

# **Wideoprogramy do kształcenia chemicznego**

**Andrzej Burewicz, Piotr Jagodziński, Robert Wolski**

## **Poradnik metodyczny**

# **CHEMIA WOKÓŁ NAS**

## **Wybrane zagadnienia z chemii ilustrowane eksperymentem chemicznym**

Uniwersytet im. A. Mickiewicza  
Zakład Dydaktyki Chemii

Poznań 2008



**Wideooprogramy do kształcenia chemicznego**

**Andrzej Burewicz, Piotr Jagodziński, Robert Wolski**

**Poradnik metodyczny**

**CHEMIA WOKÓŁ NAS**

**Wybrane zagadnienia z chemii  
ilustrowane eksperymentem chemicznym**

Uniwersytet im. A. Mickiewicza  
Zakład Dydaktyki Chemii

Poznań 2008

## **Autorzy wideoprogramów:**

prof. zw. dr hab. Andrzej Burewicz  
dr Piotr Jagodziński  
dr Robert Wolski

## **Recenzent:**

prof. dr hab. Stefan Lis

Na płycie DVD umieszczono zbiór doświadczeń umożliwiających wykorzystanie ich do użytku wewnętrznego, dla uczniów i nauczycieli, który wcześniej został umieszczony na domenie internetowej

*[www.eksperymentychemiczne.pl](http://www.eksperymentychemiczne.pl)*

Doświadczenia zostały uszeregowane według odmiennego klucza tematycznego

© **Wszelkie prawa zastrzeżone.**

**ISBN 978-83-89723-71-9**

## Spis treści

<b>Zestaw wideoprogramów do kształcenia chemicznego</b> . . . . .	7
<b>Jak upodobnić proces dydaktyczny w chemii do badania naukowego ?</b> . . . . .	8
<b>Lekcje chemii w systemie problemowym</b> . . . . .	10
<b>Czego oczekujemy od doświadczenia laboratoryjnego?</b> . . . . .	10
<b>Pakiet wideoprogramów chemia wokół nas</b> . . . . .	12
<b>Instrukcje do samodzielnego wykonania eksperymentów w pracowni chemicznej</b> . . . . .	14
Otrzymywanie żywicy fenolowo-formaldehydowej . . . . .	14
Otrzymywanie żywicy mocznikowo-formaldehydowej . . . . .	14
Depolimeryzacja polimetakrylanu metylu – „szkła organicznego” i polimeryzacja otrzymanego monomeru . . . . .	15
Wykrywanie fosforanów w proszkach do prania . . . . .	17
Wykrywanie witaminy C w soku kiszzonej kapusty . . . . .	18
Badanie zawartości aldehydu mrówkowego w dymie papierosowym . . . . .	19
Wykrywanie fenolu w ściekach . . . . .	20
Otrzymywanie poliuretanów . . . . .	21
Otrzymywanie żywicy poliestrowej (polistyrenowej) . . . . .	22
Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z bromem . . . . .	22
Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera . . . . .	23
Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z odczynnikiem Tollensa . . . . .	24
Odróżnianie glukozy od fruktozy . . . . .	25
Hydroliza sacharozy i badanie produktów hydrolizy . . . . .	26
Hydroliza skrobi i badanie produktów hydrolizy . . . . .	26
Reakcja charakterystyczna skrobi . . . . .	27
Badanie produktów hydrolizy celulozy . . . . .	28
Spalanie cukru w obecności katalizatora . . . . .	29
Dehydratacja sacharozy . . . . .	30
<b>Wskazówki teoretyczne do eksperymentów</b> . . . . .	31

## Spis wideoprogramów

1. Otrzymywanie żywicy fenolowo-formaldehydowej
2. Otrzymywanie żywicy mocznikowo-formaldehydowej
3. Depolimeryzacja polimetakrylanu metylu – „szkła organicznego” i polimeryzacja otrzymanego monomeru
4. Wykrywanie fosforanów w proszkach do prania
5. Wykrywanie witaminy C w soku kiszzonej kapusty
6. Badanie zawartości aldehydu mrówkowego w dymie papierosowym
7. Wykrywanie fenolu w ściekach
8. Otrzymywanie poliuretanów
9. Otrzymywanie żywicy poliestrowej (polistyrenowej)
10. Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z bromem
11. Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera
12. Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z odczynnikiem Tollensa
13. Odróżnianie glukozy od fruktozy
14. Hydroliza sacharozy i badanie produktów hydrolizy
15. Hydroliza skrobi i badanie produktów hydrolizy
16. Reakcja charakterystyczna skrobi
17. Badanie produktów hydrolizy celulozy
18. Spalanie cukru w obecności katalizatora
19. Dehydratacja sacharozy

## Zestaw wideoprogramów do kształcenia chemicznego

Przygotowany zestaw wideoprogramów na nośniku jakim jest płyta DVD opracowano specjalnie do kształcenia chemicznego. Omawiane procesy i reakcje chemiczne mają taką obudowę metodyczną i tak dobrany komentarz aby nadawały się do realizacji na różnych poziomach edukacyjnych. Zatem wideoprogramy przedstawiające przebieg eksperymentów chemicznych i dotyczące określonych reakcji chemicznych możliwe są do wykorzystania w gimnazjum, w szkole ponadgimnazjalnej, a nawet podczas realizacji zagadnień chemicznych związanych z eksperymentem chemicznym na studiach wyższych kierunków chemicznych i niechemicznych.

Wideoprogramy wchodzące w skład zestawu mają charakter monotematyczny to znaczy, że każdy wideoprogram przedstawia jedno zagadnienie.

Dopasowane są do poziomu intelektualnego uczących się na różnych poziomach edukacyjnych w zależności od tego, w jaki sposób prowadzący zajęcia zastosuje ten środek dydaktyczny i na jakim poziomie zostanie przeprowadzona interpretacja zachodzących reakcji chemicznych i ich mechanizmów.

Zwarta struktura wideoprogramów powinna pozwolić na uniknięcie trudności związanych z wykorzystaniem filmów wielotematycznych.

Jest wiele możliwości wykorzystania przygotowanych wideoprogramów. Przewodnik metodyczny dołączony do płyty DVD powinien ułatwić nauczającemu stosowanie różnych zabiegów dydaktycznych, takich jak:

- „stop klatka” w celu przyjrzenia się np. odpowiednim elementom aparatury chemicznej lub przewidywaniu dalszego przebiegu zjawiska fizycznego lub reakcji chemicznej;
- wyłączenie komentarza lektora w celu zastąpienia go własnym komentarzem lub komentarzem uczniów;
- zastosowanie zwolnionego tempa odtwarzania filmu w celu umożliwienia obserwowania zjawisk zachodzących w sposób naturalny zbyt szybko;
- zastosowanie przyspieszonego tempa odtwarzania filmu dla umożliwienia obserwacji zjawisk, które w sposób naturalny zachodzą zbyt wolno.

Aktywizacji uczących się, korzystających z wideoprogramów może słu-

żyć zabieg polegający na zadawaniu pytań przez lektora takich, jak: „Obserwujmy, jakie zajdą zmiany?”, „Zobaczmy co się stanie?” oraz „Co się dzieje?”.

Korzystanie z zestawu wideoprogramów nie powinno stwarzać zasadniczych trudności. Wskazane jest jednak omówienie treści wideoprogramu przed lub po jego projekcji. Duża łatwość umieszczenia wideoprogramów w strukturze założonych czynności nauczyciela i uczniów powinna samostnie zapewnić spełnienie tego wymogu dydaktycznego, ponieważ wynika on z etapów procesu edukacyjnego w obrębie poszczególnych jednostek lekcyjnych.

### Wskazówki metodyczne

Przygotowując się do korzystania z wideoprogramów przez nauczającego należy znaleźć odpowiedź na podstawowe pytania dotyczące realizacji założonych celów.

Oto one:

- w którym momencie procesu edukacyjnego wideoprogram najlepiej zaabsorbują uwagę uczniów,
- czy cele stawiane przez nauczającego są odpowiednie do celów zakładanych przez wideoprogram,
- jakie wiadomości są potrzebne do zrozumienia określonego programu,
- jakich ważnych informacji powinni szukać uczący się w danym materiale,
- który fragment wideoprogramu jest wart powtórzenia, dlaczego, oraz jak to zrealizować w procesie edukacyjnym, np. w jednostce lekcyjnej,
- które sekwencje wideoprogramu można by wzbogacić za pomocą innych środków dydaktycznych, i jakich.

## **Jak upodobnić proces dydaktyczny w chemii do badania naukowego ?**

Celem nauczania chemii jest przede wszystkim rozwój intelektualny ucznia. Rozwój ten osiągnąć jest poprzez wyznaczone programem nauczania cele dydaktyczno-wychowawcze. W praktyce szkolnej pełna realizacja



tych celów jest możliwa wtedy, gdy proces dydaktyczny chemii wiązany jest z zasadą dydaktycznie uzasadnionego upodobnienia procesu nauczania chemii do badania naukowego.

Z zasady tej wynika, iż uczeń powinien odkrywać nowe dla siebie fakty, zjawiska czy prawa, wyjaśniać je, a naśladując w ten sposób badacza, będąc w kontakcie z przyrodą, uczyć się metod pracy badawczej. Wychodząc z założenia, że badawcza postawa uczniów jest pochodną procesu nauczania upodobnionego do badania naukowego, należy przyjąć założenie, iż samo upodobnienie staje się problemem dydaktycznym, który należy rozwiązać w pierwszej kolejności. Wybrane przez nauczyciela, z programu nauczania, treści nauczania chemii poznawane są przez uczniów w bezpośrednim działaniu. Do tych treści należą:

- wiedza dotycząca faktów chemicznych,
- wiedza dotycząca praw empirycznych,
- wiedza wyjaśniająca fakty chemiczne.

W opisanym modelu zasadniczego znaczenia nabiera działalność laboratoryjno-doświadczalna nauczyciela i uczniów, która podporządkowana zostaje bezpośredniemu poznaniu.

W procesie nauczania metodą badania naukowego uczeń musi cechować się pewnym zakresem umiejętności laboratoryjno-doświadczalnych, związanych z potrzebą projektowania doświadczeń. Efektywność tego nauczania zależna jest na każdym etapie upodobniania od właściwego dla danego etapu stopnia samodzielności uczniów w myśleniu i działaniu badawczym. Uczenie tym sposobem polega również na zapoznawaniu uczniów z wiadomościami o spostrzeganiu, wydawaniu sądów spostrzeżeńowych, istocie wnioskowania indukcyjnego i drodze naukowej.

Można wtedy łatwiej wykazać, iż do teorii naukowej nie zawsze prowadzi „gładki trakt” precyzyjnych wnioskowań.

W twórczym procesie badawczym występuje często olśnienie, intuicja, przypadek, lecz są one udziałem tylko tego twórcy, który systematycznie zajmuje się badaniem przyrody. Efektywne tworzenie i kształtowanie umiejętności laboratoryjno - doświadczalnych uczniów odbywa się na podstawie specjalnie do tego celu przystosowanych instrukcji laboratoryjnych doświadczeń chemicznych. Za pomocą zbioru takich instrukcji, w sposób systematyczny i we właściwym momencie, zapoznaje się ucz-

niów ze sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami. Poprzez celowe manipulowanie tekstami kolejnych instrukcji, steruje się procesem tworzenia i rozwijania umiejętności projektowania doświadczeń przez uczniów. Program kształtowania laboratoryjnych i doświadczalnych umiejętności uczniów zakodowany jest w treściach poszczególnych instrukcji doświadczeń chemicznych, a sam proces kształtowania tych umiejętności, planowy i systematyczny, realizowany jest podczas przebiegającego procesu nauczania chemii.

## **Lekcje chemii w systemie problemowym**

Największe możliwości zaangażowania się uczniów, przy ich pełnej aktywności poznawczej, w samodzielne czynności badawcze, tkwią w doświadczeniach laboratoryjnych i lekcjach typu eksperymentalnego. Ponieważ w nauczaniu chemii należy stosować doświadczenia chemiczne, trzeba więc przyjąć metodę postępowania taką, aby doświadczenia były wykorzystane wszechstronnie, aby podczas ich wykonywania uczniowie jak najwięcej wnieśli dla swego intelektu, emocjonalnego, a nawet fizycznego rozwoju, kształcąc przede wszystkim sferę umiejętności.

