

MATERIAŁY
INSTRUKTAŻOWE
DLA STUDENTÓW
PRZEDMIOTÓW
PRZYRODNICZYCH



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Materiały instruktażowe przygotowane ze środków projektu:
„Nowoczesne strategie wielostronnego przygotowania studentów
do zawodu nauczyciela, wspomagane internetowym systemem kształcenia.

Przyroda w praktyce szkolnej.”

POKL 03.03.02-00-006/11

MATERIAŁY
INSTRUKTAŻOWE
DLA STUDENTÓW
PRZEDMIOTÓW
PRZYRODNICZYCH

UNIwersytet im. Adama Mickiewicza
Poznań 2014

Autorzy:

Piotr Jagodziński Robert Wolski

Materiały instruktażowe dla studentów
przedmiotów przyrodniczych

Projekt okładki:

Robert Wolski Piotr Jagodziński

Spis treści

1. Laboratorium przyrodnicze w świetle przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy	12
1.1. Oznaczenia odczynników chemicznych ze względu na niebezpieczeństwo	13
1.2. Informacje o rodzaju niebezpieczeństwa (zagrożenia)	21
1.2.1. Kombinacje symboli i opisów	23
1.3. Wybrane porady związane z bezpieczeństwem w pracowni przyrodniczej	26
1.3.1. Kombinacje symboli i opisów dotyczących porad bezpieczeństwa	28
2. Bezpieczna praca w laboratorium przyrodniczym	32
2.1. Odzież ochronna w laboratorium przyrodniczym	32
2.2. Przeciwdziałanie powstawaniu ładunków elektrostatycznych w laboratorium przyrodniczym	32
2.3. Przenoszenie narażonych na rozbitcie naczyń z odczynnikami chemicznymi	33
2.4. Ogrzewanie	33
2.5. Chłodzenie	34
2.6. Destylacja	34
2.7. Ekstrakcja	35
2.8. Praca z substancjami wybuchowymi	35
2.9. Praca z rtęcią	36
2.10. Bezpieczne przechowywanie odczynników chemicznych	36
2.10.1. Odczynniki wrażliwe na wilgoć	36
2.10.2. Odczynniki ulegające utlenieniu	37
2.10.3. Odczynniki wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza w laboratorium	37
2.10.4. Odczynniki wrażliwe na polimeryzację	37
2.10.5. Odczynniki wrażliwe na temperaturę	37
2.10.6. Sole zawierające wodę krystalizacyjną	37
2.10.7. Odczynniki łatwo tworzące dymy (opary)	37
3. Odpady laboratoryjne i ich utylizacja	40
3.1. Magazynowanie odpadów	40
3.2. Neutralizacja i utylizacja odpadów	41
4. Zachowanie się w laboratorium przyrodniczym w nagłych wypadkach	48
4.1. Pożar	48
4.2. Porażenia prądem elektrycznym	49
4.3. Oparzenia	49
4.3.1. Oparzenia suche	49
4.3.2. Oparzenia stężonymi kwasami	49
4.3.3. Oparzenia stężonymi zasadami	51
4.3.4. Oparzenia stopionym sodem	51
4.3.5. Oparzenia fosforem białym	51
4.3.6. Oparzenia bromem	51
4.3.7. Oparzenia fenolem i jego pochodnymi	51
4.3.8. Kontakt innych niebezpiecznych substancji ze skórą	52
4.3.9. Kontakt niebezpiecznej substancji z okiem	52

5. Apteczka pierwszej pomocy medycznej w laboratorium przyrodniczym	54
5.1. Środki opatrunkowe	54
5.2. Drobnny sprzęt	54
5.3. Roztwory	54
5.4. Leki oraz inne środki pomocnicze	54
6. Eksperymenty w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych	58
6.1. Rola eksperymentów na lekcjach przedmiotów przyrodniczych	58
6.2. Rodzaje doświadczeń chemicznych i ich funkcje dydaktyczne	63
6.3. Charakterystyka zabiegów dydaktycznych prowadzących do rozwiązywania zadań problemowych za pomocą eksperymentu	68
6.3.1. Funkcje eksperymentu w procesie rozwiązywania zadań problemowych	68
6.4. Schemat eksperymentalnego rozwiązywania zadań problemowych	69
6.4.1. Eksperyment i metoda eksperymentalna w rozwiązywaniu problemów	71
6.4.2. Jak upodobnić proces dydaktyczny do badania naukowego ?	73
6.4.3. Lekcje przyrody w systemie problemowym	75
6.4.4. Czego oczekujemy od doświadczenia laboratoryjnego?	76
6.4.5. Przewidywanie, a doświadczenie laboratoryjne	76
6.4.6. Struktury problemowych zadań laboratoryjnych	78
7. Podstawowe zasady nomenklatury związków chemicznych	80
7.1. Nazwy i symbole pierwiastków chemicznych	80
7.2. Przedrostki zwielokrotniające i przedrostki strukturalne w nazwach związków chemicznych	81
8. Nazwy systematyczne związków chemicznych	84
8.1. Nazewnictwo tlenków w systemie Stocka	85
8.2. Nazewnictwo anionów	85
9. Nazewnictwo kwasów	88
10. Nazewnictwo wodorotlenków	92
10.1. Tworzenie nazw systematycznych wodorotlenków	92
11. Nazewnictwo soli	94
11.1. Nazewnictwo soli beztlenowych	94
11.2. Nazewnictwo soli w systemie Stocka	94
11.3. Nazewnictwo soli zawierających anion oksokwasu - sole tlenowe	94
11.4. Wodorosole	95
11.5. Hydroksosole	95
11.6. Oksosole	95
11.7. Sole podwójne	96
12. Podwójne wodorotlenki i tlenki	98
13. Podwójne tlenki	100
14. Wodorki	102
14.1. Nazewnictwo wodorków	102

15. Przykłady nazewnictwa wybranych grup związków organicznych	104
15.1. Alkany, czyli nasycone węglowodory o budowie łańcuchowej	104
15.2. Nazewnictwo alkanów	105
16. Nienasycone węglowodory łańcuchowe.	110
16.1. Węglowodory z jednym wiązaniem podwójnym - alkeny	110
16.2. Węglowodory z dwoma wiązaniami podwójnymi w cząsteczce - alkadieny. . . .	111
16.3. Węglowodory łańcuchowe zawierające jedno wiązanie potrójne - alkiny.	111
17. Monocykliczne węglowodory aromatyczne - areny.	114
18. Zasady tworzenia nazw związków organicznych z grupami funkcyjnymi.	118
19. Fluorowc pochodne	122
20. Aminy	126
20.1. Nazewnictwo amin pierwszorzędowych	126
20.2. Diaminy	127
20.3. Aminy drugorzędowe	128
20.4. Aminy trzeciorzędowe	128
21. Alkohole	132
21.1. Nazewnictwo alkoholi	132
21.2. Alkohole wielowodorotlenowe i ich nazwy.	134
21.3. Alkohole nienasycone i ich nazwy.	135
22. Fenole	138
22.1. Fenole jednowodorotlenowe.	138
22.2. Fenole wielowodorotlenowe.	138
23. Aldehydy.	142
24. Ketony.	146
24.1. Ketony łańcuchowe czyli o podstawnikach łańcuchowych	146
25. Kwasy karboksylowe.	148
25.1. Kwasy karboksylowe łańcuchowe	148
25.1.1. Nasycone kwasy łańcuchowe jednokarboksylowe.	148
25.1.2. Nienasycone kwasy łańcuchowe jednokarboksylowe.	149
26. Sprzęt i techniki pracy laboratoryjnej.	152
26.1. Podstawowy sprzęt laboratoryjny	153
26.2. Podstawowe czynności podczas prac laboratoryjnych	166
27. Ogólne cele nauczania przedmiotów przyrodniczych	182
27.1. Ocenianie uczniów	182
29. Bibliografia.	184

**Laboratorium przyrodnicze
w świetle przepisów
bezpieczeństwa
i higieny pracy**

1. Laboratorium przyrodnicze w świetle przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy

Praca w laboratorium, ciekawa i frapująca, jest jednak związana z określonym niebezpieczeństwem i zagrożeniem zarówno dla eksperymentatora, jak i otoczenia. Zagrożenie to można w znacznym stopniu zredukować. Wymaga to rozsądku, określonej wiedzy, umiejętności eksperymentowania oraz odpowiedniego wyposażenia.

Każde laboratorium powinno być zaopatrzone w środki zapewniające bezpieczeństwo osobom w nim pracującym. Do wyposażenia zapewniającego bezpieczeństwo należą: dobrze działające wyciągi, ekrany ochronne, okulary ochronne, rękawice i fartuchy ochronne, maski przeciwgazowe i respiratory, gaśnice, koce gaśnicze, piasek gaśniczy, ewentualnie hydranty przeciwpożarowe i urządzenia zraszające, apteczka pierwszej pomocy oraz naczynie (kieliszek) do płukania oczu. Wyjścia ewakuacyjne powinny być wyraźnie oznaczone, a przy najbliższym aparacie telefonicznym wywieszono numery telefonów pogotowia ratunkowego i straży pożarnej. Każda osoba podejmująca pracę w laboratorium powinna dokładnie zapoznać się z wyposażeniem zapewniającym bezpieczeństwo oraz z zasadami zachowania się podczas ewentualnych wypadków. Należy także przestudiować instrukcje bezpieczeństwa pracy obowiązujące w laboratorium. Ryzyko wypadku można zminimalizować poprzez stosowanie się do wszystkich obowiązujących instrukcji bezpiecznej pracy oraz dokładne poznanie właściwości używanych związków chemicznych. Jeżeli, mimo wszystko, zdarzy się wypadek, jego konsekwencje mogą być ograniczone do minimum poprzez stosowanie odpowiednich zabezpieczeń. Jeżeli zaistnieją jakiegokolwiek wątpliwości odnośnie do bezpiecznego stosowania poszczególnych odczynników chemicznych lub substancji pomocniczych, a także używanych przyrządów i urządzeń, należy zasięgnąć porady u osoby kierującej laboratorium. Aby zapobiegać wypadkom podczas pracy w laboratorium, należy przestrzegać następujących zasad:

- pod żadnym pozorem nie zażywać chemicznych odczynników laboratoryjnych, podczas pracy z chemikaliami należy zawsze zakładać odzież ochronną,

- wszystkie prace ze związkami łatwopalnymi i toksycznymi należy prowadzić pod wyciągiem,
- unikać kontaktów odczynników chemicznych ze skórą, śluzówkami i oczami (okulary ochronne),
- nie ogrzewać palnych rozpuszczalników płomieniem gazowym,
- jeżeli odzież weszła w kontakt ze znaczną ilością chemikaliów, należy natychmiast ją zdjąć,
- w laboratorium chemicznym pod żadnym pozorem nie można jeść, pić, ani palić papierosów, ze względu na niebezpieczeństwo wystąpienia zatrucia lub pożaru,
- jeżeli osoba pracująca w laboratorium, a szczególnie osoba biorąca udział w wypadku, źle się czuje (np. bóle głowy, zawroty głowy, nudności, wymioty), należy natychmiast skonsultować się z lekarzem.

1.1. Oznaczenia odczynników chemicznych ze względu na niebezpieczeństwo

W laboratorium chemicznym eksperymentator stosuje różnego rodzaju substancje chemiczne w celu przeprowadzenia określonych reakcji chemicznych.

Eksperymentator musi mieć konkretne wiadomości na temat substancji chemicznych, z którymi pracuje aby ustrzec się bezpośredniego zagrożenia wynikającego z ich właściwości oraz aby potrafić odpowiednio postępować z tymi substancjami w nagłych, niepożądanych wypadkach, na przykład gdy substancja trująca przedostanie się do środowiska wodnego lub przypadkowo nastąpi jej bezpośredni kontakt ze skórą eksperymentującego.

Wyróżnia się pojęcia substancji chemicznej i preparatu chemicznego. Pod pojęciem substancji chemicznej rozumie się substancję jednorodną o stałym, ściśle określonym składzie chemicznym ilościowym i jakościowym.

Do substancji chemicznych zalicza się więc pierwiastki chemiczne oraz związki chemiczne.

Do substancji chemicznych nie zalicza się mieszanin (preparatów) jednorodnych i niejednorodnych.

Pod pojęciem preparatu chemicznego rozumie się mieszaniny:

jednorodną lub niejednorodną dwóch lub większej liczby pierwiastków chemicznych, dwóch lub większej liczby związków chemicznych lub co najmniej jednego związku chemicznego i jednego pierwiastka chemicznego.

Preparat może mieć właściwości fizyczne i właściwości chemiczne będące wypadkową właściwości poszczególnych jego składników lub ma właściwości odpowiadające właściwościom któregoś ze składników w nim zawartego. Dlatego mieszanina wykazuje swoje indywidualne właściwości.

W celu właściwego postępowania z substancjami chemicznymi stworzono system obrazkowy (piktogramy), który w przystępny sposób informuje o najważniejszych właściwościach substancji lub preparatu chemicznego i zagrożeniach z nimi związanych.

Piktogramy wskazujące rodzaj zagrożenia to oznakowania niebezpiecznych substancji chemicznych i mieszanin będące częścią Globalnie Zharmonizowanego Systemu Klasyfikacji i Oznakowania Chemikaliów – GHS.

System klasyfikacji GHS zajmuje się ujednolicaniem kryteriów klasyfikacji substancji i preparatów oraz ujednolicaniem elementów informowania o zagrożeniach, zawierających wymogi dotyczące oznakowania i kart charakterystyki substancji i preparatów niebezpiecznych.

Obowiązujące piktogramy ustalone przez GHS mają kształt kwadratu stojącego na wierzchołku. Zawierają one czarny rysunek – symbol na białym tle z czerwonym obramowaniem.

ZAGROŻENIA FIZYCZNE

Piktogram

GHS01



Obrazek przedstawiający
wybuchającą bombę

Klasa i kategoria zagrożenia

Niestabilne materiały wybuchowe
Materiały wybuchowe w podklasach
1.1, 1.2, 1.3, 1.4
Substancje i mieszaniny samo reaktywne, typ A i B
Nadtlenki organiczne, typ A i B

GHS02



Obrazek przedstawiający płomień

Gazy łatwopalne, kategoria zagrożenia 1
Aerozole łatwopalne, kategoria zagrożeń 1,2

Substancje ciekłe łatwopalne, kategoria zagrożeń 1,2,3

Substancje stałe łatwopalne, kategoria zagrożeń 1,2

Substancje i mieszaniny samoreaktywne, typ B, C, D, E, F,

Substancje ciekłe piroforyczne, kategoria zagrożenia 1

Substancje stałe piroforyczne, kategoria zagrożenia 1

Substancje i mieszaniny samoogrzewające się, kategoria zagrożeń 1, 2

Substancje i mieszaniny, które w kontakcie z wodą wydzielają gazy łatwopalne, kategoria zagrożeń 1, 2, 3

Nadtlenki organiczne, typ B, C, D, E, F

GHS03



Obrazek przedstawiający płomień nad okręgiem

Gazy utleniające, kategoria zagrożenia 1

Substancje ciekłe utleniające, kategoria zagrożenia 1, 2, 3

Substancje stałe utleniające, kategoria zagrożeń 1, 2, 3

GHS04



Obrazek przedstawiający
butlę gazową

Gazy pod ciśnieniem: gazy sprężone, gazy skroplone, gazy skroplone schłodzone, gazy rozpuszczone.

GHS05



Obrazek przedstawiający działanie żrące
cieczy na płytkę i dłoń

Substancje korodujące metale, kategoria zagrożenia 1

**Piktogram nie
jest wymagany**

Materiały wybuchowe z podklasy 1.5
Materiały wybuchowe z podklasy 1.6
Gazy łatwopalne, kategoria zagrożenia 2
Substancje i mieszaniny samo reaktywne, typ G
Nadtlenki organiczne, typ G

ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA

Piktogram

Klasa i kategoria zagrożenia

GHS06



Obrazek przedstawiający czaszkę i skrzyżowane piszczele

Toksyczność ostra – droga pokarmowa, po naniesieniu na skórę, po narażeniu inhalacyjnym, kategoria zagrożenia 1, 2, 3

GHS05



Obrazek przedstawiający działanie żrące cieczy na płytkę i dłoni

Działanie żrące na skórę, kategoria zagrożenia 1A, 1B, 1C
Poważne uszkodzenie oczu, kategoria zagrożenia 1

GHS07



Obrazek przedstawiający wykrzyknik

Toksyczność ostra – droga pokarmowa, po naniesieniu na skórę, po narażeniu inhalacyjnym, kategoria zagrożenia 4

Działanie drażniące na skórę, kategoria zagrożenia 2

Działanie drażniące na oczy, kategoria zagrożenia 2

Działanie uczulające na skórę, kategoria zagrożenia 1

Działanie toksyczne na narządy docelowe, jednorazowe narażenie, kategoria zagrożenia 3
Działanie drażniące na drogi oddechowe
Skutek narkotyczny

GHS08



Obrazek przedstawiający
czarne popiersie

**Piktogram nie
jest wymagany**

Działanie uczulające na drogi oddechowe, kategoria zagrożenia 1

Działanie mutagenne na komórki rozrodcze, kategoria zagrożenia 1A, 1B, 2

Rakotwórczość, kategoria zagrożenia 1A, 1B, 2

Działanie szkodliwe na rozrodczość, kategoria zagrożenia 1A, 1B, 2

Działanie toksyczne na narządy docelowe – jednorazowe narażenie, kategoria zagrożenia 1, 2

Działanie toksyczne na narządy docelowe – powtarzane narażenie, kategoria zagrożenia 1, 2

Zagrożenie spowodowane aspiracją, kategoria zagrożenia 1

Działanie szkodliwe na rozrodczość, wpływ na laktację lub oddziaływanie szkodliwe na dzieci karmione piersią, dodatkowa klasa zagrożeń

ZAGROŻENIA DLA ŚRODOWISKA

Piktogram

Klasa i kategoria zagrożenia

GHS08



Obrazek przedstawiający rybę
i uschnięte drzewo

Stwarzające zagrożenie dla środowiska wodnego

zagrożenie ostre, kategoria zagrożenia 1

zagrożenie przewlekłe, kategoria zagrożenia 1, 2

Piktogram nie jest wymagany

Stwarzające zagrożenie dla środowiska wodnego – zagrożenie przewlekłe, kategoria zagrożenia 3, 4

System GHS wprowadza jednolite kryteria klasyfikacji substancji chemicznych i preparatów pod względem zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego.

Etykiety opakowań substancji i preparatów chemicznych są pierwszą ważną i związłą informacją podaną dla użytkownika, dotyczącą niebezpieczeństw związanych z właściwościami substancji oraz ostrożność jaką należy zachować podczas ich stosowania.

Każda etykieta powinna zawierać:

nazwę substancji lub preparatu,

pochodzenie substancji lub preparatu,

znaki ostrzegawcze wraz z ich znaczeniami,

określenia dotyczące rodzaju zagrożenia – zwroty R

określenia dotyczące prawidłowego postępowania z niebezpieczną substancją lub preparatem chemicznym – zwroty S.

Bardzo ważnym elementem w pracy laboratoryjnej jest znajomość kart charakterystyki substancji lub preparatów niebezpiecznych.

Obowiązujące karty charakterystyki zawierają 16 punktów, które są zbiorem informacji o niebezpiecznych właściwościach substancji lub preparatu oraz zasadach i zaleceniach ich bezpiecznego stosowania:

1. Identyfikacja substancji lub preparatu
2. Identyfikacja zagrożeń
3. Skład i informacja o składnikach
4. Postępowanie w ramach udzielania pierwszej pomocy
5. Postępowanie w przypadku pożaru
6. Postępowanie w przypadku niezamierzonego uwolnienia do środowiska
7. Postępowanie z substancją lub preparatem i ich magazynowanie
8. Kontrola narażenia i środki ochrony indywidualnej.
9. Właściwości fizykochemiczne
10. Stabilność i reaktywność
11. Informacje toksykologiczne

12. Informacje ekologiczne
13. Postępowanie z odpadami
14. Informacje o transporcie
15. Informacje dotyczące przepisów prawnych
16. Inne informacje.

Stworzono międzynarodowy system kontroli substancji chemicznych REACH. Nazwa pochodzi od pierwszych liter angielskich słów Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals co w języku polskim oznacza Rejestracja, ocena i udzielanie zezwoleń na chemikalia.

Rozporządzenie REACH weszło w życie 1.06.2007 r. Dotyczy ono bezpiecznego stosowania substancji chemicznych i preparatów poprzez ich rejestrację i ocenę oraz udzielanie zezwoleń.

Nadzór nad wdrażaniem rozporządzeń w zakresie procedury rejestracji i oceny chemikaliów i udzielania zezwoleń na ich stosowanie aktualnie sprawuje Europejska Agencja Chemikaliów ECHA z siedzibą w Helsinkach.

Numer CAS

Numer CAS to oznaczenie za pomocą liczb, odpowiadające substancji chemicznej, nadawane przez amerykańską organizację Chemical Abstract Service CAS. Numer CAS pozwala na identyfikację substancji chemicznej. Baza numerów CAS jest największą na świecie bazą rejestracji związków chemicznych.

1.2. Informacje o rodzaju niebezpieczeństwa (zagrożenia)

Informacje o zagrożeniach oznaczane literą R wraz z określonymi liczbami, precyzują niebezpieczeństwa związane z ekspozycją organizmu ludzkiego na dany odczynnik. Oto zestawienie oznaczeń R:

- R 1 Wybuchowy w stanie suchym
- R 2 Zagrożenie wybuchem pod wpływem wstrząsu, uderzenia, ognia lub innych źródeł zapłonu
- R 3 Wyjątkowe zagrożenie wybuchem pod wpływem wstrząsu, uderzenia ognia lub innych źródeł zapłonu
- R 4 Tworzy bardzo wrażliwe, wybuchowe związki metaliczne
- R 5 Ogrzewanie może spowodować wybuch
- R 6 Wybuchowy zarówno z dostępem, jak i bez dostępu powietrza
- R 7 Stanowi zagrożenie pożarowe
- R 8 W kontakcie z materiałem palnym stanowi zagrożenie pożarowe
- R 9 Wybuchowy w mieszaninie z materiałem palnym
- R10 Palny
- R11 Łatwopalny
- R12 Wyjątkowo łatwopalny
- R14 Reaguje gwałtownie z wodą
- R15 Kontakt z wodą powoduje wydzielanie wyjątkowo łatwo palnych gazów
- R16 Wybuchowy w mieszaninie z gazami utleniającymi
- R17 Samorzutnie zapala się na powietrzu
- R18 Może tworzyć palne/wybuchowe mieszaniny par z powietrzem
- R19 Może tworzyć wybuchowe nadtlenki
- R20 Szkodliwy przy wdychaniu
- R21 Szkodliwy w kontakcie ze skórą
- R22 Szkodliwy po spożyciu
- R23 Toksyczny przy wdychaniu
- R24 Toksyczny w kontakcie ze skórą
- R25 Toksyczny po spożyciu
- R26 Bardzo toksyczny przy wdychaniu
- R27 Bardzo toksyczny w kontakcie ze skórą

Rozdział 1

- R28 Bardzo toksyczny po spożyciu
- R29 W kontakcie z wodą uwalnia toksyczne gazy
- R30 Może stać się bardzo łatwopalny w czasie użycia
- R31 W kontakcie z kwasami uwalnia toksyczny gaz
- R32 W kontakcie z kwasami uwalnia bardzo toksyczny gaz
- R33 Niebezpieczny z powodu kumulowania szkodliwych efektów
- R34 Powoduje oparzenia
- R35 Powoduje dotkliwe oparzenia
- R36 Drażniący oczy
- R37 Drażniący układ oddechowy
- R38 Drażniący skórę
- R39 Niebezpieczny z powodu bardzo groźnych nieodwracalnych zmian
- R40 Możliwe zagrożenie z powodu nieodwracalnych zmian
- R41 Niebezpieczeństwo poważnego uszkodzenia oczu
- R42 Wdychany może powodować uczulenie
- R43 Może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą
- R44 Niebezpieczeństwo wybuchu podczas ogrzewania w zamkniętym naczyniu
- R45 Może być rakotwórczy
- R46 Może powodować uszkodzenia materiału dziedziczenia genetycznego.
- R47 Może powodować ułomność
- R48 Niebezpieczny dla zdrowia w czasie przedłużonej ekspozycji
- R49 Wdychany może być rakotwórczy
- R50 Bardzo toksyczny dla organizmów żyjących w wodzie
- R51 Toksyczny dla organizmów żyjących w wodzie
- R52 Szkodliwy dla organizmów żyjących w wodzie
- R53 Może powodować długotrwałe niekorzystne skutki dla środowiska wodnego
- R54 Toksyczny dla flory
- R55 Toksyczny dla fauny
- R56 Toksyczny dla organizmów żyjących w glebie
- R57 Toksyczny dla pszczół
- R58 Może powodować długotrwałe niekorzystne skutki dla środowiska naturalnego
- R59 Niebezpieczny dla warstwy ozonowej

- R60 Może zaburzać proces zapłodnienia
- R61 Może powodować uszkodzenia płodu
- R62 Możliwe zagrożenie zaburzenia procesu zapłodnienia
- R63 Możliwe zagrożenie uszkodzenia płodu
- R64 Może być szkodliwy dla dzieci karmionych piersią
- R65 Szkodliwy: po spożyciu może powodować uszkodzenie płuc

1.2.1. Kombinacje symboli i opisów

- R14/15 Reaguje gwałtownie z wodą wydzielając wyjątkowo łatwopalny gaz
- R15/29 W kontakcie z wodą uwalnia wyjątkowo łatwopalne gazy
- R20/21 Szkodliwy przy wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R20/21/22 Szkodliwy przy wdychaniu, po spożyciu i w kontakcie ze skórą
- R20/22 Szkodliwy przy wdychaniu i po spożyciu
- R21/22 Szkodliwy po spożyciu i w kontakcie ze skórą
- R23/24 Toksyczny przy wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R23/24/25 Toksyczny przy wdychaniu, w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R23/25 Toksyczny przy wdychaniu i po spożyciu
- R24/25 Toksyczny w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R26/27 Bardzo toksyczny przy wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R26/27/28 Bardzo toksyczny przy wdychaniu, w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R26/28 Bardzo toksyczny przy wdychaniu i po spożyciu
- R27/28 Bardzo toksyczny w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R36/37 Drażniący oczy i układ oddechowy
- R36/37/38 Drażniący oczy, układ oddechowy i skórę
- R36/38 Drażniący oczy i skórę
- R37/38 Drażniący układ oddechowy i skórę
- R39/23 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu
- R39/23/24 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R39/23/24/25 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu, w kontakcie ze skórą i po spożyciu

Rozdział 1

- R39/23/25 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na szereg nieodwracalnych zmian przy wdychaniu i po spożyciu
- R39/24 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany w kontakcie ze skórą
- R39/24/25 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R39/25 Toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany po spożyciu
- R39/26 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu
- R39/26/27 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R39/26/27/28 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu, w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R39/26/28 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany przy wdychaniu i po spożyciu
- R39/27 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany w kontakcie ze skórą
- R39/27/28 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany w kontakcie ze skórą i po spożyciu
- R39/28 Bardzo toksyczny: niebezpieczny ze względu na nieodwracalne zmiany po spożyciu
- R40/20 Szkodliwy: możliwe niebezpieczeństwo powstania nieodwracalnych zmian przy wdychaniu
- R40/21/22 możliwe niebezpieczeństwo powstania nieodwracalnych zmian w kontakcie i po spożyciu
- R40/22 możliwe niebezpieczeństwo powstania nieodwracalnych zmian po spożyciu
- R42/43 Może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą i przy wdychaniu
- R48/20 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu
- R48/20/21 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R48/20/21/22 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia

- zdrowia przy przedłużonym wdychaniu, kontakcie ze skórą i układem pokarmowym
- R48/20/22 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu i w kontakcie z układem pokarmowym
- R48/21 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie ze skórą
- R48/21/22 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie ze skórą i układem pokarmowym
- R48/22 Szkodliwy: niebezpieczeństwo poważnego zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie z układem pokarmowym
- R48/23 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu
- R48/23/24 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu i w kontakcie ze skórą
- R48/23/24/25 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu, kontakcie ze skórą i układem pokarmowym
- R48/23/25 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym wdychaniu i kontakcie z układem pokarmowym
- R48/24 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie ze skórą
- R48/24/25 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie z układem pokarmowym i skórą
- R48/25 Toksyczny: poważne niebezpieczeństwo zagrożenia zdrowia przy przedłużonym kontakcie z układem pokarmowym
- R50/53 Bardzo toksyczny dla organizmów żyjących w wodzie, może powodować długotrwałe niekorzystne skutki dla środowiska wodnego
- R51/53 Toksyczny dla organizmów żyjących w wodzie, może powodować długotrwałe niekorzystne skutki dla środowiska wodnego
- R52/53 Szkodliwy dla organizmów żyjących w wodzie, może

powodować długotrwałe niekorzystne skutki dla środowiska wodnego

1.3. Wybrane porady związane z bezpieczeństwem w pracowni przyrodniczej

Porady bezpieczeństwa oznaczone literą S wraz z określonymi liczbami zalecają sposoby przechowywania i obchodzenia się z chemikaliami, pozwalające na zachowanie bezpieczeństwa. Niżej przedstawiono zestawienie oznaczeń S.

