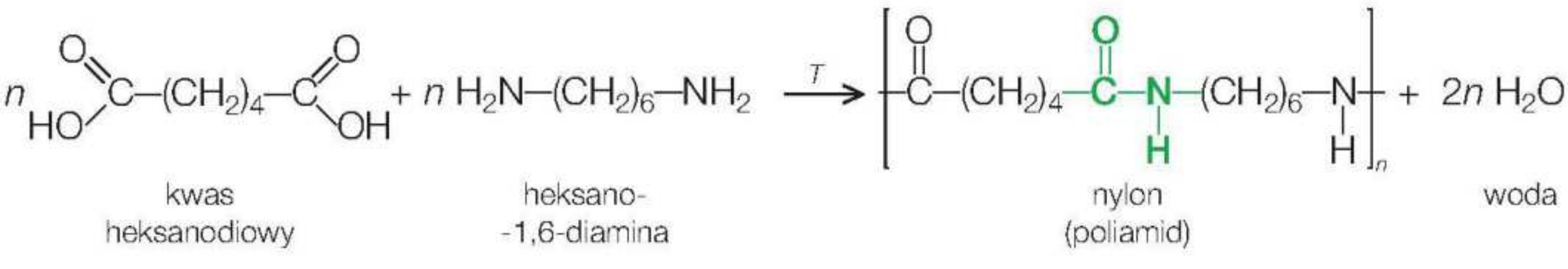


Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu

Czym są poliamidy?

Poliamidy to związki chemiczne, które **otrzymuje się w reakcji kondensacji diamin** (amin zawierających dwie grupy $-NH_2$) z **kwasami dikarboksylowymi**. W cząsteczkach poliamidów regularnie powtarzającym się fragmentem jest wiązanie amidowe.

Poliamidy są wykorzystywane do produkcji tworzyw konstrukcyjnych oraz włókien syntetycznych, np. nylonu:



Chemia w akcji

Włókna aramidowe (fot. 133.) są odmianą włókien poliamidowych. Najbardziej znanym polimerem z tej grupy jest Kevlar®. Jego włókna stanowią surowiec do produkcji kamizelek kuloodpornych, kasków i hełmów ochronnych, wewnętrznych powłok nart, rakiet tenisowych i kajaków, a nawet części pancerzy lotniskowców.



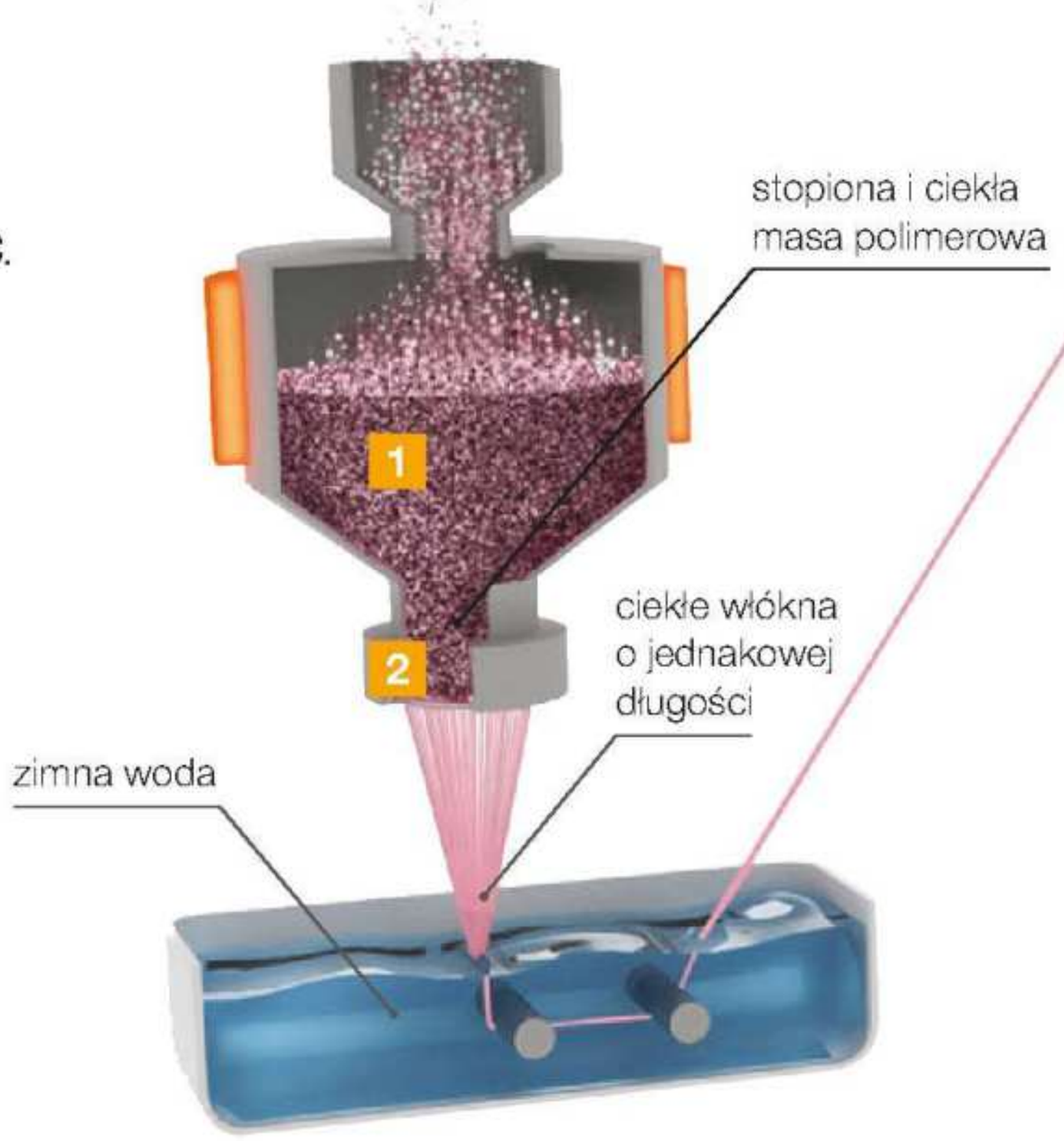
Fot. 133. Włókna aramidowe są odporne na ogień, przecięcia oraz uderzenia pocisków.

Krok po kroku

Produkcja włókien syntetycznych

Pierwszym całkowicie syntetycznym włóknem był nylon, otrzymany w 1935 r. Obecnie do produkcji nylonu stosuje się różne substraty, więc w handlu dostępnych jest wiele typów tego materiału. Nylon jest lekki i odporny na rozrywanie – o 20% odporniejszy niż jedwab naturalny i o 300% odporniejszy niż jedwab sztuczny.

1. Granulki polimeru (poliamidu) **podgrzewa się do temperatury ok. 260°C**.
2. Masę przetłacza się przez drobne otwory dyszy przędzalniczej. Proces ten nosi nazwę **formowania**.
3. Włókna **rozdrabnia się, przemywa zimną wodą i suszy**.
4. Rozdrobnione włókna **topi się** i ponownie **przepuszcza przez dyszę**.
5. **Nawiew ziemnego powietrza** powoduje, że ciekłe włókna się zestalają.



Do czego wykorzystuje się włókna syntetyczne?

Goreteks to popularna tkanina wodo- i wiatroodporna, produkowana z wykorzystaniem włókien syntetycznych, m.in. membran nylonowych i teflonowych. **Membrany** to naprężone błony, które mają wiele mikroskopijnych otworów. Kawałek wielkości 1 cm^2 może zawierać ok. miliarda takich otworów. Te otwory przepuszczają parę wodną, ale są zbyt małe, żeby przedostawała się przez nie woda. Tkaniny goreteksowe produkuje się przez rozciąganie w dwóch kierunkach membrany teflonowej i natychmiastowe wprasowywanie jej w tkaninę, np. nylonową. Stosuje się je do produkcji m.in. nieprzemakalnych kurtek, spodni, plecaków i namiotów.



włókna nylonu





mikroskopowe zdjęcie włókien nylonu

zimne powietrze

Powstałe delikatne nici **rozciąga się** i **zwija**.

Jakie właściwości mają włókna syntetyczne?

Tkaniny goreteksowe są **wodoszczelne**, lecz **nie utrudniają procesu wymiany gazowej** między skórą a materiałem, dlatego są wykorzystywane do produkcji odzieży sportowej, górskiej i turystycznej. Natomiast dywany z nylonu nadają się do pomieszczeń o dużej wilgotności, takich jak łazienka lub kuchnia. Włókna nylonu **nie chłoną wilgoci**, są więc **odporne na działanie drobnoustrojów**. Z włókien poliamidowych produkuje się też bieliznę, sukienki, liny i tkaniny na namioty.



▲ odzież górska i turystyczna



▲ dywany z nylonu

Zastosowania

Amidy

Mocznik ze względu na swoje właściwości złuszczające i nawilżające stosowany jest w preparatach do leczenia łuszczycy. Wykorzystywany jest też w rolnictwie jako nawóz azotowy, który powoduje m.in. zwiększenie plonów.



Przemysł chemiczny

Dimetyloformamid jest używany jako rozpuszczalnik m.in. lakierów do mebli. Natomiast mocznik stosuje się do produkcji tworzyw sztucznych, nazywanych żywicami mocznikowymi. Są one składnikami m.in. **klejów do drewna**.



Przemysł kosmetyczny

Mocznik jest składnikiem **płynów po goleniu**, ponieważ użyty w niewielkim stężeniu przyspiesza gojenie się ran. Natomiast jego pochodna alantoina, jako składnik np. kremów do rąk, wygładza skórę, zapobiega jej wysuszaniu i przyspiesza gojenie się ran.

Przemysł tworzyw sztucznych

W wyniku reakcji kondensacji diamin z kwasami dikarboksylowymi powstają poliamidy, które są bardzo elastyczne oraz odporne na ścieranie, dlatego stosuje się je do produkcji **żyłek wędkarskich**, rajstop i kół zębatych.

Medycyna

Paracetamol to powszechnie znany lek zmniejszający intensywność sygnałów bólowych przekazywanych do mózgu. Stosowany jest jako **lek przeciwgorączkowy** oraz łagodzący m.in. bóle głowy, zębów i mięśni, podawany np. w formie roztworu doustnego.



Które związki chemiczne zawierają w swoich cząsteczkach azot?

Aminy i amidy nie są jedynymi związkami chemicznymi, w których cząsteczkach występuje atom (lub atomy) azotu. Oprócz nich są też **alkaloidy, czyli aminy pochodzenia naturalnego**, najczęściej roślinnego. Większość z nich jest **silną trucizną**, ale stosowane w małych dawkach mogą mieć działanie lecznicze (fot. 134.). Wiele alkaloidów to substancje, z którymi mamy kontakt na co dzień. Alkaloidami są m.in. kofeina i nikotyna.



Fot. 134. Atropinę wykorzystuje się w okulistyce do długotrwałego rozszerzania źrenic.

Co to jest nikotyna i jakie są jej właściwości?

Nikotyna to związek chemiczny – **alkaloid** – o wzorze sumarycznym $C_{10}H_{14}N_2$.

Jest to **bezbarwna, oleista ciecz o piekącym smaku**. **Rozpuszcza się w wodzie i alkoholu**, a na powietrzu szybko brunatnieje. Działa drażniąco na błony śluzowe i **jest bardzo silną trucizną**. Występuje w liściach i korzeniach tytoniu szlachetnego (fot. 137.). Jej nazwa pochodzi od nazwiska francuskiego lekarza **Jeana Nicota** [czyt. żana nikota], który w XVI w. zalecał, by stosować tytoń jako lek. Obecnie tytoń wykorzystuje się m.in. do produkcji papierosów.

Model cząsteczki nikotyny



Modele atomów: wodoru, węgla, azotu

Palenie papierosów prowadzi do uzależnienia od nikotyny, czyli **nikotynizmu**. Jego objawy to: zmniejszona odporność organizmu, zmiany w układzie naczyniowym i sercu, zmiany w układzie oddechowym (m.in. rozedma płuc, choroby nowotworowe), trudności w skupieniu uwagi, rozdrażnienie, zniszczona skóra. Dym tytoniowy zawiera prawie 4000 składników, z których ponad 40 ma działanie rakotwórcze. Jest on szkodliwy nie tylko dla osoby palącej, lecz także dla osób przebywających w jej otoczeniu (fot. 135.).

Na opakowaniach papierosów znajdują się informacje dotyczące szkodliwości palenia (fot. 136.).



Fot. 135. Palenie papierosów w pomieszczeniach jest dozwolone tylko w specjalnie wyznaczonych do tego celu miejscach.

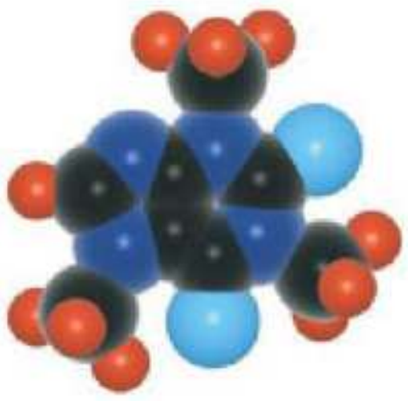


Fot. 136. O szkodliwości palenia papierosów informują ostrzeżenia umieszczone na ich opakowaniach.



Fot. 137. Liście i korzenie tytoniu szlachetnego zawierają 6–8% nikotyny.

Model cząsteczki kofeiny



Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu

Co to jest kofeina i jakie są jej właściwości?

Kofeina, podobnie jak nikotyna, to **alkaloid**. Jej wzór sumaryczny to $C_8H_{10}N_4O_2$.

Jest to **biała, bezwonna substancja, trudno rozpuszczalna w wodzie**. Występuje w ziarnach kawy (fot. 138.a), liściach herbaty (fot. 138.b) i w niewielkich ilościach w nasionach kakaowca (ziarnach kakao). Małe ilości kofeiny (ok. 200 mg) działają stymulująco – poprawiają nastrój, pobudzają pracę serca i ośrodkowego układu nerwowego. Większe dawki **wywołują rozkojarzenie, stan niepokoju, bóle głowy, bezsenność, kołatanie serca, nudności**. Częste lub długotrwałe **picie napojów zawierających kofeinę**, np. napojów energetycznych, jest szkodliwe dla zdrowia, ponieważ **prowadzi do uzależnienia**. Zawierają one tyle samo kofeiny co pół filiżanki mocnej kawy. Nadużywanie tego typu napojów powoduje podrażnienie żołądka, nadpobudliwość, kłopoty z koncentracją i bezsenność.





Fot. 138. Ziarna kawowca (a) zawierają 0,6–2,8% kofeiny, a liście herbaty (b) 2–3,5%.

Zapamiętaj!

Aminy – jednofunkcyjne pochodne amoniaku, w którym atom lub atomy wodoru zostały zastąpione grupą lub grupami węglowodorowymi. Wyróżnia się aminy pierwszo-, drugo- i trzeciorzędowe.

Amidy – jednofunkcyjne pochodne kwasów karboksylowych, które zawierają grupę amidową o wzorze sumarycznym $-CONH_2$.

Poliamidy – produkty reakcji kondensacji diamin z kwasami dikarboksylowymi.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Napisz nazwy systematyczne amin o podanych wzorach.**
   a) $CH_3CH_2CH_2NH_2$
   b) $(CH_3)_3N$

2. **Napisz wzory strukturalne amin o podanych nazwach.**
   a) butyloamina
   b) *N*-metyloanilina
   c) difenyloamina
   d) 2-metylopentano-2-amina

3. **Napisz równanie reakcji propylo-1-aminy z wodą i z kwasem chlorowodorowym. Podaj nazwy produktów tej reakcji chemicznej.**

4. Difenyloamina jest aminą aromatyczną zawierającą dwa podstawniki fenylowe przy atomie azotu. **Określ rzędowość i oblicz masę cząsteczkową difenyloaminy.**

5. Organizm człowieka wchłania 50–80% kadmu zawartego we wdychanym dymie papierosowym. **Oblicz, ile kadmu wdycha w ciągu dnia osoba, która wypala w tym czasie 20 papierosów i wchłania przy tym 4,4–6 µg kadmu.** Do obliczeń przyjmij górne granice danych.

Podsumowanie

Do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów zalicza się: **fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole mono- i polihydroksylowe, fenole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe oraz estry, tłuszcze, aminy** i **amidy**.

◀ Jakie związki chemiczne zalicza się do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów?

Fermentacja octowa to proces **polegający na utlenianiu etanolu do kwasu octowego** zgodnie z równaniem reakcji chemicznej:

◀ Co to jest fermentacja octowa?

$$\underset{\text{etanol}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{tlen}}{O_2} \xrightarrow[\text{bakteryjny}]{\text{enzym}} \underset{\text{kwas etanowy (octowy)}}{CH_3COOH} + \underset{\text{woda}}{H_2O}$$

Fermentacja octowa zachodzi pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie kwasu octowego.

kwasy karboksylowe

- **niższe** — np. kwas etanowy CH_3COOH
- **wyższe**
  - **nasycone** — np. kwas palmitynowy $C_{15}H_{31}COOH$
  - **nienasycone** — np. kwas oleinowy $C_{17}H_{33}COOH$

◀ Jak można podzielić kwasy karboksylowe?

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

◀ Jak odróżnić nienasycone kwasy karboksylowe od kwasów karboksylowych nasyconych?



Kwas stearynowy nie odbarwia wodnego roztworu $KMnO_4$.



Kwas oleinowy odbarwia zakwaszony wodny roztwór $KMnO_4$.

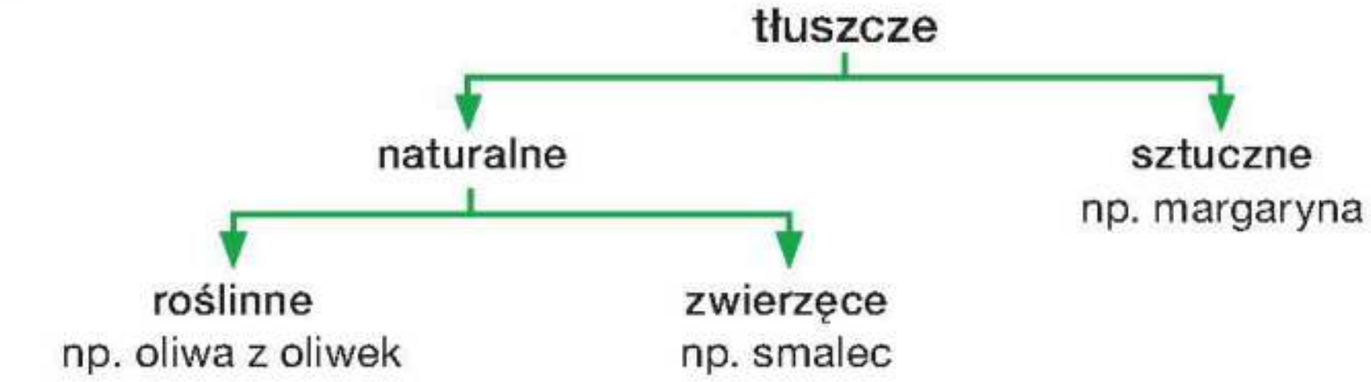
Reakcja kondensacji to reakcja chemiczna polegająca na **łączeniu się co najmniej dwóch cząsteczek** tego samego lub różnych związków chemicznych **z jednoczesnym powstaniem produktu o małej masie cząsteczkowej**, np. H_2O lub HCl. Przykładem reakcji kondensacji jest reakcja estryfikacji.

◀ Co to jest reakcja kondensacji?

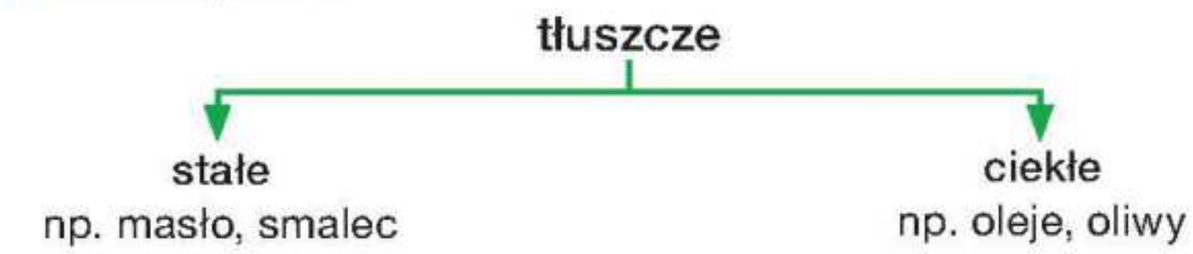
Jak można podzielić tłuszcze?

▶ Tłuszcze można podzielić ze względu na:

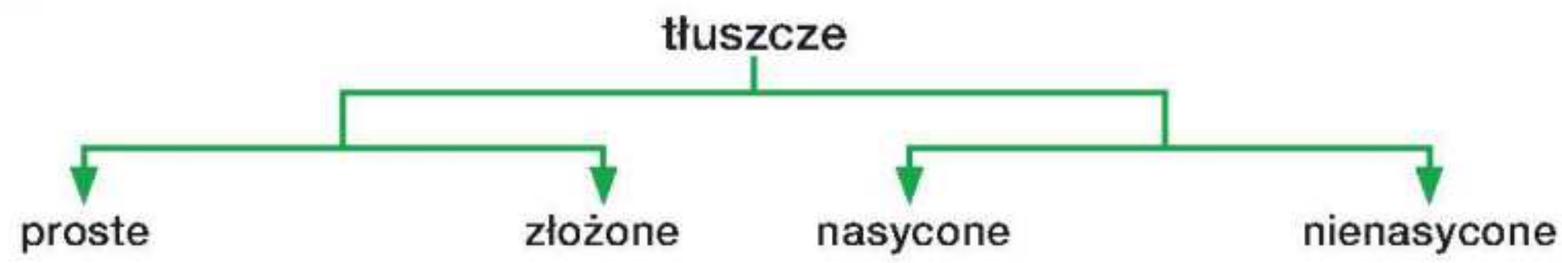
▸ pochodzenie oraz występowanie:



▸ stan skupienia:



▸ budowę cząsteczki:



Co to jest reakcja zmydlania tłuszczu?

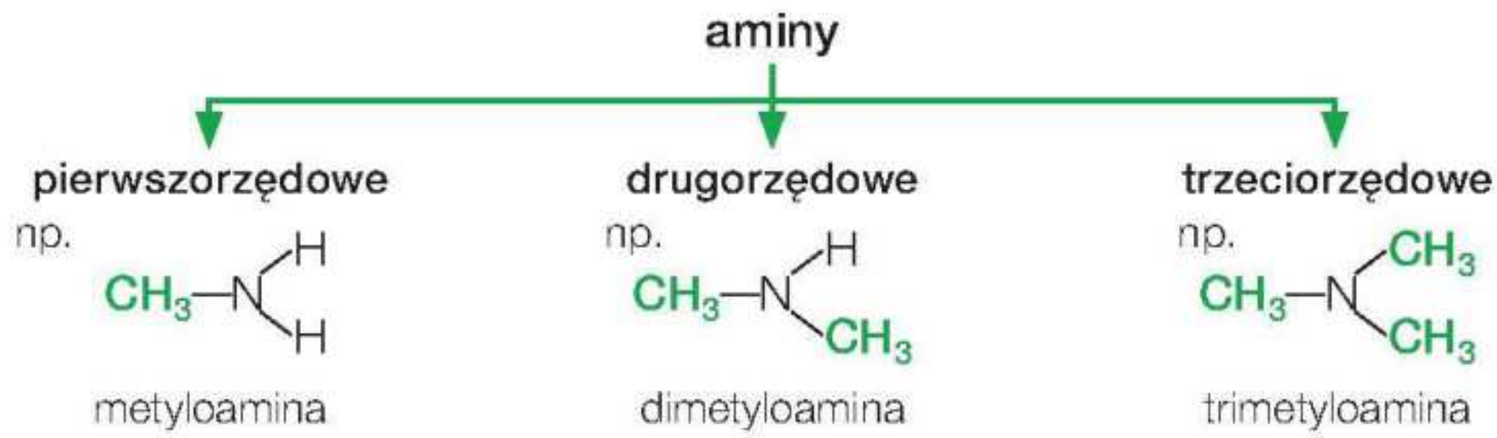
▶ **Reakcja zmydlania** tłuszczu to **rekcja hydrolizy w środowisku zasadowym**. Reakcja ta zachodzi zgodnie ze schematem:



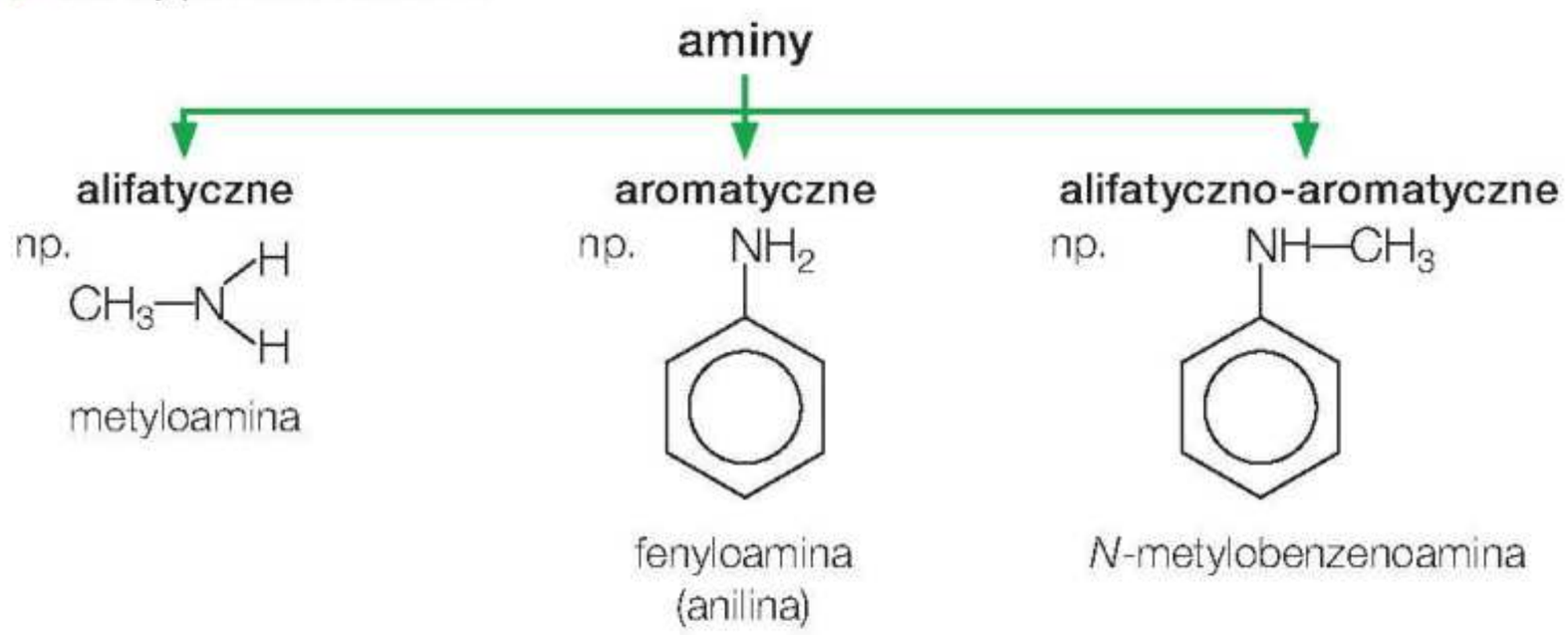
Jak można podzielić aminy?

▶ Aminy można podzielić ze względu na:

▸ liczbę grup węglowodorowych przyłączonych do atomu azotu:

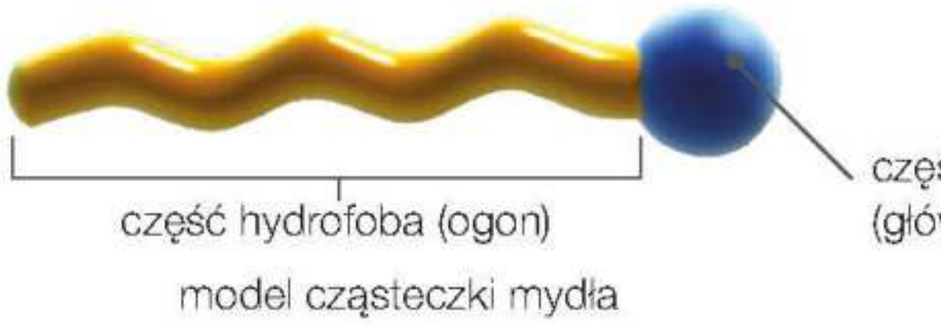


▸ rodzaj podstawników:



Substancje powierzchniowo czynne zmniejszają napięcie powierzchniowe cieczy. Cząsteczka substancji powierzchniowo czynnej składa się z **części hydrofilowej** (główka) i **części hydrofobowej** (ogon):

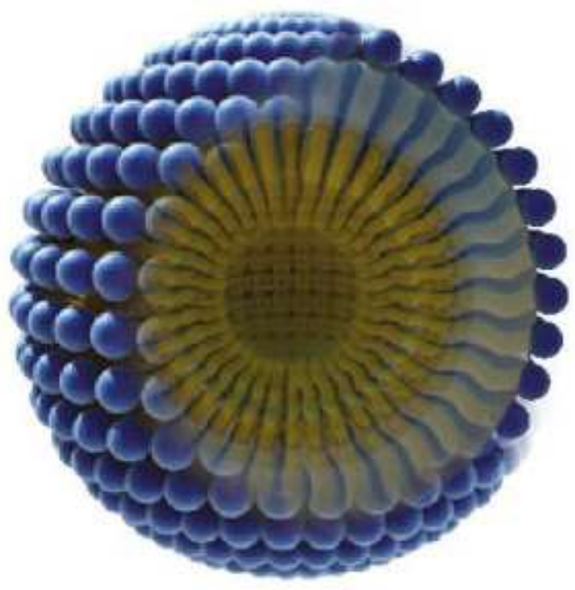
◀ Jaką funkcję pełnią substancje powierzchniowo czynne?



model cząsteczki mydła

Substancja powierzchniowo czynna tworzy otoczkę wokół cząstki brudu. Powstają struktury określane jako **micele**. W wyniku np. pocierania tkaniny lub mieszania wody micela z cząstką brudu odrywa się od podłoża, a pęcherzyki piany unoszą ją na powierzchnię wody.

◀ Na czym polega mechanizm usuwania brudu?



model miceli

Emulsja powstaje w wyniku **mieszania dwóch nierozpuszczających się w sobie cieczy** (np. wody i oleju), z których jedna zostaje rozproszona w drugiej. Tworzenie się i utrwalenie emulsji ułatwia **emulgator**, czyli substancja, która otacza cząsteczki jednej z cieczy i w ten sposób uniemożliwia ich ponowne łączenie się.

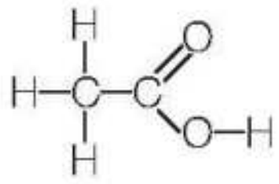
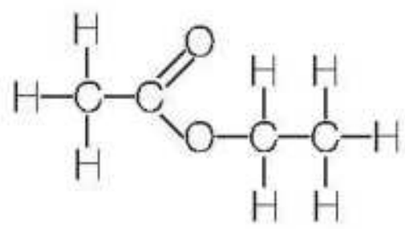
◀ Jak powstaje emulsja?

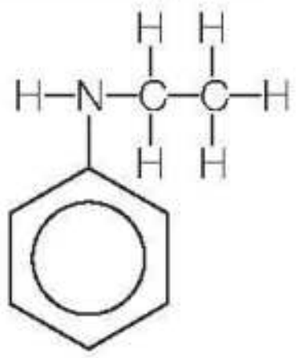
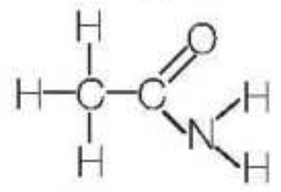
Eutrofizacja to **intensywny rozwój roślin i mikroorganizmów wodnych na skutek wzrostu zawartości w wodzie składników odżywczych**, głównie jonów PO_4^{3-}, pochodzących z fosforanów(V), m.in. zawartych w środkach piorących.

◀ Na czym polega zjawisko eutrofizacji?

Przykładem podobieństw między pochodnymi węglowodorów jest np. **rodzaj wiązań** w cząsteczkach. **Różnice** to m.in. **grupa funkcyjna**, **sposoby otrzymywania** i **reaktywność**.

◀ Jakie są podobieństwa i różnice między pochodnymi węglowodorów?

Grupa związków	Kwasy karboksylowe (w tym kwasy tłuszczowe)	Estry
Wzór ogólny	C_nH_{2n+1}**COOH** lub R–**COOH** —R atom wodoru, grupa alkilowa lub arylowa, *n* – liczba naturalna; liczba atomów węgla w grupie alifatycznej; n ⩾ 0	—R_1—**COO**—R_2 —R_1 atom wodoru lub grupa węglowodorowa (alifatyczna lub aromatyczna) pochodzące od kwasu karboksylowego, —R_2 grupa węglowodorowa (alifatyczna lub aromatyczna) pochodząca od alkoholu
Grupa funkcyjna	—COOH	—COO—
Rodzaje wiązań w cząsteczce	wiązania pojedyncze typu σ, wiązania wielokrotne typu π oraz zdelokalizowane	
	wiązania kowalencyjne: 	**wiązania kowalencyjne:** 
Wybrane sposoby otrzymywania	▸ reakcja utleniania alkoholi pierwszorzędowych (patrz s. 169) ▸ fermentacja octowa (patrz s. 171) ▸ hydroliza tłuszczów (patrz s. 201)	▸ reakcja estryfikacji (patrz s. 190)
Reaktywność	▸ reakcja z metalem aktywnym (patrz s. 172) ▸ reakcja z tlenkami (patrz s. 173) ▸ reakcja z wodorotlenkami (patrz s. 173) ▸ reakcja spalania całkowitego i niecałkowitego (patrz s. 180)	▸ reakcja hydrolizy kwasowej (patrz s. 193) ▸ reakcja hydrolizy zasadowej (patrz s. 193) ▸ zmydlanie tłuszczów (patrz s. 200) ▸ reakcja utwardzania tłuszczów (patrz s. 202)
Przykłady zastosowań	HCOOH kwas metanowy (kwas mrówkowy) środek konserwujący składnik środków dezynfekujących produkcja farb impregnacja tkanin	$CH_3COOCH_2CH_3$ etanian etylu (octan etylu) środek zapachowy (aromaty owocowe) składnik m.in. zmywaczy do paznokci rozpuszczalnik

	Aminy	Amidy
	—R—NH_2 lub R_1—NHR_2 albo R_1—NR_2R_3 —R, —R_1, —R_2, —R_3 grupa węglowodorowa (alkilowa lub arylowa)	R—$CONH_2$ —R atom wodoru, grupa alkilowa lub grupa arylowa
	—NH_2	—$CONH_2$
wiązanie typu π (w przypadku związków zawierających pierścień aromatyczny)		
	wiązania kowalencyjne: 	**wiązania kowalencyjne:** 
	▸ reakcja fluorowcopochodnych alkanów z amoniakiem (patrz s. 223)	▸ reakcja termicznego rozkładu soli amonowych kwasów karboksylowych (patrz s. 228)
	▸ reakcja z kwasem chlorowodorowym (patrz s. 225)	▸ reakcja z wodą w obecności stężonego kwasu siarkowego(VI) (patrz s. 228) ▸ reakcja z wodorotlenkiem sodu (patrz s. 228)
	CH_3NH_2 metanoamina (metyloamina) produkcja leków produkcja środków powierzchniowo czynnych produkcja barwników rozpuszczalnik	CH_3CONH_2 etanoamid (acetamid) produkcja tworzyw sztucznych produkcja lakierów rozpuszczalnik

Sprawdź, czy potrafisz…

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Wskaż zdania, które są prawdziwe.**
   a) Kwas węglowy jest mocniejszy od kwasu etanowego.
   b) Najprostszym kwasem dikarboksylowym jest kwas propanodiowy.
   c) Moc kwasów karboksylowych rośnie ze wzrostem długości ich łańcucha węglowego.
   d) Aminy aromatyczne rozpuszczają się w wodzie lepiej niż aminy alifatyczne.
   e) Wyższe kwasy karboksylowe reagują z wodorotlenkami, tworząc mydła.
   f) Reakcja estryfikacji przebiega bez udziału katalizatora.

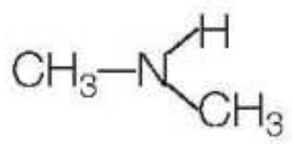
2. **Wybierz spośród podanych wzorów związków chemicznych wzory kwasów karboksylowych. Podaj ich nazwy systematyczne.**
   $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$, $CH_3CH_2CH_2CHO$, $CH_3CH_2COCH_3$, $CH_3CH(CH_3)COOH$, $CH_3CH(CH_3)CH_2OH$, $HCOOH$

3. **Napisz wzory strukturalne związków chemicznych o podanych nazwach.**
   a) trifenyloamina
   b) octan butylu
   c) *N*-metyloanilina
   d) trioleinian glicerolu

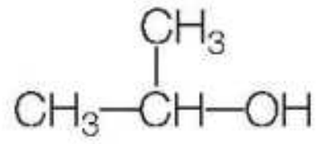
4. **Napisz równania reakcji otrzymywania estrów o podanych nazwach.**
   a) metanian etylu
   b) propanian propylu
   c) benzoesan metylu
   d) maślan metylu

5. **Napisz, dlaczego estry mają większą lotność niż alkohole i kwasy karboksylowe, od których pochodzą.**

6. **Ustal rzędowość dimetyloaminy i propan-2-olu. Wyjaśnij sposób ustalania rzędowości amin i alkoholi.**



dimetyloamina



propan-2-ol

7. **Oblicz, ile gramów mydła glinowego można otrzymać ze 100 g trioleinianu glicerolu.**

8. Mieszanina estrów: octanu pentylu, maślanu pentylu, mrówczanu pentylu, maślanu etylu oraz octanu etylu ma morelowy zapach. **Napisz wzory sumaryczne tych substancji. Oblicz, która z nich ma największą zawartość procentową (procent masowy) węgla w cząsteczce.**

9. Metanian sodu jest stosowany m.in. do otrzymywania kwasu metanowego i kwasu etanodiowego. Używa się go także w przemyśle skórzanym, papierniczym, perfumeryjnym oraz jako konserwantu. Na skalę przemysłową otrzymuje się go pod zwiększonym ciśnieniem i w podwyższonej temperaturze w reakcji tlenku węgla(II) ze stałym wodorotlenkiem sodu. **Napisz równanie tej reakcji. Oblicz, ile kilogramów wodorotlenku sodu potrzeba, aby otrzymać 1 t metanianu sodu.**



Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

To było w szkole podstawowej!

- **Aminokwasy** to związki organiczne, których cząsteczki zawierają dwie grupy funkcyjne: **grupę aminową** (—NH_2) i **grupę karboksylową** (—**COOH**).
- **Polipeptydy** to związki organiczne otrzymane w wyniku **reakcji kondensacji wielu cząsteczek aminokwasów**.
- **Białka** to naturalne polimery powstające z aminokwasów. W ich cząsteczkach występują **wiązania peptydowe**.
- **Białka ulegają:**
  - **koagulacji** pod wpływem soli metali lekkich,
  - **denaturacji** pod wpływem ogrzewania, kwasów, zasad, soli metali ciężkich lub alkoholi.
- **Reakcja ksantoproteinowa** to reakcja charakterystyczna białek, podczas której pod wpływem stężonego roztworu kwasu azotowego(V) **białko zmienia barwę na żółtą**.
- **Sacharydy** to związki organiczne zbudowane z atomów węgla, wodoru i tlenu, o wzorze ogólnym $C_n(H_2O)_m$.

19. Hydroksykwasy



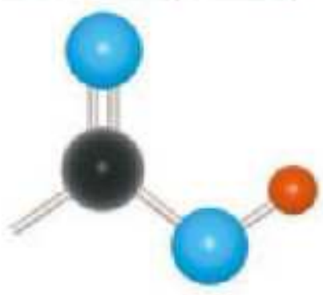
Fot. 139. Kwas cytrynowy znajduje się m.in. w cytrynie, porzeczkach i liściach tytoniu.

Przekrojone jabłko po skropieniu sokiem z cytryny dłużej zachowuje świeżość – nie ciemnieje. Zapobiega temu obecny w cytrynie (fot. 139.) kwas cytrynowy. Zalicza się go do grupy związków organicznych nazywanych **hydroksykwasami**. Nazwy zwyczajowe tych kwasów informują, gdzie można je znaleźć, np. kwas jabłkowy – w jabłkach, kwas winowy – w winie, kwas cytrynowy – w cytrynie, a kwas salicylowy – w korze wierzby (łac. *salix*).

Które związki organiczne należą do wielofunkcyjnych, a które do jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów?

Te związki organiczne, w których cząsteczkach występują **co najmniej dwie różne grupy funkcyjne**, są zaliczane do **wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów**. W cząsteczkach alkoholi polihydroksylowych (np. glicerolu, patrz *Alkohole polihydroksylowe*, s. 124) i kwasów polikarboksylowych (np. kwasu etanodiowego, patrz *Kwasy karboksylowe*, s. 165) znajduje się więcej niż jedna grupa funkcyjna, ale są to **grupy jednakowe**, stąd nazwa tych związków chemicznych – **jednofunkcyjne pochodne węglowodorów**.

Model grupy karboksylowej



Model grupy hydroksylowej



Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

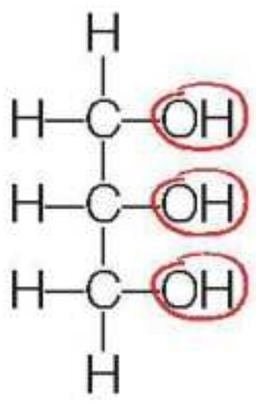
Co to są hydroksykwasy?

Hydroksykwasy to **pochodne kwasów karboksylowych**, w których cząsteczkach oprócz grupy karboksylowej –COOH jest też grupa hydroksylowa –OH. Cząsteczki hydroksykwasów **mają więc dwie różne grupy funkcyjne**. Z tego powodu zalicza się je do **wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów**.

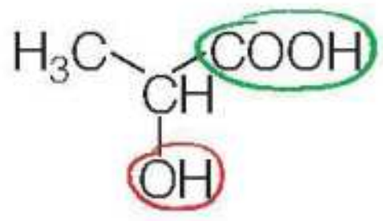
Jest na to sposób!

Jak odróżnić związki jednofunkcyjne od wielofunkcyjnych?

Porównaj wzory grup funkcyjnych występujących we wzorach związków chemicznych. Sprawdź, czy są one jednakowe, czy też różne.



W cząsteczce są trzy **jednakowe grupy funkcyjne**, a więc jest to **związek jednofunkcyjny**.



W cząsteczce są dwie **różne grupy funkcyjne**, a więc jest to **związek wielofunkcyjny**.

Jak są zbudowane hydroksykwasy?

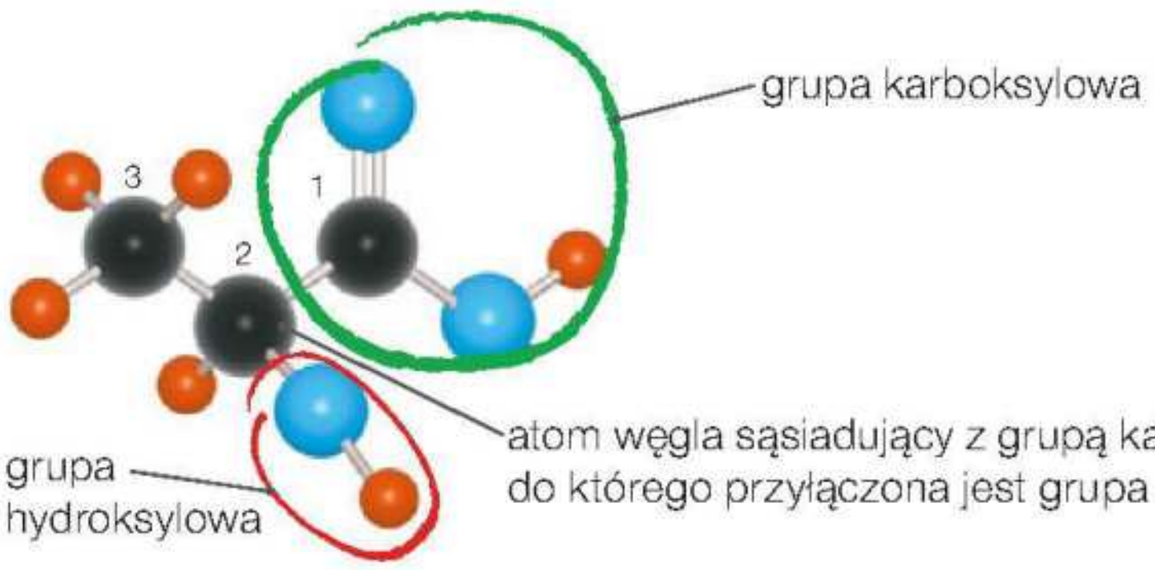
W cząsteczkach hydroksykwasów występują **grupa węglowodorowa** oraz **grupy funkcyjne – hydroksylowa i karboksylowa**.

Wzór ogólny hydroksykwasów ma postać:

$$(HO)_m\text{—R—}(COOH)_n$$

gdzie:
—R grupa węglowodorowa (alkilowa lub arylowa),
—OH grupa hydroksylowa, czyli grupa funkcyjna,
—COOH grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna,
m, n – liczby naturalne; $m, n \geq 1$.

Najprostszy hydroksykwas jest pochodną kwasu etanowego, w którego cząsteczce jeden atom wodoru grupy alkilowej został zastąpiony grupą hydroksylową. W przypadku dłuższego łańcucha węglowodorowego hydroksykwasy mogą tworzyć izomery położenia. Najczęściej w przyrodzie występują jednak hydroksykwasy, w których grupa —OH jest przyłączona do atomu węgla sąsiadującego z grupą —COOH, czyli **2-hydroksykwasy**, np. kwas mlekowy:



kwas 2-hydroksypropanowy (kwas mlekowy)

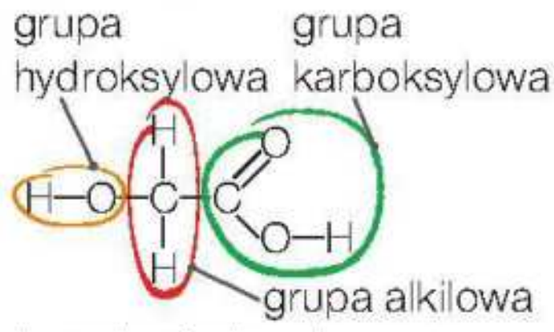
Modele atomów: wodoru węgla tlenu

2-hydroksykwasy są potocznie nazywane α-hydroksykwasami (fot. 140.). W przemyśle kosmetycznym α-hydroksykwasy [czyt. alfahydroksykwasy] oznacza się też skrótem AHA (ang. *Alpha Hydroxy Acid*).



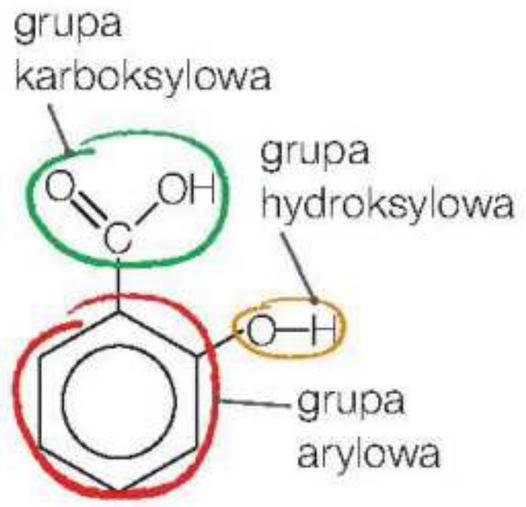
Fot. 140. Ze względu na swoje właściwości (m.in. złuszczają naskórek) α-hydroksykwasy są składnikami kremów i peelingów do ciała.

Alifatyczny hydroksykwas



kwas hydroksyetanowy (kwas glikolowy)

Aromatyczny hydroksykwas



kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy (kwas salicylowy)

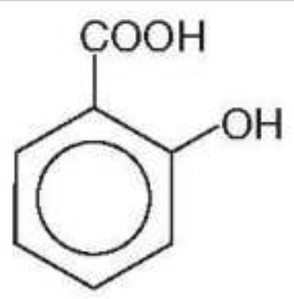
Grecka litera α określa położenie grypy hydroksylowej w łańcuchu głównym kwasu karboksylowego. W α-hydroksykwasach obie grupy funkcyjne (hydroksylowa i karboksylowa) znajdują się przy tym samym atomie węgla (α).

Jak się tworzy nazwy hydroksykwasów?

Nazwy systematyczne hydroksykwasów tworzy się przez dodanie do nazw systematycznych odpowiednich kwasów karboksylowych (patrz s. 166) przedrostka „**hydroksy**-" poprzedzonego **lokantem** atomu węgla, z którym połączona jest **grupa hydroksylowa** w łańcuchu węglowodorowym.

Najczęściej jednak używa się **nazw zwyczajowych** (tabela 34.).

Tabela 34. Nazwy i wzory wybranych hydroksykwasów

Nazwa		Wzór	
systematyczna	zwyczajowa	sumaryczny	półstrukturalny
kwas 2-hydroksy-propanowy	kwas mlekowy	$C_3H_6O_3$	$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$
kwas 2-hydroksy-butano-1,4-diowy	kwas jabłkowy	$C_4H_6O_5$	$HOOC-\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}-CH_2-COOH$
kwas 2,3-dihydroksy-butano-1,4-diowy	kwas winowy	$C_4H_6O_6$	$HOOC-\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$
kwas 2-hydroksy--1,2,3-propano-trikarboksylowy	kwas cytrynowy	$C_6H_8O_7$	$HOOC-CH_2-\overset{\displaystyle COOH}{\overset{\vert}{\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{C}}}}-CH_2-COOH$
kwas 2-hydroksy-benzenokarboksylowy	kwas salicylowy, kwas 2-hydroksybenzoesowy	$C_7H_6O_3$	

Chemia w akcji

W miejsce zaplamione herbatą należy wetrzeć sok z cytryny, a potem trzeba rozwiesić tkaninę na słońcu i znów przez dłuższy czas nasączać zaplamiony fragment sokiem (fot. 141.). Gdy plama zblednie, należy tkaninę dobrze wypłukać i wyprać, a jeśli plama będzie widoczna, zwilżyć tkaninę wodą utlenioną i wystawić na kilka godzin na działanie promieni słonecznych. Co jakiś czas trzeba zwilżać plamę wodą utlenioną, aby zabrudzona tkanina stale była mokra.



Fot. 141. Kwas cytrynowy (składnik soku z cytryny) powoduje żółknięcie esencji herbacianej, a promienie słoneczne i woda utleniona przekształcają barwniki herbaty w substancje bezbarwne, białe lub żółte.

W jaki sposób można otrzymać kwas mlekowy?

Kwas mlekowy można otrzymać **w wyniku fermentacji mlekowej**. Zachodzi ona **pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie** – pałeczki kwasu mlekowego.

Składnikiem mleka jest disacharyd (patrz *Chemia w akcji*, s. 294) **laktoza**, który ulega przemianom prowadzącym do powstania kwasu mlekowego. Proces ten zachodzi w dwóch etapach:

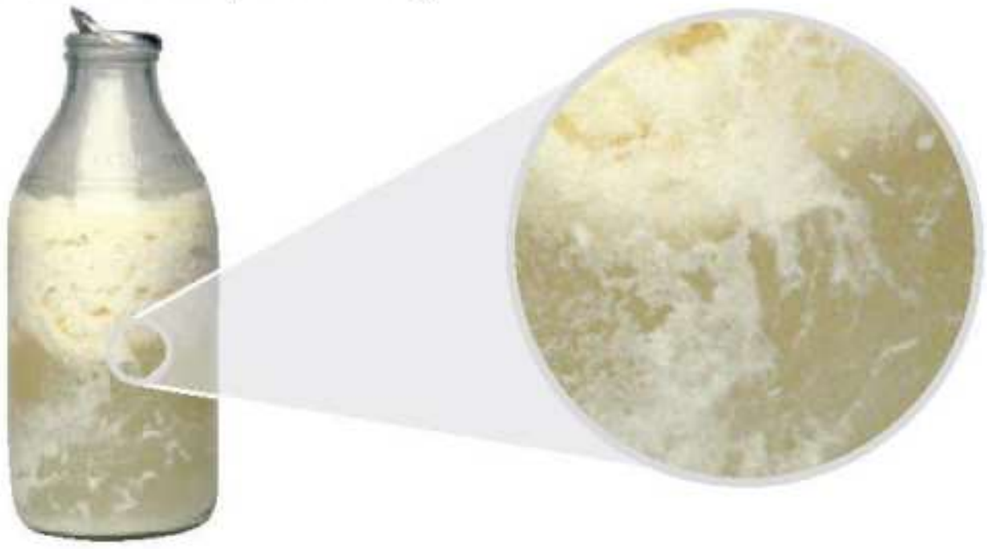
Etap I. Odpowiedni enzym przekształca laktozę w monosacharydy:

$$\underset{\text{laktoza}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \xrightarrow{\text{enzym}} \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{galaktoza}}{C_6H_{12}O_6}$$

Etap II. Glukoza ulega przetworzeniu przez bakterie mlekowe:

$$\underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{bakterie mlekowe}} \underset{\text{kwas mlekowy}}{2\ CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}COOH}$$

W etapie II zachodzi **fermentacja mlekowa**, w wyniku której słodki smak mleka zmienia się w kwaśny. Powstają związki chemiczne, których roztwory mają odczyn kwasowy. Z upływem czasu mleko się rozwarstwia (fot. 142.).



w kwaśnym mleku powstają dwie fazy: przezroczysta na dole i biała, galaretowata na górze

Fot. 142. Słodkie mleko jest mieszaniną jednorodną, a kwaśne – mieszaniną niejednorodną.

Dolna, klarowna część sfermentowanego mleka to **serwatka** – roztwór sacharydów (glukozy i niewielkich ilości laktozy), białek, soli mineralnych i niewielkiej ilości tłuszczu. Galaretowata warstwa nad serwatką to **twaróg**.

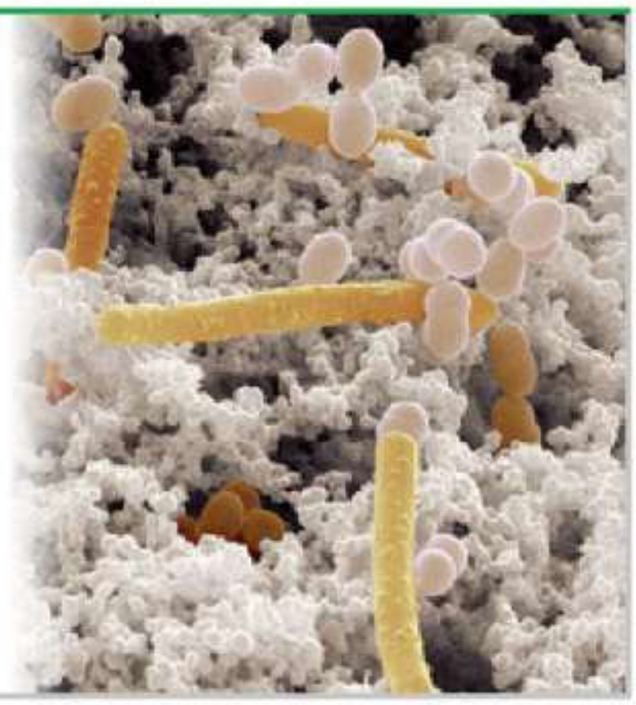
Proces fermentacji mlekowej zachodzi też podczas kiszenia kapusty i ogórków.

Model cząsteczki kwasu mlekowego

Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

Chemia w akcji

Jogurt otrzymuje się w wyniku kilkugodzinnej fermentacji mlekowej z użyciem bakterii (fot. 143.) w temperaturze 40–50°C. Bakterie te rozmnażają się, co powoduje gęstnienie mleka. Zmniejsza się także zawartość laktozy, ponieważ jest przekształcana w kwas mlekowy. **Jogurt mogą więc spożywać osoby cierpiące na nietolerancję laktozy**. Zawiera on duże ilości białek, wapnia i witamin z grupy B.

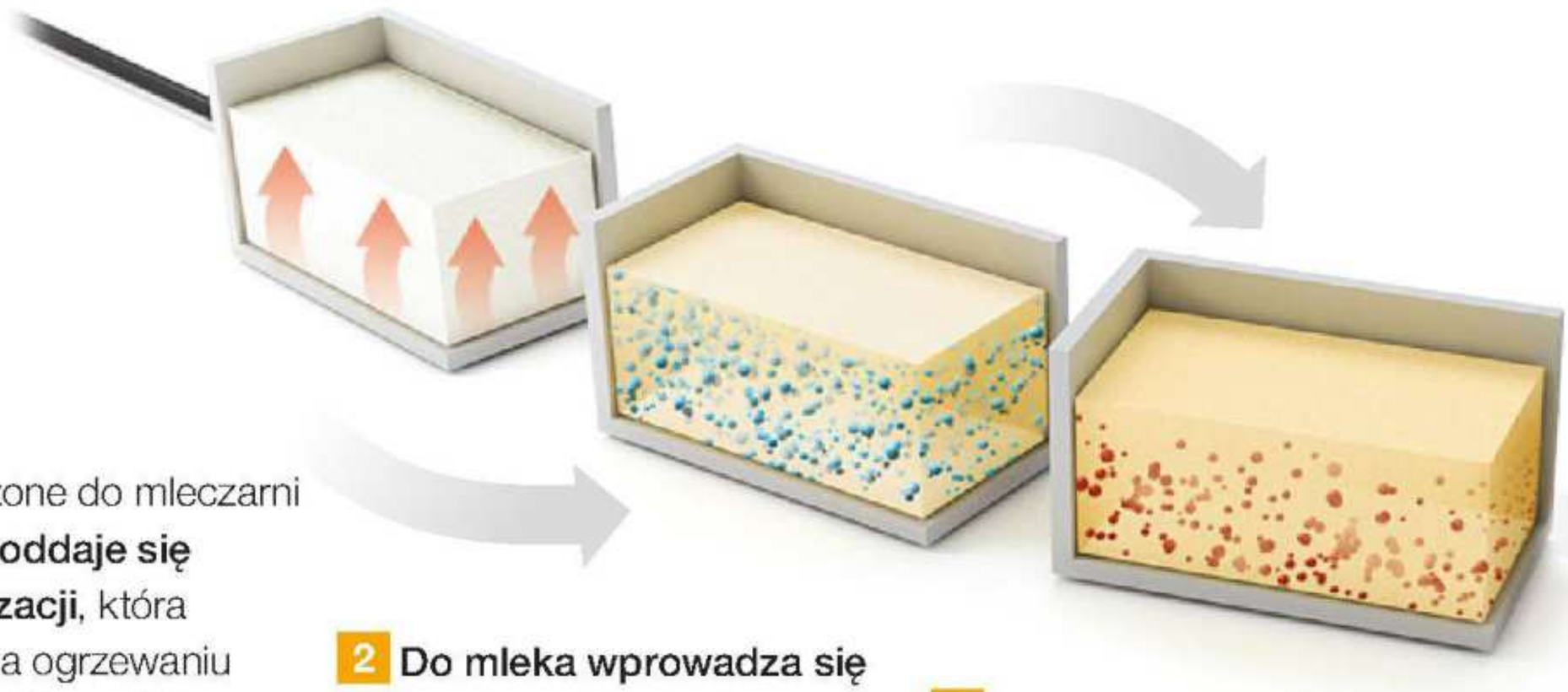


Fot. 143. Do produkcji jogurtu stosuje się bakterie *Lactobacillus bulgaricus* oraz *Lactococcus thermophilus*.

Krok po kroku

Fermentacja mlekowa

Fermentacja mlekowa to **proces przekształcania sacharydów**, np. laktozy, w kwas mlekowy (kwas 2-hydroksypropanowy) **pod wpływem enzymów** wytwarzanych przez bakterie – pałeczki kwasu mlekowego. Proces ten jest wykorzystywany m.in. w przemyśle mleczarskim do produkcji serów. Aby powstał ser o właściwym smaku, zapachu i kształcie, mleko musi przejść kilka etapów produkcji. Jest to proces długotrwały.



1 Dostarczone do mleczarni **mleko poddaje się pasteryzacji**, która polega na ogrzewaniu go przez kilkanaście sekund w temperaturze ok. 80°C, a następnie szybkim ochłodzeniu. **Ten proces ma na celu dezaktywację** wszystkich **mikroorganizmów**.

2 **Do mleka wprowadza się** specjalne **bakterie** (pałeczki kwasu mlekowego), **które powodują fermentację** mlekową. Powstaje kwas mlekowy, mleko gęstnieje i zyskuje kwaśny smak.

3 Po ogrzaniu mleka **dodaje się** do niego **podpuszczkę** – enzym trawienny ze śluzówki żołądka cielęcego. **Powoduje on częściowe ścinanie się mleka** – tworzy się skrzep. Jako podpuszczki stosuje się także sok figowy oraz podpuszczki syntetyczne.

W jaki sposób wykorzystuje się fermentację mlekową?

Fermentacja mlekowa znalazła zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu spożywczego, m.in. w przemyśle warzywnym, mleczarskim, piekarskim oraz mięsnym.



Kiszenie warzyw to sposób na przedłużenie ich trwałości i uzyskanie produktów o nowych walorach smakowych. Oprócz kapusty czy ogórków kisić można też np. rzodkiewki.

Proces fermentacji mlekowej zachodzi również podczas dojrzewania **surowych wędlin**, np. salami.



Krążki sera dojrzewają w specjalnych pomieszczeniach, w temperaturze 8–24°C i przy wilgotności powietrza (zawartości pary wodnej w powietrzu) 85–95%. **Jakość i smak** różnych gatunków sera **zależą od czasu dojrzewania, pochodzenia mleka, dodatkowych zabiegów** przeprowadzonych podczas dojrzewania oraz dodatków.



4 **Skrzep rozdrabnia się**, aby łatwiej **oddzielić od niego serwatkę**. Serwatkę przerabia się na karmę dla zwierząt.



5 Do masy serowej **dodaje się sól i usuwa resztki serwatki**, po czym nadaje się jej odpowiedni kształt.



Fermentacja mlekowa jest wykorzystywana do zakwaszania ciasta podczas wyrobu **pieczywa z mąki żytniej**.