## **Czego oczekujemy od doświadczenia laboratoryjnego?**

Jakie warunki powinien spełniać eksperyment, aby stał się zadaniem badawczym? Z podanych wcześniej uwag na temat doświadczeń laboratoryjnych można wysnuć pewne postulaty, które w rozwinięciu przedstawiają się następująco:

Doświadczenia laboratoryjne nie mogą stanowić struktury oderwanej, mieszczącej się poza zasadniczym procesem poznawczym, lecz powinny być elementem składowym strukturalnie ujmowanych czynności badawczych. Poza sprawnością manualną doświadczenia laboratoryjne powinny kształcić sprawność intelektualną, wiążąc harmonijnie przygotowanie teoretyczne z praktycznym, pracę intelektu z pracą rąk.

Doświadczenia laboratoryjne powinny scalać doznania uczniów pochodzących z bezpośrednich kontaktów z przyrodą z szeroko pojętą wiedzą teoretyczną - modelami teoretycznymi.

Doświadczenia powinny dostarczać jak najwięcej przeżyć spostrzeżeńowych, kształtować twórcze postawy uczniów wobec nauki, przyrody i wobec naturalnego środowiska człowieka, a więc powinny służyć ich wychowaniu.

Pod względem technicznym powinny być możliwe do szybkiego i bezpiecznego wykonania przez uczniów.

Wynika stąd, iż nauczyciel przystępujący do przeprowadzenia doświadczenia na lekcji musi odpowiedzieć sobie na szczególnie dużo różnorodnych pytań, dotyczących sfery merytorycznej i metodycznej procesu edukacyjnego.

## **Pakiet wideoprogramów chemia wokół nas**

W pakiecie wideoprogramów zatytułowanym Chemia wokół nas zaprezentowanych jest wiele doświadczeń, w których produktami reakcji chemicznych są związki chemiczne przydatne człowiekowi do produkcji różnych przedmiotów użytku codziennego. Produktami tymi są żywyce, polimery i mydła.

Znaleźć tutaj też można doświadczenia prezentujące reakcje chemiczne cukrów prostych i cukrów złożonych.

Chemia wokół nas to także ciekawy zbiór eksperymentów chemicznych z zastosowaniem substancji, z którymi uczący się ma kontakt na co dzień w kuchni, w produktach spożywczych lub produktach roślinnych.

Wideoprogramy zawarte w tym zbiorze powinny ułatwić zrozumienie wielu zagadnień związanych z reakcjami charakterystycznymi cukrów prostych i złożonych oraz ich odróżnianiem, badaniem skrobi i produktów hydrolizy celulozy.

Nadają się one także do realizacji zagadnień związanych z ochroną środowiska naturalnego człowieka. Szczególną uwagę należy zwrócić na wideoprogramy ukazujące sposób wykrywania fosforanów w proszkach do prania, stwierdzania obecności witaminy C w soku kiszzonej kapusty i innych produktach, wykrywania fenolu w ściekach komunalnych oraz badania zawartości aldehydu mrówkowego w dymie papierosowym.

Zapoznanie z tradycyjnym sposobem wyrobu mydła jest przykładem ukazującym istotę procesu produkcji mydeł oraz stwarza okazję do omówienia definicji mydeł i wyszczególnienia ich rodzajów. Warto podczas wykorzystania tego programu omówić także różnice pomiędzy mydłami i detergentami oraz porównać właściwości piorące tych substancji.

Na oddzielną uwagę zasługuje program przedstawiający metodę wykrywania obecności fosforanów w proszkach do prania i związanymi z tym zagrożeniami dla środowiska naturalnego.

Wykrywanie fenolu w ściekach skłania użytkownika do zastanowienia się na metodami analitycznymi oznaczania fenolu. Podczas realizacji zagadnień związanych z zanieczyszczeniem środowiska naturalnego warto wspomnieć o problemie usuwania fenolu w ściekach i sprawnością biologicznych oczyszczalni ścieków.

Reasumując, pakiet wideoprogramów Chemia wokół nas szczególnie nadaje się do wspomagania kształcenia chemicznego z zakresu ochrony środowiska naturalnego oraz podczas omawiania substancji chemicznych mających praktyczne zastosowanie w bliskim otoczeniu człowieka.

# Instrukcje do samodzielnego wykonania eksperymentów w pracowni chemicznej

## Otrzymywanie żywicy fenolowo-formaldehydowej

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg, siatka ze spiekami ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** formalina, fenol, stężony kwas solny, stężony roztwór wodorotlenku sodu

**Opis:** Do dwóch probówek wlewamy po 2 cm<sup>3</sup> formaliny i dodajemy po 2 g fenolu. Następnie do pierwszej z nich dodajemy kilka kropel stężonego kwasu solnego, a do drugiej kilka kropel stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Probówki umieszczamy w gorącej łaźni wodnej. Obserwujemy zachodzące zmiany. Po kilku minutach badamy stan skupienia otrzymanych produktów.

### Blok kontrolny

#### Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości

Czy powstałe produkty różnią się właściwościami w zależności od środowiska przebiegu reakcji?

Jakie może mieć zastosowanie tego rodzaju żywica?

Narysować wzory strukturalne fenolu i aldehydu mrówkowego.

Podać mechanizm reakcji polimeryzacji żywicy fenolowo-formaldehydowej.

## Otrzymywanie żywicy mocznikowo-formaldehydowej

**Sprzęt laboratoryjny:** probówka, statyw do probówek, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg, siatka ze spiekami ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** mocznik, formalina, stężony kwas solny

**Opis:** Do probówki wlewamy 10 cm<sup>3</sup> formaliny. Następnie wsypujemy 5 g mocznika. Po jego rozpuszczeniu dodajemy 1 cm<sup>3</sup> stężonego roztworu kwasu solnego. Obserwujemy zachodzące zmiany.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jaki produkt pod względem fizycznym powstał w probówce?

Jaki jest stan produktu po kilku minutach?

Przedstawić mechanizm reakcji tworzenia się żywicy mocznikowo-formaldehydowej.

Narysować wzór strukturalny mocznika oraz podać naturalne źródło mocznika.

Na czym polega w chemii reakcja biuretowa?

## **Depolimeryzacja polimetakrylanu metylu – „szkła organicznego” i polimeryzacja otrzymanego monomeru**

**Sprzęt laboratoryjny:** 3 probówki, statyw metalowy, łapa metalowa, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg, siatka ze spiekem ceramicznym, palnik gazowy, korek z osadzoną w nim wygiętą rurką szklaną

**Odczynniki:** polimetakrylan metylu („szkło organiczne”), nadtlenek benzoilu, rozcieńczony roztwór manganianu(VII) potasu

**Opis:** Do probówki wrzucamy 10 g drobno pokruszonego „szkła organicznego”. Probówkę zamykamy korkiem z osadzoną w nim wygiętą rurką szklaną. Następnie probówkę ogrzewamy intensywnie płomieniem palnika gazowego, zbierając do drugiej probówki oddestylowany produkt. Ogrzewanie przerywamy po zebraniu około 2 cm<sup>3</sup> destylatu. Destylat dzielimy na dwie równe części.

W pierwszym przypadku wykonujemy próbę z rozcieńczonym roztworem manganianu(VII) potasu.

W drugim przypadku probówkę z destylatem umieszczamy w gorącej łaźni wodnej i dodajemy szczyptę nadtlenuku benzoilu. Całość ogrzewamy około 15 minut w temperaturze około 90°C. Obserwujemy zachodzące zmiany.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jakim zapachem charakteryzuje się otrzymany produkt reakcji?

Co dzieje się z roztworem manganianu(VII) potasu w obecności destylatu? O czym to świadczy?

Co dzieje się z pozostałą częścią destylatu odstawioną do łaźni wodnej?

Jaką rolę pełni dodany do destylatu nadtlenek benzoilu?

Na czym polega proces polimeryzacji?

Czym różnią się „szkło organiczne” od „szkła sodowego”?

## **Tradycyjny wyrób mydła**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 parownice, trójnóg, siatka ze spiekami ceramicznym, palnik gazowy, pudełko po zapalkach

**Odczynniki:** smalec, stężony roztwór wodorotlenku sodu, alkohol etylowy, nasycony roztwór chlorku sodu

**Opis:** W parownicy umieszczamy 7 g smalcu. Dodajemy 20 cm<sup>3</sup> stężonego roztworu wodorotlenku sodu i 5 cm<sup>3</sup> alkoholu etylowego. Parownicę z mieszaniną ostrożnie ogrzewamy. W miarę odparowywania wody dodajemy kolejne jej porcje, aby objętość reagującej mieszaniny nie ulegała zmianie. Następnie do otrzymanej kleistej masy wlewamy 15 cm<sup>3</sup> nasyconego roztworu chlorku sodu. Po dokładnym wymieszaniu całości mieszaninę odstawiamy do wystygnięcia. Zbieramy z wierzchu powstały związek chemiczny i umieszczamy go w drugiej parownicy, po czym stapiamy go. Następnie wlewamy go do pudełka po zapalkach i odstawiamy do zakrzepnięcia.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jakimi właściwościami fizycznymi charakteryzuje się nowopowstały związek chemiczny?

Jaka jest jego rozpuszczalność w wodzie?

Napisz równanie reakcji powstawania mydła sodowego.



Dlaczego w wodzie twardej mydło sodowe lub potasowe tworzy osad?  
Podać wzór chemiczny tworzącego się osadu.  
Dlaczego roztwór wodny mydła pieni się?

## Wykrywanie fosforanów w proszkach do prania

**Sprzęt laboratoryjny:** probówki, statyw z łąpą

**Odczynniki:** 5% roztwór ortofosforanu(V) amonu, 10% roztwór molibdenianu(VI) amonu, stężony kwas azotowy(V), woda amoniakalna (25% roztwór amoniaku), stężony kwas octowy, 1M roztwór chlorku baru, 2% roztwór azotanu(V) srebra, mieszanina magnezowa

**Opis:**

**Próba z molibdenianem(VI) amonu:**

Do probówki wlewamy około  $5 \text{ cm}^3$  5% roztworu ortofosforanu(V) amonu. Następnie dodajemy około  $3 \text{ cm}^3$  10% roztworu molibdenianu(VI) amonu. Roztwór zakwaszamy stężonym kwasem azotowym(V). Obserwujemy zachodzące zmiany. Na produkt reakcji chemicznej działamy wodą amoniakalną.

**Próba z chlorkiem baru:**

Do probówki wlewamy około  $5 \text{ cm}^3$  5% roztworu ortofosforanu(V) amonu. Następnie dodajemy kilka kropel 1M roztworu chlorku baru. Obserwujemy zachodzące zmiany. Na powstały produkt działamy stężonym kwasem octowym.

**Próba z azotanem(V) srebra:**

Do probówki wlewamy około  $5 \text{ cm}^3$  5% roztworu ortofosforanu(V) amonu. Następnie dodajemy do niej kilka kropel 2% roztworu azotanu(V) srebra. Obserwujemy zachodzące zmiany. Na powstały produkt działamy roztworem wody amoniakalnej.

### **Próba z mieszaniną magnezową:**

Do próbówki wlewamy około 5 cm<sup>3</sup> 5% roztworu ortofosforanu(V) amonu. Następnie dodajemy około 3 cm<sup>3</sup> roztworu mieszaniny magnezowej. Obserwujemy zachodzące zmiany. Na powstały produkt reakcji chemicznej działamy stężonym kwasem octowym.

### **Dodatkowe informacje:**

Przygotowanie mieszaniny magnezowej:

Rozpuszczamy 55 g chlorku magnezu  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  w 600 cm<sup>3</sup> wody i dodajemy 70 g chlorku amonu. Następnie dodajemy do roztworu 100 cm<sup>3</sup> 25% roztworu amoniaku (wody amoniakalnej) i rozcieńczamy roztwór wodą do objętości 1 dm<sup>3</sup>. Po upływie kilku dni roztwór należy przesączyć.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Napisać odpowiednie równania zachodzących reakcji chemicznych.