- S1 Przechowywać w zamkniętym miejscu
- S2 Przechowywać w miejscach niedostępnych dla dzieci
- S3 Przechowywać w chłodnym miejscu
- S4 Przechowywać w miejscach niezamieszkałych
- S5 Przechowywać zawartość w: 1 - nafcie, 2 - oleju parafinowym, 3 - wodzie, 4 - metanolu
- S6 Przechowywać zawartość w atmosferze odpowiedniego obojętnego gazu wskazanego przez producenta
- S7 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty
- S8 Przechowywać pojemnik w suchym miejscu
- S9 Przechowywać pojemnik w dobrze wentylowanym miejscu
- S12 Nie przechowywać pojemnika szczelnie zamkniętego
- S13 Przechowywać z dala od żywności, napojów i karmy dla zwierząt
- S14 Przechowywać z dala od: 1 - substancji łatwopalnych, 2 - silnych kwasów i zasad, 3 - kwasów
- S15 Przechowywać z dala od źródeł ciepła
- S16 Przechowywać z dala od źródeł ognia. Nie palić!
- S17 Przechowywać z dala od materiałów łatwopalnych
- S18 Ostrożnie otwierać i obchodzić się z pojemnikiem
- S20 Zabronione jedzenie i picie w czasie pracy
- S21 W czasie pracy nie palić
- S22 Nie wdychać pyłu
- S23 Nie wdychać gazu, dymu, par, aerozolu
- S24 Unikać kontaktu ze skórą
- S25 Unikać kontaktu z oczami
- S26 W przypadku kontaktu z oczami, przemyć natychmiast

- dużą ilością wody i konsultować się z lekarzem
- S27 Zrzucić natychmiast zanieczyszczoną odzież
- S28 W przypadku kontaktu ze skórą przemyć natychmiast dużą ilością: 1 - wody, 2 - glikolu polietylenowego 400, 3 - wody i mydła, 4 - etanolu
- S29 Nie wylewać do zlewu
- S30 Nigdy nie dolewać wody do tego produktu
- S33 Podjąć odpowiednie środki przeciw wyładowaniom atmosferycznym
- S35 Niniejszy odczynnik i pojemnik muszą być zniszczone w bezpieczny sposób
- S36 Używać odpowiedniej odzieży ochronnej
- S37 Używać odpowiednich rękawic
- S38 W przypadku niewystarczającej wentylacji używać sprzętu do oddychania
- S39 Używać okularów lub maski ochronnej
- S40 Dla oczyszczenia podłogi i wszystkich obiektów zanieczyszczonych tą substancją należy używać środek wskazany przez producenta
- S41 W przypadku pożaru lub wybuchu nie wdychać gazów
- S42 W czasie zadymienia lub rozpylenia używać odpowiedniego sprzętu do oddychania
- S43 W przypadku pożaru używać: 1 - wody, 2 - wody lub środka gaszącego w proszku, 3 - gaśnicy proszkowej, nie używać wody!, 4 - dwutlenku węgla CO₂, nie używać wody!, 6 - piasku, nie używać wody!, 7 - proszku metalicznego ppoż. - nie używać wody!, 8 - piasku, dwutlenku węgla lub gaśnicy proszkowej - nie używać wody!
- S44 W przypadku złego samopoczucia lub wystąpienia niepokojących objawów skontaktować się z lekarzem
- S45 W razie wypadku lub wystąpienia objawów zatrucia, kontaktować się natychmiast z lekarzem i jeżeli jest to możliwe przedstawić mu etykietę stosowanej substancji niebezpiecznej
- S46 W przypadku połknięcia, kontaktować się natychmiast z lekarzem i pokazać mu pojemnik lub etykietę substancji niebezpiecznej
- S47 Przechowywać w temperaturze nie przekraczającej 0°C,

- 10°C, 50°C
- S48 Przechowywać w stanie zwilżonym: 1 - wodą, 2 - alkoholem etylowym, 3 - alkoholem izopropylowym, 4 - 1,1,2-trichloroetanem
 - S49 Przechowywać tylko w oryginalnym opakowaniu
 - S50 Nie mieszać z: 1 - kwasami i aminami, 2 - kwasami i zasadami, 3 - kwasami
 - S51 Używać tylko w dobrze wentylowanych miejscach
 - S52 Nie stosować na dużych powierzchniach w zamkniętych miejscach
 - S53 Unikać kontaktu - zapoznać się ze specjalną instrukcją przed użyciem
 - S56 Odpadowe ilości i pojemnik przekazać do punktu usuwania substancji niebezpiecznych
 - S57 Wykorzystać właściwy pojemnik, aby uniknąć skażenia środowiska
 - S59 Zastosować się do wskazówek producenta dotyczących wtórnego wykorzystania
 - S60 Substancja i pojemnik muszą być utylizowane jako odpady niebezpieczne
 - S61 Unikać skażenia środowiska substancją. Postępować zgodnie z odpowiednią instrukcją
 - S62 Jeśli substancja została połknięta, nie powodować wymiotów. Kontaktować się natychmiast z lekarzem, jeżeli to możliwe pokazać lekarzowi pojemnik lub etykietę

1.3.1. Kombinacje symboli i opisów dotyczących porad bezpieczeństwa

- S1/2 Przechowywać w zamknięciu i w miejscach niedostępnych dla dzieci
- S3/7 Przechowywać pojemnik w chłodnym miejscu szczelnie zamknięty
- S3/9/14 Przechowywać w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu z dala od ... (materiały wykluczające się wskaże producent)
- S3/9/14/49 Przechowywać w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu i w oryginalnym opakowaniu z dala od (materiały

- wykluczające się wskaże producent)
- S3/9/49 Przechowywać w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu i w oryginalnym opakowaniu
- S3/14 Przechowywać w chłodnym miejscu z dala od ...(producent wskaże materiały, które się wykluczają do przechowywania w bezpośrednim sąsiedztwie)
- S7/8 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty i w suchym miejscu
- S7/9 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty i w dobrze wentylowanym miejscu
- S7/47 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty w temperaturze nie przekraczającej ... (temperatura zostanie określona przez producenta)
- S20/21 Zabronione jedzenie, picie i palenie w czasie pracy
- S24/25 Unikać kontaktu ze skórą i oczami
- S29/56 Nie wylewać do zlewu, odpadowe ilości i pojemnik przekazać do punktu usuwania substancji niebezpiecznych
- S36/37 Używać odpowiedniej odzieży ochronnej i rękawic
- S36/37/39 Używać odpowiedniej odzieży ochronnej, rękawic i okularów lub maski ochronnej
- S36/39 Używać odpowiedniej odzieży ochronnej i okularów lub maski ochronnej
- S37/39 Używać rękawic i okularów lub maski ochronnej
- S47/49 Przechowywać w oryginalnym opakowaniu w temperaturze nie przekraczającej ... (temperaturę określi producent)

**Bezpieczna praca
w laboratorium
przyrodniczym**

2. Bezpieczna praca w laboratorium przyrodniczym

Niezbędnym czynnikiem zmniejszającym do minimum ryzyka wypadku jest dokładne poznanie właściwości używanych materiałów. Należy zapoznać się z informacjami o rodzaju niebezpieczeństwa (R) oraz z poradami bezpieczeństwa (S). Poza tym należy przestrzegać wszystkich instrukcji bezpiecznej pracy w laboratorium. Jeżeli mimo wszystko zdarzy się wypadek, jego konsekwencje mogą być zredukowane do minimum poprzez zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń oraz określonego trybu postępowania.

2.1. Odzież ochronna w laboratorium

Podczas pracy w laboratorium chemicznym należy zakładać fartuch ochronny, okulary ochronne i, jeżeli jest to konieczne, rękawice. Fartuch powinien być zapinany na guziki (nie stosować zamków błyskawicznych) i sporządzony z materiału bawełnianego lub wełnianego. Nie należy używać fartuchów uszytych z łatwopalnych materiałów syntetycznych. Jeżeli osoba pracująca w laboratorium chemicznym ma długie włosy to powinna schować je pod bawełnianym czepkiem, a na pewno powinna mieć je spięte. Zapobiega to samozapaleniu się włosów podczas prac przy włączonym palniku. Na czas pracy w laboratorium należy zdejmować biżuterię jak: pierścionki, obrączki, bransolety czy naszyjniki, które mogą ulec zniszczeniu, a także mogą przeszkadzać w ratowaniu osoby pracującej w laboratorium gdyby zaistniał wypadek.

2.2. Przeciwdziałanie powstawaniu ładunków elektrostatycznych w laboratorium przyrodniczym

Ładunki elektrostatyczne, gromadzące się między innymi na plastikowych powierzchniach mogą być przyczyną zapłonu niektórych substancji. Elektrostatyczne ładunki, a co za tym idzie - iskrzenie może powstawać podczas przechodzenia osób izolowanych od ziemi przez nieprzewodzące obuwie lub wykładzinę podłogową.

Ładunki elektrostatyczne mogą powstawać podczas napełniania pojemników takimi cieczami jak: cykloheksan, toluen, disiarczek węgla, eter dietylowy. Iskrzenie może mieć miejsce podczas nagłego wydzielania się gazów takich jak: wodór czy acetylen, zawierających rozpylone cząstki rdzy. Należy więc za wszelką cenę przeciwdziałać powstawaniu ładunków elektrostatycznych i unikać iskrzenia. W tym celu ciecze powinno się przelewać powoli wzdłuż ścianek naczynia. Podczas przelewania łatwopalnych cieczy nie można używać metalowych lejków łącznie ze szklanym lub plastikowym pojemnikiem. Powinno stosować się lejki lub wkraplacze sięgające dna napełnianego naczynia, co zapobiega rozpryskiwaniu i parowaniu przelewanej cieczy.

2.3. Przenoszenie narażonych na rozbicie naczyń z odczynnikami chemicznymi

Podnosząc lub przenosząc naczynia z chemikaliami, należy chwycić je nie tylko za szyjkę, lecz także podtrzymywać je od strony dna. Specjalnej ostrożności wymagają silnie ochłodzone naczynia szklane, gdyż kondensująca się na ich powierzchni woda powoduje, iż stają się one śliskie i łatwo wypadają z rąk. Do przenoszenia naczyń z chemikaliami należy używać specjalnych transporterów.

2.4. Ogrzewanie

Podczas ogrzewania istotne jest dobranie odpowiedniego medium grzewczego. Media grzewcze powinny charakteryzować się dobrym przewodnictwem cieplnym, wysoką temperaturą wrzenia, niską lotnością i palnością oraz powinny być nietoksyczne. Do ogrzewania w temperaturze 100°C doskonale nadaje się łaźnia wodna. Dla ogrzewania w temperaturze do 250°C używa się zwykle olejów silikonowych. Nie należy stosować olejów mineralnych, gdyż w wyższych temperaturach parują ich niskocząsteczkowe składniki. Do ogrzewania w temperaturach powyżej 250°C należy stosować metalowe łaźnie ze stopem Wooda lub łaźnie piaskowe.

2.5. Chłodzenie

Podczas prowadzenia reakcji egzotermicznych, w procesach skraplania gazów, a także podczas pracy pod obniżonym ciśnieniem, stosuje się intensywne chłodzenie. Skład używanych w laboratoriach mieszanin chłodzących podany jest w kalendarzu chemicznym lub w informatorach chemicznych. Zwykle mieszaniny chłodzące, obniżające temperaturę poniżej -50°C , przygotowuje się w odpowiednich, szerokoszyjnych termosach. Należy tu zwrócić uwagę na możliwość niebezpieczeństwa implozji. Specjalne termosy stosuje się do pracy z ciekłym azotem (-196°C). Ponieważ tlen ma tendencję do skraplania się w ciekłym azocie, istnieje niebezpieczeństwo wybuchu. Jeśli w skroplonym azocie wystąpi niebieskie zabarwienie, wskazujące na obecność ciekłego tlenu, należy natychmiast opróżnić łaźnię chłodzącą wylewając jej zawartość najlepiej na podłogę (azot błyskawicznie odparowuje). Nie należy wylewać zawartości łaźni chłodzącej na stół laboratoryjny. Podczas pracy z substancjami nisko schłodzonymi jak ciekły azot lub stały dwutlenek węgla (suchy lód), należy szczególnie chronić oczy, skórę i śluzówki, używając fartucha, rękawic oraz okularów ochronnych.

2.6. Destylacja

Podczas destylacji cieczy może nastąpić jej przegrzanie, to jest ogrzanie cieczy powyżej temperatury wrzenia. W takim przypadku, w wyniku wibracji, wstrząsów lub obniżenia ciśnienia następuje spontaniczne wrzenie połączone z gwałtownym wyrzuceniem cieczy na zewnątrz. Dlatego podczas destylacji ciecz w kolbie należy intensywnie mieszać, na przykład mieszadłem magnetycznym, lub też dodać kawałki “kamyka wrzennego”, na przykład wyprażonego kaolinu. Kaolin należy dodawać do zimnej jeszcze cieczy. Po jednorazowym użyciu kamyk taki traci swoje właściwości.

2.7. Ekstrakcja

Proces ekstrakcji stosowany jest do wydzielenia np. z roztworu wodnego, substancji lepiej rozpuszczającej się w cieczy nie mieszającej się z wodą. Ekstrakcję prowadzi się najczęściej w rozdzielaczach. Podczas mieszania się dwóch ciekłych faz, w rozdzielaczu bardzo często wytwarza się nadciśnienie. W związku z tym proces ekstrakcji należy prowadzić bardzo ostrożnie, usuwając nadciśnienie z wnętrza naczynia. W tym celu wylot rozdzielacza należy skierować ku górze pod wyciągiem, a następnie ostrożnie wyrównywać ciśnienie, otwierając powoli kurek. Pod żadnym pozorem wylotu rozdzielacza nie można kierować w stronę laboratorium lub ku sąsiadnim osobom. Szczególnie niebezpieczne są ekstrakcje fazy wodnej, zawierającej węglany, takimi rozpuszczalnikami jak: chloroform, zawierającymi niewielkie ilości chlorowodoru. Tworzy się wówczas dwutlenek węgla, a powstałe nadciśnienie może wyrzucić zawartość rozdzielacza na zewnątrz. Tego typu ekstrakcje bezpieczniej jest prowadzić w otwartym naczyniu, w którym miesza się obydwie ciecze do chwili, aż przestanie wydzielać się gaz. Następnie zawartość naczynia przelewa się do rozdzielacza w celu oddzielenia faz. Podczas prowadzenia ekstrakcji należy stosować okulary ochronne i jednorazowe rękawice.

2.8. Praca z substancjami wybuchowymi

Do substancji wybuchowych należą np. nitro- i nitrozozwiązki, estry kwasu azotowego(III), związki diazoniowe, chlorek nitrozyłu, nadtlenki i nadkwasy. Utleniacze takie jak np.: chromiany(VI), azotany(V), stężony kwas chlorowy(VII), dymiący kwas azotowy(V), roztwory nadtlenku wodoru o stężeniu powyżej 30%, mogą gwałtownie reagować z palnymi rozpuszczalnikami organicznymi. Rozpuszczalnikami ulegającymi takim reakcjom są np. eter dietylowy, aceton, etanol. Podczas pracy ze związkami wybuchowymi należy unikać podgrzewania, tarcia oraz płomieni i iskier. Należy pracować z niewielkimi ilościami substancji, w dobrze osłoniętym miejscu, używając zabezpieczającego ekranu.

2.9. Praca z rtęcią

Ze względu na toksyczność rtęci wszelkie prace należy wykonywać pod dobrze działającym wyciągiem. Wszystkie operacje powinno się przeprowadzać nad odpowiednią kuwetą, aby można było łatwo zebrać ewentualnie rozlane krople rtęci. Jeśli to jest możliwe prace z rtęcią należy prowadzić w zamkniętych naczyniach. Jeżeli niezbędna jest praca w naczyniach otwartych, wskazane jest pokrycie rtęci warstwą parafiny. Wszelkie otwory aparatury należy zamknąć rurkami zawierającymi jodowany węgiel drzewny. Jodowany węgiel drzewny otrzymuje się przez rozpuszczenie około 10 g jodu w 30 cm³ eteru dietylowego, który następnie miesza się z 100 g aktywowanego węgla drzewnego. Z utworzonej pasty odparowuje się następnie eter uzyskując odpowiedni preparat. Rozlane krople rtęci w szparach np. podłogi posypuje się siarką. Po kilku dniach powstaje nielotny siarczek rtęci, który można łatwo usunąć.

2.10. Bezpieczne przechowywanie odczynników chemicznych

Większość odczynników chemicznych może być bezpiecznie przechowywana w suchych, dobrze wietrzonych zimnych pomieszczeniach z dala od bezpośredniego źródła światła. Niektóre ze związków chemicznych wymagają jednak specjalnych warunków.

2.10.1. Odczynniki wrażliwe na wilgoć

Lit, sól, potas oraz wodorotlenki metali alkalicznych są wrażliwe na wilgoć. Wrażliwe są także wodorki metali, na przykład wodorek litowo-glinowy. Metale alkaliczne oraz wodorki metali mogą w zetknięciu z parą wodną wytwarzać wodór. Są one oznaczane symbolem R15 co oznacza: "Kontakt z wodą powoduje wydzielanie łatwopalnych gazów". Dlatego też wszystkie tego typu odczynniki transportowane są w zatopionych naczyniach polietylenowych oraz wodoodpornych metalowych kontenerach. W laboratorium raz

otwarte naczynie powinno być przechowywane w eksykatorze. Do odczynników wrażliwych na wilgoć należy także tlenek fosforu(V).

2.10.2. Odczynniki ulegające utlenieniu

Niektóre związki chemiczne mimo przechowywania w zamkniętych naczyniach mogą wchodzić w reakcję z tlenem atmosferycznym na skutek wielokrotnego odkrywania. Do takich odczynników należą między innymi anilina oraz fenole. Powstające w wyniku utlenienia zabarwienie może być usunięte przez prostą destylację lub krystalizację.

2.10.3. Odczynniki wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza w laboratorium

Produkty stanowiące bardzo dobre adsorbenty takie jak silikażel czy też płytki do chromatografii cienkowarstwowej powinny być chronione przed atmosferą panującą w laboratorium. Tego typu materiały należy przechowywać w specjalnych pojemnikach, gdyż w przeciwnym razie stopniowo tracą swą aktywność, co wpływa na ich zdolności separacyjne.

2.10.4. Odczynniki wrażliwe na polimeryzację

Odczynniki typu akrylanów i metakrylanów są zwykle stabilizowane fenolowymi inaktywatorami rodników w celu zapobieżenia niepożądanego polimeryzacji. Przed użyciem odczynników stabilizatory mogą być usunięte poprzez ekstrakcję 1-5% wodnym roztworem wodorotlenku sodu. Innym przykładem związku ulegającego polimeryzacji jest wodny roztwór aldehydu mrówkowego - formaldehyd. Ponieważ paraformaldehyd tworzy się zwykle w przedziale temperatury $+15 \sim +20^{\circ}\text{C}$, przechowywanie w niskiej temperaturze zapobiega temu procesowi.

2.10.5. Odczynniki wrażliwe na temperaturę

Niektóre produkty pochodzenia naturalnego lub ich syntetyczne analogi należy przechowywać w obniżonej temperaturze w celu zachowania aktywności biologicznej. Dotyczy to przede wszystkim enzymów i koenzymów, które łatwo tracą aktywność wraz ze wzrostem temperatury. Chłodzenie jest polecane nie tylko ze względu na stabilność niektórych odczynników, lecz także ze względu na stosunkowo wysoką prężność par (np. pentan, kwas mrówkowy). Niektóre firmy oznaczają na etykietach temperaturę, w której powinny być przechowywane.

2.10.6. Sole zawierające wodę krystalizacyjną

Sole krystaliczne czyli wodziany mogą łatwo oddawać wodę po ogrzaniu powyżej 35°C. Dlatego należy zwracać uwagę, czy w naczyniu na wierzchu nie wytworzyła się faza wodna lub nie nastąpiło zbrylenie, co może powodować błędy podczas naważania próbki.

2.10.7. Odczynniki łatwo tworzące dymy (opary)

Wysoko stężone kwasy, jak: dymiący kwas siarkowy(VI), dymiący kwas azotowy(V), kwas solny lub brom wytwarzają opary powodujące korozję i powinny być magazynowane w dobrze wentylowanym pomieszczeniu. Dlatego też do ich przechowywania powinny być stosowane wyciągi zaopatrzone w antykorozyjne rezerwuary.

Odpady laboratoryjne i ich utylizacja

3. Odpady laboratoryjne i ich utylizacja

Wszystkie substancje chemiczne stanowiące pozostałość po pracy laboratoryjnej powinny być zbierane, a następnie utylizowane. Niebezpieczne odpady należy magazynować osobno i co pewien czas przekazywać do likwidacji. Utylizacją odpadów zajmują się wyspecjalizowane firmy i powinna ona być prowadzona w takich odstępach czasu, aby nie gromadzić zbyt wielkiej ilości materiału, mogącego stworzyć niebezpieczeństwo podczas przechowywania i transportu. Należy pamiętać, że wylewanie odpadów chemicznych do kanalizacji jest zabronione, gdyż wiele związków chemicznych nie ulega rozkładowi w oczyszczalni ścieków, zatruwając i niszcząc naturalne środowisko. Dlatego przed przystąpieniem do usuwania odpadów należy je w miarę możliwości poddać wstępnej obróbce takiej jak: destylacja czy dalsze przekształcanie chemiczne.

3.1. Magazynowanie odpadów

Odpady chemiczne należy składować w specjalnych pojemnikach, które powinny być: szczelne, odporne chemicznie i dokładnie zamykane, co umożliwia ich transport. Pojemniki należy ustawiać w miejscu dobrze wentylowanym, przy czym powinny one być dobrze zamknięte, aby uniknąć wydostawania się zawartości na zewnątrz. Najczęściej do gromadzenia rozpuszczalników organicznych stosuje się pojemniki metalowe, pokryte od wewnątrz warstwą polietylenu, beczki ze stali nierdzewnej lub pojemniki z polietylenu. Kwasy i zasady przechowuje się w pojemnikach z polietylenu lub w pojemnikach metalowych pokrytych warstwą polietylenu. Odpady stałe należy przechowywać w oryginalnych opakowaniach, w których zostały zakupione odczynniki.

Odpady laboratoryjne powinny być zbierane w zależności od ich właściwości chemicznych w osobnych pojemnikach. Zgodnie z przepisami obowiązującymi we Wspólnocie Europejskiej pojemniki opisuje się według podanego niżej schematu:

- Rozpuszczalniki organiczne i rozpuszczone substancje organiczne, nie zawierające fluorowców (halogenów).
- Rozpuszczalniki organiczne i rozpuszczone substancje

- organiczne zawierające fluorowce (halogeny). Do gromadzenia tych odpadów nie można używać pojemników aluminiowych.
- Stałe pozostałości odczynników organicznych, dobrze zapakowane w worki z tworzywa sztucznego lub oryginalne opakowania producenta.
 - Roztwory soli. Wartość pH w tym pojemniku należy utrzymywać w przedziale 6 - 8.
 - Toksyczne odpady nieorganiczne oraz sole metali ciężkich i ich roztwory w szczelnie zamkniętych, nietłukących się pojemnikach z wyraźnym, widocznym i trwałym oznaczeniem.
 - Toksyczne, palne związki w szczelnie zamkniętych nietłukących się pojemnikach zaopatrzonych w informację o ich zawartości.
 - Rtęć i nieorganiczne odpady soli rtęci.
 - Nadające się do regeneracji odpady soli metali. Sole każdego metalu powinny być magazynowane oddzielnie.
 - Nieorganiczne odpady stałe.
 - Zbierane oddzielnie odpady: szkła, metali, tworzyw sztucznych, kolumn do HPLC ze stali nierdzewnej itp.

3.2. Neutralizacja i utylizacja odpadów

Przed przekazaniem odpadów laboratoryjnych do magazynowania należy je zneutralizować. Podczas neutralizacji zużytych odczynników chemicznych zalecana jest szczególna ostrożność, gdyż mogą niekiedy zachodzić gwałtowne reakcje chemiczne. Prace związane z neutralizacją mogą być wykonywane przez osoby wykwalifikowane, przy zachowaniu wszelkich zabezpieczeń (wyciąg, ekran ochronny, okulary ochronne, rękawice, fartuchy, maski). Przed zastosowaniem jakiegokolwiek metody neutralizacji po raz pierwszy, należy ją przeprowadzić na niewielkiej ilości odpadów aby stwierdzić, jakie problemy mogą wystąpić podczas prowadzenia procesu. Niżej podane są ogólne zasady neutralizacji poszczególnych, wybranych typów odpadów. Ogólne zasady neutralizacji i gromadzenia odpadów w oparciu o przepisy obowiązujące we Wspólnocie Europejskiej:

- **Rozpuszczalniki organiczne zawierające fluorowce** zgodnie z regulacjami prawnymi Wspólnoty Europejskiej

powinny być odbierane przez dostawców, którzy są następnie odpowiedzialni za proces ich neutralizacji lub zagospodarowania. Rozpuszczalniki te powinny być gromadzone w oddzielnych, odpowiednio opisanych pojemnikach B. Nie należy stosować pojemników aluminiowych, a w przypadku pochodnych chloru zawierających wodę nie używać pojemników ze stali nierdzewnej.

- **Mało reaktywne ciekłe odczynniki organiczne** zbiera się w pojemnikach typu A. Jeżeli odczynniki te zawierają fluorowce mogą być przechowywane w pojemniku B. Odpady stałe umieszcza się w plastikowych workach lub oryginalnych opakowaniach producenta i przechowuje w pojemniku C.
- **Wodne roztwory kwasów organicznych** można zneutralizować przy pomocy wodorowęglanu sodu lub wodorotlenku sodu. Po skontrolowaniu pH wskaźnikiem uniwersalnym (wartość pH powinna się zamykać w granicach 6-8), zneutralizowane roztwory umieszcza się w pojemniku D. Aromatyczne kwasy karboksylowe można wytrącić rozcieńczonym roztworem kwasu solnego i odsączyć. Osad umieszcza się w pojemniku C, natomiast przesącz w pojemniku D.
- **Roztwory amin lub innych zasad organicznych** umieszcza się w pojemniku A lub B. Aby uniknąć nieprzyjemnego zapachu zaleca się wcześniejszą ostrożną neutralizację za pomocą rozcieńczonego roztworu kwasu solnego lub kwasu siarkowego(VI). Należy skontrolować pH wskaźnikiem uniwersalnym.
- **Nitryle i merkaptany** wstępnie można utlenić przez kilkugodzinne mieszanie z roztworem chloranu(I) sodu. Nadmiar chloranu(I) sodu można zlikwidować tiosiarczanem(VI) sodu. Fazę organiczną umieszcza się w pojemniku A, natomiast fazę wodną, po sprowadzeniu pH do wartości w granicach 6-8, w pojemniku D.
- **Aldehydy rozpuszczalne w wodzie** przeprowadza się w odpowiednie pochodne stężonym roztworem wodorosiarczanu(IV) sodu. Uzyskany produkt umieszcza

się w metalowym pojemniku A lub B. Metalowe pojemniki nie mogą być wykonane z aluminium.

- **Związki chemiczne metaloorganiczne** wrażliwe na hydrolizę, są zwykle rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych. Roztwory takie można ostrożnie wkraplać do alkoholu n-butyłowego, ciągle mieszając. Wkraplanie należy prowadzić pod wyciągiem z zamkniętą szybą frontową. Po zakończeniu wydzielania gazów mieszanie kontynuuje się jeszcze przez godzinę, dodając nadmiar wody. Fazę organiczną umieszcza się w pojemniku A ze stali nierdzewnej, zaś fazę wodną o wartości pH w granicach 6-8, w pojemniku D.
- **Halogenki kwasowe** można neutralizować poprzez przeprowadzenie w estry metylowe. W tym celu wkrapla się je do metanolu, przy czym w celu przyspieszenia reakcji można dodać kilka kropel kwasu solnego, po czym neutralizuje roztworem wodorotlenku sodu. Przed umieszczeniem pozostałości w pojemniku B, wykonanego z trwałego materiału (oprócz aluminium) należy skontrolować pH roztworu, które powinno mieścić się w granicach 6-8.
- **Kwasy nieorganiczne i ich bezwodniki** należy na wstępie rozcieńczyć lub zhydrolizować przez ostrożne wkraplanie do wody z lodem. W końcu roztwór neutralizuje się roztworem wodorotlenku sodu. Przed umieszczeniem odpadów w pojemniku D z trwałego tworzywa, należy skontrolować wskaźnikiem uniwersalnym wartość pH (6-8). Oleum, czyli dymiący stężony kwas siarkowy(VI) wkrapla się ostrożnie, ciągle mieszając, do 40% roztworu kwasu siarkowego(VI). Podczas wkraplania należy mieć przygotowaną dostateczną ilość lodu do chłodzenia. Po schłodzeniu powstały stężony kwas siarkowy(VI) neutralizuje się wyżej opisanym sposobem. Kwaśne gazy jak: chlorowodór, bromowodór, jodowodór, chlor, fosgen, tlenek siarki(IV) można wprowadzać do rozcieńczonego roztworu wodorotlenku sodu i traktować dalej jak kwasy nieorganiczne. Operacje wykonuje się pod wyciągiem w rękawicach i okularach ochronnych.