W zależności od użytych dodatków (np. bakterii) z mleka otrzymuje się nie tylko różnego rodzaju sery, lecz także **jogurty i kefiry**.



Jakie właściwości mają hydroksykwasy?

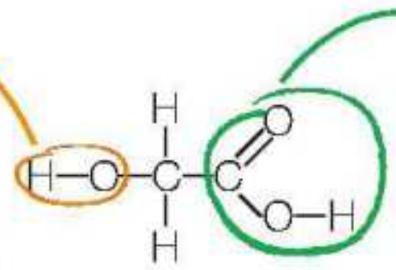
Polarne wiązanie O—H w cząsteczkach hydroksykwasów występuje zarówno w grupie karboksylowej, jak i w grupie hydroksylowej. Dzięki temu cząsteczki hydroksykwasów mogą tworzyć więcej wiązań wodorowych niż cząsteczki kwasów karboksylowych. Efektem tego jest **znacznie mniejsza lotność** oraz **wyższe temperatury topnienia i wrzenia hydroksykwasów** niż kwasów karboksylowych.

Cząsteczki hydroksykwasów mogą tworzyć wiązania wodorowe także z cząsteczkami wody, dzięki czemu **są dobrze rozpuszczalne w wodzie**. Wyjątkiem są hydroksykwasy mające w cząsteczkach pierścień aromatyczny, który utrudnia rozpuszczanie się w wodzie.

Obecność grup karboksylowej i hydroksylowej sprawia, że hydroksykwasy mają określone właściwości.

Skutki obecności w cząsteczce **grupy hydroksylowej**:

- hydroksykwasy są mocniejszymi kwasami niż odpowiednie kwasy karboksylowe,
- mogą tworzyć alkoholany (np. w reakcji z aktywnymi metalami) i estry (w reakcji z kwasami), a także ulegać dehydratacji.



Skutki obecności w cząsteczce **grupy karboksylowej**:

- mogą tworzyć sole (w reakcji z niektórymi metalami i wodorotlenkami), estry (w reakcji z alkoholami), amidy i inne pochodne kwasów karboksylowych.

Zastosowania

Hydroksykwasy

Najczęściej wykorzystywanymi w kosmetyce hydroksykwasami są kwasy AHA (α–hydroksykwasy), BHA (β–hydroksykwasy) oraz PHA (polihydroksykwasy).



Przemysł farmaceutyczny

Kwas salicylowy wykorzystywany jest do produkcji środka dezynfekcyjnego – **spirytusu salicylowego**.



Przemysł spożywczy

Kwas jabłkowy (E 296) i kwas mlekowy (E 270) stosowane są **do produkcji soków owocowych** jako substancje konserwujące.

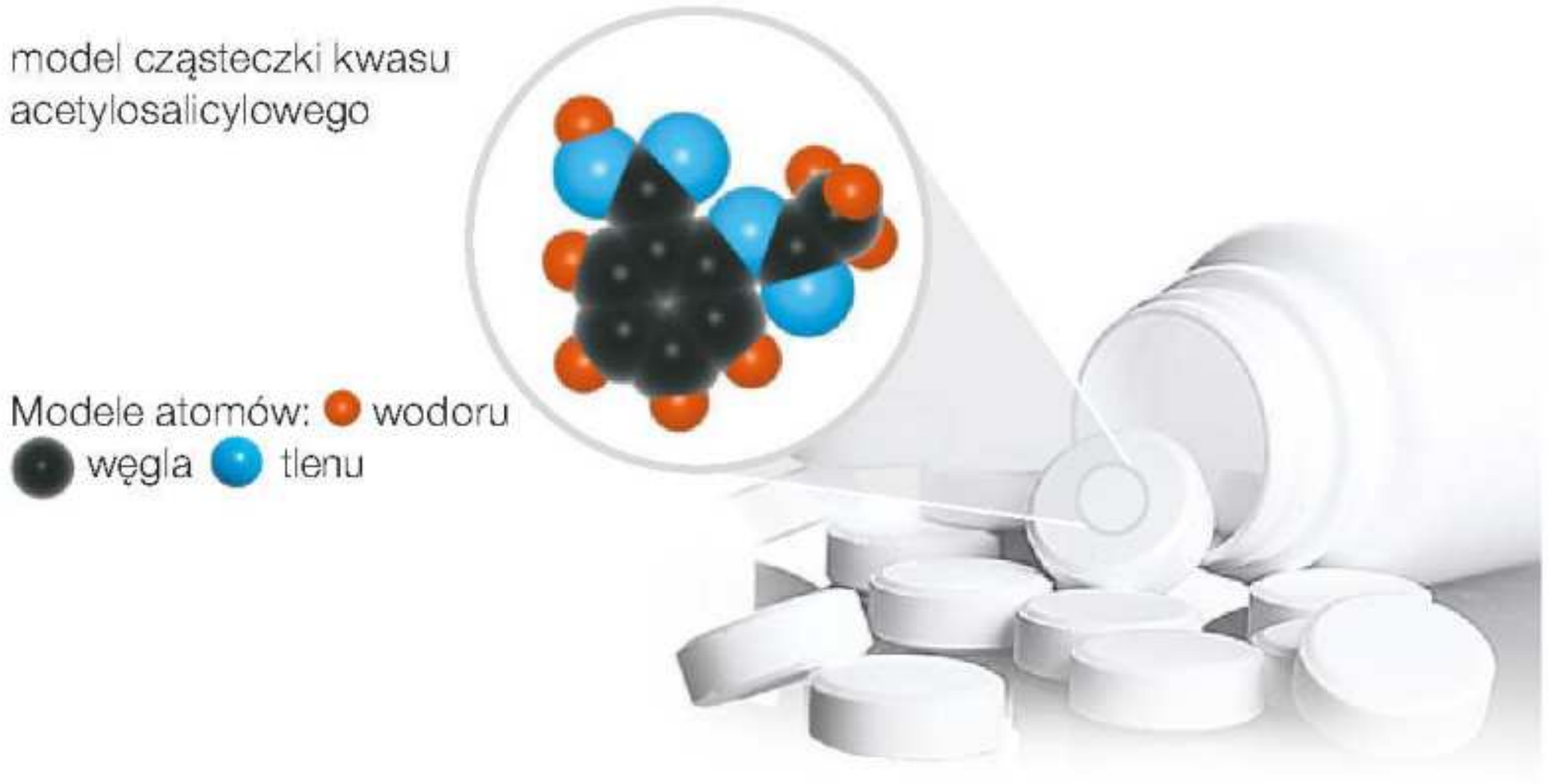


Przemysł kosmetyczny

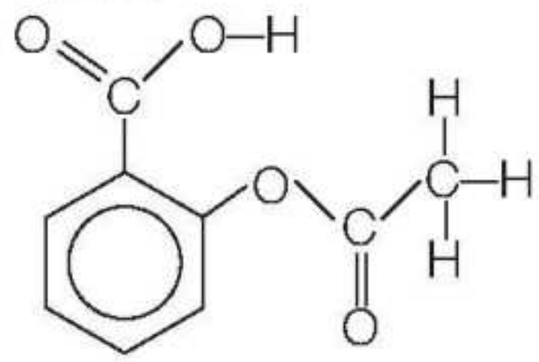
Kwasy mlekowy, cytrynowy, salicylowy ze względu na działanie nawilżające są **składnikami maseczek do twarzy**.

Które substancje mają działanie lecznicze?

Działanie lecznicze mają te pierwiastki lub związki chemiczne, które modyfikują czynności organizmu, aby zapobiec chorobie lub ją wyleczyć. Przykładem substancji leczniczej jest pochodna kwasu salicylowego – **kwas acetylosalicylowy** (fot. 144.). **Leki** są mieszaninami substancji leczniczej i substancji pomocniczych. Te ostatnie nadają smak, barwę i ułatwiają uzyskanie określonej formy leku.



wzór strukturalny aspiryny



Fot. 144. W aptece kwas acetylosalicylowy znajdziemy np. pod nazwami aspiryna i polopiryna.

Od czego zależy działanie lecznicze substancji?

Działanie lecznicze substancji zależy od jej **dawki** (fot. 145.). Na przykład tabletka aspiryny lub polopiryny stosowana jako lek przeciwgorączkowy i przeciwbólowy zawiera 300–500 mg kwasu acetylosalicylowego. Natomiast w profilaktyce przeciwzawałowej, jako lek zapobiegający zlepianiu się płytek krwi, stosuje się dawkę 30–150 mg tego kwasu. Zatem dawka dla człowieka o masie np. 70 kg w zależności od powodu przyjmowania leku może zawierać się w przedziale od 428 μg/kg do 7 mg/kg. Małe dawki kwasu acetylosalicylowego nie działają przeciwbólowo ani przeciwgorączkowo.

Czym jest dawka?

W XVI w. szwajcarski lekarz i ojciec nowożytnej medycyny **Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim** [czyt. filipus aureulus tiofastus bomastus fon unhaim], znany jako **Paracelsus** [czyt. paracelsus], stwierdził: „Wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną. Tylko dawka czyni, że dana substancja nie jest trucizną". Wynika z tego, że każdą substancją można się otruć, jeśli spożyje się zbyt dużą jej ilość, i żadna substancja nie wywoła zatrucia, jeśli do organizmu dostanie się jej mało. Zatem **o tym, czy dana substancja będzie lekiem czy trucizną, decyduje jej dawka** (tabela 35., s. 250).

dawki roztworów odmierza się w mililitrach (centymetrach sześciennych)



Fot. 145. Dawki określa się w jednostkach masy związku chemicznego na jednostkę masy ciała organizmu, tj. w $\frac{mg}{kg}$ lub $\frac{\mu g}{kg}$.

Tabela 35. Rodzaje dawek

Nazwa i symbol	Charakterystyka
dawka minimalna DM (łac. ***d**osis **m**inima*)	ilość substancji wywołująca pierwsze dostrzegalne zmiany w organizmie
dawka lecznicza DC (łac. ***d**osis therapeutica seu **c**urativa*)	ilość substancji powodująca działanie lecznicze (dawka leku)
dawka toksyczna DT (łac. ***d**osis **t**oxica*)	ilość substancji wywołująca wyraźne zatrucie organizmu
dawka śmiertelna średnia LD_{50}* (ang. *lethal **d**ose*)	ilość substancji powodująca śmierć 50% zwierząt doświadczalnych; jest ona słabą miarą toksyczności, ponieważ nie uwzględnia działania substancji przesuniętego w czasie i wymaga podania gatunku zwierząt (substancje mogą odmiennie działać na różne gatunki)

* Dawka śmiertelna średnia jest oznaczana także symbolem DL_{50} (łac. ***d**osis **l**etalis*).

W przypadku substancji wdychanych zamiast symbolu LD_{50} używa się symbolu LC_{50} (ang. *lethal **c**oncentration*) oznaczającego stężenie substancji (w powietrzu) powodujące śmierć połowy zwierząt doświadczalnych.

Odporność ludzkiego organizmu zależy od wagi, wieku i ogólnego stanu zdrowia. Porcja soli kuchennej, która u dorosłego człowieka co najwyżej wzmoże pragnienie, u niemowlęcia może tak poważnie zaburzyć równowagę płynów, że doprowadzi do śmierci. Jest więc jasne, że podanie dawki substancji tylko w gramach czy mililitrach nie wystarczy, gdyż ta sama substancja działa na każdy organizm inaczej. Jej skuteczność ma też związek z masą ciała organizmu. Istotny jest również stan zdrowia – kilkugramowa porcja cukru nie stanowi żadnego zagrożenia dla zdrowego człowieka, ale może być niebezpieczna dla osoby chorej na cukrzycę (diabetyka).

Plan rozwiązywania

1. Oblicz jednorazową dawkę.
2. Określ objętość zawiesiny zawierającej wyliczoną dawkę.
3. Oblicz, ile dawek znajduje się w zawiesinie.
4. Oblicz czas przyjmowania leku.

Przykład 19.

Jak obliczyć dawkę leku?

Na ulotce dołączonej do leku, który należy przygotować w postaci zawiesiny, podano zwykle stosowaną dobową dawkę – 25 mg na kilogram masy ciała. Lek należy podawać dwa razy dziennie (rano i wieczorem). Z proszku znajdującego się w opakowaniu uzyskuje się 70 ml zawiesiny, która w objętości 5 ml zawiera 400 mg leku. **Oblicz dawkę dla dziecka ważącego 40 kg oraz czas (liczbę dni), przez który dziecko musi przyjmować lek w pełnych dawkach, aby zużyć całą zawartość opakowania.**

1. 25 mg/kg masy ciała to dawka dobowa, a lek powinien być podawany dwa razy dziennie, czyli jednorazowa dawka powinna zawierać 12,5 mg/kg masy ciała.
   $12{,}5\ \text{mg/kg} \cdot 40\ \text{kg} = 500\ \text{mg}$ – jednorazowa dawka leku
2. 400 mg leku znajduje się w 5 ml zawiesiny
   500 mg leku znajduje się w x ml zawiesiny

   $x = 6{,}25$ ml – objętość zawiesiny zawierająca jednorazową dawkę leku, czyli 12,5 mg.

patrz s. 251

3 70 ml : 6,25 ml = 11,2

4 Opakowanie 70 ml pokrywa zapotrzebowanie na 11 dawek leku, czyli dziecko będzie przyjmować lek przez 5,5 dnia.

Jakie inne czynniki warunkują działanie substancji leczniczych?

O sposobie działania danej substancji na organizm człowieka oprócz dawki decydują też jej:

- **struktura chemiczna**, tj. rodzaj i liczba grup funkcyjnych oraz ich układ przestrzenny (izomeria),
- **stopień rozdrobnienia**,
- **rozpuszczalność w wodzie**,
- **droga przenikania do organizmu** (fot. 146.).

Wiele substancji leczniczych to związki organiczne, których skuteczność wchłaniania się do organizmu zależy od **odczynu środowiska**. Na przykład aspiryna ulega rozkładowi do właściwej substancji leczniczej w środowisku o odczynie kwasowym. Powinno ono występować dopiero w żołądku, tymczasem większość napojów, którymi popijamy leki, ma odczyn kwasowy i wytwarza takie środowisko już w jamie ustnej. Inne napoje, takie jak kawa czy herbata, zawierają związki chemiczne (kofeinę i teinę), które zakłócają działanie leków lub nadmiernie je potęgują. Skutki tego dla zdrowia mogą być bardzo niekorzystne, dlatego najlepiej popijać leki niegazowaną wodą.

Uzależnienie od leków, m.in.: uspokajających, nasennych, przeciwbólowych czy pobudzających, to **lekozależność**.

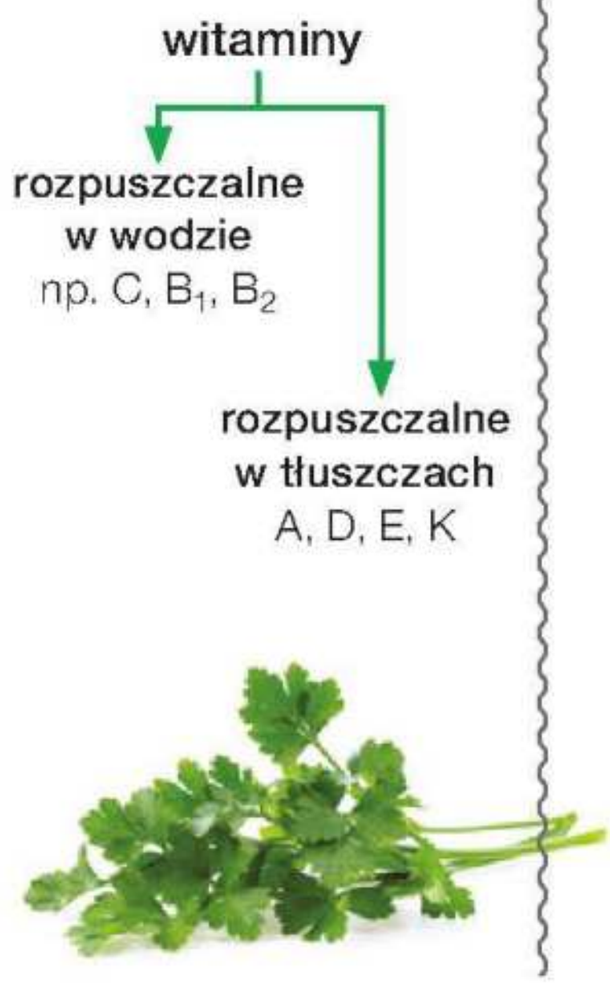


Fot. 146. Najszybciej działa na organizm substancja wprowadzona bezpośrednio przez układ krwionośny. Leki podane w formie zastrzyków dożylnych lub kroplówek od razu są rozprowadzane z krwią po całym organizmie.

Czy witaminy też są substancjami leczniczymi?

Witaminy **nie są lekami**, ale to związki organiczne niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Większość zwierząt i roślin (fot. 147.) wytwarza witaminy samodzielnie. Organizm człowieka nie jest do tego zdolny, więc trzeba mu je dostarczać wraz z pożywieniem. Wyjątek stanowi witamina D, którą produkują komórki skóry, głównie naskórka, pod wpływem promieni UV. Prekursorem nauki o witaminach był polski chemik **Kazimierz Funk**, który w 1912 r. wyodrębnił z otrąb ryżowych witaminę B_1.

Witamina C, czyli kwas askorbinowy, to związek chemiczny zaliczany to hydroksykwasów. Kwas askorbinowy może występować w postaci **izomerów** będących swoimi odbiciami lustrzanymi (izomery te oznacza się literami L i D). **Kwas L-askorbinowy** jest izomerem występującym w przyrodzie **i tylko jego można nazywać witaminą**. Kwas D-askorbinowy nie jest aktywny biologicznie.



Fot. 147. Witamina C to substancja powszechnie występująca w przyrodzie – jej źródłem są m.in. nać pietruszki, koperek, brukselka, owoce róży, czarnej porzeczki, papryki.

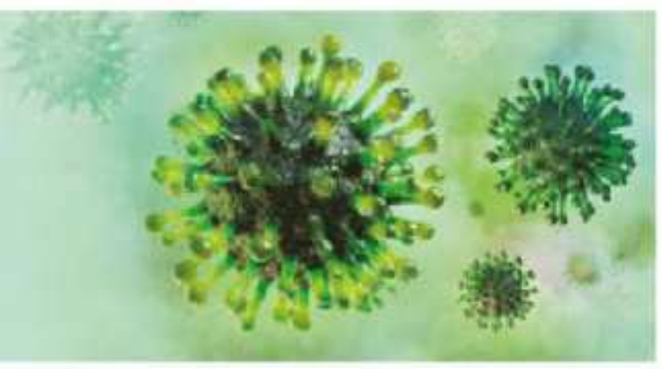


Fakty czy mity

Lewoskrętna witamina C leczy nowotwory – MIT

Witamina C jest prawoskrętna, a określenie „lewoskrętna witamina C" jest błędne. Lewoskrętny izomer kwasu askorbinowego nie jest witaminą C. O korzystnym wpływie witaminy C na zdrowie był przekonany już w połowie XX w. amerykański fizyk i chemik, dwukrotny noblista **Linus Pauling** [czyt. lajnes poling]. Mimo licznych badań naukowych **nie udało się jednak tego potwierdzić**. Według aktualnej wiedzy medycznej witaminą C można leczyć jedynie jej niedobory w organizmie, np. szkorbut (fot. 148.), czyli chorobę objawiającą się m.in. krwawieniem dziąseł.

Fot. 148. Objawy szkorbutu występują zwykle po 70 dniach diety pozbawionej witaminy C. Aby nie zachorować na szkorbut, należy jeść świeże warzywa i owoce.



Rys. 15. W przypadku infekcji wirusowych pacjent przyjmuje leki przeciwwirusowe.

Dlaczego rozwój chemii jest konieczny?

Antybiotyki zwalczają bakterie i grzyby. Mechanizm działania tych lekarstw powoduje, że szkodliwe mikroorganizmy (patogeny) mogą się na nie uodparniać, dlatego ciągle trwają prace nad nowymi antybiotykami, na które patogeny nie są jeszcze odporne. Oprócz chorób leczonych antybiotykami istnieją też choroby wirusowe (rys. 15.) oraz nowotworowe, na które wciąż nie ma skutecznego lekarstwa. Celem chemika zajmującego się badaniem i opracowywaniem substancji leczniczych jest **tworzenie lekarstw na nieuleczalne dotąd choroby**, a także leków **pozbawionych skutków ubocznych** i takich, które będą skuteczniejsze niż obecnie znane.

Zapamiętaj!

Hydroksykwasy – pochodne kwasów karboksylowych, które w cząsteczkach oprócz grupy —COOH mają dodatkowo grupę —OH.

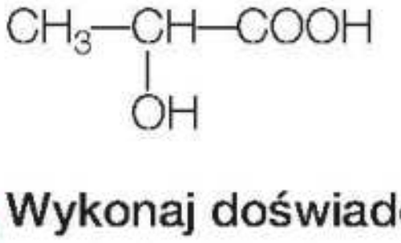
Fermentacja mlekowa – proces zachodzący pod wpływem bakterii kwasu mlekowego, polegający na przemianie monosacharydów w kwas mlekowy.

Dawka – ilość substancji wprowadzonej do organizmu, od której zależy działanie lecznicze lub toksyczne.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Oblicz zawartość procentową (procent masowy) oraz stosunek masowy pierwiastków chemicznych w kwasie mlekowym o podanym wzorze.**



2. **Wykonaj doświadczenie *Badanie właściwości kwasu acetylosalicylowego*. Napisz obserwacje i sformułuj wniosek.**
Instrukcja: Na szalce Petriego rozkrusz łyżeczką tabletki aspiryny lub polopiryny. Proszek wsyp do probówki, a następnie wlej do ok. połowy jej pojemności wodę destylowaną. Wymieszaj zawartość probówki. W zawiesinie znajdującej się w probówce zanurz uniwersalny papierek wskaźnikowy i porównaj jego barwę ze skalą pH umieszczoną na opakowaniu.

20. Aminokwasy

Te związki organiczne występują powszechnie w organizmach zwierzęcych i roślinnych. W przyrodzie naliczono ich ok. 500. W czosnku (fot. 149.) znajduje się bezwonny aminokwas o nazwie alliina.



Fot. 149. Po uszkodzeniu czosnku, np. w wyniku jego rozdrabniania, alliina przekształca się w allicynę – substancję o charakterystycznym zapachu i właściwościach bakteriobójczych.

Co to są aminokwasy?

Aminokwasy to **pochodne kwasów karboksylowych**, w których cząsteczkach oprócz grupy karboksylowej —COOH jest też grupa aminowa —NH_2. Cząsteczki aminokwasów mają dwie różne grupy funkcyjne, należą więc do **wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów**.

Jak są zbudowane aminokwasy?

Aminokwasy, jak sama nazwa wskazuje, to związki chemiczne, w których cząsteczkach występują **grupy funkcyjne**: **aminowa** (—NH_2) **i karboksylowa** (—COOH). Zawierają również grupę węglowodorową.

Wzór ogólny aminokwasów ma postać:

$$R{-}CH(NH_2){-}COOH$$

gdzie:
—R atom wodoru lub podstawnik,
—NH_2 grupa aminowa, czyli grupa funkcyjna,
—COOH grupa karboksylowa, czyli grupa funkcyjna.

Najprostszy aminokwas jest pochodną kwasu etanowego, w którego cząsteczce jeden z atomów wodoru w grupie metylowej —CH_3 został zastąpiony grupą aminową —NH_2:

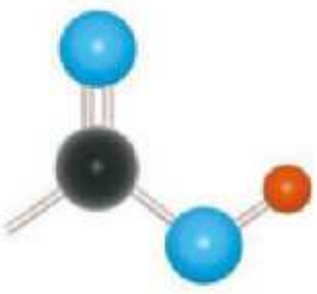


W cząsteczkach aminokwasów oprócz grupy karboksylowej i grupy aminowej **mogą występować też inne grupy funkcyjne**, np. grupa hydroksylowa czy grupy zawierające siarkę (patrz tabela 36., s. 254). Niektóre aminokwasy mają więcej niż jedną grupę karboksylową (np. kwas glutaminowy) lub więcej niż jedną grupę aminową (np. lizyna).

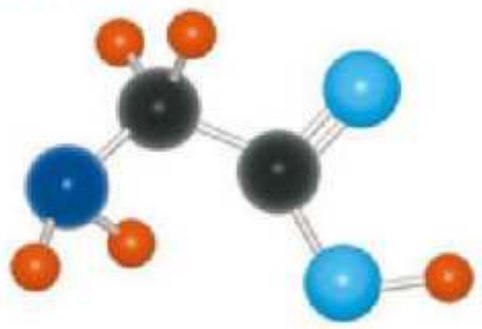
Model grupy aminowej



Model grupy karboksylowej



Model cząsteczki glicyny



Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu

Przykłady **aminokwasów endogennych**:
- alanina
- seryna
- kwas glutaminowy
- kwas asparaginowy

Przykłady **aminokwasów egzogennych**:
- fenyloalanina
- metionina
- leucyna
- tryptofan

Jak się tworzy nazwy aminokwasów?

Nazwy systematyczne aminokwasów tworzy się przez dodanie do nazw systematycznych odpowiednich kwasów karboksylowych (patrz s. 166) przedrostka „**amino**-", np.:

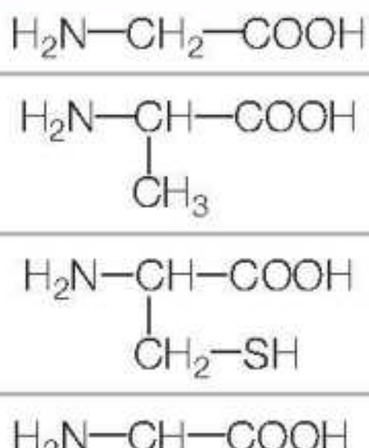
$H_2N—CH_2—COOH$

kwas **amino**etanowy

Aminokwasy, które występują w białkach, to tzw. **aminokwasy białkowe**. Jest 20 takich związków chemicznych, ale tylko 11 z nich może powstawać w organizmie człowieka – są to aminokwasy **endogenne**. Pozostałe, czyli **egzogenne**, powinny być dostarczane organizmowi wraz z pokarmem. W aminokwasach białkowych **dwie grupy funkcyjne** (aminowa i karboksylowa) **są przyłączone do tego samego atomu węgla**. Jest to drugi atom węgla w łańcuchu węglowym (licząc zawsze od atomu węgla w grupie karboksylowej), stąd lokant **2** przed nazwą grupy aminowej. Te związki chemiczne są nazywane **2-aminokwasami** lub też ***α*-aminokwasami** [czyt. alfaaminokwasami].

Każdy z aminokwasów białkowych ma swoją **nazwę zwyczajową** oraz **międzynarodowy symbol** (trzyliterowy lub jednoliterowy skrót od nazwy zwyczajowej, tabela 36.). Na przykład kwas 2-aminoetanowy to inaczej **glicyna**, czyli **Gly** lub po prostu **G**.

Tabela 36. Wzory, nazwy zwyczajowe i symbole wybranych aminokwasów białkowych

Wzór półstrukturalny	Nazwa zwyczajowa	Symbole
$H_2N—CH_2—COOH$	glicyna	Gly, G
$H_2N—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}—COOH$	alanina	Ala, A
$H_2N—\underset{\displaystyle CH_2—SH}{\underset{\vert}{CH}}—COOH$	cysteina	Cys, C
$H_2N—\underset{\displaystyle CH_2—COOH}{\underset{\vert}{\overset{\displaystyle CH_2}{\overset{\vert}{CH}}}}—COOH$	kwas glutaminowy	Glu, E
$H_2N—\underset{\displaystyle (CH_2)_4—NH_2}{\underset{\vert}{CH}}—COOH$	lizyna	Lys, K
	tyrozyna	Tyr, Y

Jakie właściwości mają aminokwasy i jakim reakcjom ulegają?

W temperaturze pokojowej **aminokwasy są bezbarwnymi i bezwonnymi substancjami stałymi**. Wiele z nich ma słodki smak. Te, które mają krótkie łańcuchy węglowodorowe, oraz te, które zawierają polarne dodatkowe grupy funkcyjne (np. hydroksylową —OH), dobrze rozpuszczają się w wodzie. Aminokwasy o dłuższych łańcuchach węglowodorowych oraz te, które zawierają niepolarne dodatkowe grupy funkcyjne (np. fenylową $-C_6H_5$), słabiej rozpuszczają się w wodzie. Aminokwasy mogą tworzyć wiele międzycząsteczkowych wiązań wodorowych, co zmniejsza ich lotność.

Doświadczenie 43. $HCl_{(aq)}$, NaOH $HCl_{(aq)}$

Badanie właściwości kwasu aminoetanowego (glicyny)

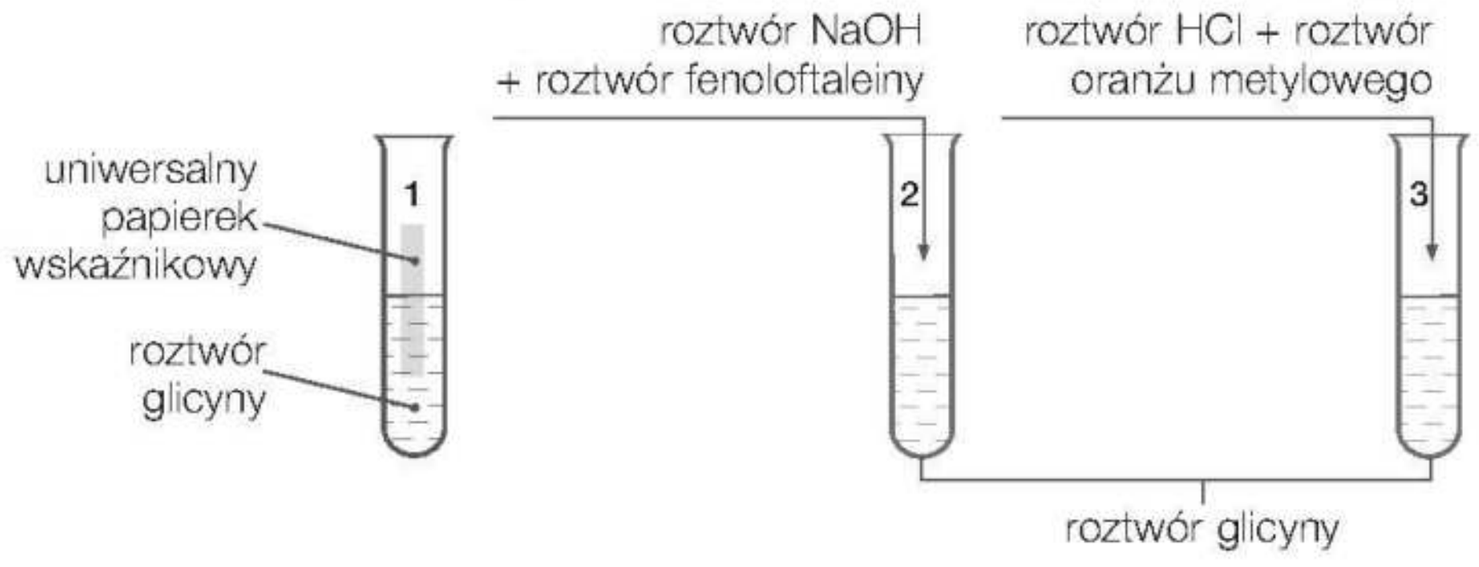
Odczynniki: kwas aminoetanowy (glicyna), rozcieńczony kwas chlorowodorowy, rozcieńczony roztwór wodorotlenku sodu, roztwór fenoloftaleiny, roztwór oranżu metylowego, woda destylowana.

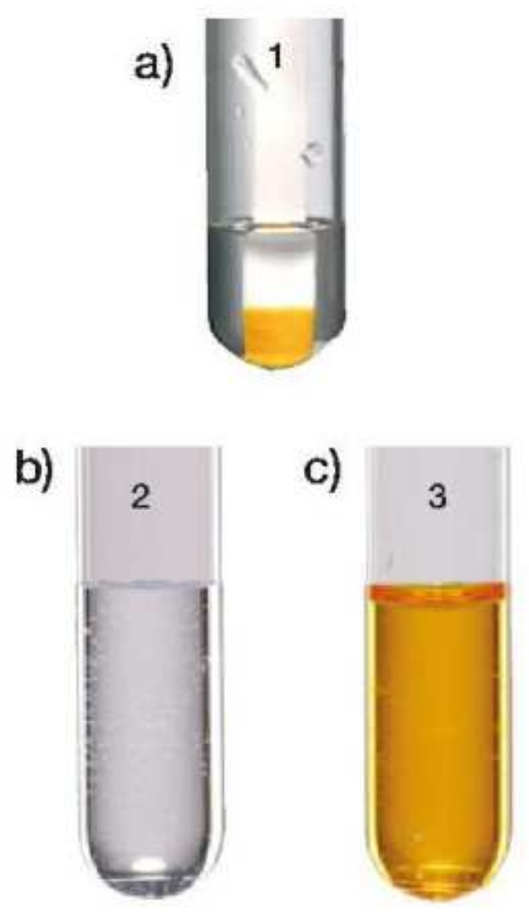
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, pipety, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: a) Zbadaj stan skupienia, barwę, zapach, rozpuszczalność w wodzie glicyny oraz odczyn jej wodnego roztworu za pomocą uniwersalnego papierka wskaźnikowego.

b) Do probówki zawierającej ok. 1 g glicyny dodaj 5 cm^3 wody destylowanej. Otrzymany roztwór podziel na dwie równe części. Do probówki 2. zawierającej ok. 2,5 cm^3 roztworu dodawaj kroplami roztwór wodorotlenku sodu z dodatkiem roztworu fenoloftaleiny.

c) Do probówki 3. z roztworem glicyny dodaj ok. 0,5 cm^3 rozcieńczonego kwasu chlorowodorowego z dodatkiem roztworu oranżu metylowego.



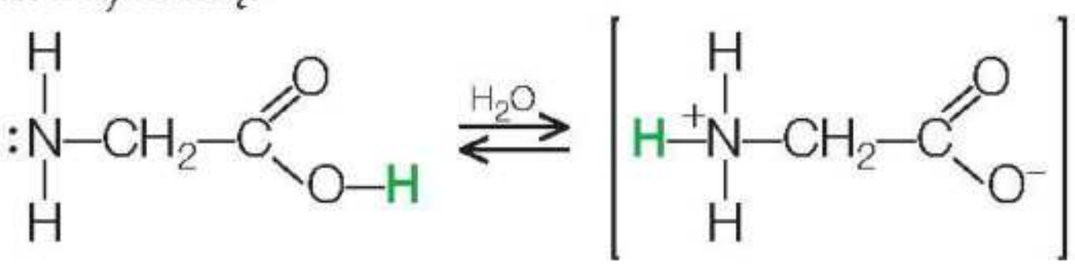


Fot. 150. Badanie odczynu wodnego roztworu glicyny (a), reakcja glicyny: z roztworem NaOH i fenoloftaleiny (b), z roztworem HCl i oranżu metylowego (c).

Obserwacje: Glicyna jest **bezbarwną i bezwonną substancją krystaliczną**. Dobrze rozpuszcza się w wodzie. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w roztworze glicyny nie zmienia swojej barwy (fot. 150.a). **Roztwór wodorotlenku sodu z dodatkiem roztworu fenoloftaleiny**, wkraplany do roztworu glicyny, **odbarwia się** (fot. 150.b). **Kwas chlorowodorowy z dodatkiem roztworu oranżu metylowego** zmienia barwę z czerwonej na żółtą (fot. 150.c).

Wniosek: Wodny roztwór glicyny ma **odczyn obojętny**. Jest to wynikiem wzajemnego zobojętniania grup karboksylowej (kwasowej) i aminowej (zasadowej), wchodzących w skład cząsteczek aminokwasu. **Glicyna reaguje z zasadą**. Zachodzi **reakcja z udziałem grupy karboksylowej** glicyny, w wyniku której powstaje sól. **Glicyna reaguje z kwasem**. Zachodzi **reakcja z udziałem grupy aminowej** glicyny prowadząca do otrzymania soli amoniowej.

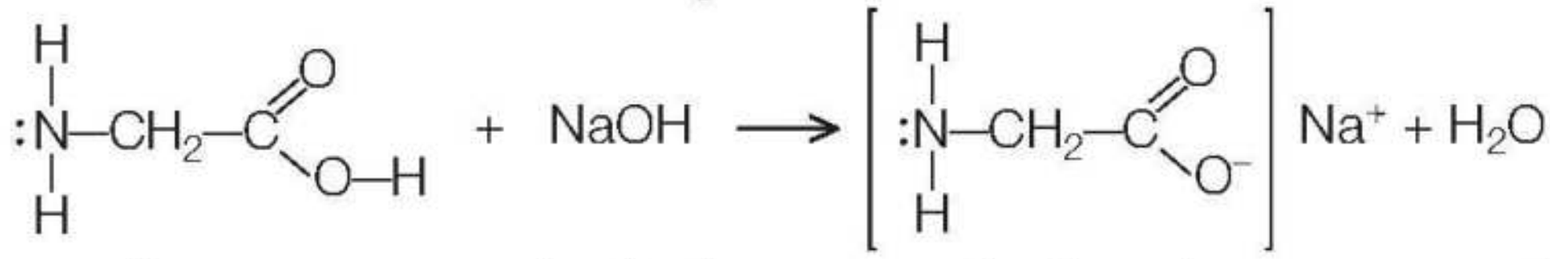
Na skutek przeniesienia kationu wodoru H^+ z grupy $-COOH$ do grupy $-NH_2$ powstaje tzw. **jon obojnaczy**. Zawiera on zarówno część dodatnią, jak i ujemną:



glicyna — jon obojnaczy glicyny

Reakcję z udziałem grupy karboksylowej glicyny, zachodzącą w doświadczeniu 43. na s. 255, przedstawia równanie:

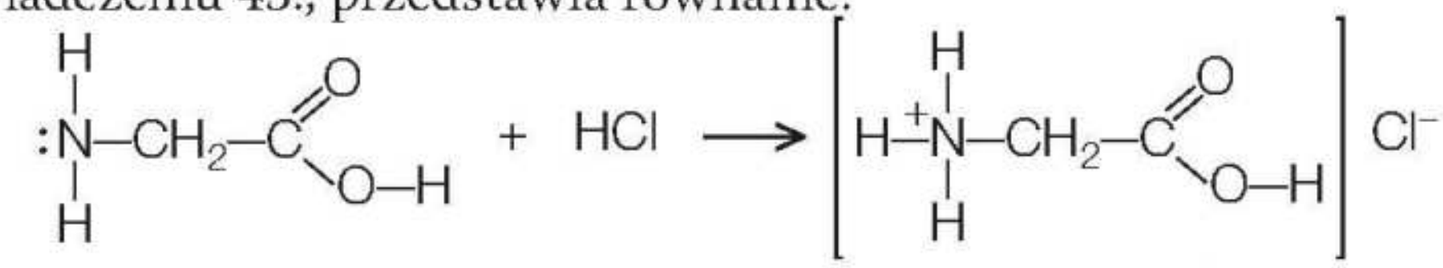
Probówka 2.



glicyna — wodorotlenek sodu — glicynian sodu — woda

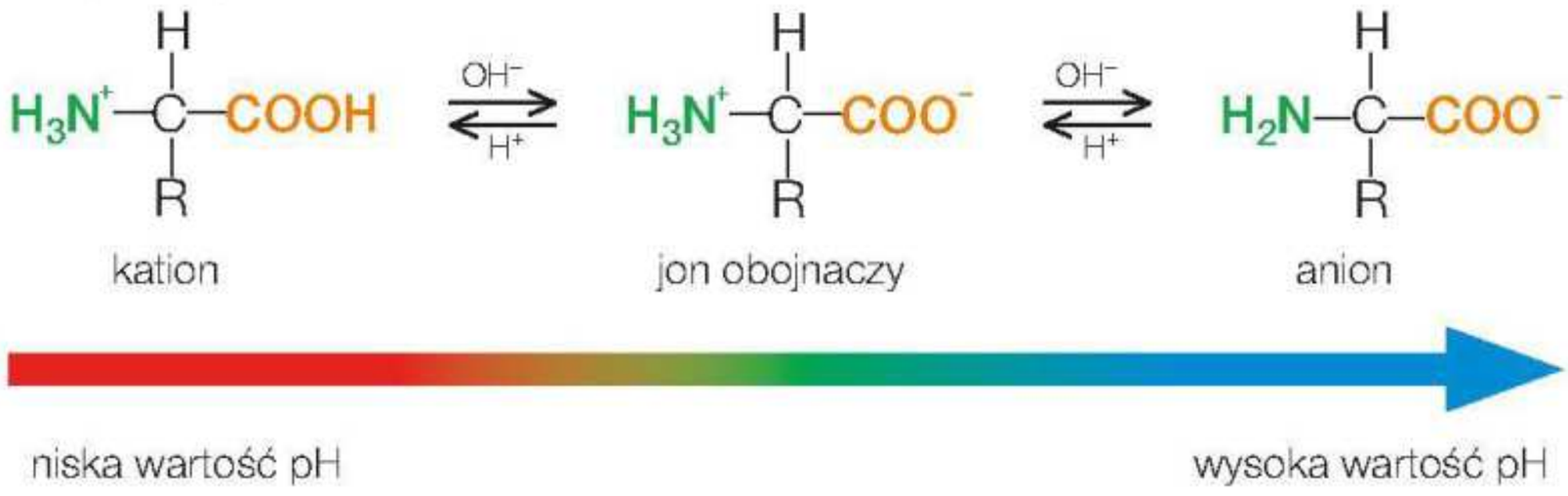
Reakcję z udziałem grupy aminowej glicyny, zachodzącą w doświadczeniu 43., przedstawia równanie:

Probówka 3.



glicyna — kwas chlorowodorowy — chlorowodorek glicyny

Ze względu na występowanie w cząsteczce zarówno kwasowej grupy funkcyjnej, jak i zasadowej grupy funkcyjnej **aminokwasy są związkami amfoterycznymi**. Oznacza to, że **mogą reagować i z kwasami, i zasadami**. Ponadto obecność tych dwóch grup funkcyjnych umożliwia wymianę między nimi kationu wodoru $H^+_{(aq)}$. Wraz ze wzrostem pH roztworu następuje przejście z kationu przez jon obojnaczy do anionu:



kation — jon obojnaczy — anion

niska wartość pH — wysoka wartość pH

Substancja, która może reagować zarówno z kwasem, jak i zasadą, to **substancja amfoteryczna**.

Wartość pH, przy której występuje maksymalne stężenie jonu obojnaczego aminokwasu, jest nazywana **punktem izoelektrycznym i oznaczana skrótem pI**. Wartość pI zależy od budowy cząsteczki danego aminokwasu i jest dla niego charakterystyczna.

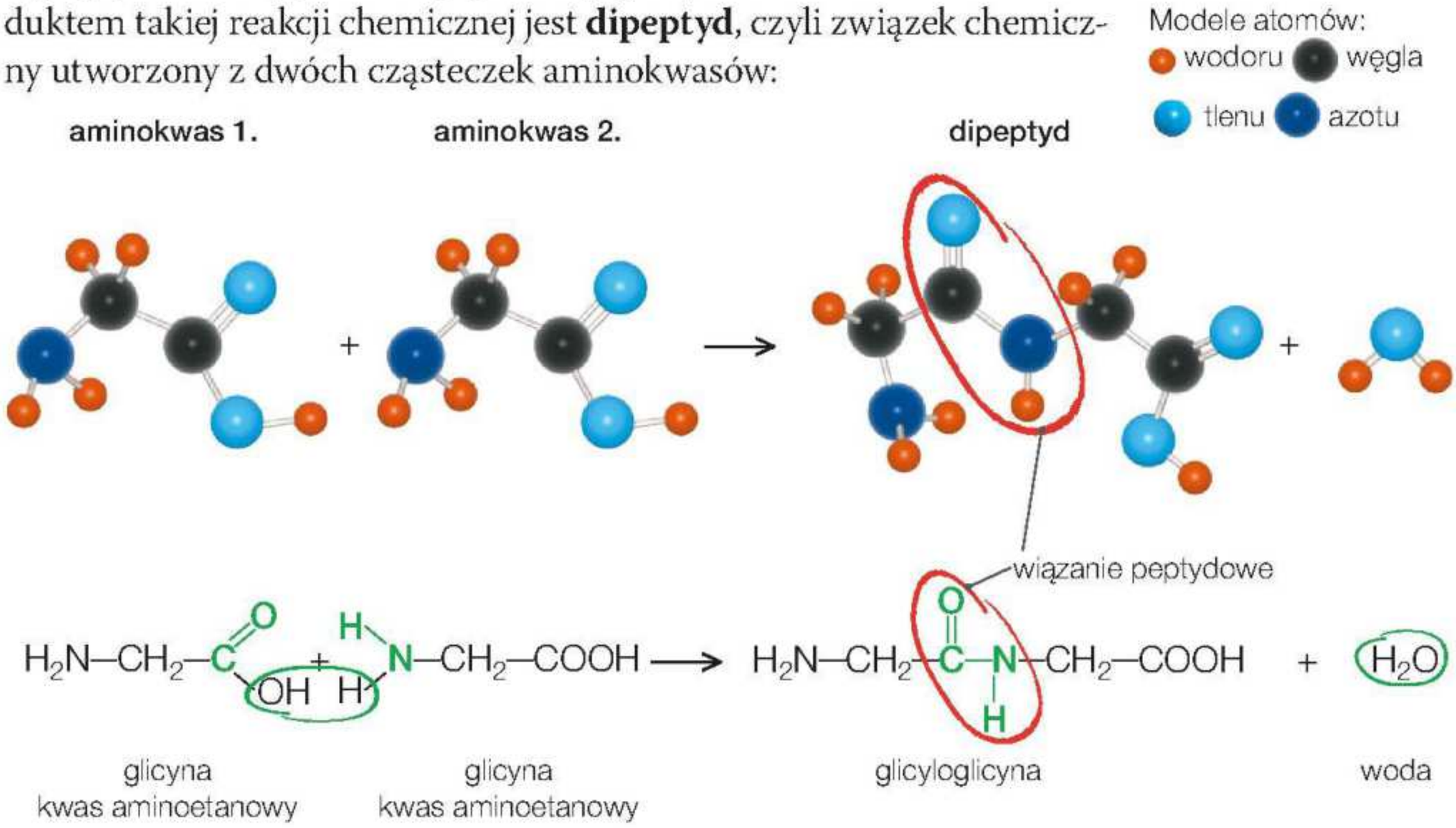
Dla aminokwasów z jedną grupą $-NH_2$ i jedną $-COOH$, należących do aminokwasów obojętnych, pI wynosi ok. 5–6. Jeżeli w cząsteczce aminokwasu liczba grup aminowych jest większa niż liczba grup karboksylowych (aminokwasy zasadowe), to wartość pI przesuwa się w stronę wartości 9–10. Jeśli jednak w cząsteczce aminokwasu jest więcej grup karboksylowych niż grup aminowych (aminokwasy kwasowe), to pI przyjmuje wartości 2–3. Wartość pI może zatem służyć do identyfikowania tych związków chemicznych.

Rozpuszczalność danego aminokwasu w wodzie jest najmniejsza, gdy wartość pH środowiska jest równa pI tego aminokwasu.

Co powstanie w wyniku połączenia dwóch aminokwasów?

Cząsteczki aminokwasów łączą się ze sobą w specyficzny sposób – grupa karboksylowa pochodząca z jednej cząsteczki aminokwasu reaguje z grupą aminową pochodzącą z drugiej cząsteczki aminokwasu. Produktem takiej reakcji chemicznej jest **dipeptyd**, czyli związek chemiczny utworzony z dwóch cząsteczek aminokwasów:

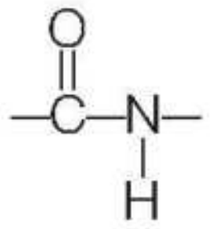
Modele atomów:
wodoru, węgla, tlenu, azotu



Analogicznie może się łączyć kilka cząsteczek aminokwasów i mogą powstawać tri-, tetra-, penta- lub polipeptydy. Wiązanie powstające między cząsteczkami aminokwasów to **wiązanie peptydowe**.

W trakcie takiej reakcji chemicznej od cząsteczek aminokwasów odłącza się cząsteczka **wody**.

Wiązanie amidowe (peptydowe)

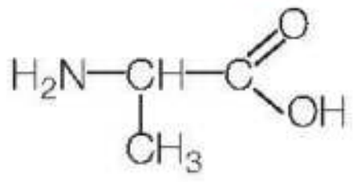


Reakcja chemiczna, w której oprócz głównego produktu o dużej masie cząsteczkowej powstaje jeszcze produkt o małej masie cząsteczkowej (np. H_2O, NH_3, HCl), nazywa się **reakcją kondensacji**. Peptydy otrzymuje się w reakcji kondensacji aminokwasów.

Jak się tworzy nazwy peptydów?

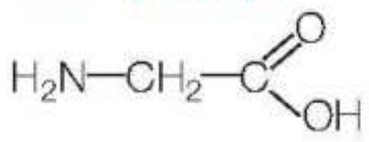
Nazwy peptydów tworzy się z nazw zwyczajowych aminokwasów, z których powstały. **Jako pierwszą podaje się zawsze nazwę aminokwasu N-końcowego** (czyli tego, który ma wolną **grupę aminową**) z końcówką „**-ylo**", a następnie – kolejno nazwy reszt aminokwasów tworzących łańcuch peptydowy. Nazwę ostatniego aminokwasu, tzw. aminokwasu **C-końcowego** (czyli tego, który ma wolną **grupę karboksylową**), pozostawia się w formie mianownika.

Wzór alaniny



Ala

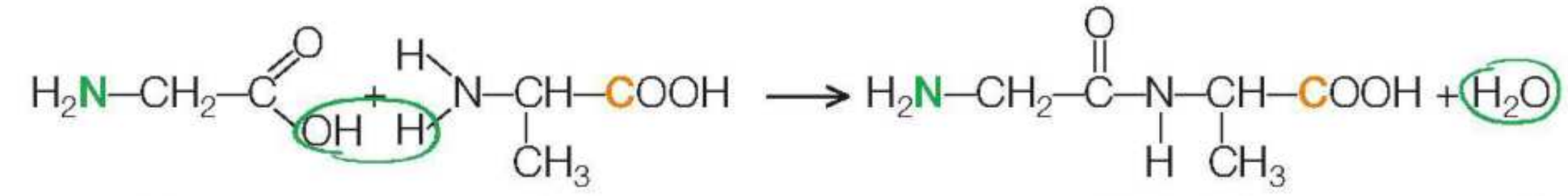
Wzór glicyny



Gly

Peptydy mogą powstawać z cząsteczek tego samego aminokwasu, np. glicyny. Nazwa dipeptydu otrzymanego **z dwóch cząsteczek glicyny** to **glicyloglicyna** (skrótowo **Gly-Gly** lub **GG**).

Peptydy można też uzyskać z cząsteczek różnych aminokwasów, np. **glicyny i alaniny**. **Kolejność** uszeregowania aminokwasów w łańcuchu **jest istotna**. Z dwóch różnych aminokwasów można otrzymać odmienne produkty. Kolejność, w jakiej reszty aminokwasowe są ułożone w peptydzie, jest nazywana **sekwencją**:

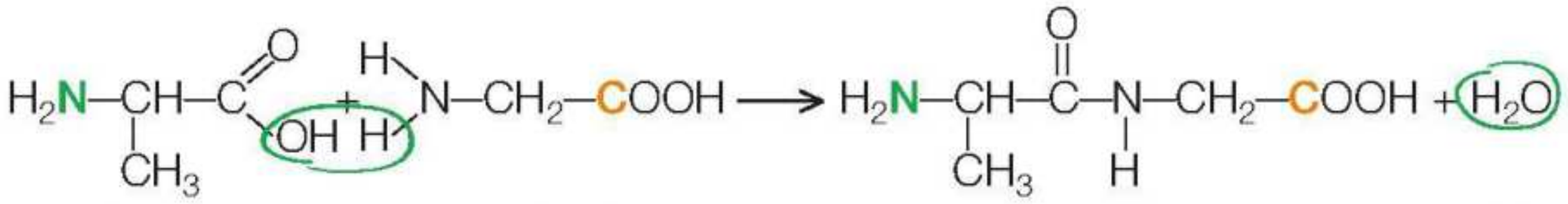


glicyna
Gly
aminokwas **N**-końcowy

alanina
Ala
aminokwas **C**-końcowy

glicyloalanina
Gly-Ala
dipeptyd

woda



alanina
Ala
aminokwas **N**-końcowy

glicyna
Gly
aminokwas **C**-końcowy

alanyloglicyna
Ala-Gly
dipeptyd

woda

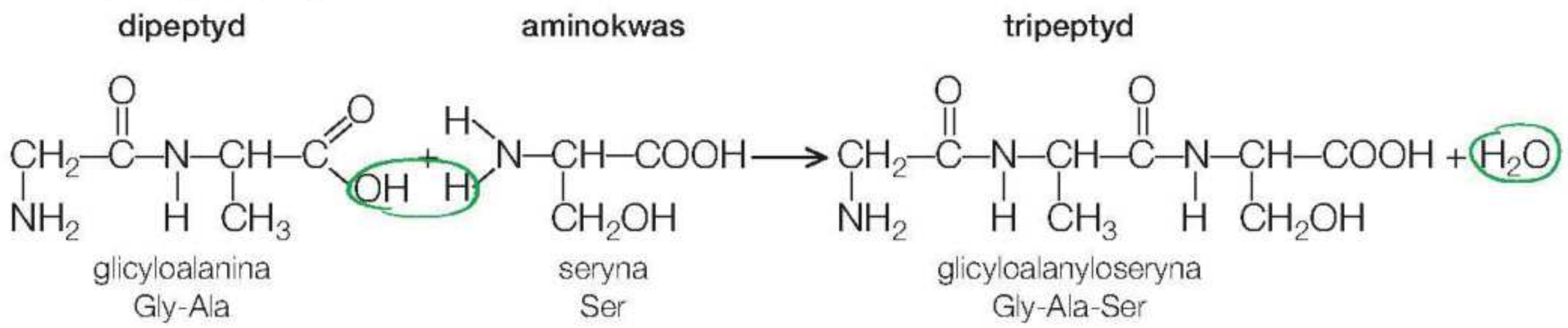
W tym przypadku **możliwe są cztery produkty dipeptydowe**, ponieważ cząsteczki glicyny mogą też reagować z innymi cząsteczkami glicyny, a cząsteczki alaniny – z innymi cząsteczkami alaniny:

$$Gly + Gly \longrightarrow Gly\text{-}Gly + H_2O$$

$$Ala + Ala \longrightarrow Ala\text{-}Ala + H_2O$$

Przebieg reakcji kontroluje się, **modyfikując pH środowiska**. Wpływa ono na to, jaka postać aminokwasu występuje w roztworze w największej ilości.

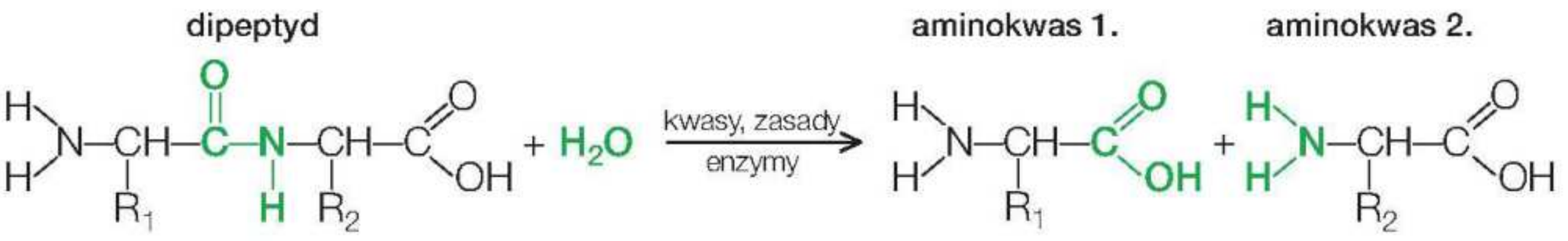
Oczywiście wspomniane reakcje chemiczne nie muszą się kończyć na etapie dipeptydu – można prowadzić je w taki sposób, by otrzymać np. tripeptydy:



Jakim reakcjom chemicznym ulegają peptydy?

Peptydy ulegają m.in. **reakcji hydrolizy**. Polega ona na reakcji peptydu z wodą, w wyniku której **wiązania peptydowe ulegają rozerwaniu**. **Produktami** reakcji hydrolizy peptydów **są aminokwasy**.

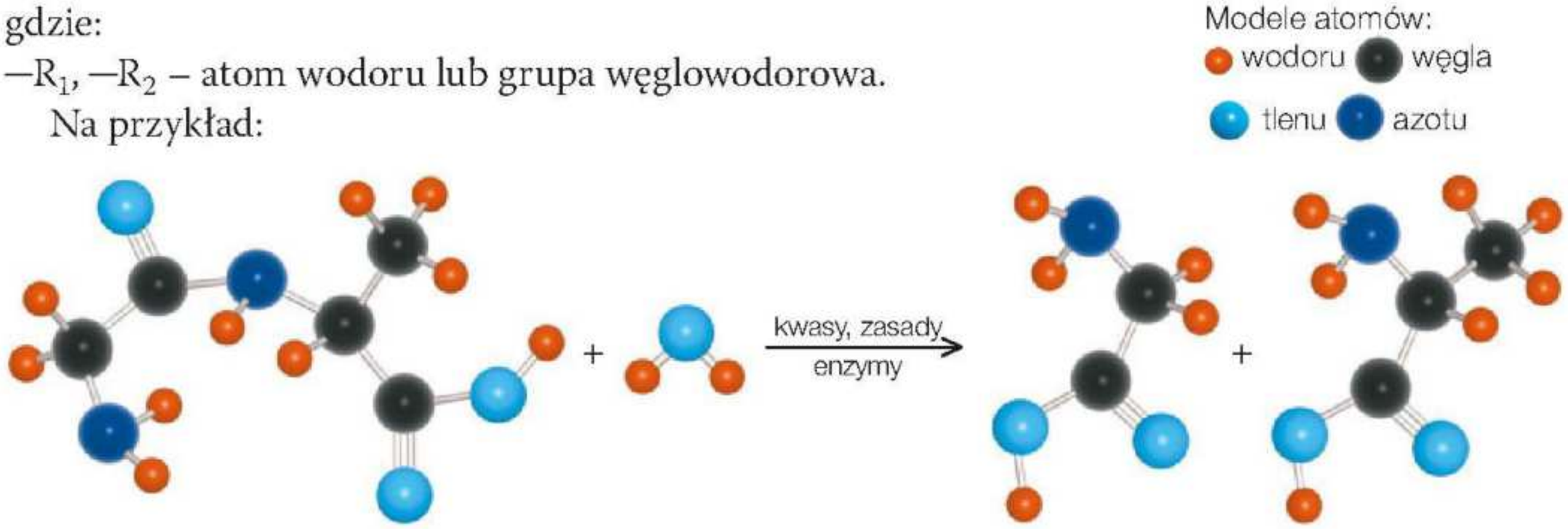
Ogólny zapis hydrolizy dipeptydu ma postać:

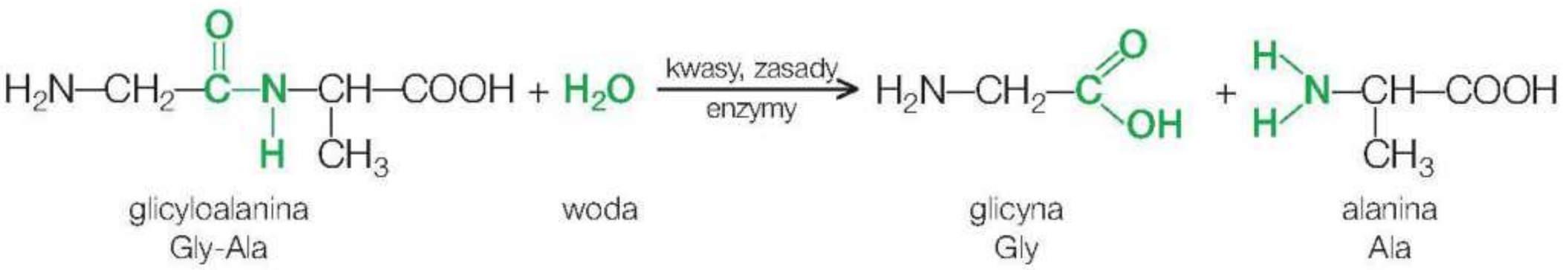


gdzie:

$-R_1$, $-R_2$ – atom wodoru lub grupa węglowodorowa.

Na przykład:





Reakcja hydrolizy peptydów jest katalizowana przez kwasy lub zasady, a także przez różne enzymy występujące w organizmach. **Hydroliza peptydów katalizowana przez enzymy jest specyficzna**, tzn. zachodzi w określonych punktach cząsteczki peptydu. Enzym może katalizować np. rozpad wiązania peptydowego tylko między resztą glicyny a resztą alaniny. Będzie zatem mieć wpływ wyłącznie na peptydy zawierające takie ugrupowanie.

Zastosowania

Aminokwasy

W wykrywaniu sprawców przestępstw pomaga analiza aminokwasów w odciskach palców pozostawionych na miejscu przestępstwa. Umożliwia ona m.in. identyfikację płci podejrzanego – stężenie aminokwasów w pocie kobiet jest większe niż u mężczyzn.



Przemysł kosmetyczny

Składnikiem kremów przeciwzmarszczkowych jest prolina, która odbudowuje i regeneruje komórki skóry. Natomiast jako dodatek do **preparatów do pielęgnacji włosów** wzmacnia ich komórki.



Przemysł rolniczy

Nawozy z dodatkiem aminokwasów stosuje się w celu **zwiększenia plonów** i odporności roślin na zmiany warunków klimatycznych, tj. susze lub przymrozki.

Przemysł spożywczy

Kwas glutaminowy jest popularnym dodatkiem spożywczym, poprawiającym smak m.in. **konserwowanych produktów mięsnych**. Natomiast lizyna dodawana do żywności podnosi jej wartość odżywczą.

Medycyna

Tryptofan jest przekształcany w organizmie w serotoninę, czyli „hormon szczęścia". Dodaje się go do preparatów **poprawiających jakość snu i nastrój**. Natomiast lizynę stosuje się w preparatach łagodzących objawy przeziębienia oraz hamujących rozwój opryszczki. Z kolei metionina występuje w preparatach działających ochronnie na wątrobę i nerki.

Jest na to sposób!

Jak rozpoznać, kiedy związek chemiczny jest jeszcze peptydem, a kiedy już białkiem?