W jakim celu dodaje się do proszków piorących heksametafosforan sodu (calgon)?

Czym można zastąpić fosforany w proszkach do prania?

W jakim celu dodaje się do proszków piorących sodę kaustyczną lub węglan sodu?

Dlaczego obecność proszków do prania w ściekach przyczynia się do eutrofizacji wód, jezior i rzek?

### **Wykrywanie witaminy C w soku kiszzonej kapusty**

**Sprzęt laboratoryjny:** 3 zlewki o poj. 100 cm<sup>3</sup>, bibuła, 2 szalki Petriego

**Odczynniki:** jod, kwas askorbinowy, jeden gram, sok z kiszzonej kapusty 1:1, alkohol etylowy, toluen, woda destylowana

**Opis:** Rozpuszczamy 1 g kwasu askorbinowego w zlewce o poj. 100 cm<sup>3</sup> zawierającej wodę destylowaną. Następnie na dwa paski bibuły наносimy w odległości 1 cm od brzegu po 1 kropli: na pierwszy pasek roztwór kwa-

su askorbinowego, a na drugi roztwór soku z kiszonej kapusty 1:1. Bibułę suszymy. Następnie bibułę wkładamy do zlewki o poj. 100 cm<sup>3</sup> zawierającej mieszaninę etanolu i toluenu w stosunku 3:1. Zlewkę przykrywamy szalką Petriego. Po 5 minutach wyjmujemy paski i wkładamy do drugiej zlewki o poj. 100 cm<sup>3</sup> zawierającej jod. Zlewkę przykrywamy szalką Petriego. Po chwili na obu paskach i w tych samych miejscach pojawiają się brunatne plamy. Pozostałą część soku z kiszonej kapusty gotujemy przez 5 minut i powtarzamy próbę. Porównujemy wyniki z otrzymanymi wcześniej.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

O czym świadczą brunatne plamy, które pojawiły się na obu paskach bibuły?

W jaki sposób na zawartość kwasu askorbinowego w soku z kiszonej kapusty wpłynęło gotowanie?

Podać nazwę zwyczajową kwasu askorbinowego.

Podać wzór sumaryczny i narysować wzór strukturalny kwasu askorbinowego.

Podać ogólną zasadę rozdzielania składników mieszaniny metodą chromatografii cienkowarstwowej.

Dlaczego człowiek powinien spożywać produkty bogate w witaminę C?

Dlaczego nie należy gotować warzyw zawierających witaminę C?

Wymienić kilka warzyw i owoców zawierających witaminę C.

### **Badanie zawartości aldehydu mrówkowego w dymie papierosowym**

**Sprzęt laboratoryjny:** pompka wodna, płuczka

**Odczynniki:** papieros, roztwór odczynnika Schiffa

**Opis:** W rurce połączonej z płuczka zawierającą roztwór odczynnika Schiffa umieszczamy papieros.

Płuczkę łączymy z pompką wodną. Następnie włączamy pompkę wodną i zapalamy papieros. Przechodzący przez płuczkę dym zawiera aldehyd mrówkowy, który rozpuszcza się w wodzie powodując po kilku minutach zabarwienie się odczynnika Schiffa na fioletowo. Przeciętnie jeden papieros zawiera 40 µg aldehydu mrówkowego.

### **Dodatkowe informacje:**

Przygotowanie roztworu odczynnika Schiffa:

Odczynnik Schiffa otrzymuje się w wyniku reakcji chemicznej fuksyny z kwasem siarkowym(VI) poprzez nasycanie roztworu tlenkiem siarki(IV) (następuje odbarwienie fioletowego roztworu).

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

W jakim stanie skupienia w warunkach normalnych występuje aldehyd mrówkowy?

Co to jest formalina?

Jakie związki chemiczne są zawarte w dymie papierosowym?

Zaproponować laboratoryjną metodę otrzymywania tlenku siarki(IV).

Napisać równania reakcji otrzymywania kwasu siarkowego(IV) i kwasu siarkowego(VI) z tlenku siarki(IV).

Jaką właściwość chemiczną wykazują związki chemiczne zawierające grupę aldehydową?

### **Wykrywanie fenolu w ściekach**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek

**Odczynniki:** 0,5M roztwór chlorku żelaza(III), 1% roztwór fenolu, próbka ścieków

**Opis:** Do probówki zawierającej 1% roztwór fenolu dodajemy kilka kropeł roztworu chlorku żelaza(III).

Obserwujemy barwę roztworu.

Podobną próbę wykonujemy z próbką ścieków dodając do niej kilka kropel roztworu chlorku żelaza(III).

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Dlaczego rozcieńczony roztwór chlorku żelaza(III) po pewnym czasie mętnieje?

Z jakiego powodu fenolu nie zalicza się do alkoholi?

Dlaczego obecność fenolu w ściekach stanowi poważny problem dla oczyszczalni ścieków?

Jakie właściwości wykazuje wodny roztwór fenolu – kwasowe czy zasadowe?

Dlaczego należy chronić skórę i oczy przed bezpośrednim kontaktem z fenolem?

### **Otrzymywanie poliuretanów**

**Sprzęt laboratoryjny:** zlewka o poj. 400 cm<sup>3</sup>, bagietka szklana

**Odczynniki:** mieszanina izocyjanianów, mieszanina alkoholi wielowodorotlenowych

**Opis:** Do zlewki o poj. 400 cm<sup>3</sup> wlewamy po 20 cm<sup>3</sup> mieszaniny izocyjanianów i mieszaniny alkoholi wielowodorotlenowych. Zawartość zlewki mieszamy. Obserwujemy zachodzące zmiany. Badamy stan skupienia otrzymanego poliuretanu.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Narysować wzór ogólny wiązania uretanowego.

Jak inaczej nazywamy związki poliuretanowe?

Podać przykładowy skład mieszaniny izocyjanianów użytej w doświadczeniu.

Podać przykładowy skład alkoholi wielowodorotlenowych użytej w doświadczeniu.

Gdzie mają zastosowanie tworzywa poliuretanowe?  
Dlaczego sztywne pianki poliuretanowe są dobrymi izolatorami cieplnymi?

## Otrzymywanie żywicy poliestrowej (polistyrenowej)

**Sprzęt laboratoryjny:** zlewka o poj. 100 cm<sup>3</sup> wykonana z tworzywa sztucznego, bagietka szklana

**Odczynniki:** styren, nadtlenek benzoilu

**Opis:** W zlewce o poj. 100 cm<sup>3</sup> wykonanej z tworzywa sztucznego umieszczamy 20 g styrenu. Następnie dodajemy nadtlenek benzoilu. Całość dokładnie mieszamy. Zawartość zlewki pozostawiamy do zastygnięcia. Następnie produkt reakcji chemicznej wyjmujemy ze zlewki i obserwujemy jego stan skupienia.

### Blok kontrolny

#### Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości

Podać wzór sumaryczny i narysować wzór strukturalny styrenu.

Przedstawić mechanizm reakcji polimeryzacji styrenu.

W jakim celu dodajemy do mieszaniny nadtlenek benzoilu?

Gdzie wykorzystuje się obecnie wyroby z polistyrenu?

Czy polistyren i styropian wykonane są z takiego samego tworzywa?

Co to jest monomer?

## Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z bromem

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek

**Odczynniki:** 5% roztwór wodorowęglanu sodu, 10% roztwór glukozy, 10% roztwór fruktozy, brom

**Opis:** Do dwóch probówek wlewamy po  $2\text{ cm}^3$  5% roztworu wodorowęglanu sodu i po jednej kropli bromu. Następnie do pierwszej z nich dodajemy  $10\text{ cm}^3$  10% roztworu glukozy, a do drugiej  $10\text{ cm}^3$  10% roztworu fruktozy. Porównujemy zmiany zachodzące w obu probówkach.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jakie zmiany barwy zaszły w badanych roztworach pod wpływem dodanych monosacharydów?

Czy w obu probówkach zmiany są identyczne?

Jakie właściwości chemiczne mają badane cukry?

Czy przeprowadzona reakcja może posłużyć do odróżniania glukozy od fruktozy?

Z jakich cukrów składa się naturalny miód pszczoły?

### **Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj.  $600\text{ cm}^3$ , gumowy korek, trójnóg metalowy, siatka ze spiekem ceramicznym, palnik gazowy, woda destylowana

**Odczynniki:** 2% roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), 10% roztwór wodorotlenku sodu, 10% roztwór glukozy, 10% roztwór fruktozy

**Opis:** W probówce umieszczamy  $5\text{ cm}^3$  10% roztworu wodorotlenku sodu. Następnie dodajemy kilka kropel 2% roztworu siarczanu(VI) miedzi(II). Obserwujemy zachodzące zmiany. Następnie dodajemy  $3\text{ cm}^3$  10% roztworu glukozy i wstrząsamy zawartością probówki. Obserwujemy zmiany. Probówkę wkładamy do gorącej łaźni wodnej. Podobnie postępujemy wykonując próbę z fruktozą. Probówkę także umieszczamy w gorącej łaźni wodnej.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jaki związek chemiczny i o jakiej barwie powstaje po zalkalizowaniu roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) wodorotlenkiem sodu? Jak nazywamy powstały związek chemiczny?

Co dzieje się po dodaniu glukozy do strąconego osadu wodorotlenku i podgrzaniu powstałej mieszaniny? Jak zmieniła się barwa powstałego produktu? Podać nazwę i wzór chemiczny powstałego produktu.

Czy wynik próby wykonanej z fruktozą jest podobny do wyniku próby wykonanej z glukozą?

Czy wynik próby Trommera dla glukozy i fruktozy można wyjaśnić na podstawie budowy ich cząsteczek?

Napisać równania zachodzących reakcji chemicznych.

## **Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z odczynnikiem Tollensa**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj. 100 cm<sup>3</sup>, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg metalowy, siatka ze spiekem ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** woda amoniakalna (25% roztwór amoniaku), 4% roztwór azotanu(V) srebra, stężony roztwór wodorotlenku sodu, 10% roztwór glukozy, 10% roztwór fruktozy

**Opis:** Przygotowujemy amoniakalny roztwór azotanu(V) srebra. W tym celu wlewamy do zlewki o poj. 100 cm<sup>3</sup> 20 cm<sup>3</sup> 4% roztworu azotanu(V) srebra i parę kropel stężonego roztworu wodorotlenku sodu. Do strąconego osadu tlenku srebra w zlewce dodajemy wodę amoniakalną (25% roztwór amoniaku) do momentu jego rozpuszczenia się.

Wykonujemy próbę Tollensa. Do dwóch odtłuszczonych probówek wlewamy po 10 cm<sup>3</sup> 10% roztworu glukozy i 10% roztworu fruktozy. Następnie dodajemy do dwóch probówek po 10 cm<sup>3</sup> odczynnika Tollensa. Probówki wstawiamy do gorącej łaźni wodnej. Porównujemy otrzymane wyniki.



## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Co dzieje się z wewnętrzną powierzchnią probówki w próbie Tollensa w obecności glukozy lub fruktozy?

Czy budowa cząsteczek glukozy i fruktozy pozwala na wyjaśnienie tego zjawiska?

Napisać odpowiednie równania reakcji chemicznych.

Gdzie zastosowanie praktyczne ma omawiana reakcja chemiczna próby Tollensa?

Jaką charakterystyczną właściwość chemiczną ma azotan(V) srebra?