- **Zasady nieorganiczne** rozcieńcza się, jeżeli jest to konieczne, przez ostrożne mieszanie z wodą. Następnie neutralizuje się kwasem solnym. Operacje wykonuje się pod wyciągiem. Roztwór umieszcza się w pojemniku D (z trwałego tworzywa) po uprzednim zmierzeniu wartości pH, która powinna zawierać się w granicach 6-8.
- **Sole nieorganiczne** umieszcza się w oddzielnym pojemniku przeznaczonym na nieorganiczne substancje stałe. Roztwory obojętne tych soli przechowuje się w osobnym pojemniku.
- **Roztwory i ciała stałe zawierające metale ciężkie** umieszcza się w pojemniku E. Nikiel Raneya, a także nikiel Urushibara, w postaci wodnej zawiesiny można rozpuścić w kwasie solnym ciągle mieszając i umieścić w pojemniku E. Sam nikiel Raneya jak i jego pozostałości na filtrze nie mogą być osuszone, ponieważ zapalają się na powietrzu.
- **Sole talu i ich wodne roztwory** wymagają szczególnej ostrożności. Należy bezwzględnie wystrzegać się kontaktu ze skórą. Związki te umieszcza się w pojemniku E. Wodne roztwory soli także mogą być potraktowane wodorotlenkiem sodu, w celu wytrącenia tlenku talu(II), który może być powtórnie użyty.
- **Nieorganiczne chemiczne związki selenu** są toksyczne. Umieszcza się je w pojemniku F z zachowaniem szczególnej ostrożności. Selen można odzyskać poprzez utlenienie soli selenu kwasem azotowym(V) w roztworze wodnym, a następnie dodanie do roztworu wodorosiarczynu(IV) sodu i wytrącenie wolnego selenu. Fazę wodną umieszcza się w pojemniku D.
- **Beryl i jego sole** są karcynogenne w związku z czym należy zachować szczególną ostrożność przy pracy. Unikać wdychania i kontaktu ze skórą. Odpady umieszcza się w pojemniku E.
- **Nieorganiczne odpady rtęci** - niewielkie ilości rtęci neutralizuje się wolną siarką - powstaje siarczek rtęci(II) lub posypuje się pyłem cynkowym - powstaje amalgamat cynku. Można także użyć jodowanego węgla drzewnego lub preparatu Chemisorb np. firmy Merck. Nieorganiczne

związki rtęci oraz zebraną wolną rtęć należy umieszczać w pojemniku G.

- **Cyjanki i azydki** można utlenić przy pomocy nadtlenu wodoru przy pH około 10,50. Najpierw powstają cyjaniany, które przy dalszym dodawaniu środków utleniających w pH 8-9 tworzą dwutlenek węgla. Kompletność procesu utleniania można sprawdzić przy pomocy testów firmy Merck. Odpady umieszcza się w pojemniku D. Azydki można rozłożyć działaniem jodu w obecności tiosiarczanu(VI) sodu. Powstaje w tej reakcji również azot. Odpady umieszcza się w pojemniku D.
- **Nadtlenki nieorganiczne i substancje utleniające** takie jak brom i jod można przeprowadzić w mniej niebezpieczne produkty redukcji wprowadzając je do kwaśnego roztworu tiosiarczanu(VI) sodu. Odpady umieszcza się w pojemniku D.
- **Fosfor biały i czerwony oraz związki chemiczne fosforu.** Fosfor biały utlenia się pod wpływem tlenu w podwyższonej temperaturze do tlenku fosforu(V). Dlatego należy przechowywać go pod wodą. Ponieważ fosfor biały jest silnie toksyczny należy zachować ostrożność. Fosfor czerwony nie jest toksyczny. Nie może stykać się z substancjami palnymi. Odpady fosforu czerwonego należy umieszczać w pojemniku I. Związki fosforu powinny być utleniane pod wyciągiem, w atmosferze gazu obojętnego, za pomocą 5% roztworu chloranu(I) sodu. Następnie po dodaniu wodorotlenku wapnia strącają się fosforany wapnia, które należy odsączyć. Osad umieszcza się w pojemniku I, zaś przesącz w pojemniku D.
- **Metale alkaliczne** należy umieścić w obojętnym rozpuszczalniku i neutralizować przez stopniowe dodawanie alkoholu propano-2-olu przy ciągłym mieszaniu. Wytwarzający się podczas reakcji wodór może prowadzić do powstania mieszaniny piorunującej i w konsekwencji do wybuchu. Wodór należy odprowadzać bezpośrednio do otworu wentylacyjnego wyciągu. Po zakończeniu reakcji dodaje się kilka kropel wody. Odpady umieszcza się w pojemniku D. Odpadki sodu utylizuje

się ostrożnie, dodając jego niewielkie kawałki do etanolu. Należy uważać na wydzielający się wodór. Mieszaninę pozostawia się aż do całkowitego rozpuszczenia metalu. Następnie, ostrożnie i powoli dodaje się wodę, a powstający alkaliczny roztwór neutralizuje. Jeżeli podczas gaszenia pożaru piaskiem powstanie mieszanina z sodem, należy umieścić ją w ognioodpornym naczyniu i ostrożnie dodawać alkoholu etylowego.

- **Pozostałości zawierające metale szlachetne** umieszcza się w pojemniku H w celu ponownego wykorzystania.
- **Roztwory wodne** umieszcza się w pojemniku D.
- **Laboratoryjne płyny czyszczące** używane do usuwania substancji szkodliwych dla środowiska, po zakończeniu mycia należy gromadzić w pojemniku D.
- **Substancje pochodzenia naturalnego** takie jak na przykład węglowodany, aminokwasy i inne, rozpuszczalne w wodzie pozostałości występujące często w laboratoriach biochemicznych gromadzi się w pojemniku D. Jeżeli pozostałości te są w roztworach organicznych, należy je gromadzić w pojemniku A lub B.

**Zachowanie się
w laboratorium
przyrodniczym
w nagłych wypadkach**

4. Zachowanie się w laboratorium chemicznym w nagłych wypadkach

W nagłych wypadkach przede wszystkim należy chronić ludzi, ewakuując wszystkie osoby z niebezpiecznego miejsca, po czym natychmiast wezwać pomoc (medyczne pogotowie ratunkowe i jeśli to konieczne to także straż pożarną). Wzywając pomocy, telefonicznie lub w inny dostępny sposób, należy podać nazwisko wzywającego oraz numer telefonu, z którego się dzwoni. Należy podać także miejsce gdzie nastąpił wypadek (tj. instytucję, ulicę, numer budynku, piętro i numer pomieszczenia). Dalej należy wyjaśnić, jaki wypadek nastąpił (tj. oparzenie, zatrucie, eksplozja, pożar itd.), czy wystąpiły jakies obrażenia u ludzi i jaka liczba osób ucierpiała, oraz jakiego rodzaju pomoc jest niezbędna, na przykład lekarz, ambulans reanimacyjny, straż pożarna. Należy również ustalić i zanotować nazwisko osoby przyjmującej wezwanie oraz czas, w którym wezwanie zostało przyjęte. Konieczne jest też wysłanie osoby - łącznika na miejsce, do którego przybędzie pomoc. Jest to zwykle wejście do budynku lub brama wjazdowa. W ten sposób można najszybciej doprowadzić zespół ratowniczy do miejsca wypadku.

4.1. Pożar

W razie pożaru należy zachować spokój, przytomność umysłu i nie dopuścić do paniki. Należy zgasić wszelkie palniki w bliskim otoczeniu pożaru i jeśli jest to możliwe wyłączyć instalację gazową i elektryczną oraz usunąć łatwopalne materiały. Trzeba również zamknąć okna i drzwi, sprawdzając przedtem, czy nikt nie pozostał w zamykanych pomieszczeniach. Należy ewakuować ludzi przez oznaczone wyjścia ewakuacyjne i wezwać straż pożarną. Następnie należy rozpocząć walkę z płomieniami, nie podejmując jednak niepotrzebnego ryzyka. Ważne jest, aby dostatecznie wcześniej opuścić pomieszczenie, w celu uniknięcia zatrucia tlenkiem węgla(II) lub uduszenia z powodu braku tlenu. Do gaszenia pożarów w laboratorium chemicznym najczęściej stosowane są gaśnice napełnione dwutlenkiem węgla, lub gaśnice

proszkowe. W przypadku, gdy zapaleniu uległy osoby, należy stosować koce gaśnicze z włókien szklanych. Poza tym, do gaszenia pożarów używa się piasku i ewentualnie wody z hydrantów przeciwpożarowych lub systemu zraszającego. Wodą nie można gasić urządzeń elektrycznych. Żarzący się lub tłący ogień najlepiej gasić za pomocą gaśnic proszkowych. Do najłatwiej żarzących się materiałów należą: węgiel, drewno, papier i odzież. W przypadku palących się metali używa się piasek. Dwutlenek węgla nie nadaje się do gaszenia palących się lub żarzących metali, gdyż ulega on redukcji z utworzeniem tlenków metali, co jest procesem silnie egzotermicznym. Niewielki pożar na stole laboratoryjnym gasi się gaśnicami wypełnionymi dwutlenkiem węgla lub tłumiąc ogień kocem gaśniczym. Do tego celu używać można także piasku gaśniczego. W przypadku palenia się sodu lub potasu nie stosuje się gaśnic wypełnionych tetrachlorometanem, gdyż może dojść do wybuchu. Jeżeli pali się olej lub organiczne rozpuszczalniki, wówczas do gaszenia nie należy używać wody, gdyż powoduje to rozpryskiwanie palącej się substancji. W takich wypadkach najlepiej sprawdzają się gaśnice proszkowe lub wypełnione dwutlenkiem węgla. Płonącą osobę należy przykryć wilgotnym kocem gaśniczym. Zdejmowanie ubrania z miejsc oparzonych najlepiej pozostawić wykwalifikowanemu personelowi medycznemu, gdyż nieumiejętne rozbieranie oparzonego naraża go na utratę ciepła i infekcję. W ciężkich przypadkach oparzeń należy natychmiast wezwać lekarza i stosować się do jego poleceń. W lżejszych przypadkach stosować zabiegi opisane niżej.

4.2. Porażenia prądem elektrycznym

Porażenie tego typu następuje zwykle na skutek zetknięcia się z przewodami prądu lub transformatorami wysokiego napięcia. W takim przypadku, gdy jest to możliwe, należy natychmiast wyłączyć instalację elektryczną. Porażonego należy usunąć spod działania prądu za pomocą laski lub kija, uważając, aby samemu nie ulec porażeniu. Jeżeli osoba porażona prądem elektrycznym nie oddycha, należy zastosować sztuczne oddychanie najlepiej przy użyciu worka AMBU, i natychmiast wezwać lekarza. Worek AMBU

jest samorozprężalnym aparatem do prowadzenia sztucznego oddychania, wykonanym z gumy lub sztucznego tworzywa.

4.3. Oparzenia

W praktyce laboratoryjnej często zdarzają się różnego typu oparzenia spowodowane np. gorącymi przedmiotami, palącymi się rozpuszczalnikami, bromem, stężonymi kwasami lub stężonymi roztworami zasad itp. W lżejszych przypadkach można udzielić pomocy na miejscu, obmywając oparzoną powierzchnię strumieniem bieżącej zimnej wody przez 5 - 10 minut, ewentualnie skonsultować się z lekarzem. W przypadkach poważniejszych oparzeń, należy natychmiast wezwać pogotowie lub przetransportować chorego do lekarza.

4.3.1. Oparzenia suche

Oparzenia rozpalonymi przedmiotami lub palącymi się rozpuszczalnikami bądź gorącą wodą lub parą wodną mogą być opatrzone na miejscu w laboratorium, pod warunkiem, iż uszkodzona została niewielka powierzchnia ciała. W takim wypadku najlepsze jest obmycie uszkodzonej powierzchni bieżącą wodą. Istotne jest, aby oparzone miejsca zostały po obmyciu zabezpieczone jałowym opatrunkiem luźno zabandażowanym. W przypadku silnych bólów można zastosować maść zawierającą środek znieczulający, np. anestetykę oraz leki przeciwbólowe doustne lub w iniekcjach.

4.3.2. Oparzenia stężonymi kwasami

Miejsce oparzone przemywa się dużą ilością zimnej wody, a następnie 3-5% roztworem wodorowęglanu sodu. W przypadku otwartej rany skóry, postępowanie uzależnione jest od stopnia uszkodzenia, to znaczy głębokości i rozległości.

4.3.3. Oparzenia stężonymi zasadami

Oparzenia przemywa się dużą ilością zimnej wody, a następnie 1% roztworem kwasu octowego lub kwasu cytrynowego, ewentualnie 3% roztworem kwasu borowego. Oparzoną powierzchnię można opatrzyć okładem z wymienionych roztworów kwasów.

4.3.4. Oparzenia stopionym sodem

Drobne kawałki sodu usuwa się z powierzchni skóry za pomocą pincety. Następnie uszkodzone miejsca przemywa się obficie bieżącą wodą, po czym 1% roztworem kwasu octowego; można nałożyć opatrunek z maści tranowej lub bornej.

4.3.5. Oparzenia fosforem białym.

Oparzone miejsce przemywa się dużą ilością 5% roztworu siarczanu(VI) miedzi(II). Gdy bóle są silne, najlepiej nałożyć opatrunek z maści zawierającej opatrunek przeciwbólowy np. anestetynę, podając również środki przeciwbólowe doustne lub w iniekcji. Konieczna jest interwencja lekarska.

4.3.6. Oparzenia bromem

Brom należy szybko zmyć z powierzchni skóry za pomocą benzyny lub alkoholu etylowego, a następnie przemyć 5% roztworem tiosiarczanu(VI) sodu, lub 5% roztworem wodorowęglanu sodu. Na miejsce oparzone nakłada się opatrunek np. z maści tranowej lub maści Kocha.

4.3.7. Oparzenia fenolem i jego pochodnymi

Fenol należy szybko zmyć z powierzchni skóry alkoholem, a następnie wodą wapienną. Można nałożyć opatrunek z maści cynkowej.

4.3.8. Kontakt innych niebezpiecznych substancji ze skórą

W przypadku kontaktu niebezpiecznej substancji ze skórą należy miejsce skażenia intensywnie przemyć dużą ilością wody, aby zapobiec resorpcji odczynnika. Jeżeli substancja ma charakter lipofilowy, do przemywania stosuje się glikol polietylenowy.

4.3.9. Kontakt niebezpiecznej substancji z okiem

Jeżeli do oka dostały się stężone kwasy, przemywa się je dużą ilością zimnej wody, stosując specjalny kieliszek lub inne urządzenie do przemywania oczu. Następnie oko przemywa się 1% roztworem wodorowęglanu sodu. Jeżeli do oka dostały się rozcieńczone kwasy, do przemywania używa się 0,5 ~ 1% roztworu wodorowęglanu sodu. W przypadku dostania się do oka silnej zasady, najpierw przemywa się je zimną wodą, a następnie 1% roztworem kwasu bornego. Po każdym kontakcie oczu z niebezpiecznymi substancjami chemicznymi lub rozpuszczalnikami, należy przemyć je dużą ilością zimnej wody i jak najszybciej skierować chorego do lekarza okulisty.

**Apteczka pierwszej pomocy
medycznej w laboratorium
przyrodniczym**

5. Apteczka pierwszej pomocy medycznej w laboratorium przyrodniczym

Podręczna apteczka powinna zawierać takie środki, jak: materiały opatrunkowe, drobny sprzęt, roztwory, leki i inne środki pomocnicze.

5.1. Środki opatrunkowe

Bandaż, plaster z opatrunkiem, jałowe opatrunki, lignina, wata.

5.2. Drobny sprzęt

Nożyczki, pincety, szczyrzyk, pipety do kropli, kieliszek do płukania oczu, oraz worek AMBU - aparat do sztucznego oddychania, jednorazowe strzykawki o objętości od 1 cm³ do 20 cm³ oraz igły.

5.3. Roztwory

5% roztwór wodny amoniaku, 5% etanolowy roztwór taniny, 5% wodny roztwór wodorowęglanu sodu, 5% wodny roztwór tiosiarczanu(VI) sodu, 1% roztwór wodny kwasu octowego, 3% roztwór wodny kwasu bornego, 0,5% roztwór wodny kwasu cytrynowego, 1% wodny roztwór manganianu(VII) potasu, 1% wodny roztwór fioletu krystalicznego, 1% wodny roztwór chloraminy T, 20% roztwór albuminy osocza ludzkiego.

5.4. Leki oraz inne środki pomocnicze

Olej lniany, woda wapienna, tlenek magnezu, medyczny węgiel aktywny, środki wymiotne (np. stężony roztwór wodny soli kuchennej), środki przeczyszczające (np. siarczan(VI) magnezu, olej rycynowy), tabletki przeciwbólowe np. paracetamol, środki uspokajające (np. krople walerianowe), środki pobudzające akcję

serca (np. kardiamid z kofeiną), alkohol etylowy, 3% wodny roztwór wody utlenionej, jodyna, oczyszczona benzyna, glikol polietylenowy, glukonian wapnia w żelu lub w roztworze, maści: maść borna, maść cynkowa, maść tranowa, maść Kocha. Glukoza (roztwór 10% w ampułkach 10 cm³, i roztwór 66% w ampułkach po 10 cm³), tiosiarczan(VI) sodu (roztwór 10% w ampułkach po 10 cm³ i roztwór 30% w ampułkach po 10 cm³), azotan(III) sodu (roztwór 2% w ampułkach po 1 cm³), azotan(III) amylu (w fiolkach zawierających 0,1g).

**Eksperymenty
w nauczaniu przedmiotów
przyrodniczych**

6. Eksperymenty w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych

Współczesne tendencje w nauczaniu przyrodznawstwa zmierzają do takiego kierowania postępowaniem uczących się, aby proces kształcenia maksymalnie zbliżyć do pracy badawczej. Cenną metodą nauczania jest kształcenie w systemie problemowym, w toku którego uczeń przestaje być biernym przedmiotem zabiegów dydaktycznych nauczyciela, a staje się rzeczywistym współtwórcą procesu dydaktycznego. Nowe podejście do czynności uczniów i roli nauczyciela w procesie edukacyjnym pociąga za sobą konieczność nie tylko zmian w strukturze przedmiotu nauczania, zastosowania ściśle określonych metod postępowania, ale również szerszego i bardziej precyzyjnego spojrzenia na cele kształcenia i środki dydaktyczne stosowane w tym procesie. Efektywność uczenia się zależy od możliwości tworzenia struktur poznawczych i umiejętności przewycięzania szeregu towarzyszących im problemów. Wytwarzanie struktur poznawczych dokonuje się przez heurystyczne czynności zorganizowane na wzór badań naukowych, skrótowo nazywane czynnościami badawczymi. W każdym rodzaju badań naukowych rozwiązuje się określone rodzaje problemów, przy czym droga do rozwiązania tych problemów wiedzie przez szereg uporządkowanych czynności, nazywanych w tym przypadku metodą naukową. Istotnym zadaniem więc jest przeniesienie metody naukowej na grunt nauczania chemii. Pojawia się tym samym zagadnienie nauczania problemowego. Idzie o taki proces, w czasie którego uczący się pod wpływem aktywności wywołanej treścią zadania dostrzega określony problem, a następnie w rezultacie świadomego wysiłku umysłowego formułuje go i samodzielnie rozwiązuje, w drodze samodzielnych prób poszukiwawczych.

6.1. Rola eksperymentów na lekcjach

Uczeń w procesie dydaktyczno-wychowawczym na lekcjach przedmiotów przyrodniczych ma odkrywać i badać, ma być więc “badaczem”, niezależnie od tego, jaki będzie w przyszłości wykonywał zawód. Rzecz bowiem w tym, że w sytuacjach upodobnienia procesu dydaktyczno-wychowawczego do procesu

badawczego tkwią ogromne wartości poznawcze. Aby pedagogiczna idea kształtowania postawy badawczej ucznia w procesie nauczania i uczenia się mogła być realizowana w praktyce szkolnej, musi być do tego przede wszystkim przygotowany nauczyciel. Kształtowanie u uczniów postawy badawczej w procesie edukacyjnym ściśle wiąże się z działalnością laboratoryjną nauczyciela i uczniów, jako że chemia jest przecież nauką doświadczalną. W procesie nauczania i uczenia się ważnym zagadnieniem jest racjonalne stosowanie środków dydaktycznych. Za pomocą środków dydaktycznych można ilustrować abstrakcyjne pojęcia, prawa i teorie chemiczne, a także pokazywać przedmioty i obiekty trudne lub niemożliwe do bezpośredniego postrzegania. Środki dydaktyczne w dużym stopniu pozwalają na rozwijanie twórczego działania uczniów oraz aktywizują ich w procesie nauczania. W nauczaniu chemii stosuje się różne rodzaje środków dydaktycznych, począwszy od kolekcji przedmiotów naturalnych, modeli, plansz i foliogramów, a skończywszy na przezroczach, filmach, audycjach radiowych, programach telewizyjnych oraz multimedialnych programach komputerowych. Szkoły wyposażone są w różnorodne urządzenia techniczne jak: diaskopy, grafoskopy, magnetowidy i komputery, które pozwalają uatrakcyjnić proces dydaktyczny. Jak wiadomo, żaden środek dydaktyczny nie ma wartości samej w sobie, lecz staje się efektywną pomocą dopiero wtedy, gdy jest w właściwy sposób zastosowany i użytkowany przez nauczyciela.

Dobry nauczyciel nie tylko przekazuje uczniom informacje werbalnie, lecz rozwija także ich umiejętności intelektualne i praktyczne, oraz aktywizuje uczniów zwiększając ich zainteresowania. Właśnie w osiągnięciu tych wszystkich celów nieodzowne są środki dydaktyczne. W procesie kształcenia przyrodniczego uczniowie odbierają informacje głównie przez receptory wzroku i słuchu; duże znaczenie mają też inne zmysły: dotyk, smak, węch. Istotne są także receptory kontrolujące koordynację ruchów motorycznych, głównie w kształceniu umiejętności praktycznych. Dlatego też obok środków wizualnych i dźwiękowych, podstawowe znaczenie w nauczaniu przyrody ma racjonalne stosowanie środków dydaktycznych typu laboratoryjnego: aparatury, sprzętu, materiałów i odczynników chemicznych. Istotne znaczenie w chemii ma racjonalnie zorganizowana i wyposażona pracownia chemiczna,

albowiem w nauczaniu tym eksperyment zajmuje centralne miejsce i to niezależnie od tego, czy zaprojektowano w danym momencie procesu edukacyjnego doświadczenia uczniowskie czy też pokazy nauczycielskie. Doświadczenia chemiczne muszą być starannie przygotowane zarówno pod kątem doboru odpowiedniej aparatury jak i jasno sprecyzowanego celu jaki ma być osiągnięty za jego pośrednictwem. Ważną rzeczą jest, aby instrukcja przedstawiająca sposób wykonania doświadczenia, jasno opisywała poszczególne czynności jakie należy wykonać, aby eksperyment przeprowadzić z pozytywnym skutkiem. Najlepiej jest, gdy eksperyment laboratoryjny stawia uczniów w odpowiedniej sytuacji problemowej. Podczas pokazu eksperymentu chemicznego przez nauczyciela istnieje brak samodzielności i bezpośredniego uczestnictwa ucznia w procesie badawczym. Dlatego dąży się do zwracania większej uwagi na czynniki, które aktywnie oddziałują na uczniów. W procesie dydaktycznym stwarza się więc takie warunki, aby podczas pokazu nauczycielskiego uwagę uczniów koncentrować na tej części aparatury, która ma decydujący wpływ na przebieg reakcji chemicznej, która ma rozwiązać pewien problem, a także ma stworzyć sytuację problemową i potwierdzić lub obalić, w dalszym etapie badań, wysuniętą wcześniej hipotezę.

W doświadczeniach uczniowskich duży wpływ na sposób wykonania doświadczenia i uzyskanie poprawnego wyniku ma wykaz poszczególnych czynności jakie należy wykonać, aby osiągnąć założony cel. Dlatego ważne jest, w jaki sposób przedstawia się uczniom listę niezbędnych poleceń do zrealizowania w ramach wykonywanego eksperymentu. Taką listę stanowi instrukcja doświadczenia chemicznego opisująca sposób jego wykonania, a także zawierająca informacje dotyczące odczynników i sprzętu laboratoryjnego i innych materiałów niezbędnych do jego przeprowadzenia.

BARWY WYBRANYCH ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH CHROMU I MANGANU ORAZ WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE WODOROTLENKU CHROMU(III)

Odczynniki:

chlerek chromu(III),
chromian(VI) potasu,
dichromian(VI) potasu,
chlerek manganu(II),
manganian(VII) potasu
1m roztwór wodorotlenku sodu,
1m roztwór kwasu solnego,
1 roztwór wodorotlenku amonu
0,1m roztwór soli chromu(III) np chlerek chromu(III)

Sprzęt:

probówki,
pipety

Do 5 probówek wlewamy po około 5 cm³ rozcieńczonych roztworów soli zawierających jony Cr³⁺, CrO₄²⁻, Cr₂O₇²⁻, Mn²⁺ i MnO₄⁻.

Można zauważyć, że roztwór zawierający jony Cr³⁺ ma barwę zieloną, CrO₄²⁻ żółtą, Cr₂O₇²⁻ barwę pomarańczową, Mn²⁺ barwę blado-różową, a roztwór zawierający jony MnO₄⁻ barwę ciemnofioletową. Z kolei do dwóch następnych probówek dodajemy po 3 cm³ 0,1 m roztworu chlorku chromu(III) i 3 cm³ roztworu wody amoniakalnej. Obserwujemy powstawanie osadu.

Następnie do jednej z tych probówek dodajemy jeszcze 5 cm³ 1m roztworu wodorotlenku sodu, a do drugiej 5 cm³ 1m roztworu kwasu solnego.

Obserwujemy zachodzące zmiany.

Napisz równania reakcji wiedząc, że w probówce z dodatkiem NaOH powstaje związek zawierający anion Cr(OH)₄⁻.

1.
2.

Spostrzeżenia:.....

Wnioski:.....

REAKCJA MANGANIANU(VII) POTASU Z KWASEM SOLNYM, AZOTANEM(III) POTASU I SIARCZANEM(VI) ŻELAZA(II).

Odczynniki:

1m roztwór KNO_3 , stężony HCl ,

1m roztwór FeSO_4 ,

rozcieńczony roztwór H_2SO_4 ,

rozcieńczony roztwór NaOH ,

0,1m roztwór KMnO_4

Sprzęt:

probówki

pipety

W trzech probówkach znajdują się: w jednej kwas solny, w innej roztwór siarczanu(VI) żelaza(II), a w kolejnej roztwór azotanu(III) potasu.

Wykorzystując zaproponowane odczynniki dokonaj identyfikacji, w której probówce znajduje się stężony kwas solny, w której azotan(III) potasu, a w której siarczan(VI) żelaza(II).

Jakie zachodzą zmiany podczas wykonywania poszczególnych prób ?

Spostrzeżenia:

.....

Wnioski:

.....

Napisz równania wszystkich reakcji podając bilans elektronowy:

1.

2.

3.

4.

6.2. Rodzaje doświadczeń chemicznych i ich funkcje dydaktyczne

W procesie edukacyjnym chemii, nastawionym na odkrywcze działania ucznia, wyróżnia się cztery rodzaje laboratoryjnych doświadczeń chemicznych:

- A — obserwacja naukowa
- B — obserwacja z pomiarem
- C — eksperyment chemiczny
- D — eksperyment chemiczny z pomiarem

Obserwacja naukowa — jest najbardziej elementarnym rodzajem doświadczenia, prowadząc tylko do stwierdzeń naukowych na poziomie opisu i klasyfikacji. Obserwacja to zamierzone, planowe spostrzeganie prowadzone w konkretnym celu. Obserwator, stosując proste lub złożone techniki badania zjawisk bez zmiany ich przebiegu, gromadzi fakty w sposób narzucony przez naturę. Aby obserwacja mogła nosić miano naukowej, powinna być powtarzalna i niezależna od osoby badającej. Podobne wymagania odnoszą się do obserwacji prowadzonej przez uczniów na lekcjach chemii.

Obserwacje zapewniają uczniom poznanie podstawowych właściwości substancji jak: stan skupienia, barwa, zapach, twardość itd., a więc tych wiadomości, które mają uczniowie zdobyć w ramach opisu i klasyfikacji substancji, zjawisk i procesów. Uczeń w stosunkowo krótkim czasie dostrzega istotne cechy obserwowanego obiektu.

Obserwacja z pomiarem — jest formą doświadczeń chemicznych, dających pełniejsze i bardziej wiarygodne wyniki. Obserwacja z pomiarem polega na przyporządkowaniu danej wielkości pewnej liczby zwanej wartością tej wielkości. Porównania wartości mierzonej z wielkością (uznaną na mocy konwencji za jednostkę) dokonuje się za pomocą sprzętu pomiarowego. Zapis obserwacji pomiaru w tabeli lub graficznie, za pomocą wykresu, daje duże możliwości uogólnienia wyników pomiaru.