Związki chemiczne zawierające w cząsteczce setki reszt aminokwasowych to białka. Jednak granica między peptydami a białkami nie jest wyraźna. O zakwalifikowaniu danej cząsteczki do peptydów lub do białek często **decyduje** nie liczba reszt aminokwasowych, ale **funkcja, jaką ta cząsteczka pełni w komórce**. Klasyfikacja cząsteczek składających się z reszt aminokwasowych wygląda następująco:

liczba reszt aminokwasowych	ogólna nazwa peptydu
2	**di**peptyd
3	**tri**peptyd
4	**tetra**peptyd
…	…
10 lub **kilkanaście**	**oligo**peptyd
kilkadziesiąt	**poli**peptyd
≥100	**białko**

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Napisz nazwy wszystkich grup funkcyjnych występujących w cząsteczkach aminokwasów o podanych nazwach.

a) seryna
b) kwas glutaminowy
c) cysteina

2. Napisz nazwy aminokwasów o podanych wzorach.

a) $H_2N—CH_2—COOH$

b) $H_2N—CH(—CH_2—C_6H_5)—COOH$

c) $H_2N—CH(—CH_2—COOH)—COOH$

d) $H_2N—CH(—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—NH_2)—COOH$

3. Napisz równania reakcji kondensacji zachodzących w mieszaninie fenyloalaniny i glicyny. Nazwij otrzymane dipeptydy. W każdym z dipeptydów zaznacz aminokwas N-końcowy i C-końcowy.

Zapamiętaj!

Aminokwasy – związki organiczne, w których cząsteczkach występują dwie grupy funkcyjne: —COOH i $—NH_2$ połączone grupą węglowodorową.

Punkt izoelektryczny (pI) – wartość pH roztworu aminokwasu, przy której stężenie jonu obojnaczego jest największe.

Jon obojnaczy – jon, w którego skład wchodzą grupa o ładunku ujemnym oraz grupa o ładunku dodatnim.

Reakcja hydrolizy peptydu – reakcja peptydu z wodą. Jej produktami są aminokwasy.

21. Białka



Fot. 151. Białkiem nazywa się przezroczystą, galaretowatą część jaja kurzego, ale to w żółtku jaja znajduje się więcej białek (ok. 16%) niż w białku jaja (ok. 11%).

Białka są jednym z podstawowych elementów diety. Codzienna porcja białka spożywanego przez dorosłego człowieka powinna wynosić ok. 1 g na kilogram masy ciała (sportowcy 1,2–1,5 g na kg masy ciała). Źródłem tych związków chemicznych są pokarmy mięsne i rybne, jajka (fot. 151.), mleko i jego przetwory, a także rośliny strączkowe. Białka są składnikami komórek i tkanek wszystkich organizmów.

Co to są białka?

Białka **są związkami wielkocząsteczkowymi** zawierającymi 100 lub więcej reszt aminokwasowych połączonych wiązaniami peptydowymi. Związki te występują w organizmach i stanowią ich składnik budulcowy. **Białka są polimerami kondensacyjnymi aminokwasów** – mogą powstawać z 20 różnych aminokwasów białkowych w wyniku reakcji kondensacji (patrz *Aminokwasy*, s. 257). Białka należą do związków wielkocząsteczkowych, a to oznacza że ich cząsteczki mają bardzo duże masy (rzędu kilku milionów jednostek unitów).

Jak można podzielić białka?

Białka można podzielić ze względu na dwa kryteria:

- **skład:**

białka

proste	**złożone**
produktami ich reakcji hydrolizy są tylko aminokwasy	produktami ich reakcji hydrolizy są aminokwasy oraz inne związki chemiczne, np. tłuszcze i sacharydy

- **budowę:**

białka

fibrylarne (włókienkowe)	**globularne (kłębuszkowe)**
▸ cząsteczki wydłużone, nitkowate	▸ cząsteczki zwarte, kuliste
▸ trudno rozpuszczalne w wodzie	▸ rozpuszczalne w wodzie
▸ występują np. w skórze i ścięgnach (kolagen), w mięśniach (miozyna), w paznokciach (keratyna)	▸ występują np. w płynach ustrojowych (hemoglobina, insulina)



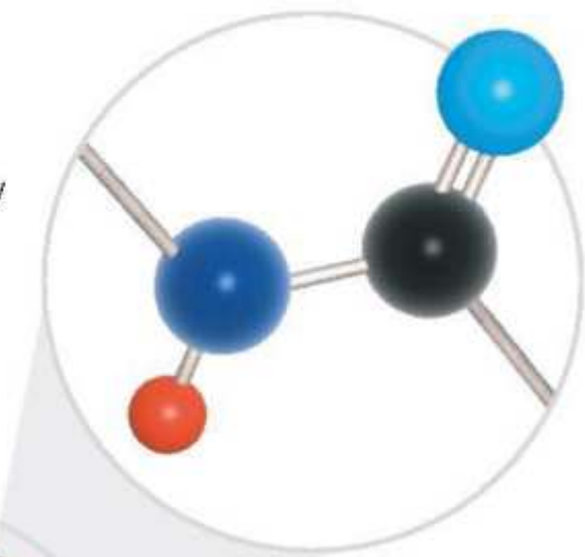
Chemia w akcji

Pierwszym białkiem, którego skład aminokwasowy ustalono (w 1954 r.), była **insulina** – białko odpowiedzialne za regulację poziomu cukru we krwi (fot. 152.). Zbadanie struktury insuliny zajęło 10 lat! Następnie udało się dokonać jej syntezy, która wymagała przeprowadzenia w sumie 227 reakcji chemicznych.

Fot. 152. Leczenie insuliną, czyli insulinoterapia, często jest konieczne w przypadku osób chorych na cukrzycę. Preparat insulinowy wstrzykuje się w warstwę tkanki tłuszczowej znajdującą się tuż pod skórą.

Jak są zbudowane cząsteczki białek?

Cząsteczki białek są zbudowane **z atomów węgla, tlenu, wodoru, azotu i siarki** (fot. 153.). W niektórych białkach występują też jony, np.: żelaza, magnezu, cynku i inne pierwiastki chemiczne.



model wiązania peptydowego występującego między aminokwasami, tworzącymi peptydy i białka



fragment modelu cząsteczki białka



model struktury cząsteczki białka

Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu, azotu, siarki

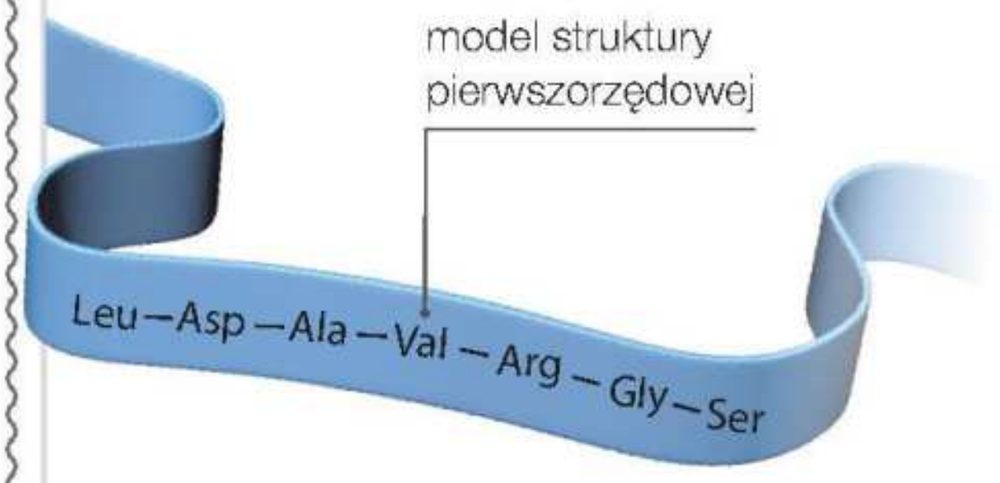
Fot. 153. Wełna jest włóknem pochodzenia zwierzęcego (włóknem białkowym). Zawiera białko (keratynę), które występuje m.in. w sierści zwierząt.

Struktura cząsteczek białek jest bardzo różnorodna i bardzo skomplikowana. **Wiązania peptydowe** między kolejnymi aminokwasami w łańcuchach polipeptydowych **są sztywne**. Wokół pozostałych wiązań łańcuch może się swobodnie obracać. Dzięki temu cząsteczki białek przyjmują różne formy przestrzenne. Wraz z kolejnością ułożenia aminokwasów, czyli z sekwencją aminokwasów w łańcuchu, decydują one o charakterystycznych właściwościach i funkcjach białek w organizmach. **Można wyróżnić cztery struktury białka.**

Krok po kroku

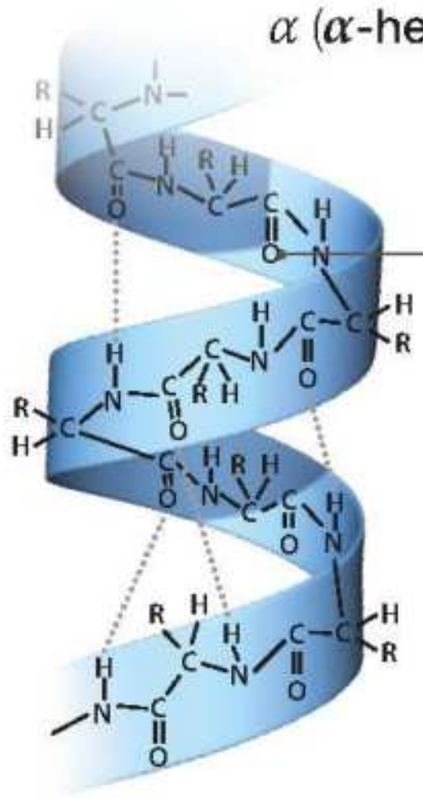
Struktury białek

Białka mogą mieć bardzo złożone struktury. Właściwości białek zależą nie tylko od tego, jakie aminokwasy (a zatem jakie grupy funkcyjne) występują w ich cząsteczkach, lecz także od tego, w jakiej kolejności aminokwasy są ułożone w łańcuchu polipeptydowym i jaki kształt przyjmuje ten łańcuch wskutek wyginania cząsteczki. Rozpoznaje się kilka poziomów struktury białek.

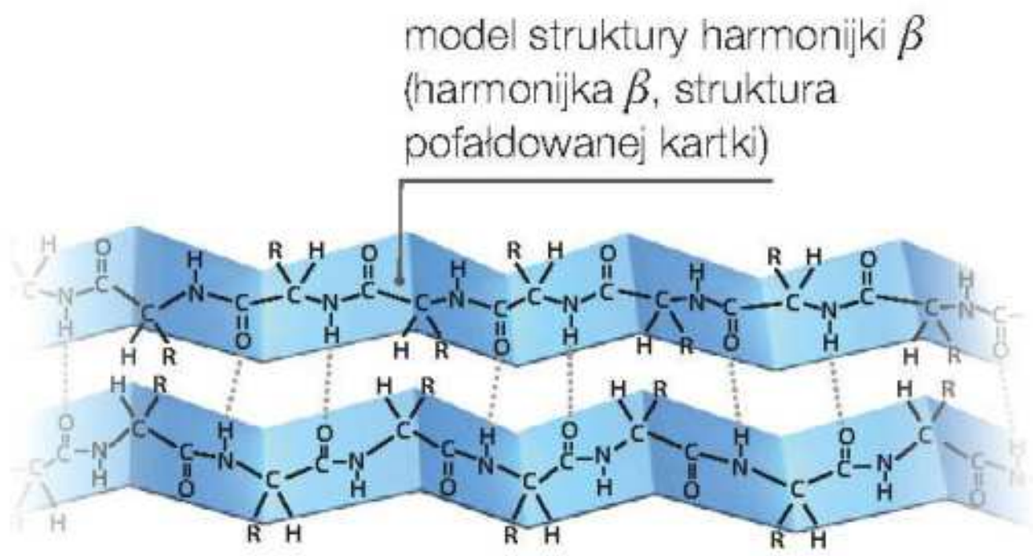


1 **Struktura pierwszorzędowa** określa sekwencję aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym. Kolejność aminokwasów w cząsteczce białka jest ściśle określona. Struktura ta informuje także, w jaki sposób atomy są połączone wiązaniami kowalencyjnymi w cząsteczce. Jest to stosunkowo trwała struktura, która znajduje się w każdym białku.

2 **Struktura drugorzędowa** to ułożenie łańcucha polipeptydowego w przestrzeni. Rozróżnia się dwie podstawowe struktury drugorzędowe: α (**α-helisa**) i β (**harmonijkę β**).



Struktura α powstaje w wyniku skręcenia się łańcuchów polipeptydowych wokół osi. Oznacza to, że przyjmuje ona kształt linii śrubowej. Struktura ta jest typowa dla keratyny, czyli białka występującego w wełnie, włosach i paznokciach.

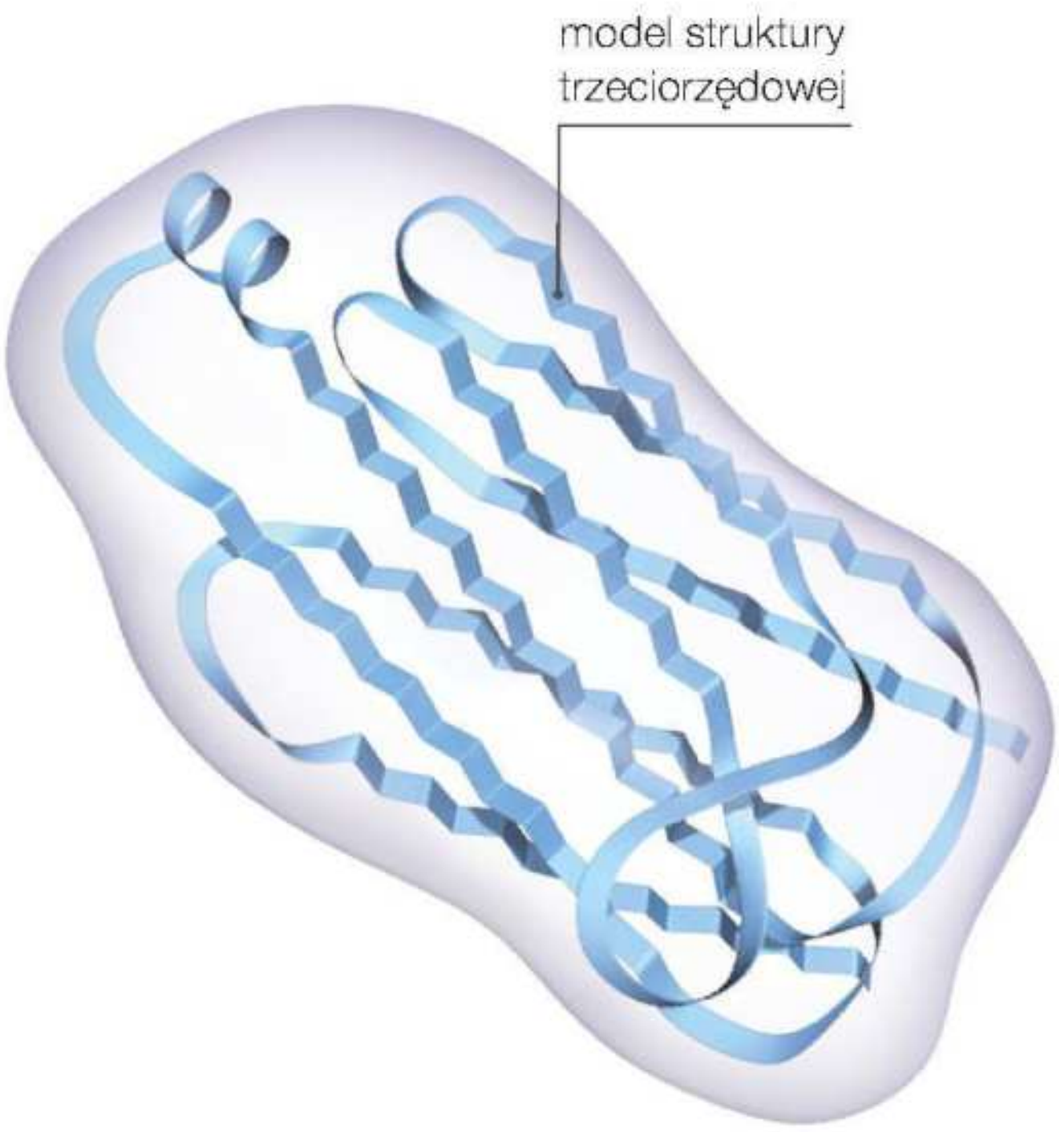


W **strukturze β** dwa równolegle ułożone łańcuchy polipeptydowe stabilizowane są wiązaniami wodorowymi. Całość struktury upodabnia się do pofałdowanej kartki papieru. Struktura β występuje w fibroinie, czyli białku jedwabiu lub pajęczyny.

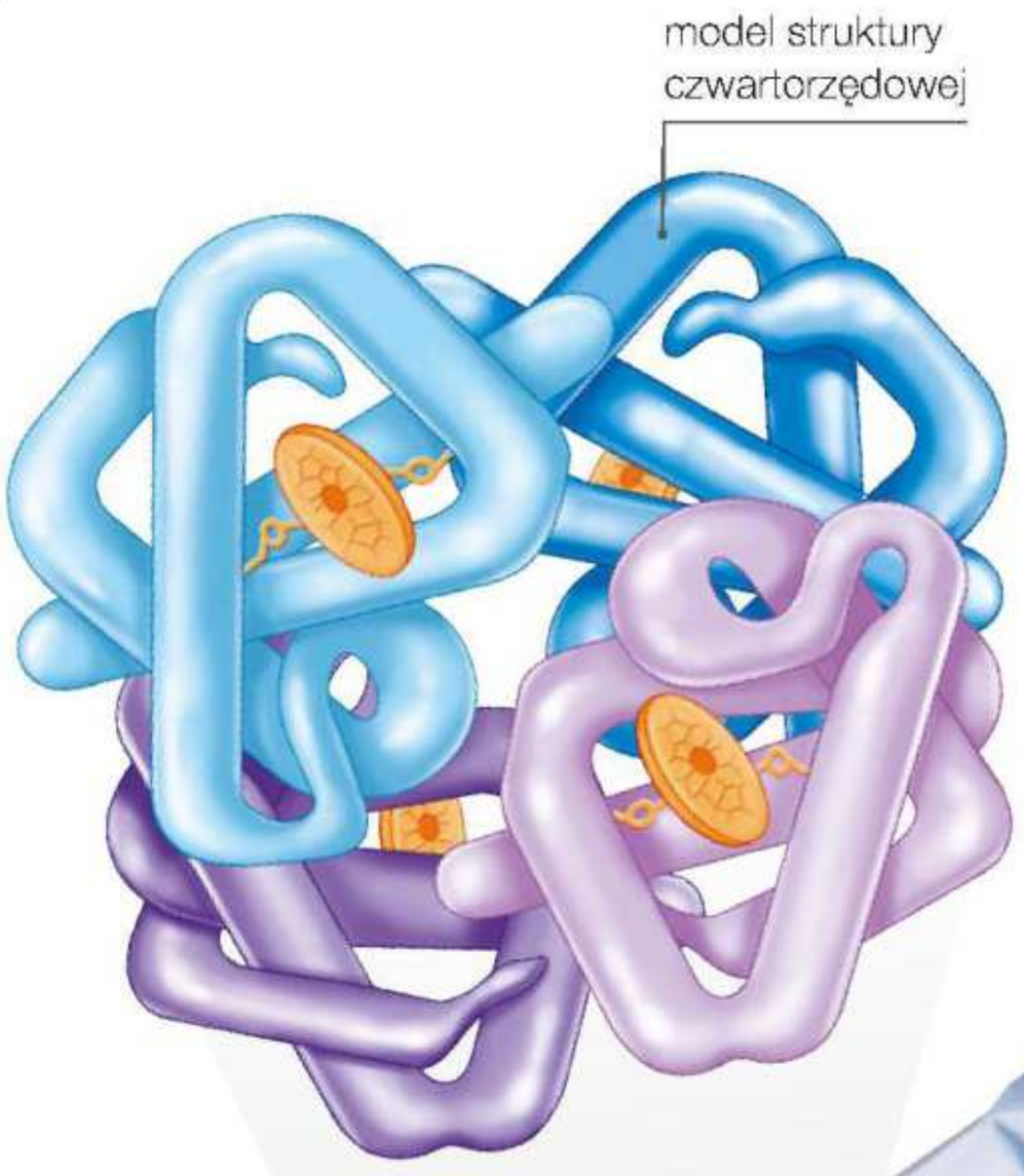
Jakie wiązania stabilizują struktury białek?

Struktura pierwszorzędowa białka jest stabilizowana przez **wiązania peptydowe**. Natomiast w strukturze drugorzędowej między grupą karbonylową a grupą aminową występują **wiązania wodorowe**. Tworzą się one między łańcuchami bocznymi aminokwasów. Z kolei strukturę trzeciorzędową oprócz wiązań wodorowych stabilizują: wiązania jonowe, oddziaływania hydrofobowe i van der Waalsa oraz mostki disulfidowe. **Wiązania jonowe** powstają w wyniku przyciągania elektrostatycznego między grupami funkcyjnymi ($-COO^-$, $-NH_3^+$) należącymi do łańcuchów bocznych aminokwasów. Natomiast **oddziaływania hydrofobowe** występują między niepolarnymi łańcuchami bocznymi aminokwasów, np. łańcuchem węglowodorowym leucyny $(CH_3)_2CHCH_2CH(NH_2)COOH$ i alaniny $CH_3CH(NH_2)COOH$, z kolei **mostki disulfidowe (disiarczkowe)** powstają między atomami siarki dwóch reszt cysteiny. Za stabilizację struktury czwartorzędowej odpowiadają głównie: mostki disulfidowe, oddziaływania hydrofobowe oraz wiązania wodorowe.

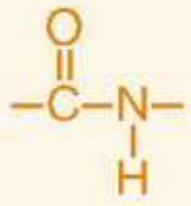
3 **Struktura trzeciorzędowa** to ułożenie poszczególnych odcinków łańcucha polipeptydowego względem siebie w przestrzeni. Łańcuchy polipeptydowe, skręcając się, tworzą zwoje i kłębki. Struktura ta powstaje głównie w wyniku oddziaływań między łańcuchami bocznymi peptydów. Jej zniszczenie powoduje utratę właściwości białka. Strukturę trzeciorzędową ma np. mioglobina, czyli białko szkieletowe wiążące tlen cząsteczkowy.



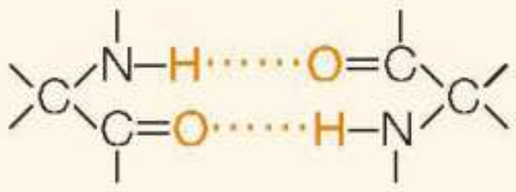
4 **Struktura czwartorzędowa** powstaje w wyniku wzajemnego oddziaływania ze sobą skręconych łańcuchów polipeptydowych. Kłębki łączą się ze sobą w tzw. **podjednostki**, zaś podjednostki tworzą **zespoły**. Tak złożoną budowę ma np. hemoglobina.



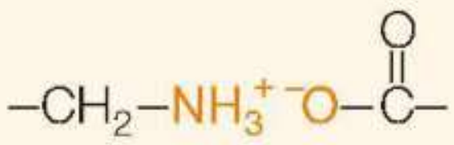
wiązanie peptydowe



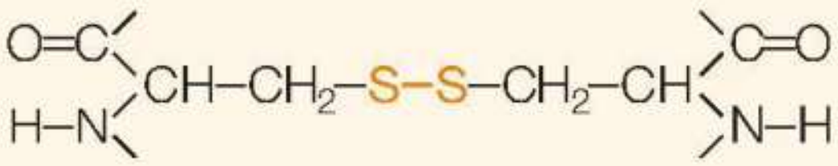
wiązania wodorowe

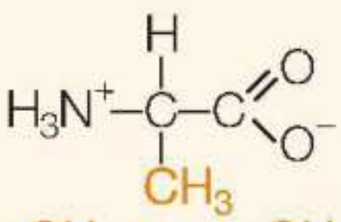


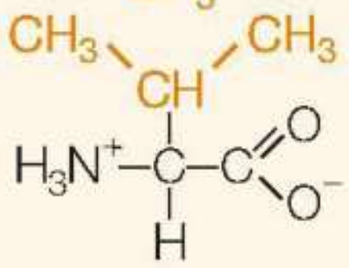
wiązanie jonowe



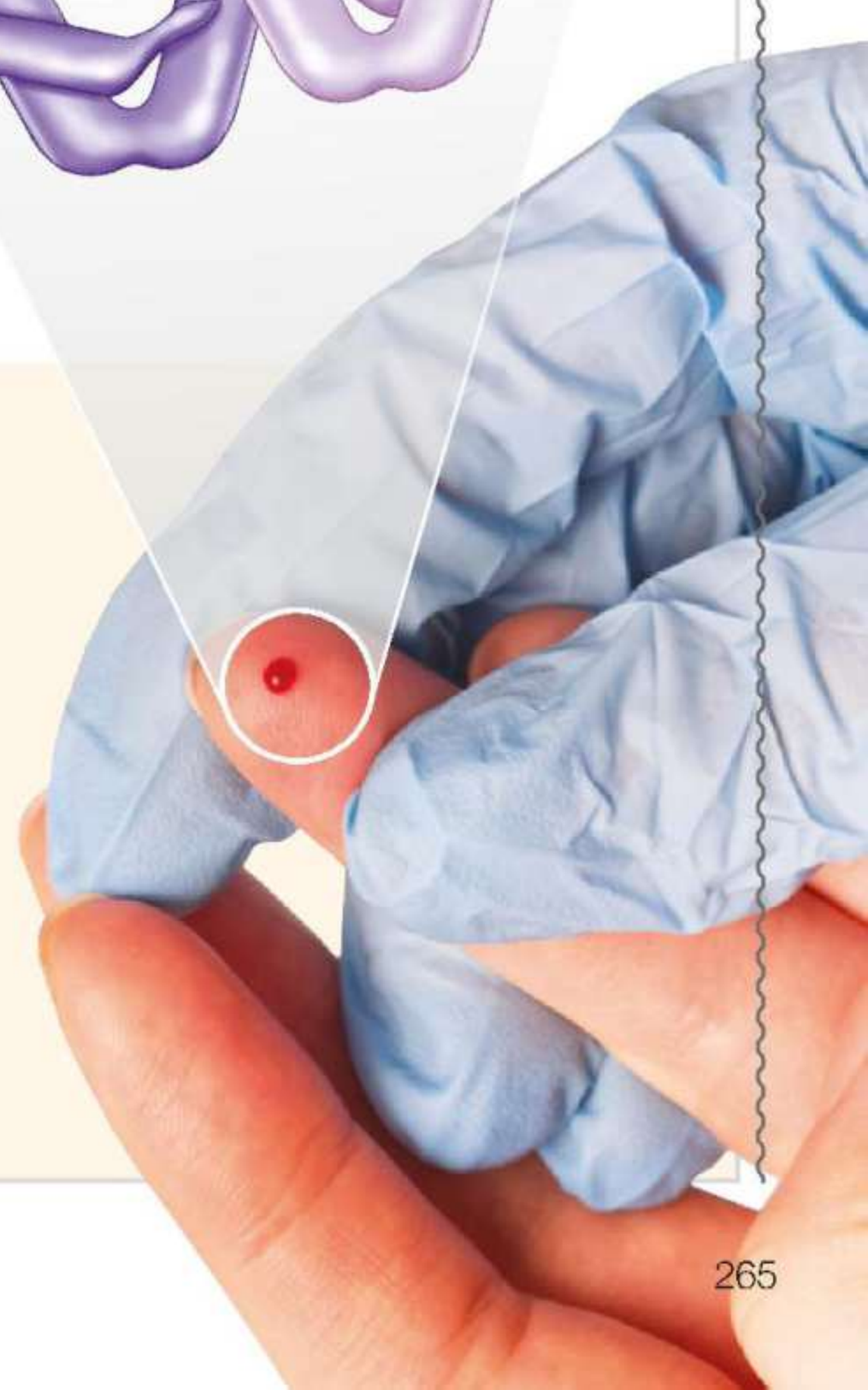
mostek disulfidowy







oddziaływania hydrofobowe





Fakty czy mity

Niektóre białka mogą wywoływać choroby – FAKT

Całkowicie nieszkodliwe białka mogą w określonych warunkach zmieniać swoją strukturę drugorzędową z α-helisy w strukturę β-harmonijki. W ten sposób powstają priony, czyli tzw. zdziczałe białka. Mogą one powodować choroby układu nerwowego zwierząt domowych (np. BSE, fot. 154.), a także człowieka (choroba Creutzfeldta–Jakoba [czyt. krojcfelda jakoba]).

Fot. 154. Priony – określane mianem białkowych cząstek zakaźnych – są odpowiedzialne za wystąpienie m.in. choroby wściekłych krów (BSE). Mają stosunkowo niewielkie cząsteczki zbudowane z 231 aminokwasów.

Zachowaj ostrożność podczas pracy z roztworem metanalu oraz stężonymi roztworami kwasu i zasady!

Jakie właściwości mają białka?

Doświadczenie 44.



Badanie działania różnych substancji i wysokiej temperatury na roztwór białka

Odczynniki: białko jaja kurzego (albumina), woda destylowana, etanol, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór metanalu, stężony roztwór kwasu siarkowego(VI), nasycony roztwór chlorku sodu, stężony roztwór wodorotlenku sodu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, korki do probówek, zlewka, palnik gazowy, latarka o wąskiej wiązce światła.

Instrukcja: a) Zbadaj właściwości albuminy: stan skupienia, barwę, rozpuszczalność w wodzie. Na zlewkę z mieszaniną albuminy i wody destylowanej skieruj światło latarki. Obserwuj przebieg wiązki światła.
b) Mieszaninę albuminy z wodą przelej do siedmiu probówek. Zawartość probówki 1. ogrzewaj ostrożnie w płomieniu palnika. Do kolejnych probówek dodaj po kilka kropli: do probówki 2. etanolu, do 3. – roztworu siarczanu(VI) miedzi(II), do 4. – roztworu metanalu, do 5. – stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI), do 6. – nasyconego roztworu chlorku sodu, do 7. – stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Obserwuj zachodzące zmiany. Następnie do każdej z probówek dodaj wody destylowanej, zamknij probówki korkami i wstrząśnij ich zawartością.



Obserwacje: Albumina jest bezbarwną substancją, która jest głównym składnikiem białka jaja kurzego. Ma ono konsystencję lepkiej, ciągnącej się cieczy. Rozpuszcza się w wodzie. Wiązka światła (o skoncentrowanym strumieniu) przechodząca przez mieszaninę białka i wody tworzy charakterystyczny stożek (fot. 155.). Zawartość wszystkich probówek mętnieje po dodaniu odczynników, pojawia się w nich substancja stała (fot. 156.). Po dodaniu wody tylko w probówce 6. zawartość wraca do początkowej postaci.



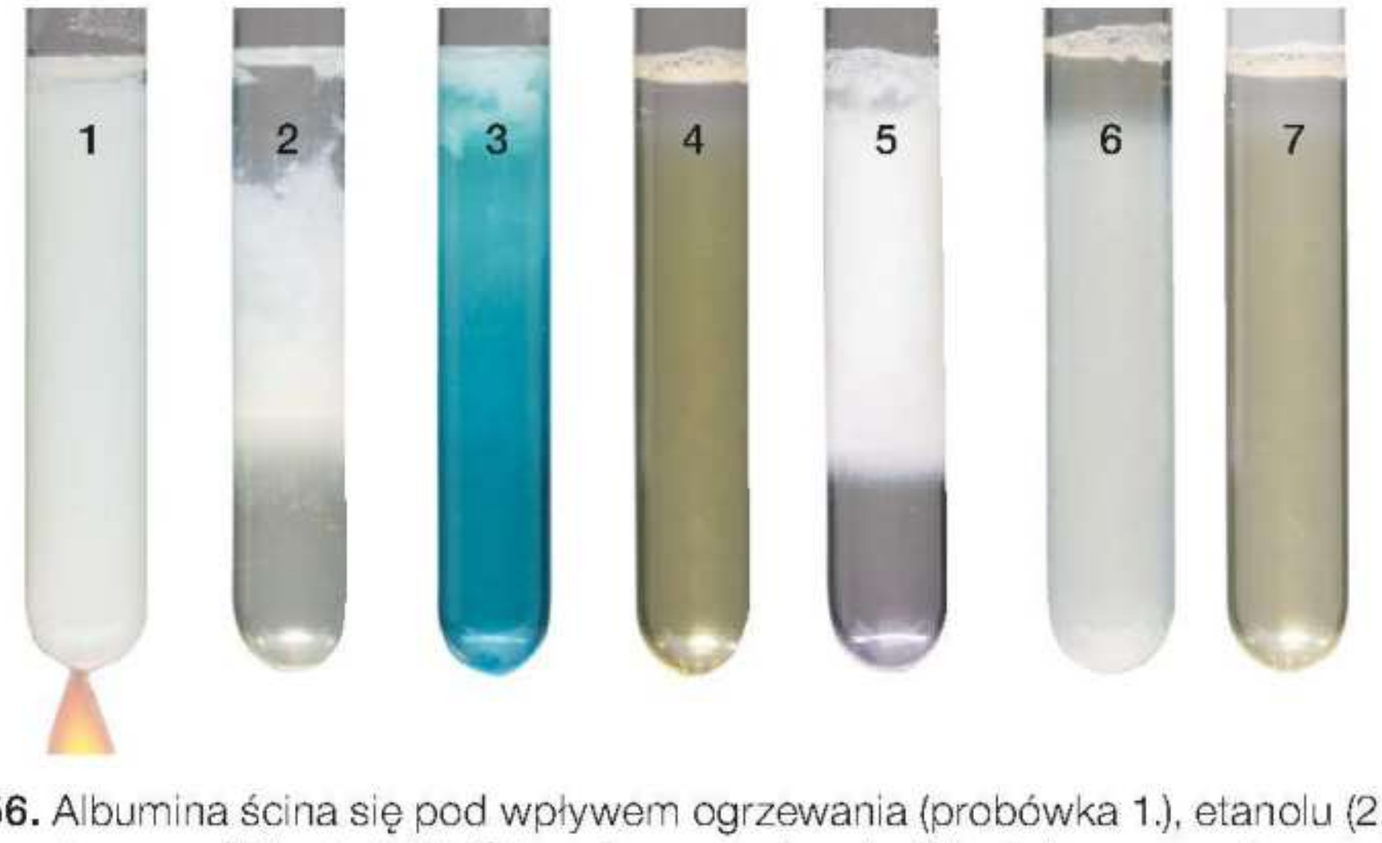
Fot. 155. Charakterystyczne rozpraszanie się wiązki światła to tzw. efekt Tyndalla.

Wniosek: Albumina tworzy w wodzie koloid (**zol**). Białko ścina się pod wpływem wysokiej temperatury, alkoholi, aldehydów oraz roztworów: soli metali, kwasów i zasad.

Pod wpływem soli metali lekkich (np. chlorku sodu) zol przechodzi w żel – strąca się osad. Proces ten nazywany jest **koagulacją białka**. Jest on odwracalny, czyli nie narusza struktury przestrzennej cząsteczki białka. Dodanie wody powoduje, że osad się rozpuszcza – zachodzi proces nazywany **peptyzacją**.

Koagulacja białka pod wpływem roztworów soli metali lekkich, np. chlorku sodu to **wysalanie białka**.

Pod wpływem soli metali ciężkich (np. siarczanu(VI) miedzi(II)), a także innych agresywnych czynników (takich jak stężone roztwory kwasów i zasad, alkohol etylowy, metanal lub wysoka temperatura), następuje **nieodwracalne** przejście zolu w żel, czyli **denaturacja**. Polega ona na trwałym zniszczeniu struktury białka, spowodowanym rozerwaniem wiązań wodorowych, jonowych i disulfidowych, stabilizujących strukturę przestrzenną łańcuchów polipeptydowych.



koagulacja – proces przemiany zolu w żel

peptyzacja – proces przemiany żelu w zol

wysalanie białek – odwracalny proces koagulacji białek (przemiany zolu w żel)

denaturacja – nieodwracalny proces ścinania się białka (przemiany zolu w żel)

Fot. 156. Albumina ścina się pod wpływem ogrzewania (probówka 1.), etanolu (2.), roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) (3.), roztworu metanalu (4.), stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI) (5.), nasyconego roztworu chlorku sodu (6.) oraz stężonego roztworu wodorotlenku sodu (7.).

Krok po kroku

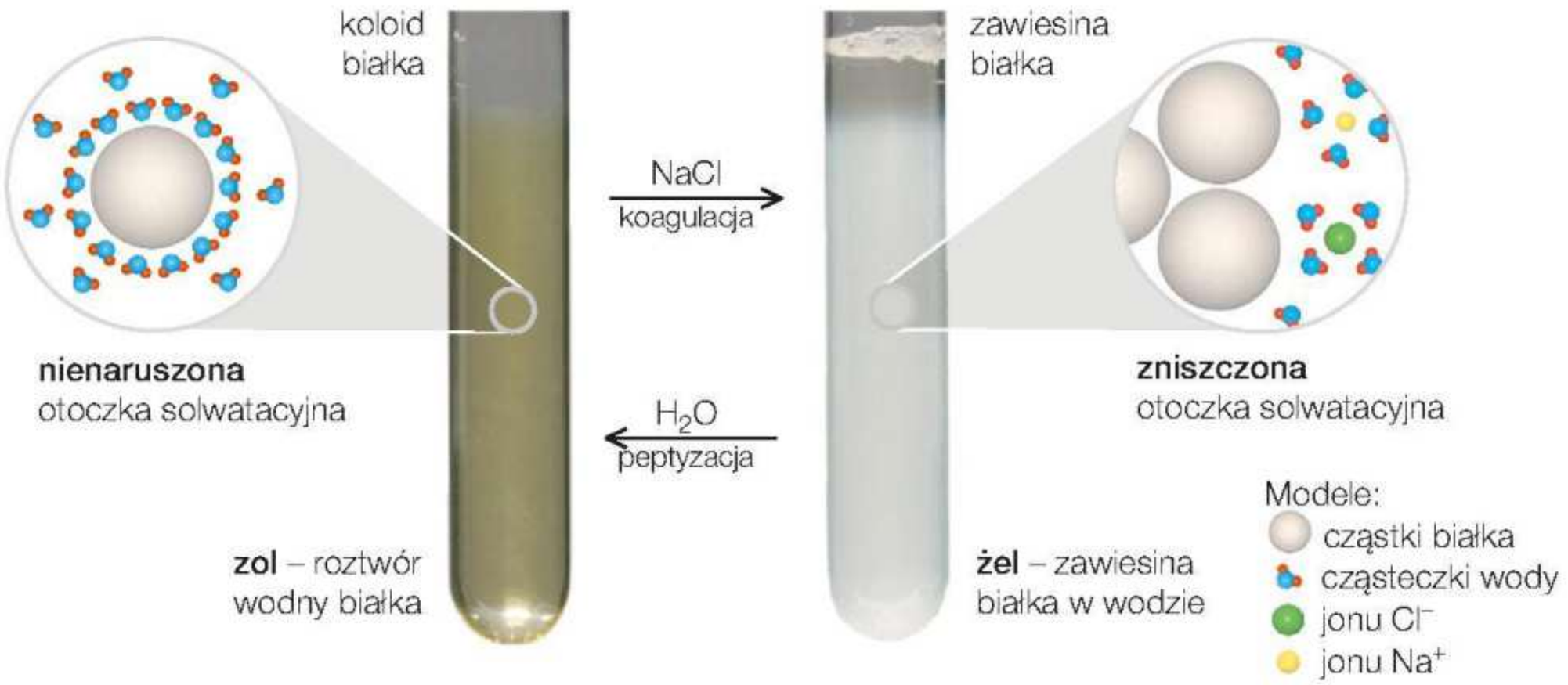
Przemiany białek

Białka tworzą z wodą układy koloidalne – zole. Cząstki białka są w nich otoczone cząsteczkami wody, tworzącymi tzw. **otoczkę solwatacyjną**. Jest to warstwa, która zapobiega łączeniu się cząstek białek. W otoczce solwatacyjnej cząsteczki wody ustawiają się biegunem ujemnym w stronę cząstki białka.

Procesy odwracalne

1 Po dodaniu do zolu soli metali lekkich, np. NaCl, Na_2SO_4 lub KCl, następuje strącenie białka, czyli **koagulacja**. Oddziaływanie cząsteczek wody z jonami soli jest silniejsze niż oddziaływanie cząsteczek wody z cząstkami białka. Jony soli wprowadzone do koloidu są otaczane przez cząsteczki wody. Następuje zniszczenie otoczki solwatacyjnej, a cząstki białka łączą się w większe zespoły. Koagulacja białka, czyli proces przemiany zolu w żel, która zachodzi pod wpływem soli metali lekkich, nosi nazwę **wysalania białka**.

2 Po dodaniu wody żel się rozpuszcza. Następuje proces odwrotny do wysalania białka – **peptyzacja**, czyli przemiana żelu w zol.



Procesy nieodwracalne

Denaturacja białka to nieodwracalny proces ścinania białka. Polega on na trwałym zniszczeniu wyższych struktur białka przy zachowaniu jedynie struktury pierwszorzędowej, a niekiedy także i drugorzędowej. Proces ten zachodzi pod wpływem wysokiej temperatury oraz roztworów: alkoholi, formaliny, soli metali ciężkich, stężonych roztworów kwasów i zasad. Czynniki te powodują rozerwanie wiązań wodorowych, jonowych i mostków disulfidowych (disiarczkowych), czyli niszczą oddziaływania stabilizujące strukturę przestrzenną łańcuchów polipeptydowych.



W jaki sposób wykryć białko?

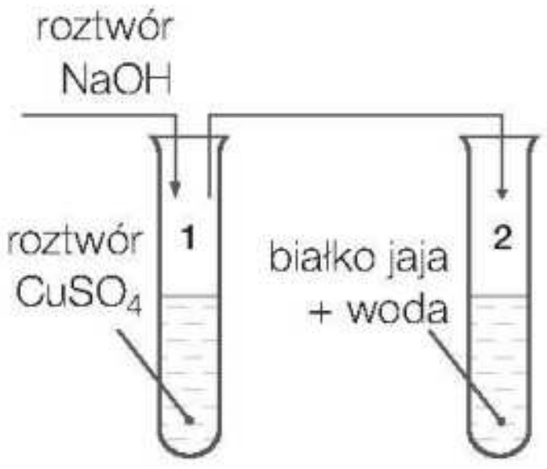
Doświadczenie 45.  $CuSO_4$  NaOH

Wykrywanie wiązań peptydowych w białku – reakcja biuretowa

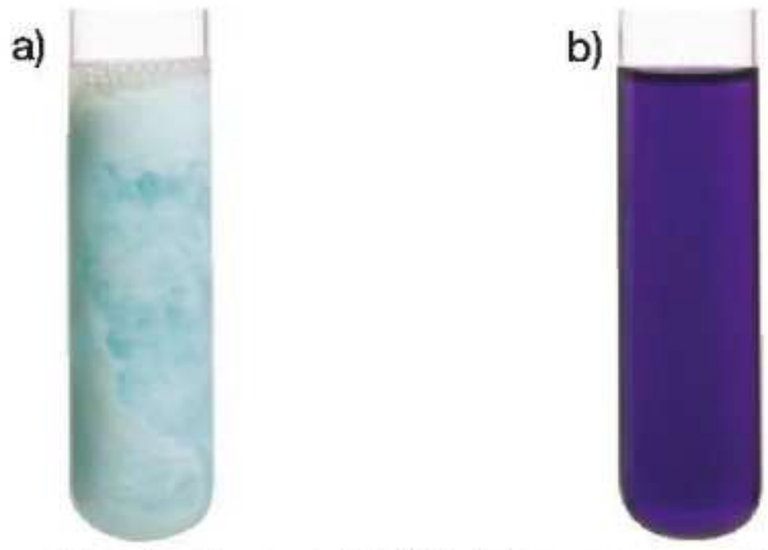
Odczynniki: białko jaja kurzego (albumina), woda destylowana, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników.

Instrukcja: Przygotuj wodorotlenek miedzi(II): do probówki z roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) wkraplaj roztwór wodorotlenku sodu, by wytrącić osad (nie dodawaj nadmiaru NaOH). Otrzymaną zawiesinę z osadem wlej do probówki z wodnym roztworem albuminy.



Obserwacje: Po dodaniu roztworu wodorotlenku sodu do roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) strąca się niebieski, galaretowaty osad (fot. 157.a). Po dodaniu tej zawiesiny (z probówki 1.) do roztworu albuminy z probówki 2. białko się ścina. Zawartość probówki 2. zmienia barwę z niebieskiej na fioletową (fot. 157.b).



Fot. 157. Po dodaniu wodorotlenku miedzi(II) (a) do roztworu albuminy (probówka 2.) zawartość probówki zmienia barwę z niebieskiej na fioletową (b).

Wniosek: Powstanie fioletowego zabarwienia świadczy o obecności wiązania peptydowego w cząsteczce białka.

Osad wodorotlenku miedzi(II) $Cu(OH)_2$ reaguje z białkiem i tworzy się związek kompleksowy o fioletowej barwie. Dzieje się tak, ponieważ kation miedzi(II) Cu^{2+} wiąże się z atomami azotu, które wchodzą w skład wiązania peptydowego.

Reakcja zaobserwowana w doświadczeniu 45. nazywa się **reakcją biuretową**. Jest ona wykorzystywana do wykrywania obecności wiązania amidowego, w tym peptydowego. **Można ją więc stosować do wykrywania** wiązania peptydowego w białkach, peptydach, a także w poliamidach. Nazwa „reakcja biuretowa" pochodzi od nazwy zwyczajowej najprostszego związku chemicznego dającego pozytywny wynik tej reakcji chemicznej – biuretu (patrz *Aminy i amidy*, s. 229).

Zachowaj ostrożność podczas pracy ze stężonym roztworem kwasu!



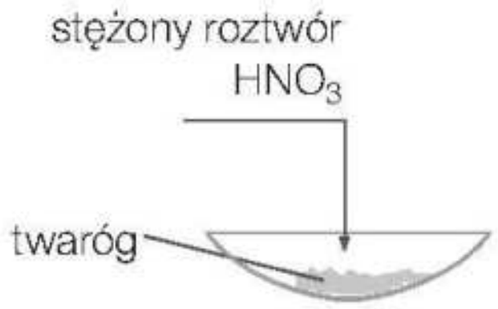
Doświadczenie 46. HNO_3

Wykrywanie białka – reakcja ksantoproteinowa

Odczynniki: twaróg, stężony roztwór kwasu azotowego(V).

Szkło i sprzęt laboratoryjny: szkiełko zegarkowe, pipeta.

Instrukcja: Na szkiełku zegarkowym umieść niewielką ilość twarogu. Nalej na próbkę kilka kropli stężonego roztworu kwasu azotowego(V) i pozostaw ją na ok. 10 minut (schemat).



Obserwacje: Pod wpływem stężonego roztworu kwasu azotowego(V) twaróg zabarwił się na żółto (fot. 158.).



Fot. 158. W miejscu nakropienia stężonego roztworu kwasu azotowego(V) twaróg zżółkł.

Wniosek: Twaróg zawiera białko. Pojawienie się żółtej barwy świadczy o przebiegu **reakcji ksantoproteinowej**. Jest to reakcja charakterystyczna białek (i peptydów), umożliwiająca wykrywanie aminokwasów aromatycznych.

Pod wpływem stężonego roztworu kwasu azotowego(V) zachodzi reakcja nitrowania pierścieni aromatycznych (patrz *Benzen*, s. 72) w niektórych resztach aminokwasów białkowych. Powstające w wyniku tej reakcji związki chemiczne mają charakterystyczną żółtą barwę.

Ta sama reakcja zachodzi również na skórze, kiedy nieostrożny eksperymentator poplami sobie palce roztworem HNO_3.

Żywność bezglutenowa



Symbolem przekreślonego kłosa jest oznaczona żywność, która nie zawiera glutenu, czyli mieszaniny białek roślinnych występujących w niektórych roślinach zbożowych.

Chemia w akcji

Tkaniny poplamione krwią należy prać lub płukać w bardzo zimnej wodzie z dodatkiem soli kuchennej (fot. 159.). **Zimna woda wypłukuje barwnik krwi – hemoglobinę (białko).** Tkaninę z zaschniętą plamą trzeba długo moczyć w zimnej wodzie, często ją zmieniając, a następnie wyprać w zimnej wodzie z mydłem. **Zastosowanie ciepłej lub gorącej wody spowoduje ścięcie białka i utrwalenie plamy.**



Fot. 159. Kiedy plama zniknie lub zblednie, tkaninę należy wyprać w proszku. Jeżeli pozostały żółte plamy, trzeba zwilżyć tkaninę wodą utlenioną, która utlenia barwnik do substancji o barwie białej lub żółtawej.

Zastosowania

Białka

Żelatyna to mieszanina białek i peptydów, która powstaje w reakcji hydrolizy kolagenu. W przemyśle spożywczym pełni funkcję emulgatora oraz środka żelującego, np. w galaretkach.



Przemysł chemiczny

Z żelatyny produkuje się **amunicję** stosowaną do gry w **klasycznym paintballu**. Natomiast do produkcji klejów do tapet wykorzystuje się kazeinę.



Przemysł kosmetyczny

Keratynę stosuje się w **szamponach i odżywkach do włosów**. Wbudowuje się ona w ich strukturę, dzięki czemu działa regenerująco.



Przemysł spożywczy

Gluten, czyli mieszanina białek roślinnych, odgrywa ważną rolę podczas **wypieku pieczywa**. Dzięki niemu ciasto jest kleiste i ciągliwe.

Jakim innym przemianom ulegają białka?

W warunkach beztlenowych substancje zawierające białko **gniją**. Jest to skomplikowany rozkład, który zachodzi m.in. pod wpływem bakterii gnilnych. W jego wyniku powstają związki chemiczne o nieprzyjemnym zapachu, np. siarkowodór H_2S. Końcowymi produktami gnicia są proste związki chemiczne, na ogół łatwo przyswajalne dla roślin, m.in.: NH_3, CO_2, H_2O, H_2, N_2.

Gdy rozkład substancji zawierających białko następuje w warunkach tlenowych, zachodzi **butwienie**. Produktami butwienia są m.in.: CO_2, H_2O i NH_3. W wyniku butwienia powstaje kompost (fot. 160.), który stosuje się do wzbogacania gleby w próchnicę.

W jaki sposób można wydłużyć przydatność żywności do spożycia?

Już od wieków ludzie starali się nadać żywności jak największą trwałość, wydobyć jej walory smakowe oraz uatrakcyjnić spożywane posiłki. Solenie, suszenie, kiszenie oraz marynowanie z czasem stały się metodami niewystarczającymi. Zaczęto stosować **dodatki do żywności**, czyli substancje, które nie są jej typowymi składnikami. Używa się ich m.in. po to, aby ochronić żywność przed utratą składników odżywczych, ale też po to, aby poprawić jej wygląd i smak.



Fot. 160. Jeśli w kompostowniku do odpadków roślinnych dociera zbyt mała ilość tlenu, zaczynają gnić.

Zastosowania

Konserwacja żywności

Żywność przetwarza się głównie w celu zahamowania rozwoju mikroorganizmów, a także po to, aby nadać jej nowe walory smakowe. Metody te polegają m.in. na usunięciu wody z żywności (suszenie), stworzeniu warunków do przebiegu odpowiedniej reakcji chemicznej (kiszenie) oraz na obróbce cieplnej (gotowanie).



Mrożenie

Obniżenie temperatury nie zatrzymuje rozwoju mikroorganizmów, a jedynie spowalnia proces psucia się żywności. Niestety kryształki lodu, które powstają podczas zamrażania, mogą niszczyć strukturę żywności, zwłaszcza takiej jak owoce zawierające dużo wody. Do mrożenia w warunkach przemysłowych używa się m.in. **ciekłego N_2**, który zapobiega niszczeniu struktury żywności.



Liofilizacja

Metoda polegająca na **usunięciu wody z żywności**. Produkty zamraża się, a następnie eliminuje H_2O przez sublimację – kryształki lodu przechodzą w parę wodną, która jest usuwana. Otrzymana w ten sposób żywność jest lekka, a jej walory smakowe można w części przywrócić przez ponowne zmieszanie jej z wodą. W tym procesie powstają m.in. owoce liofilizowane i kawa rozpuszczalna.



Wędzenie

Proces **obsuszania żywności dymem**, a także nadawania jej specyficznego wyglądu, smaku i zapachu. Działa grzybobójczo i bakteriobójczo. Wędzi się głównie ryby, mięsa i sery. Niestety, w skład dymu wchodzą substancje szkodliwe, więc coraz częściej zamiast wędzić żywność, dodaje się do niej barwniki i sztuczny aromat dymu wędzarniczego. Preparaty te nie mają właściwości konserwujących.



Peklowanie

Proces polegający na **nasycaniu mięsa mieszanką peklującą** – jej głównymi składnikami są **NaCl** oraz **sole kwasów azotowego(III)** i **azotowego(V)**. Efektem peklowania jest utrwalenie barwy, wytworzenie charakterystycznego smaku i zapachu mięsa oraz przedłużenie trwałości produktu przez zahamowanie wzrostu bakterii chorobotwórczych i gnilnych. Wadą peklowania jako metody konserwowania jest utrata części substancji odżywczych mięsa. Gotowanie peklowanego mięsa prowadzi do powstania związków rakotwórczych.

Suszenie

Duża zawartość wody sprzyja psuciu się żywności. Już **usunięcie** ok. 70% **wody** zabezpiecza przed rozwojem mikroorganizmów. W kuchni często stosuje się suszone owoce, warzywa oraz grzyby.

Solenie i dodawanie cukru

Zwiększenie stężenia soli – chlorku sodu **NaCl** – powoduje wydzielanie się wody zarówno z mięsa, jak i z mikroorganizmów, które na nim występują. Na skutek tego procesu mikroorganizmy giną. W ten sposób konserwuje się głównie mięso (zwłaszcza ryby). **Cukru** – sacharozy – używa się do konserwowania przede wszystkim owoców. Gdy zawartość **sacharozy** w dżemach i konfiturach wynosi przynajmniej 50–60%, bakterie giną.



Marynowanie

Metoda utrwalania żywności i nadawania jej specyficznego smaku. Polega na **wykorzystaniu zalewy** zawierającej głównie **10-procentowy roztwór kwasu octowego**. Kwasowe środowisko hamuje rozwój szkodliwych mikroorganizmów. Marynuje się głównie warzywa.



Pakowanie próżniowe

Usunięcie powietrza z opakowań, czyli **wytworzenie próżni**, zapobiega utlenianiu związków chemicznych obecnych w żywności i rozwojowi drobnoustrojów tlenowych. W sposób próżniowy pakuje się w opakowania z tworzywa sztucznego m.in. sery i wędliny.



Pasteryzacja

Niszczenie mikroorganizmów w wyniku **ogrzewania żywności w szczelnie zamkniętych opakowaniach** (zwykle w temperaturze 80–95°C) przez określony czas. Pasteryzuje się produkty kwaśne o pH < 4,5, np. przetwory owocowe.



Kiszenie

Metoda **przetwarzania żywności z wykorzystaniem fermentacji mlekowej**. Kwas mlekowy wytwarza środowisko kwasowe, które podobnie jak w przypadku marynowania hamuje rozwój szkodliwych mikroorganizmów. Kisi się głównie kapustę, ogórki i pasze dla zwierząt.

Gotowanie

Obróbka żywności w wodzie **w wysokiej temperaturze** powoduje denaturację białek i rozkład skrobi. Jedzenie staje się znacznie łatwiejsze do spożycia, lekkostrawne. Niestety podczas gotowania traci się wiele cennych składników żywności, np. witamin.

Krok po kroku

Przegląd dodatków do żywności

Obecnie większość produktów spożywczych zawiera dodatki, które m.in. decydują o ich trwałości i jakości. Najczęściej wykorzystywanymi dodatkami są barwniki, przeciwutleniacze, syntetyczne substancje słodzące, aromaty, regulatory kwasowości, emulgatory, substancje zagęszczające oraz substancje konserwujące.

dodatki do żywności

- **syntetyczne**
  - **identyczne z naturalnymi** – mają takie same właściwości jak dodatki naturalne, np. syntetyczna substancja o zapachu gorzkich migdałów
  - **sztuczne** – nie występują naturalnie i otrzymuje się je wyłącznie w wyniku syntezy chemicznej, np. aspartam stosowany jako słodzik
- **naturalne** – otrzymane z surowców naturalnych metodami fizycznymi

Jak oznacza się dodatki do żywności?

Każda substancja dodatkowa jest opatrzona **numerem identyfikacyjnym** stosowanym w międzynarodowym systemie INS [ang. *International Numbering System*] **oraz symbolem „E”**. Symbol „E” umieszczony na opakowaniu jest deklaracją producenta, że zastosowane substancje dodatkowe są na liście zatwierdzonej przez Unię Europejską. Kody te stosuje się m.in. dlatego, że nazwy chemiczne substancji mogą być długie, co utrudniałoby wymienianie na etykiecie wszystkich składników produktu. Symbol „E" nie oznacza, że substancja ma właściwości szkodliwe dla zdrowia.



E 110 **żółcień pomarańczowa**	dodatek syntetyczny
E 220 **tlenek siarki(IV)**	dodatek syntetyczny
E 260 **kwas octowy**	dodatek identyczny z naturalnym
E 330 **kwas cytrynowy**	dodatek identyczny z naturalnym
E 460 **celuloza**	dodatek naturalny
E 951 **aspartam**	sztuczna substancja słodząca
aromaty	substancje te ze względu na różnorodność są grupą dodatków do żywności bez symbolu „E” i numeru

- **barwniki** nadają lub przywracają żywności barwę
  np.: karoten (**E 160a**)
  chlorofil (**E 140**)
  karmel syntetyczny (**E 150d**)
- **przeciwutleniacze**, nazywane też antyoksydantami, zapobiegają ciemnieniu owoców i utlenianiu tłuszczów
  np.: witamina C (**E 300**)
  kwas cytrynowy (**E 330**)
  kwas fosforowy(V) (**E 338**)
- **syntetyczne substancje słodzące są** stosowane jako zamienniki cukru w produktach typu light
  np.: sacharyna (**E 954**)
  aspartam (**E 951**)
  acesulfam K (**E 950**)
- **aromaty** nadają żywności odpowiedni smak oraz zapach
  np.: cytral
  limonen
  butanian etylu
- **regulatory kwasowości** są stosowane w celu zmiany kwasowości oraz zwiększenia trwałości żywności
  np.: kwas octowy (**E 260**)
  octan wapnia (**E 263**)
  kwas mlekowy (**E 270**)
- **emulgatory** utrzymują trwałość emulsji, natomiast **substancje zagęszczające** pęcznieją, co powoduje zwiększenie objętości produktu, lub tworzą żele
  np.: agar (**E 406**)
  mączka chleba świętojańskiego (**E 410**)
  guma arabska (**E 414**)
- **substancje konserwujące** hamują zachodzące w żywności procesy spowodowane działaniem enzymów i mikroorganizmów
  np.: kwas propionowy (**E 280**)
  benzoesan sodu (**E 211**)
  tlenek siarki(IV) (**E 220**)



Aspartam (E 951), czyli syntetyczna substancja słodząca, jest niskokaloryczny i mogą go stosować osoby chore na cukrzycę.



Guma arabska (E 414), pochodząca z drzewa akacji senegalskiej, to emulgator i substancja zagęszczająca wyrobów cukierniczych, żelek, pastylek oraz cukierków ślazowych.



Butanian etylu wykorzystuje się w przemyśle spożywczym jako aromat do ciast.



Chemia w akcji

Jeśli produkt był odpowiednio przechowywany, to umieszczona na jego etykiecie data wskazuje termin, przed którego upływem nie powinny w tym produkcie zachodzić niekorzystne procesy (fot. 161.).

Fot. 161. Jeśli żywność jest przechowywana niewłaściwie, może stać się nieprzydatna do spożycia przed upływem daty wskazanej na opakowaniu. **a)** Taka informacja oznacza, że producent nie gwarantuje po upływie podanego terminu, że produkt będzie miał taką samą jakość jak wcześniej. Zatem jego smak, kolor czy zapach mogą być inne niż oczekiwane. Nie oznacza to jednak, że po upływie tej daty produkt jest niebezpieczny dla zdrowia. **b)** Taki napis umieszcza się na opakowaniach produktów o krótkim terminie ważności (nietrwałych mikrobiologicznie, łatwo psujących się). Spożycie takiej żywości po upływie wyznaczonej daty może być niebezpieczne dla zdrowia. Nie powinno się jeść takich produktów po upływie podanego terminu.

W jaki sposób chronić rośliny uprawne i zwiększyć wydajność produkcji żywności?



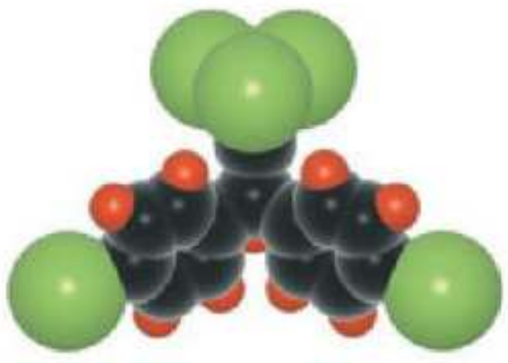
Fot. 162. Substancje wydzielane przez marchew i cebulę współdziałają ze sobą w walce ze szkodnikami, dlatego rośliny te sadzi się obok siebie.

Do ochrony roślin uprawnych używa się środków ochrony roślin, tzw. **pestycydów** (łac. *pestis* – zaraza, *occido* – zabijam). Są to syntetyczne lub naturalne substancje (fot. 162.) powszechnie stosowane do zwalczania organizmów szkodliwych bądź niepożądanych. Za ich pomocą chroni się także m.in. drewno, preparaty biologiczne oraz dzieła sztuki. Ze względu na działanie wyróżnia się kilka rodzajów pestycydów (tabela 37.).

Tabela 37. Podział pestycydów ze względu na działanie

Rodzaje pestycydów	Zwalczane organizmy
fungicydy	grzyby
algicydy	glony
herbicydy	chwasty
moluskocydy	mięczaki
akarycydy	roztocza
insektycydy	owady
rodentycydy	gryzonie

Model cząsteczki DDT



Modele atomów: wodoru, węgla, chloru

Zastosowanie pestycydów w rolnictwie **przyczyniło się do wzrostu wydajności produkcji żywności**. Substancje te są również wykorzystywane w czasie transportu, a następnie przechowywania plonów – do zabezpieczania ich przed szkodnikami. Na obszarze UE obowiązują ujednolicone normy w zakresie dopuszczalnego poziomu

pestycydów w żywności. Dotyczą one nie tylko owoców, warzyw (świeżych oraz mrożonych) i produktów zbożowych, lecz także np. orzechów, kawy, herbaty i kakao.