## **Odróżnianie glukozy od fruktozy**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj. 100 cm<sup>3</sup>, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnog metalowy, siatka ze spiekem ceramicznym, palnik gazowy, kawałki potłuczonej porcelany

**Odczynniki:** rezorcyna, stężony kwas solny, 10% roztwór glukozy, 10% roztwór fruktozy

**Opis:** Przygotowujemy roztwór rezorcyny w stężonym kwasie solnym. W tym celu w stężonym kwasie solnym rozpuszczamy 1 kryształek rezorcyny. Do jednej probówki wlewamy 2 cm<sup>3</sup> 10% roztworu glukozy, a do drugiej tyle samo 10% roztworu fruktozy. Do obu probówek wlewamy po 2 cm<sup>3</sup> świeżo przygotowanego odczynnika z rezorcyną. Następnie do probówek wrzucamy po kawałku potłuczonej porcelany i umieszczamy je w gorącej łaźni wodnej. Obserwujemy zachodzące zmiany.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Czy nastąpiła określona zmiana w probówce zawierającej glukozę?

Jaka zmiana barwy nastąpiła w probówce zawierającej fruktozę?

Czy różnice w reakcjach dla obu prób można wykorzystać do odróżniania aldoz od ketoz?

Narysować wzory strukturalne glukozy i fruktozy.

Napisać wzór strukturalny i narysować wzór sumaryczny rezorcyny.

Na podstawie wzorów strukturalnych glukozy i fruktozy wyjaśnij dlaczego można odróżnić chemicznie glukozę od fruktozy?

## **Hydroliza sacharozy i badanie produktów hydrolizy**

**Sprzęt laboratoryjny:** probówka, statyw do probówek, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg metalowy, siatka ze spiekami ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** 10% roztwór sacharozy, 10% roztwór kwasu solnego

**Opis:** W probówce umieszczamy 10 cm<sup>3</sup> 10% roztworu sacharozy i dodajemy kilka kropel 10% roztworu kwasu solnego, po czym ogrzewamy zawartość probówki w gorącej łaźni wodnej przez 10 minut. Następnie wykonujemy dla otrzymanego roztworu próbę Trommera.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jakie zmiany zaszły w probówce pod wpływem odczynnika Trommera dodanego do roztworu sacharozy z kwasem solnym?

O czym świadczy barwa powstałego produktu reakcji w próbie Trommera?

Jakiej przemianie uległa sacharoza pod wpływem kwasu solnego?

Do jakiego typu cukrów zalicza się sacharoza?

Czy sacharoza wykazuje właściwości redukujące?

## **Hydroliza skrobi i badanie produktów hydrolizy**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg metalowy, siatka ze spiekami ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** 1% roztwór skrobi, stężony kwas solny, próbka śliny

**Opis:** Do probówki zawierającej  $10\text{ cm}^3$  1% roztworu skrobi dodajemy kilka kropel stężonego kwasu solnego i ogrzewamy w gorącej łaźni wodnej przez 10 minut. Do drugiej probówki zawierającej próbkę śliny dodajemy także  $10\text{ cm}^3$  1% roztworu skrobi i wstawiamy do łaźni wodnej ogrzanej do temperatury  $40^\circ\text{C}$  na dziesięć minut. Po upływie tego czasu wykonujemy dla obu roztworów próbę Trommera. Obserwujemy wyniki.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Co dzieje się w probówce podczas próby Trommera ze skrobią?

Jaka barwa pojawia się w mieszaninie odczynnika Trommera ze skrobią z dodatkiem kwasu solnego?

Czy wynik próby Trommera z mieszaniną skrobi i śliny jest podobny do próby z kwasem solnym?

Jakim przemianom ulega skrobia pod wpływem kwasu solnego?

Jakie właściwości chemiczne ma produkt tej przemiany?

### **Reakcja charakterystyczna skrobi**

**Sprzęt laboratoryjny:** zlewka o poj.  $100\text{ cm}^3$

**Odczynniki:** 1% roztwór skrobi, roztwór jodu, woda

**Opis:** Do zlewki wlewamy  $30\text{ cm}^3$  ochłodzonego do temperatury pokojowej 1% roztworu skrobi. Następnie dodajemy kilka kropel przygotowanego wcześniej roztworu jodu. Obserwujemy zachodzące zmiany.

#### **Dodatkowe informacje:**

##### **Przygotowanie roztworu skrobi:**

Rozpuszczamy 1 g skrobi w  $15\text{ cm}^3$  wody destylowanej. Tak przygotowaną mieszaninę wlewamy do  $84\text{ cm}^3$  wrzącej wody destylowanej. Całość natychmiast dokładnie mieszamy. Roztwór jest trwały w okresie kilku dni.

### **Przygotowanie roztworu jodu:**

Rozpuszczamy 2 g jodku potasu w 15 cm<sup>3</sup> wody destylowanej. Następnie wyciśniemy 1 g jodu i mieszamy do całkowitego rozpuszczenia.

### **Blok kontrolny**

#### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jaką barwą ma roztwór skrobi w wodzie lub kleik skrobiowy?

Jakie zmiany zachodzą po dodaniu jodu do roztworu skrobi?

W jakim celu można wykorzystać obserwowane zmiany w analizie chemicznej?

Na skutek czego powstaje charakterystyczna barwa skrobi w obecności jodu?

Jak w chemii analitycznej nazywa się dział dotyczący wykorzystania jodu w oznaczeniach ilościowych?

Dlaczego roztwór skrobi należy przygotować na świeżo przed wykonaniem doświadczenia?

W jaki sposób przygotować roztwór jodu w wodzie, jeśli wiemy, że jod w wodzie się nie rozpuszcza?

### **Badanie produktów hydrolizy celulozy**

**Sprzęt laboratoryjny:** 2 probówki, statyw do probówek, zlewka o poj. 600 cm<sup>3</sup>, trójnóg metalowy, siatka ze spiekim ceramicznym, palnik gazowy

**Odczynniki:** bibuła filtracyjna, wata celulozowa, 40% roztwór kwasu siarkowego(VI), 5% roztwór wodorotlenku sodu

**Opis:** W jednej probówce umieszczamy około 1–2 g drobno pociętej bibuły filtracyjnej, a w drugiej tyle samo waty celulozowej. Następnie do probówek wlewamy 5 cm<sup>3</sup> 40% roztworu kwasu siarkowego(VI) i ogrzewamy we wrzącej łaźni wodnej przez 15 minut. Po ochłodzeniu zobojętniamy otrzymaną mieszaninę roztworem wodorotlenku sodu i wykonujemy próbę Trommera. Porównujemy wyniki obu prób.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Jaką barwę przyjmuje mieszanina celulozy z odczynnikiem Trommera po ogrzaniu?

Czy podobny jest wynik próby Trommera z celulozą poddaną wcześniej działaniu kwasu siarkowego?

Jaka w tej próbie tworzy się barwa mieszaniny? O czym to świadczy?

Jaką barwę ma tlenek miedzi(II), a jaką tlenek miedzi(I)?

Jaki produkt powstanie, jeżeli na celulozę podziała się mieszaniną stężonych kwasów: kwasu azotowego(V) i kwasu siarkowego(VI)?

## **Spalanie cukru w obecności katalizatora**

**Sprzęt laboratoryjny:** metalowe szczypce, palnik gazowy

**Odczynniki:** kostka cukru, popiół z papierosa

**Opis:** Chwytny w metalowe szczypce kostkę cukru i wkładamy do płomienia palnika gazowego. Następnie wyciągamy ją z płomienia i obserwujemy zachodzące zjawisko.

W drugiej próbie na powierzchnię tej samej lub innej kostki cukru nanosimy niewielką ilość popiołu z papierosa i wkładamy kostkę z popiołem w płomień palnika gazowego. Obserwujemy, jakie zmiany zaszły w tym przypadku.

## **Blok kontrolny**

### **Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości**

Czy cukier pali się w płomieniu palnika?

Jakie zmiany zachodzą w kostce cukru po jej wyjęciu z płomienia?

Co dzieje się z kostką cukru posypaną popiołem z papierosa i umieszczoną w płomieniu palnika?

Dlaczego w tym przypadku cukier inaczej zachowuje się w stosunku do płomienia palnika gazowego?

Jaki pierwiastek chemiczny katalizuje reakcję spalania cukru?

## Dehydratacja sacharozy

**Sprzęt laboratoryjny:** zlewka o poj. 150 cm<sup>3</sup>, bagietka szklana

**Odczynniki:** sacharoza, stężony kwas siarkowy(VI), woda

**Opis:** Do zlewki o poj. 150 cm<sup>3</sup> wsypujemy sacharozę i zwilżamy ją niewielką ilością wody. Całość dokładnie mieszamy bagietką szklaną. Następnie do wilgotnego cukru wlewamy stężony kwas siarkowy(VI) i dokładnie mieszamy bagietką. Obserwujemy po chwili zachodzące zmiany.

### Blok kontrolny

#### Pytania sprawdzające stopień opanowania wiadomości

Dlaczego cukry nazywa się węglowodanami?

Jaką barwę ma produkt powstały pod wpływem działania stężonego kwasu siarkowego(VI) na sacharozę?

Jakie właściwości fizyczne i chemiczne wykazuje w tym doświadczeniu stężony kwas siarkowy(VI)?

Dlaczego stężony kwas siarkowy(VI) stosuje się w ekzykatorach?

Dlaczego podczas rozpuszczania stężonego kwasu siarkowego(VI) w wodzie mieszanina silnie ogrzewa się?

## Wskazówki teoretyczne do eksperymentów

### Otrzymywanie żywicy fenolowo-formaldehydowej.

Pomiędzy fenolem i aldehydem mrówkowym zachodzi reakcja chemiczna, w wyniku której powstaje żywica fenolowo-formaldehydowa. W zależności od środowiska reakcji chemicznej tworzy się żywica o różnej konsystencji. W środowisku kwasu solnego i wodorotlenku sodu następuje usieciwienie, w wyniku którego tworzy się żywica.

Żywica polimerowa jest to żywica otrzymywana, podobnie jak polimery liniowe w wyniku reakcji polimeryzacji odpowiednich wyjściowych związków chemicznych zwanych monomerami.

Żywice polimerowe są zwykle mieszaniną polimerów i oligomerów liniowych, rozgałęzionych i cyklicznych o stosunkowo niewielkim stopniu polimeryzacji, od kilkunastu do kilkuset. Dzięki temu większość żywic ma konsystencję płynną lub półpłynną.

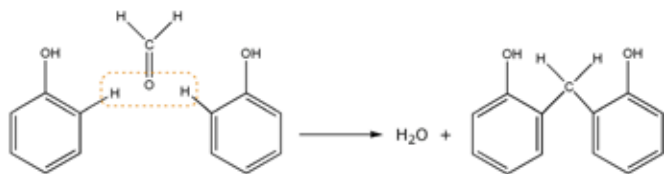
Żywice polimerowe są stosowane na dwa sposoby:

w postaci jak otrzymane, ew. po zmieszaniu z wypełniaczami jako substraty, które ulegają sieciowaniu; po zmieszaniu z odpowiednimi związkami chemicznymi zwanymi utwardzaczami zachodzi reakcja sieciowania, która prowadzi do otrzymania tworzyw sztucznych o najróżniejszych właściwości – od żeli i elastomerów po durometry.

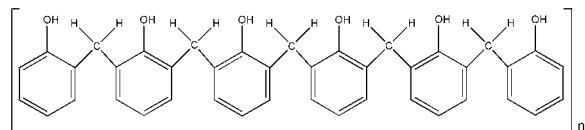
Żywice syntetyczne mają bardzo szerokie zastosowanie. Są składnikami klejów i farb. Po usieciowaniu są materiałami konstrukcyjnymi o bardzo korzystnych właściwościach mechanicznych. Wytwarza się z nich kompozyty.

Jest wiele rodzajów żywic syntetycznych – epoksydowe, poliestrowe, fenolowe, akrylowe, winylowe, poliuretanowe i wiele innych.