W nauczaniu chemii, obserwacje z pomiarem tradycyjnie nazywa się doświadczeniami ilościowymi. Przez określenie to należy rozumieć

wszelkie doświadczenia chemiczne, w których dokonuje się pomiaru ; w szkole na przykład masy i objętości. Tego rodzaju doświadczenia służą do tworzenia praw chemicznych, pojęć, wyznaczania wzorów związków chemicznych, oznaczania zawartości poszczególnych pierwiastków w różnych substancjach.

Eksperyment chemiczny — jest kolejną formą metody naukowego badania rzeczywistości, polegającą na wywołaniu lub zmianie przebiegu procesów poprzez dodanie do nich pewnego nowego czynnika i obserwowaniu zmian powstałych pod jego wpływem. Ten nowy, w sposób zamierzony wprowadzony do procesu czynnik, nazywa się zmienną niezależną, obserwowane zaś zmiany powstałe pod jego wpływem, noszą miano zmiennych zależnych.

Eksperyment określa się jako obserwację czynną, prowadzącą do wykrycia prawidłowości, ponieważ nieodzowna jest tu ingerencja badacza w rzeczywistość. Ingerencja ta polega na izolowaniu i kontroli działających czynników. Cechą charakterystyczną eksperymentowania jest aktywny stosunek ucznia do badanych zjawisk. Uczeń stwarza warunki, w których występuje pożądane zjawisko, eliminuje wpływ jednych czynników, dopuszczając oddziaływanie innych.

W eksperymencie laboratoryjnym, dzięki postępowaniu zgodnemu z millowskim kanonem jednej różnicy, istnieją proste możliwości izolowania zmiennej niezależnej, i tym samym łatwego obserwowania skutków jej działania. Jeżeli np. ogrzewamy w probówce wodorotlenek miedzi(II) w środowisku zasadowym w obecności glukozy, to aby wykluczyć hipotezę, iż zauważone w doświadczeniu zmiany powstają pod wpływem ogrzewania, wykonuje się równoległe drugie doświadczenie kontrolne, różniące się od pierwszego jedynie brakiem glukozy w środowisku reakcji.

Analizując podane wcześniej cechy eksperymentu naukowego, doświadczenie chemiczne wykonane przez nauczyciela lub ucznia można nazwać eksperymentem szkolnym, jeżeli można wyodrębnić w nim następujące czynniki:

- przyjęcie czynnika eksperymentalnego (zmiennej niezależnej) i założenie przypuszczalnego kierunku zmian powodowanego przez ten czynnik,
- badanie działania tego czynnika (proces sprawdzania

- słuszności przypuszczeń przez wywoływanie lub zmianę biegu zjawisk),
- obserwowanie i notowanie zmian zmiennych zależnych.

Eksperyment z pomiarem — różni się od eksperymentu wyżej opisanego tym, iż decydującą rolę odgrywa w nim wynik pomiaru służącego poznaniu nowej wiedzy lub zweryfikowaniu ustalonej hipotezy roboczej. Dlatego pomiar, w eksperymentach z pomiarem, należy wykonywać z odpowiednią dokładnością.

Opierając się na analizie czynności poznawczych uczniów, wyszczególnia się:

- eksperyment ilustracyjny,
- eksperyment badawczy.

Eksperyment badawczy — istnieje w dwóch odmianach, jako:

- eksperyment wprowadzający,
- eksperyment problemowy.

Eksperyment problemowy może mieć charakter eksperymentu problemowo-odkrywającego i problemowo-weryfikującego.

Eksperyment ilustracyjny — charakteryzuje się tym, iż wykorzystanie doświadczenia uczniowskiego lub pokazu w tej formie polega na ilustrowaniu wiadomości przekazywanych przez nauczyciela lub podręcznik. Czynności ucznia sprowadzają się jedynie do słuchania i przyswajania gotowych treści. Obserwacja jest w tym przypadku jedynie ułatwieniem przyswajania treści. Nie ma wymogu samodzielnego opracowania wyników doświadczenia przez ucznia, ani wyprowadzania wniosków.

Eksperyment badawczy wprowadzający — stanowi źródło informacji dla ucznia i punkt wyjścia do rozumowania wyjaśniającego na drodze indukcyjnej. Eksperyment tego rodzaju powinien mieć zastosowanie w nauczaniu treści dotychczas nieznanych, co do których uczniowie nie mają wystarczających przesłanek pozwalających na formułowanie hipotez. Celem tak wykorzystanego eksperymentu jest doprowadzenie uczniów do badań odkrywczych, w których najistotniejsze jest samodzielne dochodzenie do określonych prawd. Uczniowie wywołują określone

zjawiska po to, aby zaobserwować zmiany zachodzące pod wpływem pewnego czynnika, i w ten sposób dojść do wykrycia związków i zależności przyczynowo-skutkowych między zjawiskami.

Eksperyment problemowy — jest nieodzownym składnikiem metod laboratoryjno-problemowych. Rozwiązanie każdego problemu szczegółowego odbywa się na drodze indukcyjnej (od konkretnego do abstrakcji), lub na drodze dedukcyjnej (od abstrakcji do konkretnego). W zależności od drogi rozwiązywania problemu wyodrębnia się:

- eksperyment problemowo-odkrywający,
- eksperyment problemowo-weryfikujący.

W metodzie problemowej o toku indukcyjnym, eksperyment odkrywający jest wykorzystywany jako źródło wiadomości. Do czynności nauczyciela należy zorganizowanie sytuacji problemowej oraz pomoc w ustaleniu sposobu wykonania doświadczenia. Zadaniem uczniów jest sprecyzowanie sposobu badania i jego przeprowadzenie oraz obserwacja i opracowanie wyników.

Eksperyment weryfikujący — stosowany w procesie problemowym nauczania o toku dedukcyjnym. Jest sposobem empirycznego weryfikowania hipotez. Wymaga od ucznia odpowiedniego zasobu wiedzy teoretycznej i poziomu intelektualnego.

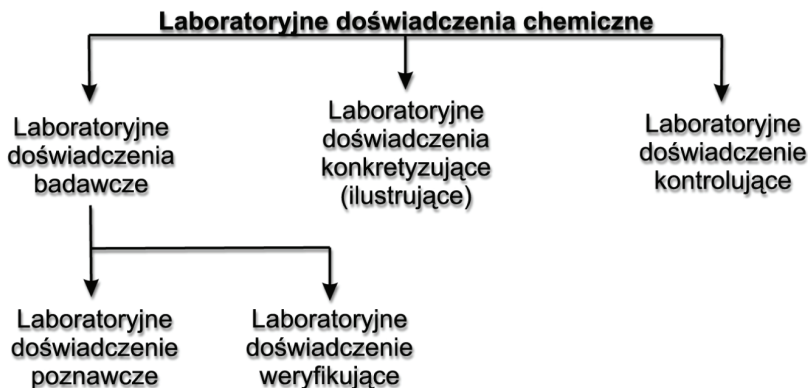
Czynności uczniów związane z tą metodą polegają na:

- uświadomieniu sobie problemu,
- zaproponowaniu hipotez,
- zaproponowaniu empirycznego ich zweryfikowania,
- przeprowadzeniu doświadczenia,
- porównaniu zgodności przewidywań z uzyskanymi wynikami,
- teoretycznym opracowaniu zagadnienia.

Przedstawiona liczba i rodzaj czynności badawczych uczniów wskazuje na fakt, iż eksperyment weryfikujący ma duże walory kształcące.

W zależności od tego, kto wykonuje na lekcji dany eksperyment i w jakim stopniu jest zaangażowany w jego realizację, dzieli się na:

- eksperymenty uczniowskie,
- pokazy nauczycielskie.



Rys. 1. Podział laboratoryjnych doświadczeń chemicznych

W stosowaniu metody praktycznej wykorzystuje się na lekcjach, opisane niżej, różne odmiany doświadczeń uczniowskich. Eksperymenty uczniowskie *równym frontem* - polegają na jednoczesnym wykonywaniu przez poszczególnych uczniów, lub grupy uczniów tworzących odrębne zespoły, jednakowych doświadczeń pod kierunkiem nauczyciela. Aby możliwe było realizowanie tej odmiany doświadczeń uczniowskich, wymagane jest wyposażenie stołów laboratoryjnych w odpowiednio przygotowane zestawy odczynników chemicznych i sprzętu laboratoryjnego. Wykonywanie doświadczeń “równym frontem” oparte jest na instrukcji słownej nauczyciela lub ucznia, pisemnej lub graficznej. W instrukcji podaje się opis przyrządów, kolejność czynności, ukierunkowuje się obserwacje oraz zwraca uwagę na bezpieczeństwo pracy. Propozycja wykonania doświadczenia może być dziełem nauczyciela, lecz także - co jest cenniejsze - dziełem ucznia. Projektodawcą doświadczenia uczniowskiego może być także podręcznik szkolny, film dydaktyczny czy program komputerowy, lub specjalnie opracowane instrukcje pisemne. W każdym jednak przypadku, opis doświadczenia, jego wynik i wnioski powinny być samodzielnym dziełem ucznia.

Inną odmianą doświadczeń uczniowskich są “*doświadczenia zespołowo-problemowe*” (weryfikacyjne). Doświadczenia te mają na celu weryfikację hipotezy, postawionej uprzednio, w oparciu o posiadany zasób wiadomości. Istota tych doświadczeń polega na tym, iż uczniowie wykonują podobne tematycznie doświadczenia,

stosując jednak różne substraty, a czasem także odmienną aparaturę. Wyróżnia się także doświadczenia wiązane. W wariancie tym uczniowie wykonując doświadczenie otrzymują produkt, który jest substratem wykorzystanym do przeprowadzenia następnego doświadczenia, zaś produkt tego drugiego eksperymentu jest substratem wykorzystywanym w kolejnym doświadczeniu, itd. Doświadczenia wiązane pozwalają na wszechstronne badanie substancji, a tym samym na gromadzenie wielu wniosków doświadczalnych, co prowadzi do dogłębnego zrozumienia podstawowych praw i przemian chemicznych oraz fizycznych, a także właściwości substancji.

6.3. Charakterystyka zabiegów dydaktycznych prowadzących do rozwiązywania zadań problemowych za pomocą eksperymentu

W rozwiązywaniu zadań problemowych za pomocą eksperymentu istotną rzeczą są funkcje, jakie mogą te eksperymenty pełnić. Eksperyment może przecież zajmować różne miejsca w procesie poznawczym, a więc różne są także jego funkcje w tym procesie.

6.3.1. Funkcje eksperymentu w procesie rozwiązywania zadań problemowych

Funkcja motywacyjna eksperymentu

Podczas rozwiązywania problemu, w określonej fazie procesu poznawczego, często stosuje się eksperyment. Przez analizę wyników eksperymentalnych dochodzi się do nowej, często nieoczekiwanej wiedzy, do nowego opisu zjawisk. W wyniku analizy sytuacji problemowej odkryta zostaje pewna sprzeczność, która zawiera w sobie istotę problemu. Dochodzi się więc do sformułowania problemu, często w formie pytania. W tej fazie zazwyczaj stosuje się środki heurystyczne. Następnie formułuje się hipotezę i poszukuje optymalną drogę jej weryfikacji.

Funkcja odkrywczą eksperymentu

Często formułowane jest zadanie, którego rozwiązanie polega na ustaleniu właściwości określonej substancji. Eksperymentalne badania danej substancji mogą przebiegać na różnych poziomach, w zależności od zastosowanych technik eksperymentalnych, np. badań spektralnych, elektrochemicznych, polarograficznych itp. Przy poznawaniu właściwości substancji, eksperyment jest pierwszym, głównym krokiem procesu poznawczego. W kolejnym etapie następuje zbieranie danych eksperymentalnych i ich klasyfikacja, która jest wynikiem przeprowadzonych przez eksperymentatora doświadczeń. W dalszym etapie analizuje się dane i prowadzi pierwsze próby uogólnienia, zmierzające do określenia właściwości badanej substancji. Następnym krokiem jest eksperymentalne sprawdzenie słuszności wyprowadzonych uogólnień.

Funkcja sprawdzająca eksperymentu

Poprzez analizę logiczną formułowane są zazwyczaj hipotezy teoretyczne. Można, np. na podstawie interpretacji modelu matematycznego, symulować reaktywność badanej substancji organicznej. Następnie sprawdza się w praktyce wiedzę zdobytą drogą dedukcji, zgodnie z jedną z teorii poznania: “od żywego oglądu do teorii - i stąd do praktyki”. Eksperyment ma w tym przypadku funkcję sprawdzającą. Jest on następstwem hipotezy wysuniętej w wyniku symulacji, przeprowadzonej za pomocą modelu (ogólnie: hipotezy teoretycznej).

6.4. Schemat eksperymentalnego rozwiązywania zadań problemowych

Kolejność etapów, a więc czynności wykonywanych w czasie eksperymentalnego rozwiązywania zadań problemowych wynika z funkcji i miejsca eksperymentu w danym zadaniu. Kolejność ta przedstawia się następująco:

1. Sformułowanie zadania.
2. Analiza zadania połączona z poszukiwaniem głównej sprzeczności charakteryzującej sytuację problemową.
3. Sformułowanie problemu.
4. Analiza problemu, jego transformacja na pytanie lub system pytań.

5. Dalsza, pogłębiona analiza częściowych pytań i problemów, mająca na celu sformułowanie hipotez cząstkowych, stanowiących części składowe głównej hipotezy.
6. Przygotowanie planu sprawdzenia hipotez, to jest planowanie i przygotowanie eksperymentów, jako instrumentów sprawdzania hipotez cząstkowych i hipotezy głównej (weryfikacja).
7. Realizacja eksperymentów.
8. Interpretowanie danych eksperymentalnych czyli ustalanie wyników jakościowych i ilościowych, ich zestawienie, analizowanie i klasyfikowanie.
9. Poszukiwanie zależności przyczynowych między jakościowymi i ilościowymi efektami i wynikami.
10. Porównanie wyników otrzymanych w procesie analiz i syntez z przesłankami hipotetycznymi. W przypadku przyjęcia hipotezy następuje dalszy etap, natomiast w przypadku jej odrzucenia niezbędne jest cofnięcie się do etapów 4 i 5 i powtórzenie dalszego postępowania.
11. Dokonanie możliwych uogólnień wyników eksperymentalnych przez wykonanie takich operacji jak: analiza, porównanie, synteza, generalizacja.

W nauczaniu przyrody zadania problemowe często rozwiązywane są bezpośrednio za pomocą eksperymentu. Eksperyment podporządkowany zostaje wtedy teoretycznemu procesowi poznania - jest sterowany przez teorię. W tym przypadku, z dydaktycznego punktu widzenia, eksperyment można umiejscowić w następującym, uproszczonym układzie czynności:

1. Sformułowanie celu eksperymentu.
2. Przygotowanie i planowanie eksperymentu.
3. Przeprowadzenie eksperymentu.
4. Opracowanie wyników eksperymentu, to jest sformułowanie wyników obserwacji i wyników pomiaru, ich uogólnienie i konfrontacja ze stanem wyjściowym.

Powyższy schemat eksperymentalnego rozwiązywania zadań problemowych pokrywa się z ogólną strukturą eksperymentu

szkolnego, w którym czynności empiryczne i teoretyczne występują równocześnie.

6.4.1. Eksperyment i metoda eksperymentalna w rozwiązywaniu problemów

Eksperyment zastosowany podczas rozwiązywania problemu wymagającego odkrywania, stanowi podstawę obserwacji, na podstawie której można ustalić dany stan rzeczy lub dane zjawisko w sposób bezpośredni.

Inną funkcję mają eksperymenty zastosowane w ramach rozwiązywania problemów wymagających wyjaśnienia względnie przewidywania. Stanowią one część metody eksperymentalnej.

Eksperymentalna metoda badawcza jest metodą poznawczą, służącą eksperymentalnemu sprawdzaniu następstw, wynikających z hipotez. Zasadność hipotez powinna być gruntownie sprawdzona.

W zakresie wiedzy chemicznej, wyodrębnionej jako kategorie:
struktura substancji,
właściwości substancji,
zastosowanie substancji, możliwe jest wnioskowanie.

W nauczaniu chemii stosuje się, oprócz metody eksperymentalnej, również metody modelowania i metodę obserwacyjną. Przy rozwiązywaniu problemów metodą eksperymentalną wyróżnia się kolejne etapy:

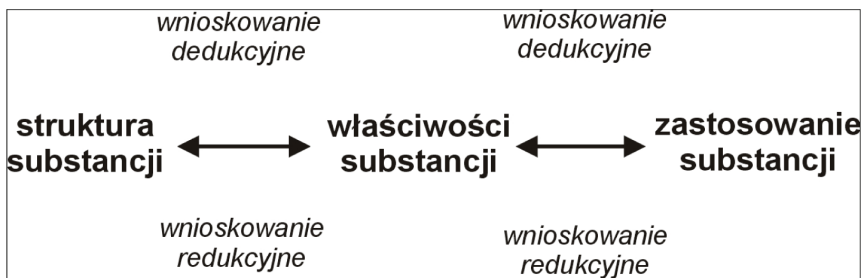
Z hipotez (z hipotetycznego wyjaśnienia lub przewidywania) wyprowadza się następstwa, możliwe do eksperymentalnego sprawdzenia. Orientacyjne pytanie brzmi: Jeżeli tak jest ... to powinno...

Przeprowadzenie zaplanowanych eksperymentów.

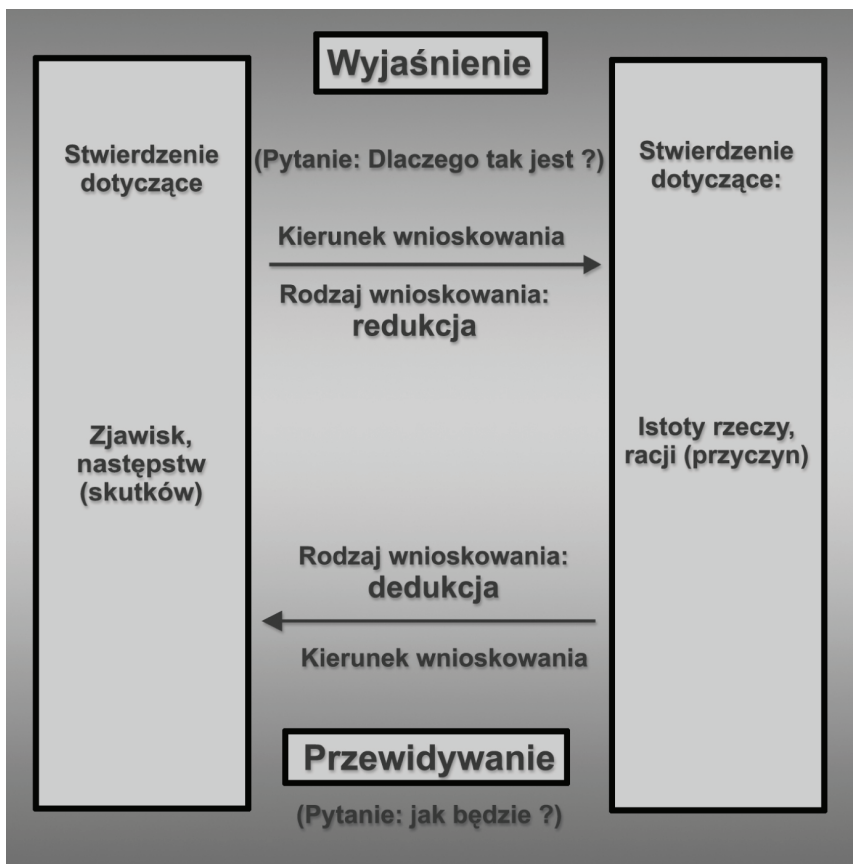
Konfrontacja wyników eksperymentu z przewidywanym następstwem, to znaczy ich weryfikacja lub falsyfikacja.

Wynikiem eksperymentalnego rozwiązania problemu, wymagającego wyjaśnienia lub przewidywania, jest:

- dowód,
- potwierdzenie,



Rys 2. Rodzaje wnioskowania przy omawianiu struktury, właściwości i zastosowania substancji



Rys. 3. Korelacja pomiędzy wyjaśnianiem, przewidywaniem oraz wnioskowaniem

- wzmocnienie,
- negacja.

Rysunek nr 12, obrazuje sposób postępowania przy eksperymentalnym rozwiązywaniu problemów wymagających wyjaśnienia i przewidywania.

6.4.2. Jak upodobnić proces dydaktyczny do badania naukowego ?

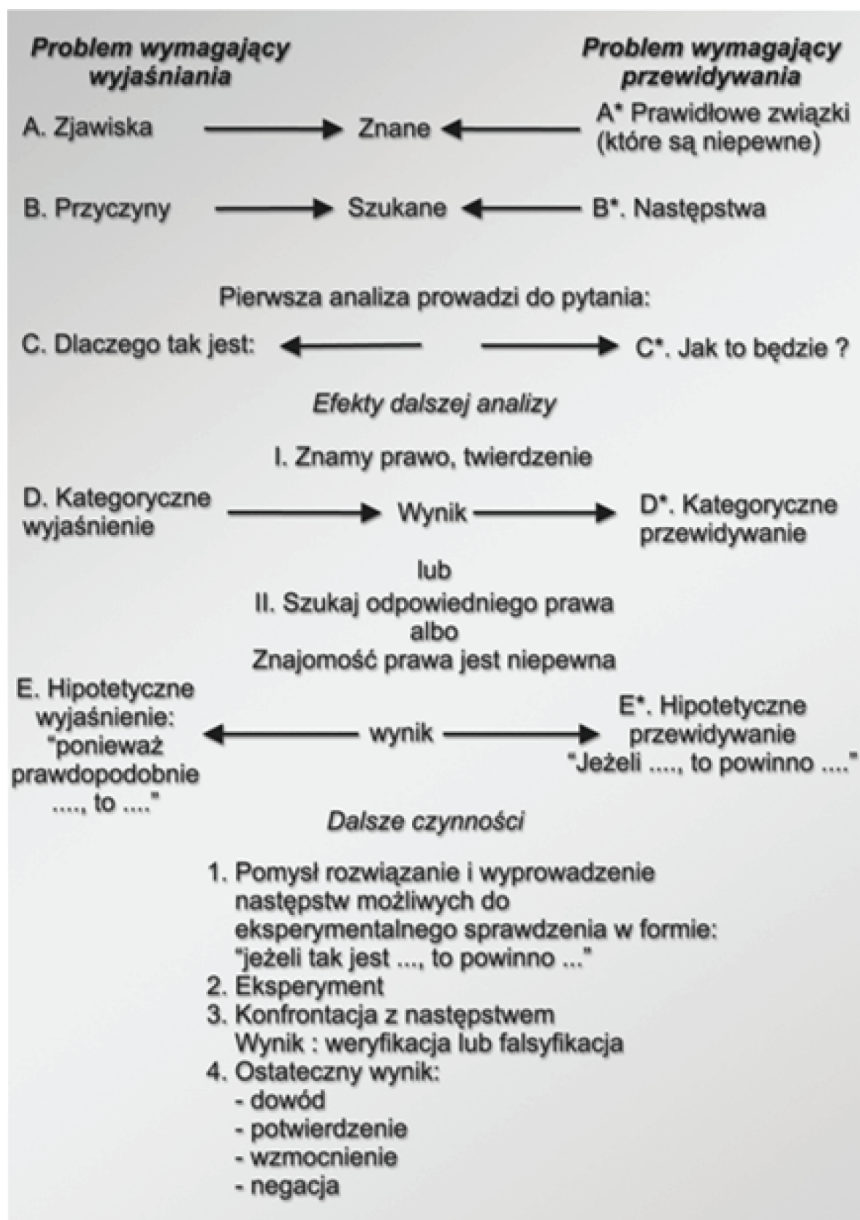
Celem nauczania chemii jest przede wszystkim rozwój intelektualny ucznia. Rozwój ten osiągnąć jest poprzez wyznaczone programem nauczania cele dydaktyczno - wychowawcze. W praktyce szkolnej pełna realizacja tych celów jest możliwa wtedy, gdy proces dydaktyczny chemii wiązany jest z zasadą dydaktycznie 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



Rys. 4. Schemat postępowania podczas eksperymentalnego rozwiązywania problemów wymagających wyjaśnienia i przewidywania

etapie upodabniania 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 spostrzeżeniowych, 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 uczniów 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.

6.4.3. Lekcje przyrody w systemie problemowym

Największe możliwości zaangażowania się uczniów w samodzielne czynności badawcze, przy ich pełnej aktywności poznawczej, 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.

6.4.4. 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:

1. Doświadczenia laboratoryjne nie mogą stanowić struktury oderwanej, mieszczącej się poza zasadniczym procesem poznawczym, lecz powinny być elementem składowym strukturalnie ujmowanych czynności badawczych.
2. Poza sprawnością manualną doświadczenia laboratoryjne powinny kształcić sprawność intelektualną, wiążąc harmonijnie przygotowanie teoretyczne z praktycznym, pracę intelektu z pracą rąk.
3. Doświadczenia laboratoryjne powinny scalać doznania uczniów pochodzących z bezpośrednich kontaktów z przyrodą z szeroko pojętą wiedzą teoretyczną - modelami teoretycznymi.
4. Doświadczenia powinny dostarczać jak najwięcej przeżyć spostrzeżeniowych, kształtować twórcze postawy uczniów wobec nauki, przyrody i wobec naturalnego środowiska człowieka, a więc powinny służyć ich wychowaniu.
5. 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.

6.4.5. Przewidywanie, a doświadczenie laboratoryjne

Istotne znaczenie w nauczaniu chemii i w czynnościach badawczych uczących się ma przewidywanie.

Przewidywanie jest swoistym wyprzedzeniem myśłą tego wszystkiego, co ma dopiero nadejść, i oparte jest o racje, które formułujący te przewidywania potrafi wyraźnie podać. Odwołać się można przede wszystkim do praw rządzących obserwowanymi zjawiskami, do analogii uprzedmiotowionej w modelach teoretycznych, do

ekstrapolacji występujących tendencji, lub w inny racjonalny sposób można uzasadnić swoje przypuszczenie. Odwołanie się do przypuszczeń intuicyjnych może być jedynie metodą uzupełniającą, wstępną, inspirującą właściwe przewidywania; nie powinny być jednak brane za podstawę strukturalizacji metod w planowaniu procesu dydaktycznego. Uzasadnienie jakiegoś twierdzenia w sposób racjonalny nie jest równoznaczne z trafnością tego uzasadnienia, a zatem i trafnością wypowiedzianych twierdzeń. W dydaktyce chemii organizuje się zajęcia badawcze w taki sposób, aby uczniowie wypowiadali przewidywania, które sprawdzą się w praktyce laboratoryjnej. Należy w tej sytuacji ustrzec się metody prób i błędów, która to metoda nie jest zgodna z postulatem upodobnienia kształcenia do procesu badawczego. Zatem w przewidywaniach powinna znajdować się taka liczba hipotez, aby przynajmniej jedna z nich została potwierdzona doświadczalnie.

Wyróżnia się dwie podstawowe funkcje przewidywań. Pierwsza z nich sprowadza się do skrócenia czasu przeprowadzania określonego zorganizowanego układu operacji badawczych i usamodzielnienia działań uczniowskich. Druga funkcja przewidywań dotyczy pełniejszego potwierdzenia tworzonych i wypowiedzianych twierdzeń.

Analizując czynności badawcze uczniów, można stwierdzić, że im dokładniej zostaną przeprowadzone przewidywania, tym szybciej i skuteczniej dochodzi się do rozwiązania postawionych problemów badawczych; im bardziej racjonalne i uświadomione są te przewidywania, tym mniejsza konieczność wykonywania mechanicznych i nietrafnych czynności. Stąd też przewidywania, jakie należy przeprowadzać przy rozwiązywaniu problemów dotyczących wewnętrznej organizacji materii, należą do działań stosunkowo złożonych. Przy rozwiązywaniu niektórych zagadnień, na plan pierwszy wysuwają się przewidywania dotyczące budowy produktu, w innych potrzebny jest zapis hipotetycznego równania chemicznego. Wyobraźnię uczniów pobudzają także oczekiwania na symptomy reakcji. Na tej podstawie wyróżnia się twierdzenia związane z mechanizmem i przebiegiem reakcji i traktuje się je jako pierwszy etap przewidywań, które wyrażają oczekiwanie na wystąpienie określonych symptomów reakcji. Wypowiedzenie tego rodzaju twierdzeń stanowi drugi etap przewidywań.