Podczas stosowania pestycydów należy zachowywać odpowiednie środki ostrożności, m.in. **używać substancji właściwych dla zwalczanej grupy szkodników** oraz korzystać z tych substancji **w odpowiednich dawkach**. Trzeba pamiętać, że celem stosowania pestycydów jest likwidacja określonych organizmów, jednak toksyczność tych związków może nie ograniczać się do założonej grupy docelowej.

Przykładami pestycydów będących związkami organicznymi są kwasy etanowy i cytrynowy (herbicydy), a także DDT, czyli dichlorodifenylotrichloroetan (fot. 163.).

Początkowo DDT ze względu na niską szkodliwość dla ludzi był uznawany za idealny **insektycyd**. W latach 60. XX w. odkryto, że kumuluje się on w tkance tłuszczowej. Dowiedziono także, że ma negatywny wpływ na grubość skorupy jaj wielu gatunków ptaków i z tego powodu spowodował znaczny spadek ich liczebności. W rezultacie na początku lat 70. XX w. zakazano stosowania DDT w Stanach Zjednoczonych, a następnie ograniczono jego użytkowanie także w innych państwach rozwiniętych.



Fot. 163. DDT jest stosowany w niektórych krajach m.in. w walce z malarią. Jest wchłaniany przez powłoki ciała owadów przenoszących tę chorobę i zaburza pracę ich układu nerwowego.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Działanie na skórę temperatury powyżej 55°C powoduje uszkodzenie białka tkankowego. Gorączka śmiertelna dla człowieka to 42–43°C. **Napisz nazwę procesu, który zachodzi w opisanych przypadkach, i wyjaśnij, na czym polega.**

2. **Dopasuj nazwy sposobów konserwowania żywności wymienione w podpunkcie a) do substancji lub procesów w nich stosowanych podanych w podpunkcie b).**
   a) wędzenie, mrożenie, pasteryzacja, peklowanie, kiszenie, marynowanie
   b) fermentacja mlekowa, wytworzenie próżni, dym uzyskany ze spalania drewna, roztwór CH_3COOH, NaCl, temperatura 80–95°C, ciekły N_2

3. Zaprojektuj doświadczenie, w którym udowodnisz, że śmietana zawiera białko. **Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.**

4. **Oblicz, ile maksymalnie miligramów kwasu benzoesowego E 210 może znajdować się w 0,25 kg napoju, jeżeli dopuszczalna ilość tego dodatku w napojach wynosi 200 mg/kg** (wg rozporządzenia Ministra Zdrowia z 27 grudnia 2000 r.).

5. **Napisz, jakie substancje kryją się pod podanymi oznaczeniami: E 330, E 338, E 150d, E 954, E 950, E 951, E 211, E 202, oraz określ, jakie pełnią funkcje.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Zapamiętaj!

Białka – naturalne polimery zbudowane z łańcuchów polipeptydowych, w których reszty aminokwasowe są połączone ze sobą wiązaniami peptydowymi.

Koagulacja – proces przemiany zolu w żel.

Peptyzacja – proces przemiany żelu w zol.

Wysalanie białek – odwracalny proces koagulacji białek pod wpływem roztworów soli metali lekkich, np. NaCl.

Denaturacja – nieodwracalny proces ścinania się białka.

Dodatki do żywności – substancje, które nie są naturalnymi składnikami żywności. Do dodatków zaliczamy m.in. barwniki, substancje konserwujące, przeciwutleniacze, aromaty, regulatory kwasowości, syntetyczne substancje słodzące.

22. Monosacharydy

Owoce zawdzięczają swój słodki smak sacharydom, nazywanym również cukrami lub węglowodanami. Cukry obecne w owocach, np. winogronach (fot. 164.), to glukoza i fruktoza.



Fot. 164. Glukoza znajdująca się m.in. w dojrzałych owocach jest potocznie nazywana cukrem gronowym.

Co to są sacharydy?

Sacharydy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które **zawierają** w cząsteczkach **grupy hydroksylowe** –OH oraz **grupę aldehydową** –CHO lub **grupę karbonylową** $\diagup C{=}O$.

Jak są zbudowane sacharydy?

Sacharydy to grupa związków organicznych zbudowanych z atomów węgla, wodoru i tlenu. Proporcje zawartości poszczególnych pierwiastków chemicznych stały się źródłem nazwy „węglowodany" – związków chemicznych składających się z węgla i wody.

Wzór ogólny sacharydów ma postać:

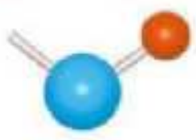
$$C_n(H_2O)_m$$

gdzie:

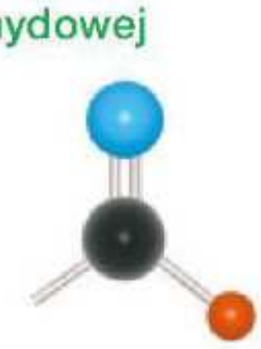
m, n – liczby naturalne; $n \geqslant 3$; $n \geqslant m$.

Najprostsze monosacharydy zawierają w cząsteczce trzy atomy węgla, grupę hydroksylową oraz grupę aldehydową lub ketonową.

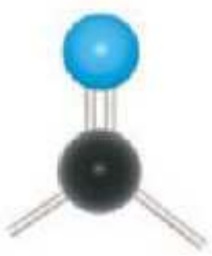
Model grupy hydroksylowej



Model grupy aldehydowej



Model grupy karbonylowej



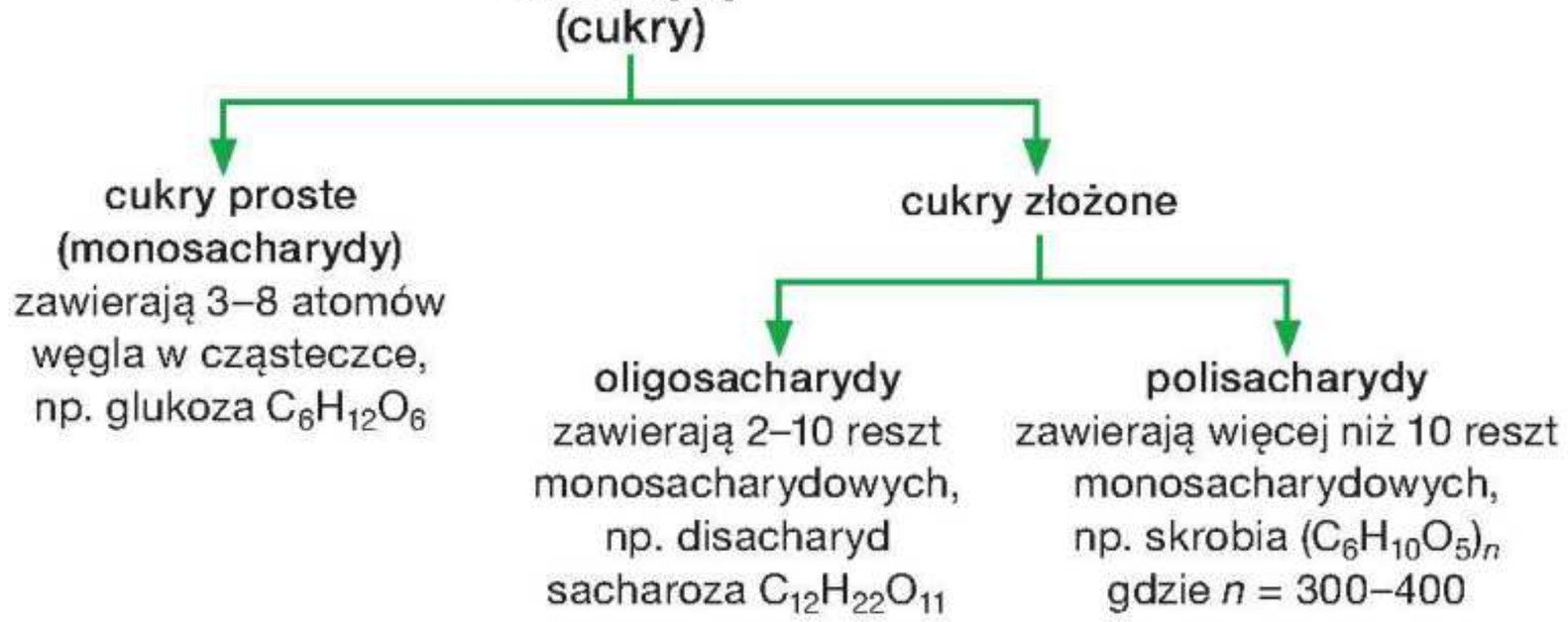
Modele atomów: wodoru węgla tlenu

Jak się tworzy nazwy sacharydów?

Nazwy systematyczne sacharydów są bardzo długie i skomplikowane. Z tego powodu zwykle stosuje się nazwy zwyczajowe z charakterystyczną końcówką „-**oza**", np.: gluk**oza**, frukt**oza**, ryb**oza**, sachar**oza**.

Jak można podzielić sacharydy?

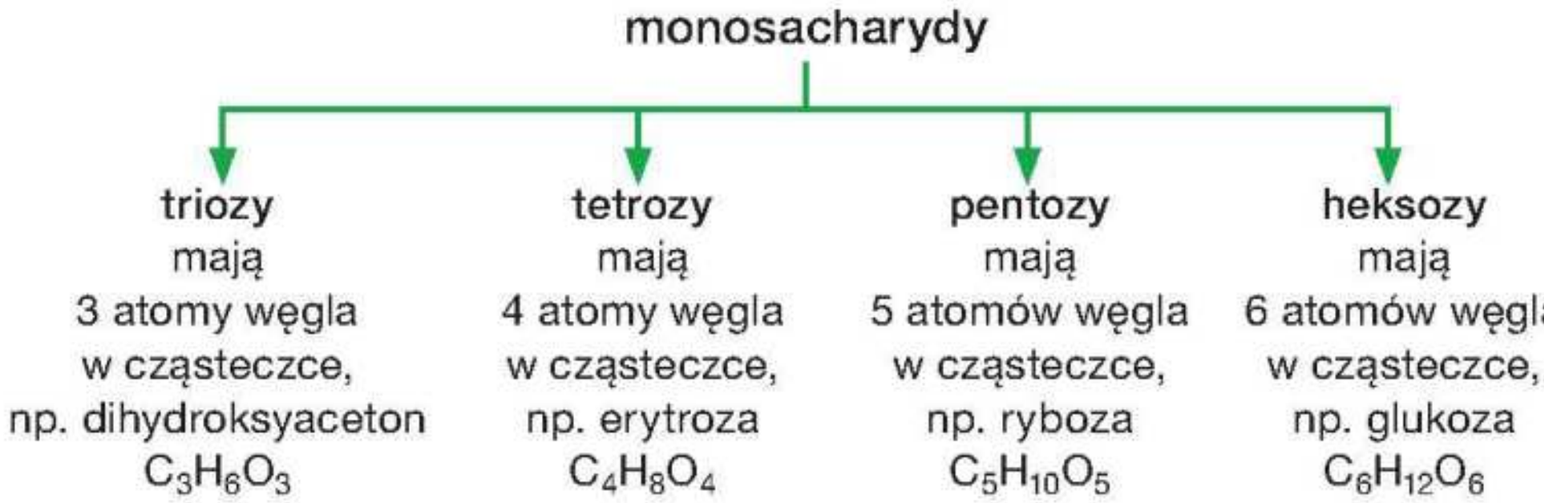
Sacharydy można podzielić ze względu na **budowę cząsteczek**:



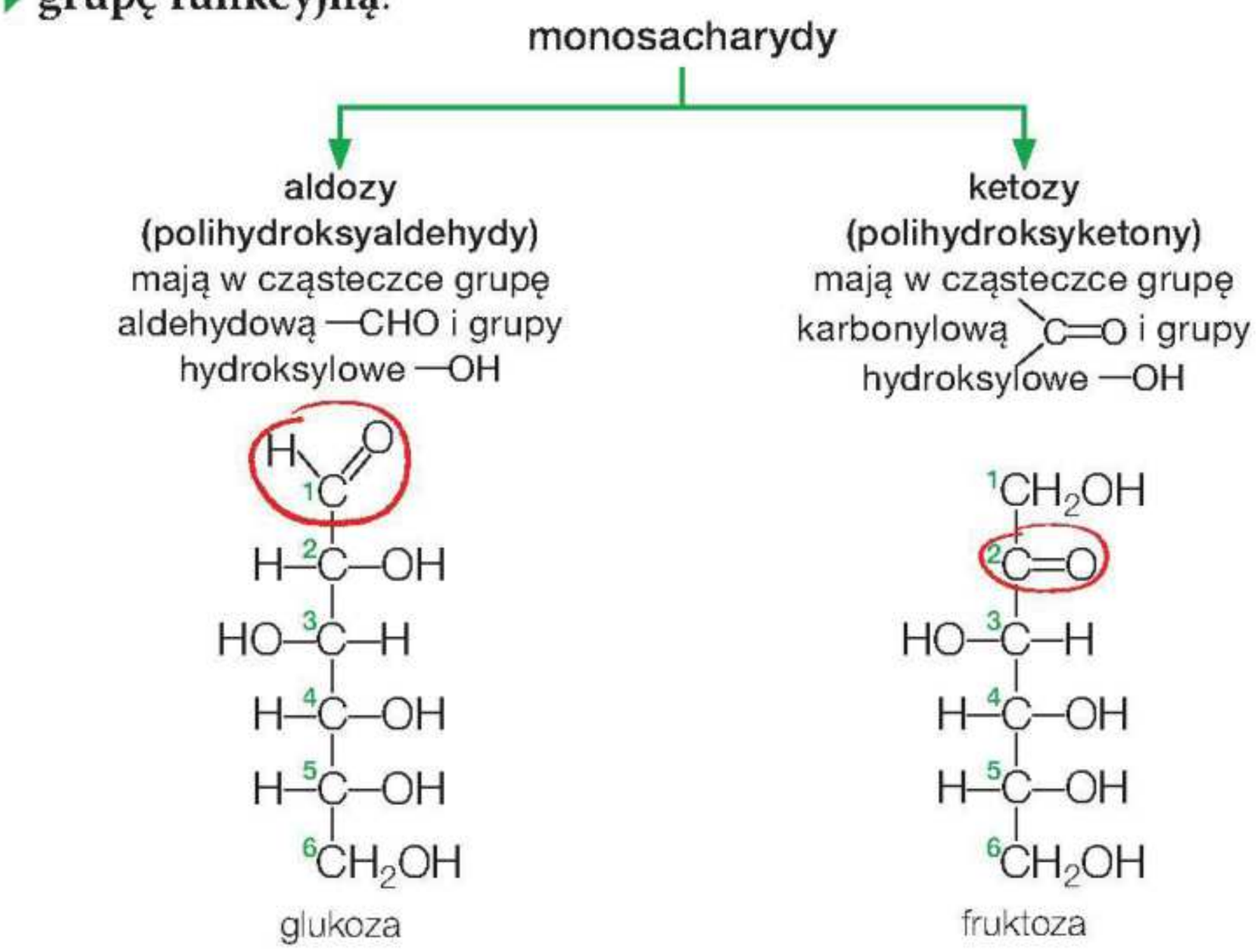
Jak można podzielić monosacharydy?

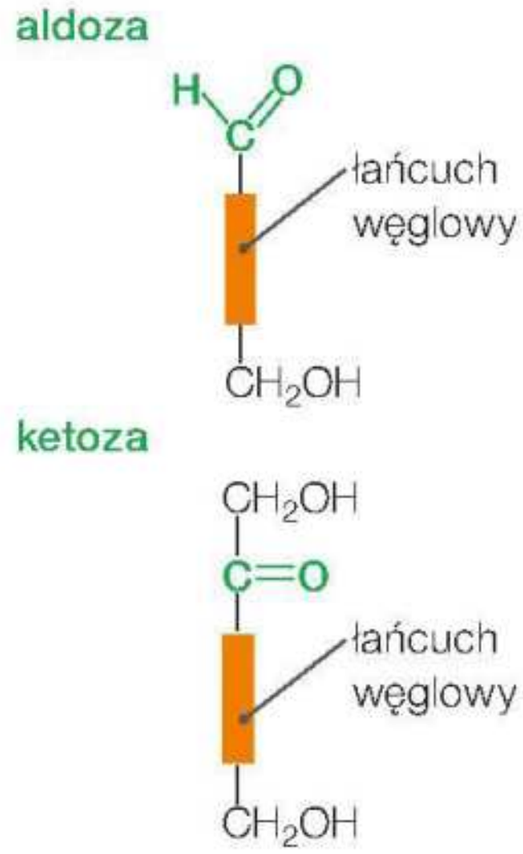
Monosacharydy można podzielić ze względu na dwa kryteria:

- **liczbę atomów węgla** w cząsteczce:



- **grupę funkcyjną**:

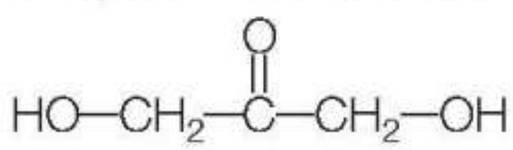






Chemia w akcji

Trioza, oznaczana na opakowaniach kosmetyków jako **DHA**, barwi skórę na kolor podobny do opalenizny słonecznej. Z tego powodu wykorzystuje się ją w samoopalaczach (fot. 165.). Brązowy pigment (melanoidyna) oraz charakterystyczny zapach powstają w wyniku reakcji dihydroksyacetonu z aminokwasami zawartymi w skórze. To, jak szybko skóra powróci do naturalnego koloru sprzed zastosowania samoopalacza, zależy od szybkości złuszczania się naskórka.



Fot. 165. DHA, czyli sacharyd o trzech atomach węgla w cząsteczce, barwi skórę na brązowo.



Te dwie klasyfikacje monosacharydów nakładają się na siebie. To oznacza, że na przykład każdy sacharyd o sześciu atomach węgla w cząsteczce jest heksozą i **równocześnie** aldozą lub ketozą, np. glukoza to **aldoheksoza**, a fruktoza to **ketoheksoza**.

Aldozy i ketozy, podobnie jak aldehydy i ketony, są względem siebie **izomerami funkcyjnymi**. A to oznacza, że mają taki sam wzór sumaryczny, ale różne grupy funkcyjne.

W jaki sposób przedstawia się wzory monosacharydów?

Wzory monosacharydów można zapisać w postaci tzw. **wzorów (projekcji) Fischera** [czyt. fiszera] lub **wzorów Hawortha** [czyt. hałorta], nazywanych też **wzorami taflowymi**.

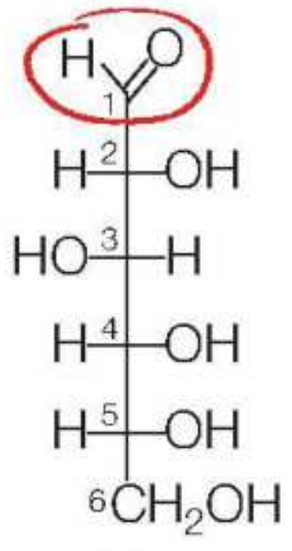
Wzory Fischera stosuje się, aby pokazać **budowę cząsteczki w formie liniowej (łańcuchowej)**, natomiast wzory Hawortha pokazują **cykliczną budowę cząsteczek**.

Jak się tworzy wzory Fischera?

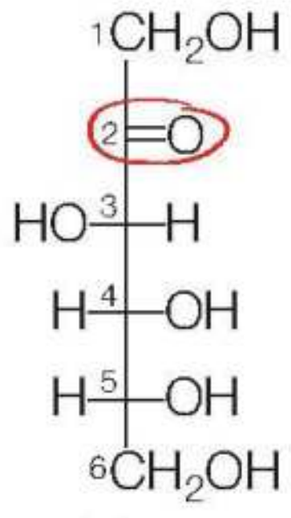
Zapisując wzory Fischera, należy pamiętać, że:

- **łańcuch węglowy** jest przedstawiony za pomocą pionowej kreski,
- **nie zaznacza się symboli atomów węgla** wewnątrz łańcucha węglowego (można je ponumerować, rozpoczynając od góry),
- **grupy aldehydowa lub ketonowa są** zawsze **na górze wzoru**,
- **grupy hydroksylowe i atomy wodoru są** zawsze **po bokach łańcucha węglowego**, np.:

wzory **Fischera**



glukoza



fruktoza

Jak się tworzy wzory Hawortha?

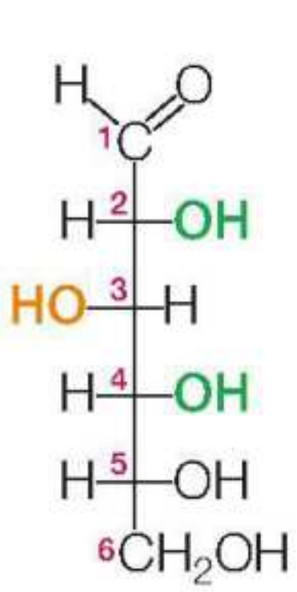
Wzory Hawortha tworzy się **zgodnie z trzema zasadami**:

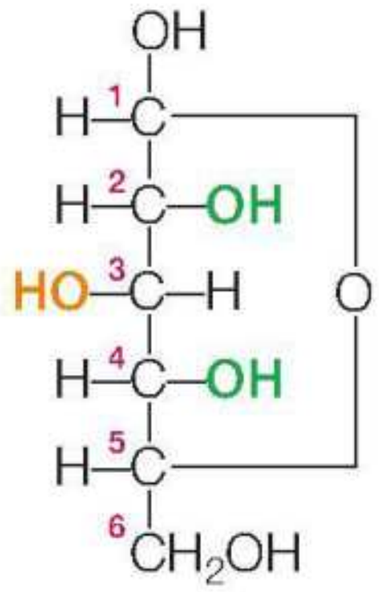
Zasada 1. Najdalej na prawo w pierścieniu znajduje się atom węgla C_1.

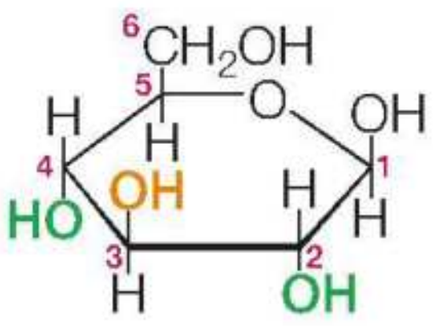
Zasada 2. Atomy węgla numeruje się zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Zasada 3. Grupy –OH i atomy wodoru traktuje się jak podstawniki i umieszcza się je **pod płaszczyzną pierścienia**, jeżeli **we wzorze Fischera są po prawej stronie**, lub **nad płaszczyzną pierścienia**, jeśli **we wzorze Fischera są po lewej stronie**.

Wzory cząsteczki glukozy:

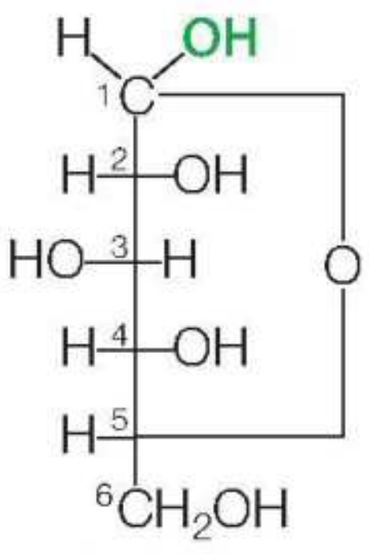

wzór Fischera

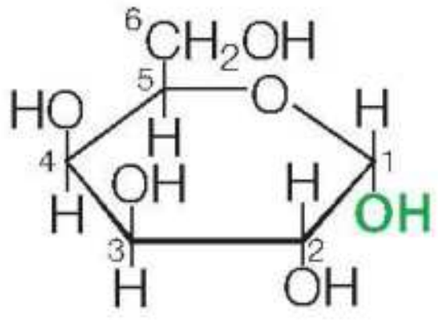

wzór pierścieniowy


wzór Hawortha

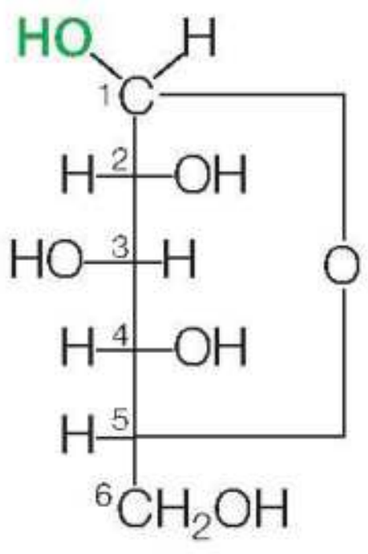
Podstawniki –H i –OH, które znajdują się w cząsteczce glukozy przy atomie węgla C_1, mogą być rozmieszczone na dwa sposoby. Dla rozróżnienia tych dwóch form używa się symboli α i β. Takie związki chemiczne nazywa się **anomerami**, a atom węgla C_1 **anomerycznym atomem węgla**. A więc cząsteczkę glukozy można przedstawić za pomocą następujących wzorów:

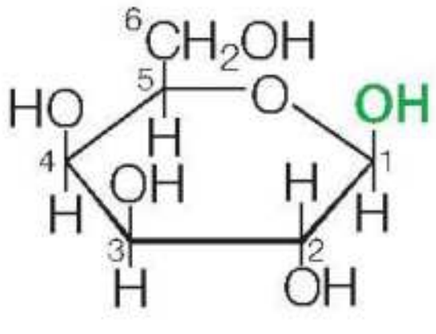
anomer α


wzór Fischera


wzór Hawortha

anomer β


wzór Fischera


wzór Hawortha

Jest na to sposób!

Jak ze wzoru Fischera utworzyć wzór Hawortha?

Przekształcenie wzoru Fischera we wzór Hawortha przypomina zapinanie bransoletki. Cząsteczka liniowa zamienia się w cząsteczkę pierścieniową (cykliczną).



wzór Fischera
to forma liniowa wzoru cząsteczki



wzór Hawortha
to forma pierścieniowa wzoru cząsteczki

Jak powstaje glukoza?

Glukoza powstaje **w wyniku reakcji fotosyntezy**, której substratami są tlenek węgla(IV) i woda. Fotosynteza przebiega pod wpływem energii światła słonecznego dzięki obecności chlorofilu. W jej wyniku oprócz **glukozy** powstaje także niezbędny do życia **tlen** (fot. 166.). Fotosynteza jest złożonym wieloetapowym procesem, który zachodzi zgodnie z uproszczonym równaniem:

reakcja **fotosyntezy**

$$\underset{\text{tlenek węgla(IV)}}{6\,CO_2} + \underset{\text{woda}}{6\,H_2O} \xrightarrow[\text{chlorofil}]{\text{energia słoneczna}} \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{tlen}}{6\,O_2\uparrow}$$

Szacuje się, że rocznie w procesie fotosyntezy rośliny wytwarzają ok. 100 mld ton glukozy. Może ona być dalej przekształcana w inne sacharydy.

pęcherzyki tlenu



Fot. 166. Rośliny wodne przeprowadzają fotosyntezę pod wodą. Jej widocznym efektem są pęcherzyki wytworzonego gazu – tlenu.

Jakie właściwości mają monosacharydy?

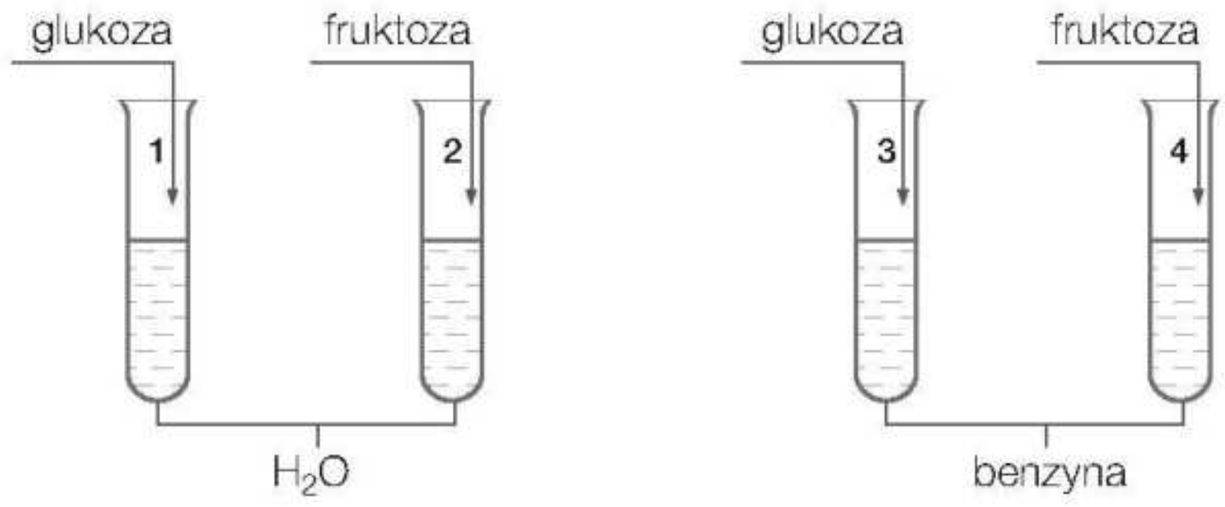
Doświadczenie 47.  benzyna

Badanie właściwości glukozy i fruktozy

Odczynniki: glukoza, fruktoza, woda destylowana, benzyna.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łyżka do odczynników, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: Określ zapach, stan skupienia, barwę oraz rozpuszczalność glukozy i fruktozy w wodzie destylowanej i w benzynie. Zbadaj odczyn otrzymanych wodnych roztworów glukozy i fruktozy.



Obserwacje: Glukoza i fruktoza to bezwonne, bezbarwne, krystaliczne substancje stałe (fot. 168., s. 283). Bardzo dobrze rozpuszczają się w wodzie, za to nie rozpuszczają się w benzynie. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w ich wodnych roztworach nie zmienia barwy (fot. 167.).



Fot. 167. Barwa papierka wskaźnikowego nie zmienia się, czyli wodne roztwory monosacharydów mają odczyn obojętny (cukry nie dysocjują).

Wniosek: Dobra rozpuszczalność w wodzie (rozpuszczalniku polarnym) glukozy i fruktozy wynika z polarnej budowy ich cząsteczek. Te monosacharydy trudno rozpuszczają się natomiast w rozpuszczalnikach niepolarnych, np. benzynie. Wodne roztwory glukozy i fruktozy mają odczyn obojętny, a więc glukoza i fruktoza nie dysocjują na jony.

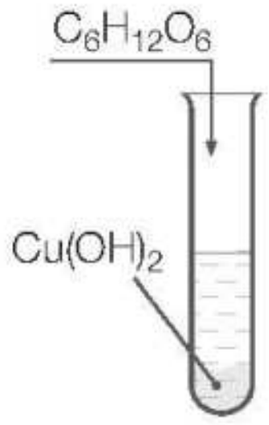


Fot. 168. Widoczna biała barwa glukozy jest efektem jej dużego rozdrobnienia. W rzeczywistości glukoza jest bezbarwna.

Doświadczenie 48. $CuSO_4$ NaOH

Wykrywanie obecności grup hydroksylowych w cząsteczce glukozy

Odczynniki: roztwór glukozy, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, wkraplacze.
Instrukcja: Nalej do probówki ok. 2 cm^3 roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) i dodawaj roztwór wodorotlenku sodu do strącenia osadu. Następnie dodaj ok. 2 cm^3 roztworu glukozy (schemat). Wstrząśnij zawartością probówki.



Obserwacje: Po dodaniu roztworu wodorotlenku sodu do roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) w probówce strącił się niebieski, galaretowaty osad. Po dodaniu do osadu roztworu glukozy w probówce osad znika – powstaje szafirowy, klarowny roztwór (fot. 169.).
Wniosek: Glukoza reaguje z wodorotlenkiem miedzi(II) w temperaturze pokojowej.

Produktem reakcji glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II), podobnie jak w przypadku alkoholi polihydroksylowych (patrz doświadczenie 19., s. 128), jest związek kompleksowy miedzi.

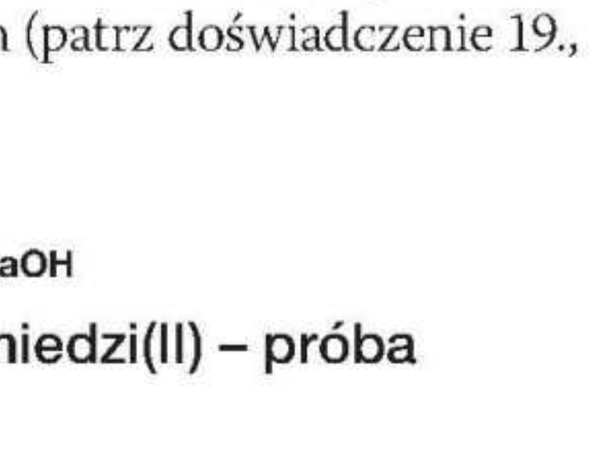


Fot. 169. Reakcja glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II).

Doświadczenie 49. $CuSO_4$ NaOH

Reakcja glukozy z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera

Odczynniki: stężony roztwór glukozy, roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, łapa drewniana, wkraplacz.
Instrukcja: Otrzymaj wodorotlenek miedzi(II) – odczynnik Trommera, w taki sam sposób jak w doświadczeniu 48. Następnie do probówki z osadem dodaj ok. 2 cm^3 stężonego roztworu glukozy. Wstrząśnij zawartością probówki i ogrzej probówkę, umieszczając ją w zlewce z gorącą wodą (schemat).





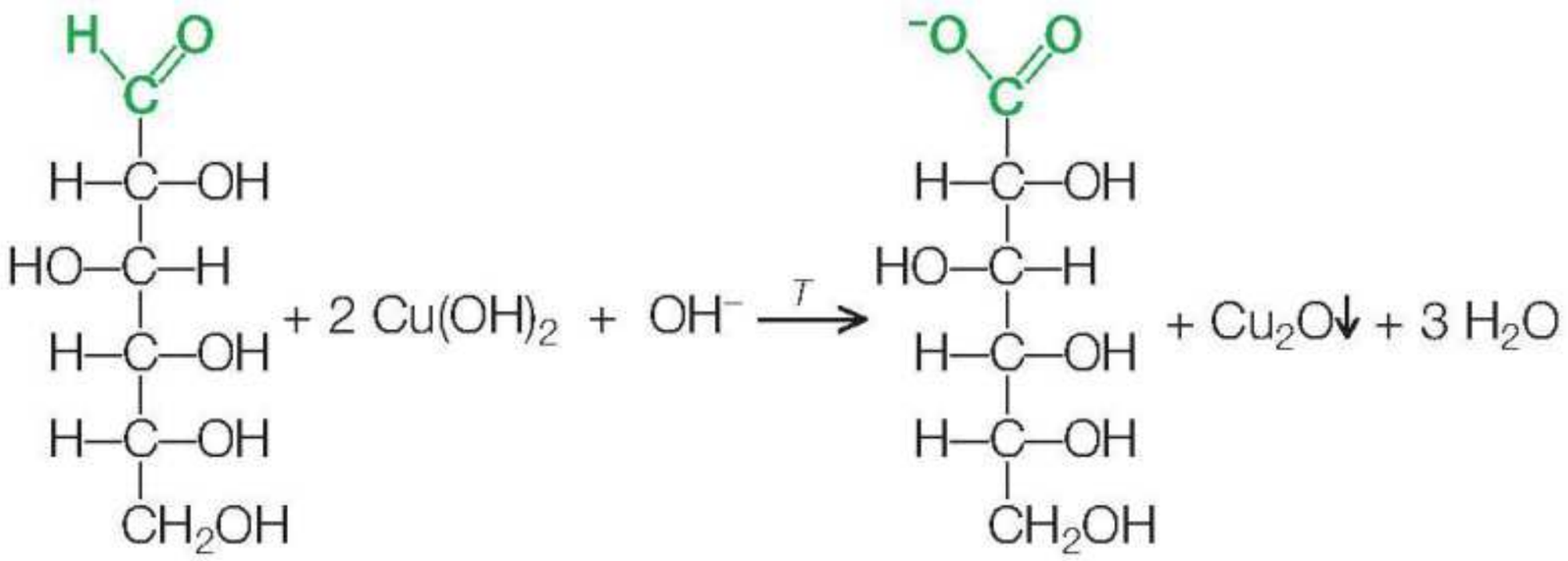
Fot. 170. Reakcja glukozy z odczynnikiem Trommera.

próba Trommera – reakcja z wodorotlenkiem miedzi(II) – odczynnikiem Trommera

Obserwacje: Po ogrzaniu zawartości probówki nie widać szafirowej barwy roztworu. Zawartość probówki zmienia barwę z szafirowej na ceglastoczerwoną (fot. 170., s. 283).
Wniosek: Pod wpływem wysokiej temperatury w probówce nastąpiła **redukcja wodorotlenku miedzi(II)** do **tlenku miedzi(I)**, który ma postać ceglastoczerwonego osadu.

Glukoza – podobnie jak aldehydy (patrz doświadczenie 25., s. 147) – **ma właściwości redukujące**.

Reakcja chemiczna, która zaszła w doświadczeniu 49., przebiega zgodnie z równaniem:



Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



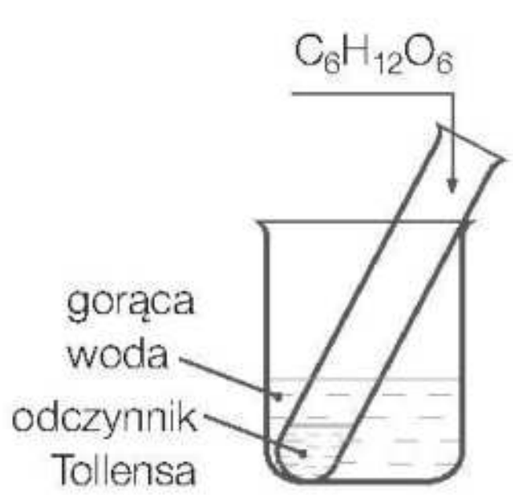
Doświadczenie 50.





Reakcja glukozy z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I) – próba Tollensa

Odczynniki: stężony roztwór glukozy, roztwór azotanu(V) srebra(I), wodny roztwór amoniaku, woda destylowana, płyn do mycia naczyń, stężony roztwór wodorotlenku sodu, gorąca woda.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, pipeta, łapa drewniana, wkraplacz.
Instrukcja: Umyj starannie probówkę wodą z płynem do mycia naczyń, a potem dokładnie ją wypłucz wodą destylowaną (dzięki temu wynik doświadczenia będzie bardziej efektowny). Wlej do probówki ok. 3 cm^3 roztworu azotanu(V) srebra(I) i dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami wodny roztwór amoniaku aż do całkowitego roztworzenia się strąconego osadu. Dodaj ok. 2 cm^3 stężonego roztworu glukozy. Wstrząśnij zawartością probówki i ogrzej dno probówki w zlewce z gorącą wodą.



Należy stosować świeżo otrzymane roztwory amoniakalne srebra, ponieważ w tych, które są przechowywane przez dłuższy czas, mogą powstać wybuchowe związki srebra.

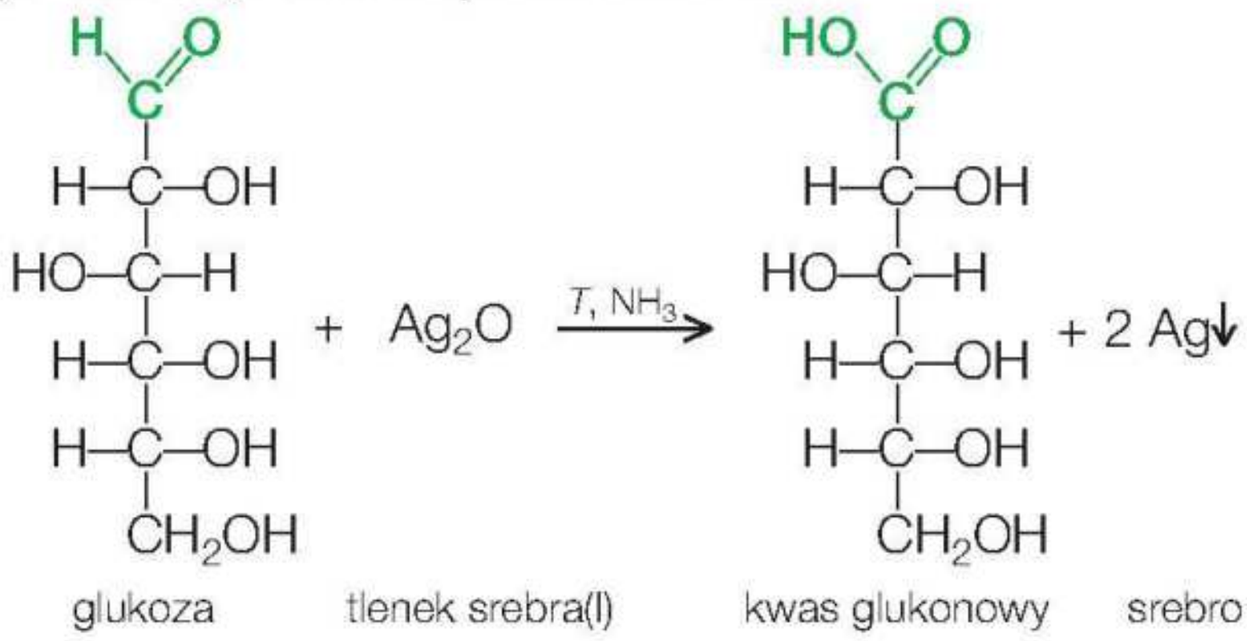
Obserwacje: Po dodaniu stężonego roztworu glukozy i ogrzaniu probówki jej ścianki pokrywają się błyszczącym, srebrzystym nalotem (fot. 171.).

Wniosek: Po dodaniu do odczynnika Tollensa stężonego roztworu glukozy i ogrzaniu jony srebra redukują się z I stopnia utlenienia **do metalicznego srebra**. Pokrywa ono ścianki probówki i tworzy tzw. **lustro srebrowe**.



Fot. 171. Reakcja glukozy z odczynnikiem Tollensa.

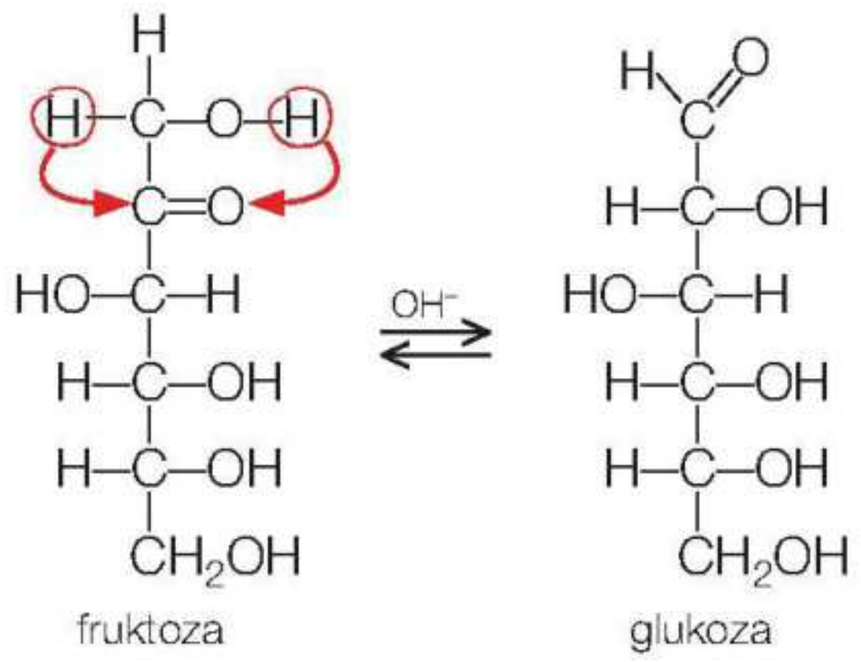
Reakcja chemiczna, która zaszła w doświadczeniu 50., s. 284, przebiega zgodnie z uproszczonym równaniem:



Podobnie jak w przypadku aldehydów (patrz *Aldehydy*, s. 146) reakcja przebiega w środowisku zasadowym, więc jej produktem jest anion kwasu karboksylowego. **Fruktoza** (ketoza) podobnie jak **glukoza** (aldoza) **ma właściwości redukujące**.

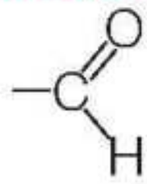
Nie można odróżnić fruktozy od glukozy za pomocą prób Trommera i Tollensa.

Jest to spowodowane tym, że w środowisku zasadowym atomy wodoru mogą się przemieszczać między pierwszym a drugim atomem węgla w cząsteczce fruktozy. Wynikiem tego jest przekształcenie grupy karbonylowej w grupę hydroksylową i powstanie grupy aldehydowej.

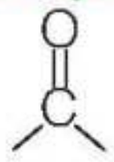


próba Tollensa – reakcja z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I) – odczynnikiem Tollensa

grupa **aldehydowa**



grupa **karbonylowa**



Jak można odróżnić glukozę od fruktozy?

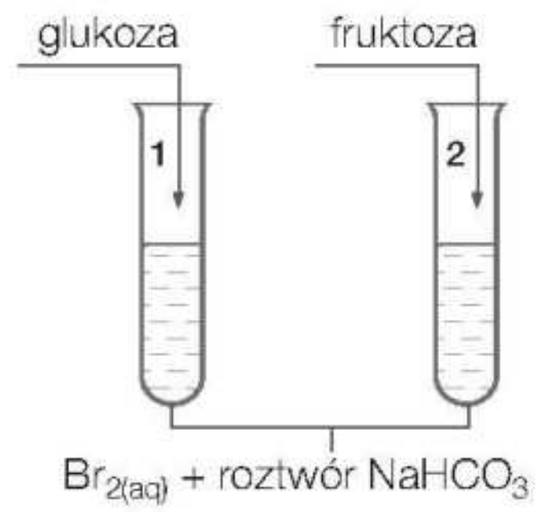
Doświadczenie 51. Br_2

Odróżnianie glukozy od fruktozy

Odczynniki: roztwór glukozy, roztwór fruktozy, wodny roztwór wodorowęglanu sodu, woda bromowa.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, wkraplacz.

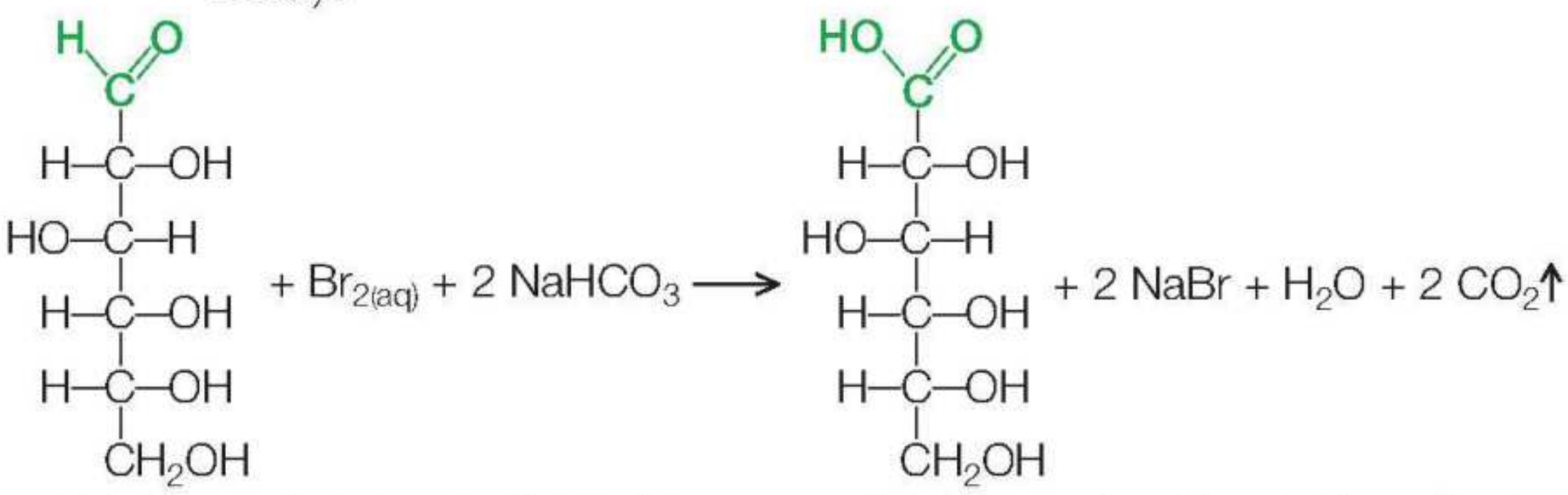
Instrukcja: Nalej do dwóch probówek po mniej więcej 2 cm^3 wody bromowej i dodaj do nich niewielką ilość wodnego roztworu wodorowęglanu sodu. Następnie do probówki 1. dodaj wodny roztwór glukozy, a do 2. – wodny roztwór fruktozy (schemat).



Obserwacje: W probówce 1. woda bromowa odbarwiła się i wydzieliły się pęcherzyki gazu. W probówce 2. nie widać objawów reakcji (fot. 172.).

Wniosek: Pod wpływem bromu, w obecności wodnego roztworu $NaHCO_3$ **glukoza ulega utlenieniu do kwasu glukonowego**. W tym środowisku fruktoza nie reaguje z bromem.

Zmiany zaobserwowane w doświadczeniu przedstawia równanie reakcji:



Dzięki tej reakcji chemicznej można odróżnić glukozę (aldozę) od fruktozy (ketozy).



Fot. 172. Reakcja wody bromowej, w obecności wodorowęglanu sodu, z wodnym roztworem glukozy (probówka 1.) i fruktozy (probówka 2.).

Zastosowania

Monosacharydy

Do słodzenia potraw używa się glukozy. Natomiast diabetycy zamiennie stosują fruktozę, która powoduje wolniejszy wzrost poziomu cukru we krwi. Kosmetyki zawierające związki glukozy działają nawilżająco i zmiękczająco.



Przemysł włókienniczy

Glukozy używa się do barwienia skór, **bielenia bawełny** oraz nadawania połysku tkaninom.



Przemysł szklarski

Próba Tollensa, czyli lustra srebrnego, to reakcja charakterystyczna glukozy. Dzięki niej uzyskuje się błyszczącą powierzchnię bombek i **luster**.



Przemysł spożywczy

Syrop glukozowo-fruktozowy używany jest do produkcji soków, napojów izotonicznych oraz dżemów. Stosuje się go też jako zamiennik miodu, np. w **piernikach**.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. *Rocket candy* (ang. cukierek rakietowy) jest potoczną nazwą paliwa rakietowego stosowanego w modelarstwie. Wytwarza się je w wyniku zmieszania glukozy z utleniaczem (zwykle azotanem(V) potasu) w stosunku masowym 7 : 13. **Oblicz, ile gramów glukozy oraz ile gramów utleniacza potrzeba do wytworzenia 1 kg paliwa.** Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.
2. Glukoza ulega reakcji spalania całkowitego w tlenie. **Napisz równanie tej reakcji chemicznej.**
3. Do probówki zawierającej odczynnik Trommera dodano stężony wodny roztwór fruktozy, po czym ogrzano zawartość probówki. **Napisz obserwacje i sformułuj wniosek dotyczący właściwości cząsteczki fruktozy.**
4. **Oblicz zawartość procentową węgla w glukozie. Oszacuj, jaka będzie zawartość procentowa węgla we fruktozie. Odpowiedź uzasadnij.**

Zapamiętaj!

Sacharydy (cukry) – związki organiczne składające się z węgla, wodoru i tlenu, o wzorze ogólnym $C_n(H_2O)_m$, gdzie m, n – liczby naturalne; $n \geqslant m$.

Monosacharydy – cukry proste, zawierające w cząsteczce od trzech do ośmiu atomów węgla, grupy hydroksylowe —OH i grupę aldehydową lub grupę karbonylową.

Aldozy – sacharydy zawierające w cząsteczce grupę —CHO.

Ketozy – sacharydy zawierające w cząsteczce grupę $\rangle C{=}O$.

23. Disacharydy



Fot. 173. Cukier może być brązowy (nierafinowany) lub biały (poddany procesowi rafinacji).

Cukier (fot. 173.) powszechnie używany m.in. do słodzenia herbaty i kawy, a także dodawany do ciast i wyrobów spożywczych to disacharyd – sacharoza. Pozyskuje się go z trzciny cukrowej i z buraków cukrowych.

Co to są disacharydy?

Disacharydy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, których cząsteczki powstają w wyniku reakcji kondensacji dwóch cząsteczek monosacharydów.



Fakty czy mity

Jeśli w składzie produktu spożywczego nie ma sacharozy, to znaczy, że ten wyrób nie zawiera cukru – MIT

Normy prawne regulują maksymalną ilość sacharozy w żywności. Aby zwiększyć słodkość produktów, stosuje się więc inne dodatki słodzące, np. syrop glukozowo-fruktozowy (fot. 174.).

Jest to oczyszczony i zagęszczony roztwór monosacharydów (55% glukozy, 42% fruktozy i 3% innych cukrów). Otrzymuje się go w wyniku hydrolizy skrobi kukurydzianej. Z punktu widzenia przetwórstwa ma on cenne właściwości: małą lepkość, niską skłonność do krystalizacji i odporność na działanie mikroorganizmów. Jednak ma niekorzystne skutki zdrowotne, m.in. zwiększa apetyt i powoduje szybkie tycie.

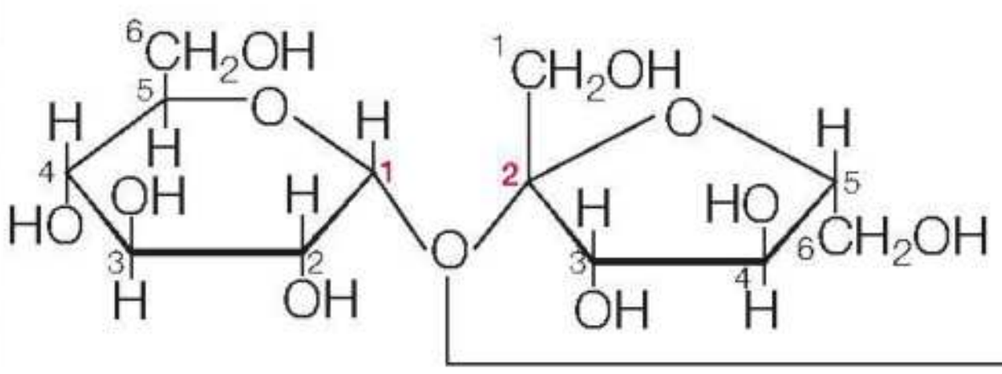
Fot. 174. Syrop glukozowo-fruktozowy jest dodawany m.in. do słodyczy.

Jak są zbudowane disacharydy?

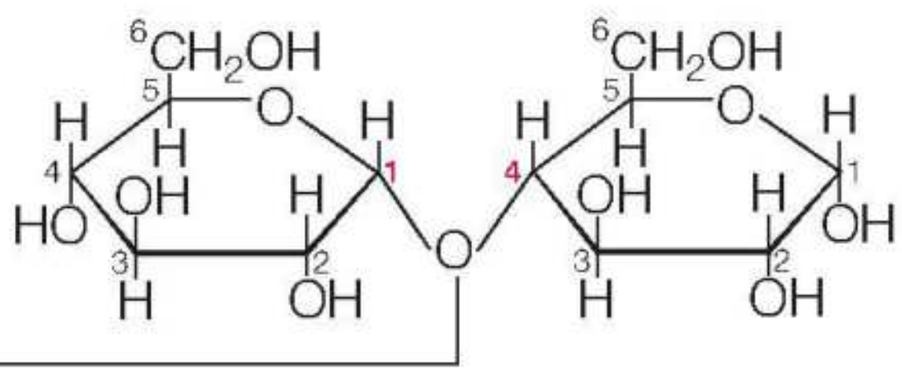
Disacharydy zawierają w cząsteczkach **grupy hydroksylowe –OH** oraz **wiązanie *O*-glikozydowe**. Litera *O*- w nazwie wiązania *O*-glikozydowego pochodzi od symbolu chemicznego atomu tlenu, którym są ze sobą połączone **dwie reszty monosacharydowe**.

Dla większej precyzji w nazwie wiązania glikozydowego podaje się numery atomów węgla, przy których znajdują się grupy hydroksylowe biorące udział w jego powstawaniu. Na przykład:

sacharoza



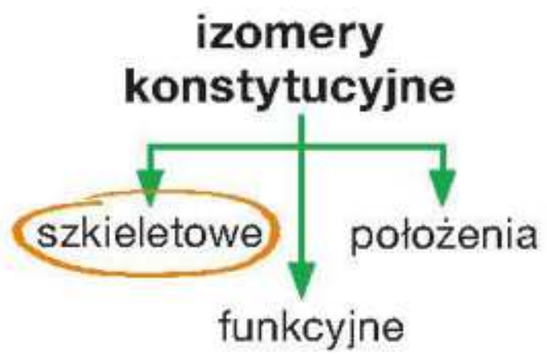
maltoza



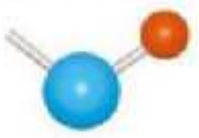
wiązanie *O*-glikozydowe

Sacharoza jest zbudowana z reszt glukozy i fruktozy, a maltoza z dwóch reszt glukozy. W sacharozie występuje wiązanie **1**,**2**-glikozydowe. Oznacza to, że wiązanie glikozydowe powstaje między atomem węgla C_1 pierwszej cząsteczki monosacharydu a grupą –OH przyłączoną do atomu węgla C_2 drugiej cząsteczki monosacharydu. W przypadku maltozy reszty monosacharydowe są połączone wiązaniem **1**,**4**-glikozydowym. Aby rozróżnić atomy węgla o tych samych numerach, ale znajdujące się w innych cząsteczkach, stosuje się znak „'".

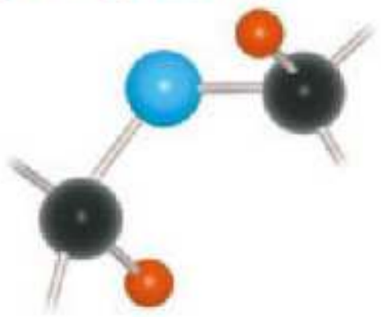
Sacharoza i maltoza mają taki sam wzór sumaryczny – $C_{12}H_{22}O_{11}$, co oznacza, że są względem siebie **izomerami szkieletowymi**.



Model grupy hydroksylowej



Model wiązania O-glikozydowego



Modele atomów: wodoru, węgla, tlenu

Jak przedstawić wzory disacharydów?

Wzory disacharydów przedstawia się przy użyciu **wzorów Hawortha** [czyt. hałorta], nazywanych też **wzorami taflowymi**. Tworzy się je na podstawie wzorów Fischera [czyt. fiszera] (patrz s. 280). Wzory Hawortha dobrze pokazują cykliczną budowę cząsteczek disacharydów.

Jakie właściwości mają disacharydy?

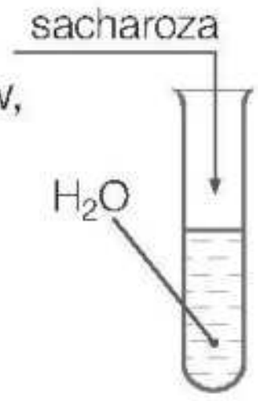
Doświadczenie 52.

Badanie właściwości sacharozy

Odczynniki: sacharoza, woda destylowana.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, łyżka do odczynników, uniwersalne papierki wskaźnikowe.

Instrukcja: Określ zapach, stan skupienia, barwę oraz rozpuszczalność sacharozy w wodzie destylowanej. Zbadaj odczyn otrzymanego wodnego roztworu sacharozy.



Obserwacje: Sacharoza to bezwonna, bezbarwna, krystaliczna substancja stała (fot. 175.). Bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie. Uniwersalny papierek wskaźnikowy zanurzony w roztworze sacharozy nie zmienia barwy.

Wniosek: Dobra rozpuszczalność sacharozy w wodzie (rozpuszczalniku polarnym) wynika z tego, że jej cząsteczki mają budowę polarną. Wodny roztwór sacharozy ma odczyn obojętny.



Fot. 175. Barwa sacharozy zależy od stopnia jej rozdrobnienia.

Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Doświadczenie 53. $AgNO_3$, $NH_3 + H_2O$, NaOH, $HCl_{(aq)}$, $HCl_{(aq)}$, $NH_3 + H_2O$

Reakcja sacharozy z amoniakalnym roztworem tlenku srebra(I) – próba Tollensa

Odczynniki: roztwór sacharozy, roztwór azotanu(V) srebra(I), wodny roztwór amoniaku, kwas chlorowodorowy, roztwór wodorotlenku sodu, woda destylowana, płyn do mycia naczyń, gorąca woda.

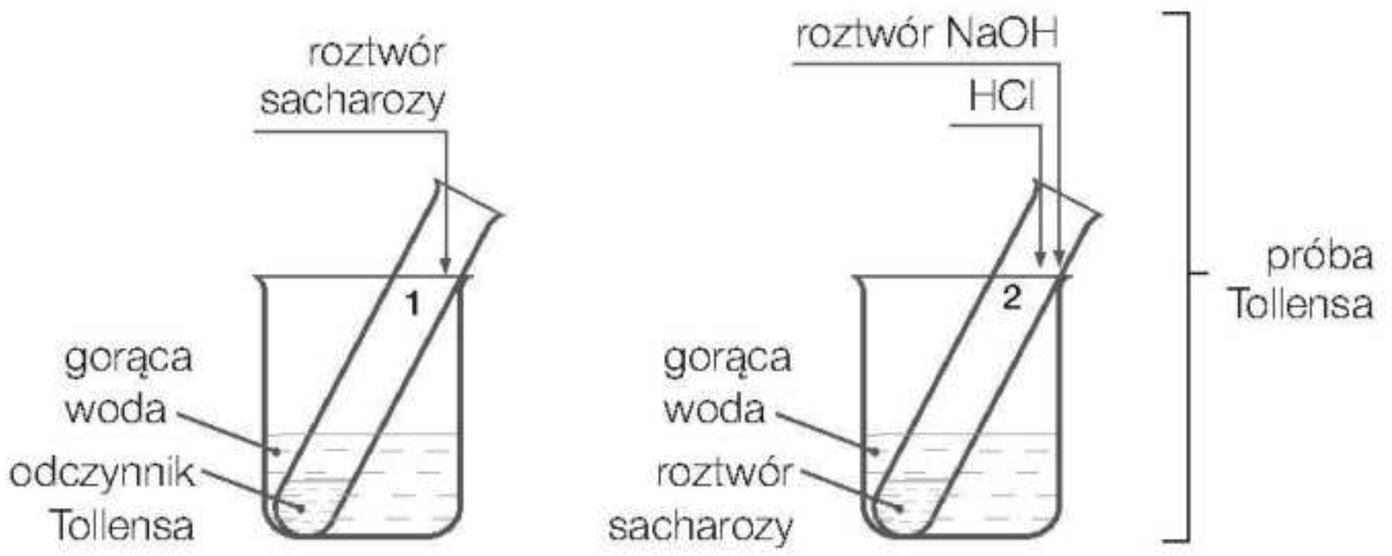
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, łapa drewniana, wkraplacz, zlewki, uniwersalny papierek wskaźnikowy.