Tworzywa fenolowe – fenoplasty: fenol reaguje z aldehydem mrówkowym w środowisku kwasowym jak i zasadowym. Produktem reakcji chemicznej jest substancja stała zwana żywicą fenolowo-formaldehydową. Przybliżony mechanizm reakcji chemicznej jest następujący: grupa wodorotlenowa fenolu działa aktywizująco na atomy orto- i para- pierścienia aromatycznego w wyniku czego atomy wodoru w położeniu 2 i 6 pierścienia reagują z aldehydem mrówkowym, tworząc pierwsze ogniwo kondensacji:



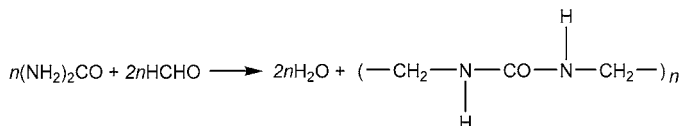
Dalszy wzrost łańcucha prowadzi do powstania makrocząsteczki o budowie:



### Otrzymywanie żywicy mocznikowo-formaldehydowej.

Żywica mocznikowo-formaldehydowa tworzy się przez polikondensację w środowisku kwasowym:

Aminoplasty używa się do impregnowania tkanin, produkcji tkanin nie gniotących się, uszlachetniania papieru, a także do wyrobu lakierów.



### Depolimeryzacja polimetakrylanu metylu – „szkła organicznego” i polimeryzacja otrzymanego monomeru.

Polimetakrylan metylu jest to bezbarwny związek chemiczny o doskonałej przezroczystości, twardy, o dużej wytrzymałości, ale zarazem kruchy, łatwo ulega zarysowaniu, jest materiałem o dobrych właściwościach mechanicznych i dielektrycznych, odpornym na działanie rozcieńczonych kwasów i zasad, benzyny, olejów i tłuszczów. Rozpuszcza się w większości rozpuszczalników organicznych, jest palny, ma niewielką odporność cieplną.

Polimetakrylan metylu znany jako „szkło organiczne” jest najczęściej wykorzystywanym w przemyśle tworzywem akrylowym. Występuje pod



nazwami handlowymi pleksiglas, metapleks. Szkło organiczne stosuje się do wyrobu nietłukących szyb, soczewek, reflektorów, artykułów gospodarstwa domowego, urządzeń sanitarnych, sztucznej biżuterii, itp.

Próbka tworzywa włożona w płomień palnika gazowego zapala się, a po wyjęciu z płomienia pali się powierzchniowo, często z trzaskającym odgłosem. Po zgaszeniu wyczuwa się charakterystyczny zapach estrowy przypominający zmywacz do paznokci.

W odniesieniu do materiałów zbudowanych z syntetycznych makromolekuł, pojęcie degradacja używane jest do określenia zmian właściwości fizycznych spowodowanych reakcjami chemicznymi, w wyniku których zachodzi rozerwanie łańcucha makromolekuły. W polimerach liniowych reakcje te powodują skrócenie łańcucha cząsteczki czyli zmniejszenie jej masy molowej. Pojęcie degradacja oznacza pogorszenie funkcjonalności materiału polimerowego. Ze względu na sposób inicjowania procesy degradacji polimerów dzielimy na degradację termiczną, mechaniczną, fotochemiczną, radiacyjną, biologiczną i chemiczną.

Degradacja termiczna zachodzi wówczas, gdy polimer pod wpływem podwyższonej temperatury zmienia swoje właściwości chemiczne. Proces ten zachodzi bez udziału czynników chemicznych. Materiały polimeryczne rzadko są chemicznie czyste, zwykle zawierają dodatkowe składniki takie jak barwniki, wypełniacze, stabilizatory itp. lub zanieczyszczenia. Te dodatkowe komponenty znajdujące się w materiale polimerycznym mogą reagować w podwyższonej temperaturze z polimerem. W efekcie trudno jest rozróżnić degradację termiczną od tzw. termo-chemicznej. Ogólnie reakcje degradacji klasyfikowane są jako jednoetapowe i łańcuchowe. W reakcjach jednoetapowych szybkość jest proporcjonalna do szybkości inicjacji. Dla reakcji łańcuchowych charakterystyczny jest samorzutny przebieg zapoczątkowanego wcześniej procesu. Oznacza to, że w wyniku zainicjowania powstają produkty zdolne do samorzutnego reagowania z kolejnymi cząsteczkami substratu. Gdy inicjowanie reakcji zachodzi w sposób ciągły wówczas szybkość całego procesu jest zwielokrotniona. Typowym procesem łańcuchowym jest autooksydacja wolnorodnikowa. Wolne rodniki powstające w reakcji inicjacji reagują szybko z tlenem czą-

steczkowym. Grupy wodoronadtlenkowe powstają na etapie propagacji. W polimerach propagacja następuje wewnątrzcząsteczkowo:

Organiczne związki chemiczne w tym również polimery wykazują stabilność przeważnie do temperatury rzędu 200°C. W temperaturze około 1000°C cząsteczki te rozpadają się na małe fragmenty typu wolne rodniki, wolne jony H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> itd. Wrażliwość termiczna substancji organicznych spowodowana jest obecnością wiązań kowalencyjnych.

Efektem zmian chemicznych zachodzących podczas ogrzewania polimerów są dwa zjawiska:

- wiązania chemiczne C-C w łańcuchu głównym lub bocznych ulegają rozerwaniu, co objawia się obniżeniem masy cząsteczkowej,
- wydzielają się niskocząsteczkowe produkty gazowe.

Polimery liniowe typu poliolefin często ulegają dekompozycji z odtworzeniem monomeru. Proces ten, przebiegający w wyższych temperaturach, nazywany jest depolimeryzacją.

Rozrywanie wiązań na drodze termicznej jest niespecyficzne. Generalnie wraz ze wzrostem temperatury wzrasta prawdopodobieństwo przerwania wszystkich typów wiązań. Powstające podczas ogrzewania polimerów rodniki rekombinują tworząc produkty ciekłe, gazowe oraz koks. Proporcje powstających produktów gazowych do koksu zależą od właściwości surowca oraz od warunków prowadzenia pirolizy. Stwierdzono, że w przypadku surowców bogatych w wodór, podczas pirolizy prowadzonej w umiarkowanej temperaturze wydajność produktów lotnych jest większa. Natomiast surowce o wyższym stopniu uwęglenia poddawane pirolizie w wyższej temperaturze dają więcej koksu a mniej produktów gazowych.

Niektóre polimery jak np. polimetakrylan metylu lub polistyren podczas ogrzewania ulegają depolimeryzacji. Można wówczas przynajmniej częściowo odzyskać monomer.

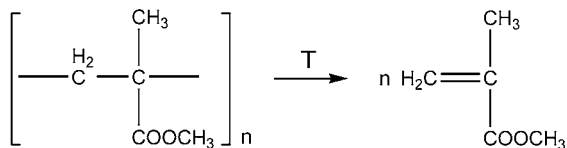
Charakterystycznym produktem spalania polimerów na bazie organicznych związków aromatycznych, zwłaszcza polistyrenu jest sadza. Stwierdzono, że znaczne ilości sadzy powstające podczas spalania polistyrenu można ograniczyć prowadząc proces w atmosferze lekko utleniającej. W zależności od ilości doprowadzanego tlenu następuje wówczas utlenia-

nie sady do CO i CO<sub>2</sub>.

Podczas spalania polimerów zawierających atomy azotu w makrocząsteczkach np. poliamidów, poliuretanów wydzielają się charakterystyczne żółte dymy utworzone przez tlenki azotu tzw. NO<sub>x</sub>.

Poważnym zagrożeniem dla życia może być HCN powstający podczas spalania poliakrylonitrylu.

Oto równanie reakcji chemicznej depolimeryzacji polimetakrylanu metylu:



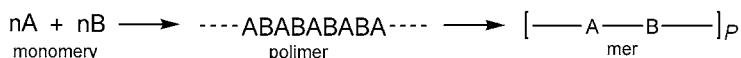
Reakcje chemiczne prowadzące do powstawania polimerów nazywa się reakcjami polimeryzacji. Są to reakcje bardzo zróżnicowane zarówno co do mechanizmu jak i kinetyki.

W literaturze fachowej funkcjonują równorzędne podziały i klasyfikacje reakcji polimeryzacji. W ostatnich latach dominującą jest klasyfikacja według mechanizmu wzrostu łańcucha na reakcje łańcuchowe i stopniowe.

Reakcje polimeryzacji łańcuchowej są typowymi reakcjami w sensie kinetycznym tzn. cząsteczka polimeru powstaje w kilku etapach. Pierwszym jest reakcja startu łańcucha kinetycznego, drugim reakcja wzrostu łańcucha i trzecim etapem reakcja zakończenia łańcucha polimerowego i kinetycznego. Po każdej reakcji wzrostu długość zdolnego do reakcji łańcucha polimerowego rośnie o jeden mer. Reakcje startu, wzrostu i zakończenia łańcucha różnią się zarówno mechanizmem jak i szybkością. Nawet przy niewielkim stopniu przereagowania w układzie reakcyjnym oprócz monomeru znajdują się już uformowane łańcuchy polimerowe o wysokim stopniu polimeryzacji.

Z kolei polimeryzacje stopniowe charakteryzują się jednym typem reakcji. Jest to reakcja wzrostu. W tym typie reakcji polimeryzacji nie ma

żadnej różnicy pomiędzy startem, wzrostem i zakończeniem łańcucha. W porównaniu do reakcji łańcuchowych polimeryzacje stopniowe będą znacznie wolniej. Łańcuchy polimerowe o wysokim stopniu polimeryzacji otrzymuje się dopiero przy bardzo wysokich stopniach konwersji. Wynika to z istoty reakcji polimeryzacji stopniowej, w której wszystkie cząsteczki monomeru łączą się kolejno w dimery następnie trimery dalej tetramery itd., aż do utworzenia wysokocząsteczkowego polimeru. Ogólnie reakcję chemiczną polimeryzacji można zapisać następująco:



gdzie: A i B są monomerami,  $P$  – stopniem polimeryzacji.

Umownie wzór polimeru zapisuje się w sposób następujący wyszukuje się w polimerze powtarzający się fragment, wpisuje się go wraz z wiązaniami łączącymi ze sobą mery w nawias kwadratowy umieszczając u dołu indeks, który nazywa się stopniem polimeryzacji.

Monomerem może być właściwie każdy związek chemiczny mający grupy funkcyjne zdolne do reagowania ze sobą. Mogą to być np. wiązania wielokrotne, lub np. grupy hydroksylowa i karboksylowa

Reakcje polimeryzacji łańcuchowej mogą przebiegać według mechanizmu rodnikowego, anionowego oraz koordynacyjnego. Rodzaj mechanizmu zależy między innymi od stosowanego inicjatora.

Ogólnie polimeryzacji łańcuchowej ulegają monomery z wiązaniem wielokrotnym (podwójnym, potrójnym) lub reagujące z otwarciem pierścienia. Do polimeryzacji stopniowych zalicza się polikondensację i poliaddycję. Najczęściej są to kopolimeryzacje ponieważ monomery biorące udział w tych reakcjach zawierają różne grupy funkcyjne. Charakterystycznym jest, że w polikondensacji obok polimeru otrzymuje się małowczątkowe produkty typu:  $H_2O$ ,  $HCl$ . W reakcji poliaddycji takie zjawisko nie występuje.

Sposób prowadzenia reakcji polimeryzacji zależy od mechanizmu reakcji. Rodnikowa polimeryzacja łańcuchowa może być prowadzona w bloku (masie), w roztworze, w wodnej suspensji (perełkowa) i w emulsji.

Polimeryzacja w bloku może mieć charakter homogeny lub heterogeny. Przebiega ona jedynie przy udziale monomeru oraz inicjatorów i ewentualnie dodatków. W metodzie tej otrzymuje się polimery o wysokich ciężarach cząsteczkowych i dużych stopniach czystości. Pewnym ograniczeniem polimeryzacji w bloku mogą być problemy techniczne z odprowadzaniem ciepła podczas reakcji. Gdy powstający polimer rozpuszcza się w monomerze wówczas polimeryzacja w bloku ma charakter homogeny. Na skalę przemysłową metodą polimeryzacji w bloku otrzymuje się polistyren, polietylen, polioctan winylu, polimetakrylan metylu (przykład polimeryzacji homogennej) i polichlorek winylu (polimeryzacja heterogenna, powstający polimer wypada z monomeru).