6.4.6. Struktury problemowych zadań laboratoryjnych

Przed problemowym zadaniem laboratoryjnym stawia się szereg wymagań, dotyczących także ich struktury. Wymagania te można przedstawić w kilku punktach:

1. W zadaniu laboratoryjnym uczniowie pytają przyrodę i tylko przyroda udziela im odpowiedzi na te pytania. Może się tak stać, jednak pod warunkiem, że uczniowie będą umieli ją o to zapytać. Niezbędne jest zatem odpowiednie instruktażowe przygotowanie uczniów.
2. Temat zadania nie może sugerować wyniku jego rozwiązania i nie powinien udzielać żadnych informacji na ten temat. W przeciwnym przypadku natychmiast zanika badawcze nastawienie uczniów.
3. Temat zadania laboratoryjnego nie może być zbyt błahy, a odpowiedź łatwo dostępna w podręczniku szkolnym. Jeżeli uczniowie w drodze przypomnienia przyswojonych uprzednio informacji mogą sformułować pełną odpowiedź na postawione pytanie, to najtrafniej nawet sformułowane zadanie (pod każdym innym względem) nie zmobilizuje uczniów do eksperymentowania.
4. Treść zadania laboratoryjnego nie może stwarzać potrzeby obszernego instruktażu. Długie i drobiazgowo instrukcje laboratoryjne są dla uczniów mało czytelne i zniechęcają do eksperymentowania.
5. Czynności eksperymentalne uczniów powinny być ukierunkowane i sprawnie doprowadzone do zaprogramowanego zakończenia.

**Podstawowe zasady
nomenklatury
związków chemicznych**

7. Podstawowe zasady nomenklatury związków chemicznych

Umiejętność prawidłowego tworzenia nazw związków nieorganicznych i organicznych jest bardzo istotna w nauce chemii, dlatego wydaje się celowym zapoznanie z podstawami nomenklatury związków chemicznych. W rozdziale tym rozpatrywane są najbardziej charakterystyczne przykłady, w sposób możliwie prosty i poglądowy.

7.1. Nazwy i symbole pierwiastków chemicznych

Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC) postuluje, aby nazwy pierwiastków w poszczególnych językach jak najmniej różniły się, a nowo odkrywane pierwiastki - metale miały nazwy zakończone na -ium, oraz by wszystkie nowo odkryte pierwiastki miały symbole dwuliterowe. Niżej podane są przykłady symboli pierwiastków chemicznych oraz ich nazwy w języku polskim i łacińskim, gdyż wiele symboli pierwiastków chemicznych wywodzi się od nazw utworzonych w języku łacińskim.

Liczba atomowa	Symbol	Nazwa polska	Nazwa łacińska
1	H	wodór	Hydrogenium
10	Ne	neon	Neon
20	Ca	wapń	Calcium
30	Zn	cynk	Zincum
40	Zr	cyrkon	Zirconium
50	Sn	cyna	Stannum
60	Nd	neodym	Neodymium
70	Yb	iterb	Ytterbium
80	Hg	rtęć	Hydrargyrum
90	Th	tor	Thorium
100	Fm	ferm	Fermium

7.2. Przedrostki wielokrotniające i przedrostki strukturalne w nazwach związków chemicznych

Zaleca się stosowanie greckich i łacińskich przedrostków wielokrotniających. Dopuszczalne jest także używanie polskich przedrostków wielokrotniających. Greckie liczebniki wielokrotniające:

1 mono	7 hepta
2 di	8 okta
3 tri	9 ennea
4 tetra	10 deka
5 penta	11 hendeka
6 heksa	12 dodeka

Stosowane są także łacińskie przedrostki:

9 nona	11 undeka
---------------	------------------

Afiksy wielokrotniające wskazują:

— liczbę atomów w cząsteczce pierwiastka, np.

N ₂ diazot	lub	dwuazot
O ₃ tritlen	lub	trójtlen
O ₂ ditlen	lub	dwutlen

określają proporcje stechiometryczne w cząsteczce związku, np.

SO₃ tritlenek siarki lub trójtlenek siarki

przedrostki wielokrotniające mogą określać stopień podstawienia jednych atomów innymi, np.

SiCl₂H₂ dichlorosilan lub dwuchlorosilan

liczbę jednakowych grup

[CrCl₂(H₂O)]₄Cl chlorek tetraakwadichlorochromu(III)

Afiksy wielokrotniające mogą określać:

liczbę identycznych atomów centralnych np. w polikwasach i ich anionach, np.

H₄P₂O₇ kwas difosforowy(V) lub kwas dwufosforowy(V)

liczbę atomów tego samego pierwiastka tworzącą szkielet niektórych cząsteczek lub jonów, np.

B₂H₆ diborowodór lub dwuborowodór

Rozdział 7

Stosowane są także afiksy zwielokrotniające: **bis**, **tris**, **tetrakis**, **pentakis**, a także afiksy łacińskie: **bi**, **tri**, **kwadri**.

Przedrostki **bis-**, **tris-** itd. stosuje się we wszystkich nazwach złożonych, np. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ bis(ortofosforan)triwapnia

Nazwy systematyczne związków chemicznych

8. Nazwy systematyczne związków chemicznych

Nazwy systematyczne związków chemicznych tworzy się tak, aby wskazać składniki i ich wzajemne proporcje.

1. Gdy związki chemiczne można uznać za binarne, wówczas w języku polskim nazwę składnika bardziej elektroujemnego wymienia się na początku. Gdy składnik ten jest monoatomowy lub homopoliatomowy, jego nazwę formuje się dodając do rdzenia nazwy składnika końcówkę - **ek** lub - **ik**. Jeśli związek chemiczny zawiera więcej niż jeden składnik elektroujemny, wówczas kolejność należy tworzyć w porządku alfabetycznym symboli. W przypadku związków binarnych pomiędzy niemetalami umieszcza się najpierw składnik, który występuje pierwszy w podanej kolejności: Rn, Xe, Kr, B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Fe, Se, S, At, Br, Cl, O, F, np. XeF_2 , NCl_3 , OF_2 , H_2S .

Nazwę składnika bardziej elektrododatniego lub za taki uważanego (np. azot w związku NCl_3) nie ulegają zmianie: NCl_3 - tróchlorok azotu (trójchlorok azotu).

Niektórym grupom heteropoliatomowym dodaje się końcówkę - **ek**:

CN- cyjan**ek**, NH_2 - amid**ek**, NH_2 - imid**ek**, N_2H_3 - hydraz**idek**.

2. Z reguły, jeżeli składnik elektroujemny jest heteropoliatomowy, nosi on nazwę zakończoną na - **an**, np.:

ClO^- , ClO_3^- chlor**an**

SO_4^{2-} , SO_3^{2-} siarcz**an**

Końcówka - **an** pozostaje bez względu na stopień utlenienia atomu centralnego. Gdy w grupie poliatomowej możliwe jest wskazanie pierwiastka centralnego lub charakterystycznego, wówczas grupę taką określa się jako kompleks, natomiast atomy grupy lub cząsteczki związane z atomem centralnym lub charakterystycznym określa się jako ligandy. Nazwę kompleksu o ładunku ujemnym tworzy się od nazwy atomu centralnego lub charakterystycznego, dodając końcówkę - **an**. Ligandy anionowe mają nazwy zakończone na - **o**.

3. Określenie proporcji składników w systemie Stocka.

Proporcje składników można wskazywać pośrednio, zaznaczając

stopień utlenienia cyfrą rzymską, umieszczoną w nawiasie tuż za nazwą pierwiastka lub grupy, np. FeCl_3 chlorek żelaza(III), P_4O_{10} tlenek fosforu(V). System ten jest szczególnie zalecany, gdyż jest bardzo prosty, pozwala wyeliminować końcówkę - **awy** oraz przedrostki **pod** - , **nad** - , np. FeCl_2 chlorek żelaza(II), FeCl_3 chlorek żelaza(III), NaClO chloran(I) sodu, NaClO_4 chloran(VII) sodu.

8.1. Nazewnictwo tlenków w systemie Stocka

W systemie tym po słowie tlenek i nazwie łączącego się z atomem tlenu pierwiastka (bez stosowania końcówek – **owy** czy **awy**) podawany jest stopień utlenienia pierwiastka elektrododatniego, czyli łączącego się z tlenem, pisany cyfrą rzymską, umieszczoną w nawiasie, np. NO tlenek azotu(II), NO_2 tlenek azotu(IV), FeO tlenek żelaza(II), Fe_2O_3 tlenek żelaza(III), Cr_2O_3 tlenek chromu(III), CrO_3 tlenek chromu(VI).

8.2. Nazewnictwo anionów

Nazwy anionów jednoatomowych tworzone są od nazwy pierwiastka (pełnej lub skróconej) z dodaniem końcówki - **ek** lub - **ik**, np. F^- fosforek, Cl^- chlorek, Br^- bromek, I^- jodek, S^{2-} siarczek, Se^{2-} selenek, Te^{2-} tellurek, N^{3-} azotek, P^{3-} fosforek, As^{3-} arsenek, Sb^{3-} antymonek, C^{4-} węglík, Si^{4-} krzemek, B^{3-} borek, H^- wodorek, O^{2-} tlenek.

Aniony, których nazwy zakończone są na - ek:

OH^- wodorotlenek, jon wodorotlenkowy; CN^- cyjanek, jon cyjankowy; S_2^{2-} disiarczek, jon disiarczkowy; O_2^{2-} nadrtlenek, jon nadrtlenkowy; O_2^- ponadrtlenek, jon ponadrtlenkowy; N_3^- azydek, jon azydkowy; NH_2^- amidek, jon amidkowy; NH^{2-} imidek, jon imidkowy, O_3^- ozonek, jon ozonkowy, HS^- wodorosiarczek, jon wodorosiarczkowy, HO_2^- wodoronadrtlenek, jon wodoronadrtlenkowy.

Aniony, których nazwy zakończone są na - an:

Nazwy takie powinny się składać z rdzenia nazwy atomu

Rozdział 8

centralnego i końcówki - **an**, np. NO_3^- azotan(V), jon azotanowy(V);
 NO_2^- azotan(III), jon azotanowy(III); SO_3^{2-} siarczan(IV), jon
siarczanowy(IV).

Nazewnictwo kwasów

9. Nazewnictwo kwasów

Sposoby nazewnictwa kwasów są w dużej mierze uzależnione od ich składu.

- **Kwasy beztlenowe** można nazywać jak inne związki binarne, np. HCl chlorek wodoru, chociaż w nomenklaturze polskiej stosuje się nazwę kwas chlorowodorowy.
- **Kwasy, z których powstają aniony zakończone na - an**, można traktować podobnie jak kwasy beztlenowe, tj. nazwy ich tworzyć od nazwy anionu.
- **Nazewnictwo kwasów tlenowych**. Dla wszystkich kwasów stosuje się końcówkę —owy, natomiast stopień utlenienia atomu centralnego zaznacza się liczbą rzymską umieszczoną w nawiasie tuż za nazwą kwasu: HClO kwas chlorowy(I), HClO₂ kwas chlorowy(III), HClO₃ kwas chlorowy(V), HClO₄ kwas chlorowy(VII).

Ten system nazewnictwa pozwala łatwo rozróżnić poszczególne kwasy, wymaga jednak znajomości określenia stopnia utlenienia atomu centralnego.

- **Dla kwasów zawierających różną “ilość wody”** stosowano dawniej w nazwach przedrostki meta-, orto-, piro, np. HPO₃ kwas metafosforowy, H₃PO₄ kwas ortofosforowy, H₄P₂O₇ kwas pirofosforowy. Przedrostki **meta-**, **piro-**, **orto-** są nadal stosowane, lecz w przypadku **piro-** lepiej jest używać przedrostka **di-** np. H₃BO₃ kwas metaborowy, H₄SiO₄ kwas ortokrzemowy, HPO₃ kwas metafosforowy(V), H₃PO₄ kwas ortofosforowy(V), H₄P₂O₇ kwas difosforowy(V).
- **Nadtlenokwasy**. Kwasy obejmowane tą nazwą mają w swej cząsteczce ugrupowanie —O—O—. W nazwie tych kwasów stosuje się przedrostek nadtleno - (perokso) połączony z resztą nazwy, np. H₂SO₅ kwas nadtlenomonosiarkowy(VI), H₂S₂O₈ kwas nadtlenodisiarkowy(VI)
- **Tiokwasy**. Istnieje grupa kwasów wywodzących się z kwasów tlenowych w cząsteczkach których jeden lub więcej atomów tlenu zastąpionych jest atomem lub atomami siarki. W tych związkach chemicznych atomy siarki pozostają na -II stopniu utlenienia. Kwasy te zwane są tiokwasami, np. H₂S₂O₃ kwas tiosiarkowy(VI), H₂S₂O₂ kwas tiosiarkowy(IV).

- **Kwasy politionowe.** Gdy w cząsteczce tiokwasów o wzorze ogólnym $H_2S_xO_6$ gdzie $x = 2,3,4,5,6 \dots$, atomy siarki łączą się ze sobą np, $H_2S_4O_6$ wówczas kwasy takie nazywa się politionowymi. W nazwie tych kwasów należy określić liczbę atomów siarki, wchodzących w skład cząsteczki, np. $H_4S_2O_6$ kwas tetratationowy (czterotitionowy), $H_2S_2O_6$ kwas ditionowy (dwutionowy), $H_2S_3O_6$ kwas tritionowy (trójtitionowy).
- **Nazewnictwo kwasów beztlenowych.** Kwasy beztlenowe pochodzą od związków niemetalu z wodorem, które cechują się wiązaniem kowalencyjnym spolaryzowanym (związki te są zwykle gazami): HCl chlorowódór, HBr bromowódór, HI jodowódór, H_2S siarkowódór. Związki te w wodzie ulegają dysocjacji i wówczas stają się kwasami np. $HCl_{aq} \rightarrow H^+ + Cl^-$. Nazewnictwo tych kwasów może wynikać z zasad obowiązujących dla innych związków binarnych. Ich nazwy mogą być tworzone od nazwy anionu, która zakończona jest na - **ek**, np. HCl chlorek wodoru, HBr bromek wodoru, H_2S siarczek diwodoru (siarczek dwuwodoru). W nomenklaturze polskiej dopuszczalna jest nadal nazwa kwas chlorowodorowy, bromowodorowy, siarkowodorowy.

Nazewnictwo wodorotlenków

10. Nazewnictwo wodorotlenków

Związki chemiczne zawierające w swej cząsteczce atomy metalu, wodoru i tlenu o wzorze ogólnym $M^{n+}(\text{OH})_n$ gdzie M to atom metalu, a n to liczba grup wodorotlenowych noszą ogólną nazwę wodorotlenków. W przypadku gdy związki te rozpuszczają się w wodzie, wówczas dysocjują one na jony. Wtedy nazywa się je zasadami. Gdy dysocjacja jest całkowita lub zachodzi w bardzo dużym stopniu, wodorotlenki określamy jako mocne zasady, gdy zaś dysocjacja zachodzi w małym stopniu, określamy wodorotlenki jako słabe zasady, i dla nich pozostawiamy nazwę wodorotlenek. Anion $(\text{OH})^-$ nosi nazwę anionu wodorotlenkowego.

10.1. Tworzenie nazw systematycznych wodorotlenków

- Nazwy wodorotlenków tworzy się podając nazwę: **wodorotlenek** oraz w drugim przypadku liczby pojedynczej odpowiadającą im nazwę pierwiastka, np. NaOH wodorotlenek sodu gdyż można je uważać za związki typu binarnego. Grupę OH^- jako składnik elektroujemny i jego nazwę zmienia się dodając końcówkę - **ek**: wodorotlenek, a składnik elektrododatni M^{n+} określa się nazwą pierwiastka chemicznego w drugim przypadku liczby pojedynczej.
- Gdy istnieje kilka wodorotlenków tego samego metalu, wówczas dla odróżnienia ich, po nazwie pierwiastka chemicznego podaje się jego stopień utlenienia, pisząc go cyfrą rzymską w nawiasie, np. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ wodorotlenek żelaza(II), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ wodorotlenek żelaza(III).

Dla określenia mocnej zasady stosowano określenie “ług”, np. ług sodowy - jednak obecnie te nazwy zostały całkowicie wycofane i nie stosuje się ich.

Nazewnictwo soli

11. Nazewnictwo soli

Sole można podzielić na następujące grupy:

- sole proste,
- sole zawierające w swych cząsteczkach atomy wodoru, hydroksosole, oksosole, sole podwójne, potrójne.

11.1. Nazewnictwo soli beztlenowych

Cząsteczki soli beztlenowych składają się z kationu metalu i anionu niemetalu, np. NaCl , Na_2S , FeCl_2 , FeCl_3 . Ich nazwy tworzy się od nazw jonów składowych.

11.2. Nazewnictwo soli w systemie Stocka

W systemie Stocka nazwy soli beztlenowych tworzy się tak, iż do nazwy anionu dodaje się końcówkę —**ek** np. chlorek, a następnie nazwę pierwiastka metalu w drugim przypadku liczby pojedynczej, a tuż za nazwą podaje się stopień utlenienia metalu umieszczony w nawiasie i napisany cyfrą rzymską. FeCl_2 chlorek żelaza(II), FeCl_3 chlorek żelaza(III).

W praktyce szkolnej najłatwiej jest stosować system Stocka, gdyż jest to sposób najprostszy.

11.3. Nazewnictwo soli zawierających anion oksokwasu - sole tlenowe

W systemie Stocka nazwy soli kilku kwasów tlenowych przedstawiają się następująco: Na_2SO_4 siarczan(VI) sodu, Na_2SO_3 siarczan(IV) sodu, Na_3PO_4 ortofosforan(V) sodu, NaNO_2 azotan(III) sodu, NaNO_3 azotan(V) sodu.

W przytoczonych przykładach można zaobserwować, iż wszystkie aniony mają końcówkę - an, a stopień utlenienia atomu centralnego podawany jest cyfrą rzymską ujętą w nawiasie.

11.4. Wodorosole

Gdy w cząsteczce kwasu zawierającego dwa lub więcej atomów wodoru nie wszystkie z tych atomów zostaną wymienione na atomy metalu, wówczas sole takie noszą nazwę wodorosoli, np. NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , NaHCO_3 . Nazwy tych soli tworzy się przez dodanie przedrostka **wodoro** - , po czym, bez odstępów, podaje się nazwę anionu, np. NaHCO_3 wodorowęglan sodu.

Gdy cząsteczka soli zawiera dwa atomy wodoru, np. NaH_2PO_4 , przed słowo "wodoro" dodaje się liczebnik, np. NaH_2PO_4 diwodorofosforan(V) sodu.

11.5. Hydroksosole

Gdy w cząsteczce wodorotlenku mającego więcej niż jedną grupę atomów OH^- w trakcie tworzenia soli nie wszystkie grupy OH^- zostaną zastąpione anionem, wówczas sole takie określa się jako hydroksosole, np. $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$, $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$.

Sole tego typu można traktować jak związki podwójne:

$\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ to $\text{AlCl}_3 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_3\text{Cl}_3(\text{OH})_6$. Ponieważ wzór empiryczny związku chemicznego tworzy się przez zestawienie symboli pierwiastków tworzących cząsteczkę tak, aby wyrażał najprostszy stechiometryczny skład tego związku, zatem: $\text{AlCl}_3 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3$ - sumarycznie $\text{Al}_3\text{Cl}_3(\text{OH})_6$ można zapisać $\text{AlCl}(\text{OH})_2$ i nazwać chlorek diwodorotlenek glinu. Na przykład $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ chlorek triwodorotlenek dimiedzi(II), $\text{MgCl}(\text{OH})_3$ chlorek triwodorotlenek magnezu.

11.6. Oksosole

Znana jest grupa soli, które w swym składzie mają atomy tlenu nie będące częścią anionu, np. BiOCl , $\text{VO}(\text{SO}_4)$. Sole takie określa się nazwą oksosole. W celu ustalenia nazwy oksosoli, traktuje się je jako połączenie soli i odpowiedniego tlenku, np. $\text{BiCl}_3 \cdot \text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{Bi}_3\text{Cl}_3\text{O}_3$. Zatem najprostszy wzór to BiClO (aniony podawane są w porządku alfabetycznym).

$\text{V}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{VO}_2 = \text{V}_2\text{O}_2(\text{SO}_4)_2$ w najprostszej formie to $\text{VO}(\text{SO}_4)$.

W związku z podanymi wcześniej zasadami zapisu, omawiane sole

noszą nazwy:

BiClO — chlorek tlenek bizmutu(III)

$\text{VO}(\text{SO}_4)$ — siarczan(VI) tlenek wanadu(IV).

11.7. Sole podwójne

Sole podwójne są utworzone przez połączenie ze sobą dwu różnych soli. Związki chemiczne tego typu krystalizują w odmiennej strukturze niż tworzące je sole składowe. Rozpuszczone w wodzie dysocjują tak, jak gdyby każda sól znajdowała się oddzielnie.

Przykład soli podwójnej:



Nazwę tych soli tworzy się tak, aby zaznaczyć udział każdej z nich.

Wzór podanej soli $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ można napisać w prostszej postaci:

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$. We wzorach chemicznych wszystkie kationy mają wyprzedzać aniony. W nazwie wszystkie kationy inne niż wodorowy należy czytać w porządku alfabetycznym lecz kolejność zapisu może być inna. Nazwy kationów wymienia się po nazwie anionów. Zawartość cząsteczek wody zaznacza się we wzorze odpowiednią liczbą, np. 6-hydrat. Oto przykład:

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ - 12-hydrat siarczanu(VI) glinu i potasu

$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ - 6-hydrat fosforanu(V) amonu i magnezu

$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ - 12-hydrat siarczanu(VI) chromu(III) i potasu

Podwójne wodorotlenki i tlenki

12. Podwójne wodorotlenki i tlenki

Jest wiele związków chemicznych - minerałów, które należy rozpatrywać jak wodorotlenki lub tlenki podwójne czy nawet potrójne, np. $\text{AlCa}_2(\text{OH})_7 \cdot n\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ - hydrat heptawodorotlenku glinu i diwapnia.

Zatem w celu podania wzoru i nazwy tlenków lub wodorotlenków podwójnych, potrójnych itd. należy:

- skład połączenia zapisać sumarycznie w postaci najprostszego wzoru;
- nazwy metali wchodzących w skład tlenków czy wodorotlenków podwójnych - wymienia się alfabetycznie, podając ich ilość za pomocą przedrostków di - , tri - , zaznaczając w nawiasie ich stopień utlenienia;
- gdy połączenia tego typu zawierają cząsteczki wody - wówczas przed nazwą chemiczną podaje się liczbę cząsteczek wody, np. 4-hydrat tritlenku, triwodorotlenku;
- określenie liczby każdego rodzaju tlenku lub wodorotlenku oddziela się spójnikiem "i";
- w razie potrzeby w nawiasie (za nazwą) podaje się typ struktury, np. $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ zapisuje się i nazywa: $\text{AlCa}_2(\text{OH})_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ n · hydrat heptawodorotlenku glinu i diwapnia,
 $\text{V}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ można zapisać i nazwać:
 V_2FeO_4 tetratlenek diwanadu(III) i żelaza(II)

Podwójne tlenki

13. Podwójne tlenki

W przyrodzie w sposób naturalny występują związki chemiczne, które można uważać za połączenie tlenków i są to z reguły minerały, np. $\text{CaTiO}_3 = \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$, $\text{Al}_2\text{Ca}_4\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgTiO}_3 = \text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$, $\text{FeTiO}_3 = \text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$.

Połączenia tego rodzaju określa się jako tlenki podwójne. Należą one często do kilku odrębnych grup, mających każda odrębny typ struktury, nazwany od dobrze znanego minerału tej samej grupy, np. perowskit, ilmenit, spinel.

We wzorze dla ścisłego określenia podaje się typ struktury, umieszczany w nawiasie i pisany kursywą (pochyłym drukiem). Zapis chemiczny tlenku podwójnego może być sumarycznym podaniem liczby atomów wchodzących w skład połączenia, np. tlenek podwójny $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ można zapisać: CaTiO_3 i nazwać tritlenek wapnia i tytanu(IV). Nie zaleca się stosować nazwy - odpowiadającej nazwie soli kwasu tlenowego, np. CaTiO_3 nazywać tytanianem wapnia, ponieważ nie ma pewności czy obecne są tam kationy i oksoaniony. Gdy istnieje potrzeba podania struktury, wówczas podajemy ją w nawiasie pisaną kursywą, np. $\text{MgTiO}_3 = \text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$ tritlenek magnezu i tytanu(II) (typ ilmenitu).

Jednak gdy jest to jednocześnie ten minerał wówczas nie pisze się nazwy kursywą i nie podaje się słowa "typ", a pisze się jedynie nazwę tegoż minerału, np. $\text{FeTiO}_3 = \text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ tritlenek tytanu(IV) i żelaza(II) (ilmenit), gdyż nazwa typu struktury jest tu jednocześnie nazwą minerału.

Wodorki

14. Wodorki

Wodorkami nazywa się związki chemiczne wodoru z innymi pierwiastkami chemicznymi. Wszystkie wodorki dzieli się na grupy: wodorki typu soli, wodorki kowalencyjne oraz wodorki metaliczne.

Wodorki typu soli zwane też solopodobnymi są związkami o charakterze jonowym, w których atomy wodoru występują na -I stopniu utlenienia jako H⁻. Wodorki te tworzą metale grupy 1 i 2 z wyjątkiem berylu i magnezu.

Wodorki kowalencyjne zawierają w swych cząsteczkach atomy wodoru będące na +I stopniu utlenienia, a wiązania w cząsteczkach związku są kowalencyjne (atomowe). Związki tego typu tworzą pierwiastki grup układu okresowego od 14 do 17 oraz bor (13 grupa).

Wodorki metaliczne są związkami wodoru z metalami zewnętrznoprzejściowymi, jednak ich składu chemicznego w wielu przypadkach nie da się określić prostymi wzorami.

14.1. Nazewnictwo wodorków

Nazwy binarnych związków wodoru można tworzyć według ogólnych zasad nazw systematycznych, tj.

- umieszczać składnik bardziej elektrodatni na pierwszym miejscu, np. NaH lecz HCl, H₂S.
- do nazwy pierwiastka bardziej elektroujemnego dodaje się końcówkę - **ek**, np. NaH wodorek sodu, HCl chlorek wodoru.
- ogólne nazwy wodorków lotnych z wyjątkiem wodorków grupy 17 układu okresowego pierwiastków - fluorowców, tlenu i azotu można tworzyć od nazwy rdzenia pierwiastka dodając końcówkę - **an** np. H₂S sulfan. Jeżeli cząsteczka wodorku zawiera więcej niż jeden atom danego pierwiastka, np. H₂S₅, wówczas liczby tych atomów wskazuje się za pomocą greckiego przedrostka liczebnikowego, np. H₂S₅ pentasulfan. Uznany wyjątkami są: woda - zamiast tlenek wodoru lub tlenek diwodoru, amoniak - zamiast azan, hydrazyna - zamiast diazan. Dopuszczalne jest także stosowanie następujących nazw: H₂S siarkowodór, HCl chlorowodór, HBr bromowodór, HI jodowodór, HF fluorowodór.

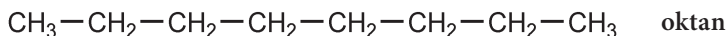
**Przykłady nazewnictwa
wybranych grup
związków organicznych**

15. Przykłady nazewnictwa wybranych grup związków organicznych

Związki organiczne mają różnego rodzaju budowę przestrzenną oraz zróżnicowany skład chemiczny. Ich przynależność do substancji organicznych wynika z obecności w cząsteczkach tych związków atomów węgla, które mogą być połączone wiązaniami chemicznymi z innymi atomami węgla lub też z atomami innych pierwiastków.

15.1. Alkany, czyli nasycone węglowodory o budowie łańcuchowej

Alkany są to węglowodory o ogólnym wzorze $C_n H_{2n+2}$.
Wzory alkanów zapisujemy:
podając grupy metylowe i metylenowe, np.

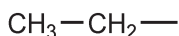


rysując cząsteczkę w sposób uproszczony, ukazujący zbliżony do rzeczywistego kształt cząsteczki jest często stosowany, np.

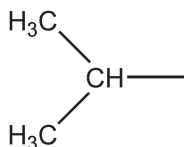
W węglowodorach mogą występować różne sekwencje połączeń atomów węgla pomiędzy sobą. Dlatego też wyróżnia się pojęcie rzędowości atomów węgla, to znaczy atomy węgla I-, II-, i III-rzędowe. I-rzędowy atom węgla jest związany tylko z jednym sąsiednim atomem węgla. II-rzędowy atom węgla jest związany z dwoma atomami węgla. III-rzędowy atom węgla jest związany z trzema sąsiednimi atomami węgla.

Przykłady rzędowości atomów węgla:

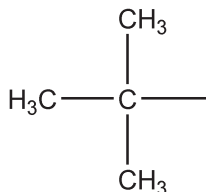
alkil I-rzędowy - atom węgla z wolną wartością jest związany tylko z jednym atomem węgla i z dwoma atomami wodoru



alkil II-rzędowy - atom węgla z wolną wartością jest związany z dwoma sąsiednimi atomami węgla i z jednym atomem wodoru.



alkil III-rzędowy - atom węgla z wolną wartością jest związany z trzema sąsiednimi atomami węgla, w związku z czym przy trzeciorzędowym atomie węgla nie ma miejsca na wiązanie się z atomami wodoru.



15.2. Nazewnictwo alkanów

Ze względu na budowę łańcucha alkanów, można podzielić tę grupę związków chemicznych na:

- alkany proste
- alkany rozgałęzione.