Instrukcja: Umyj starannie probówki wodą z płynem do mycia naczyń, a potem dokładnie je wypłucz wodą destylowaną.

a) Wlej do probówki 1. ok. 3 cm^3 roztworu azotanu(V) srebra(I) i dodaj pipetą kilka kropli stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodawaj kroplami wodny roztwór amoniaku aż do całkowitego roztworzenia się strąconego osadu. Potem dodaj ok. 2 cm^3 stężonego roztworu sacharozy. Wstrząśnij zawartością probówki i ogrzej ją w zlewce z gorącą wodą.

b) Wlej do probówki 2. ok. 5 cm^3 roztworu sacharozy i ok. 3 cm^3 kwasu chlorowodorowego. Zawartość probówki zobojętnij roztworem wodorotlenku sodu i wykonaj próbę Tollensa.

Należy stosować świeżo otrzymane roztwory amoniakalne srebra, ponieważ w tych, które są przechowywane przez dłuższy czas, mogą powstać wybuchowe związki srebra.



Obserwacje: W probówce 1. nie widać objawów reakcji chemicznej. Ścianki probówki 2. pokrywają się błyszczącym, srebrzystym nalotem.

Wniosek: Sacharoza nie reaguje z odczynnikiem Tollensa, co oznacza, że nie ma właściwości redukujących. W probówce 2. produkt reakcji sacharozy z kwasem chlorowodorowym reaguje z odczynnikiem Tollensa – ma właściwości redukujące.

Sacharoza ulega **hydrolizie w obecności kwasu chlorowodorowego**. Produktami tej reakcji są związki chemiczne o właściwościach redukujących. Hydroliza sacharozy przebiega zgodnie z równaniem reakcji:

reakcja **hydrolizy**

$$\underset{\text{sacharoza}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \xrightarrow[\text{hydroliza}]{\text{HCl lub enzymy}} \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktoza}}{C_6H_{12}O_6}$$

Hydroliza sacharydów zachodzi również w układzie trawiennym, z udziałem odpowiednich enzymów, podczas trawienia pokarmu.

Właściwości redukujące sacharozy i produktów jej hydrolizy można zbadać również za pomocą próby Trommera.

Roztwór sacharozy daje negatywny wynik próby Trommera. Produkty jej hydrolizy dają wynik pozytywny – powstaje ceglastoczerwony osad tlenku miedzi(I).

Maltoza podobnie jak sacharoza jest substancją stałą, dobrze rozpuszczalną w wodzie. Produktem jej hydrolizy jest glukoza:

$$\underset{\text{maltoza}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{woda}}{H_2O} \xrightarrow[\text{hydroliza}]{\text{HCl lub enzymy}} 2\ \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6}$$

Hydroliza maltozy może być katalizowana nie tylko kwasem chlorowodorowym, lecz także **maltazą** – enzymem zawartym w kiełkach jęczmienia. Proces ten jest wykorzystywany w browarnictwie do otrzymywania słodu (fot. 176.), czyli składnika niezbędnego do produkcji piwa.



Fot. 176. W procesie słodowania, czyli wytwarzania słodu jęczmiennego, enzymy zawarte w ziarnach rozkładają znajdującą się tam skrobię na prostsze sacharydy, głównie maltozę.

Doświadczenie 54.



$AgNO_3$, $NH_3 + H_2O$,



NaOH



$NH_3 + H_2O$

Badanie właściwości redukujących maltozy – próba Tollensa

Odczynniki: stężony roztwór maltozy, roztwór azotanu(V) srebra(I), wodny roztwór amoniaku, stężony roztwór wodorotlenku sodu, woda destylowana, płyn do mycia naczyń, gorąca woda.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, zlewka, łapa drewniana, wkraplacz.

Instrukcja: Wykonaj próbę Tollensa z udziałem roztworu maltozy zgodnie z instrukcją z podpunktu a) w doświadczeniu 53. (s. 290).

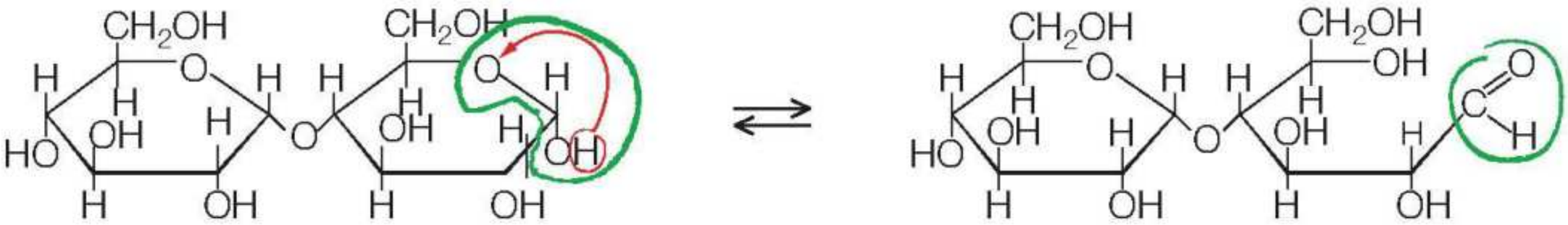


Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.

Obserwacje: Ścianki probówki pokrywają się błyszczącym, srebrzystym nalotem.

Wniosek: Maltoza ma właściwości redukujące.

Właściwości redukujące maltozy wynikają z tego, że pierścień, którego atom węgla C_1 nie tworzy wiązania *O*-glikozydowego, może otwierać się i tworzyć grupę funkcyjną – **grupę aldehydową**:



maltoza

cząsteczka maltozy z wolną grupą aldehydową

Grupa aldehydowa maltozy, podobnie jak w przypadku aldoz, **może zostać utleniona** przez łagodne utleniacze. Z tego powodu **maltoza daje pozytywny wynik w próbie Tollensa**.

Zastosowania

Disacharydy

Sacharoza jest najpopularniejszym disacharydem stosowanym w przemyśle spożywczym. Pod wpływem wysokiej temperatury ulega ona karmelizacji, a powstały karmel jest wykorzystywany m.in. do produkcji cukierków i jako barwnik do napojów typu cola.





Przemysł tworzyw sztucznych

Sacharoza wykorzystywana jest do produkcji **sztucznych pianek poliuretanowych**, które są używane do termoizolacji budynków.

Przemysł spożywczy

Laktoza to składnik **żywności przeznaczonej dla niemowląt**. Z kolei sacharoza o stężeniu wyższym niż 65% ma właściwości konserwujące, dlatego wykorzystywana jest przy produkcji przetworów, m.in. dżemów i konfitur.

Przemysł chemiczny

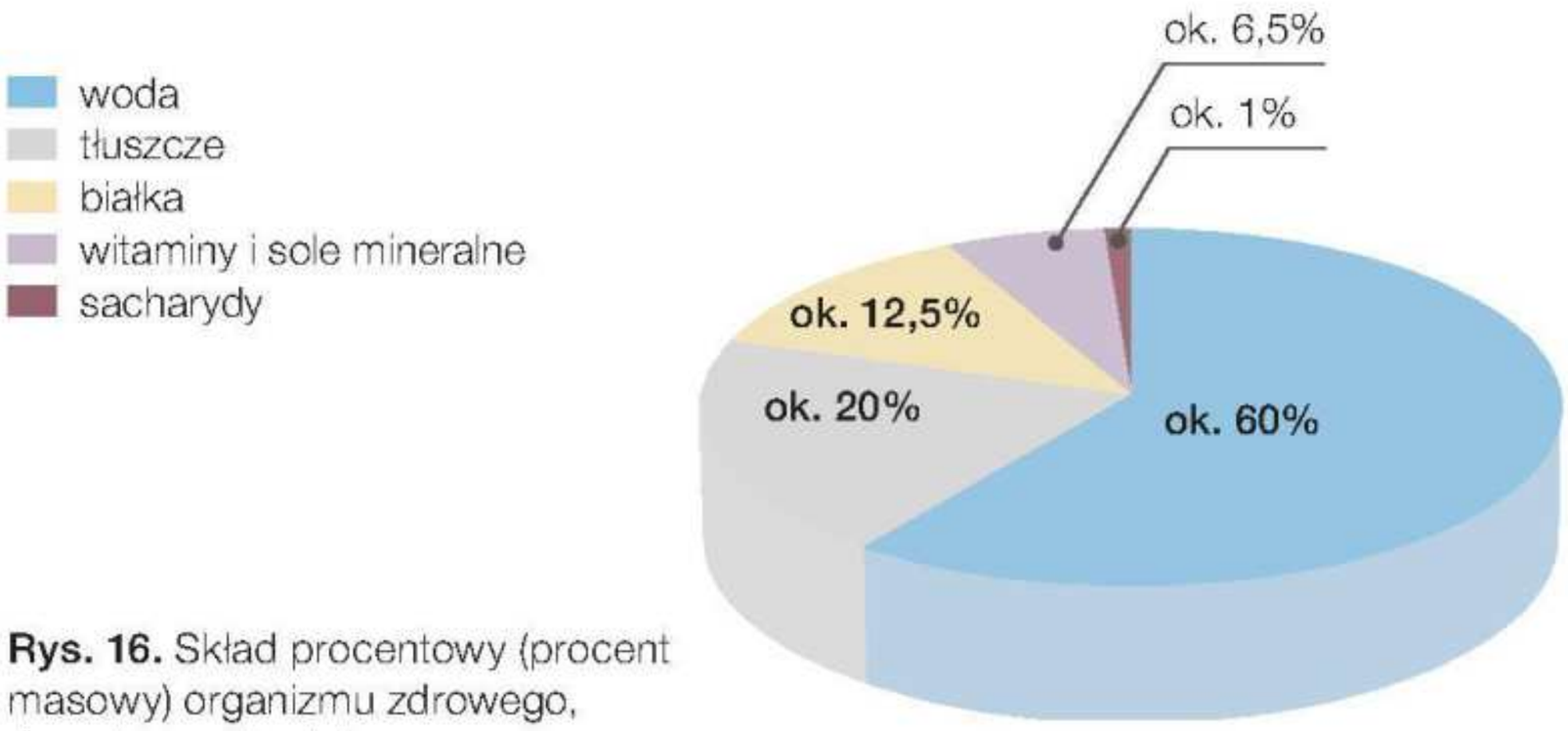
Laktoza jest składnikiem mieszanin dymotwórczych. Stosuje się je m.in. w **świecach dymnych**, używanych w wojsku, oraz ratownictwie do oznaczania miejsca wypadku.

Jakie znaczenie dla organizmu mają disacharydy?

Disacharydy są zaliczane do sacharydów, a te razem z białkami (patrz *Białka*, s. 262), tłuszczami (patrz *Tłuszcze*, s. 196), witaminami (patrz *Hydroksykwasy*, s. 251) i solami mineralnymi określane są mianem **składników odżywczych** (fot. 177.). Są to pierwiastki i związki chemiczne, od których zależy prawidłowe funkcjonowanie organizmu (rys. 16.).



Fot. 177. Warunkiem prawidłowego funkcjonowania organizmu jest dostarczanie mu wraz z pokarmem odpowiedniej ilości składników odżywczych.



Rys. 16. Skład procentowy (procent masowy) organizmu zdrowego, dorosłego człowieka.

Jakie funkcje pełnią składniki odżywcze?

Ze względu na funkcje pełnione w organizmie składniki odżywcze można podzielić na trzy grupy:

składniki odżywcze

budulcowe
białka i niektóre sole mineralne – $CaCO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$ – dostarczają organizmowi materiału m.in. do budowy tkanek

energetyczne
sacharydy i tłuszcze – stanowią główne źródło energii potrzebnej do pracy mięśni

regulujące
witaminy, woda, sole mineralne, niektóre białka (enzymy) i hormony pomagają regulować procesy zachodzące w organizmie, m.in. proces trawienia

Ilość składników odżywczych w produktach żywnościowych określa wartość odżywcza, którą najczęściej wyraża się w g/100 g wyrobu. Z kolei wartość energetyczna pokarmu to ilość energii, jaką organizm może przyswoić w wyniku strawienia tego pokarmu. Wartość energetyczną wyraża się w kilodżulach na gram $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{g}}\right)$ lub w kilokaloriach na gram $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{g}}\right)$. Na opakowaniach produktów żywnościowych oprócz danych dotyczących wartości odżywczej składników znajdują się najczęściej informacje przedstawione zgodnie z systemem **RWS** (**R**eferencyjne **W**artości **S**pożycia). Oznaczenie to wskazuje przeciętną ilość składników odżywczych, które powinny być spożywane przez większość osób w ciągu doby (rys. 17., s. 294). Jest to wartość orientacyjna, ponieważ ludzie różnią się pod względem wzrostu, budowy ciała, płci czy też aktywności fizycznej.

1 kcal = 4,184 kJ



Rys. 17. Wartości %RWS podaje się w odniesieniu do jednej porcji produktu.

Wartość odżywcza	w 100 g produktu	w porcji 68 g produktu	%RWS*
Wartość energetyczna	582 kJ/139 kcal	396 kJ/95 kcal	5%
Tłuszcz	9,7 g	6,6 g	9%
– tym nasycone kwasy tłuszczowe	3,0 g	2,0 g	10%
Węglowodany	0,6 g	0,4 g	0%
– w tym cukry	0,0 g	0,0 g	0%
Białko	12,5 g	8,5 g	17%
Sól	0,4 g	0,3 g	5%

* Referencyjna wartość spożycia dla przeciętnej osoby dorosłej (8400 kJ/2000 kcal).



Chemia w akcji

Mleko krowie (fot. 178.) zawiera w swoim składzie nie tylko białka, lecz także disacharyd – laktozę. Trawienie laktozy wymaga obecności w organizmie odpowiedniego enzymu, czyli laktazy. Zbyt mała ilość laktazy powoduje nadwrażliwość pokarmową i nietolerancję produktów mlecznych zawierających laktozę. Z tego powodu wytwarza się co raz więcej produktów mlecznych niezawierających laktozy.

Fot. 178. Laktoza jest składnikiem zabielaczy do kawy.

Zapamiętaj!

Disacharydy – związki organiczne utworzone w wyniku połączenia dwóch cząsteczek monosacharydów.

Składniki odżywcze – pierwiastki i związki chemiczne, od których zależy prawidłowe funkcjonowanie organizmu. Należą do nich m.in. białka, tłuszcze, sacharydy, witaminy i sole mineralne.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Sacharoza jest stosowana m.in. jako substancja słodząca w przemyśle spożywczym. Używana w nadmiarze ma niekorzystne skutki zdrowotne, dlatego zaczęto stosować zamienniki sacharozy o podobnie słodkim smaku. Substancje takie nazywa się sztucznymi słodzikami. Znajdują się one w produktach spożywczych typu light. **Napisz nazwy czterech przykładowych substancji słodzących będących zamiennikami sacharozy.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

2. **Wyjaśnij, dlaczego mieszanina sacharozy i zawiesiny wodorotlenku miedzi(II) po ogrzaniu zmienia zabarwienie na czarne, a bez ogrzewania zmienia kolor na szafirowy.**

24. Polisacharydy

Środowisko przyrodnicze, a przede wszystkim królestwo roślin, jest pełne polisacharydów. **Celuloza** jest materiałem budulcowym i głównym składnikiem ścian komórkowych roślin. Znajduje się m.in. w drewnie i bawełnie. Z kolei **skrobia** służy jako materiał zapasowy. Występuje głównie w korzeniach, bulwach, a także w nasionach i owocach. Bogatym źródłem skrobi są m.in. kuskus i ziemniaki (fot. 179.).



Fot. 179. Skrobię do produkcji mąki ziemniaczanej pozyskuje się z ziemniaków.

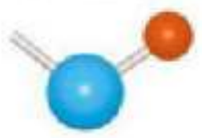
Co to są polisacharydy?

Polisacharydy to **wielofunkcyjne pochodne węglowodorów**, które powstały w wyniku reakcji kondensacji więcej niż 10 cząsteczek monosacharydów.

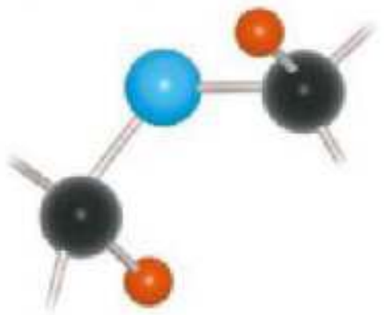
Jak są zbudowane polisacharydy?

Polisacharydy zawierają w cząsteczce grupy **hydroksylowe —OH** oraz **wiązanie *O*-glikozydowe**. Litera *O*- w nazwie wiązania *O*-glikozydowego pochodzi od symbolu chemicznego atomu tlenu, którym są ze sobą połączone reszty monosacharydowe. Reszty te mogą być **jednakowe lub różne**. Najczęściej występujące w przyrodzie polisacharydy – **skrobia** i **celuloza** – składają się wyłącznie z połączonych na różne sposoby reszt glukozowych.

Model grupy hydroksylowej



Model wiązania O-glikozydowego



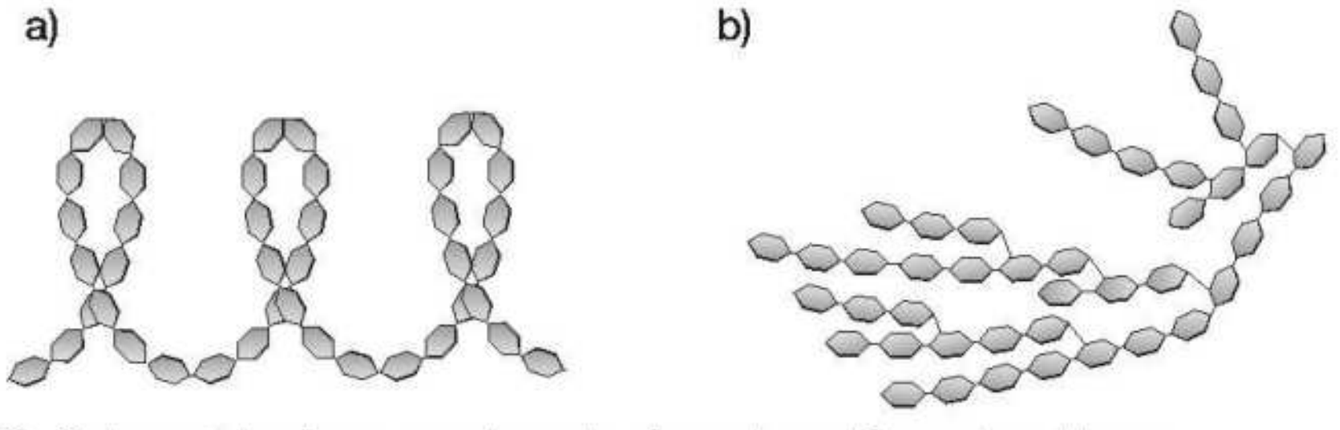
Wzór ogólny polisacharydów, których cząsteczki są zbudowane z reszt glukozowych, ma postać:

$$(C_6H_{10}O_5)_n$$

gdzie:
n – liczba naturalna; zwykle od kilkuset do kilku tysięcy.

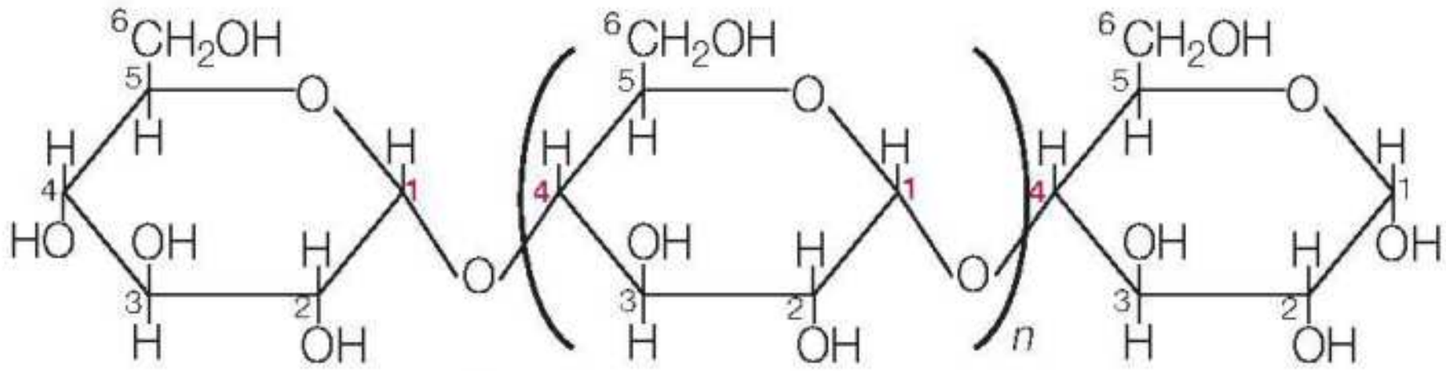
Jak jest zbudowana cząsteczka skrobi?

Cząsteczka skrobi jest mieszaniną dwóch polisacharydów: **amylozy** i **amylopektyny** (rys. 18.). Amyloza ma spiralnie skręcony **nierozgałęziony łańcuch** (rys. 18.a) zawierający 300–600 reszt α-glukozowych. Amylopektyna zbudowana jest z cząsteczek o rozgałęzionej strukturze (rys. 18.b) i zawiera mniej więcej 2500 reszt α-glukozowych.



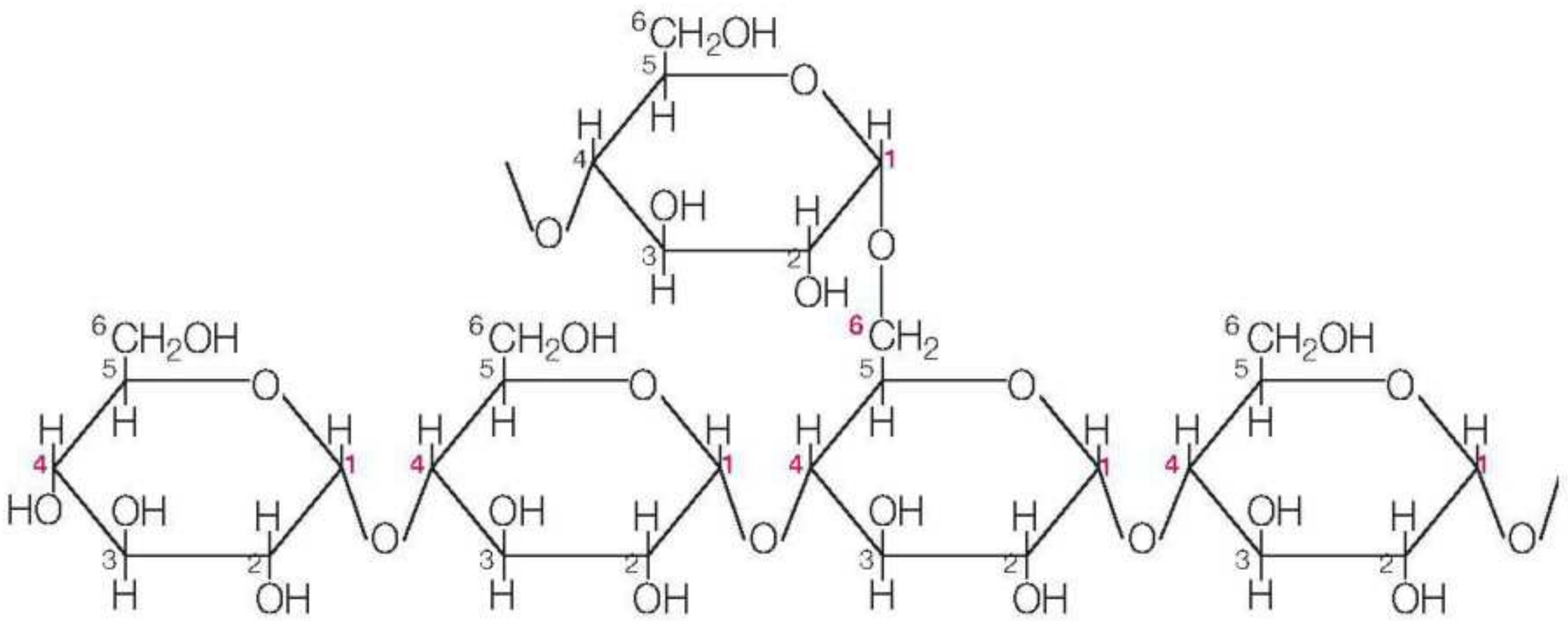
Rys. 18. Schemat budowy cząsteczek: a) amylozy, b) amylopektyny.

Reszty α-glukozowe **w cząsteczce amylozy** są połączone wiązaniami **1**,**4**-glikozydowymi:



fragment cząsteczki **amylozy**

W cząsteczce amylopektyny reszty α-glukozowe są połączone wiązaniami **1**,**4**-glikozydowymi, a w rozgałęzieniach – wiązaniami **1**,**6**-glikozydowymi:



fragment cząsteczki **amylopektyny**

Jakie właściwości ma skrobia?

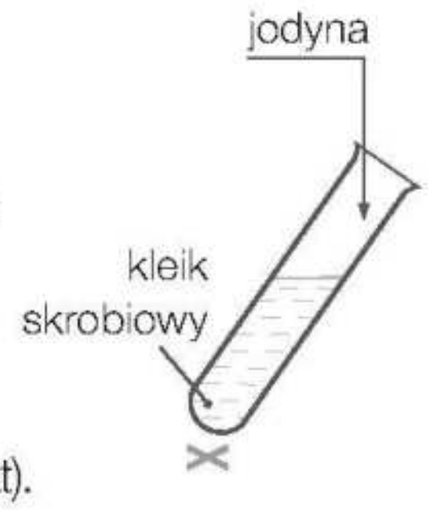


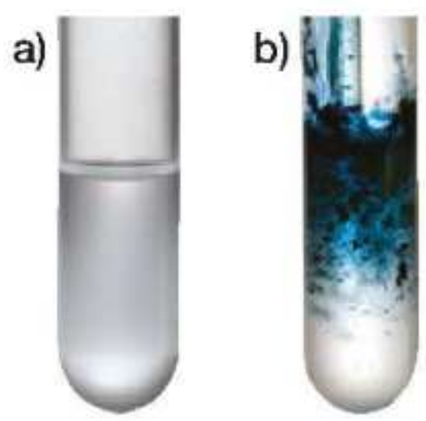
Fot. 180. Skrobia.

Doświadczenie 55.

Badanie właściwości skrobi

Odczynniki: skrobia, zimna i gorąca woda, jodyna.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówki, statyw do probówek, łapa drewniana, palnik gazowy.
Instrukcja: a) Określ zapach, stan skupienia, barwę oraz rozpuszczalność skrobi w zimnej i w gorącej wodzie. b) Ogrzej w płomieniu palnika probówkę zawierającą mieszaninę skrobi i gorącej wody. Po ostudzeniu mieszaniny dodaj do probówki kilka kropli jodyny (schemat).





Fot. 181. Skrobia w zimnej wodzie (a), kleik skrobiowy z jodyną (b).

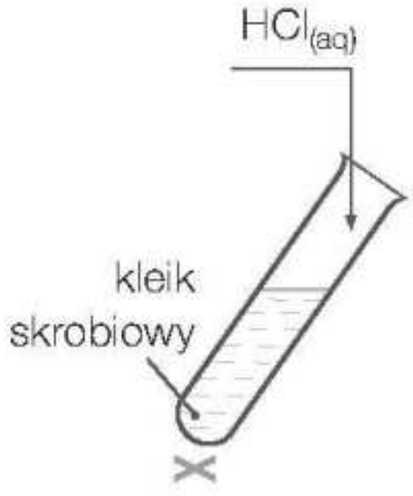
Obserwacje: Skrobia to **bezwonna, bezpostaciowa substancja stała koloru białego** (fot. 180.). Otrzymany po ogrzaniu kleik skrobiowy pod wpływem jodyny przyjmuje ciemnoniebieską barwę (fot. 181.).
Wniosek: Skrobia nie rozpuszcza się w zimnej wodzie, a w gorącej pęcznieje. Jod tworzy z amylozą związek kompleksowy o charakterystycznej ciemnoniebieskiej barwie.

Dzięki tej reakcji chemicznej można wykryć nawet śladowe ilości skrobi. Jest ona nazywana **próbą jodoskrobiową**.

Doświadczenie 56. $HCl_{(aq)}$

Hydroliza kwasowa skrobi

Odczynniki: kleik skrobiowy, jodyna, kwas chlorowodorowy.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka, wkraplacze, łapa drewniana, palnik gazowy.
Instrukcja: Do probówki z kleikiem skrobiowym dodaj niewielką ilość kwasu chlorowodorowego (schemat). Zawartość probówki ogrzej w płomieniu palnika. Po ochłodzeniu mieszaniny dodaj kilka kropli jodyny.



Obserwacje: Po dodaniu jodyny nie zaobserwowano zmian.
Wniosek: Skrobia zawarta w kleiku skrobiowym reaguje z wodą w obecności kwasu chlorowodorowego i pod wpływem wysokiej temperatury.

W wyniku ogrzewania skrobi z wodą w obecności kwasów, np. kwasu chlorowodorowego, zachodzi hydroliza skrobi. W organizmach **proces hydrolizy skrobi** zachodzi z udziałem enzymów nazywanych **amylazami**. Jego przebieg przedstawia schemat:

$$\underset{\text{skrobia}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + (n-1)\,H_2O \xrightarrow[\text{hydroliza}]{\text{HCl lub enzymy}} \underset{\text{glukoza}}{n\,C_6H_{12}O_6}$$

reakcja **hydrolizy**

Hydroliza skrobi jest procesem wieloetapowym, podczas którego łańcuch tego polisacharydu rozpada się na krótsze łańcuchy. Ostatecznym produktem hydrolizy skrobi są cząsteczki glukozy.

Chemia w akcji

Skrobia jest stosowana jako dodatek zagęszczający w produktach spożywczych. Aby wykryć, czy dany produkt zawiera skrobię, można przeprowadzić próbę z użyciem jodyny (fot. 182.).



Fot. 182. Jeśli w miejscu nakropienia jodyny pojawia się ciemnoniebieskie zabarwienie, to oznacza, że banan zawiera skrobię.



Fakty czy mity

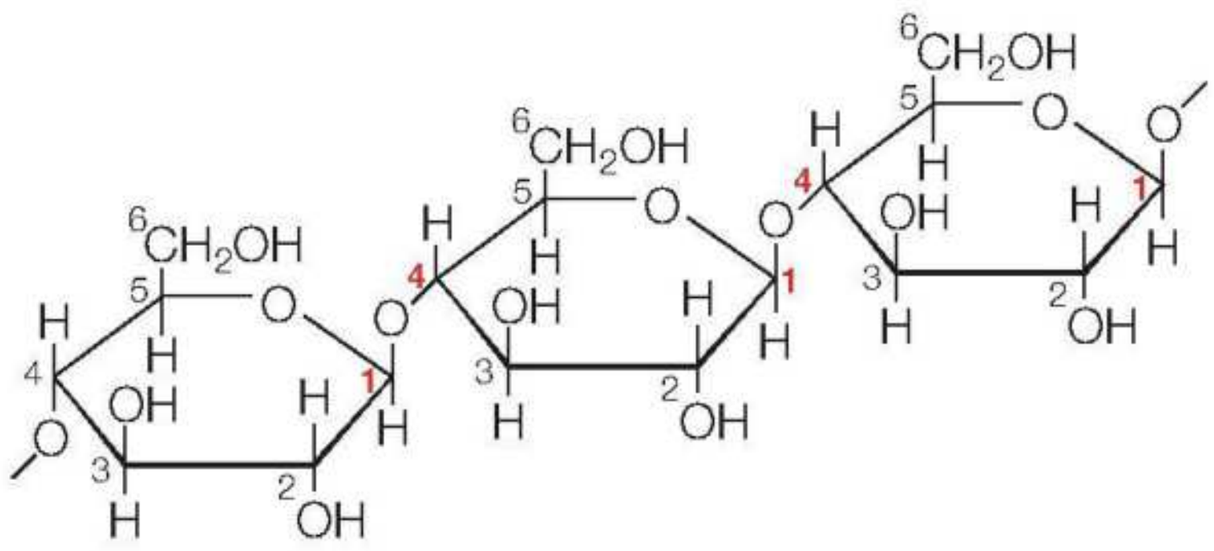
Jeśli w składzie produktu spożywczego znajduje się skrobia modyfikowana, to znaczy, że jest to skrobia modyfikowana genetycznie – MIT

Skrobię naturalną poddaje się przemianom fizycznym (ciśnienie, temperatura), chemicznym (reakcje z odpowiednimi odczynnikami) i enzymatycznym (hydroliza). W ten sposób powstaje skrobia modyfikowana, którą następnie można wykorzystać jako zagęstnik, emulgator lub stabilizator w przemyśle spożywczym (fot. 183.). Nie ma to nic wspólnego z GMO i modyfikacjami genetycznymi.

Fot. 183. Skrobia modyfikowana jest składnikiem np. dań typu instant. Na opakowaniach oznaczna jest symbolami od E 1400 do E 1500.

Jak jest zbudowana cząsteczka celulozy?

Cząsteczka **celulozy** jest zbudowana z długich, nierozgałęzionych łańcuchów reszt β-glukozowych połączonych wiązaniami **1**,**4**-glikozydowymi. Łańcuchy te są **ułożone równolegle** względem siebie i **łączą się ze sobą wiązaniami wodorowymi**. Z tego powodu rozdzielenie ich jest trudne, a hydratacja – niemożliwa. Dlatego celuloza praktycznie nie rozpuszcza się w wodzie. Pojedynczy łańcuch celulozy może zawierać nawet 10 000 reszt β-glukozowych:



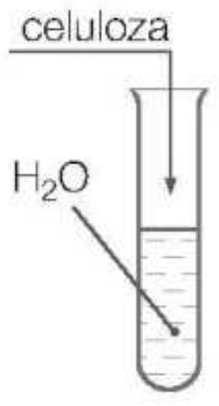
fragment łańcucha **celulozy**

Jakie właściwości ma celuloza?

Doświadczenie 57.

Badanie właściwości celulozy

Odczynniki: celuloza, woda destylowana.
Szkło i sprzęt laboratoryjny: probówka.
Instrukcja: Określ zapach, stan skupienia, barwę oraz rozpuszczalność celulozy w wodzie (schemat).



Obserwacje: Celuloza jest **bezwonną, włóknistą substancją stałą o białej barwie** (fot. 184.). Po dodaniu wody powstaje mieszanina niejednorodna.
Wniosek: Celuloza nie rozpuszcza się w wodzie.



Fot. 184. Celuloza.

Jakie znaczenie dla organizmu mają skrobia i celuloza?

Różnice w budowie skrobi i celulozy mają wpływ na zdolność organizmu do ich trawienia. **Skrobia** jest zbudowana z reszt glukozowych pochodzących od anomeru ***α*-glukozy** i jest względnie łatwo trawiona przez człowieka (fot. 185.). Natomiast **celuloza** zawiera reszty glukozowe pochodzące od **anomeru *β***. Organizm ludzki nie trawi celulozy, a inne ssaki mają ograniczone możliwości jej trawienia. Enzymy hydrolizujące celulozę występują w mikroorganizmach, które żyją w przewodzie pokarmowym np. termitów i ssaków roślinożernych, takich jak kozy (fot. 186.), krowy czy konie. Reakcję hydrolizy celulozy przedstawia równanie:



Fot. 185. Do samodzielnego przygotowania kisielu potrzebne są tylko sok owocowy i skrobia.

$$\underset{\text{celuloza}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + n\,H_2O \xrightarrow[\text{hydroliza}]{\text{HCl lub enzymy}} \underset{\text{glukoza}}{n\,C_6H_{12}O_6}$$

Jakie są podobieństwa i różnice w budowie cząsteczek oraz właściwościach skrobi i celulozy?

Skrobia i celuloza **są zbudowane z takich samych reszt glukozowych** $C_6H_{10}O_5$, ale ponieważ pierścienie jednostek monosacharydowych są w nich połączone w inny sposób, to te związki chemiczne mają odmienne właściwości (tabela 38.).



Fot. 186. Organizm kozy jest zdolny do trawienia celulozy.

Tabela 38. Porównanie budowy cząsteczek oraz właściwości skrobi i celulozy

Nazwa związku chemicznego	skrobia	celuloza
Typ związku chemicznego	polisacharyd	polisacharyd
Jednostka strukturalna	reszta α-glukozowa	reszta β-glukozowa
Wiązania między resztami monosacharydu	1,4-glikozydowe i 1,6-glikozydowe	1,4-glikozydowe
Budowa cząsteczek	łańcuchy rozgałęzione	łańcuchy proste
Stan skupienia w temperaturze pokojowej	stały	stały
Barwa	biała	biała
Rozpuszczalność w wodzie	w zimnej wodzie nie rozpuszcza się, w gorącej wodzie pęcznieje	nie rozpuszcza się
Zapach	bezwonna	bezwonna
Ulega hydrolizie	względnie łatwo	trudno
Czy jest trawiona w organizmie człowieka	tak	nie

Zastosowania

Polisacharydy

Tworzywa sztuczne, których składnikiem jest skrobia, pod wpływem wody szybko ulegają biodegradacji. Natomiast proch bezdymny otrzymywany ze związku celulozy, czyli azotanu(V) celulozy, jest stosowany do produkcji amunicji i ładunków wybuchowych.



Przemysł spożywczy

Skrobia stosowana jest jako dodatek zagęszczający do **mrożonych dań** i ciast w proszku.



Przemysł papierniczy

Głównym surowcem do **produkcji papieru** jest celuloza. Dodaje się do niej m.in. skrobię, która umożliwia sklejenie masy papierniczej.



Przemysł włókienniczy

Len i bawełna to naturalne włókna celulozowe, z których produkuje się **nici**. Celuloza wykorzystywana jest też m.in. do produkcji chusteczek higienicznych.

Zapamiętaj!

Polisacharydy – sacharydy o cząsteczkach zbudowanych z więcej niż 10 reszt monosacharydowych połączonych ze sobą wiązaniami glikozydowymi.

Próba jodoskrobiowa – reakcja skrobi z jodem. W wyniku tej reakcji powstaje związek kompleksowy o ciemnoniebieskim zabarwieniu umożliwiającym wykrycie nawet śladowych ilości skrobi.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Zaprojektuj doświadczenie, w którym udowodnisz, że do zagęszczenia śmietany użyto mąki ziemniaczanej. **Narysuj schemat, napisz obserwacje i sformułuj wniosek.**
2. Błonnikiem pokarmowym nazywa się polisacharydy, które nie ulegają strawieniu w organizmie człowieka, np. celulozę. Błonnik jest ważnym elementem procesu trawienia, ponieważ reguluje pracę jelit. W 100 g banana obranego ze skórki znajduje się 2,6 g błonnika. **Oblicz, ile gramów błonnika:**
   a) zawiera obrany banan o masie 30 g,
   b) spożywa uczeń, jeżeli zjada w ciągu tygodnia kilogram bananów.
3. **Oblicz, ile moli glukozy można otrzymać w wyniku hydrolizy 1 kg skrobi.** Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.
4. **Napisz, dlaczego skrobię i celulozę zalicza się do polimerów.**
5. **Ustal, czy skrobia i celuloza mają właściwości redukujące.** Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

25. Tworzywa i włókna białkowe oraz celulozowe

Do wykonania przedmiotów codziennego użytku, takich jak odzież czy opakowania, wykorzystuje się włókna naturalne lub wytworzone przez człowieka. Włókna naturalne mogą być pochodzenia roślinnego, np. bawełna (fot. 187.), lub zwierzęcego, np. jedwab naturalny czy wełna.



Fot. 187. Duża wytrzymałość tkaniny, z której szyje się dżinsy, jest zasługą specjalnego splotu włókien bawełnianych.

W jaki sposób odróżnić włókna białkowe od celulozowych?

Doświadczenie 58.

Odróżnianie włókien naturalnych pochodzenia zwierzęcego od włókien naturalnych pochodzenia roślinnego

Odczynniki: próbka tkaniny bawełnianej, próbka tkaniny wełnianej (tkaniny nie powinny zawierać domieszek innych włókien).
Szkło i sprzęt laboratoryjny: palnik gazowy, szczypce metalowe.
Instrukcja: Trzymaną w szczypcach tkaninę wełnianą umieść w płomieniu palnika. Po chwili wyjmij ją z płomienia. Tę samą czynność powtórz z tkaniną bawełnianą. Zwróć uwagę na zapach wydzielający się podczas przeprowadzania doświadczenia.

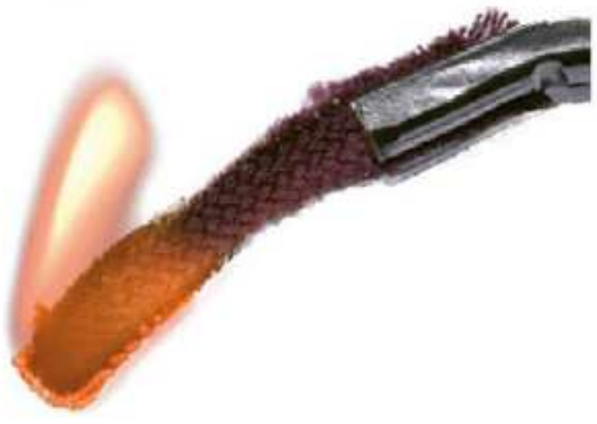
Obserwacje: Obie tkaniny łatwo się spalają (fot. 188.). Tkanina wełniana pali się powoli i gaśnie, gdy wyjmie się ją z płomienia palnika. Podczas spalania wełny w powietrzu unosi się charakterystyczny zapach przypominający woń palących się włosów. Tkanina bawełniana spala się szybko i całkowicie. Pozostaje po niej jasnoszary popiół. Pali się nawet po wyjęciu z płomienia palnika.
Wniosek: Wełna jest włóknem białkowym pochodzenia zwierzęcego. Bawełna to włókno pochodzenia roślinnego.

Wełna zawiera białko – keratynę – które występuje m.in. w sierści zwierząt. **Włókna bawełny** są zbudowane z celulozy (polisacharydu).

a)



b)



Fot. 188. Spalanie: a) wełny, b) bawełny.

Krok po kroku

Przegląd włókien

Włókna są podstawową jednostką struktury wielu materiałów. Charakteryzują się dużą różnicą między długością a przekrojem. Zwykle przyjmuje się, że **włóknem jest struktura co najmniej 100 razy dłuższa od średnicy jej przekroju**. Włókna występują zarówno w materiałach naturalnych, jak i produkowanych przez człowieka.

- **włókna**
  - **naturalne**
    - **mineralne** – włókna nieorganiczne, np. azbest
    - **roślinne** – włókna organiczne, np. len, konopie, bawełna
    - **zwierzęce** – włókna organiczne, np. wełna, jedwab naturalny
  - **chemiczne**
    - **nieorganiczne** – np. włókna szklane, metalowe, węglowe
    - **sztuczne** – włókna organiczne, wytwarzane z naturalnych polimerów, np. jedwab sztuczny
    - **syntetyczne** – włókna organiczne, powstające w wyniku syntezy chemicznej, np. anilana, nylon

Jakie są rodzaje i zastosowania włókien syntetycznych?

Istnieje wiele rodzajów włókien syntetycznych, m.in. **włókna węglowe** i **szklane**. Włókna do zadań specjalnych są niezastąpione w warunkach ekstremalnych ze względu wyjątkowe właściwości, takie jak odporność na wysoką temperaturę i duże obciążenie.



Włókna węglowe są wykorzystywane do produkcji np. kasków policyjnych, które mają wysoką wytrzymałość, a są lekkie. Składają się one z kilku warstw włókna zawierającego głównie czysty grafit – włókno węglowe.



Włókna szklane powstają w wyniku wyciskania stopionej masy szklanej przez otwory o bardzo małej średnicy. Z włókien szklanych mieszanych, połączonych z tworzywami sztucznymi, produkuje się odzież, która chroni przed toksycznymi substancjami i skażeniami chemicznymi.



■ Włókna **bawełny** pochodzą z rośliny o tej samej nazwie. Jest ona bardzo wydajną rośliną uprawną, ponieważ podczas przetwarzania traci tylko 10% swojej masy.

Włókna bawełny wykorzystuje się m.in. do produkcji odzieży, bandaży i filtrów do kawy.

Zalety:
- przewiewne
- higroskopijne – mogą zawierać do 30% wilgoci, dlatego chłoną pot

Wady:
- łatwo się gniotą i mechacą
- nieodporne na długotrwałą wilgoć



■ **Len** to roślina, której wszystkie części wykorzystuje się w przemyśle. Włókna lnu występują na całej długości rośliny, dlatego len wyrywa się z korzeniami.

Włókna lniane stosuje się do produkcji m.in. obrusów, pościeli oraz odzieży.

Zalety:
- mają właściwości antybakteryjne
- nie przepuszczają szkodliwego promieniowania UV

Wady:
- mniej delikatne i sztywne od tkanin bawełnianych – bardziej się gniotą



■ **Wełna** owcza to najpopularniejsze włókno pochodzenia zwierzęcego.

Włókna wełny owczej stosuje się m.in. do produkcji swetrów, skarpet, szalików, rękawiczek, płaszczy i garniturów.

Zalety:
- higroskopijne – zatrzymują wilgoć i wchłaniają pot
- absorbują promieniowanie UV

Wady:
- żółkną pod wpływem promieni słonecznych
- mało odporne na wysoką temperaturę



■ **Jedwab naturalny** to najcieńsze włókno naturalne, które wytwarza gąsienica motyla jedwabnika.

Włókna jedwabiu stosuje się najczęściej do produkcji chust, sukni, szali i krawatów.

Zalety:
- łatwo ulegają barwieniu
- mają bardzo dobrą wytrzymałość

Wady:
- wrażliwe na promienie słoneczne
- nieodporne na pleśń

W jaki sposób odróżnić jedwab sztuczny od naturalnego?

Zachowaj szczególną ostrożność. Doświadczenie wykonuj pod wyciągiem.



Doświadczenie 59.  HNO_3

Odróżnianie jedwabiu sztucznego od naturalnego

Odczynniki: próbka jedwabiu naturalnego, próbka jedwabiu sztucznego, stężony roztwór kwasu azotowego(V).
Szkło i sprzęt laboratoryjny: szkiełka zegarkowe, kroplomierz.
Instrukcja: Umieść na szkiełku zegarkowym próbkę jedwabiu naturalnego. Dodaj kroplę stężonego roztworu HNO_3. Czynności powtórz z próbką jedwabiu sztucznego.



Obserwacje: Na jedwabiu naturalnym pojawia się plama o wyraźnej żółtej barwie, natomiast na próbce jedwabiu sztucznego nie widać zmian.
Wniosek: Żółte zabarwienie świadczy o zajściu **reakcji ksantoproteinowej**. Próbka jedwabiu naturalnego zawiera białko. Brak zabarwienia próbki jedwabiu sztucznego oznacza negatywny wynik reakcji ksantoproteinowej, a więc jedwab sztuczny nie zawiera białka (otrzymuje się go z celulozy).

Jakie polimery występują naturalnie w środowisku przyrodniczym?

Kauczuk i celuloza to przykłady polimerów naturalnych. Wykorzystuje się je powszechnie w przemyśle tworzyw sztucznych.

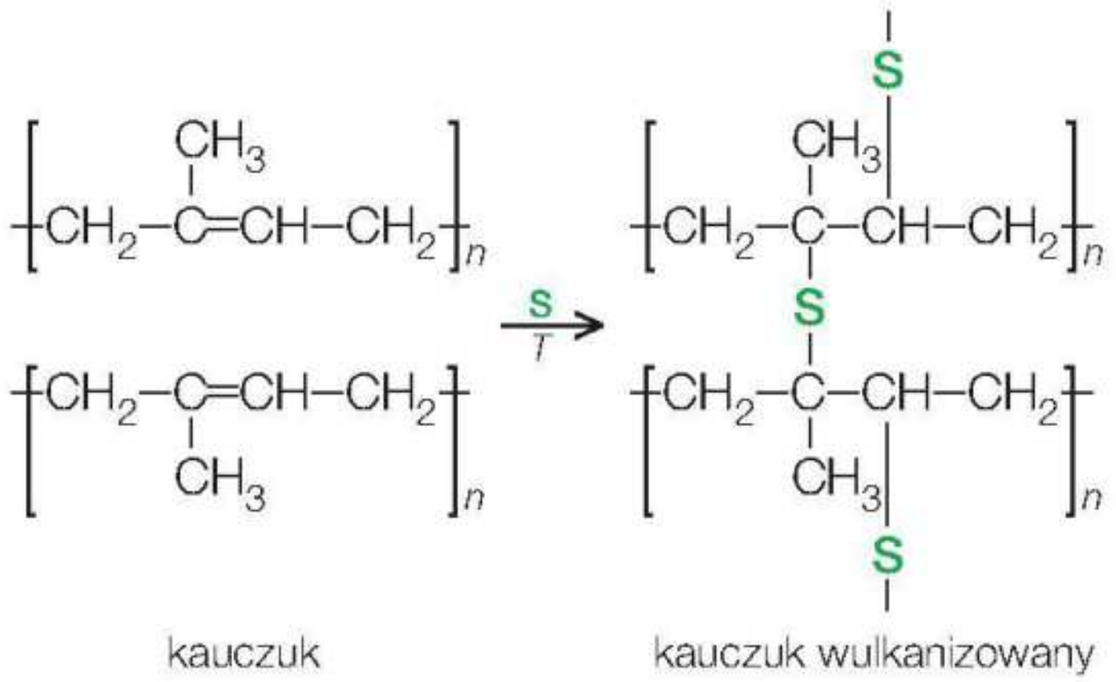
Kauczuk otrzymuje się z soku mlecznego kauczukowca brazylijskiego (fot. 189.a). Sok ten, tzw. lateks, najczęściej jest stosowany do produkcji rękawiczek jednorazowego użytku (fot. 189.b).





Fot. 189. Pozyskiwanie soku mlecznego z kauczukowca (a). Lateksowe rękawiczki (b) mogą wywoływać reakcje alergiczne.

Cząsteczki kauczuku są skręcone i tworzą pętle, co nadaje temu tworzywu elastyczność. Niestety kauczuk nie jest wytrzymały, gdyż jego cząsteczki nie są ze sobą powiązane. Aby wytworzyć między nimi wiązania, kauczuk poddaje się **procesowi wulkanizacji**. Ta modyfikacja polega na ogrzewaniu kauczuku z siarką. Jej atomy łączą cząsteczki kauczuku:



kauczuk — kauczuk wulkanizowany

W wyniku wulkanizacji i po dodaniu m.in. sadzy kauczuk staje się twardszy oraz zyskuje większą odporność na wysoką temperaturę i ścieranie. Produktem procesu wulkanizacji jest **guma** (wytwarza się z niej m.in. opony, uszczelki, odzież i obuwie wodoodporne) lub **ebonit** (fot. 190.)



Fot. 190. Z ebonitu produkuje się m.in. ustniki do saksofonów.

Celuloza to podstawowy surowiec do wytwarzania wielu polimerów sztucznych, np. octanu celulozy oraz azotanu(V) celulozy. Folie z octanu celulozy służą do produkcji błon fotograficznych i filmowych, a łatwopalny azotan(V) celulozy wykorzystuje się do wyrobu materiałów wybuchowych.

Chemia w akcji

Niemiecki chemik Christian F. Schönbein [czyt. szunbajn] (1799–1868) rozlał mieszaninę kwasu azotowego(V) z kwasem siarkowym(VI), wytarł plamę tkaniną bawełnianą, a następnie rozwiesił ją na piecu. Tkanina ta po wysuszeniu eksplodowała. W ten sposób Schönbein odkrył **materiał wybuchowy** – ester kwasu nieorganicznego – azotan(V) celulozy, nazywany **bawełną strzelniczą (nitrocelulozą)**. Dawniej stosowano go jako celuloid do wytwarzania taśm filmowych (fot. 191.).

Obecnie nitrocelulozę wykorzystuje się do produkcji **prochu bezdymnego**. Ma on dużo większą siłę wybuchu od prochu czarnego. Używa się go do broni strzeleckiej i artyleryjskiej.



Fot. 191. Taśm filmowych z nitrocelulozy nie można było przewozić środkami transportu publicznego, ponieważ groziło to ich wybuchem.

Jakie zastosowania mają tworzywa sztuczne?

Tworzywa sztuczne wykorzystuje się m.in. do wyrobu różnych **opakowań** (tabela 39.). Na wybór odpowiedniego materiału do bezpiecznego przechowywania towaru oraz zabezpieczania go podczas transportu ma wpływ wiele czynników, m.in.:

- koszt materiału i produkcji opakowania,
- wpływ materiału i procesu produkcji opakowania na środowisko przyrodnicze,
- odporność materiału na warunki zewnętrzne,
- możliwe oddziaływania między opakowaniem a pakowanym towarem.

Tabela 39. Rodzaje opakowań, ich zastosowania oraz wady i zalety

Rodzaje i przykłady opakowań	Materiał	Przykładowa zawartość
metalowe, np. cysterny, puszki, beczki, kontenery 	do ich produkcji stosuje się metale lekkie (np. glin), a także stal nierdzewną	ropa naftowa i płynne produkty jej przeróbki roztwory związków chemicznych żywność, np. konserwy skroplone gazy woda ścieki i inne odpady płynne aerozole
papierowe, np. kartony i worki papierowe 	do ich produkcji stosuje się drewno, z którego wytwarza się papier oraz tekturę (składa się z kilkunastu warstw papieru)	substancje sypkie żywność materiały budowlane sprzęt AGD i RTV produkty rolne
szklane, np. słoiki i butelki 	są formowane ze szkła	napoje odczynniki chemiczne żywność, np. mleko kosmetyki
z tworzyw sztucznych, np. pojemniki, butelki i folie 	są produkowane m.in. z polietylenu, polistyrenu z różnymi dodatkami poprawiającymi wytrzymałość i odporność chemiczną	żywność, np. napoje zakupy środki czystości odczynniki chemiczne produkty elektroniczne ścieki i inne odpady płynne

Jakie są rodzaje opakowań?

Opakowania można podzielić ze względu na materiał, **z którego zostały wykonane**. **Wyróżnia się opakowania:**

- **metalowe,**
- **papierowe,**
- **szklane,**
- **z tworzyw sztucznych**.

Rodzaje i przykłady opakowań, materiał, z którego są wykonane opakowania, ich zastosowania, a także wady i zalety są przedstawione w tabeli 39.

	Zalety	Wady
	▸ duża wytrzymałość ▸ można je łatwo formować ▸ lekkie, np. aluminium ▸ odpady łatwe w przetwarzaniu	▸ duża masa opakowań, np. kontenerów ▸ możliwość przenikania szkodliwych metali do produktów ▸ podatne na korozję
	▸ lekkie ▸ niska cena ▸ łatwe w przetwarzaniu ▸ łatwo dostępne ▸ łączą się z innymi materiałami	▸ mała wytrzymałość ▸ przepuszczalność obcych smaków i zapachów ▸ łatwo nasiąkają ▸ łatwopalne ▸ mała odporność chemiczna ▸ mogą ulegać rozkładowi w warunkach naturalnych
	▸ odporne chemicznie (oprócz $HF_{(aq)}$ i stężonych roztworów zasad) ▸ nie przepuszczają zapachów ▸ przezroczyste ▸ ich powierzchnia jest odporna na zarysowania ▸ łatwe do umycia ▸ możliwość wielokrotnego stosowania ▸ można im łatwo nadać różne kształty ▸ ciemne szkło nie przepuszcza promieniowania UV	▸ duża masa w stosunku do masy przechowywanego produktu ▸ łatwe do stłuczenia ▸ nie ulegają rozkładowi w warunkach naturalnych
	▸ łatwe w produkcji ▸ lekkie ▸ odporne chemicznie na większość przechowywanych artykułów ▸ podatne na laminowanie ▸ podatne na barwienie ▸ odporne na szeroki zakres temperatur (od 45°C do 90°C) ▸ nie przepuszczają pary wodnej, gazów i zapachów	▸ możliwość przenikania szkodliwych dodatków tworzyw sztucznych do przechowywanych produktów ▸ nie ulegają rozkładowi w warunkach naturalnych

W jaki sposób można zagospodarować odpady opakowaniowe?



Fot. 192. Po rozdrobnieniu tworzywo sztuczne topi się i formuje w małe granulki, tzw. granulat, który dostarcza się do producenta nowych opakowań.

Człowiek pozbywa się ogromnej ilości odpadów, czyli niepotrzebnych wyrobów, m.in. z papieru, aluminium, ze szkła i stali. Niektóre z nich można poddać **recyklingowi** (ang. *recycle* – zawracać do obiegu), czyli ponownie wykorzystać (fot. 192.), np. wytworzyć z nich nowe produkty:

sposoby zagospodarowania odpadów

- **segregacja** – dzielenie odpadów na grupy, np.: szkło, papier, metal, tworzywa sztuczne, i zbieranie ich do specjalnych pojemników
- **utylizacja** – niszczenie odpadów, np. spalanie ich w kontrolowanych warunkach przemysłowych
- **recykling** – ponowne wykorzystanie odpadów lub zużytych elementów do wytworzenia nowych produktów

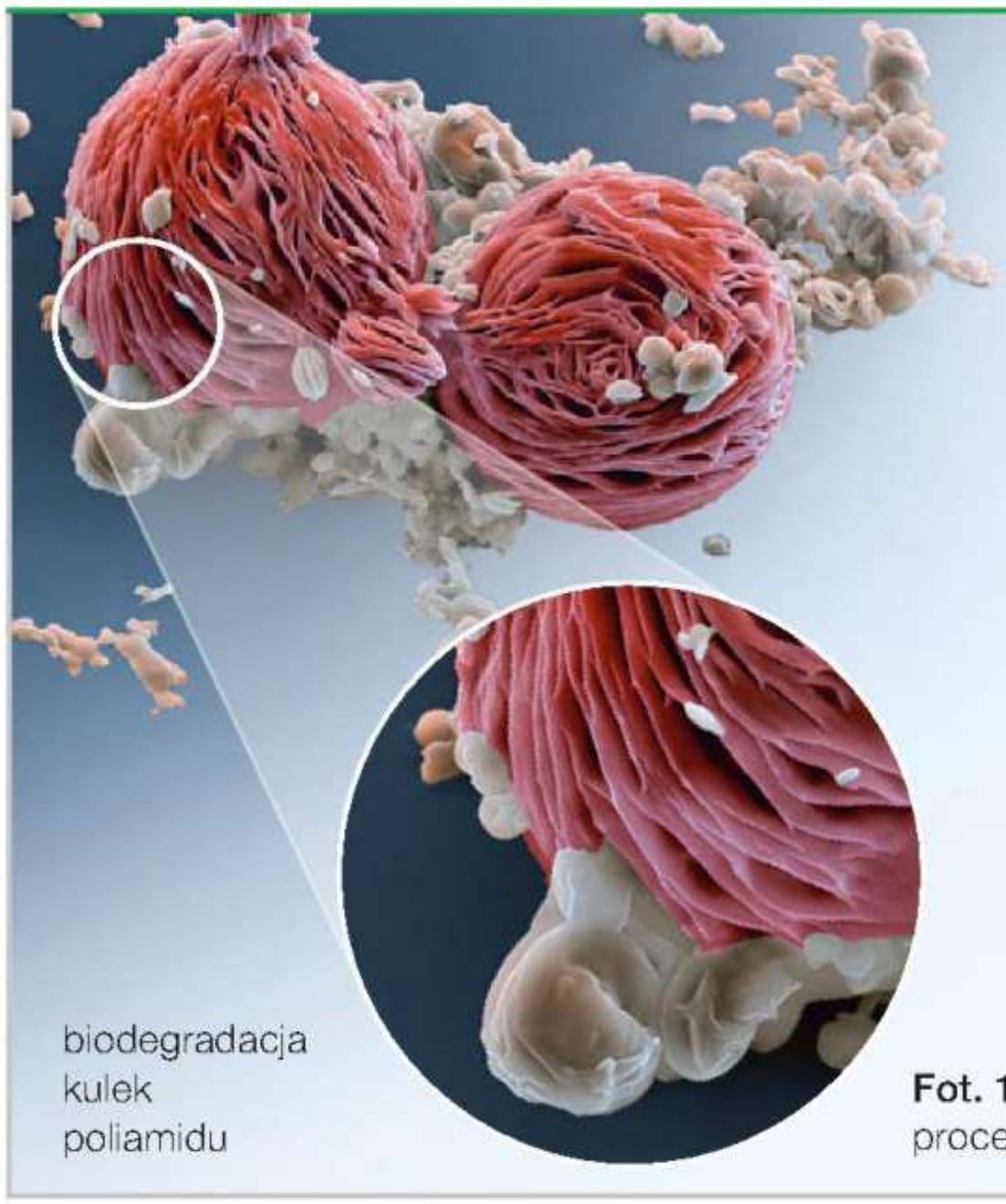
Wiele odpadów spala się w spalarniach, jednak większość składuje się na wysypiskach, a następnie zasypuje ziemią.

! Spalanie śmieci w gospodarstwach domowych, np. w ogniskach, piecach węglowych, zanieczyszcza środowisko przyrodnicze i zagraża zdrowiu ludzi.

Segregacja odpadów jest początkowym etapem ich recyklingu bądź utylizacji. Papier, szkło, metal i tworzywa sztuczne zbiera się do specjalnych pojemników (tabela 40., s. 309). Z opakowań powinna zostać usunięta ich zawartość. Na terenie Polski obowiązuje Wspólny System Segregacji Odpadów (WSSO), który wprowadzono 1 lipca 2017 r.