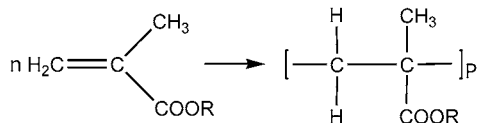
Polimeryzacja w roztworze może przebiegać w układzie homo- i heterogenym. Polimery rozpuszczalne w rozpuszczalnikach reakcyjnych stosowane są najczęściej jako lakiery, kleje i środki impregnacyjne lub też wytwarzane są z nich włókna (polioctan winylu, poliakrylany, poliakrylonitryl). Ich ciężary cząsteczkowe są niższe niż polimerów otrzymywanych metodą polimeryzacji w bloku. Heterogenna polimeryzacja w roztworze wymaga wprawdzie oddzielenia rozpuszczalnika od polimeru, ale jest to operacja prosta polegająca na filtracji i suszeniu. Przykładem takiej polimeryzacji jest np. kopolimer styrenu i bezwodnika maleinowego w benzenie.

Polimeryzacja w wodnej suspensji tzw. polimeryzacja perełkowa polega na tym, że nierozpuszczalny w wodzie monomer jest dyspergowany przez szybkie mieszanie do postaci małych kropelek zawierających rozpuszczony inicjator, który w wodzie nie jest rozpuszczalny. Występuje tutaj podobieństwo do polimeryzacji w bloku, gdyż polimeryzacja perełkowa jest w istocie polimeryzacją w dużej ilości mikrobloków. Aby zapobiec sklejanemu się perełek, których lepkość w miarę postępu reakcji rośnie, stosuje się dodatek tzw. koloidów ochronnych. Jako koloidy ochronne znajdują zastosowanie rozpuszczalne w wodzie związki wielkocząsteczkowe takie jak: żelatyna, aga, pektyny, polialkohol winylowy, oraz nierozpuszczalne w wodzie drobno zmielone minerały: siarczan baru, ziemia krzemkowa, fosforan baru i inne. W polimeryzacji perełkowej otrzymuje się polichlorek winylu, polistyren, polimetakrylany, teflony a także usieciowane kopolimery styrenu i dwuwinylobenzenu.

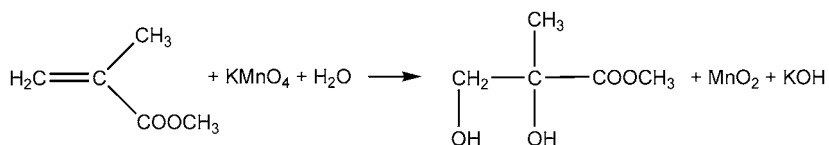
Polimeryzacja emulsyjna jest najbardziej złożoną metodą przeprowadzania polimeryzacji rodnikowej. Polega ona na emulgowaniu monomeru w wodnej emulsji. Praktycznie przeprowadza się ją w sposób następujący: do wodnego roztworu emulgatora wprowadza się nierozpuszczalny w wodzie monomer. Intensywne mieszanie powoduje powstanie wodnej emulsji monomeru o wyglądzie mleka. Następnie dodaje się rozpuszczalnego w wodzie inicjatora polimeryzacji rodnikowej, oraz związków buforowych. Rozpoczyna się polimeryzacja, której produktem jest polimero-wa emulsja wodna. Jako inicjatory stosuje się nadsiarczany sodu, potasu i amonu, nadtlenek wodoru, a także układy typu redox rozpuszczalne w wodzie. Emulgatorami mogą być alkaliczne sole kwasów palmitynowego, stearynowego i oleinowego, oraz kwasów alkilosulfonowych i alki-loarylo-sulfonowych a także alkaliczne sole półestrów kwasów ftalowego i bursztynowego z długimi alkoholami.

W polimeryzacji emulsyjnej otrzymuje się polimerowe emulsje przeznaczone do produkcji klejów, farb emulsyjnych i środków impregnujących. Opisane wyżej metody polimeryzacji stosowane są również przy reakcjach polimeryzacji przebiegających według mechanizmów nierodnikowych. Łańcuchowe polireakcje anionowe, kationowe i koordynacyjne prowadzone są zwykle w rozpuszczalniku zarówno w układzie homofazowym jak i heterofazowym. Polimeryzacje stopniowe przeprowadza się w rozpuszczalniku (otrzymywanie żywic) jak i w bloku (otrzymywanie włókien, pianek poliuretanowych).

Oto równanie reakcji chemicznej polimeryzacji metakrylanu metylu:



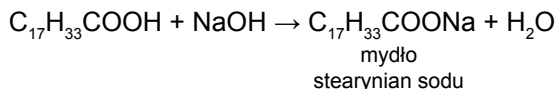
Wykonano również próbę z rozcieńczonym roztworem manganianu(VII) potasu. Oto równanie reakcji chemicznej:



### Tradycyjny wyrób mydła.

Mydła są to sole sodowe i sole potasowe wyższych kwasów tłuszczowych takich, jak: kwas palmitynowy lub kwas stearynowy. Są to nasycone kwasy tłuszczowe.

Kwas oleinowy to kwas tłuszczowy nienasycony, który ma jedno wiązanie podwójne pomiędzy 9 i 10 atomem węgla w cząsteczce

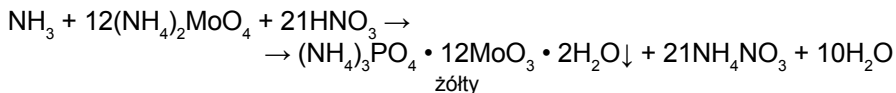


Sole wapnia i magnezu wyższych kwasów tłuszczowych noszą nazwę mydeł nierozpuszczalnych w wodzie.

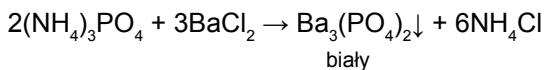
### Wykrywanie fosforanów w proszkach do prania.

Oto równania reakcji chemicznych wykrywania fosforanów za pomocą:

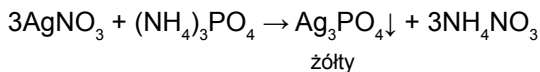
- **molibdenianu(VI) amonu**  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ :



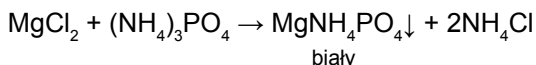
- **chlorku baru:**



- **azotanu(V) srebra:**



### - mieszaniny magnezowej:



Fosforany w proszkach do prania znajdują się w postaci ortofosforanów zwiększających właściwości piorące proszków oraz w postaci sześciometafosforanu sodu znanego pod nazwą calgon jako środek zmiękczejący wodę.

### **Wykrywanie witaminy C w soku z kiszzonej kapusty.**

Witamina C, czyli kwas askorbinowy, stanowi witaminę jedynie dla człowieka i nielicznych zwierząt: małp, świnek morskich, psów rasy dalmatyńczyk, niektórych nietoperzy oraz kilku gatunków pstrąga i łososia. Inne zwierzęta samodzielnie syntetyzują kwas askorbinowy. Pierwszy opis charakterystycznych objawów skorbutu, choroby wynikającej z długotrwałego braku witaminy C w diecie, znaleziono w papirusach pochodzących ze Starożytnego Egiptu (1550 r. p.n.e.). Przez długie wieki historii żeglarskiego i poszukiwania nowych lądów skorbut był złąchą dziesiątkującą żeglarzy. Odkryto, że przed skorbutem można się uchronić spożywając kiszonki z owoców i warzyw oraz cytrusy. Na początku XIX wieku wprowadzono we flocie angielskiej regulacje prawne nakazujące obowiązkowe podawanie marynarzom soku z cytryn.

Witamina C łatwo wchłania się z przewodu pokarmowego i szybko przenika do tkanek. Rola witaminy C polega na tym, że:

- bierze udział w reakcjach utleniania i redukcji, pełniąc funkcję przeciwutleniacza, zapobiega uszkodzeniom wolnorodnikowym,
- uczestniczy w przemianach węglowodanów i białek, jest niezbędna do tworzenia kolagenu i substancji międzykomórkowej,
- wpływa na syntezę wielu hormonów, jak adrenaliny, tyroksyny i insuliny,
- pomaga we wchłanianiu żelaza, bierze udział w syntezie hemoglobiny i powstawania krwinek czerwonych,
- zwiększa produkcję przeciwciał, wzmacniając odporność immunologiczną organizmu na infekcje,



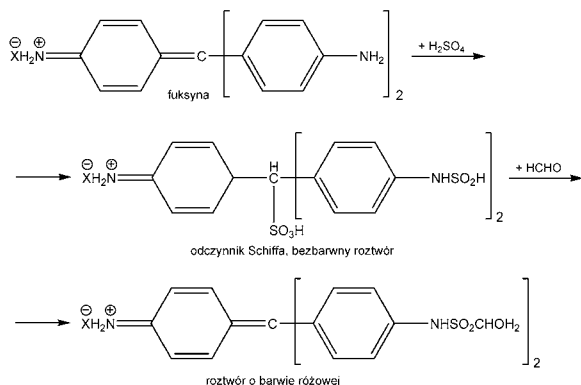
- wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi,
- przyspiesz gojenie się ran,
- działa odtruwająco, gdyż obniża aktywność wielu szkodliwych produktów przemiany materii oraz wielu alergenów.

Kwas askorbinowy jest bardzo nietrwały. Jest on wrażliwy na ogrzewanie, dlatego podczas długiego gotowania produktów spożywczych traci się znaczną ilość tej witaminy. Witaminę C traci się również podczas zamrażania oraz przechowywania produktów spożywczych na świetle. Do czynników rozkładających kwas askorbinowy zalicza się także środowisko zasadowe, tlen oraz metale, jak miedź i żelazo. Dlatego nie stosuje się w kuchni garnków miedzianych lub zanieczyszczonych tłuszczem. Znaczne straty witaminy C występują również podczas suszenia owoców i warzyw. Z wszystkich wyżej wymienionych powodów najbardziej polecane są do spożycia świeże, surowe warzywa i owoce. Nie należy unikać skórek z owoców, gdyż właśnie one zawierają szczególnie duże ilości tej witaminy.

Zastosowana metoda analityczna z wykorzystaniem pasków bibuły nosi nazwę bibułowej chromatografii cienkowarstwowej.

### Badanie zawartości aldehydu mrówkowego w dymie papierosowym.

Odczynnik Schiffa jest to wodny, bezbarwny roztwór fuksyny nasyceny tlenkiem siarki(IV). Pod wpływem aldehydu mrówkowego, zawartego w papierosach, a przechodzącego przez roztwór Schiffa, barwa roztworu zmienia się na fioletową. Oto równanie odpowiedniej reakcji chemicznej:



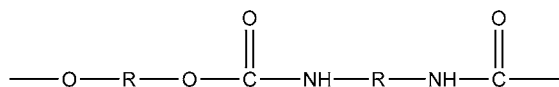
## Wykrywanie fenolu w ściekach.

Do stwierdzenia obecności fenolu, czyli hydroksybenzenu w roztworze, może posłużyć reakcja chemiczna z kationami żelaza(III)  $Fe^{3+}$ . W obecności kationów żelaza(III) tworzy się fioletowe zabarwienie.

Obecność fenolu w ściekach stanowi duży problem dla oczyszczalni ścieków zwłaszcza stosujących metodę biologiczną, ponieważ fenol ma właściwości bakteriobójcze.

## Otrzymywanie poliuretanów.

Poliuretany są wielkocząsteczkowymi związkami chemicznymi, w których powtarzającym się segmentem, złączonym z różnymi innymi ugrupowaniami, jest człon uretanowy.



Przyjęta nazwa poliuretany, określająca grupę związków chemicznych charakteryzujących się powtarzającym się w cząsteczce ugrupowaniem uretanowym nie jest określeniem ścisłym ze względu na proces ich powstawania.

## Otrzymywanie poliuretanów

Uretany można traktować jako estry kwasu karbaminowego, choć nie powstają one przez bezpośrednią estryfikację kwasu karbaminowego, gdyż kwas ten jest nietrwały i istnieje tylko w postaci soli lub estrów. Dla lepszego zobrazowania pochodzenia chemicznego grupy uretanowej posłużyć może reakcja chemiczna Wöhlera (1828 rok), który ogrzewając węglan amonu i usuwając wydzielającą się wodę otrzymał mocznik.