Alkany proste

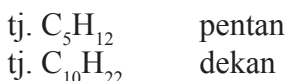
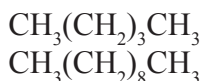
Do czterech pierwszych alkanów prostych, stanowiących początek szeregu homologicznego utrzymuje się nazwy zwyczajowe:

CH_4		metan
$\text{CH}_3\text{---CH}_3$	tj. C_2H_6	etan
$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_3$	tj. C_3H_8	propan
$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_3$	tj. C_4H_{10}	butan

Tworząc nazwy następnych alkanów podajemy wybrany z zamieszczonego niżej zbioru rdzeń pochodzący od liczebnika

Rozdział 15

greckiego lub łacińskiego, określający liczbę atomów węgla, oraz końcówkę - **an**.



Tworząc nazwy o końcówkach rozpoczynających się samogłoską należy pominąć literę a rdzenia, np. pentan, pentyl, penten, pentyn; heptan, heptyl, hepten, heptyn.

Alkany rozgałęzione

Liczba	Rdzenie nazw	
	liczebnikowe	zwyczajowe
1	mono -	meta -
2	di -	eta -
3	tri -	propa -
4	tetra -	buta -
5	penta -	-
6	heksa -	-
7	hepta -	-
8	okta -	-
9	nona -	-
10	deka -	-
11	undeka -	-
12	dodeka -	-
13	trideka -	-
14	tetradeka -	-
15	pentadeka -	-
16	heksadeka -	-

Alkany rozgałęzione składają się z łańcucha głównego i jednego lub więcej łańcuchów bocznych (podstawników). Łańcuchem głównym jest najdłuższy łańcuch w cząsteczce.

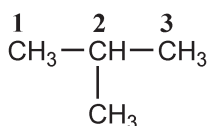
Alkany o jednym podstawniku

Przykłady nazewnictwa wybranych grup związków organicznych

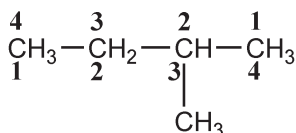
W celu nazwania alkanu rozgałęzionego o jednym podstawniku podaje się numer atomu węgla łańcucha głównego, przy którym znajduje się podstawnik, tzn. podaje się położenie podstawnika. Następnie wymienia się nazwę podstawnika, łącznik -o- i nazwę alkanu stanowiącego łańcuch główny.

Numerację łańcucha głównego prowadzi się w taki sposób, by numer atomu węgla związanego z podstawnikiem był jak najniższy. Na przykład:

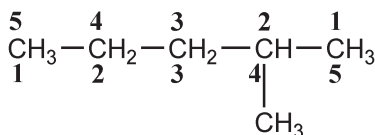
Alkany o dwu lub więcej podstawnikach



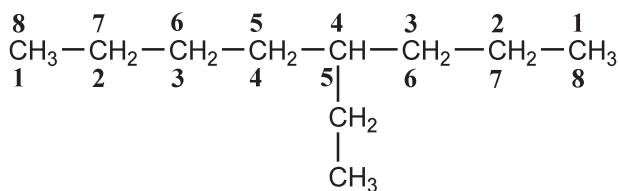
2-metylopropan



2-metylobutan
położenie podstawione
numeracja górna: 2 dobrze
numeracja dolna: 3 nieprawidłowo,
ponieważ $3 > 2$



2-metylopentan
podstawione położenie:
Numeracja górna: 2 dobrze
numeracja dolna: 4 nieprawidłowo,
ponieważ $4 > 2$



4-etylooktan
podstawione położenie
numeracja górna: 4 dobrze
numeracja dolna: 5 nieprawidłowo
ponieważ $5 > 4$.

W przypadku alkanów, które zawierają w swych cząsteczkach dwa lub więcej podstawników, wyrażnia się przypadki, w których:

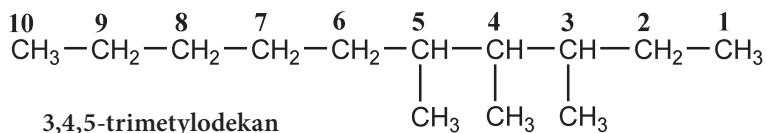
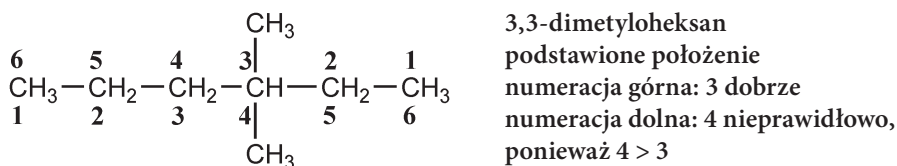
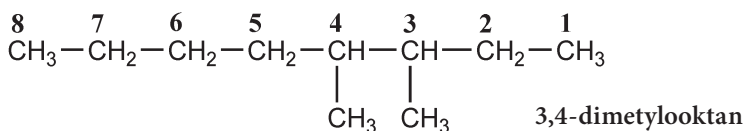
- alkany mają identyczne podstawniki,
- alkany zawierają różne podstawniki w cząsteczce.

Alkany o kilku identycznych podstawnikach w cząsteczce

Tworząc nazwy tych związków podaje się w rosnącej kolejności położenia podstawników, ich krotność (di-, tri-, tetra-, ...) i nazwę, a następnie nazwę alkanu stanowiącego łańcuch główny. Na przykład:

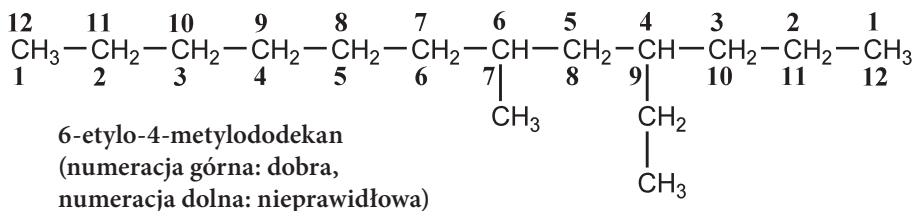
Alkany o różnych podstawnikach w cząsteczce

W celu nazwania alkanu, który zawiera kilka różnych podstawników



w cząsteczce podaje się położenie pierwszego w alfabecie podstawnika, ten podstawnik, położenie drugiego w alfabecie podstawnika, ten podstawnik (ewentualnie analogicznie trzeci podstawnik), oraz nazwę alkanu stanowiącego łańcuch główny.

Należy zachować alfabetyczny porządek podstawników, bez względu na to, czy kolejność numerów atomów węgla związanych z podstawnikami jest rosnąca, czy też malejąca, np.:



Nienasycone węglowodory łańcuchowe

16. Nienasycone węglowodory łańcuchowe

Węglowodory nienasycone są to związki chemiczne zawierające w swych cząsteczkach wiązania wielokrotne, podwójne lub potrójne. Cząsteczki węglowodorów nienasyconych mogą zawierać jedno lub więcej wiązań wielokrotnych.

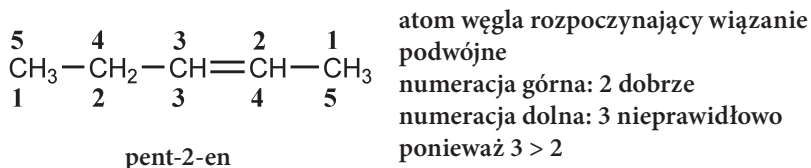
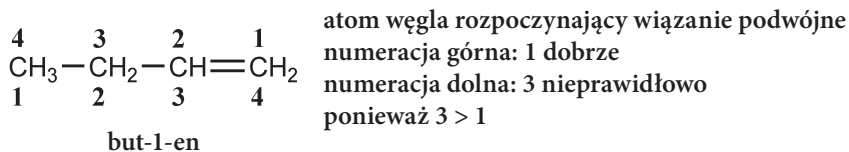
Wśród nienasyconych związków łańcuchowych występują takie, które mają:

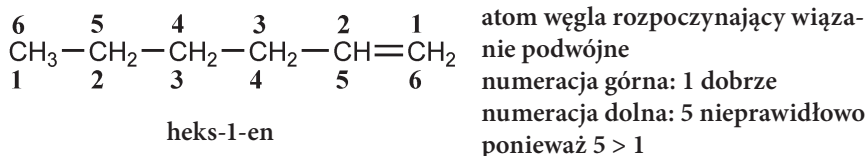
- identyczne wiązania wielokrotne, np. alkadieny z dwoma wiązaniami podwójnymi w cząsteczce
- alkatrieny z trzema wiązaniami podwójnymi w cząsteczce
- alkadiyny z trzema wiązaniami potrójnymi w cząsteczce
- związki o różnych wiązaniami wielokrotnych w cząsteczce np. alkenyny z jednym wiązaniem podwójnym i jednym wiązaniem potrójnym

16.1. Węglowodory z jednym wiązaniem podwójnym - alkeny

Alkeny są to węglowodory zawierające w cząsteczce jedno wiązanie podwójne i mają wzór ogólny C_nH_{2n} .

Tworząc nazwy tych związków podaje się nazwę rdzenia, numer atomu węgla, przy którym usytuowane jest wiązanie podwójne, a następnie końcówkę - en. Numerację prowadzi się w takim kierunku, aby numer atomu węgla rozpoczynającego wiązanie podwójne, był jak najniższy. Na przykład:

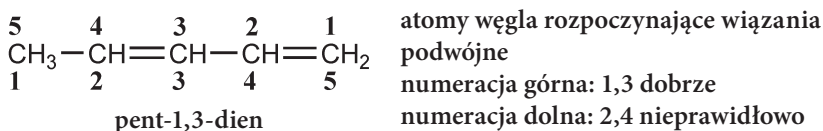
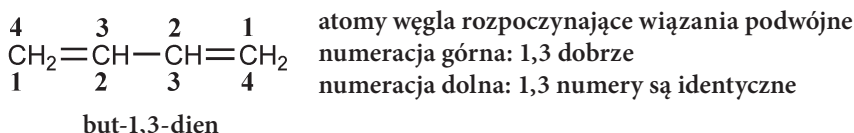




Dopuszcza się stosowanie nazwy zwyczajowej etylen CH₂=CH₂ dla węglowodoru o nazwie systematycznej eten.

16.2. Węglowodory z dwoma wiązaniami podwójnymi w cząsteczce - alkadieny

Tworząc nazwy alkadienów podaje się nazwę rdzenia, numer atomu węgla rozpoczynającego pierwsze w kolejności numeracji wiązanie podwójne, następnie numer atomu węgla rozpoczynającego drugie w kolejności numeracji wiązanie podwójne, oraz liczebnik di- (określającą występowanie dwóch wiązań podwójnych) i końcówkę - en. Łańcuch alkadienu numeruje się w takim kierunku, aby numery atomów węgla rozpoczynających wiązania podwójne były jak najniższe, np.:

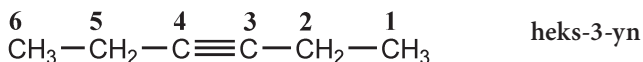
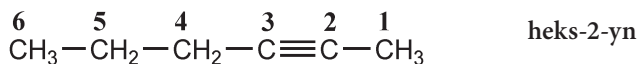
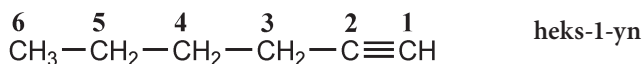
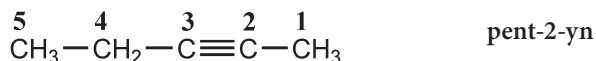
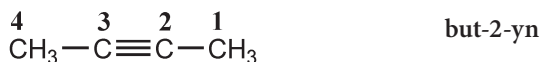


16.3. Węglowodory łańcuchowe zawierające jedno wiązanie potrójne - alkiny

Alkiny zawierają jedno wiązanie potrójne w cząsteczce i mają wzór ogólny C_nH_{2n-2}.
Tworząc nazwy alkinów stosuje się takie same reguły jak

Rozdział 16

w przypadku alkenów, jedynie zamieniając końcówkę - en na - yn lub - in po spółgłoskach g, k, l, np.:



Utrzymuje się nazwę zwyczajową acetylen dla węglowodoru o nazwie systematycznej etyn.

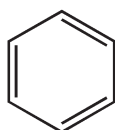
**Monocykliczne
węglowodory aromatyczne
- areny**

17. Monocykliczne węglowodory aromatyczne - areny

Areny niepodstawione

Dla grupy związków aromatycznych zwanych arenami niepodstawionymi stosuje się nazwy zwyczajowe.

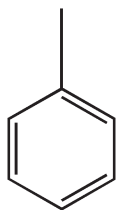
Utrzymana nazwa zwyczajowa benzen



Z arenów wywodzą się grupy jednowartościowe o ogólnej nazwie aryl i grupy dwuwartościowe, o ogólnej nazwie arylen.

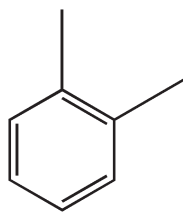
Grupy wywodzące się z benzenu są następujące:

— jedna grupa jednowartościowa

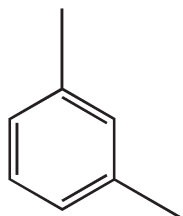


fenyl

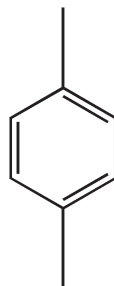
— trzy grupy dwuwartościowe



orto-fenylen (o-fenylen,
czyli 1,2-fenylen)



meta-fenylen (m-fenylen,
czyli 1,3-fenylen)

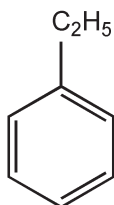


para-fenylen (p-fenylen,
czyli 1,4-fenylen)

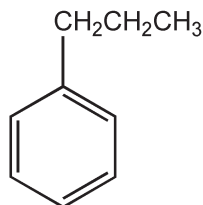
Monocykliczne węglowodory aromatyczne - areny

Areny monopodstawione

W celu utworzenia nazw arenów monopodstawionych (jednopodstawionych) podaje się podstawnik np. alkil, łącznik -o- i wyraz benzen, np.

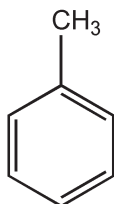


etylobenzen

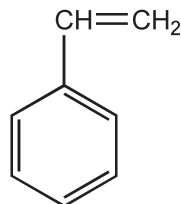


propylobenzen

Utrzymano nazwy zwyczajowe:



toluen

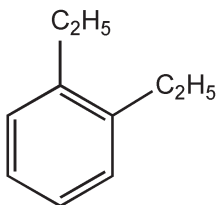


styren

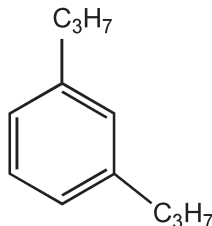
Areny dipodstawione

Wyróżnia się areny dipodstawione o obu identycznych podstawnikach oraz o dwóch różnych podstawnikach.

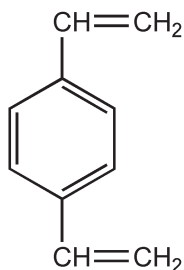
W celu utworzenia nazw tych związków podaje się numery dwóch podstawionych położań lub ich określenia, **1,2** - czyli **orto** - , w skrócie **o** - ; **1,3** - czyli **meta** - , w skrócie **m** - ; **1,4** - czyli **para** - , w skrócie **p** - , także krotność **di**, ponieważ są to układy dwupodstawione, podstawnik, łącznik-o- oraz nazwę arenu. Na



1,2-dietylobenzen
czyli o-dietylobenzen

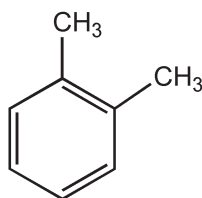


1,3-dipropylobenzen
czyli m-dipropylobenzen

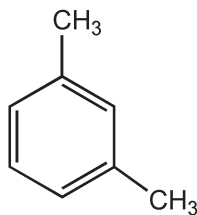


1,4-diwinylobenzen
czyli p-diwinylobenzen

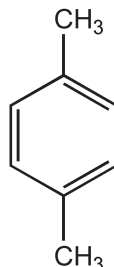
przykład:



o-ksylen



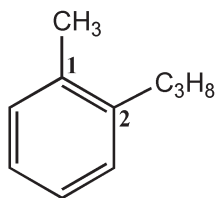
m-ksylen



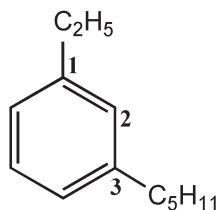
p-ksylen

Utrzymuje się następujące nazwy zwyczajowe:

W arenach o dwóch różnych podstawnikach, w celu utworzenia ich nazw, podaje się numer położenia pierwszego podstawnika oraz jego nazwę z łącznikiem **-o-**, a następnie numer położenia drugiego podstawnika i jego nazwę z łącznikiem **-o-**, zachowując alfabetyczną kolejność podstawników, a następnie wymienia się nazwę arenu, np.:



1-metylo-2-propylobenzen



1-etylo-3-pentylobenzen

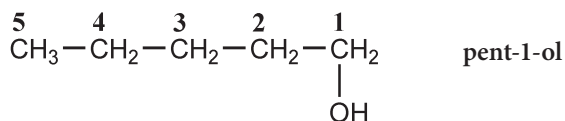
Zasady tworzenia nazw związków organicznych z grupami funkcyjnymi

18. Zasady tworzenia nazw związków organicznych z grupami funkcyjnymi

Związki organiczne łańcuchowe z grupami funkcyjnymi dzieli się na:

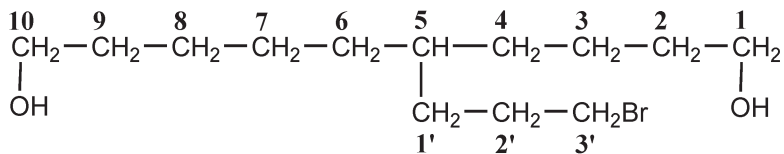
- związki zawierające grupę funkcyjną lub grupy funkcyjne w łańcuchu głównym,
- związki zawierające grupę funkcyjną lub grupy funkcyjne w łańcuchu bocznym.

W nazewnictwie związków zawierających grupę funkcyjną w łańcuchu głównym numerujemy ten łańcuch tak, aby numer atomu węgla związanego z grupą funkcyjną był jak najniższy i tworzy się nazwę odpowiadającą danej grupie funkcyjnej, np.:



Wyróżnia się dwa sposoby nazewnictwa związków zawierających grupę funkcyjną w łańcuchu bocznym:

- nazewnictwo z użyciem nawiasów - ujmuje się w nawias nazwę łańcucha bocznego, z grupą funkcyjną, przy czym numeruje się go rozpoczynając od miejsca jego połączenia z łańcuchem głównym,
- nazewnictwo bez użycia nawiasów - łańcuch boczny numeruje się jak poprzednio, rozpoczynając od miejsca jego połączenia z łańcuchem głównym, z tą jednak różnicą, iż numery łańcucha bocznego określamy indeksami, np.:



a) 5-(3-bromopropyl)-deka-1,10-diol

b) 5,3,-bromopropyl-deka-1,10-diol

Zasady tworzenia nazw związków organicznych z grupami funkcyjnymi

W przypadku identycznych podstawników stosuje się przedrostki krotności **di-**, **tri-**, **tetra-**, ...**lub bis-**, **tris-**, **tetrakis-**...

Fluorowc pochodne

19. Fluorowcopolchodne

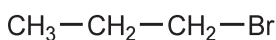
Fluorowcopolchodne są pochodnymi węglowodorów zawierających atom lub atomy fluorowca. Związki te można nazwać dwoma metodami:

- podaje się numer atomu węgla związanego z fluorowcem, nazwę fluorowca, łącznik -o- oraz nazwę węglowodoru powstałego poprzez formalne zastąpienie atomu lub atomów fluorowca atomem lub atomami wodoru,
- podaje się nazwę anionu fluorowca oraz nazwę grupy powstałej poprzez formalne odłączenie od fluorowcopolchodnej atomu lub atomów fluorowca.

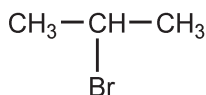
Przykłady:



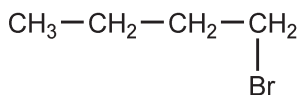
- bromoetan
- bromek etylu



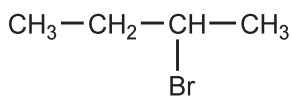
- 1-bromopropan
- bromek propylu



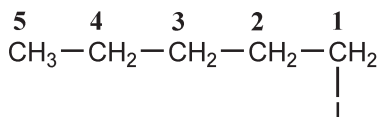
- 2-bromopropan
- bromek izopropylu



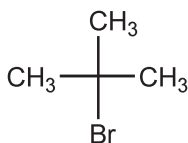
- 1-bromobutan
- bromek butylu



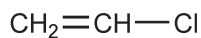
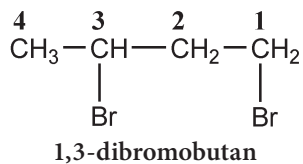
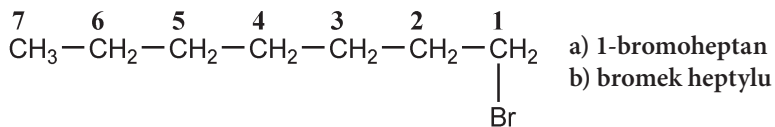
- 2-bromobutan
- bromek butylu



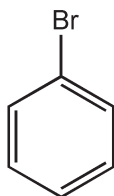
- 1-jodopentan
- jodek pentylu



- 2-bromo-2-metylopropan
- bromek t-butylu



- a) chloroeten (chloroetylen)
b) chlorek winylu



- a) bromobenzen
b) bromek fenylu

Aminy

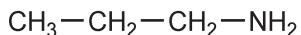
20. Aminy

Aminy są związkami chemicznymi pochodnymi amoniaku, w cząsteczkach którego jeden, dwa lub trzy atomy wodoru zastąpiono rodnikiem alkilowym lub rodnikiem arylowym. Rozróżnia się:

- aminy pierwszorzędowe o ogólnym wzorze $R-NH_2$,
- aminy drugorzędowe o ogólnym wzorze R_2-NH ,
- aminy trzeciorzędowe o ogólnym wzorze R_3-N .

20.1. Nazewnictwo amin pierwszorzędowych

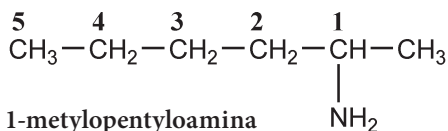
Metoda ta stosowana jest na ogół dla prostych amin wywodzących się ze związków łańcuchowych: podaje się nazwę alkilu połączonego z grupą aminową, łącznik **-o-** i końcówkę **-amina**.



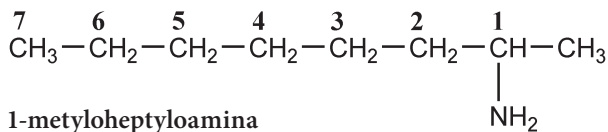
propyloamina



butyloamina

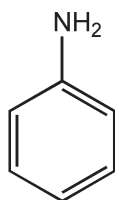


1-metylopentyloamina

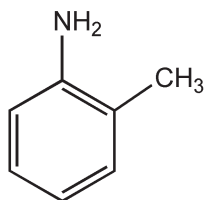


1-metyloheptyloamina

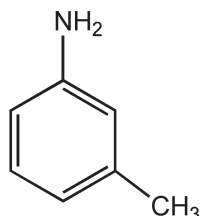
Utrzymane nazwy zwyczajowe amin:



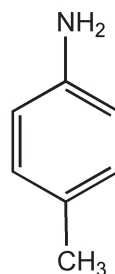
anilina



o-toluidyna



m-toluidyna



p-toluidyna

20.2. Diaminy

Wśród związków chemicznych zwanych diaminami wyróżniamy:

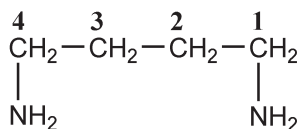
- diaminy wywodzące się ze związków łańcuchowych,
- diaminy, wywodzące się ze związków karbocyklicznych,
- diaminy wywodzące się ze związków heterocyklicznych.

Diaminy można nazwać trzema metodami:

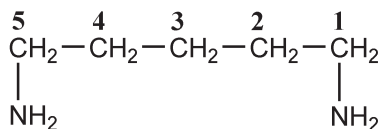
- a) w przypadku diamin wywodzących się ze związków łańcuchowych i karbocyklicznych, podaje się nazwę dwuwartościowej grupy oraz końcówkę - diamina,
- b) w przypadku diamin wywodzących się ze związków łańcuchowych, karbocyklicznych i heterocyklicznych podaje się położenie obydwu grup aminowych, nazwę węglowodoru lub związku heterocyklicznego, łącznik -o- i końcówkę -diamina.

Przykłady:

diaminy wywodzące się ze związków łańcuchowych:

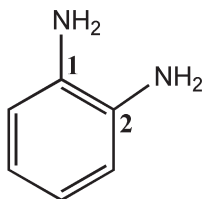


- a) tetrametylenodiamina
- b) butano-1,4-diamina

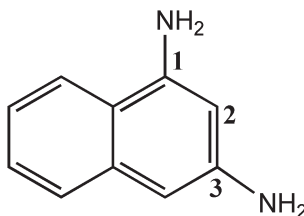


- a) pentametylenodiamina
- b) pentano-1,5-diamina

diaminy wywodzące się ze związków karbocyklicznych:



- a) 1,2-fenylenodiamina



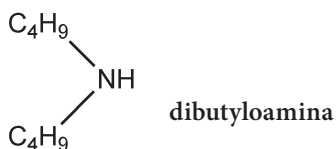
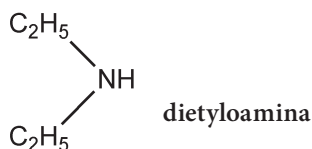
- a) 1,3-naftylenodiamina
- b) 1,3-naftalenodiamina

20.3. Aminy drugorzędowe

Spośród związków chemicznych należących do amin drugorzędowych wyróżniamy:

- aminy drugorzędowe o identycznych podstawnikach, o wzorze ogólnym $RRNH$,
- aminy drugorzędowe o różnych podstawnikach, o wzorze ogólnym $PRNH$.

W przypadku amin drugorzędowych o identycznych podstawnikach, tworząc nazwy tych związków podaje się krotność di, nazwę podstawnika oraz końcówkę - **amina**, np.

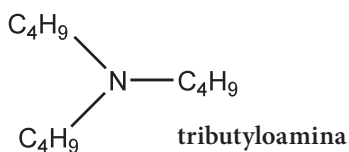
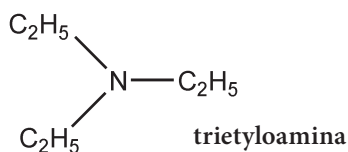


20.4. Aminy trzeciorzędowe

Aminy trzeciorzędowe dzielimy na aminy, które zawierają:

- identyczne podstawniki i mające wzór ogólny $RRRN$,
- różne podstawniki i mające wzór ogólny $RPWN$.

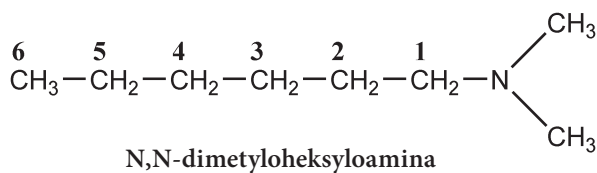
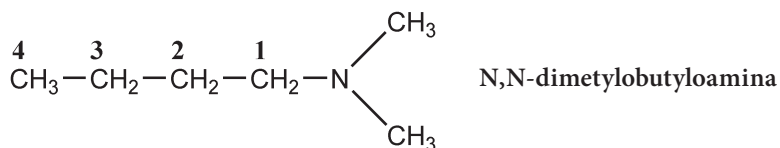
Aminy trzeciorzędowe o identycznych podstawnikach, np.



Aminy trzeciorzędowe o różnych podstawnikach nazywamy jako N-podstawione pochodne amin pierwszorzędowych, biorąc za podstawę najbardziej złożony podstawnik.

Tworząc nazwy np. amin trzeciorzędowych o dwóch identycznych podstawnikach prostych i trzecim podstawniku bardziej złożonym, podaje się symbole N,N, krotność di i nazwę prostszego podstawnika, a następnie nazwę bardziej złożonego podstawnika i końcówkę - **amina**. Symbole N określają związaną z atomem

azotu, a nie z łańcuchem lub pierścieniem, które stanowią bardziej złożony podstawnik; symbole te stosuje się w celu uniknięcia pomyłek. Na przykład:



Alkohole

21. Alkohole

Alkohole są wodorotlenowymi pochodnymi węglowodorów łańcuchowych i niearomatycznych węglowodorów cyklicznych. Przyjmując jako kryterium podziału liczbę grup wodorotlenowych rozróżnia się:

- alkohole jednowodorotlenowe,
- wielowodorotlenowe.

Przyjmując jako kryterium obecność wiązań wielokrotnych, wyróżnia się:

- alkohole nasycone,
- alkohole nienasycone.

Przyjmując jako kryterium rzędowość atomów węgla wyszczególnia się:

- alkohole pierwszorzędowe,
- alkohole drugorzędowe,
- alkohole trzeciorzędowe.

21.1. Nazewnictwo alkoholi

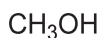
Stosuje się dwa rodzaje nazw w przypadku alkoholi jednowodorotlenowych, nasyconych:

- nazwy systematyczne,
- nazwy przymiotnikowe.