Chemia w akcji

Trwałość tworzyw sztucznych jest jednocześnie ich zaletą i wadą. Trafiają na wysypiska śmieci i pozostają tam przez lata. By rozwiązać ten problem, rozpoczęto badania nad materiałami, które ulegają procesowi biodegradacji, czyli rozkładowi pod wpływem mikroorganizmów (fot. 193.) na wodę, tlenek węgla(IV) oraz proste i nietoksyczne związki chemiczne, np. sole mineralne. Te tworzywa, wykonane m.in. z kukurydzy, ryżu lub buraków cukrowych, nazwano **tworzywami biodegradowalnymi**. Biodegradacja może zachodzić w warunkach tlenowych albo beztlenowych.



Fot. 193. Grzyby wydzielają enzymy, które zapoczątkowują proces biodegradacji kulek poliamidu.

Tabela 40. Segregacja odpadów

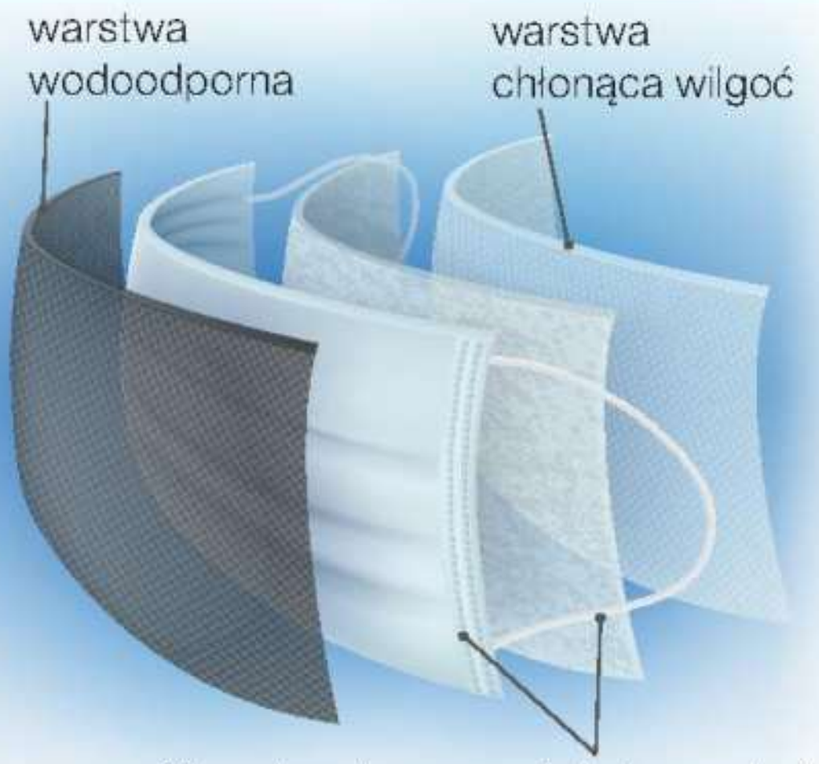
Typ odpadu	Przykładowe odpady	Przykłady produktów, których nie można wrzucać do pojemnika
szkło	szklane butelki, słoiki, szklane opakowania po kosmetykach i lekach	szyby, porcelana, ceramika, żarówki, świetlówki, lustra, kryształy, wyroby ze szkła żaroodpornego
papier	makulatura, ulotki, gazety, czasopisma, książki, zeszyty, katalogi, tektura, torby papierowe, papier biurowy, ścinki drukarskie	zanieczyszczony papier, zużyte chusteczki i ręczniki papierowe, kartony po mleku i napojach, worki po nawozach i materiałach budowlanych
tworzywa sztuczne i metale	opakowania stalowe i aluminiowe (np. puszki, folia), kapsle, pokrywki słoików, puste butelki (np. PET), nakrętki, kartony po mleku i napojach, folie i torebki z tworzyw sztucznych	butelki i pojemniki z zawartością, opakowania po farbach i lakierach, sprzęt elektryczny i elektroniczny, baterie i akumulatory, butelki po olejach samochodowych, opakowania po aerozolach, opakowania po olejach silnikowych, zatłuszczony styropian po żywności
bioodpady z gospodarstw domowych	resztki owoców i warzyw, skorupki jaj, fusy po kawie i herbacie, małe gałęzie, trawa, liście, kwiaty, trociny, kora drzew	resztki pochodzenia zwierzęcego (np. nabiał, mięso i kości), ziemia i kamienie, odchody zwierząt, popiół i węgiel, drewno lakierowane, płyty wiórowe i sklejka
zmieszane	wszystko, czego nie można wrzucić do pozostałych pojemników, a co nie jest odpadem niebezpiecznym, np. resztki pochodzenia zwierzęcego, mokry lub zabrudzony papier, zużyte materiały higieniczne, w tym pieluchy jednorazowe, żwirek z kuwet dla zwierząt, fajans, potłuczone szyby i lustra, tekstylia	przeterminowane leki i chemikalia, baterie i akumulatory, odpady budowlane, sprzęt elektryczny i elektroniczny, meble i odpady wielkogabarytowe

Chemia w akcji

Polar to popularny rodzaj tkaniny wykorzystywanej do produkcji odzieży sportowej (fot. 194.). Można go wytwarzać z odpadów wykonanych z poli(tereftalanu etylenu), np. z butelek PET. Polar ma lepsze właściwości termoizolacyjne niż wełna.



Fot. 194. Butelka PET może zostać wykorzystana ponownie.



Chemia w akcji

Maski ochronne (fot. 195.) są wykorzystywane nie tylko przez chirurgów w trakcie zabiegów operacyjnych, lecz także przez innych ludzi, którzy chcą uchronić się przed zanieczyszczeniami i patogenami unoszącymi się w powietrzu. Zwykle składają się z kilku warstw polipropylenu o zróżnicowanej gramaturze, aby lepiej chronić drogi oddechowe noszących je osób.

Fot. 195. Maski wykonane z polipropylenu mogą być stosowane również przez alergików.

Zadania

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. **Podziel wymienione włókna na naturalne, sztuczne i syntetyczne.**
bawełna, kaszmir, anilana, wełna, len, angora, jedwab wiskozowy, włókna poliestrowe, goreteks, nylon

2. **Wskaż wśród zdań dotyczących wełny te, które są prawdziwe.**
a) Jest włóknem pochodzenia zwierzęcego.
b) Nie jest higroskopijna.
c) Żółknie pod wpływem promieni słonecznych.
d) Miękką i puszystą wełną otrzymuje się m.in. z kozy kaszmirskiej.

3. Aby określić, czy materiał jest wykonany z jedwabiu naturalnego czy sztucznego, jego próbki poddano następującym badaniom:
a) wprowadzono je do płomienia palnika,
b) umieszczono na nich po kropli stężonego roztworu HNO_3.
Napisz obserwacje dotyczące obu próbek.

4. **Oblicz, z ilu merów składa się cząsteczka kauczuku naturalnego (poliizoprenu), jeśli wiadomo, że jego średnia masa cząsteczkowa wynosi 340 000 u.**

5. Dioksyny są związkami chemicznymi, które powstają podczas spalania śmieci w niewłaściwych warunkach. Przykładem dioksyn jest związek chemiczny o wzorze sumarycznym $C_{12}H_4Cl_4O_2$. **Oblicz zawartość procentową (procent masowy) chloru w cząsteczce tego związku chemicznego.**

6. Tworzywa sztuczne otrzymuje się m.in. w reakcji polikondensacji. Pojedyncze cząsteczki łączą się, ale powstaje dodatkowo małocząsteczkowy produkt, np. woda. **Napisz równanie reakcji polikondensacji dwóch cząsteczek o wzorze półstrukturalnym: $H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—COOH$, wiedząc, że między cząsteczkami powstanie wiązanie —CO—NH—.**

Zapamiętaj!

Recykling – ponowne wykorzystanie odpadów lub zużytych elementów do wytworzenia nowych produktów.

Włókna naturalne – włókna pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

Włókna sztuczne – włókna wytwarzane przez modyfikację polimerów naturalnych.

Włókna syntetyczne – włókna powstające w wyniku syntezy chemicznej.

Podsumowanie

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów to pochodne, w których cząsteczkach są **co najmniej dwie różne grupy funkcyjne**.
Do wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów zaliczamy: **hydroksykwasy, aminokwasy, białka i sacharydy** (**cukry**).

◀ Co to są wielofunkcyjne pochodne węglowodorów i jakie związki chemiczne do nich zaliczamy?

Fermentacja mlekowa **to przemiana niektórych sacharydów, m.in. laktozy, w kwas mlekowy pod wpływem enzymów wytwarzanych przez bakterie** – pałeczki kwasu mlekowego.

◀ Co to jest fermentacja mlekowa?

aminokwasy białkowe

- **endogenne** – mogą powstawać w organizmie człowieka
- **egzogenne** – muszą być dostarczane z pokarmem

◀ Jak można podzielić aminokwasy białkowe?

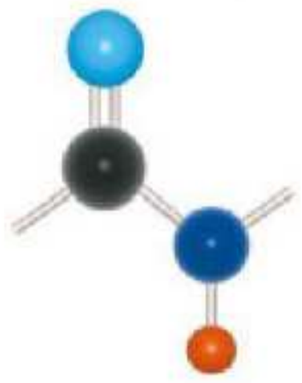
Punkt izoelektryczny to **wartość pH wodnego roztworu aminokwasu, przy której stężenie jonu obojnaczego jest największe**. Jest oznaczany skrótem pI.

◀ Co to jest punkt izoelektryczny?

Wiązanie peptydowe to rodzaj wiązania amidowego, które tworzy się **między resztami cząsteczek aminokwasów** w wyniku reakcji kondensacji.

◀ Co to jest wiązanie peptydowe?

model wiązania amidowego (peptydowego)



Modele atomów:
- wodoru
- węgla
- tlenu
- azotu

Białka można podzielić ze względu na:

◀ Jak można podzielić białka?

- skład:

białka

- **proste** – produktami ich reakcji hydrolizy są tylko aminokwasy
- **złożone** – produktami ich reakcji hydrolizy są aminokwasy oraz inne związki chemiczne, np. tłuszcze i sacharydy

- budowę:

białka

fibrylarne (włókienkowe)
- cząsteczki wydłużone, nitkowate
- trudno rozpuszczalne w wodzie
- występują np. w skórze i ścięgnach (kolagen), w mięśniach (miozyna), w paznokciach (keratyna)

globularne (kłębuszkowe)
- cząsteczki zwarte, kuliste
- rozpuszczalne w wodzie
- występują np. w płynach ustrojowych (hemoglobina, insulina)

Jakim przemianom ulegają białka?

Białka ulegają przemianom odwracalnym i nieodwracalnym.
Do **odwracalnych** zalicza się **wysalanie** (przemiana zolu w żel pod wpływem soli metali lekkich) i **peptyzację** (przemiana żelu w zol zachodząca pod wpływem wody). Przemianą **nieodwracalną** jest **denaturacja** (niszczenie struktury białka), zachodząca pod wpływem wysokiej temperatury, roztworów kwasów, zasad, alkoholi, formaliny i soli metali ciężkich.

Co to jest reakcja biuretowa?

Reakcja biuretowa to **reakcja chemiczna z wodorotlenkiem miedzi(II), która umożliwia wykrycie wiązania amidowego (peptydowego)** w badanej próbce.

Co to jest reakcja ksantoproteinowa?

Reakcja ksantoproteinowa to reakcja chemiczna **białek ze stężonym roztworem kwasu azotowego(V). Umożliwia wykrycie białka** w badanej próbce. Pojawienie się żółtej barwy świadczy o obecności białka.

Jak można podzielić sacharydy?

Sacharydy można podzielić ze względu **na budowę** cząsteczki:

sacharydy (cukry)

- **cukry proste (monosacharydy)** zawierają 3–8 atomów węgla w cząsteczce, np. glukoza $C_6H_{12}O_6$
- **cukry złożone**
  - **oligosacharydy** zawierają 2–10 reszt monosacharydowych, np. disacharyd sacharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$
  - **polisacharydy** zawierają więcej niż 10 reszt monosacharydowych, np. skrobia $(C_6H_{10}O_5)_n$, gdzie $n = 300–400$

Jak można podzielić monosacharydy?

Tę grupę związków klasyfikuje się ze względu na dwa kryteria:

- **liczbę atomów węgla** w cząsteczce:

monosacharydy

- **triozy** mają 3 atomy węgla w cząsteczce, np. dihydroksyaceton $C_3H_6O_3$
- **tetrozy** zawierają 4 atomy węgla w cząsteczce, np. erytroza $C_4H_8O_4$
- **pentozy** zawierają 5 atomów węgla w cząsteczce, np. ryboza $C_5H_{10}O_5$
- **heksozy** zawierają 6 atomów węgla w cząsteczce, np. glukoza $C_6H_{12}O_6$

- **grupę funkcyjną**:

monosacharydy

- **aldozy (polihydroksyaldehydy)** mają w cząsteczce grupę aldehydową —CHO i grupy hydroksylowe —OH
- **ketozy (polihydroksyketony)** mają w cząsteczce grupę karbonylową $C{=}O$ i grupy hydroksylowe —OH

Glukoza i fruktoza mają **właściwości redukujące**. Z tego powodu nie można ich od siebie odróżnić za pomocą prób Trommera i Tollensa.

◀ Czy glukoza i fruktoza mają właściwości redukujące?

Aby odróżnić glukozę od fruktozy, należy przeprowadzić reakcje chemiczne tych związków **z wodą bromową w obecności wodorowęglanu sodu**. Woda bromowa w obecności wodorowęglanu sodu odbarwia się pod wpływem roztworu glukozy, a pod wpływem roztworu fruktozy nie traci zabarwienia.

◀ W jaki sposób odróżnić glukozę od fruktozy?

Składniki odżywcze to **pierwiastki i związki chemiczne**, od których zależy **prawidłowe funkcjonowanie organizmu**. Należą do nich m.in. białka, tłuszcze, sacharydy, witaminy i sole mineralne.

◀ Co to są składniki odżywcze?

Próba jodoskrobiowa to **reakcja chemiczna pozwlająca wykryć obecność skrobi w badanej próbce**. W wyniku reakcji skrobi z jodem powstaje związek chemiczny o ciemnoniebieskim zabarwieniu.

◀ Co to jest próba jodoskrobiowa?



wynik próby jodoskrobiowej

Opakowania można podzielić na: **metalowe**, np. beczki, **papierowe (celulozowe)**, np. kartony, **szklane**, np. butelki, **z tworzyw sztucznych**, np. reklamówki.

◀ Na jakie rodzaje można podzielić opakowania?

Niektóre z odpadów można ponownie wykorzystać. **Segregacja odpadów jest początkowym etapem ich recyklingu bądź utylizacji**. Papier, szkło, metal i tworzywa sztuczne są zbierane do specjalnych pojemników.

◀ Dlaczego należy segregować odpady?

◀ Na jakie rodzaje można podzielić włókna?

Rodzaj włókna	Pochodzenie	Charakterystyka
naturalne	mineralne	włókna nieorganiczne, np. azbest – włóknista forma minerałów zawierających krzem
	roślinne	włókna organiczne, np. len, konopie, bawełna
	zwierzęce	włókna organiczne, np. wełna, jedwab naturalny
chemiczne	nieorganiczne	np. włókna szklane, metalowe, węglowe
	sztuczne	włókna organiczne, wytwarzane z naturalnych polimerów, np. jedwab sztuczny
	syntetyczne	włókna organiczne, które powstają w wyniku syntezy chemicznej, np. anilana, nylon

Sprawdź, czy potrafisz…

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

1. Wskaż zdania, które są prawdziwe.

a) Kefir otrzymuje się z mleka w procesie fermentacji mlekowej.

b) Kwas acetylosalicylowy to jeden z najczęściej stosowanych leków na dolegliwości żołądkowe.

c) Dawka lecznicza to taka ilość leku, która powoduje działanie lecznicze.

d) Segregacja odpadów jest końcowym etapem ich recyklingu lub utylizacji.

e) Jon obojnaczy jest elektrycznie obojętny.

f) Celuloza to polisacharyd pochodzenia roślinnego.

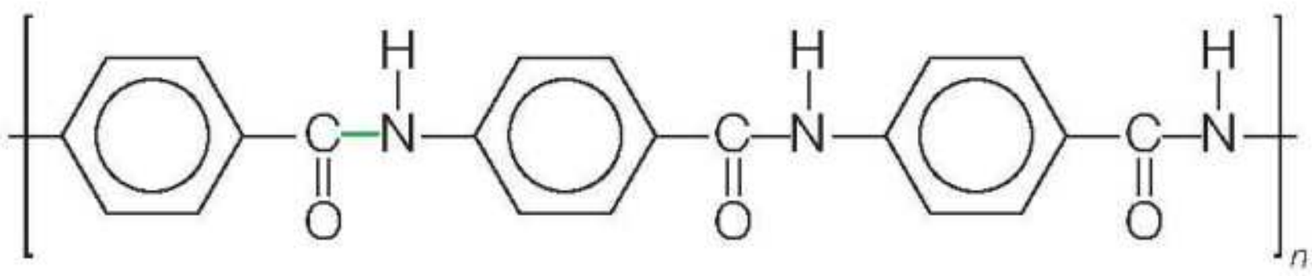
2. Napisz w zeszycie, jakie substancje kryją się pod podanymi oznaczeniami: E 330, E 338, E 150d, E 954, E 950, E 951, E 211 i E 202. Określ, jakie funkcje pełnią te substancje.
Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

3. Napisz wzór sumaryczny kwasu acetylosalicylowego przedstawionego na modelu. Oblicz zawartość procentową (procent masowy) węgla w cząsteczce tego kwasu.



Modele atomów: wodoru węgla tlenu

4. Włókno kevlarowe składa się z polimeru o wzorze:



Napisz nazwę wiązania zaznaczonego w cząsteczce polimeru.

5. Podziel podane odpady na: szkło, metal, papier, tworzywa sztuczne, baterie oraz pozostałe.
książka w miękkiej okładce, słoik po kremie, pokrywka od słoika, akumulatorek, karton po mleku, papier pakowy, tektura, folia aluminiowa, tkanina, opakowanie po margarynie, stłuczona szklanka, kapsel od butelki

6. Zaprojektuj doświadczenie *Wykrywanie skrobi w ziemniakach*. Opisz jego przebieg, zapisz obserwacje i sformułuj wniosek.

7. Wyjaśnij, w jaki sposób aminokwasy łączą się ze sobą tworząc peptydy. Napisz reakcję otrzymywania tripeptydu o nazwie glutamylocysteinyloglicyna.

8. W pomieszczeniu o objętości 75 m^3 znajduje się 60 g chloru w stanie gazowym (LC_{50} dla chloru to 864,1 $\frac{mg}{m^3}$ powietrza). **Oblicz zawartość chloru w metrze sześciennym powietrza. Oceń, czy wartość LC_{50} dla chloru została przekroczona w tym pomieszczeniu.**

Zbiór zadań

Chemia organiczna

- Węglowodory
- Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów – fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry, tłuszcze, aminy i amidy
- Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów – aminokwasy, peptydy, białka, sacharydy

Węglowodory

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

Wprowadzenie do chemii organicznej

1. Ustal stosunek masowy pierwiastków w związku organicznym o wzorze sumarycznym CH_4O i oblicz skład procentowy tego związku chemicznego.

2. Ustal wzór sumaryczny związku chemicznego o masie cząsteczkowej 60 u, którego cząsteczka zawiera 40% węgla, 6,67% wodoru i tlen.

3. Ustal wzór rzeczywisty związku organicznego, wiedząc, że stosunek masowy węgla do wodoru i tlenu wynosi 6 : 1 : 8, a masa cząsteczkowa tego związku chemicznego to 180 u.

Dla dociekliwych

4. Ustal wzór rzeczywisty węglowodoru, jeśli wiadomo, że w reakcji spalania 1,6 g tego związku chemicznego otrzymano 4,4 g tlenku węgla(IV) i 3,6 g wody. Wzór rzeczywisty tego związku jest jednocześnie jego wzorem empirycznym.

5. W wyniku spalania całkowitego związków organicznych powstają tlenek węgla(IV) i woda.

   a) Napisz i zbilansuj równanie reakcji spalania całkowitego związku o wzorze sumarycznym C_2H_6O.
   b) Oblicz objętość tlenku węgla(IV) (odmierzonego w warunkach normalnych), który wydzieli się podczas spalania 2,3 g tego związku.

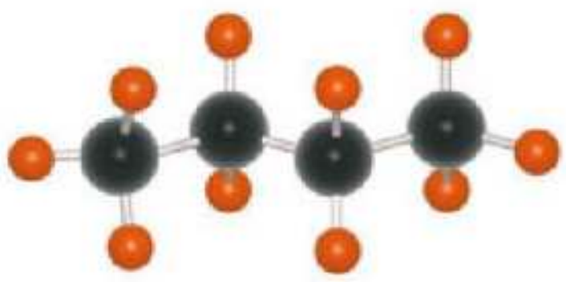
Węglowodory nasycone – alkany

6. Wskaż wzory sumaryczne alkanów.

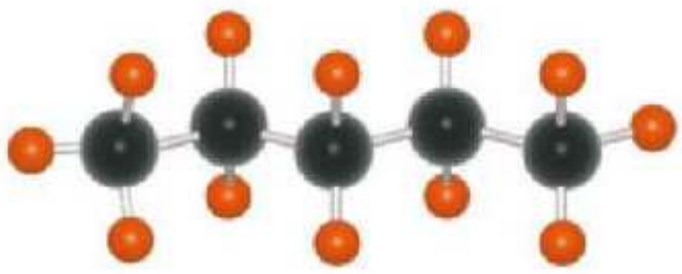
   C_3H_6, C_5H_{12}, $C_{10}H_{18}$, C_2H_2, C_3H_8, C_5H_{10}, $C_{10}H_{22}$

7. Napisz nazwy węglowodorów nasyconych przedstawionych na modelach. Zapisz ich wzory półstrukturalne.

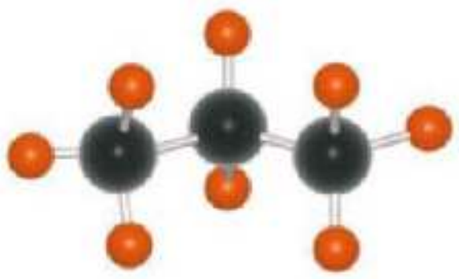
a)



b)



c)



8. Narysuj wzór elektronowy cząsteczki etanu. Podaj liczbę elektronów tworzących wiązania chemiczne oraz liczbę wiązań typu σ w tej cząsteczce.

9. Zaproponuj wzór strukturalny oraz podaj nazwę alkanu, którego cząsteczka zawiera 5 atomów węgla pierwszorzędowych, 1 atom węgla drugorzędowy, 1 atom węgla trzeciorzędowy i 1 atom węgla czwartorzędowy.

10. Podziel podane alkany na gazy, ciecze i ciała stałe.

    C_4H_{10}, C_8H_{18}, C_5H_{12}, CH_4, $C_{16}H_{34}$, $C_{20}H_{42}$, C_2H_6

11. Uszereguj alkany o podanych wzorach sumarycznych zgodnie:

a) z rosnącą temperaturą wrzenia,
b) ze zwiększaniem się ich lotności.

C_5H_{12}, CH_4, C_7H_{16}, C_2H_6, C_4H_{10}, C_8H_{18}, C_3H_8, $C_{10}H_{22}$

12. Ustal wzory empiryczny i rzeczywisty alkanu o masie molowej 58 $\frac{g}{mol}$, jeżeli stosunek masowy węgla do wodoru w tym związku wynosi 24 : 5.

13. Zbilansuj równania poniższych reakcji chemicznych. Podaj nazwy produktów organicznych.

a) $Al_4C_3 + HCl \longrightarrow AlCl_3 + CH_4$

b) $Al_4C_3 + H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + CH_4$

c) $CH_3{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{światło} CH_3{-}CH_2Br + HBr$

d) $CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{światło} CHCl_3 + HCl$

e) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{światło} CH_3{-}CHCl{-}CH_3 + HCl$

f) $CH_3Cl + CH_3{-}CH_2{-}CH_2Cl + Na \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + NaCl$

Dla dociekliwych

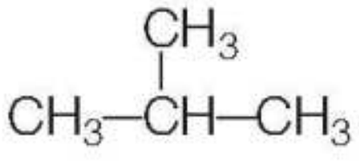
14. Oblicz objętość tlenku węgla(IV) (odmierzonego w warunkach normalnych), który powstał w wyniku spalania całkowitego pentanu, jeżeli otrzymano 5,4 g wody.

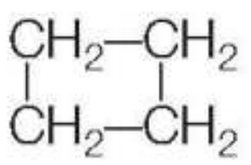
Zjawisko izomerii

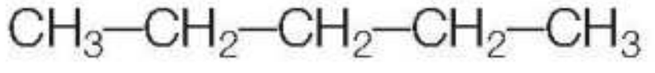
15. Narysuj wzory strukturalne wszystkich izomerów węglowodorów o podanych nazwach. Napisz nazwy tych izomerów.

a) pentan, b) heksan.

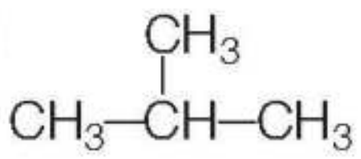
16. Wskaż, który spośród podanych wzorów półstrukturalnych jest homologiem butanu, a który jest jego izomerem.

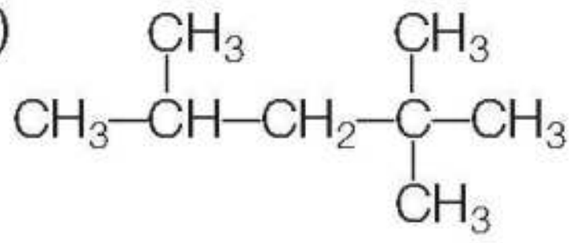


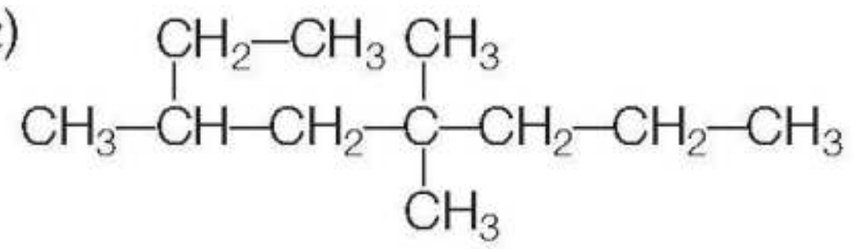


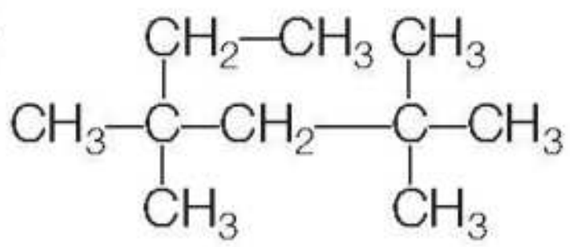


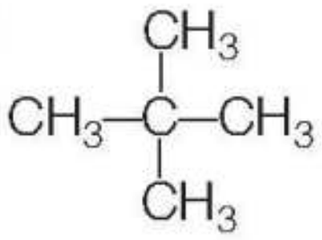
17. Napisz nazwy węglowodorów o podanych wzorach półstrukturalnych.

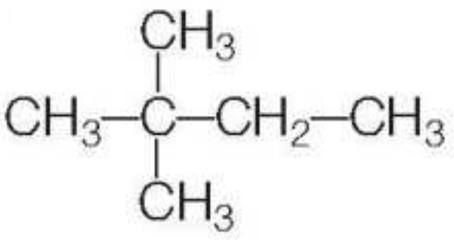
a)


b)


c)


d)


e)


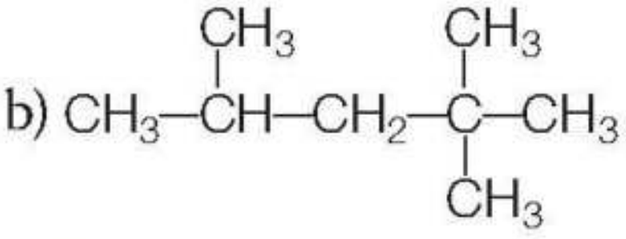
f)


18. Napisz wzory półstrukturalne podanych związków chemicznych.

a) 2,2-dimetylopentan
b) 3-etylopentan
c) 2-metylopropan
d) 3-etylo-4-metylooktan
e) 2,2,3-trimetyloheksan
f) 2-chloropropan
g) 2-bromo-1-chlorobutan
h) 2,2-dibromo-3-chloropentan
i) 1-bromo-2,2-dimetylobutan

19. Określ rzędowość każdego atomu węgla w związkach o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

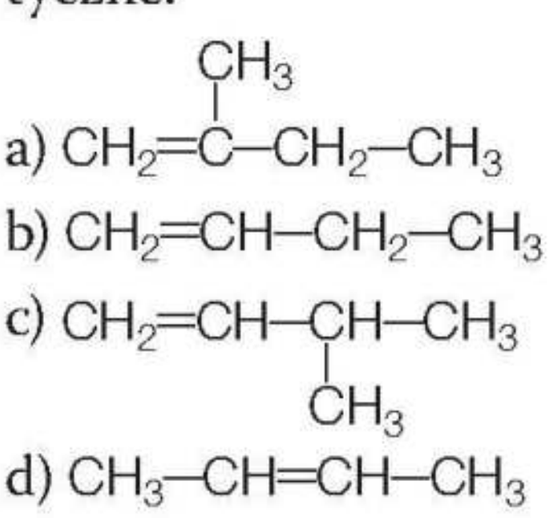
b) 

Węglowodory nienasycone – alkeny

20. Wskaż wzory sumaryczne alkenów.

C_3H_6, C_5H_{12}, $C_{10}H_{18}$, C_2H_2, C_3H_8, C_5H_{10}, $C_{10}H_{22}$, $C_{10}H_{20}$, C_2H_4

21. Wskaż wzory półstrukturalne związków chemicznych, które są izomerami pentenu. Podaj ich nazwy systematyczne.



22. Narysuj wzór elektronowy cząsteczki etenu. Podaj liczbę elektronów tworzących wiązania chemiczne, liczbę wiązań typu σ oraz liczbę wiązań typu π w tej cząsteczce.

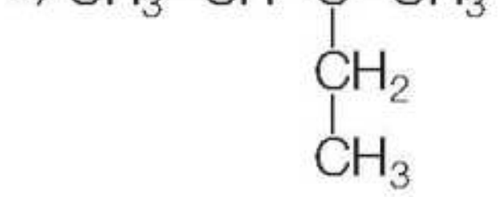
23. Napisz wzory półstrukturalne węglowodorów o podanych nazwach.

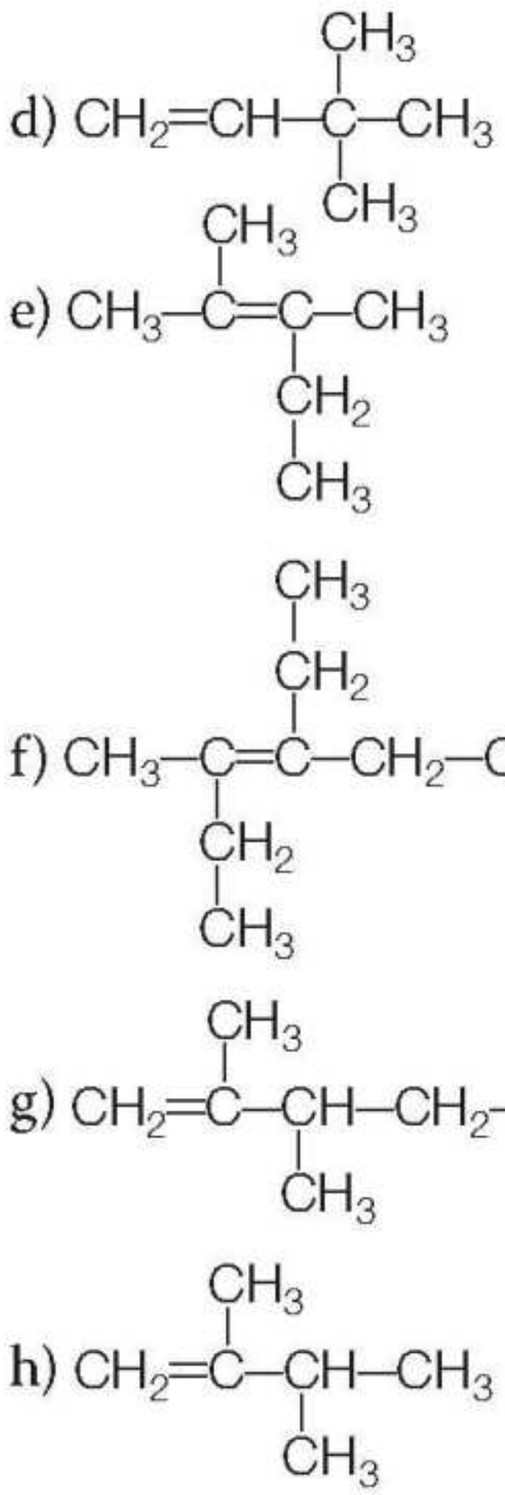
a) 3,3-dietylopent-1-en
b) 4-etylo-2,2-dimetylohept-3-en
c) 3-metylobut-1-en
d) 4-metylopent-2-en
e) 2-metylobut-2-en
f) 2-etylopent-1-en
g) 3,4-dimetyloheks-1-en
h) 3-etylo-2-metylopent-1-en
i) 3,4-dimetylopent-2-en

24. Podaj nazwy związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $CH_2=CH–CH_2–CH_3$

b) $CH_3–CH=CH–CH_3$

c) 



25. Ustal wzór rzeczywisty alkenu o masie cząsteczkowej 70 u i zawartości procentowej węgla 85,7%.

26. Napisz i zbilansuj równania podanych reakcji spalania alkenów:

a) butenu do tlenku węgla(IV) i wody,
b) etenu do tlenku węgla(II) i wody,
c) propenu do węgla i wody,
d) pentenu do tlenku węgla(II) i wody.

27. Przyporządkuj do podanych równań reakcji chemicznych odpowiednie określenia typów reakcji: reakcja eliminacji, reakcja substytucji, reakcja addycji, reakcja polimeryzacji.

a) $CH_3–CH=CH_2 + Cl_2 \longrightarrow$
$\longrightarrow CH_3–CHCl–CH_2Cl$

b) $CH_3–CH_2OH–CH_3 \xrightarrow{Al_2O_3,\ T}$
$\xrightarrow{Al_2O_3,\ T} CH_3–CH=CH_2 + H_2O$

c) $n\ CH_2=CH_2 \xrightarrow[\text{kat.}]{p,\ T} \left[CH_2–CH_2\right]_n$

d) $CH_3–CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{światło}}$
$\xrightarrow{\text{światło}} CH_3–CH_2Cl + HCl$

28. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych. Podaj nazwy produktów.

a) $CH_2=CH–CH_3 + H_2 \xrightarrow{Pt}$

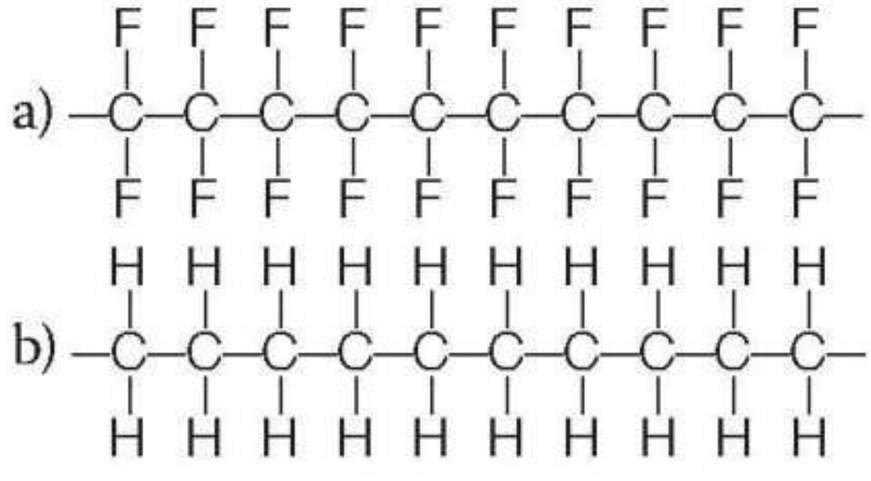
b) $CH_3–CH=CH–CH_3 + Br_2 \longrightarrow$

c) $n\ CH_2=CH_2 \xrightarrow[\text{kat.}]{p,\ T}$

29. Pewien węglowodór należący do szeregu homologicznego alkenów uległ spaleniu całkowitemu. Napisz jego wzór sumaryczny, jeżeli wiadomo, że:

a) spaleniu uległ 1 mol węglowodoru,
b) powstały 2 mole tlenku węgla(IV).

30. Ustal wzory półstrukturalne monomerów, z których powstały polimery o podanych wzorach strukturalnych.

a)


b)

31. Zaproponuj i opisz doświadczenie chemiczne, w którym można otrzymać eten i potwierdzić nienasycony charakter tego węglowodoru.

32. Oblicz, ile cząsteczek etenu uległo polimeryzacji, jeżeli masa cząsteczkowa powstałego polimeru wynosi 84 000 u.

Dla dociekliwych

33. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych. Podaj nazwy produktów.

a) $CH_3–CH_2–OH \xrightarrow{Al_2O_3,\ T}$

b) $CH_2=CH–CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+}$
$\xrightarrow{H^+}$ produkt główny

c) $CH_2=CH–CH_2–CH_3 + HCl \longrightarrow$
$\longrightarrow$ produkty główny i uboczny

d) $CH_3–CH_2–Cl + KOH \xrightarrow{\text{alkohol}}$

e) $HC\equiv C–CH_3 + 2\ HCl \longrightarrow$

34. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1–6.

metan $\xrightarrow[1]{Cl_2,\ \text{światło}}$ chlorometan $\xrightarrow[2]{Na}$
$\xrightarrow[2]{Na}$ etan $\xrightarrow[3]{Br_2}$ bromoetan $\xrightarrow[4]{\text{KOH, alkohol}}$
$\xrightarrow[4]{\text{KOH, alkohol}}$ eten $\xrightarrow[5]{H_2O,\ H^+}$
$\xrightarrow[5]{H_2O,\ H^+}$ etanol $\xrightarrow[6]{Al_2O_3,\ T}$ eten

35. Zaproponuj doświadczenie chemiczne, które należy przeprowadzić, aby rozróżnić heksan, butan i but-1-en.

Węglowodory nienasycone – alkiny

36. Napisz wzór elektronowy cząsteczki acetylenu. Podaj liczbę elektronów tworzących wiązania chemiczne, liczbę wiązań typu σ oraz liczbę wiązań typu π w tej cząsteczce.

37. Napisz wzory półstrukturalne wszystkich izomerów konstytucyjnych alkinu o wzorze sumarycznym C_5H_8. Podaj ich nazwy systematyczne.

38. Wskaż wzory półstrukturalne związków chemicznych należących do szeregu homologicznego etynu. Podaj ich nazwy systematyczne.

a) $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$
b) $CH_2{=}CH{-}CH_3$
c) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3$
d) $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$
e) $CH{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$
f) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

39. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$
b) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}{-}CH_2{-}CH_3$
c) $CH{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}{-}CH_2{-}CH_3$
d) $CH_3{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$

40. Napisz wzory półstrukturalne węglowodorów o podanych nazwach.

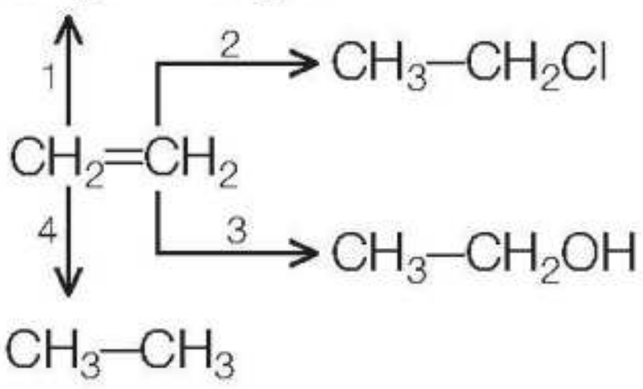
a) 4-metylopent-1-yn
b) 3,3-dimetylobut-1-yn
c) but-2-yn
d) 4,5-dimetyloheks-2-yn
e) 3,4,4-trimetylopent-1-yn
f) 4-etyloheks-2-yn
g) 3-chloro-3-metylopent-1-yn

41. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych.

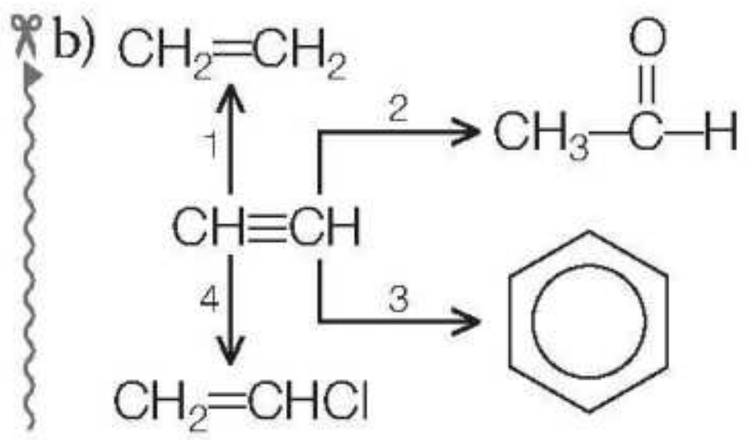
a) $CH{\equiv}C{-}CH_3 + H_{2(nadmiar)} \xrightarrow{Ni}$
b) $CH{\equiv}C{-}CH_3 + H_{2(niedomiar)} \xrightarrow{Ni}$
c) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + Br_{2(niedomiar)} \longrightarrow$
d) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + HCl_{(nadmiar)} \longrightarrow$
e) $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{HgSO_4,\ H_2SO_4}$
f) $CH_3{-}CH_2Cl{-}CH_2Cl + KOH \xrightarrow[\text{alkohol}]{}$

42. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych oznaczonych na schematach cyframi 1–4. Uwzględnij warunki ich przebiegu.

a) $CH_2Cl{-}CH_2Cl$



b)



43. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1 i 2. Podaj nazwy produktów.

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow[1]{HCl} \text{chloroeten} \xrightarrow[2]{p,\ T,\ \text{kat.}} \left[\begin{array}{l} CH_2{-}CH \\ \quad\quad | \\ \quad\quad Cl \end{array}\right]_n$$

44. W wyniku bromowania pewnego alkinu powstaje tetrabromopochodna, w której stosunek masowy węgla, wodoru i bromu wynosi 9 : 1 : 80. Ustal wzór sumaryczny tej pochodnej, wiedząc, że jej wzory elementarny i rzeczywisty są takie same.

45. Wskaż wzory sumaryczne węglowodorów, które w temperaturze pokojowej i bez użycia katalizatorów odbarwiają wodę bromową oraz roztwór manganianu(VII) potasu.

CH_4, C_4H_6, C_4H_8, C_4H_{10}, C_2H_4, C_2H_2

46. Ustal stosunek masowy pierwiastków w podanych związkach chemicznych należących do szeregu homologicznego alkenów. Określ, jaka prawidłowość występuje w tym szeregu. Czy podobna prawidłowość występuje również w szeregach homologicznych alkanów i alkinów? Wykonaj odpowiednie obliczenia.

C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}

47. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych przedstawionych na schematach.

a) węglik glinu $\xrightarrow{1}$ metan $\xrightarrow{2}$ chlorometan $\xrightarrow{3}$ etan

b) propyn $\xrightarrow{1}$ propen $\xrightarrow{2}$ propan

c) etyn $\xrightarrow{1}$ benzen

Dla dociekliwych

48. Określ, jakie doświadczenie chemiczne należy przeprowadzić, aby rozróżnić etan, eten i etyn. Opisz kolejne czynności, które trzeba wykonać.

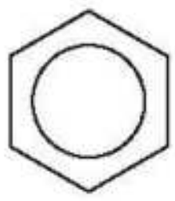
49. Spalanie całkowite acetylenu zachodzi zgodnie z równaniem:

$$2\,C_2H_2 + 5\,O_2 \longrightarrow 4\,CO_2 + 2\,H_2O$$

Oblicz, jaka objętość powietrza jest potrzebna do spalenia całkowitego 0,25 mola acetylenu. Załóż, że tlen stanowi 20% (procenty objętościowe) powietrza.

Benzen jako przedstawiciel węglowodorów aromatycznych

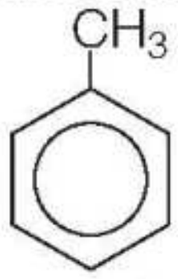
50. Podaj liczbę elektronów zdelokalizowanych, liczbę wiązań typu σ oraz liczbę wiązań typu π w cząsteczce benzenu o podanym wzorze szkieletowym.

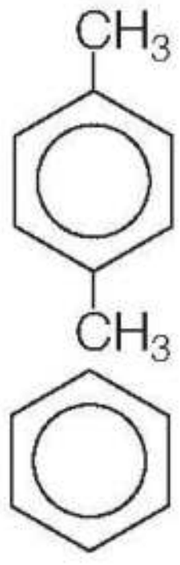


51. Wskaż poprawne uzupełnienia zdań.

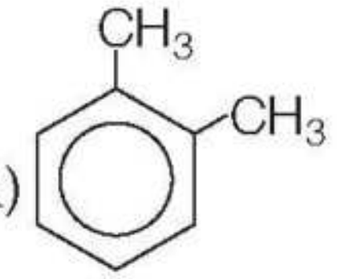
Benzen jest (żółtą / bezbarwną), (palną / niepalną) cieczą, która (jest bezwonna / ma charakterystyczny zapach). Jego gęstość jest (mniejsza / większa) od gęstości wody. Benzen rozpuszcza się w (wodzie / rozpuszczalnikach organicznych). (Jest / Nie jest) substancją toksyczną i rakotwórczą.

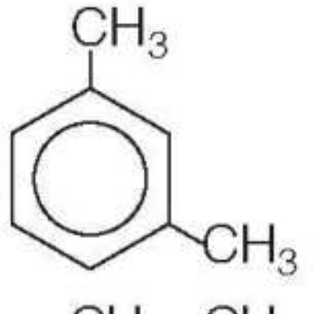
52. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych. Określ, które z nich są względem siebie homologami, a które izomerami.

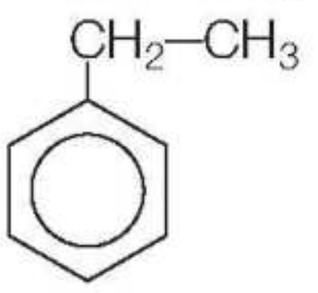
a) 

b) 

c)

d) 

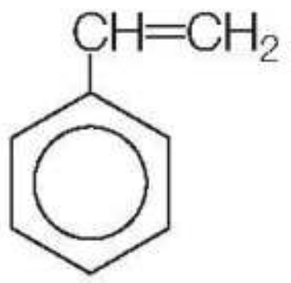
e) 

f) 

53. Podaj zagrożenia, o których informują oznaczenia umieszczone na opakowaniu z benzenem.



54. Napisz wzór sumaryczny styrenu na podstawie podanego wzoru i oblicz zawartość procentową węgla w jego cząsteczce.



55. Podziel węglowodory o podanych wzorach sumarycznych ze względu na:

a) stan skupienia,
b) przynależność do określonego szeregu homologicznego.

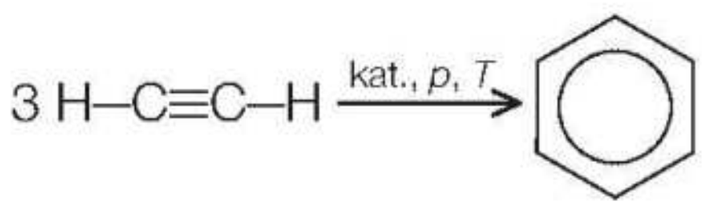
CH_4, C_2H_2, C_6H_{12}, $C_{16}H_{34}$, C_6H_6, C_3H_4, C_7H_8, C_2H_4

56. Napisz i zbilansuj równania reakcji spalania benzenu w tlenie, których produktami są:

a) tlenek węgla(IV) i woda,
b) tlenek węgla(II) i woda,
c) węgiel i woda.

57. Zaproponuj sposób, który pozwoli rozróżnić heksan, heksen i benzen.

58. Benzen powstaje w reakcji trimeryzacji acetylenu opisanej podanym równaniem.



Oblicz, ile gramów benzenu powstanie, jeżeli w reakcji weźmie udział 33,6 dm^3 acetylenu odmierzonego w warunkach normalnych.

59. Do dwóch probówek zawierających wodę bromową wprowadzono benzen. Następnie do jednej z nich dodano kilka kryształków bromku żelaza(III). Określ, w której probówce woda bromowa ulegnie odbarwieniu. Napisz równanie zachodzącej reakcji chemicznej.

Naturalne źródła węglowodorów

60. Liczbę oktanową (LO) benzyny określa się, porównując przebieg spalania danego paliwa z przebiegiem spalania dwóch węglowodorów: izooktanu i heptanu. Jeśli analizowana benzyna spala się tak jak czysty izooktan, przyjmuje się, że ma LO = 100, a jeśli spala się tak jak czysty *n*-heptan, przyjmuje się, że ma LO = 0. Określ skład mieszaniny *n*-heptanu i izooktanu, jeżeli jej liczba oktanowa wynosi 97.

61. Parafina jest to mieszanina stałych *n*-alkanów zawierających więcej niż 17 atomów węgla w cząsteczce. Otrzymuje się ją w wyniku przeróbki ciężkich frakcji ropy naftowej. Napisz wzory półstrukturalne trzech alkanów, które mogą występować w parafinie, i podaj ich nazwy.

62. Oblicz, ile kilogramów koksu powstanie w wyniku pirolizy 1000 kg węgla kamiennego zawierającego 97% węgla pierwiastkowego. Przyjmij, że koks zawiera tylko czysty węgiel.

Dla dociekliwych

63. Mieszanina nazywana suchym gazem ziemnym zawiera 97% metanu, 2,5% etanu i 0,5% propanu (procenty objętościowe).

a) Oblicz, jaka objętość każdego z tych węglowodorów znajduje się w 1 m^3 suchego gazu ziemnego.
b) Oblicz, jaka objętość tlenu (odmierzonego w warunkach normalnych) jest potrzebna do spalenia całkowitego 1 m^3 suchego gazu ziemnego.

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

Fluorowcopochodne węglowodorów

64. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach sumarycznych i półstrukturalnych.

a) CH_3F

b) CCl_4

c) $CH_3–CH_2–Br$

d) $CH_3–CHCl–CH_3$

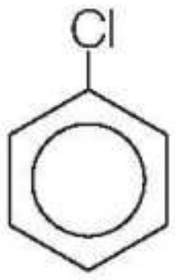
e) $CH_2Br–CH_2Br$

f) CHI_3

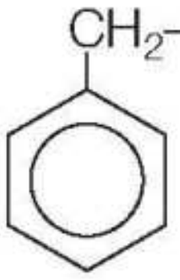
g) $CH_2=CHCl$

h) $CF_2=CF_2$

i)



j)



65. Napisz wzory półstrukturalne związków chemicznych o podanych nazwach.

a) 2-bromopropan

b) 2-bromo-3-chlorobutan

c) 1-bromo-2-metylopropan

d) 3-chloroprop-1-en

e) 2,3-dibromobut-2-en

f) 1,3,5-trichlorobenzen

g) 1-chloro-2-fenyloetan

66. Ustal wzór rzeczywisty jodopochodnej węglowodoru o masie molowej 156 $\frac{g}{mol}$, która zawiera 15,4% węgla i 3,2% wodoru (procenty masowe).

67. Uszereguj związki o podanych wzorach sumarycznych zgodnie z ich rosnącą temperaturą wrzenia, wiedząc, że temperatura wrzenia fluorowcopochodnych węglowodorów jest tym wyższa, im większa jest masa fluorowca w ich cząsteczkach.

C_3H_7Br, C_3H_7I, C_3H_7F, C_3H_7Cl

68. Uszereguj związki o podanych wzorach sumarycznych zgodnie z ich malejącą temperaturą wrzenia, wiedząc, że temperatura wrzenia fluorowcopochodnych węglowodorów jest tym wyższa, im dłuższy jest łańcuch węglowy w ich cząsteczkach.

C_3H_7Cl, CH_3Cl, C_2H_5Cl, C_4H_9Cl

Alkohole monohydroksylowe i polihydroksylowe

69. Podaj nazwy systematyczne alkoholi o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $CH_3–CH_2–C(CH_3)_2–CH_2–OH$

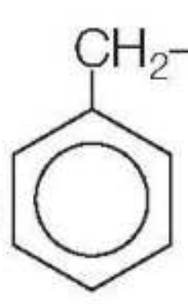
b) $CH_3–CH(OH)–CH_3$

c) $CH_2(OH)–CH_2(OH)$

d) $CH_3–CH(OH)–CH_2–CH_2–CH_3$

e) $CH_3–CH_2–CH(OH)–CH_2–CH_3$

f)



g) $CH_3–C(CH_3)(OH)–CH_3$

h) $CH_2(OH)–CH(OH)–CH_2(OH)$

70. Napisz wzory półstrukturalne alkoholi o podanych nazwach systematycznych.

a) propan-1-ol
b) propan-2-ol
c) 2-metylobutan-1-ol
d) etanol
e) butan-2-ol
f) pentan-3-ol
g) 2,2-dimetylopropan-1-ol
h) etano-1,2-diol
i) propano-1,2,3-triol

71. Wskaż wzory półstrukturalne alkoholi monohydroksylowych, które są względem siebie izomerami konstytucyjnymi. Podaj ich nazwy systematyczne.

a) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$

b) $CH_3–CH_2–OH$

c) $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_2–OH$

d) $CH_3–CH_2–\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}–CH_3$

72. Napisz wzory półstrukturalne wszystkich izomerów konstytucyjnych alkoholu o wzorze sumarycznym $C_4H_{10}O$. Podaj ich nazwy systematyczne.

73. Napisz i zbilansuj równania reakcji spalania:

a) etanolu do tlenku węgla(IV) i wody,
b) propanolu do tlenku węgla(II) i wody,
c) butanolu do węgla i wody.

74. Uszereguj alkohole: pentan-1-ol, metanol, propan-1-ol, etanol, butan-1-ol zgodnie z:

a) rosnącą temperaturą wrzenia,
b) zmniejszającą się rozpuszczalnością w wodzie,
c) zmniejszającą się lotnością,
d) zwiększającą się gęstością.

75. Wskaż, który z alkoholi o podanych nazwach, jest nietoksyczny, a który jest najbardziej toksyczny.

etanol, propano-1,2,3-triol, etano-1,2-diol, metanol

76. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych.

a) $CH_3–CH_2–OH \xrightarrow{Al_2O_3,\ T} ? + H_2O$
b) $CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+}$
c) $CH_3–CH_2–CH_2–OH + Na \longrightarrow$
d) $CH_3–CH_2–OH + HCl \longrightarrow$

77. Zaproponuj sposoby odróżnienia etanolu od propano-1,2,3-triolu na podstawie ich właściwości:

a) chemicznych, b) fizycznych.

78. W wyniku przeprowadzonej na zimno reakcji pewnego związku chemicznego ze strąconym wodorotlenkiem miedzi(II) powstał szafirowy roztwór. Wskaż nazwę związku chemicznego, który został zidentyfikowany w wyniku opisanej reakcji.

metanol, etano-1,2-diol, benzenol (fenol), benzen, toluen

79. Napisz równanie reakcji chemicznej metanolu z sodem. Oblicz objętość metanolu użytego w tej reakcji, jeżeli wiadomo, że wydzieliło się 5,6 dm^3 wodoru odmierzonego w warunkach normalnych. Gęstość metanolu wynosi $d = 0{,}792 \frac{g}{cm^3}$.

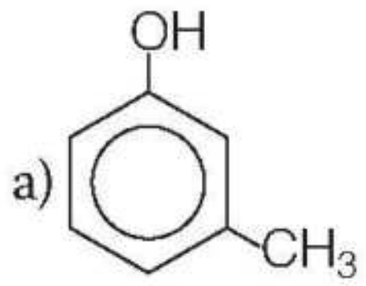
Dla dociekliwych

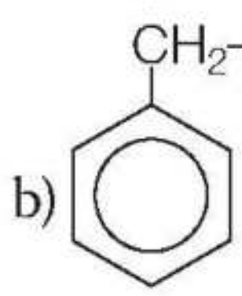
80. Oblicz, ile moli glukozy wzięło udział w fermentacji alkoholowej, jeżeli otrzymano 23 g etanolu. Reakcja chemiczna przebiega zgodnie z równaniem:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ CH_3CH_2OH + 2\ CO_2$$

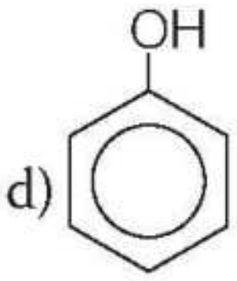
Fenole

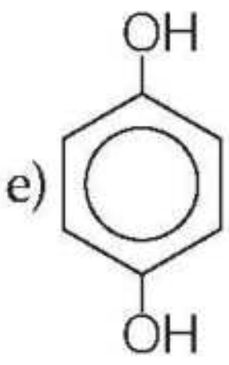
81. Wskaż, które ze związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych są alkoholami, a które fenolami. Napisz nazwy systematyczne przedstawionych fenoli.

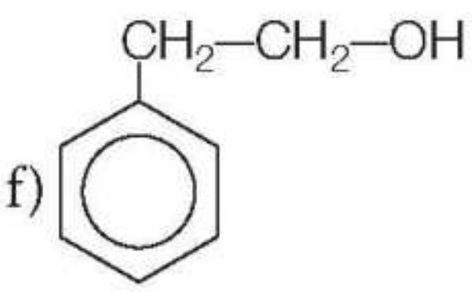
a) 

b) 

c) $CH_3–CH(OH)–CH_3$

d) 

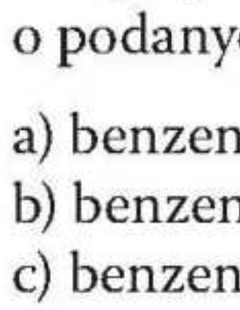
e) 

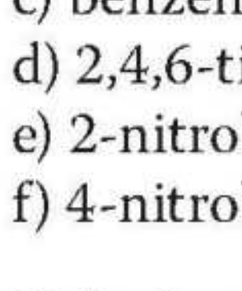
f) 

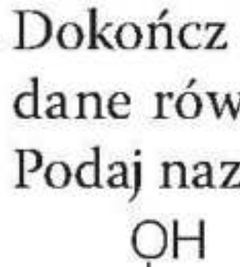
82. Narysuj wzory półstrukturalne fenoli o podanych nazwach.

a) benzenol
b) benzeno-1,2-diol
c) benzeno-1,4-diol
d) 2,4,6-tibromobenzenol
e) 2-nitrobenzenol
f) 4-nitrobenzenol

83. Dokończ lub uzupełnij i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych. Podaj nazwy produktów organicznych.

a)  $+ HNO_{3(rozc.)} \longrightarrow$

b)  $+ 3\ Br_2 \longrightarrow$

c)  $+ 2\ NaOH \xrightarrow[p,\ T]{H_2O} ? + NaCl + H_2O$

84. Narysuj wzór półstrukturalny fenolu o wzorze sumarycznym C_6H_6O. Oblicz jego skład procentowy (procenty masowe).

85. Napisz w postaci cząsteczkowej równania reakcji chemicznych, które wskazują na zasadowy charakter podanych związków chemicznych.

a) etanolan potasu b) fenolan potasu

86. Zapisz podane równania reakcji chemicznych lub zaznacz, że dana reakcja nie zachodzi. Na podstawie zapisanych równań reakcji porównaj właściwości chemiczne alkoholi i fenoli, uwzględniając ich: charakter chemiczny, odczyn roztworu wodnego, zdolność do dysocjacji jonowej, grupę funkcyjną, reaktywność.

a) fenol + $Br_2 \longrightarrow$
b) etanol + $Br_2 \longrightarrow$
c) fenol + $Na \longrightarrow$
d) etanol + $Na \longrightarrow$
e) fenol $\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$
f) etanol $\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$
g) fenol + $NaOH \longrightarrow$
h) etanol + $NaOH \longrightarrow$
i) fenol + $HCl \longrightarrow$
j) etanol + $HCl \longrightarrow$

87. W wyniku reakcji pewnego związku chemicznego z chlorkiem żelaza(III) powstał fioletowy roztwór. Wskaż nazwę związku chemicznego, który został zidentyfikowany w wyniku opisanej reakcji.

metanol, etano-1,2-diol,
benzenol (fenol), benzen, toluen

88. Zaproponuj trzy sposoby doświadczalnego odróżnienia etanolu od fenolu. Zapisz równania odpowiednich reakcji chemicznych i podaj obserwacje.

89. Rozpuszczalność fenolu w wodzie w temperaturze 20°C wynosi 8,2 g na 100 g H_2O. Oblicz stężenie procentowe nasyconego roztworu wodnego fenolu w tej temperaturze.

Aldehydy i ketony

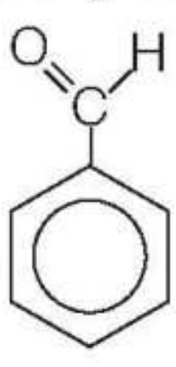
90. Napisz wzory strukturalne związków chemicznych o podanych nazwach.

a) propanal
b) pentanal
c) 2-metylobutanal
d) etanal
e) benzenokarboaldehyd
f) pentan-2-on
g) butan-2-on
h) keton fenylowo-metylowy

91. Podaj nazwy zwyczajowe aldehydów o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $H-C(=O)-H$
b) $CH_3-C(=O)-H$
c) $CH_3-CH_2-C(=O)-H$
d) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H$

92. Określ, które ze związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych są aldehydami, a które ketonami. Wskaż wśród nich pary izomerów. Podaj nazwy systematyczne wszystkich przedstawionych aldehydów i ketonów.

a) $H-C(=O)-H$
b) $CH_3-C(=O)-CH_3$
c) 
d) $CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$
e) $CH_3-CH_2-C(=O)-H$
f) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H$

93. Napisz wzory strukturalne i nazwy systematyczne wszystkich aldehydów i ketonów o wzorze sumarycznym $C_6H_{12}O$, które są względem siebie izomerami.

94. Napisz wzór półstrukturalny aldehydu lub ketonu, który można otrzymać w wyniku utlenienia alkoholu o wzorze:

a) $CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$
b) CH_3-CH_2-OH
c) $CH_3-CHOH-CH_3$
d) CH_3-OH
e) $CH_3-CH_2-CHOH-CH_2-CH_3$

95. Napisz wzór półstrukturalny aldehydu, z którego w wyniku próby Tollensa otrzymano anion kwasu karboksylowego o wzorze CH_3COO^-. Podaj nazwę tego aldehydu.

96. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych. Podaj nazwy systematyczne produktów organicznych.

a) $CH_3-CH_2-OH + CuO \xrightarrow{T}$
b) $CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Pt}$
c) $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{HgSO_4,\ H_2SO_4}$
d) $CH_3-CH_2-CHO + Ag_2O \xrightarrow{T,\ NH_3}$
e) $CH_3OH + CuO \longrightarrow$
f) $CH_3-CH_2-CHO + Cu(OH)_2 + OH^-$
g) $CH_3-CHOH-CH_3 + CuO \xrightarrow{T}$
h) $n\ HCHO \xrightarrow{\text{polimeryzacja}}$
i) $\left[CH_2-O\right]_n \xrightarrow{T}$

97. Napisz i zbilansuj równania reakcji chemicznych przedstawionych na schematach. Zastosuj wzory półstrukturalne substancji.

a) but-2-yn $\xrightarrow{1}$ but-2-en $\xrightarrow{2}$ $\xrightarrow{2}$ butan-2-ol $\xrightarrow{3}$ butan-2-on
b) karbid $\xrightarrow{1}$ acetylen $\xrightarrow{2}$ $\xrightarrow{2}$ eten $\xrightarrow{3}$ etanol $\xrightarrow{4}$ etanal

98. Aby odróżnić propanal od propanonu, uczeń poddał obie substancje próbom Trommera i Tollensa. Wyjaśnij, co zaobserwował uczeń podczas przeprowadzania tego doświadczenia chemicznego. Uzasadnij swoją odpowiedź, zapisując odpowiednie równania reakcji chemicznych.

Dla dociekliwych

99. Formalina to wodny, nasycony roztwór metanalu o stężeniu 40%. Oblicz, jaką objętość wody należy dodać do 100 g formaliny, aby otrzymać roztwór 5-procentowy, wykorzystywany do konserwacji anatomicznych preparatów zwierzęcych. Gęstość wody wynosi $d_{H_2O} = 1 \frac{g}{cm^3}$.

100. Kamfora to złożony keton, wykorzystywany m.in. w medycynie jako składnik preparatów na bóle stawów i mięśni. Stosunek masowy węgla, wodoru i tlenu w tym związku wynosi 15 : 2 : 2. Ustal wzór sumaryczny kamfory, wiedząc, że jej wzory elementarny i rzeczywisty są takie same.

Kwasy karboksylowe

101. Napisz wzory półstrukturalne i podaj nazwy systematyczne wszystkich kwasów karboksylowych o wzorze sumarycznym $C_5H_{10}O_2$.

102. Ustal wzór rzeczywisty kwasu karboksylowego o masie molowej 88 $\frac{g}{mol}$ i stosunku masowym węgla, wodoru i tlenu 6 : 1 : 4.

103. Podaj nazwy systematyczne związków chemicznych o podanych wzorach półstrukturalnych, a w przypadku podpunktów od a) do f) dodatkowo nazwy zwyczajowe tych związków.

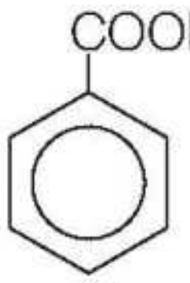
a) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

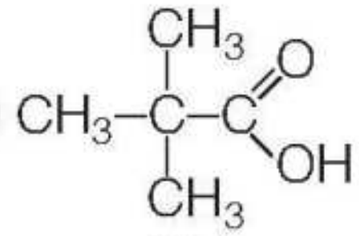
b) $H-C(=O)-OH$

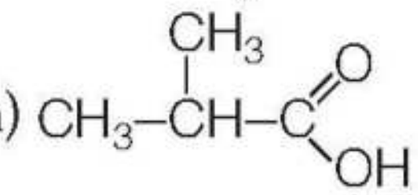
c) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

d) $CH_3-C(=O)-OH$

e) $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$

f) 

g) 

h) 

104. Wskaż w każdej parze wzór kwasu karboksylowego o większej mocy.

a) $HCOOH$ i CH_3COOH
b) CH_3CH_2COOH i $HCOOH$
c) CH_3COOH i CH_3CH_2COOH
d) $CH_3CH_2CH_2COOH$ i CH_3COOH
e) CH_3COOH i H_2CO_3
f) $HCOOH$ i HCl
g) CH_3COOH i $C_{17}H_{35}COOH$

105. Uszereguj podane kwasy karboksylowe zgodnie:

a) ze wzrastającą rozpuszczalnością w wodzie,
b) z malejącą temperaturą wrzenia.

$C_{15}H_{31}COOH$, CH_3CH_2COOH, $HCOOH$, CH_3COOH

106. Napisz równania reakcji dysocjacji jonowej kwasów o podanych nazwach. Podaj nazwy anionów powstających w jej wyniku.

a) kwas metanowy (mrówkowy)
b) kwas propanowy (propionowy)
c) kwas etanowy (octowy)

107. Dokończ podane równania reakcji chemicznych.

a) $CH_3–CH_2–OH \xrightarrow{[O]}$
b) $HCHO + Cu(OH)_2 + OH^- \xrightarrow{T}$
c) $CH_3CHO + Ag_2O \xrightarrow{T,\ NH_3}$
d) $CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{kat.}$
e) $CH_3–CH_2–OH + O_2 \xrightarrow{bakterie}$

108. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych lub zaznacz, że dana reakcja nie zachodzi.

a) $CH_3COOH + Na \longrightarrow$
b) $HCOOH + CaO \longrightarrow$
c) $CH_3COOH + KOH \longrightarrow$
d) $HCOOH + Ca(OH)_2 \longrightarrow$
e) $CH_3COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow$
f) $CH_3COOH + K_2SO_4 \longrightarrow$
g) $CH_3COONa + H_2SO_4 \longrightarrow$
h) $C_{17}H_{33}COOH + Na \longrightarrow$
i) $C_{17}H_{33}COONa + HCOOH \longrightarrow$
j) $C_{17}H_{35}COOH + CuO \longrightarrow$

109. Napisz w formie cząsteczkowej, jonowej pełnej oraz jonowej skróconej równania reakcji chemicznych, których substratami są podane związki chemiczne.

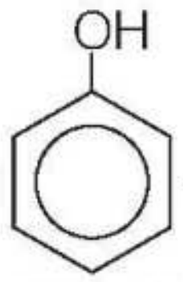
a) kwas oleinowy i wodorotlenek sodu
b) kwas stearynowy i wodorotlenek potasu
c) kwas palmitynowy i wodorotlenek sodu
d) palmitynian potasu i chlorek wapnia
e) stearynian sodu i chlorek magnezu

110. Napisz równania reakcji chemicznych, które wskazują na zasadowy charakter roztworów podanych substancji.

a) mrówczan potasu
b) stearynian sodu

111. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych lub zaznacz, że reakcja nie zachodzi.

a) $CH_3–CH_2–OH + Na \longrightarrow$

b)  $+ Na \longrightarrow$

c) $CH_3COOH + Na \longrightarrow$
d) $C_{17}H_{35}COOH + Na \longrightarrow$

112. Napisz równania reakcji spalania całkowitego i niecałkowitego kwasów oleinowego i palmitynowego.

113. Oblicz, jaka objętość tlenku węgla(IV) (odmierzonego w warunkach normalnych) powstanie, jeżeli reakcji spalania całkowitego poddano 1,5 mola kwasu stearynowego.

114. Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wymienionych jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów, które można otrzymać z alkanów o podanych nazwach.

a) metan – pochodne: alkohol, aldehyd, kwas karboksylowy
b) propan – pochodne: alkohol I-rzędowy, aldehyd, kwas karboksylowy
c) propan – pochodne: alkohol drugorzędowy, keton

115. Ustal wzór sumaryczny kwasu laurynowego, jeżeli wiadomo, że jego masa molowa wynosi $200\ \frac{g}{mol}$, a jego cząsteczka zawiera 24 atomy wodoru, 16% (procenty masowe) tlenu oraz węgiel.

Estry i tłuszcze

116. Napisz wzory półstrukturalne estrów o podanych nazwach.

a) metanian metylu
b) etanian etylu
c) propanian metylu
d) metanian propylu
e) butanian propylu
f) metanian etylu
g) etanian butylu

117. Wskaż, które z podanych wzorów związków chemicznych zawierają grupę estrową (wiązanie estrowe).

a) $CH_3–CH_2–C(=O)–OH$

b) $CH_3–CH_2–C(=O)–O–CH_2–CH_2–CH_3$

c) $CH_3–CH_2–C(=O)–CH_3$

d) $CH_3–CH_2–OH$

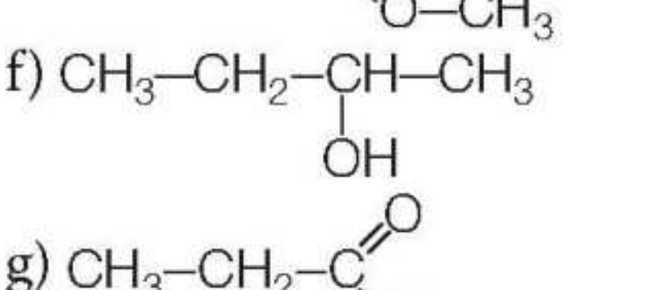
e) $CH_3–CH_2–C(=O)–O–CH_3$

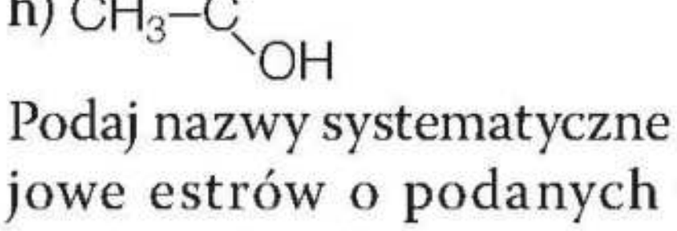
f) $CH_3–CH_2–CH(OH)–CH_3$

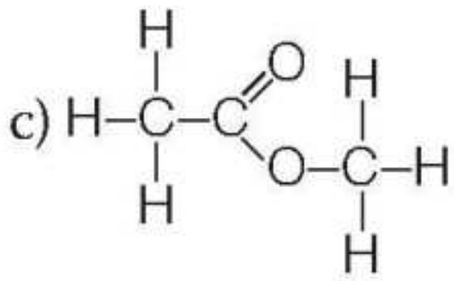
g) $CH_3–CH_2–C(=O)–H$

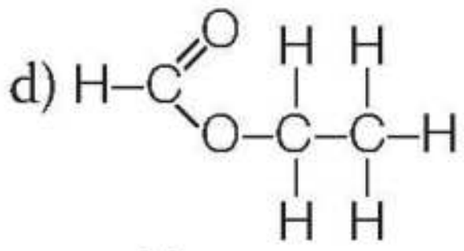
h) $CH_3–C(=O)–OH$

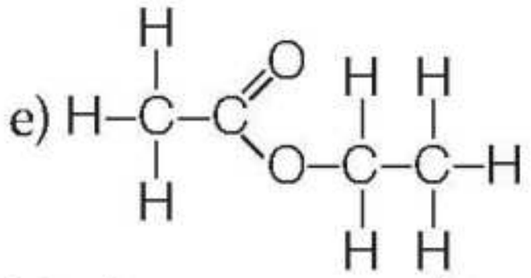
118. Podaj nazwy systematyczne i zwyczajowe estrów o podanych wzorach strukturalnych.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

119. Napisz wzory strukturalne wszystkich izomerycznych estrów o łańcuchach prostych, których wzór sumaryczny to $C_6H_{12}O_2$. Podaj ich nazwy systematyczne.

120. Kwasy karboksylowe (pochodne alkanów) i estry, które mają w cząsteczkach taką samą liczbę atomów węgla, wodoru i tlenu, są względem siebie izomerami konstytucyjnymi. Napisz wzory półstrukturalne i nazwy systematyczne wszystkich estrów, które są izomerami kwasu propanowego.

121. Wskaż wzory półstrukturalne związków chemicznych, które są parami izomerów. Podaj ich nazwy systematyczne.

a) $CH_3–CH_2–CH_2–COOH$

b) $CH_3–CH_2–C(=O)–CH_3$

c) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$

d) $CH_3–CH(CH_3)–CH_2–OH$

e) $CH_3–CH_2–CH_2–C(=O)–H$

f) $H–C(=O)–O–CH_2–CH_2–CH_3$

122. Ustal wzór sumaryczny estru, jeśli wiadomo, że podczas spalania całkowitego 1 mola tego estru otrzymano 89,6 dm^3 tlenku węgla(IV) odmierzonego w warunkach normalnych i 4 mole wody. Napisz wzór półstrukturalny kwasu karboksylowego będącego izomerem tego estru.

123. Uszereguj estry o podanych wzorach zgodnie z rosnącą temperaturą wrzenia.

$CH_3CH_2CH_2CH_2COOCH_2CH_3$,
$CH_3CH_2CH_2COOCH_3$,
$CH_3CH_2COOCH_3$, $HCOOCH_3$

124. Dokończ podane równania reakcji estryfikacji. Zaznacz te fragmenty cząsteczek kwasu i alkoholu, z których powstaje cząsteczka wody.

a) $CH_3-C(=O)-OH + CH_3-CH_2OH \overset{H_2SO_4\ (stęż.)}{\rightleftharpoons}$

b) $H-C(=O)-OH + CH_3-CH_2OH \overset{H_2SO_4\ (stęż.)}{\rightleftharpoons}$

c) $CH_3-CH_2-C(=O)-OH + CH_3OH \overset{H_2SO_4\ (stęż.)}{\rightleftharpoons}$

d) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH + CH_3-CH_2OH \overset{H_2SO_4\ (stęż.)}{\rightleftharpoons}$

e) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH + CH_3-CH_2-CH_2OH \overset{H_2SO_4\ (stęż.)}{\rightleftharpoons}$

125. Napisz równania reakcji estryfikacji, w których powstają estry o podanych wzorach półstrukturalnych.

a) $H-C(=O)-O-CH_3$

b) $CH_3CH_2CH_2-C(=O)-O-CH_2CH_2CH_2CH_3$

c) $CH_3-C(=O)-O-CH_2CH_3$

d) $H-C(=O)-O-CH_2CH_3$

126. Napisz równania reakcji hydrolizy kwasowej podanych związków chemicznych.

a) mrówczan metylu
b) octan propylu
c) propionian etylu
d) octan metylu

127. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji hydrolizy zasadowej.

a) $CH_3CH_2COOCH_3 + NaOH \longrightarrow$
b) $CH_3COOCH_3 + NaOH \longrightarrow$
c) $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3 + NaOH \longrightarrow$
d) $HCOOCH_2CH_2CH_3 + NaOH \longrightarrow$

128. Podziel podane tłuszcze na:

a) roślinne i zwierzęce,
b) nasycone i nienasycone,
c) stałe i ciekłe.

oliwa z oliwek, smalec, tran, masło, olej rzepakowy, łój, masło kakaowe

129. Napisz równania reakcji otrzymywania związków chemicznych o podanych nazwach.

a) tripalmitynian glicerolu
b) trioleinian glicerolu
c) tristearynian glicerolu

130. Napisz wzór półstrukturalny tłuszczu, jeśli wiadomo, że w wyniku hydrolizy zasadowej tego tłuszczu powstały 2 cząsteczki stearynianu sodu i 1 cząsteczkę palmitynianu sodu.

131. Napisz równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1–3.

kwas oleinowy $\xrightarrow{1}$ kwas stearynowy $\xrightarrow{2}$ tłuszcz $\xrightarrow{3}$ mydło potasowe

132. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych. Podaj nazwy ich produktów.

a) $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH) + 3\ C_{17}H_{35}COOH \longrightarrow$

b) $CH_2(O-CO-C_{15}H_{31})-CH(O-CO-C_{15}H_{31})-CH_2(O-CO-C_{17}H_{33}) + 3\ NaOH \longrightarrow$

c) $CH_2(O-CO-C_{17}H_{33})-CH(O-CO-C_{17}H_{33})-CH_2(O-CO-C_{15}H_{31}) + 2\ H_2 \xrightarrow{kat.}$

133. Określ, z której substancji – stearyny czy parafiny – można otrzymać mydło. Odpowiedź uzasadnij, porównując skład chemiczny tych substancji.

134. Napisz równanie reakcji zmydlania tristearynianu glicerolu. Oblicz, ilu gramów tłuszczu użyto, jeżeli otrzymano 200 g mydła sodowego. Masa molowa tristearynianu glicerolu wynosi 891 $\frac{g}{mol}$.

Aminy i amidy

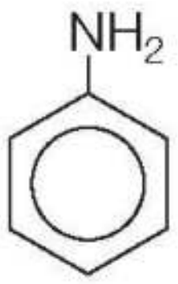
135. Wskaż wzory amin pierwszorzędowych. Podaj ich nazwy systematyczne.

a) $CH_3-CH_2-NH_2$

b) $CH_3-N(CH_3)-CH_3$

c) CH_3-NH_2

d) $CH_3-NH-CH_3$

e) 

136. Napisz wzory strukturalne oraz podaj nazwy amin otrzymanych w wyniku zastąpienia:

a) jednego atomu wodoru w cząsteczce amoniaku grupą fenylową,

b) dwóch atomów wodoru w cząsteczce amoniaku grupami metylowymi,

c) trzech atomów wodoru w cząsteczce amoniaku grupami etylowymi,

137. Wskaż wzór półstrukturalny amidu, wiedząc, że amidy to pochodne kwasów karboksylowych zawierające w cząsteczce grupę amidową $-CONH_2$.

a) $H-CO-OH$

b) $CH_3-CO-NH_2$

c) CH_3-CH_2-OH

d) $CH_3-CH_2-NH_2$

e) $CH_3-CH_2-CO-CH_3$

f) CH_3-CH_2-CHO

138. Napisz wzór elektronowy cząsteczki metyloaminy i podaj:

a) liczbę elektronów tworzących wiązania chemiczne,
b) liczbę elektronów niewiążących,
c) liczbę wiązań typu π,
d) liczbę wiązań typu σ.

139. Aminy mają zdolność do tworzenia wiązań wodorowych, co wpływa na ich lotność, temperaturę wrzenia i rozpuszczalność w wodzie. Przedstaw na rysunku sposób tworzenia wiązań wodorowych między cząsteczkami metyloaminy i wody.

140. Wskaż różnice w budowie cząsteczek oraz właściwościach aniliny i metyloaminy, uwzględniając:

a) rodzaj grupy węglowodorowej obecnej w ich cząsteczkach,
b) ich stan skupienia,
c) ich zapach,
d) ich rozpuszczalność w wodzie.

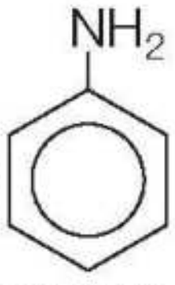
141. Uporządkuj podane substancje zgodnie ze zwiększaniem się ich charakteru zasadowego.

kwas octowy, anilina, amoniak, woda, metyloamina

142. Wyjaśnij, dlaczego wodny roztwór metyloaminy ma odczyn zasadowy. Zapisz równania reakcji metyloaminy z:

a) wodą, b) kwasem solnym.

143. Dokończ i zbilansuj podane równania reakcji chemicznych.

a)  $+ HCl \longrightarrow$

b) $CH_3Cl + NH_3 \longrightarrow$

c) $CH_3{-}CH_2{-}NH_2 + HCl \longrightarrow$

144. Napisz równania reakcji chemicznych oznaczonych cyframi 1–4.

$$CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow{1} CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{2} CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{3} CH_3{-}CH_2Br \xrightarrow{4} CH_3{-}CH_2{-}NH_2$$

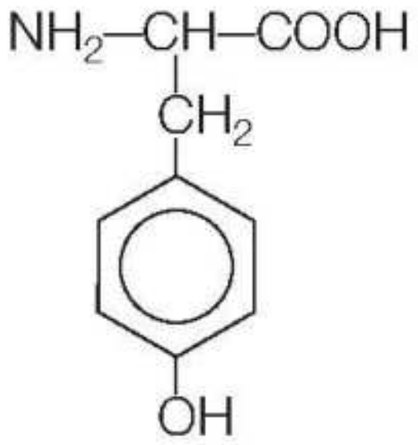
145. Napisz równanie reakcji zobojętniania aniliny kwasem chlorowodorowym. Oblicz, ile gramów aniliny wzięło w niej udział, jeżeli zużyto 80 g 30-procentowego roztworu HCl. Masa molowa aniliny wynosi $93 \frac{g}{mol}$.

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

ROZWIĄŻ W ZESZYCIE

Aminokwasy

146. Wskaż i nazwij grupy funkcyjne w podanym wzorze półstrukturalnym aminokwasu.



147. Wskaż wzory półstrukturalne aminokwasów. Zaznacz w nich grupy aminową i karboksylową.

a) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

b) $\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}-COOH$

c) $NH_2-\underset{\displaystyle CH-CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$ (z CH_3 pod $CH-CH_3$)

d) $\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H$

e) $NH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$

f) $NH_2-\underset{\displaystyle CH_2-SH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

148. Napisz wzory półstrukturalne aminokwasów o podanych nazwach systematycznych. Wskaż, który z nich jest α-aminokwasem. Odpowiedź uzasadnij.

a) kwas 2-aminopropanowy
b) kwas 3-aminopropanowy

149. Ustal, czy podane aminokwasy są względem siebie izomerami. Uzasadnij odpowiedź, zapisując ich wzory sumaryczne.

$NH_2-\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$ (z CH_3 pod CH_2)

$NH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-COOH$

150. Uzupełnij równania reakcji chemicznych, podając wzory jonów podanych aminokwasów.

a) $NH_2-CH_2-COOH \overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$

b) $NH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH \overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$

c) $NH_2-\underset{\displaystyle CH-CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH \overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$ (z CH_3 pod $CH-CH_3$)

151. Aminokwasy mają właściwości amfoteryczne, co oznacza, że mogą reagować z kwasami i zasadami. Uzupełnij podane równania reakcji chemicznych.

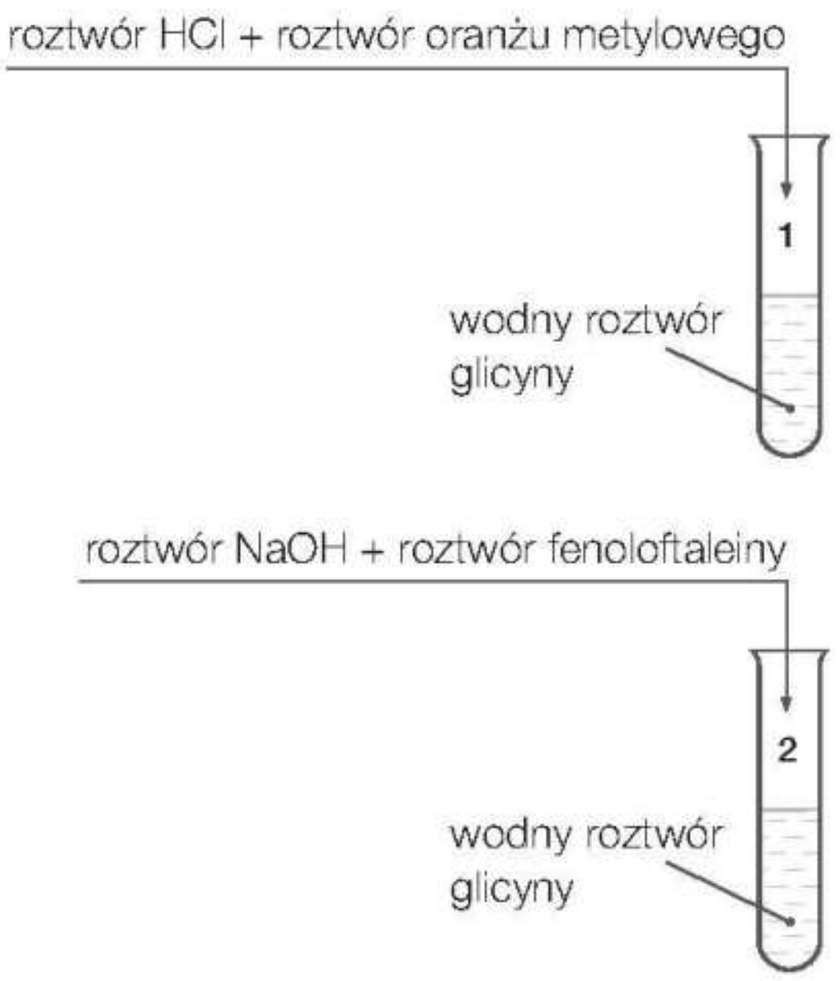
a) $\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH_2}}-COOH + NaOH \longrightarrow ? + H_2O$

b) $\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH_2}}-COOH + HCl \longrightarrow ?$

152. Oblicz pierwiastkowy skład procentowy (procenty masowe) aminokwasu o podanym wzorze półstrukturalnym.

$NH_2-\underset{\displaystyle CH-OH}{\underset{|}{CH}}-COOH$ (z CH_3 pod $CH-OH$)

153. Przeprowadzono doświadczenie chemiczne przedstawione na schemacie. Napisz obserwacje i sformułuj wniosek.



154. Ustal wzór sumaryczny aminokwasu o masie molowej 117 $\frac{g}{mol}$, wiedząc, że zawiera 51,3% (procent masowy) węgla, 9,4% wodoru, 27,4% tlenu oraz azot.

155. Rozpuszczalność β-alaniny w 100 g wody w temperaturze 20°C wynosi 8,9 g. Oblicz stężenie procentowe roztworu nasyconego tego aminokwasu otrzymanego w temperaturze 20°C.

156. Do 150 g wody dodano 50 g glicyny i ogrzano otrzymaną mieszaninę do temperatury 25°C. Rozpuszczalność glicyny w wodzie w podanej temperaturze wynosi 25 g/100 g wody. Oblicz, ile gramów glicyny nie uległo rozpuszczeniu.

157. Oblicz, ile gramów glicyny znajduje się w 500 cm^3 roztworu o stężeniu 0,1 $\frac{mol}{dm^3}$. Masa molowa glicyny wynosi 75 $\frac{g}{mol}$.

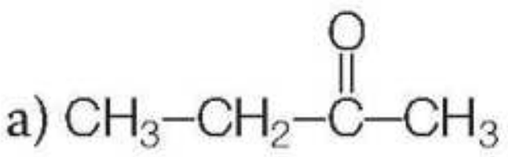
Dla dociekliwych

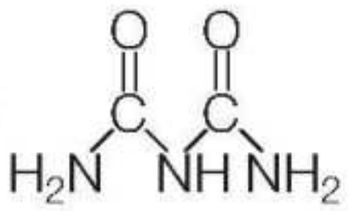
158. Narysuj wzory strukturalne wszystkich α-aminokwasów o wzorze sumarycznym $C_6H_{13}O_2N$. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

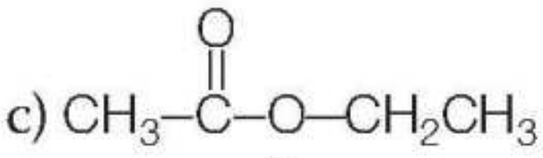
159. BCAA to suplement diety dla sportowców pakowany w 10-gramowe porcje. Każda porcja tego suplementu zawiera 3 g leucyny, 1,5 g izoleucyny i 1,5 g waliny. Oblicz stężenie procentowe każdego z aminokwasów w roztworze otrzymanym po rozpuszczeniu porcji tego suplementu w 20 cm^3 wody. Przyjmij, że $d_{H_2O} = 1 \frac{g}{cm^3}$.

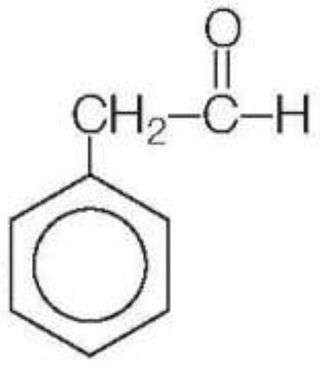
Peptydy

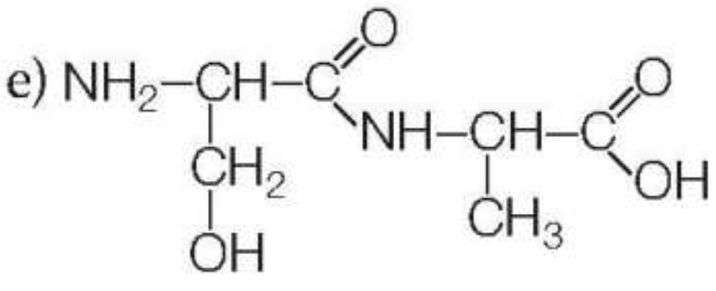
160. Wskaż wzory substancji, w których występuje wiązanie peptydowe.

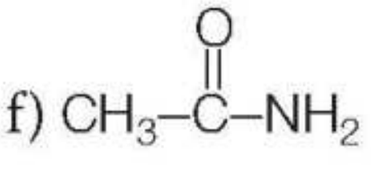
a) 

b) 

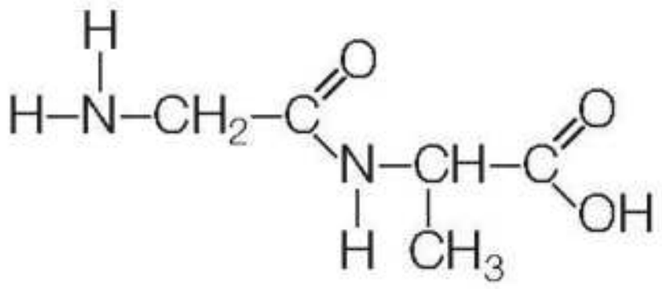
c) 

d) 

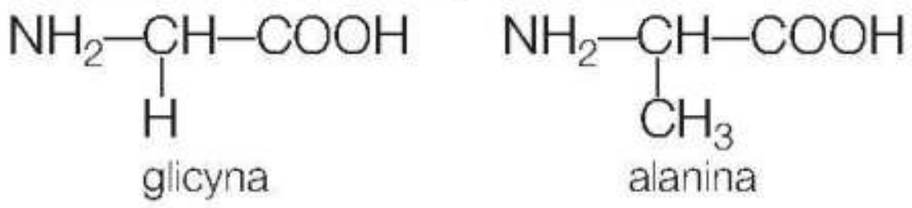
e) 

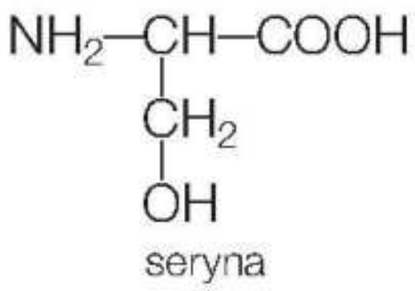
f) 

161. Zaznacz wiązanie peptydowe w podanym wzorze dipeptydu. Napisz wzory półstrukturalne aminokwasów tworzących ten dipeptyd.



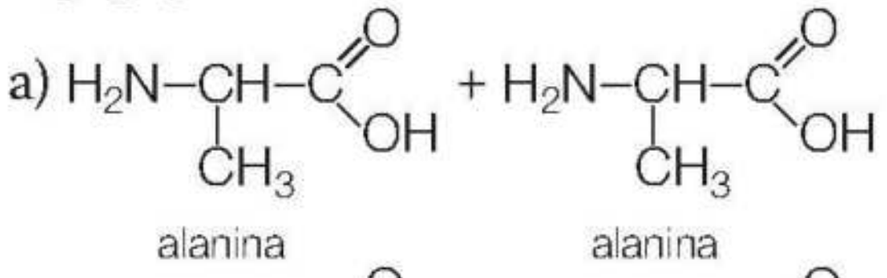
162. Skorzystaj z podanych wzorów aminokwasów i napisz wzory półstrukturalne dipeptydów o podanych nazwach skróconych. Zaznacz w napisanych wzorach wiązanie peptydowe.



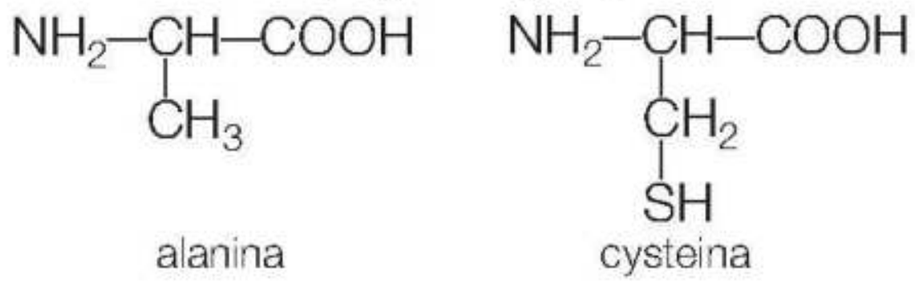


a) Gly-Ala
b) Ala-Gly
c) Ala-Ser
d) Ser-Ala
e) Gly-Ser
f) Ser-Gly

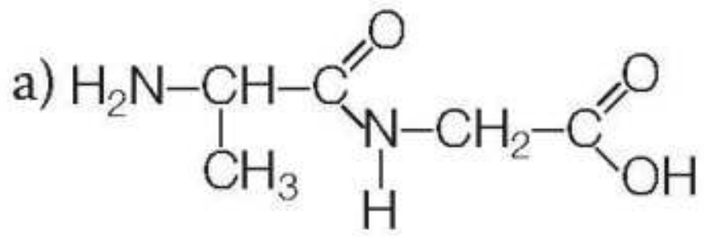
163. Dokończ równania reakcji kondensacji aminokwasów. Zaznacz wiązanie peptydowe we wzorach powstałych dipeptydów.

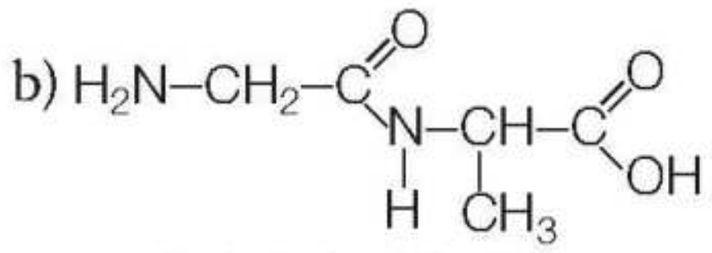


164. Określ, ile różnych dipeptydów może powstać z aminokwasów o podanych wzorach. Zapisz wzory półstruktruralne i nazwy tych dipetydów.

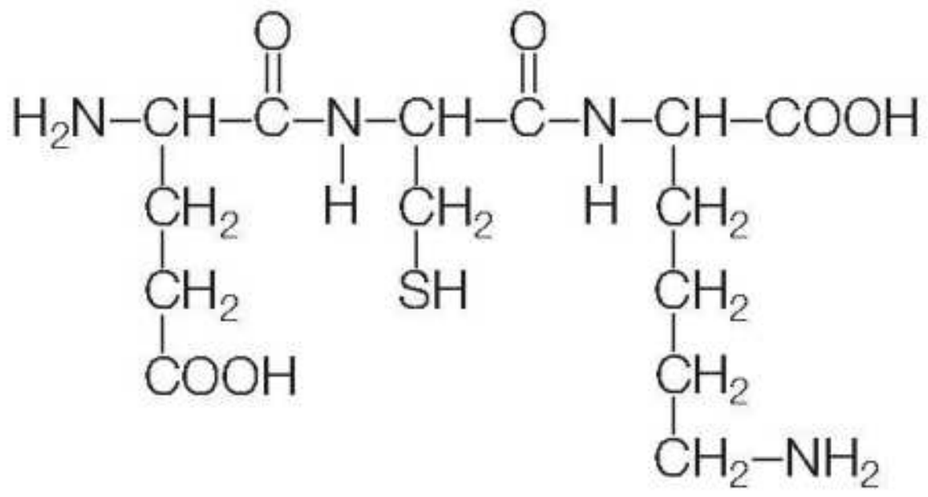


165. Napisz równania reakcji hydrolizy podanych dipeptydów.

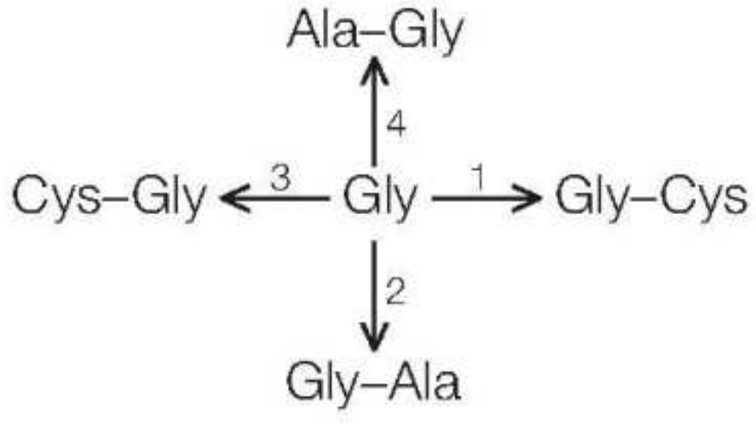




166. Narysuj wzory półstrukturalne aminokwasów, które powstaną w procesie hydrolizy peptydu o podanym wzorze.



167. Zapisz równania reakcji chemicznych oznaczonych na schemacie cyframi 1–4.



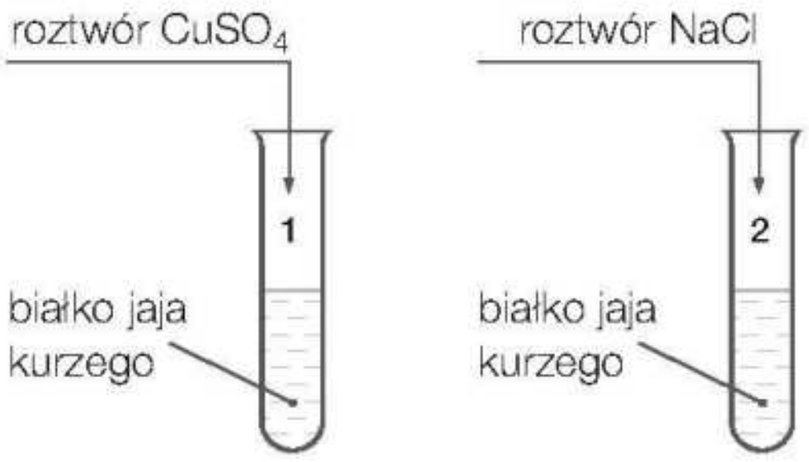
Białka

168. Wyjaśnij, czym są:

a) wysalanie,
b) denaturacja.

Wyjaśnij, dlaczego denaturacja białka jest procesem nieodwracalnym.

169. Przeprowadzono doświadczenie chemiczne przedstawione na schemacie. Napisz obserwacje. Określ, w której probówce zmiany cofną się po dodaniu wody destylowanej, a w której białko uległo denaturacji.



170. Na szalce Petriego umieszczono niewielką porcję białego twarogu, a następnie dodano kilka kropli stężonego kwasu azotowego(V). Podaj nazwę przeprowadzonej próby. Napisz, jakie zmiany zaobserwowano po dodaniu kwasu i o czym one świadczą.



171. W dwóch probówkach umieszczono białko jaja kurzego (albuminę). Następnie do pierwszej probówki dodano strącony wodorotlenek miedzi(II), a do drugiej stężony kwas azotowy(V). Wskaż numer probówki, w której powstał fioletowy roztwór. Podaj nazwę przeprowadzonej próby.

Dla dociekliwych

172. Próby biuretowa i ksantoproteinowa służą do wykrywania konkretnych ugrupowań atomów w cząsteczkach białek. Określ, która próba umożliwia wykrycie aminokwasów aromatycznych w łańcuchu białkowym, a która – wiązań peptydowych.

173. Struktura trzeciorzędowa białka jest stabilizowana m.in. przez:

a) wiązania wodorowe występujące między aminokwasami, które w łańcuchu bocznym zawierają grupy –OH i –COOH,
b) mostki disiarczkowe występujące między aminokwasami, które w łańcuchu bocznym zawierają grupy –SH.

Podaj po jednym wzorze aminokwasów, które mogą tworzyć wyżej wymienione wiązania. Skorzystaj z różnych źródeł informacji.

Sacharydy

174. Napisz wzory sumaryczne podanych monosacharydów, wiedząc, że wzór ogólny monosacharydów ma postać $C_n(H_2O)_m$ i $n = m$.

a) trioza
b) tetroza
c) pentoza

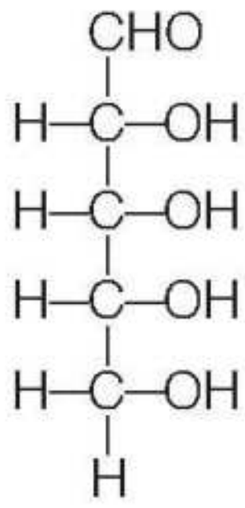
175. Napisz wzór Fischera i podaj nazwę aldoheksozy, która występuje w winogronach.

176. Ustal wzór rzeczywisty monosacharydu, jeżeli wiadomo, że jego masa molowa wynosi $150 \frac{g}{mol}$. Skorzystaj ze wzoru ogólnego monosacharydów.

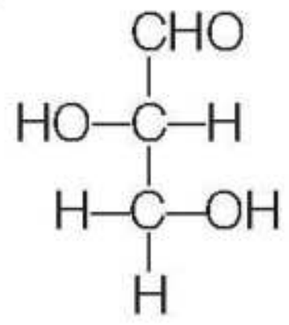
177. Wskaż wzór monosacharydu, który jest:

a) pentozą i zawiera grupę aldehydową,
b) ketoheksozą,
c) aldoheksozą.

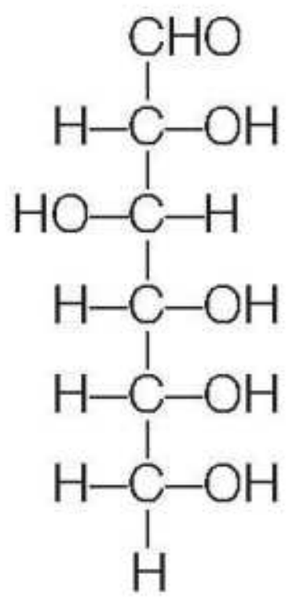
A.



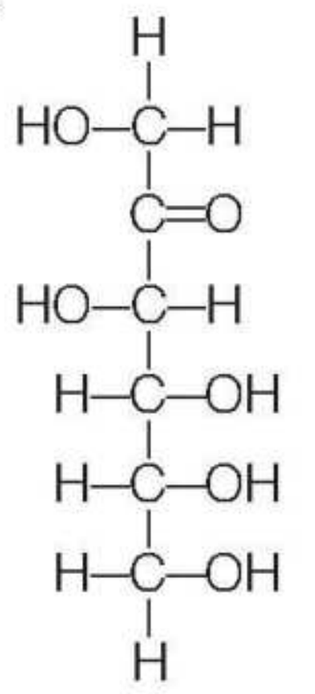
B.



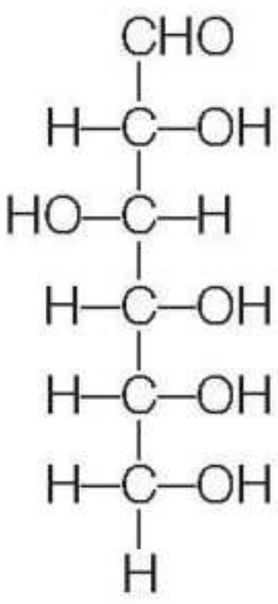
C.



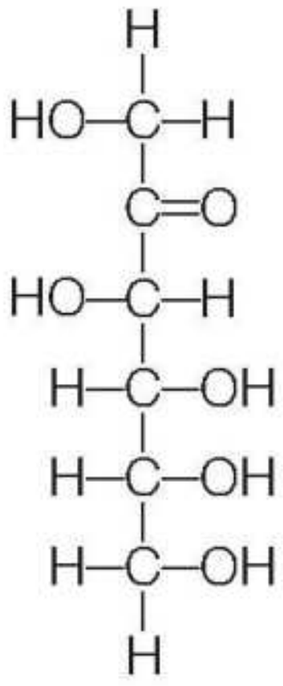
D.



178. Wymień podobieństwa i różnice w budowie cząsteczek glukozy i fruktozy na podstawie ich wzorów Fischera.



glukoza



fruktoza

179. Glukozę zalicza się do polihydroksyaldehydów, a fruktozę do polihydroksyketonów. Udowodnij zasadność tej klasyfikacji na podstawie analizy budowy cząsteczek glukozy i fruktozy.

180. Określ, czy można odróżnić glukozę od fruktozy za pomocą prób Trommera lub Tollensa. Odpowiedź uzasadnij.

181. Oblicz, ile gramów srebra wydzieli się w reakcji 120 g 20-procentowego roztworu wodnego glukozy z odczynnikiem Tollensa. Reakcja chemiczna przebiega zgodnie z równaniem:

$$C_6H_{12}O_6 + Ag_2O \xrightarrow{T} C_6H_{12}O_7 + 2\,Ag$$

182. Zaprojektuj doświadczenie chemiczne, które umożliwi odróżnienie glukozy od glicerolu. Do doświadczenia wykorzystaj wodne roztwory NaOH, $CuSO_4$, glukozy i glicerolu oraz niezbędny sprzęt laboratoryjny. Napisz krótki opis doświadczenia i obserwacje.

183. Oblicz, jaka objętość tlenu (odmierzonego w warunkach normalnych) powstała w wyniku fotosyntezy, jeżeli otrzymano 10 moli glukozy. Reakcja chemiczna przebiega zgodnie z równaniem:

$$6\,H_2O + 6\,CO_2 \xrightarrow{\text{energia słoneczna}} \xrightarrow{\text{energia słoneczna}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2\uparrow$$

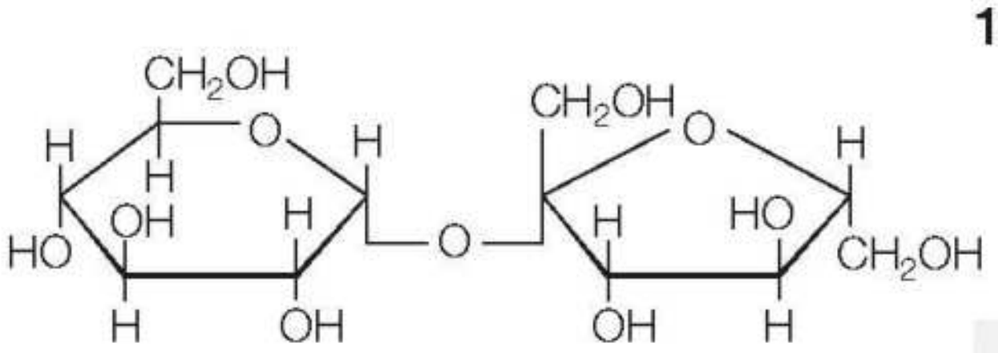
184. Napisz równanie reakcji fermentacji alkoholowej. Oblicz, ile moli glukozy przereagowało, jeżeli otrzymano 500 g etanolu.

185. Oblicz, ile gramów fruktozy znajduje się w 1,2 dm^3 roztworu o stężeniu 0,1 $\frac{mol}{dm^3}$.

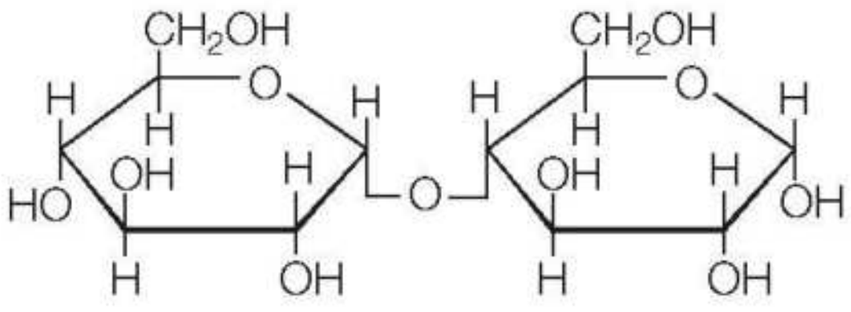
186. Napisz wzory Hawortha cząsteczek glukozy i fruktozy, a następnie ponumeruj w nich atomy węgla. Wskaż w każdym wzorze anomeryczny atom węgla.

187. Ustal stosunek masowy pierwiastków w cząsteczce sacharozy i oblicz jej procentowy skład masowy.

188. Wskaż wiązanie *O*-glikozydowe na podanych wzorach Hawortha cząsteczek sacharozy i maltozy. Określ, który z tych disacharydów wykazuje właściwości redukujące, i wyjaśnij, dlaczego tak jest.



sacharoza



maltoza

189. Oblicz, ile reszt glukozy zawiera cząsteczka celulozy o masie cząsteczkowej 1 215 000 u, wiedząc, że wzór ogólny polisacharydów ma postać $(C_6H_{10}O_5)_n$.

190. Przygotowano dwie probówki z roztworem sacharozy. Do obu dodano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II). Następnie pierwszą probówkę od razu umieszczono w łaźni wodnej, a do drugiej dodano kilka kropli kwasu solnego i również umieszczono ją w łaźni. Wyjaśnij, dlaczego ceglasty osad pojawił się tylko w drugiej probówce. Uzasadnij swoją odpowiedź, zapisując równanie reakcji chemicznej.

191. Hydroliza skrobi zachodzi zgodnie z równaniem:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + n\,H_2O \longrightarrow n\,C_6H_{12}O_6$$

skrobia — glukoza

Oblicz, ile gramów glukozy otrzymano, jeżeli hydrolizie poddano 1 kg skrobi.

192. Opisz, w jaki sposób można doświadczalnie sprawdzić, czy gęsta śmietana kupiona na targu nie zawdzięcza swojej konsystencji dodatkowi mąki.

Dla dociekliwych

193. Do dwóch probówek zawierających roztwór glukozy dodano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II). Jedną z probówek ogrzano w łaźni wodnej. Napisz obserwacje i sformułuj wniosek.

194. Owocowy serek homogenizowany zawiera ok. 2,9% (procenty masowe) laktozy. Oblicz, ile gramów laktozy spożywa człowiek zjadający na śniadanie jedno opakowanie takiego serka o masie 250 g.

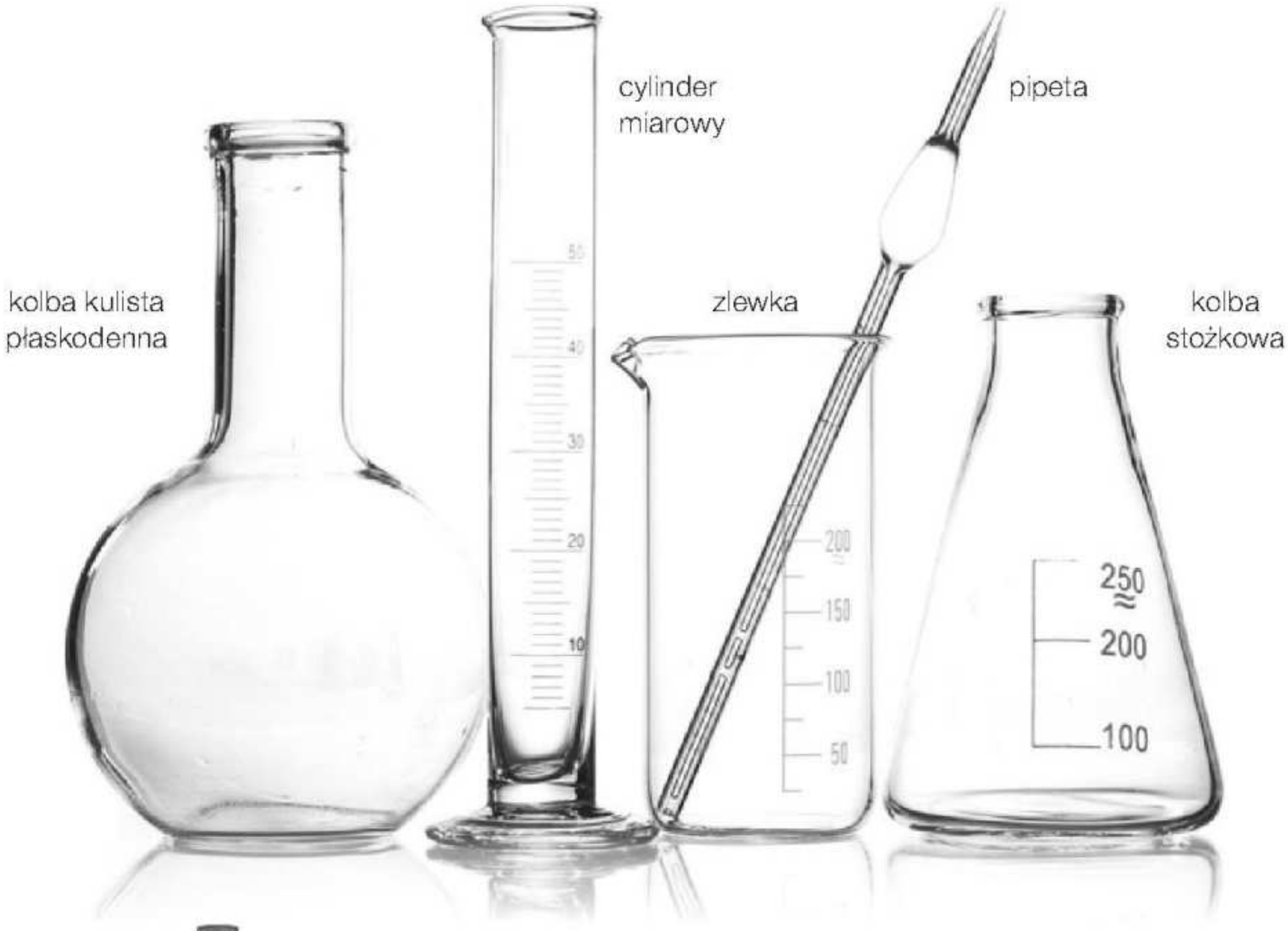
Bibliografia

Achmatowicz O., Stasicka Z., *Kompendium terminologii chemicznej*, ZamKor, Kraków 2005.
Białecka-Florjańczyk E., Włostowska J., *Chemia organiczna*, wyd. 2, WNT, Warszawa 2005.
Biotechnologia żywności, W. Bednarski, A. Reps (red.), WNT, Warszawa 2001.
Bojarski J., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 1999.
Chemia żywności, Z.E. Sikorski (red.), wyd. 4, WNT, Warszawa 2002.
Chemia żywności. Składniki żywności, t. 1, Z.E. Sikorski (red.), wyd. 5, WNT, Warszawa 2007.
Domowy poradnik medyczny, K. Janicki (red.), wyd. 5, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
Emsley J., *Chemia – przewodnik po pierwiastkach*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
Emsley J., *Przewodnik po chemii życia codziennego*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.
Encyklopedia dla wszystkich. Chemia, M. Wiśniewska (red.), WNT, Warszawa 2001.
Encyklopedia szkolna. Biologia, praca zbiorowa, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2008.
Encyklopedia szkolna. Chemia, T.M. Krygowski (red.), WSiP, Warszawa 2001.
Galikowski M., Hassa R., Kaczmarzyk M., Mrzigod A., Mrzigod J., Więckowski M., *Przyroda 2. Materiał edukacyjny przeznaczony do nauki przyrody w liceum ogólnokształcącym i technikum*, Nowa Era, Warszawa 2016.
Grzywa E., Molenda J., *Technologia podstawowych syntez organicznych*, t. 2, WNT, Warszawa 2008.
Hames B.D., Hooper N.M., *Biochemia. Krótkie wykłady*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
Hart H., Craine L.E., Hart D.J., *Chemia organiczna. Krótki kurs*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1999.
Hassa R., Mrzigod A., Mrzigod J., Sułkowski W., *Chemia 3. Podręcznik i zbiór zadań w jednym*, Wydawnictwo M. Rożak, Warszawa 2005.
Hassa R., Mrzigod A., Mrzigod J., *To jest chemia. Podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych. Zakres podstawowy*, Nowa Era, Warszawa 2005.
Jelińska-Kazimierczuk M., Megiel E., *Teraz matura. Chemia. Vademecum*, Nowa Era, Warszawa 2016.
Kanicky J.R., Shah D.R., *Effect of Degree, Type, and Position of Unsaturation on the* pK_a *of Long-Chain Fatty Acids*, „Journal of Colloid and Interface Science" 2002, nr 256, s. 201–207.
Kołodziejczyk A., *Naturalne związki organiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
Kulawik J., Kulawik T., Litwin M., *Chemia dla gimnazjum, cz. III*, Nowa Era, Warszawa 2011.
Kulawik T., Litwin M., Styka-Wlazło S., *Chemia w zadaniach i przykładach*, Nowa Era, Warszawa 2017.
Lautenschläger K.H., Schröter W., Wanninger A., *Nowoczesne kompendium chemii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
Leksykon naukowo-techniczny, wyd. 5, WNT, Warszawa 2001.
Majcher-Kozieł M., *Jedwab naturalny – białko o budowie włóknistej*, „Chemia w szkole" 2002, nr 2, s. 16–18.
Manahan S.E., *Toksykologia środowiska. Aspekty chemiczne i biochemiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
Marzec A., *Chemia kosmetyków. Surowce, półprodukty i preparatyka wyrobów*, wyd. 3, Wydawnictwo Dom Organizatora, Toruń 2009.
Mastalerz P., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Chemiczne, Wrocław 2000.
Matematyka. Fizyka. Chemia. Encyklopedia szkolna, W. Baturo (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
McMurry J., Castellion M., Ballantine S.D., Hoeger A.C., Petterson E.V., *Fundamentals of General, Organic, and Biological Chemistry*, 6th edition, Prentice Hall 2010.
McMurry J., *Chemia organiczna*, t. 1–2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
McMurry J., *Chemistry*, 5th edition, Pearson 2012.
McMurry J., Fay R.C., Chemistry, Pearson, Londyn 2008.
McMurry J., *Organic chemistry*, 8th edition, Cengage 2012.
Mizerski W., *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2013.
Mizerski W., *Tablice szkolne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2011.
Molski M., *Chemia piękna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
Morrison R.T., Boyd R.N., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
Nicholson J.W., *Chemia polimerów*, WNT, Warszawa 1996.

Patrick G.L., *Chemia medyczna. Podstawowe zagadnienia*, wyd. 2, WNT, Warszawa 2003.
Patrick G.L., *Chemia organiczna. Krótkie wykłady*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
Pazdro K.M., *Zbiór zadań z chemii dla liceów i techników*, Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro, Warszawa 2012.
Piazza E., *Cassini Solstice Mission*, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology [dostęp: 5 listopada 2012]. Dostępny w internecie: <http://saturn.jpl.nasa.gov/science/index.cfm?SciencePageID=73>
Piotrowski J.K., *Podstawy toksykologii. Kompendium dla studentów szkół wyższych*, wyd. 2, WNT, Warszawa 2008.
Podręczny słownik chemiczny, R. Hassa, J. Mrzigod, J. Nowakowski (red.), Videograf II, Katowice 2004.
Potter J., *Gotowanie dla geeków. Nauka stosowana, niezłe sztuczki i wyżerka*, Helion, Gliwice 2011.
Przewodnik do nomenklatury związków organicznych, B. Szechner (red.), PTChem, Warszawa 1994.
Römpp H., Raaf H., *Chemia organiczna w probówce*, WNT, Warszawa 1997.
Ryan L., *New Chemistry for You*, Nelson Thornes, Cheltenham 2011.
Saechtling H., *Tworzywa sztuczne. Poradnik*, WNT, Warszawa 2000.
Seńczuk W. i inni, *Toksykologia współczesna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005.
Silverman R.B., *Chemia organiczna w projektowaniu leków*, WNT, Warszawa 2004.
Solomon E.P., Berg L.R., Martin D.W., Villee C.A., *Biologia*, Oficyna Wydawnicza Multico, Warszawa 1998.
Timberlake K.C., *Chemistry*, Pearson, Londyn 2012.
Wiłkomirski B., *Między chemią a biologią – zarys biochemii dla uczniów szkół średnich*, WSiP, Warszawa 1996.
Zdrowie na talerzu. Lecznicze właściwości potraw, wyd. 3, Reader's Digest, Warszawa 2010.
Żywność wygodna i żywność funkcjonalna, F. Świderski (red.), WNT, Warszawa 1999.

Szkło laboratoryjne

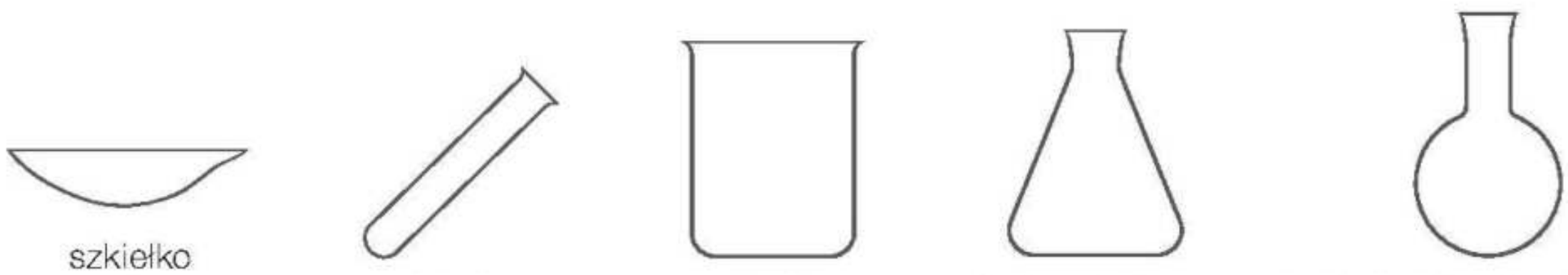
W szkolnej pracowni do doświadczeń chemicznych najczęściej używa się: probówek, zlewek, szkiełek zegarkowych i bagietek.





lejki | kolba miarowa | bagietka | probówka | szkiełko zegarkowe | krystalizator | szalka Petriego

Jak narysować schemat szkła laboratoryjnego?



szkiełko zegarkowe | probówka | zlewka | kolba stożkowa | kolba kulista okrągłodenna

Sprzęt laboratoryjny

W szkolnej pracowni do doświadczeń chemicznych najczęściej używa się:
palników, łap i statywów.