Jednym z najprostszych uretanów jest karbaminian etylu, czyli uretan etylu  $C_2H_5O-CO-NH_2$ . Uretan etylu oraz inne monomery nie mają zastosowania w praktyce do otrzymywania tworzyw poliuretanowych. Z tych związków prostych nie można otrzymywać tworzyw uretanowych metodą polimeryzacji. Technologiczną metodą otrzymywania poliuretanów jest reakcja addycji związków wodorotlenowych zawierających w cząsteczce

dwie lub więcej wolne grupy – OH, z dwu lub więcej funkcyjnymi izocyjanianami. Podstawą do rozwoju tworzyw poliuretanowych była reakcja Wurtza, w której otrzymywano izocyjaniany organiczne. Odkrycia Wurtza i innych badaczy doprowadziły do otrzymania różnych organicznych izocyjanianów i do opisanie wielu ich reakcji, nie znalazły jednak jeszcze przez długi okres zastosowania w praktyce. Badania te dotyczyły reakcji jednofunkcyjnych związków, a z otrzymanych produktów nie można było uzyskać związków wielocząsteczkowych.

Dopiero prawie sto lat po pierwszych odkryciach Wurtza zespół badaczy pod kierunkiem Bayera opracował reakcję chemiczną poliaddycji, prowadzącą do otrzymania związków wielocząsteczkowych, co stanowiło punkt zwrotny w rozwoju tworzyw poliuretanowych.

Bayer wychodząc z dwu funkcyjnych izocyjanianów i dwufunkcyjnych alkoholi lub amin otrzymywał na drodze addycji odpowiednie poliuretany lub polimoczniki.

Metoda opracowana przez Bayera częściowo zmodyfikowana znalazła szerokie zastosowanie do otrzymywania różnego rodzaju tworzyw poliuretanowych. Reakcje grupy izocyjanianowej z wodorotlenową lub aminową były znane od dość dawna, długi czas wykorzystywano je jednak do otrzymywania monomerów. Reakcja opracowana przez Bayera w technologii otrzymywania wielocząsteczkowych substancji jest reakcją poliaddycji izocyjanianowej, która prowadzi do otrzymania tworzyw poliuretanowych, jeśli dwuizocyjanian reaguje ze związkiem zawierającym dwie alkoholowe grupy w cząsteczce. W przypadku zastosowania substancji o innych grupach reaktywnych otrzymano inne związki, np. w przypadku użycia dwuamin produktami reakcji poliaddycji będą polimoczniki, które odgrywają dużą rolę w dziedzinie tworzyw sztucznych.

Izocyjanianowa reakcja poliaddycji nie ogranicza się do tworzenia poliuretanów, czyli polimoczników z alkoholem i aminami. Izocyjaniany reagują z wieloma innymi ugrupowaniami. Praktycznie wszystkie grupy zawierające czynny wodór wchodzi w reakcję z izocyjanianami. Do związków reagujących łatwo z izocyjanianami należą więc alkohole, aminy, kwasy, woda, moczniki i wiele innych.

Przykładem prostej poliaddycji jest reakcja glikoli z dwuizocyanianami. W tym przypadku, ponieważ oba człony są dwufunkcyjne, produktem reakcji będzie poliuretan liniowy.

### **Właściwości poliuretanów.**

Ogólną własnością, która charakteryzuje poliuretany, jest specjalna odporność na działanie wody i czynników atmosferycznych, bardzo dobra odporność na oleje, smary, na rozpuszczalniki organiczne, rozcieńczone kwasy i zasady. Kleje poliuretanowe odznaczają się również dobrą przyczepnością do większości materiałów, przy czym nadawać można im żadaną elastyczność. Są więc niezastąpione do sklejania elastycznych pianek z tkaniną. Powłoki ochronne odznaczają się doskonałą przyczepnością do podłoża, odpornością na zadrapanie i urazy mechaniczne, a lakiery mające bardzo silny połysk łatwo można zabarwiać pigmentami. Odporne są przy tym na działanie czynników chemicznych i olejów, a ze względu na wysoką stałą dielektryczną wykorzystywane są do powłok izolacyjnych. Elastomery poliuretanowe wykazują znacznie lepszą wytrzymałość mechaniczną niż kauzuki oraz wyższe są ich wskaźniki elastyczności i wydłużenia.

Istnieje ścisła zależność między budową cząsteczki polimeru a jego właściwościami fizykochemicznymi i chemicznymi. Do czynników, które decydująco wpływają na własności polimeru zaliczany jest ciężar cząsteczkowy i kształt cząsteczki, siły wiążące atomy w cząsteczkę, siły międzycząsteczkowe, sztywność łańcuchów lub zdolność do rotacji jego segmentów oraz usieciowanie łańcuchów.

Wraz ze wzrostem ciężaru cząsteczkowego poliuretanu maleje jego zdolność rozpuszczania się, a rośnie temperatura topnienia, wytrzymałość, elastyczność oraz twardość. Nieco inna zależność występuje między temperaturą topnienia, a wielkością meru. Dla poliuretanów, polimoczników i poliamidów ze wzrostem wielkości meru następuje obniżenie temperatury topnienia. W tym przypadku temperatura topnienia, a także inne własności (wytrzymałość mechaniczna, twardość, rozpuszczalność) uzależnione są od działania sił międzycząsteczkowych. Ewentualna obecność krystalitów również podwyższa twardość, wytrzymałość i temperaturę topnienia polimeru, zmniejszając jego rozpuszczalność, elastyczność, sprę-

żystość oraz rozciągliwość. Podobnie wpływa usieciowanie łańcuchów za pomocą wiązań głównych.

Różne grupy chemiczne wbudowane w cząsteczkę poliuretanu mogą wpływać na jego budowę przestrzenną i strukturę fizyczną. Na przykład z grupą eterową wprowadza się w łańcuch poliuretanu wiązanie bardziej swobodne, tak że grupa atomów może łatwiej wykonywać ruchy wokół tego wiązania. Swoboda obrotu grupy atomów wokół wiązania eterowego zwiększa ruchliwość części cząsteczki, co z kolei jest powodem większej elastyczności poliuretanu.

Produktami wyjściowymi dla poliuretanów są przeważnie glikole, poliestry, polietyry z grupami wodorotlenowymi w cząsteczce oraz dwuizocyjaniany.

Bayer jako pierwszy badał zależność wpływu budowy izocyjanianu na własności powstałego z niego poliuretanu. Badał m. in. zależność temperatury topnienia poliuretanu od liczby atomów węgla dwuizocyjanianu alifatycznego.

Temperatura topnienia poliuretanów obniża się wraz ze wzrostem długości cząsteczki izocyjanianu. Poliuretany otrzymywane z dwuizocyjanianów o parzystej liczbie atomów węgla w cząsteczce mają znacznie wyższą temperaturę topnienia niż poliuretany otrzymane z dwuizocyjanianów o liczbie nieparzystej. Zaobserwowana nieregularność wiąże się ze zjawiskiem, tzw. dopasowania geometrycznego cząsteczek. Dwuizocyjaniany z parzystą liczbą atomów węgla tworzą postać przestrzenną, w której występują większe siły międzycząsteczkowe.

Budowa drugiego podstawowego komponentu poliuretanów – glikoli podobnie wpływa na ich własności. Długość łańcucha glikolu powoduje obniżenie temperatury topnienia i zwiększenie elastyczności otrzymanego polimeru. Wprowadzenie pierścienia aromatycznego wpływa na usztywnienie struktury, zwiększenie twardości i mechanicznych własności poliuretanów. Wprowadzenie grupy eterowej powoduje odwrotny skutek, obniża temperaturę topnienia, zmniejsza wytrzymałość mechaniczną oraz

zwiększa elastyczność. Podobne efekty uzyskuje się przez zmniejszenie symetryczności cząsteczek, np. przez rozgałęzienie łańcucha. Ważną właściwością poliuretanów jest stopień usieciowania polimeru. Występuje ścisła zależność pomiędzy stopniem usieciowania a wydłużeniem łańcucha. Im wyższy stopień usieciowania, czyli im mniejszy ciężar części cząsteczki przypadającej na jedno wiązanie sieciujące, tym mniejszą zdolność wydłużenia maksymalnego można zaobserwować. Nieco inaczej zmieniają się takie własności, jak wytrzymałość na rozciąganie, współczynnik wydłużenia 100%, czy twardość polimeru.

Podsumowując należy podkreślić, że największy wpływ na własności poliuretanów ma długość łańcucha cząsteczki i siły międzycząsteczkowe. Przez wzmocnienie lub osłabienie sił między cząsteczkowych można uzyskać odpowiednie własności poliuretanu. Symetryczna budowa, upakowanie łańcuchów, orientacja cząsteczek, duży stopień usieciowania wpływają na zwiększenie działania sił zespalających cząsteczki. Obecność grup takich jak np. eterowa powoduje asymetryczność budowy cząsteczki, rozgałęzienia łańcuchów, nieuporządkowane ułożenie cząsteczek oraz osłabienie sił międzycząsteczkowych.

Oprócz wymienionych czynników chemicznych na własności poliuretanów mają wpływ inne czynniki, np. warunki syntezy, temperatura, sposób dodawania komponentów, stosowanie katalizatorów oraz struktura komponentów.

### **Zastosowanie poliuretanów.**

Poliuretany, spośród wielu rodzajów polimerów, otrzymywanych w ostatnich dziesiętkach lat, znalazły szerokie zastosowanie we wszystkich dziedzinach techniki i gospodarki. O wielkiej roli tych tworzyw świadczy wszechstronność ich wykorzystania. Z poliuretanów wyrabia się różnego rodzaju materiały: pianki sztywne używane w budownictwie, przemyśle okrętowym i lotniczym, jako elementy wzmacniające i wypełniające różne konstrukcje, np. sklejenia, obramowania drzwi, okien, jako elementy izolacji cieplnej i akustycznej, pianki elastyczne, z których wyrabia się materace, laminaty odzieżowe powstające ze sklejenia pianki poliuretanowej z tkaniną za pomocą kleju najczęściej poliuretanowego. Opony

samochodowe z poliuretanów odznaczają się znacznie większą odpornością i wytrzymałością na tarcie w porównaniu z oponami wyrabianymi z kauczuków syntetycznych.

Inna dziedzina zastosowania poliuretanów to powłoki ochronne, na metale, drewno oraz betony. Wielkie zbiorniki na chemikalia produkowane są obecnie z blachy lub betonu i pokrywane wewnątrz powłoką poliuretanową, odporną na działanie czynników atmosferycznych atmosferycznych i chemicznych. Rozpowszechniona jest produkcja lakierów na drewno, skórę, gumę, papier oraz lakierów izolacyjnych dla przewodów elektrycznych. Znane są kleje poliuretanowe, dające dużą wytrzymałość złącza i odznaczające się dobrą adhezją do metali, drewna, tkanin, gumy i różnych rodzajów laminatów. Ponadto ten rodzaj tworzyw znalazł zastosowanie do uszlachetnienia tkanin, skóry, w przemyśle farmaceutycznym, w rolnictwie do produkcji środków ochrony roślin, jako paliwo rakietowe a nawet w gospodarstwie domowym. Elastomery poliuretanowe ze względu na dużą wytrzymałość na obciążenie znalazły zastosowanie w wyrobieniu kół dla transportowych wózków przemysłowych, przewożących znaczne ciężary. Z tych samych względów elastomery stosowane są do wyrobu pasów napędowych o dużej wytrzymałości, zarówno do maszyn przemysłowych jak i sprzętu domowego, tj. pralek, zmywarek, a także magnetofonów itp. Elastomery poliuretanowe znajdują także duże zastosowanie w przemyśle obuwniczym do wyrobu obcasów obcasów podszew obuwnych. Znalazły też zastosowanie do wyrobu wałków drukarskich, części pomp, szczególnie jako membrany w pompach przeznaczonych do mas gęstych. gęstych elastomerów produkuje się części pomp tłoczących oleje, detale maszynowe i uszczelki dla przewodów mających kontakt z olejami. Elastomery o dużej twardości, a zarazem elastyczności stosowane są jako tłumiki wstrząsów i wibracji. Stosuje się je jako podkłady do różnego rodzaju maszyn, jako uchwyty do młotów pneumatycznych. W przemyśle elektrotechnicznym stosuje się elastomery na powłoki kabli izolujące oraz zabezpieczające kable przed korozją i uszkodzeniami. Do impregnowania różnych tworzyw, włókien, papieru, metali używa się elastomerów elastomerów postaci cieczy.