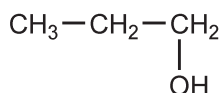
Nazwa systematyczna (- **olowa**): podaje się nazwę węglowodoru stanowiącego łańcuch główny, numer atomu węgla związanego z grupą wodorotlenową i końcówkę - **ol**.

Nazwa przymiotnikowa: podaje się określenie alkohol oraz nazwę alkilu wraz z końcówką - **owy**. Metodę tę stosuje się wyłącznie dla alkoholi pierwszorzędowych o nierozgałęzionym łańcuchu.

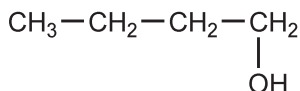
Przykłady:



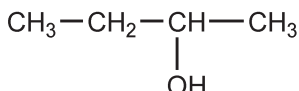
- a) metanol
- b) alkohol metylowy



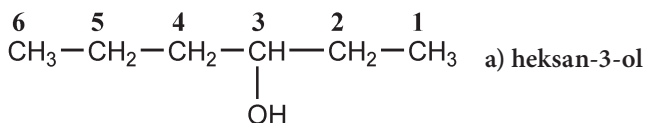
- a) propan-1-ol
- b) alkohol propylowy



- a) butan-1-ol
b) alkohol butylowy

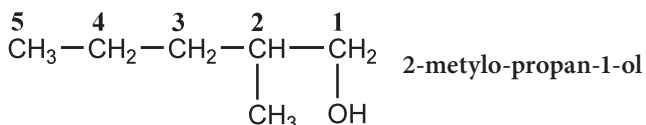


- a) butan-2-ol

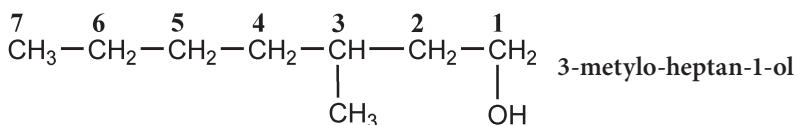


- a) heksan-3-ol

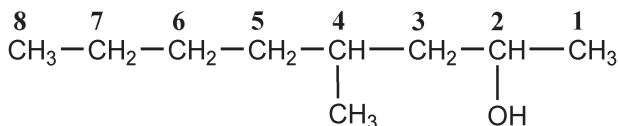
Tworząc nazwę alkoholu o łańcuchu rozgałęzionym, podaj się numer atomu węgla związanego z bocznym łańcuchem, nazwę łańcucha bocznego wraz z łącznikiem -o- i nazwę alkanu stanowiącego łańcuch główny, a następnie numer atomu węgla związanego z grupą wodorotlenową i końcówkę -ol. Numerację prowadzi się tak, aby numer atomu węgla związanego z grupą wodorotlenową był jak najniższy. Na przykład:



- 2-metylo-propan-1-ol

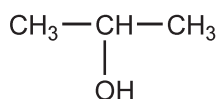


- 3-metylo-heptan-1-ol

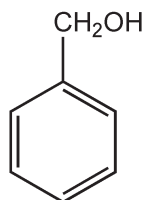


- 4-metylo-oktan-2-ol

Utrzymane zostały nazwy zwyczajowe:



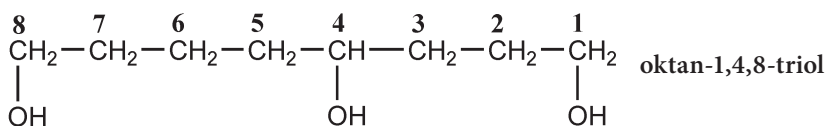
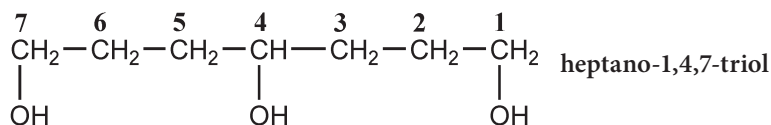
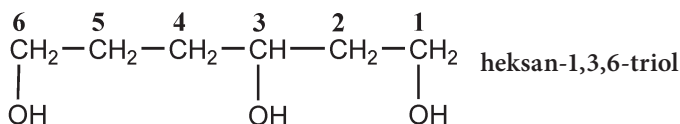
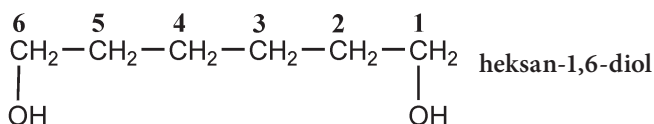
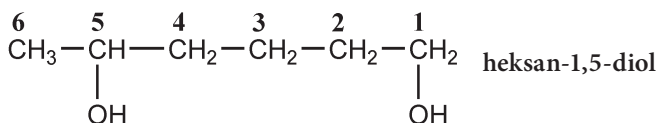
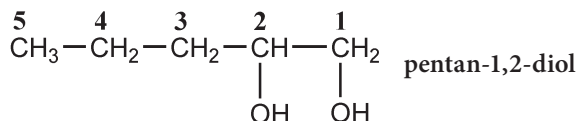
alkohol izopropylowy



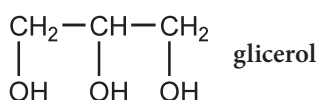
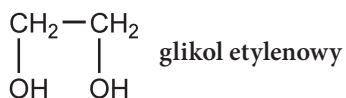
alkohol
benzylowy

21.2. Alkohole wielowodorotlenowe i ich nazwy

Tworząc nazwy alkoholi wielowodorotlenowych nasyconych podaje się numery atomów węgla związanych z grupami wodorotlenowymi, nazwę węglowodoru stanowiącego łańcuch główny, łącznik **-o-**, krotność grup wodorotlenowych i końcówkę **-ol**. Przykłady:



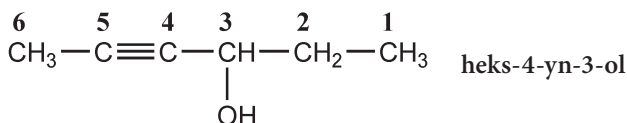
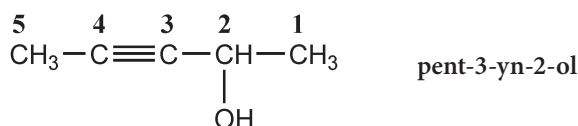
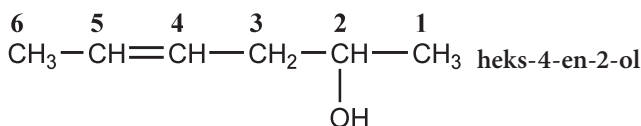
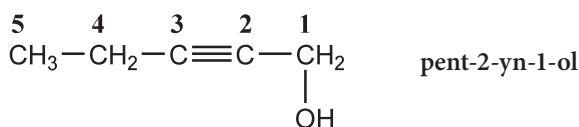
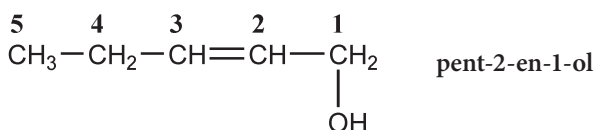
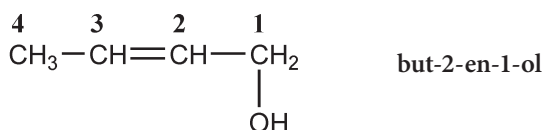
Utrzymane zostały nazwy zwyczajowe:



21.3. Alkohole nienasycone i ich nazwy

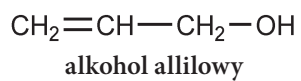
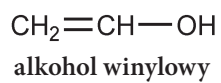
Tworząc nazwy alkoholi nienasyconych jednowodorotlenowych wyszukuje się w cząsteczce łańcuch główny, tzn. łańcuch zawierający najwięcej grup funkcyjnych, w tym przypadku najwięcej wiązań wielokrotnych i grup wodorotlenowych; łańcuch ten może być krótszy od łańcucha o największej liczbie atomów węgla, lecz zawiera mniej grup funkcyjnych.

Grupa hydroksylowa ma pierwszeństwo przed wiązaniem wielokrotnym, a zatem łańcuch główny numeruje się tak, aby numer atomu węgla związanego z grupą wodorotlenową był jak najniższy. W celu nazwania alkoholu nienasyconego podaje się nazwę węglowodoru nienasyconego (alkenu lub alkinu), numer atomu węgla rozpoczynającego wiązanie wielokrotne, dodaje końcówkę **-en** lub **-yn**, a następnie numer atomu węgla związanego z grupą wodorotlenową i końcówkę **-ol**, np.:



Rozdział 21

Utrzymane zostały nazwy zwyczajowe:



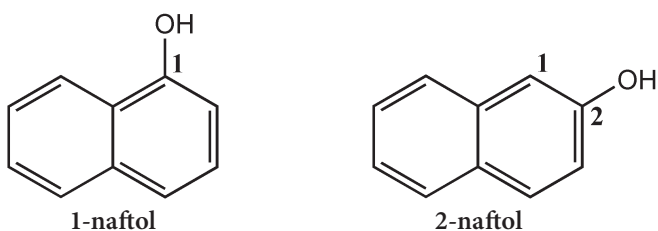
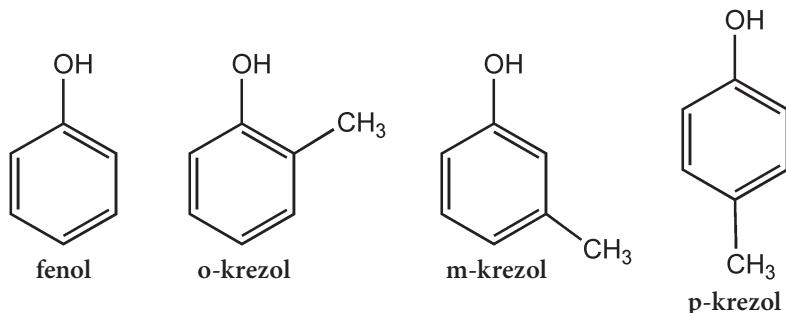
Fenole

22. Fenole

Fenole są wodorotlenowymi pochodnymi węglodorów aromatycznych. Wyszczególnia się fenole jednowodorotlenowe i wielowodorotlenowe. Oba te rodzaje fenoli zachowują swe nazwy zwyczajowe. W celu nazwania fenoli podstawionych podaje się położenie podstawnika oraz wymienia się nazwę fenolu.

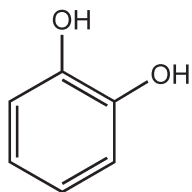
22.1. Fenole jednowodorotlenowe

Utrzymano nazwy zwyczajowe fenoli jednowodorotlenowych:

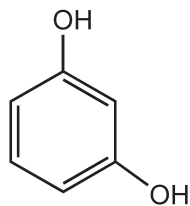


22.2. Fenole wielowodorotlenowe

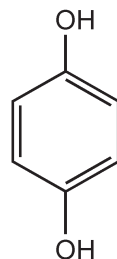
Również tak jak w poprzednim przypadku utrzymano zwyczajowe nazwy fenoli wielowodorotlenowych.



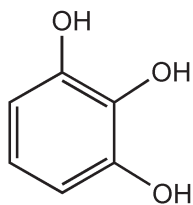
pirokatechina



rezorcyna



hydrochinon

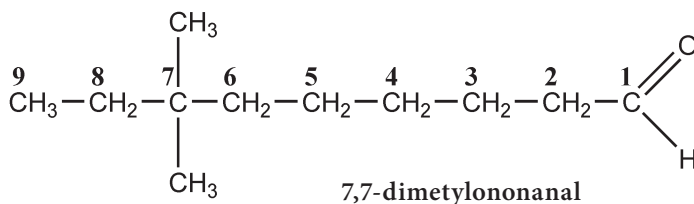
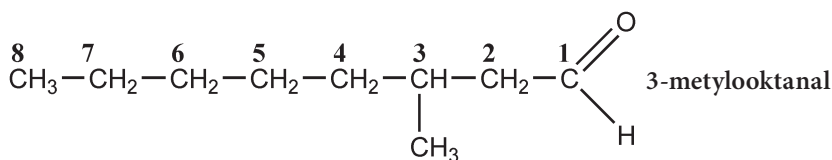
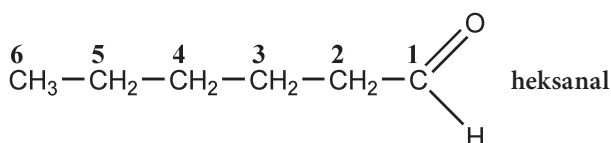


pirogalol

Aldehydy

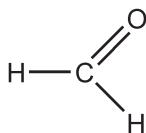
23. Aldehydy

Aldehydy są to związki chemiczne zawierające grupę -CHO. Tworząc nazwy monoaldehydów łańcuchowych podaje się nazwę węglowodoru, włączając atom węgla grupy aldehydu, i końcówkę -al. Przykład:

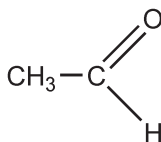


Można stosować nazwy zwyczajowe w przypadku niektórych aldehydów. Jeżeli istnieje nazwa zwyczajowa jednozasadowego kwasu, wówczas odpowiadający mu aldehyd możemy nazwać według dwóch sposobów:

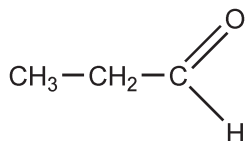
- zamienia się wyraz kwas na wyraz aldehyd,
- w nazwie grupy acylowej zmienia się końcówkę -oil na końcówkę -aldehyd, np.:



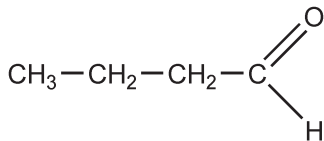
- aldehyd mrówkowy
- formaldehyd



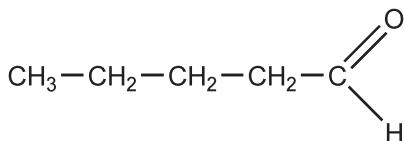
- aldehyd octowy
- acetaldehyd



- a) aldehyd propionowy
b) propionaldehyd

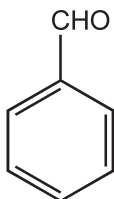


- a) aldehyd masłowy
b) butyraldehyd



- a) aldehyd walerianowy
b) waleroaldehyd

W przypadku aldehydów cyklicznych utrzymano nazwy zwyczajowe:



- a) aldehyd benzoesowy
b) benzaldehyd

Ketony

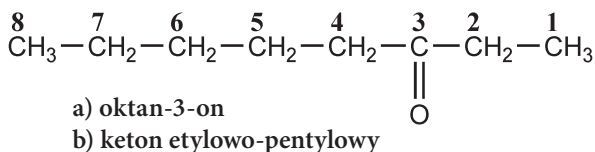
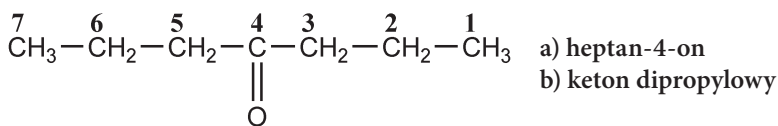
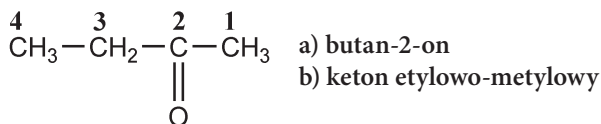
24. Ketony

Ketonami nazywane są związki chemiczne zawierające w swych cząsteczkach grupę lub grupy karbonylowe.

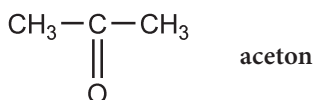
24.1. Ketony łańcuchowe czyli o podstawnikach łańcuchowych

Tworząc nazwy tych związków chemicznych należy najpierw:

- podać nazwę węglowodoru łańcuchowego, numer atomu węgla tworzącego grupę karbonylową, wliczając atom węgla grupy karbonylowej, i końcówkę **-on**.
- podać wyraz keton, a następnie w porządku alfabetycznym nazwę pierwszego podstawnika w formie przysłówkowej, łącznik “-” i nazwę drugiego podstawnika w formie przymiotnikowej. W przypadku obydwu identycznych podstawników podaje się krotność di- i nazwę podstawnika w formie przymiotnikowej. Na przykład:



Utrzymuje się zwyczajową nazwę:



Kwasy karboksylowe

25. Kwasy karboksylowe

Kwasy karboksylowe są to związki chemiczne zawierające w swych cząsteczkach grupę karboksylową - COOH. Wyróżnia się kwasy karboksylowe łańcuchowe i cykliczne.

25.1. Kwasy karboksylowe łańcuchowe

Kwasy te można dalej podzielić na kwasy jednokarboksylowe i kwasy dwukarboksylowe.

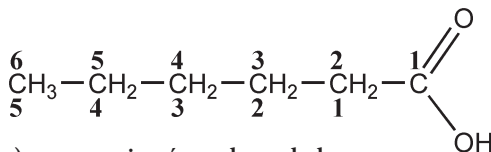
25.1.1. Nasycone kwasy łańcuchowe jednokarboksylowe

Znane są dwa rodzaje nazw kwasów łańcuchowych jednokarboksylowych:

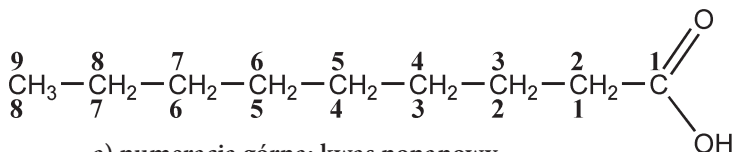
- nazwa węglowodorowa (alkanowa),
- nazwa karboksylowa.

Stosując nazwę węglowodorową podaje się wyraz kwas, nazwę alkanu, włączając atom węgla grupy karboksylowej i końcówkę - **owy**.

Stosując zaś nazwę karboksylową podaje się wyraz kwas, nazwę węglodoru (alkanu) o liczbie atomów węgla w cząsteczce z wyłączeniem atomu węgla grupy karboksylowej, łącznik -**o**- i końcówkę - **karboksylowy**. Na przykład:



- a) numeracja górna: kwas heksanowy
b) numeracja dolna: kwas pentanokarboksylowy



- a) numeracja górna: kwas nonanowy
b) numeracja dolna: kwas oktanokarboksylowy

25.1.2. Nienasycone kwasy łańcuchowe jednokarboksylowe

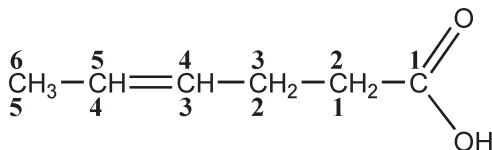
Analogicznie jak w przypadku kwasów nasyconych, w przypadku kwasów nienasyconych istnieją również dwa rodzaje nazw:

- nazwa węglowodorowa,
- nazwa karboksylowa.

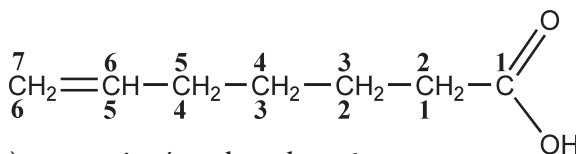
W przypadku stosowania nazwy węglowodorowej podaje się wyraz kwas, nazwę węglowodoru włączając atom węgla grupy karboksylowej, numer atomu węgla, przy którym rozpoczyna się wiązanie wielokrotne, i końcówkę - **enowy** lub **-ynowy** (alkenu lub alkinu).

Grupa karboksylowa ma pierwszeństwo przed wiązaniem wielokrotnym, zatem numer atomu węgla grupy karboksylowej powinien być jak najniższy (najczęściej 1).

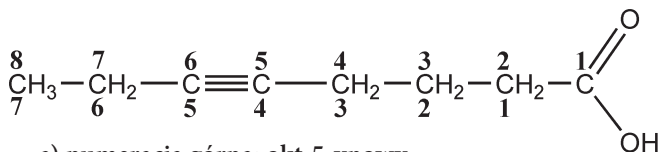
Stosując nazwę karboksylową podaje się wyraz kwas, numer atomu węgla, przy którym rozpoczyna się wiązanie wielokrotne, nazwę węglowodoru (alkenu lub alkinu) z wyłączeniem atomu węgla grupy karboksylowej, łącznik **-o-** i końcówkę - **karboksylowy**. Na przykład:



- a) numeracja górna: kwas heks-4-enowy
b) numeracja dolna: kwas 3-pentenokarboksylowy



- a) numeracja górna: kwas hept-6-enowy
b) numeracja dolna: kwas 5-heksenokarboksylowy



- a) numeracja górna: okt-5-ynowy
b) numeracja dolna: kwas 4-heptynokarboksylowy

**Sprzęt
i techniki pracy
laboratoryjnej**

26. Wybrane eksperymenty chemiczne

Jednym z ważniejszych elementów lekcji, na której realizowane są zagadnienia z zakresu chemii, umożliwiającymi przekazywanie wiadomości, kształcenie umiejętności obserwacji i formułowania wniosków jest eksperyment chemiczny. Z tego też względu szczególną rolę odgrywa pracownia chemiczna, w której uczniowie spędzają większą część lekcji, wykonując różnego rodzaju doświadczenia chemiczne. Ćwiczenia laboratoryjne z dydaktyki chemii mają na celu przygotowanie studentów do wykonywania w przyszłości zawodu nauczyciela chemii. Konieczne jest, aby studenci podczas zajęć z dydaktyki chemii odbyli serię ćwiczeń laboratoryjnych, w podczas których wykonywane są przez nich eksperymenty zgodne z założeniami programowymi. Jest to niezbędny element pozwalający na zapoznanie się z materiałem rzeczowym nauczania chemii, kształcenie umiejętności metodycznych oraz zdolności do spostrzegania, wyjaśniania i interpretacji wyników eksperymentów. Kształcenie odbywa się metodą mikronauczania, podczas którego studenci prowadzą całe lekcje lub tylko ich fragmenty, z uwypukleniem kształcenia określonej umiejętności dydaktycznej. W każdym przypadku jest to jednak ściśle związane z eksperymentem chemicznym, na wykonywanie którego kładzie się duży nacisk podczas lekcji. W tej części skryptu został przedstawiony zbiór podstawowego sprzętu i szkła laboratoryjnego stosowanego w szkolnej pracowni chemicznej, ich nazwy oraz podstawowe techniki pracy laboratoryjne. Przytoczono również kilka przykładów niewłaściwego i właściwego postępowania podczas wykonywania podstawowych czynności laboratoryjnych.

26.1. Podstawowy sprzęt laboratoryjny

Podstawowy sprzęt laboratoryjny

W laboratorium chemicznym eksperymentator ma bezpośredni kontakt z sprzętem laboratoryjnym i substancjami chemicznymi.

Do sprzętu laboratoryjnego zalicza się różnego typu naczynia i urządzenia, pozwalające wykonywać określone czynności laboratoryjne oraz sprzęt szklany, to jest naczynia laboratoryjne, niezbędne do przeprowadzania reakcji chemicznych lub przygotowywania odpowiednich warunków do ich przeprowadzenia.

Oto podstawowy sprzęt laboratoryjny wykonany ze szkła oraz inne przedmioty zaliczone do podstawowego sprzętu laboratoryjnego.



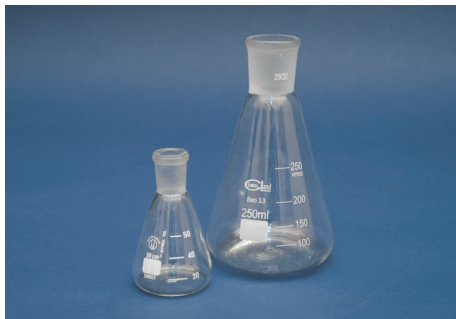
1. Probówka

Jest wydłużonym naczyniem szklanym o kształcie rurki z jednej strony zamkniętej okrągłym dnem, a z drugiej swobodnie otwartej. Probówka służy do przeprowadzania i obserwacji prostych reakcji chemicznych w laboratorium



2. Zlewka

Jest to płaskodenne naczynie szklane w kształcie walca z wylewem do łatwiejszego przelewania cieczy. Niekiedy wyposażona jest w podziałkę, ale nie należy jej jednak stosować jako naczynie miarowe.



3. Kolba stożkowa

Inaczej zwana kolbą Erlenmeyera lub erlenmajerką. Ma kształt stożka. Używana jest do przenoszenia, mieszania i ogrzewania substancji ciełych.



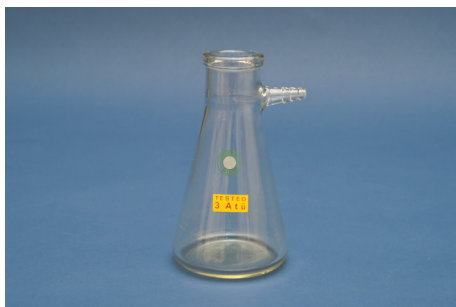
4. Kolba kulista okrągłodenna

Kolba stosowana do ogrzewania i destylacji. Może być zakończona szyjką ze szkła oszlifowanego.



5. Kolba kulista płaskodenna

Kolba kulista płaskodenna różni się od kolby kulistej okrągłodennej płasko uformowanym dnem, dzięki czemu można ją stawiać bezpośrednio na płaskich powierzchniach.



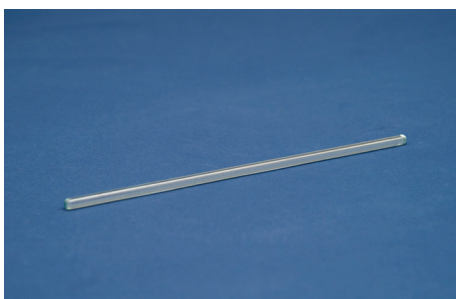
6. Kolba do sączenia pod próżnią

Jest to grubościennie, stożkowe naczynie z bocznym tubusem, do którego podłącza się urządzenie do wytwarzania próżni.



7. Kolba miarowa

Kolba z długą, cienką szyjką, na której wytrawiono w szkłe lub nadrukowano kreskę określającą miejsce, do którego należy napełniać kolbę, aby znajdowała się w niej ściśle określona objętość cieczy lub roztworu.



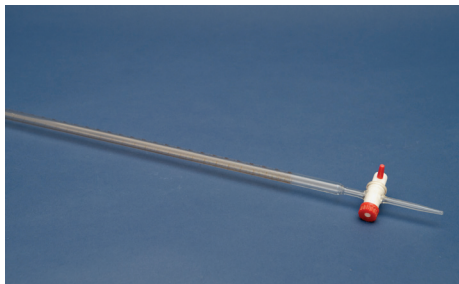
8. Bagietka szklana

Jest szklanym prętem z gładkimi końcówkami. Jeden z końców bagietki może być rozplaszczony w celu umożliwienia lepszego mieszania roztworu.



9. Cylinder miarowy

Naczynie szklane potocznie zwane menzurką, o kształcie cylindra otwartego z jednej strony i zamkniętego z drugiej. Cylinder miarowy ma nadrukowaną lub wytrawioną skalę objętości. Naczynia te wykonywane są zazwyczaj z „twardego” szkła sodowego, które cechuje mała rozszerzalność cieplna, dzięki czemu nie zmieniają one zbyt mocno swojej objętości w szerokim zakresie temperatur. Szkło to jest bardzo kruche i niezbyt odporne na nagłe zmiany temperatury, dlatego też w cylindrach miarowych nie należy „gotować” cieczy ani jej też wymrażać, gdyż grozi to pęknięciem naczynia. Cylindrami miarowymi odmierza się przybliżone objętości cieczy i roztworów.



10. Biureta

Naczynie o kształcie długiej i cienkiej rurki szklanej, z dokładną skalą objętości, która jest od dołu zakończona kranem i starannie wykonanym zakończeniem. Podstawowym zadaniem biurety jest precyzyjne odmierzanie cieczy w czasie miareczkowania.



11. Pipeta jednomiarowa

Ma kształt długiej i cienkiej rurki szklanej, z wytrawioną na szkle kreską w miejscu, do którego powinien dochodzić poziom cieczy w pipecie, gdy znajduje się w niej dokładnie znana objętość cieczy.



12. Pipeta wielomiarowa

Ma kształt długiej i cienkiej rurki szklanej z podziałką. Pozwala na bardzo dokładne pobranie ściśle określonej objętości cieczy.



13. Pipeta Pasteura

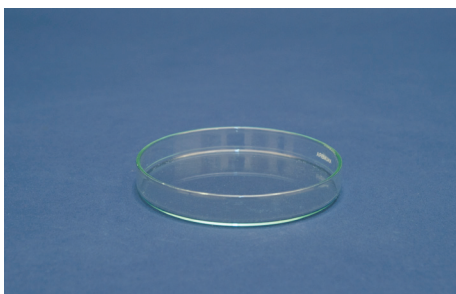
Jest rurką szklaną o określonej długości i o pojemności zazwyczaj około 1cm^3 . Ma dolny odcinek wąski i górny szeroki. Pipeta Pasteura zazwyczaj wykonywana jest z taniego rodzaju szkła i ma

charakter sprzętu jednorazowego użytku. Pipetą tą pobiera się i przenosi niewielkie objętości cieczy stosując zwykłą ssawkę gumową.