łapa
drewniana



palnik
spirytusowy



trójnóg z trójkątem
kaolinowym



łyżka
do spalań



szczypce
metalowe



statywy
do probówek



moździerz
porcelanowy
z tłuczkiem



statyw
z łapą metalową



palnik
gazowy

Jak oznaczyć czynności na schematach?



ogrzewanie



mieszanie

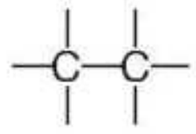
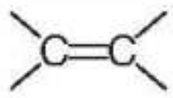
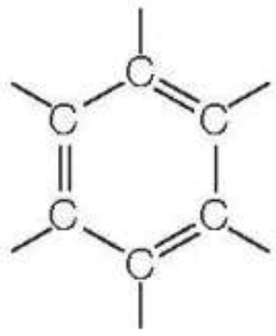
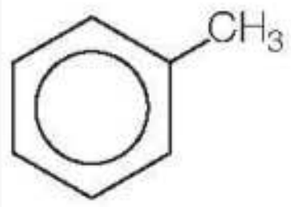
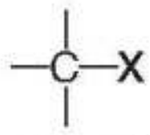
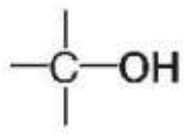
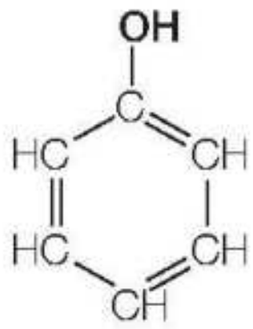
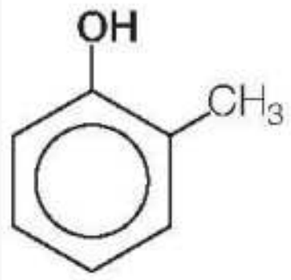
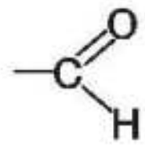
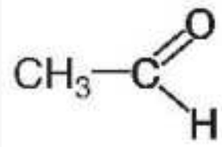
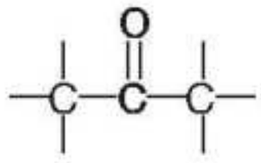
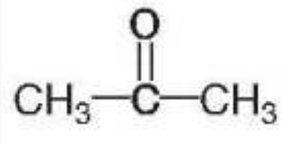
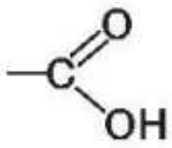
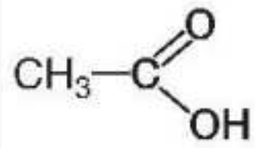
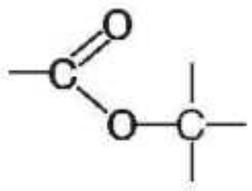
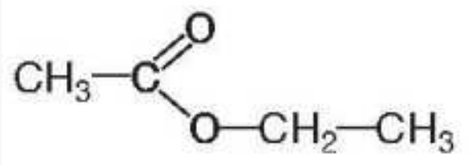
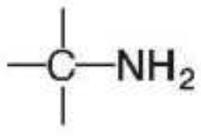
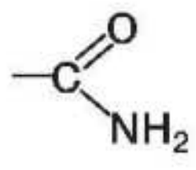
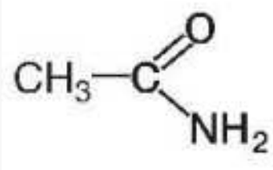


dodawanie substancji



spalanie

Najważniejsze grupy węglowodorów i ich wybrane pochodne

Nazwa grupy	Charakterystyczne ugrupowania atomów	Przykład
alkany		$CH_3—CH_3$ etan
alkeny		$CH_2=CH_2$ eten
alkiny		$CH\equiv CH$ etyn
areny		 metylobenzen
fluorowcopochodne węglowodorów	 gdzie X – atom fluorowca	$CH_3—CH_2—$**Cl** chloroetan
alkohole		$CH_3—CH_2—$**OH** etanol
fenole		 2-metylo**benzenol** (2-metylo**fenol**)
aldehydy		$CH_3—$  etanal
ketony		 propan-2-on
kwasy karboksylowe		$CH_3—$  kwas etanowy
estry		$CH_3—$  etanian etylu
aminy		$CH_3—CH_2—NH_2$ etanoamina
amidy		$CH_3—$  etanoamid

Właściwości fizyczne wybranych związków organicznych

Nazwa		Wzór	Gęstość[a], $\frac{g}{cm^3}$	Temperatura	
systematyczna	zwyczajowa			topnienia[f], °C	wrzenia[f], °C
benzen	—	C_6H_6	0,8737	5,53	80,1
benzenokarboaldehyd	benzaldehyd	C_6H_5CHO	1,043	57,1	178,9
benzenol	fenol	C_6H_5OH	1,058[b]	40,91	181,82
butan	—	C_4H_{10}	0,5729[c]	–138,3	–0,55
butan-1-ol	alkohol butylowy	C_4H_9OH	0,8057	–88,6	117,7
dietanoamina	dietyloamina	$(C_2H_5)_2NH$	0,7016	–49,8	56,3
dimetanoamina	dimetyloamina	$(CH_3)_2NH$	0,650[b]	–92,2	6,9
etan	—	C_2H_6	0,546[b]	–183,2	–88,6
etanal	acetaldehyd, aldehyd octowy	CH_3CHO	0,778	–123	20,7
etanian etylu	octan etylu	$CH_3COOC_2H_5$	0,8945	–83,8	77,1
etanian metylu	octan metylu	CH_3COOCH_3	0,9279	–98,1	56,3
etano-1,2-diol	glikol etylenowy	$C_2H_4(OH)_2$	1,110	–12,3	197,3
etanoamid	acetamid	CH_3CONH_2	1,159	81,5	221,5
etanoamina	etyloamina	$C_2H_5NH_2$	0,677[c]	–80,53	16,59
etanol	alkohol etylowy	C_2H_5OH	0,7851	–114,1	78,3
eten	etylen	C_2H_4	0,570[a]	–169,1	–103,75
etyn	acetylen	C_2H_2	0,618[a]	–81,8[c]	–83,8[d]
benzenoamina	fenyloamina, anilina	$C_6H_5NH_2$	1,0175	–5,98	184,17
diamid karbonowy	diamid kwasu węglowego, mocznik	$(NH_2)_2CO$	1,323	135	160[e]
fenyloeten	winylobenzen, styren	$CH_2CHC_6H_5$	0,901	–30,6	145,2
kwas benzenokarboksylowy	kwas benzoesowy	C_6H_5COOH	1,26	122,35	249
kwas butanowy	kwas masłowy	C_3H_7COOH	0,9529	–4,3	163,3
kwas etanodiowy	kwas szczawiowy	$(COOH)_2$	1,653	189,5	[d]
kwas etanowy	kwas octowy	CH_3COOH	1,0439	16,63	117,9
kwas metanowy	kwas mrówkowy	HCOOH	1,2131	8,3	100,7
kwas 2-hydroksybenzoesowy	kwas salicylowy	$C_6H_4(OH)COOH$	1,443	158,6[c]	211
kwas heksadekanowy	kwas palmitynowy	$C_{15}H_{31}COOH$	0,841	62,5	390
kwas oktadek-9-enowy	kwas oleinowy	$C_{17}H_{33}COOH$	0,887	16,2	360
kwas oktadekanowy	kwas stearynowy	$C_{17}H_{35}COOH$	0,838	69,3	360[e]

Nazwa		Wzór	Gęstość[a], $\frac{g}{cm^3}$	Temperatura	
systematyczna	zwyczajowa			topnienia[f], °C	wrzenia[f], °C
kwas propanowy	kwas propionowy	C_2H_5COOH	0,9881	–20,7	141
metan	gaz kopalniany, gaz błotny	CH_4	0,4224[b]	–182,43	–161,48
metanal	formaldehyd, aldehyd mrówkowy	HCHO	0,815[b]	–92	–19,1
metanian etylu	mrówczan etylu	$HCOOC_2H_5$	0,9664	–79,4	54,1
metanian metylu	mrówczan metylu	$HCOOCH_3$	0,9153	–99	31,5
metanoamid	formamid	$HCONH_2$	1,1292	2,5	210,5
metanoamina	metyloamina	CH_3NH_2	0,656[c]	–95,44	–6,35
metanol	alkohol metylowy	CH_3OH	0,7866	–97,7	64,65
metylobenzen	toluen	$C_6H_5CH_3$	0,8623	–95	110,62
naftalen	—	$C_{10}H_8$	1,168	80,3	218
nitrobenzen	—	$C_6H_5NO_2$	1,198	5,72	210,7
pentan	—	C_5H_{12}	0,6214	–129,7	36,1
propan	—	C_3H_8	0,585[b]	–187,6	–42,2
propan-2-on	aceton	CH_3COCH_3	0,7844	–94,7	56,2
propano-1,2,3-triol	glicerol	$C_3H_5(OH)_3$	1,258	18,2	290[e]
tetrachlorometan	tetrachlorek węgla	CCl_4	1,5844	–23	76,54
trichlorometan	chloroform	$CHCl_3$	1,4718	–63,49	61,73
trietanoamina	trietyloamina	$(C_2H_5)_3N$	0,7231	–114,7	89,5
trimetanoamina	trimetyloamina	$(CH_3)_3N$	0,627[c]	–117,3	2,9

Wyjaśnienia symboli:

[a] Mierzona w temperaturze 25°C i pod ciśnieniem 1013 hPa.

[b] Mierzona po skropleniu w temperaturze wrzenia.

[c] Mierzona pod zwiększonym ciśnieniem.

[d] Sublimacja.

[e] Rozkłada się.

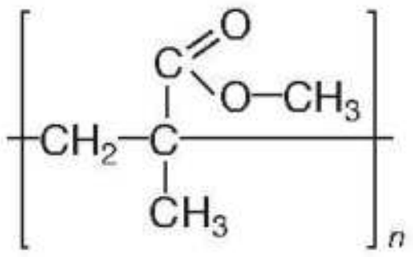
[f] Mierzona pod ciśnieniem 1013 hPa.

Najważniejsze zastosowania wybranych związków organicznych

Wzór i nazwa związku chemicznego	Zastosowania
węglowodory	
CH_4 metan C_2H_6 etan	synteza chemiczna, np. otrzymywanie fluorowcopochodnych paliwo
C_3H_8 propan	gaz nośny w aerozolach synteza chemiczna, rozpuszczalnik, czynnik chłodzący paliwo
C_2H_4 eten (etylen)	synteza chemiczna, np. otrzymywanie etanolu, polietylenu i styrenu przechowywanie owoców
C_3H_6 propen (propylen)	otrzymywanie wysokooktanowych składników benzyny synteza chemiczna, np. otrzymywanie acetonu
C_2H_2 etyn (acetylen)	produkcja tworzyw sztucznych synteza chemiczna, np. otrzymywanie etanolu i etanalu paliwo w lampach gazowych (karbidówkach) spawanie i cięcie metali
C_6H_6 benzen	produkcja detergentów produkcja tworzyw sztucznych produkcja barwników synteza chemiczna, np. otrzymywanie fenolu, produkcja środków owado- i grzybobójczych dodatek do paliw
$C_{10}H_8$ naftalen	rozpuszczalnik
jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	
$CHCl_3$ trichlorometan (chloroform)	produkcja antybiotyków produkcja tworzyw sztucznych synteza chemiczna, rozpuszczalnik
CH_3CH_2Cl chloroetan	synteza chemiczna, np. otrzymywanie etylocelulozy, czynnik chłodzący środek do znieczulania miejscowego i krótkotrwałej narkozy

Wzór i nazwa związku chemicznego	Zastosowania
jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	
CH_3OH metanol	składnik detergentów produkcja barwników synteza chemiczna, np. otrzymywanie metanalu i estrów, rozpuszczalnik paliwo do motocykli
CH_3CH_2OH etanol	składnik niektórych potraw produkcja leków, składnik niektórych syropów składnik perfum i wód toaletowych środek odkażający dodatek do paliw, paliwo do palników spirytusowych produkcja wyrobów spirytusowych
C_6H_5OH fenol	produkcja leków, m.in. aspiryny produkcja środków powierzchniowo czynnych produkcja barwników produkcja środków chwasto- i grzybobójczych
HCHO metanal (formaldehyd)	produkcja leków produkcja środków dezynfekujących produkcja tworzyw sztucznych produkcja barwników i klejów synteza chemiczna, produkcja środków ochrony roślin środek odkażający, środek do przechowywania preparatów biologicznych (formalina)
CH_3CHO etanal (acetaldehyd)	produkcja tworzyw sztucznych synteza chemiczna, np. otrzymywanie kwasu octowego, produkcja materiałów wybuchowych
C_6H_5CHO aldehyd benzoesowy (benzaldehyd)	produkcja leków produkcja środków zapachowych produkcja barwników
$+CH_2-O+_n$ poliformaldehyd (POM)	produkcja tworzyw sztucznych składnik pasty do „zatruwania" zębów w stomatologii synteza chemiczna, np. otrzymywanie metanalu

Wzór i nazwa związku chemicznego	Zastosowania
jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	
CH_3COCH_3 propan-2-on (aceton)	składnik m.in. lakierów do paznokci i zmywaczy produkcja tworzyw sztucznych składnik farb synteza chemiczna, np. otrzymywanie jodoformu, produkcja środków ochrony roślin
$C_6H_5COC_6H_5$ keton difenylowy (benzofenon)	produkcja leków produkcja kosmetyków produkcja środków owadobójczych
HCOOH kwas metanowy (mrówkowy)	środek konserwujący składnik środków dezynfekujących produkcja farb impregnacja tkanin
CH_3COOH kwas etanowy (octowy)	środek konserwujący (ocet) produkcja środków czyszczących produkcja tworzyw sztucznych synteza organiczna, np. otrzymywanie acetonu i estrów, rozpuszczalnik, produkcja jedwabiu sztucznego i środków owadobójczych
C_6H_5COOH kwas benzoesowy	środek konserwujący produkcja m.in. maści składnik kremów, produkcja perfum środek antybakteryjny i przeciwgrzybiczy
$C_{15}H_{31}COOH$ kwas heksadekanowy (palmitynowy) $C_{17}H_{35}COOH$ kwas oktadekanowy (stearynowy)	produkcja mydeł i środków piorących zagęszczacz kremów produkcja cementu produkcja świec produkcja smarów
$C_{17}H_{33}COOH$ kwas oktadek-9-enowy (oleinowy)	produkcja mydeł i środków piorących produkcja smarów i biopaliwa do silników wysokoprężnych (biodiesla)
$CH_3COOCH_2CH_3$ etanian etylu (octan etylu)	środek zapachowy (aromaty owocowe) składnik m.in. zmywaczy do paznokci rozpuszczalnik

Wzór i nazwa związku chemicznego	Zastosowania
jednofunkcyjne pochodne węglowodorów	
$H_2C{=}CHOOCCH_3$ etanian etenylu (octan winylu)	produkcja m.in. serów żółtych produkcja tworzyw sztucznych składnik farb i lakierów, produkcja materiałów budowlanych
 poli(metakrylan metylu) (PMMA)	produkcja tworzyw sztucznych produkcja szkła akrylowego (tzw. pleksi)
politereftalan etylenu (PET)	produkcja włókien sztucznych, opakowań, naczyń o dużej wytrzymałości termicznej
CH_3NH_2 metyloamina	produkcja leków produkcja środków powierzchniowo czynnych produkcja barwników rozpuszczalnik
$C_6H_5NH_2$ fenyloamina (anilina)	produkcja leków produkcja barwników produkcja materiałów wybuchowych (środek stabilizujący) produkcja środków do wulkanizacji kauczuku
CH_3CONH_2 etanoamid (acetamid)	produkcja tworzyw sztucznych produkcja lakierów rozpuszczalnik, produkcja materiałów wybuchowych (środek zwilżający)
$H_2N{-}CO{-}NH_2$ diamid karbonowy (mocznik)	produkcja leków produkcja tworzyw sztucznych dodatek do silnie nawilżających preparatów kosmetycznych, składnik m.in. płynów po goleniu nawóz sztuczny, produkcja środków chwastobójczych środek przyspieszający gojenie się ran produkcja żywic katalityczne systemy oczyszczania spalin

Wzór i nazwa związku chemicznego	Zastosowania
wielofunkcyjne pochodne węglowodorów	
$H_3C–CH(OH)–COOH$ kwas 2-hydroksypropanowy (mlekowy)	środek konserwujący i przeciwutleniający preparaty probiotyczne, szczepionki składnik kosmetyków złuszczających i nawilżających produkcja tworzyw biodegradowalnych produkcja farb
$C_6H_4(OH)COOH$ kwas 2-hydroksybenzoesowy (salicylowy)	składnik maści stosowanych w leczeniu trądziku i usuwaniu brodawek składnik kosmetyków przeciwłupieżowych środek odkażający
$C_6H_{12}O_6$ glukoza	środek słodzący składnik leków składnik kroplówek produkcja wyrobów spirytusowych
$C_{12}H_{22}O_{11}$ sacharoza	środek słodzący składnik leków synteza chemiczna, np. otrzymywanie glicerolu
$(C_6H_{10}O_5)_n$ gdzie: n – 300–400 skrobia	składnik produktów spożywczych produkcja leków produkcja kosmetyków produkcja klejów produkcja papieru, tekstyliów
$(C_6H_{10}O_5)_n$ gdzie: n – 100–10 000 celuloza	składnik preparatów wspomagających trawienie (błonnik) produkcja tworzyw sztucznych, np. celuloidu produkcja papieru, jedwabiu sztucznego i materiałów wybuchowych produkcja nici chirurgicznych

Wyjaśnienia symboli:

produkty spożywcze
medycyna
leki
kosmetyki
środki czystości
budownictwo
przemysł chemiczny
tworzywa sztuczne
przemysł petrochemiczny
motoryzacja

Nazewnictwo wybranych składników kosmetyków

Rodzaj składnika	Nazwa wg systemu INCI	Nazwa polska	Przykładowe funkcje
Składniki bazowe	*Aqua*	woda	rozpuszczalnik
	Alcohol	alkohol	rozpuszczalnik
Składniki aktywne	*Sodium Palmate*	palmitynian sodu	oczyszcza
	Calendula Officinalis Extract	nagietek lekarski	zmiękcza
	Glycerin	gliceryna	utrzymuje wilgoć
	Glucose	glukoza	utrzymuje wilgoć
	Paraffinum Liquidum	olej parafinowy	zmiękcza
	Panthenol	pantenol	odżywia
	Allantoin	alantoina	koi podrażnienia
	Retinyl Palmitate	palmitynian retinylu	odżywia
	Decyl Oleate	oleinian decylu	zmiękcza
	Sodium Hyaluronate	hialuronian sodu	utrzymuje wilgoć
	Hyaluronic Acid	kwas hialuronowy	nawilża
	Butylene Glycol	glikol butylenowy	utrzymuje wilgoć
	Tocopherol / Tocopheryl acetate	tokoferol / octan tokoferolu	przeciwutleniacz
Składniki dodatkowe	*PEG – 35 Castor Oil*	olej rycynowy	emulgator
	Cera Microcristallina	wosk mikrokrystaliczny	stabilizuje emulsję
	Hydrogenated Coco-Glycerides	uwodnione glicerydy kokosowe	zmiękcza
	Dimethicone	silikon	zapobiega pienieniu
	Paraffin	parafina stała	reguluje lepkość
	Stearic Acid	kwas stearynowy	emulgator
	Cetyl Alcohol	alkohol cetylowy	emulgator
	Glyceryl Stearate	stearynian glicerolu	emulgator
	Lanolin Alcohol	alkohol lanolinowy	emulgator
	Polysorbate 85	polisorbat	emulgator
	PEG – 100 Stearate	pochodna glikolu polietylenowego	środek powierzchniowo czynny
	Stearyl Alcohol	alkohol stearylowy	zwiększa pienienie
	Sodium Carbomer	polimer kwasu akrylowego	stabilizuje emulsję
	Cera Alba	wosk pszczeli	emulgator
	Phenoxyethanol	fenoksyetanol	konserwuje
	Methylisothiazolinone	metyloizotiazolinon	konserwuje
	Octyldodecanol	oktylododekanol	zmiękcza
	Methylparaben	metyloparaben	konserwuje
	Propylparaben	propyloparaben	konserwuje
	Titanium Dioxide	dwutlenek tytanu	barwnik kosmetyczny
	Calcium Stearate	stearynian wapnia	barwnik kosmetyczny
	Magnesium Sulfate	siarczan(VI) magnezu	reguluje lepkość
	Aluminum Stearates	stearynian glinu	stabilizuje emulsję

Źródło: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:097:0001:0528:PL:PDF
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?qid=1595235355572&uri=CELEX:32019D0701

Oznaczenia wybranych dodatków do żywności

Symbol	Nazwa	Wybrane funkcje	Przykłady produktów
E 110	żółcień pomarańczowa	barwnik	zupy w proszku, płatki zbożowe, gumy do żucia
E 120	koszenila	barwnik	gumy do żucia, wędliny, produkty mleczne
E 140	chlorofil	barwnik	sosy, oleje, produkty mleczne
E 150d	karmel syntetyczny	barwnik	słodycze, napoje typu cola, herbaty rozpuszczalne
E 160a	karoten	barwnik	margaryna, dżemy napoje mleczne
E 210	kwas benzoesowy	substancja konserwująca	koncentraty pomidorowe, napoje, soki owocowe i warzywne
E 211	benzoesan sodu	substancja konserwująca	gotowe zupy, sosy, dipy, konserwy, napoje gazowane
E 220	tlenek siarki(IV)	substancja konserwująca	suszone owoce, wino, soki owocowe
E 249	azotyn potasu	substancja konserwująca	peklowane wędzone wędliny, przetwory rybne
E 250	azotyn sodu	substancja konserwująca	wędliny i przetwory mięsne
E 251	azotan sodu	substancja konserwująca	wędliny, sery topione
E 252	azotan potasu	substancja konserwująca	wyroby mięsne i sery
E 260	kwas octowy	regulator kwasowości, stabilizator	przetwory mięsne i rybne, majonez, lody
E 263	octan wapnia	regulator kwasowości, stabilizator	desery gotowe do spożycia, ciasta
E 270	kwas mlekowy	regulator kwasowości, przeciwutleniacz	sery, mleko, przetwory i konserwy mięsne, przetwory rybne
E 280	kwas propionowy	substancja konserwująca	pakowane pieczywo i wyroby cukiernicze
E 330	kwas cytrynowy	regulator kwasowości, przeciwutleniacz, stabilizator	suszone owoce, lody, dżemy i galaretki owocowe
E 334	kwas winowy	regulator kwasowości	galaretki owocowe, majonez, margaryna,
E 338	kwas fosforowy(V)	regulator kwasowości	napoje typu cola, tonik, i energetyzujące, galaretki i dżemy owocowe
E 406	agar	substancja zagęszczająca, substancja żelująca, stabilizator	galaretki, dżemy, cukierki
E 410	mączka chleba świętojańskiego	substancja zagęszczająca, substancja żelująca, stabilizator	serki homogenizowane, syropy
E 414	guma arabska	substancja zagęszczająca, substancja żelująca, stabilizator, emulgator	żelki, galaretki i polewy, guma do żucia, żywność bezglutenowa
E 440	pektyna	zagęstnik, substancja żelująca, stabilizator	przetwory owocowe
E 460	celuloza	substancja wypełniająca	kremy, pianki, wyroby cukiernicze
E 950	acesulfam K	substancja słodząca	napoje bezalkoholowe bez dodatku cukru, dżemy
E 951	aspartam	substancja słodząca	napoje typu cola, jogurty, płatki śniadaniowe, produkty typu light, słodziki
E 954	sacharyna	substancja słodząca	słodziki, napoje, produkty dla diabetyków

https://www.biziel.umk.pl/assets/files/Dodatki_do_zywnosci.pdf

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych – zbiór zadań

Węglowodory

zadanie 1. $m_C : m_H : m_O = 3 : 1 : 4$; 37,5% C, 12,5% H, 50% O
zadanie 2. $C_2H_4O_2$
zadanie 3. $C_6H_{12}O_6$

Dla dociekliwych

zadanie 4. CH_4
zadanie 5. 2,24 dm^3 CO_2

zadanie 12. wzór empiryczny: C_2H_5, wzór rzeczywisty: C_4H_{10}

Dla dociekliwych

zadanie 14. 5,6 dm^3 CO_2

zadanie 25. C_5H_{10}
zadanie 32. 3000 cząsteczek etenu
zadanie 44. $C_3H_4Br_4$
zadanie 46. W alkenach $m_C : m_H = 6 : 1$.

Dla dociekliwych

zadanie 49. 70 dm^3 powietrza

zadanie 54. 92,3% C
zadanie 58. 39 g C_6H_6
zadanie 60. 97% izooktanu, 3% *n*-heptanu
zadanie 62. 970 kg koksu

Dla dociekliwych

zadanie 63. a) 970 dm^3 CH_4, 25 dm^3 C_2H_6, 5 dm^3 C_3H_8, b) 2052,5 dm^3 O_2

Jednofunkcyjne pochodne węglowodorów – fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry, tłuszcze, aminy i amidy

zadanie 66. C_2H_5I
zadanie 79. 20,2 cm^3 CH_3OH

Dla dociekliwych

zadanie 80. 0,25 mol $C_6H_{12}O_6$

zadanie 84. 76,6% C, 6,4% H, 17% O
zadanie 89. 7,6%

Dla dociekliwych

zadanie 99. 700 cm^3 wody
zadanie 100. $C_{10}H_{16}O$

zadanie 102. $C_4H_8O_2$, C_3H_7COOH
zadanie 113. 604,8 dm^3 CO_2
zadanie 115. $C_{12}H_{24}O_2$
zadanie 122. $C_4H_8O_2$
zadanie 134. 194 g tłuszczu
zadanie 145. 61,2 g aniliny

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów – aminokwasy, peptydy, białka, sacharydy

zadanie 152. 40,3% C, 7,6% H, 40,3% O, 11,8% N
zadanie 154. $C_5H_{11}O_2N$
zadanie 155. 8,17%
zadanie 156. 12,5 g glicyny
zadanie 157. 3,75 g glicyny

Dla dociekliwych

zadanie 159. 10% leucyny, 5% izoleucyny, 5% waliny

zadanie 176. $C_5H_{10}O_5$
zadanie 181. 28,8 g Ag
zadanie 183. 1344 dm^3 O_2
zadanie 184. 5,43 mol glukozy
zadanie 185. 21,6 g fruktozy
zadanie 187. $m_C : m_H : m_O = 72 : 11 : 88$; 42,1% C, 6,4% H, 51,5% O
zadanie 189. 7 500 reszt glukozy
zadanie 191. 1111 g glukozy

Dla dociekliwych

zadanie 194. 7,25 g laktozy

Odpowiedzi do zadań obliczeniowych

Wprowadzenie do chemii organicznej

s. 18

zadanie 7. C_6H_{10}

zadanie 8. a) mC : mH = 24 : 5,
b) mC : mH = 6 : 1, c) mC : mH = 8 : 1

zadanie 9. C_2H_5

zadanie 10. C_2H_4

Węglowodory

s. 73

zadanie 2. a) 78 u, b) %C = 92,3%,
c) %N = 11,38%

zadanie 3. 1500 µg

s. 90

zadanie 5. %C = 75%

zadanie 6. 119 250 g

s. 94

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 4. mC w próbce antracytu = 56,4 kg,
mC w próbce torfu = 94,4 kg

zadanie 5. b) tlenek węgla(II), woda, spalanie niecałkowite

zadanie 6. 4,5 m^3 i 2,96 kg metanu

Fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, aldehydy i ketony

s. 104

zadanie 4. $C_{11}H_{13}ClN_2$, 208 u

s. 130

zadanie 6. %C : %H : %O = 38,7% : 9,7% : 51,6%

s. 139

zadanie 5. 37,6 g i 0,4 mol

s. 149

zadanie 5. b) 132 u

s. 157

zadanie 3. ok. 311 dm^3

s. 162

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 5. 21 500 u

zadanie 6. $C_{10}H_{20}O$

zadanie 7. 153,6 g

zadanie 8. propan-1-ol

Kwasy karboksylowe, estry, aminy i amidy

s. 178

zadanie 4. CH_3COOH

zadanie 6. 0,129 kg esencji octowej i 1,371 m^3 wody

s. 186

zadanie 3. $C_{18}H_{32}O_2$

zadanie 4. $C_{20}H_{32}O_2$

zadanie 5. 1,5 mg – 10 mg

s. 204

zadanie 4. 75,94 dm^3

s. 219

zadanie 3. 0,03%

zadanie 4. 12,66 cm^3

zadanie 5. 60 g skrobi ryżowej lub kredy, 45 g talku, 36 g tlenku cynku, 9 g stearynianu cynku

s. 234

zadanie 4. 169 u

zadanie 5. 7,5 µg

s. 240

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 7. 98,42 g

zadanie 8. maślan pentylu %C = 68,35%

zadanie 9. ok. 588 kg

Wielofunkcyjne pochodne węglowodorów

s. 252

zadanie 1. %C : %H : %O = 40% : 6,67% : 53,33%;
mC : mH : mO = 6 : 1 : 8

s. 277

zadanie 4. 50 mg

s. 287

zadanie 1. 350 g glukozy i 650 g utleniacza

zadanie 4. %C = 40%

s. 300

zadanie 2. a) 0,78 g, b) 26 g

zadanie 3. 6,17 mola

s. 310

zadanie 4. 5000 merów

zadanie 5. %Cl = 44%

s. 314

Sprawdź, czy potrafisz...

zadanie 3. $C_9H_8O_4$; %C = 60%

zadanie 8. 800 $\frac{mg}{m^3}$, wartość LC_{50} nie została przekroczona

Indeks

A

acetaldehyd 142
acetamid 227
aceton 150
acetylen → etyn
alanina 254, 258–259
aldehyd mrówkowy → formaldehyd
– octowy → acetaldehyd
aldehydy 140
–, nazewnictwo 141–142
–, otrzymywanie 143
–, polimeryzacja 148
–, właściwości 144–145
–, wzór ogólny 140, 142
–, zastosowania 148
aldoheksoza 280
aldozy 279–280
alkaloidy 233
alkany 20–29, 99, 112
–, nazewnictwo 21–23
–, otrzymywanie 82
–, rzędowość 37–38
–, wzór ogólny 21
–, zastosowania 29
alkeny 39–54
–, nazewnictwo 39, 44
–, otrzymywanie 46
–, polimeryzacja 80
–, wzór ogólny 41
–, zastosowania 53
alkiny 55–65
–, izomeria 58
–, nazewnictwo 55, 59
–, otrzymywanie 84–85
–, wzór ogólny 57
alkiny
–, zastosowania 65
alkohol etylowy → etanol
alkoholan 118
alkohole 105–130
– monohydroksylowe 105–122
– –, nazewnictwo 106–107, 111–112
– –, otrzymywanie 113–115
– –, właściwości 115–117
– –, wzór ogólny 105, 110
– –, zastosowania 119
– podział 106
– polihydroksylowe 106, 123–130
– –, nazewnictwo 124
– –, otrzymywanie 124
– –, właściwości 125–126
– –, zastosowania 129
– rzędowość 106
amidy 227–234
–, nazewnictwo 227
–, budowa cząsteczek 227
–, otrzymywanie 228
–, właściwości 228
–, wzór ogólny 227
–, zastosowania 232
aminokwasy 253–261
– białkowe 254
– egzogenne 254
– kwasowe 257
–, nazewnictwo 254
– obojętne 257
–, właściwości 255
–, wzór ogólny 253
– zasadowe 257
–, zastosowania 260
aminy 220–226
–, nazewnictwo 222
–, otrzymywanie 223
–, reaktywność 225
–, rzędowość 220–221
–, właściwości 224
–, wzory ogólne 220
–, zastosowania 226
amoniak 146
amylopektyna 295–296
amyloza 295–296
anilina 220–221, 225
anion fenolanowy 134
– palmitynianowy 211
anomer 289, 299
asocjacja 113, 145, 153
atropina 235
azot 14, 74, 220–222, 227–228, 233

B

benzen 20, 66–73
benzenol → fenol
benzyna 80–85
białka 262–277
– globularne 262
– proste 262
–, przemiany białek 267–268
–, struktury 264–265
–, właściwości 266–267
–, zastosowania 271
– złożone 262
biuret 229
Butlerow Aleksander M. 14

C

celuloza 274, 295, 298–299, 304–305
chlorek winylu 53, 100
chlorofil 275, 280
chloroform 100
cukry → sacharydy
– proste → monosacharydy
cysteina 254

D

dehydratacja 118
dekstryny 297
denaturacja 267–268, 277
destylacja frakcjonowana 77
diament 7–11
dichromian(VI) potasu 153, 170
disacharydy 288–294
–, właściwości 289–292
–, zastosowania 294
dodatki do żywności 271, 274–275
duroplasty 101–102
dynamit 192

E

emulgator 213–214, 216, 219
emulsja 213–214, 219
estry 187–195
–, nazewnictwo 188
–, otrzymywanie 190–191
–, właściwości 191–192
–, wzór ogólny 187
–, zastosowania 194
etanal → acetaldehyd
etano-1,2-diol → glikol etylenowy
etanoamid → acetamid
etanol 49, 60, 83, 100, 105–108, 112, 114–118, 120–122, 125, 128, 143–144, 169–171, 175, 190–191, 193, 199, 200, 211, 266–267
eten 20, 39–40, 45–48, 52, 62–63, 114, 118
etyl 33, 96, 107
etylen → eten
etyn 55–56, 60–63, 65, 69, 99, 144
eutrofizacja 218

F

fenol 131, 133–136
fenole 105, 131–139
–, nazewnictwo 132
–, otrzymywanie 133–134
–, właściwości 134
–, wzór ogólny 131
–, zastosowania 138
fenyl → grupa fenylowa
fenyloamina → anilina
fermentacja alkoholowa 114–115
– octowa 170–171
– masłowa 203
fluorowcopochodne węglowodorów 96–104
–, nazewnictwo 97–98
–, otrzymywanie 99–100
–, polimeryzacja 100–102
–, właściwości 99
–, zastosowania 103
formaldehyd 142, 157
formalina 145–147
fotosynteza 280
fruktoza 278–285
fulereny 7–9, 11

G

galaktoza 245
gaz koksowniczy 87
– rafineryjny 79
– syntezowy 87, 113
– ziemny 74–75, 84, 88
glicerol 124, 126–130
glicyna 253–257
glikol etylenowy 124–126, 128–129
glukoza 114, 203, 245, 278–285, 291, 297, 299
grafen 7–11
grafit 7–11
grupa aldehydowa 140, 175, 284, 292
– alifatyczna 137
– alkilowa 33, 38, 68, 97, 105, 137, 140, 157, 164, 220, 227, 243
– amidowa 227
– aminowa 220, 253, 257
– aromatyczna 96, 137, 187
– arylowa 96–97, 131, 137, 140, 157, 164, 220, 227, 243
– estrowa 187, 197
– fenylowa 68, 248, 255
– funkcyjna 96–98, 104–105, 110, 123, 131, 137, 140, 150, 164, 187, 197, 220, 227, 242–243, 253, 279
– hydroksylowa 96, 105–106, 110–111, 117, 119, 131, 145, 164, 175, 191, 242–243, 253, 278, 284
– karboksylowa 96, 164–167, 175, 243, 253–254, 257–258
– karbonylowa 140, 150–151, 153, 157, 164, 187, 278–280, 284

grupa ketonowa → grupa karbonylowa
– metylowa 33, 151, 188, 220
– węglowodorowa 96, 105, 140, 151, 187, 220, 243, 253, 259

H

hemoglobina 262, 265, 270
hydroksykwasy 242–252
–, nazewnictwo 244
–, otrzymywanie 245–247
–, wzór ogólny 243
–, zastosowania 243, 248
hydroliza 193, 195, 200, 259, 291, 297–299

I

IUPAC 66, 222
izomeria 30–38
– funkcyjna 31, 141, 152, 167, 190, 280
– konstytucyjna 31, 38, 42, 58, 69, 106, 111, 132, 141, 152, 167, 223, 280, 289
– *orto-meta-para* 69
– położenia 31, 42, 58, 69, 111, 132, 141
izomeryzacja → reforming

J

jełczenie 203
jon obojnaczy 256–257

K

karbid 60–61
kauczuk 304–305
Kekulé Friedrich August 14
ketoheksoza 280
ketony 150–157
–, nazewnictwo 151–152
–, otrzymywanie 153
–, właściwości 153
–, wzór ogólny 150
–, zastosowania 156
ketozy 279
koagulacja 267–268
kofeina 233–234
koloid 213, 267
kontrakcja 116, 122
kraking 81–83
krezole 132
kwas aminoetanowy → glicyna
– cytrynowy 165, 242, 244, 274–275, 277
– etanowy → kwas octowy
– glukonowy 283–285
– glutaminowy 253–254
– hydroksypropanowy → kwas mlekowy
– jabłkowy 242, 244
– metanowy → kwas mrówkowy
– mlekowy 243–247
– mrówkowy 164, 166, 176, 188, 225
– octowy 164–166, 170–172, 175–176, 188, 274–275
– oleinowy 179–181, 183, 197
– palmitynowy 168, 176, 179, 180–181, 183, 197, 201
– salicylowy 242–244
– stearynowy 168, 176, 179–184, 197
– winowy 242, 244
kwasy karboksylowe 6, 31, 164–178
–, nazewnictwo 165
–, otrzymywanie 169–171
–, właściwości 171–172
kwasy karboksylowe
–, wzór ogólny 164, 166
–, zastosowania 177
kwasy tłuszczowe → wyższe kwasy karboksylowe

L

laktoza 245, 293
liczba oktanowa (LO) 83–84, 90
liofilizacja 272
lizyna 253, 254
LO → liczba oktanowa

M

maltoza 288–289, 291–292
manganian(VII) potasu 47–48, 61–62, 70–71, 169, 181, 201
mazut 78–79
mer 51, 100
metan 21–22, 25–26, 28, 33, 74, 97, 99, 106
metanal → formaldehyd
metanol 106–108, 112, 117, 137, 144, 151, 188
metylobenzen → toluen
metylofenole → krezole
micela 208–209
mocznik 227-229, 232
monomer 51–52
monosacharydy 203, 245, 278–286
–, nazewnictwo 278
–, podział 279
–, właściwości 281–284
–, zastosowania 286
mostek disiarczkowy → mostek disulfidowy
mostek disulfidowy 264–265
mydło 183–184

N

nafta 78–80, 199

napięcie powierzchniowe 205–209

nitrobenzen 72

nitrogliceryna 192

nylon 229–231, 302–303

O

oddziaływanie van der Waalsa 8

olej napędowy 85

oligosacharydy 278

otoczka solwatacyjna 268

P

peptydy 258–259

peptyzacja 267–268

PET → poli(tereftalan etylenu)

piroliza 86–87

podstawniki 34–35, 69, 98, 288–289

poliamidy 102, 229, 308

poli(chlorek winylu) (PVC) 53, 100–102

polieten → polietylen

polietylen 46–47, 52–53, 101–102

poliformaldehyd 147–148

polimer 51–54, 100–102, 104, 147–148, 229, 230–231, 262, 304–305, 308

polimeryzacja 51–54, 64, 99–101, 147

polipropylen 53, 101–102, 310

polisacharydy 295–300

–, właściwości 296–299

–, zastosowania 300

poli(tereftalan etylenu) (PET) 102, 309

politetrafluoroeten → teflon

poliuretany 102

propano-1,2,3-triol → glicerol

propanon → aceton

próba jodoskrobiowa 296

– Tollensa 146–147, 155–156, 170, 283–284, 290–292

– Trommera 147, 154–156, 170, 282–283, 285, 291

punkt izoelektryczny 257, 261

PVC → poli(chlorek winylu)

R

reakcja addycji 48–51, 62–64, 71, 99, 114, 144, 201–202

– biuretowa 269

– eliminacji 118–119

– estryfikacji 127, 190–191, 193

– ksantoproteinowa 270, 304

– nitrowania 72, 270

– podstawienia → reakcja substytucji

– przyłączania → reakcja addycji

– substytucji 27–28, 71–72, 99, 114,

– utleniania-redukcji 170

– uwodornienia 202–203

reforming 84, 90

reguła Markownikowa 49–50, 54, 63–64

ropa naftowa 74–80

S

sacharoza 6, 114, 278, 284, 288–291

sacharydy 278

seryna 254, 259

siarka 14, 89

skrobia 114, 212, 295–297

smoła węglowa 87, 133

spalanie całkowite 26, 48, 62, 71, 116, 126, 172, 180

– niecałkowite 27, 48, 62, 71, 116, 126, 172, 180

– stukowe 82–83

substancje powierzchniowo czynne 207, 210, 218–219

surfaktanty → substancje powierzchniowo czynne

szereg homologiczny 21–25, 40–41, 45–46, 56–57, 60, 67, 107–109, 112, 142, 166, 168

Ś

środki przeciwstukowe 83–84

–, czystości 211–212, 218

T

talidomid 36

teflon 100, 104, 230

termoplasty 102, 104

tlen 12–13

tłuszcze 196–204

–, hydroliza zasadowa → zmydlanie

–, nazewnictwo 198

–, podział 196

–, właściwości 199

–, wzór ogólny 197

–, zastosowania 202

toluen 67, 72

trichlorometan → chloroform

twarda woda 210

tyrozyna 254

U

utwardzanie tłuszczów 202

W

węgiel 6–11, 20
–, atom anomeryczny 289
–, rzędowość 37–38, 106
węgle kopalne 74, 86
węglik wapnia → karbid
węglowodany → sacharydy
węglowodory 20–90
– aromatyczne 66–73
– nasycone 20–29
– nienasycone 39–65
wiązanie glikozydowe 288, 295–296, 298
– koordynacyjne 129
– kowalencyjne 20, 39, 55, 97, 105, 123, 221
– peptydowe 229, 257–259, 263–264, 269
– pi π 39, 55, 140, 150, 165
wiązanie podwójne 10, 14, 39, 42, 51–52, 140, 150, 165
– pojedyncze 10, 14, 20, 97, 105, 123, 140, 150, 165, 187
– potrójne 10, 14, 39, 55, 58
– sigma σ 20, 39, 55, 97, 105, 123, 140, 150, 165
– wodorowe 113, 145, 153, 169, 224, 248, 264
– zdelokalizowane 66, 131
wodór 14, 20
woski 202
wysalanie białka 267, 277
wyższe kwasy karboksylowe 179–186
–, właściwości 180
–, zastosowania 185
wzór elementarny 16
– empiryczny → wzór elementarny
– Fischera 280, 288
wzór grupowy 15
– Hawortha 288–289
– kreskowy → wzór szkieletowy
– półstrukturalny 15
– rzeczywisty → wzór sumaryczny
– strukturalny 15
– sumaryczny 15–16
– szkieletowy 15
– taflowy → wzór Hawortha

Z

zielona chemia 90
zmydlanie 200
zol 267–268
związki amfoteryczne 256–257
– koordynacyjne 129

Ż

żel 267–268, 277

Zdjęcie na okładce: Getty Images/Moment/SEAN GLADWELL.

Zdjęcia: Agencja Gazeta: Krzysztof Mazur s. 277; **Archiwum Nowej Ery** s. 231 (nici nylonowe), s. 275 (aromat do ciast); **BE&W:** Alamy Stock Photo – agefotostock s. 272 (liofilizacja), s. 273 (pakowanie próżniowe, pasteryzacja), Amy Lv s. 303 (bawełna), Borislav Dopudja s. 10 (korund), Dyana s. 55 (lampa acetylenowa), GC Minerals s. 10 (ortoklaz), Leithan Partnership t/a The Picture Pantry s. 140, mccool s. 136 (pociski), Phil Degginger s. 308 (granulat), Phil Degginger/Jack Clark Collection s. 10 (topaz), PNWL s. 9 (grafen SEM), Ralf Falbe s. 171 (kadzie), ronstik s. 232 (klej), Rubens Abboud s. 11 (kopuła), sciencephotos s. 245 (kwaśne mleko), studiomode s. 79 (butla turystyczna), The Natural History Museum s. 10 (aparyt), Vivitaart s. 85 (oznaczenia paliw), Photo Researchers/Charles D. Winters s. 12 (odmiany fosforu), Science Source – Charles D. Winters s. 8-9 (fulereny), s. 115 (spalanie etanolu), Edward Kinsman s. 9 (diament SEM), Theodore Clutter s. 86 (skamielina); Depositphotos: africa-studio.com/Olga Chernetska and Leonid Yastremskiy s. 15, s. 156 (perfumy), s. 163, s. 202 (czekolada); East News: REPORTER/Grzegorz Bukala s. 302 (kask kevlarowy); **Fotolia:** Africa Studio s. 341 (szkło laboratoryjne); **Getty Images:** 500Px Plus/Yuliia Mazurkevych s. 202 (wosk), E+ – andresr s. 309, Antagain s. 183 (mydło), AzmanJaka s. 233 (krople do oczu), CoffeeAndMilk s. 248 (maseczka), dem10 s. 262 (jajko), filadendron s. 232 (środek przeciwbólowy), Flavio Vallenari s. 185 (kuter), Floortje s. 300 (nici), freemixer s. 19, s. 29 (butla gazowa), gilaxia s. 177 (choroby stawów), loveguli s. 226 (rafineria), markchentx s. 294 (kawa z mlekiem), mbbirdy s. 304 (rękawiczki), Milos Dimic s. 302 (odzież ochronna), PeopleImages s. 216-217, Pgiam s. 156 (parasol), South_agency s. 129 (lakierowanie), svetikd s. 53 (jogging), wildart s. 231 (ubranie terenowe), EyeEm/Sirinate Kaewma s. 253, iStock/Getty Images Plus – ADragan s. 150, alrisha s. 199 (rosół), aoldman s. 226 (adrenalina), brackish_nz s. 303 (owca), busracavus s. 227, czarny_bez s. 273 (suszenie), dejan Jekic s. 273 (marynowanie), Jasper_Meddock s. 192 (małpa), JPTis2016 s. 304 (kauczukowiec), kolesnikovserg s. 268 (gotowane jajko), Lana_M s. 247 (nabiał), Macrowildlife s. 86 (antracyt), margostock s. 303 (skarpety), Naypong s. 303 (koszulki), Nosyrevy s. 220, picturesd s. 232 (żyłka), rudigobbo s. 100 (piekarnik), shironosov s. 260 (sen), Suntorn Suwannasri s. 233 (tytoń), Teen00000 s. 131, ValentynVolkov s. 39, valio84sl s. 260 (naworzenie), VvoeVale s. 86 (szungit), Liam McBurney – PA Images s. 120 (alkomat), Love Lanner/Folio Images s. 248 (sok), Moment Open/Photo by Stephanie Lynn Warga s. 185 (paleta), Moment – 100 s. 234 (herbata), Boy_Anupong s. 185 (trądzik), s. 234 (kawowiec), Carbonero Stock s. 53 (opona), Graiki s. 287 (lusterko), Maciej Toporowicz, NYC s. 78-79 (mazut tuba), S.Norero Image s. 195, Vicki Smith s. 266, Witthaya Prasongsin s. 103 (zastrzyk), Photodisc/Image Source s. 232 (płyn do golenia), Photographer's Choice/Getty Images Plus/Vincenzo Lombardo s. 8 (grafen), PhotoObjects.net/Getty Images Plus/Hemera Technologies s. 145 (żaba), The Image Bank – Laurence Monneret s. 177 (soczewki), Per Winbladh s. 271 (mycie włosów), Westend61 s. 65 (spawanie); **Indigo:** Alamy Stock Photo/STOCKFOLIO® s. 72, De Agostini Editore/De Agostini Picture Library s. 303 (jedwabnik), Phototeque Oredia/Lucenet Patrice s. 279, Science Photo Library s. 9 (grafit SEM), s. 78 (mazut), s. 117, s. 134, s. 226 (oranż), s. 245 (bakterie), s. 275 (guma arabska), s. 302 (włókno szklane, włókno węglowe), s. 308 (grzyby), Dr Jeremy Burgess s. 230, Eye Of Science s. 231 (włókna nylonu), Martyn F. Chillmaid s. 285, 297; NASA/Ozone Hole Watch s. 13 (dziury ozonowe); PAP: Muzeum Przemysłu Naftowego i Gazowniczego w Bóbrce/Paweł Pawłowski s. 80 (lampa); **Shutterstock:** abimages s. 102 (doniczki), Africa Studio s. 148 (lody), s. 153, s. 171 (sałata), s. 179 (świece), Ajintai s. 288 (cukier), Aleksandr Rybalko s. 138 (pszczoły), Alena Brozova s. 272 (mrożenie), Alessia Pierdomenico s. 272 (peklowanie), Alexander Sobol s. 12 (zapałki), alexzrv s. 246 (warzywa), All-stock-photos s. 29 (ser), Andreas Saldavs s. 26 (ogrzewanie rąk), Andrey Pavlov s. 164, Andrey_Popov s. 98, Ann Bulashenko s. 30, Anna Gawlik s. 248 (spirytus), Anze Furlan s. 282 (fotosynteza), Ari N s. 145 (frytki), Billion Photos s. 123 (guma do żucia), Bjoern Wylezich s. 11 (brylanty), BLACKDAY s. 226 (szczoteczka), Bozhena Melnyk s. 148 (cynamon), Brandon VandeCaveye s. 233 (zakaz palenia), CHAIWATPHOTOS s. 73 (pojemnik), charl898 s. 31, Cire notrevo s. 292 (termoizolacja), Corepics VOF s. 89 (czyszczenie ptaka), Corona Borealis Studio s. 252 (wirus), Danita Delmont s. 204 (mors), Davizro Photography s. 79 (świece), Denis Val s. 79 (wazelina), DenisProduction.com s. 271 (pieczywo), didis s. 196 (nasiona palmy olejowej), Dmitry Kalinovsky s. 79 (papa), DmitrySt s. 8 (diament), s. 10 (diament), domnitsky s. 301 (dżinsy), donikz s. 55 (palnik), DUSAN ZIDAR s. 6 (solniczka), EkDanilishina s. 130, Elena Rudakova s. 53 (dziewczyna w kapeluszu), elenavolf s. 194 (preparat na włosy), Ellyy s. 270 (pranie), emirhankaramuk s. 81 (samochód), Eric Isselee s. 104 (żaba), Evan Lorne s. 271 (kompostownik), Evgeny Atamanenko s. 194 (aromat do ciasta), Evgeny Karandaev s. 288 (słodycze), Fer Gregory s. 192 (dynamit), Fotogiunta s. 6 (cukiernica), FOTOGRIN s. 292 (świeca dymna), Gabriel Pahontu (szkło), Gerain0812 s. 138 (chirurg), goffkein.pro s. 119 (płyn do płukania ust, chusteczki), s. 262 (insulina), Gorodenkoff s. 11 (projekt), grintan s. 81 (metka), GSDesign s. 246 (salami), Gus Andi s. 242, gyn9037 s. 287 (bawełna), HENADZI PECHAN s. 265, Henrik Lehnerer s. 75 (platforma wiertnicza), Horiyan s. 305 (saksofon), Iancu Cristian s. 148 (gitara), ImageFlow s. 141, Ingae s. 156 (farba), Inna Astakhova s. 263, itlada s. 104 (Burj Al Arab), Iurii Kachkovskyi s. 278, J5M s. 303 (obrus), Jens Mayer s. 10 (gips), Jo Ann Snover s. 274, Kabardins photo s. 196 (smarowanie masłem), KatMoy s. 300 (pierogi), Katyau s. 315, kazoka s. 244, Ken Felepchuk s. 89 (wiatraki), konmesa s. 75 (tankowanie), kostrez s. 53 (butelka), Krasula s. 178, Kryuchka Yaroslav s. 251 (zastrzyk), L.amica s. 203 (masło), Leolintang s. 96, Leonid and Anna Dedukh s. 129 (niemowlę), Leyasw s. 51, LightField Studios s. 203 (pieczenie ciasta), Lipa23 s. 100 (butelka), losmandarinas s. 86 (węgiel brunatny), Madlen s. 299 (koza), Manamana s. 10 (talk), MaraZe s. 292 (żywnoć dla niemowląt), Maria Suleymenova s. 76 (gaszenie ropy), Maridav s. 95, 105, Mars Evis s. 249 (polopiryna), matka_Wariatka s. 287 (pieniki), Michael Kraus s. 281 (bransoletka), Mik Lav s. 88, Mikbiz s. 79 (ciężarówka), Monika Wisniewska s. 260 (puszka), Mrs.Moon s. 28, Nadezda Boltaca s. 10 (fluoryt), natali_ploskaya s. 299 (kisiel), Natalielme s. 138 (błękit), Nattika s. 295, neelsky s. 294 (jajka), Netrun78 s. 204 (łosoś), New Africa s. 82, Nitr s. 192 (jaśminowiec), Noinar Nittha s. 303 (chusta), Nor Gal s. 202 (pasta do butów), Oleg Kopyov s. 271 (paintball), Oleksiy Mark s. 73 (farby), Olexander Kozak s. 74 (hulajnoga), Olga Zinkevych s. 208-209 (tkanina), Oliver Hoffmann s. 272 (wędzenie), Pavels Hotulevs s. 65 (laboratorium), Pelikh Alexey s. 138 (bilard, Ph.wittaya s. 102 (granulat), photomaster s. 306 (beczki), Piotr Velixar s. 125 (płyn do chłodnicy), pixel creator s. 85 (olej napędowy), Praew stock s. 186, Pressmaster s. 129 (kremowanie twarzy), progressman s. 260 (preparat do włosów), puhhha s. 125 (krem), pukao s. 251 (pietruszka), Pyty s. 121, Quayside s. 115 (wino), rame435 s. 300 (papier), Rawpixel.com s. 86 (maseczka), Richard Peterson s. 85 (gaz), Roblan s. 275 (słodzik), Roman Sigaev s. 74 (palnik), RusAKphoto s. 177 (peeling), S.Borisov s. 36, s_a_j s. 225, science photo s. 11 (krew), SciePro s. 175, Scrudje s. 66, Shebeko s. 199 (palący się olej), Sirisak_baokaew s. 103 (oprysk), Sisacorn s. 85 (benzyna), Sotnikova Vera s. 291, Stanislav71 s. 194 (szpachla), s. 213 (czyszczenie srebra), Stasique s. 241, 293, Stefan Holm s. 119 (motocykl), StockphotoVideo s. 273 (kiszenie), Swapan Photography s. 86 (torf), Tamas Panczel – Eross s. 306 (plastikowe opakowania), tcsaba s. 148 (spray), Terence Mendoza s. 305 (film), Ternavskaia Olga Alibec s. 194 (łuszczyca), ThamKC s. 205 (plama), thoughtsofjoyce s. 243, TigerForce s. 306 (słoiki), Tim Arbaev s. 184 (płyn do prania), TORWAISTUDIO s. 29 (preparat chłodzący), Try my best s. 185 (uszczelka), udra11 s. 276, urfin s. 252, VadimZosimov s. 229, Valentyn Volkov s. 268 (rozbite jajko), valkoinen s. 281 (łańcuszek), valzan s. 86 (węgiel kamienny), Vasiliy Koval s. 205 (nartnik), VectorManZone s. 310, Ververidis Vasilis s. 20, Viktar Malyshchyts s. 187, Viktor_LA s. 177 (napój), Vlada Tikhonova s. 103 (patelnia), vovidzha s. 231 (dywan), Vyalov Denis s. 123 (krem), Wstudio s. 101, Yanawut Suntornkij s. 298, Zagorulko Inka s. 247 (chleb), ZayacSK s. 303 (len); **Thinkstock/Getty Images:** Hemera – s. 10 (kalcyt), s. 13 (spray), iStockphoto – s. 247 (sery), Anna Khomulo s. 208-209 (piana), Dleonis s. 114 (chleb), gontar s. 10 (kwarc), photoposter s. 205 (kropla), prill s. 8 (ołówek), Rockfinder s. 103 (granat), PHOTOS.com>>/Jupiterimages s. 249 (strzykawka), Polka Dot/Jupiterimages s. 79 (tankowanie), Stockbyte – s. 213 (krem), s. 214 (krem), s. 306 (karton); U.S. Army s. 73 (mina); **Małgorzata Cholewińska** s. 125 (skład kremu); **Włodzimierz Echeński** s. 26 (spalanie metanu), s. 47, 61, 76 (benzyna z wodą), s. 79 (benzyna, olej, nafta), s. 80 (spalanie benzyny), s. 81 (benzyna z olejem), s. 87 (piroliza węgla), s. 115 (wskaźnik), s. 116 (kontrakcja), s. 120 (działanie etanolu na białko), s. 126, 145 (wskaźnik), s. 146, 147, 149, 156 (Tollens, Trommer), s. 170, 172 (wskaźnik), s. 173, 174, 179 (kwasy), s. 180, 181 (roztwór manganianu), s. 183, 191, 199 (rozpuszczalność oleju), s. 200, 201, 205 (rozpuszczanie w wodzie), s. 235, 255 (badanie glicyny), s. 267 (koloid), s. 282 (wskaźnik), s. 296 (skrobia w wodzie, kleik), s. 313, 341, 342; **PUTTO/Piotr Kubat** s. 7, 26 (spalanie butanu), s. 71, 77, 81 (benzyna z wodą), s. 87 (woda pogazowa, smoła węglowa, koks), s. 114 (fermentacja), s. 116 (lotność), s. 118, 127, 129 (reakcja glicerolu), s. 133, 136 (fenol), s. 159, 172 (spalanie kwasu), s. 181 (woda bromowa), s. 184 (mydło), s. 197, 205 (zlewka), s. 206, 210, 214 (płyn dwufazowy), s. 255 (badanie glicyny z HCl), s. 267 (albumina), s. 268 (doświadczenie), s. 269, 270 (białko w twarogu), s. 283, 286, 289, 296 (skrobia), s. 299 (celuloza), s. 301 (spalanie wełny, bawełny), s. 336; **Maksymilian Piłasiewicz** s. 276 (data ważności – sałata); **Ewelina i Bogdan Wańkowiczowie** s. 276 (data ważności – baton).

Wydawnictwo Nowa Era oświadcza, że podjęło starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwo Nowa Era, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępuje zgodnie z art. 27^1 ust. 1 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Nowa Era oświadcza, że jest jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w przypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.

Twoje mocne strony

To jest chemia

Część 2. podręcznika *To jest chemia* do zakresu podstawowego zawiera treści z chemii organicznej. Zastosowane w nim rozwiązania skutecznie ułatwiają opanowanie kluczowych umiejętności.



Procesy pokazane krok po kroku

Infografiki *Krok po kroku* przystępnie wyjaśniają ważne etapy procesów.

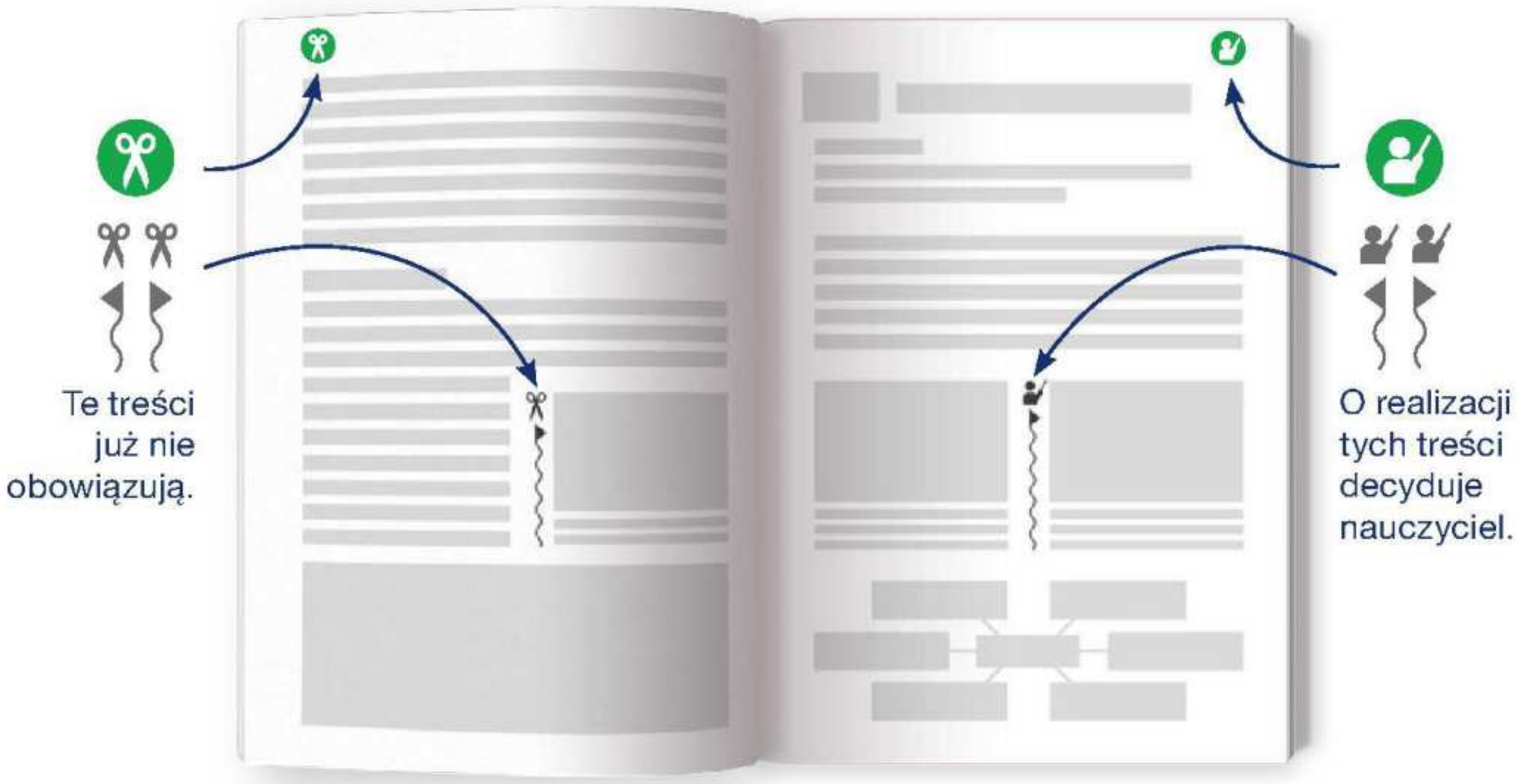
Tłumaczenie krok po kroku

Przykłady z *Planem rozwiązywania* pomagają opanować umiejętność rozwiązywania zadań.

Nawiązanie do życia codziennego

Odwołania do doświadczeń z życia codziennego pozwalają lepiej zrozumieć teorię.

W podręczniku znajdziesz oznaczenia treści, które od września 2024 r. nie są już wymagane.



Zielona ikona na górze strony wskazuje, że na tej stronie znajdują się treści, które nie są wymagane – oznaczono je szarą ikoną i falką.

Nowa Era Sp. z o.o.

www.nowaera.pl nowaera@nowaera.pl

Centrum Kontaktu: 58 721 48 00

ISBN 978-83-267-5099-1