Poliuretany wkroczyły także w dziedzinę produkcji materiałów zastępują-

cych skórę tak, że obecnie duży procent sztucznych skór przeznaczanych na obuwie, podeszwy oraz na wyroby galanteryjne i odzieżowe produkowanych jest z poliuretanów lub z ich udziałem. Sztuczne skóry produkowane z poliuretanów wykazują wiele zalet; pod względem niektórych własności przewyższają nawet skórę naturalną. Znana jest ich odporność mechaniczna, odporność na ścieranie, pranie, działanie czynników atmosferycznych atmosferycznych rozpuszczalników.

Poliuretany stosowane są obecnie bardzo szeroko do powlekania różnego rodzaju tkanin, szczególnie tkanin poliestrowych poliamidowych, ze względu na wysoką przyczepność związków poliuretanowych do większości materiałów.

### **Otrzymywanie żywicy poliestrowej (polistyrenowej).**

Tworzywa sztuczne polimeryzacyjne powstają w reakcji polimeryzacji. Reakcją polimeryzacji nazywamy proces łączenia się cząsteczek monomeru w reakcji łańcuchowej bez wydzielenia produktu ubocznego.

Monomerami ulegającymi polimeryzacji są przede wszystkim związki zawierające wiązania wielokrotne (podwójne lub potrójne) oraz związki cykliczne o nietrwałej budowie pierścieniowej (tlenki alkilenów, laktony, laktamy, bezwodniki).

W reakcji polimeryzacji można wyróżnić trzy podstawowe etapy:

- inicjowanie
- wzrost łańcucha
- zakończenie

Zależnie od sposobu inicjowania reakcji odróżnia się polimeryzację rodnikową i jonową.

Mechanizm polimeryzacji rodnikowej obejmuje reakcje addycji wolnych rodników do podwójnego wiązania w cząsteczce monomeru. Reakcja przebiega etapami:

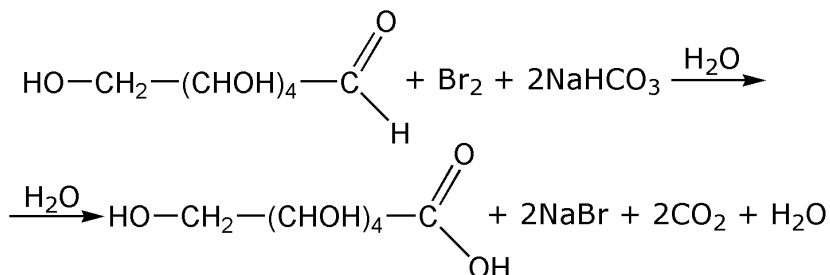
- inicjowanie łańcucha,
- etap wzrostu łańcucha,
- etap zakończenia łańcucha.

Inicjatorem najczęściej są małe ilości nadtlenu benzoilu.



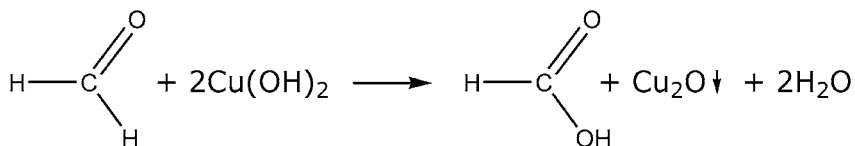
### Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z bromem.

W celu odróżnienia glukozy od fruktozy można przeprowadzić reakcję chemiczną z bromem w obecności wodorowęglanu sodu, którego funkcja polega na utrzymywaniu słabo zasadowego odczynu mieszaniny reakcyjnej. Glukoza utlenia się w tych warunkach do kwasu glukonowego, a fruktoza, nie zawierająca grupy aldehydowej, reakcji tej nie ulega.



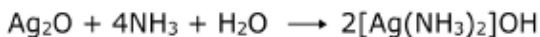
### Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z wodorotlenkiem miedzi(II) – próba Trommera.

Roztwór glukozy rozpuszcza wodorotlenek miedzi(II) podobnie jak czynią to alkohole wielowodorotlenowe. Potwierdza to obecność w cząsteczce glukozy wielu grup wodorotlenowych. Glukoza wykazuje właściwości redukujące, dając pozytywny wynik próby Trommera, co można powiązać z obecnością w jej cząsteczce grupy aldehydowej. Fruktoza, jak można było tego oczekiwać, także tworzy rozpuszczalne związki kompleksowe z wodorotlenkiem miedzi(II) oraz co jest zjawiskiem zaskakującym, daje pozytywny wynik próby Trommera. Jest więc także związkiem chemicznym redukującym, mimo że nie zawiera grupy aldehydowej. Dlaczego tak się dzieje? Badania wykazały, że zdolność do redukcji odczynnika Trommera i Tollensa mają nie tylko aldehydy, ale i  $\alpha$ -hydroksyketony, czyli związki chemiczne zawierające ugrupowanie  $-\text{CO}-\text{CHOH}-$ . Ponieważ wszystkie monosacharydy zawierają albo grupę aldehydową albo ugrupowanie  $\alpha$ -hydroksyketonowe, nie można wykorzystać prób Trommera i Tollensa dla odróżnienia aldoz od ketoz.



### Reakcja chemiczna glukozy i fruktozy z odczynnikiem Tollensa.

Glukoza wykazuje właściwości redukujące, dając pozytywny wynik próby Tollensa, co można powiązać z obecnością w jej cząsteczce grupy aldehydowej. Fruktosa jest także związkiem chemicznym redukującym, mimo że nie zawiera grupy aldehydowej. Dlaczego tak się dzieje? Badania wykazały, że zdolność do redukcji odczynników Trommera i Tollensa mają nie tylko aldehydy, ale i  $\alpha$ -hydroksyketony, czyli związki chemiczne zawierające ugrupowanie  $-\text{CO}-\text{CHOH}-$ . Ponieważ wszystkie monosacharydy zawierają albo grupę aldehydową albo ugrupowanie  $\alpha$ -hydroksyketonowe, nie można wykorzystać prób Trommera i Tollensa dla odróżnienia aldoz od ketoz.



### Odróżnianie glukozy od fruktozy.

Reakcja chemiczna z rezorcyną (1,3-dihydroksybenzenem) może służyć do odróżniania glukozy od fruktozy. W obecności rezorcyny fruktoza daje czerwone zabarwienie roztworu. Efekt ten nie występuje w przypadku glikozy.

### Hydroliza sacharozy i badanie produktów hydrolizy.

Sacharoza należy do cukrów złożonych, disacharydów. Roztwór sacharo-

zy nie wykazuje właściwości redukujących i nie daje pozytywnego wyniku reakcji chemicznej w próbie Tollensa lub Trommera, gdyż nie zawiera wolnego ugrupowania aldehydowego, które odpowiada za właściwości redukujące. Po hydrolizie kwasowej sacharozy. Po hydrolizie kwasowej sacharozy uzyskuje się pozytywny wynik próby Trommera tzn. podczas ogrzewania zhydrolizowanej sacharozy z odczynnikiem Trommera tworzy się osad o barwie ceglastoczerwonej. Barwa ta pochodzi od powstałego tlenku miedzi(I)  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

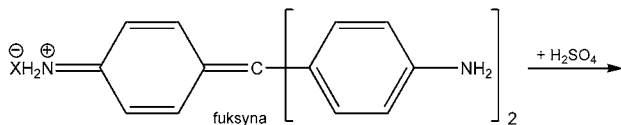
W wyniku ogrzewania sacharozy z kwasem solnym następuje hydroliza jej cząsteczek z utworzeniem cukrów prostych – glikozy i fruktozy.

### Hydroliza skrobi i badanie produktów hydrolizy.

Skrobia jest cukrem złożonym. W wyniku hydrolizy kwasowej lub pod wpływem odpowiednich enzymów (np. zawartych w ślinie ludzkiej) ulega ona jednak rozpadowi z utworzeniem cząsteczek cukrów prostych, tj. glikozy. Dlatego próba Trommera z produktami hydrolizy skrobi daje wynik dodatni. Powstaje czerwono-pomarańczowy tlenek miedzi(I)  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Skrobia jest białą bezpostaciową substancją, bez smaku i zapachu, nierozpuszczalną w zimnej wodzie. W gorącej wodzie skrobia tworzy roztwór koloidowy, zwany kleikiem skrobiowym, ulegający zżelowaniu po ochłodzeniu. Zjawisko to wykorzystuje się do wyrobu kisielu i budyniów. Skrobia nie jest cukrem redukującym. Wynik próby Trommera dla skrobi jest ujemny. Ugrupowania hemiacetalowe znajduje się w cząsteczkach skrobi tylko na jednym z końców łańcucha, co wobec jego długości nie może wpływać istotnie na właściwości skrobi.

Skrobia ogrzewana z roztworami mocnych kwasów ulega hydrolizie dając jako produkt finalny glukozę:



Tę reakcję chemiczną stosuje się produkując sztuczny miód i syrop uży-

wany do celów cukierniczych. Hydroliza skrobi zachodzi także łatwo pod wpływem enzymów np. ptialiny zawartej w ślinie. Dzięki temu skrobi jest przyswajana przez organizmy zwierzęce. Reakcją charakterystyczną skrobi umożliwiającą jej wykrywanie jest ciemnogniatowe zabarwienie z roztworem jodu. Można w ten sposób wykryć np. zafałszowanie śmietany mąką.

### **Reakcja charakterystyczna skrobi.**

Skrobia w obecności jodu zabarwia się na kolor ciemnoniebieski. Taką barwę ma związek chemiczny kompleksowy powstały w reakcji chemicznej jodu ze skrobią. Tę reakcję chemiczną wykorzystuje się w analizie chemicznej, w której roztwór skrobi pełni funkcję wskaźnika.

### **Badanie produktów hydrolizy celulozy.**

Celuloza jest substancją chemiczną o budowie włóknistej, nierozpuszczalną w wodzie oraz rozpuszczalnikach organicznych. Nie wykazuje właściwości redukujących. W doświadczeniu celuloza uległa procesowi hydrolizy do glukozy, dlatego uzyskano pozytywny wynik próby Trommera w przypadku produktów hydrolizy bibuły filtracyjnej i waty celulozowej.

### **Spalanie cukru w obecności katalizatora.**

Cukier – sacharoza pod wpływem płomienia palnika gazowego nie ulega spalaniu, natomiast topi się i zwęglą. Jeżeli jednak na powierzchnię kostki cukru naniesie się próbkę popiołu z papierosa lub inny związek chemiczny potasu, to po wprowadzeniu jej do płomienia palnika gazowego kostka pali się niebiesko-żółtym płomieniem. Dlaczego tak się dzieje? Reakcję chemiczną spalania cukru katalizuje potas, który zawarty jest w popiele z papierosa. Potas pełni funkcję katalizatora.

### **Dehydratacja sacharozy.**

Stężony kwas siarkowy(VI) ma silne właściwości higroskopijne. W kontakcie z sacharozą, która jest cukrem, czyli węglowodanem (związkiem

chemicznym zbudowanym z atomów węgla i wody), stężony kwas zabiera cząsteczkom cukru wodę, w wyniku czego cukier ulega zwęgleniu i utlenia się do tlenku węgla(IV). Wydostające się, w tym egzotermicznym procesie fizycznym, para wodna i tlenek węgla(IV) spulchniają całą masę, w efekcie czego tworzy się narastający czarny słup zwęglonego cukru.