14. Szkiełko zegarkowe

Jest to rodzaj szklanego sprzętu laboratoryjnego, o kształcie okrągłego fragmentu sfery.



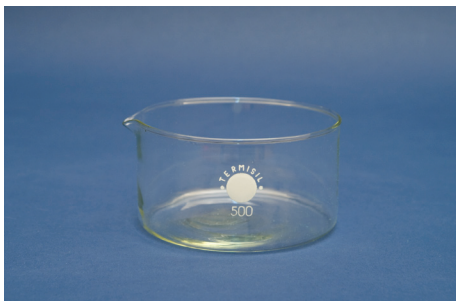
15. Szalka Petriego

Jest to naczynie laboratoryjne z cylindryczną podstawką o szerokim, płaskim dnie i niskich (w stosunku do średnicy) ściankach bocznych, wykonane ze szkła lub przezroczystych tworzyw sztucznych.



16. Tryskawka

Jest to prosty przyrząd laboratoryjny służący do podawania małych lub średnich objętości cieczy metodą natryśnięcia strumieniem pod lekkim ciśnieniem, ale bez precyzyjnego odmierzenia objętości. Są dwa rodzaje tryskawek: szklane oraz wykonane z tworzywa sztucznego.



17. Krystalizator

Jest to płaskie naczynie laboratoryjne, jeden z rodzajów zlewki o niskich ściankach bocznych.

Służy do łatwego odparowywania rozpuszczalnika i prowadzenia krystalizacji dzięki dużej powierzchni, do której ma dostęp powietrze.



stożkowym lub rzadziej kulistym, które ma z jednej strony nóżkę z kranem, a z drugiej szyjkę zakończoną szlifem.

18. Rozdzielacz

Jest to naczynie laboratoryjne, w którym prowadzi się procesy rozdzielania ciekłych mieszanin, ekstrakcję i płukanie. Rozdzielacz składa się z naczynia o kształcie cylindrycznym, gruszkowym,



19. Parownica

Jest to naczynie laboratoryjne w kształcie czaszy, służące najczęściej do odparowywania i zateżniania roztworów. Parownice wykonane są zazwyczaj z porcelany, szkła, kwarcu lub metali szlachetnych.



20. Lejki

Są to naczynia szklane ułatwiające nalewanie cieczy, nasypywanie rozdrobnionych substancji stałych oraz do sączenia. Lejek składa się z części stożkowej zchodzącej się w wąską nóżkę lejka.



21. Lejek Büchnera

Lejek mający szeroką górną część w kształcie walca, spiek szklany lub siatkę szklaną o dużej powierzchni i zwężająca się dopiero za spiekem. Służy do oddzielania dużych ilości osadu pod zmniejszonym ciśnieniem.



22. Moździerz z tłuczkiem

Jest to naczynie z tłuczkiem do ręcznego rozdrabniania i ucie-rania substancji stałych.

Moździerze mogą być wyko-nane z porcelany, metalu lub agatu.



23. Termometr

Urządzenie służące do pomia-ru temperatury cieczy, roztwo-rów i substancji stałych.

Termometry rtęciowe lub spirytusowe zwykle umiesz-czone są wewnątrz szklanej rurki (a).



Termometry elektroniczne nie zawierają rtęci i z tego powodu są bezpieczniejsze w użyciu, a odczyt wartości temperatury dokonywany jest na wyświetlaczu elektro-nicznym (b).



24. Butelka

Jest to naczynie, w którym przechowuje się substancje ciekłe lub roztwory. Butelki mogą być wykonane z róż-nego rodzaju szkła lub z two-rzywa sztucznego.



25. Słoik

Jest to naczynie, w którym przechowuje się substancje stałe. Podobnie jak słoiki mogą być wykonane z szkła lub tworzywa sztucznego.



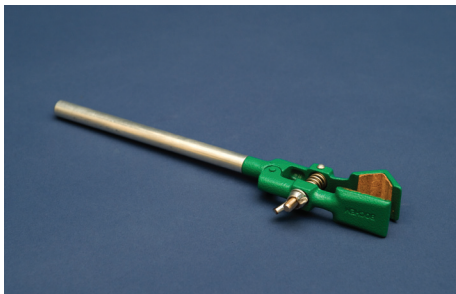
26. Statyw do probówek

Statyw, w którym umieszcza się probówki np. podczas eksperymentowania.



27. Statyw metalowy

Jest to rodzaj metalowego stojaka służącego do montowania szklanej aparatury. Klasyczny stojak składa się z ciężkiej, zwykle żeliwnej podstawy o kształcie prostokąta i pionowo do niej przymocowanego stalowego pręta. Zazwyczaj pręt nie jest przymocowany w środku geometrycznym podstawy, lecz w około $2/3$ jego długości. Dzięki temu podstawa pełni funkcję stabilnej przeciwwagi dla mocowanej na stojaku aparatury.



28. Łapa metalowa do statywu

Jest to rodzaj regulowanego uchwytu, przy pomocy którego montuje się elementy aparatury szklanej do statywu. Uchwyt ma konstrukcję przypominającą nożyce.

Składa się on z dwóch ramion, które zaciska się na szyjce kolb lub innych częściach aparatury szklanej przy pomocy specjalnej śruby regulacyjnej. Ramiona są zwykle wyścielone od wewnątrz korkiem, filcem albo tworzywami sztucznymi, po to aby uniknąć bezpośredniego kontaktu szkła z metalem, co może spowodować pękanie szkła.



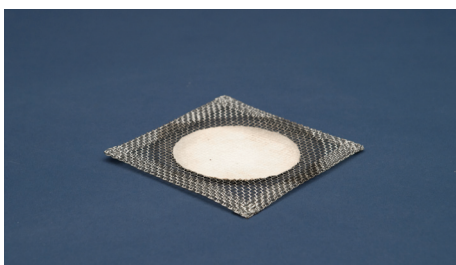
29. Łącznik

Służy do łączenia ze statywem m.in. łap, kółek do sączenia itp.



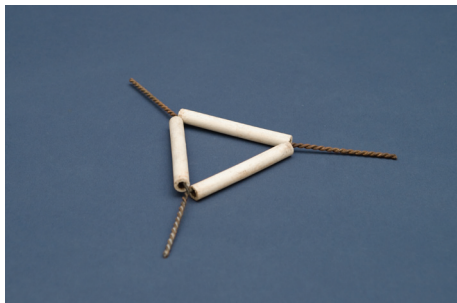
30. Trójnóg

Stojąca na trzech nogach metalowa podstawa w kształcie krążka do umieszczania siatek ceramicznych, na których ogrzewa się różne naczynia.



31. Siatka ze spiekaniem ceramicznym

Służy do ogrzewania substancji, zwykle w zlewkach. Umieszczana się ją na trójnogu.



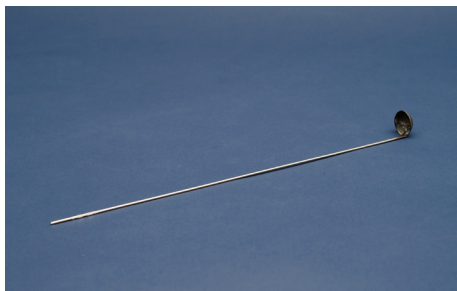
32. Trójkąt kaolinowy

Służy do prażenia tygli w płomieniu palnika.



33. Łyżka do pobierania substancji stałych

Jest to rodzaj wąskiej łopatkki. Służy do nabierania substancji stałych lub rozprzadzania ich po płaskich powierzchniach.



34. Łyżka do spalań

Stosowana głównie w płomieniowej analizie jakościowej, wykonana ze spieków ceramicznych lub wysoko-odpornych termicznie stopów metali.



35. Wąż gumowy

Jest to miękka rurka gumowa, służąca do łączenia ze sobą różnych urządzeń i transportowania między nimi gazów i cieczy.



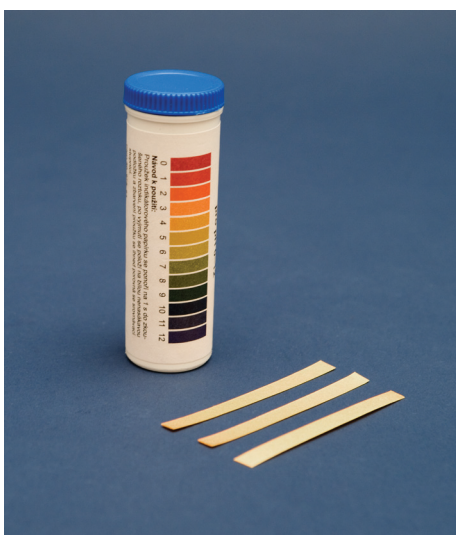
36. Palnik gazowy

Jest urządzeniem technicznym, przeznaczonym do wytwarzania wysokich temperatur poprzez spalanie gazu.



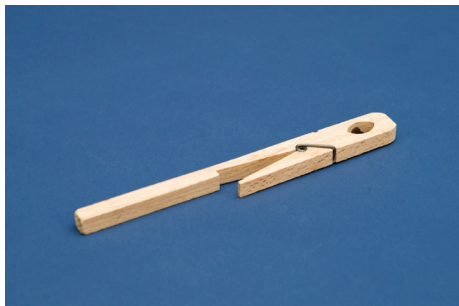
37. Zapalki

Są to, drewniane patyczki, dodatkowo nasączone w całości lub w części substancją ułatwiającą spalanie i na jednym końcu pokryte masą ulegającą zapłonowi wskutek tarcia. Końcówka taka nazywana jest główką zapalki.



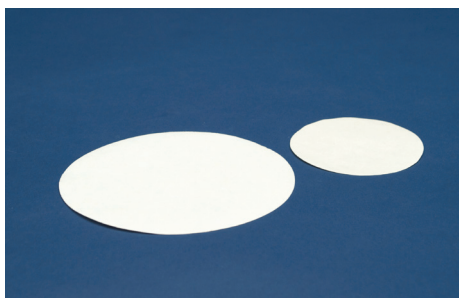
38. Uniwersalne papierki wskaźnikowe

Paski bibuły nasycone roztworem wskaźnika. Po zetknięciu z roztworem zmieniają barwę. Dzięki załączonej skali barw wskazują odczyn roztworu.



39. Łapa do probówek

Służy do ogrzewania zawartości probówki w płomieniu palnika. Łapa ta ma dźwignię sprężynującą, która dociska ramiona łapy wokół probówki; dzięki temu po złapaniu probówki jest ona stale utrzymywana bez konieczności przykładania dodatkowej siły.



40. Bibuła filtracyjna

Są to krążki wykonane z bibuły lub arkusz bibuły, służący do osuszania substancji stałych lub do rozdzielania poprzez sączenie mieszaniny substancji stałych i ciekłych. Sączki różnią się pod względem porowatości i twardości.



41. Kółko do sączenia

Kółko, w którym umieszcza się lejek podczas sączenia mieszaniny cieczy z substancjami stałymi.



42. Szczypce

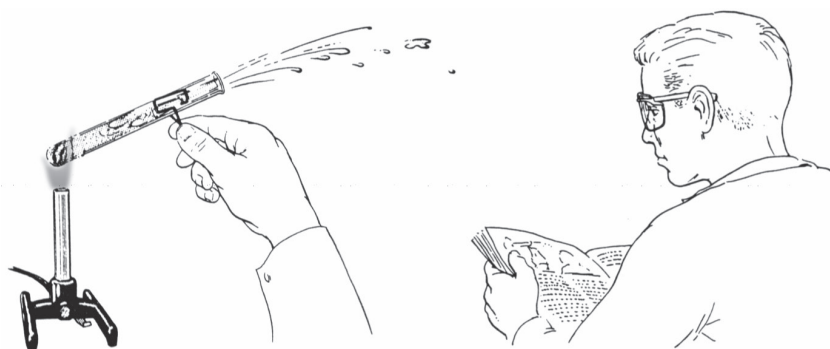
Sprzęt laboratoryjny ogólnego przeznaczenia. Szczypce najczęściej wykonane są ze stali nierdzewnej.



43. Korek gumowy

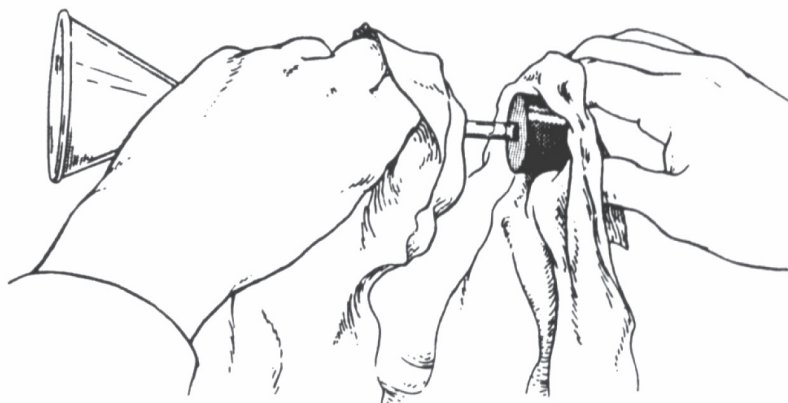
Służy do zatykania otworów kolb, probówek, rur oraz do umieszczania w nim rurek szklanych do odprowadzania gazów.

26.2. Podstawowe czynności podczas prac laboratoryjnych



Rys. 5. Dwie ważne zasady bezpieczeństwa

Nigdy nie kieruj wylotu probówki w stronę swojego sąsiada - zawartość probówki może wyprysnąć. Noś regularnie okulary ochronne podczas pracy w laboratorium - zabezpieczą one twoje oczy.



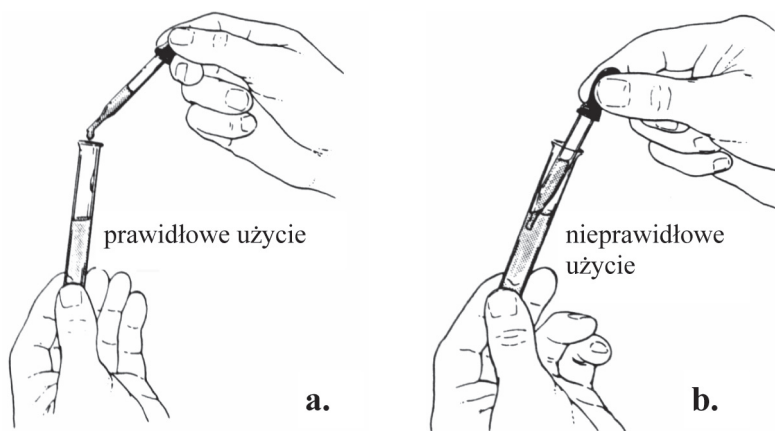
Rys. 6. Sposób wkładania szklanej rurki do gumowego korka

Nigdy nie używaj siły podczas wciskania szklanej rurki do gumowego korka. Zawsze ochraniaj ręce rękawiczkami a szklaną rurkę zwilż wodą albo glicerolem. Wciskając rurkę wykonuj ruchy obrotowe korkiem.



Rys. 7. Niewłaściwe użytkowanie sprzętu laboratoryjnego

Niewłaściwe użytkowanie sprzętu laboratoryjnego może powodować wypadki. Nigdy nie ogrzewaj cylindrów oraz kolb miarowych, gdyż spowodujesz ich rozkalibrowanie, a w najgorszym przypadku pęknięcie.

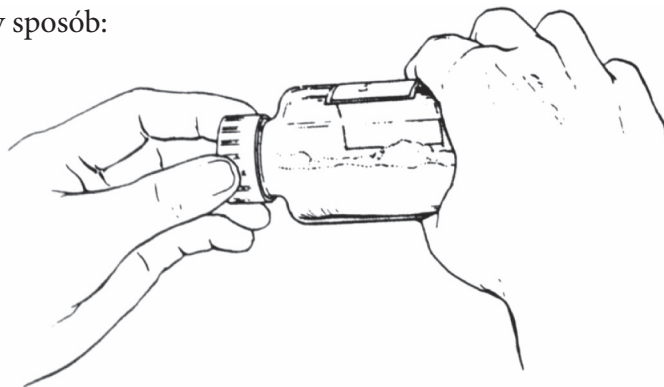


Rys. 8 a, b. Prawidłowe i nieprawidłowe stosowanie wkraplacza

Rozdział 26

Schemat obrazujący trzy sposoby pobierania substancji stałych

Pierwszy sposób:



Rys. 9 a. Obracaj i potrząsaj butelką, aż część odczynnika znajdzie się w środku plastikowej zakrętki

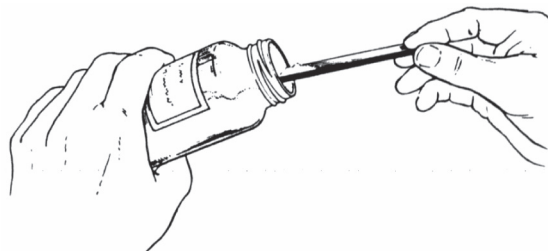


Rys. 9 b. Ostrożnie odkręć zakrętkę tak aby część odczynnika pozostała w niej



Rys. 9 c. Uderzaj w zakrętkę ołówkiem lub palcem do czasu aż pobierzesz odpowiednią ilość odczynnika

Drugi sposób:



Rys. 10 a. Pobierz odczynnik z opakowania za pomocą zgiętego odpowiednio kawałka kartonika lub łyżki



Rys. 10 b. Uderzając w kartonik lub łyżkę pobierz odpowiednią ilość odczynnika

Trzeci sposób:

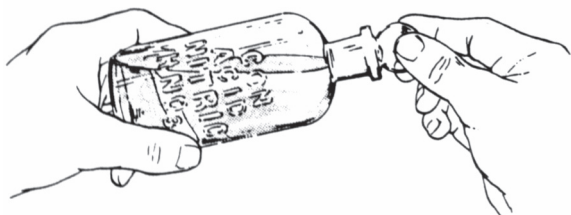


Rys. 11. Obracaj i potrząśnij słoikiem z odczynnikiem, aż pobierzesz potrzebną ilość odczynnika

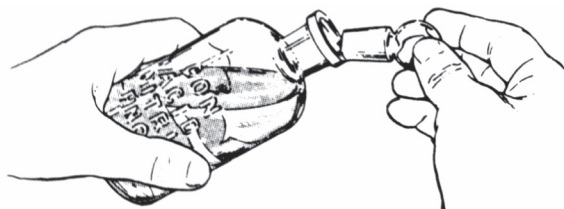
Pobieranie cieczy:



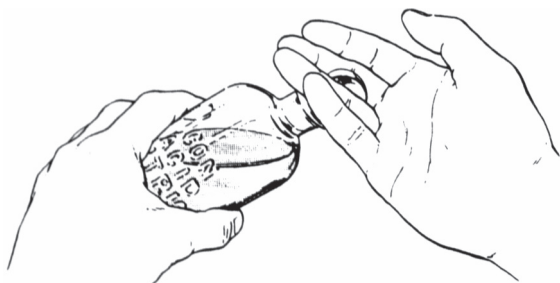
Rys. 12 a. Przechylenie butelki z etykietą z nazwą dwa razy



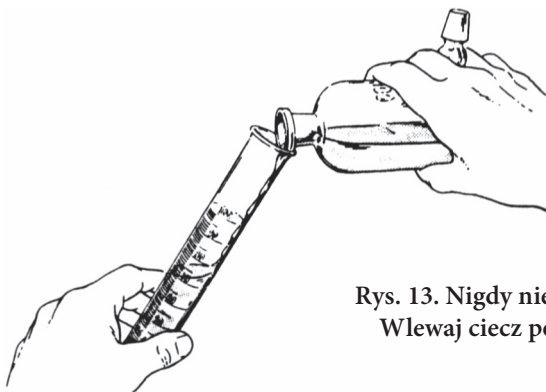
Rys. 12 b. Przytrzymując korek potrząśnij butelką aż zawartość zwilży spód korka



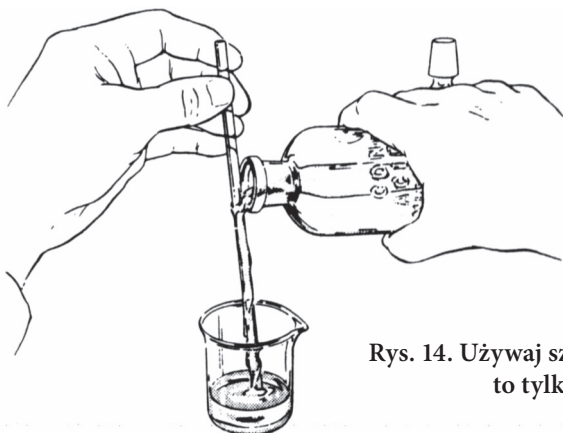
Rys. 12 c. Zwilż wewnętrzną stronę szlifu za pomocą korka



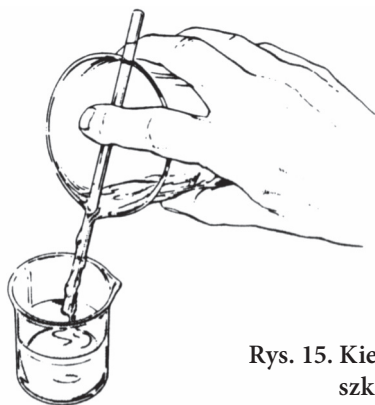
Rys. 12 d. Zamknij butelkę i wyjmij korek jeszcze raz zewnętrzną stroną dłoni



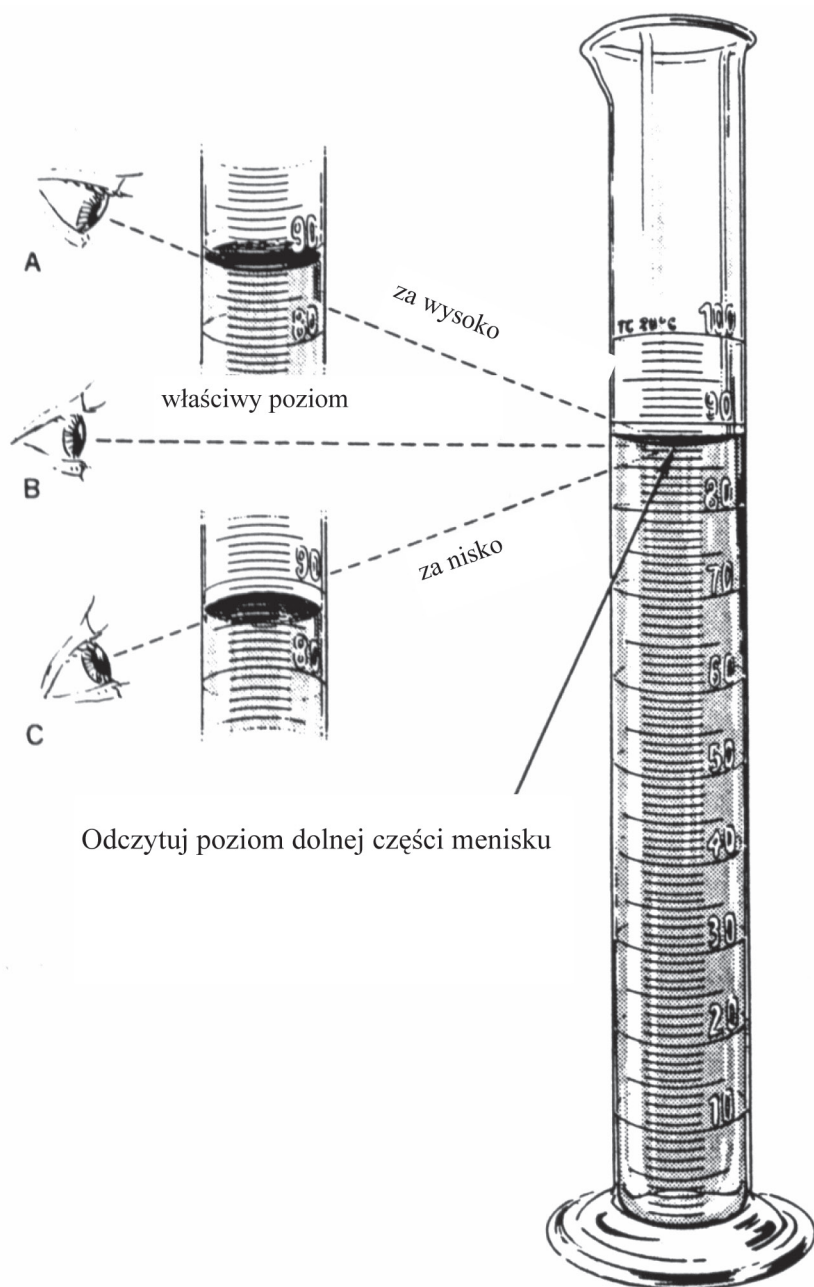
Rys. 13. Nigdy nie ustawiaj korka na dół.
Wlewaj ciecierz po ściankach naczynia



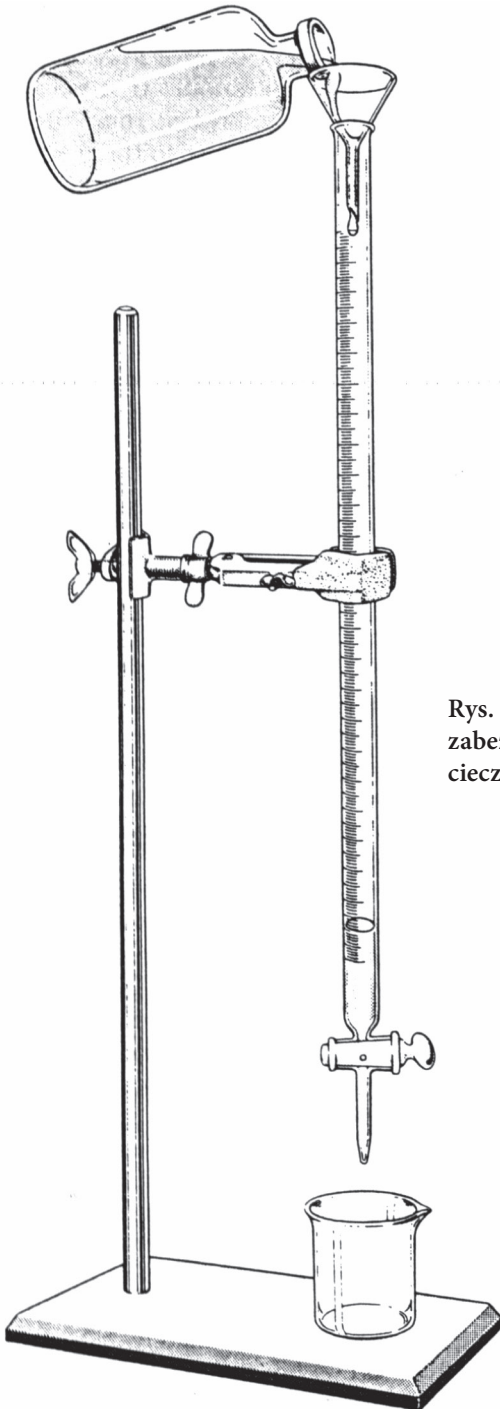
Rys. 14. Używaj szklanej bagietki kiedy
to tylko możliwe



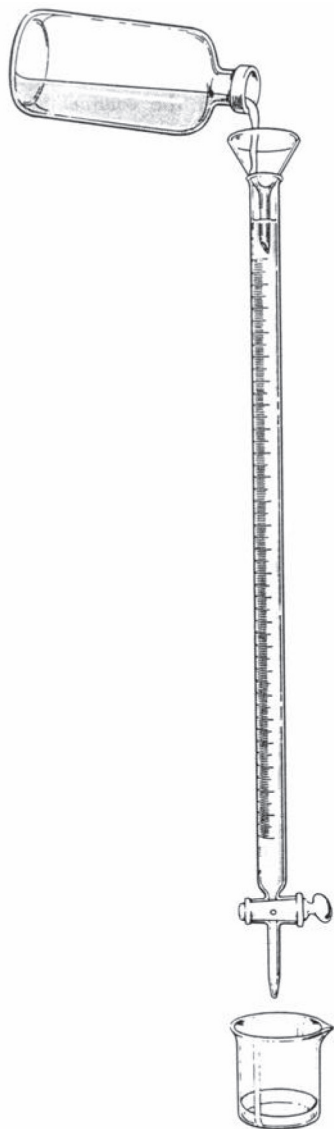
Rys. 15. Kiedy przelewasz ciecierz ze zlewki przytrzymaj
szklaną bagietkę przy wylewie zlewki



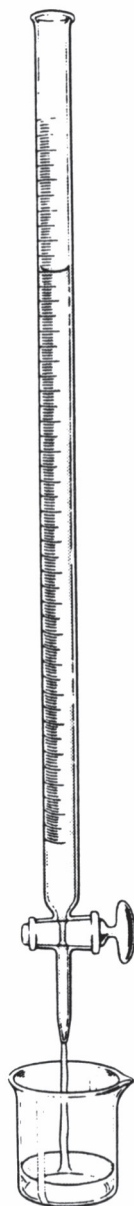
Rys. 16. Ilustracja prawidłowego sposobu odczytywania poziomu cieczy znajdującej się w cylindrze miarowym



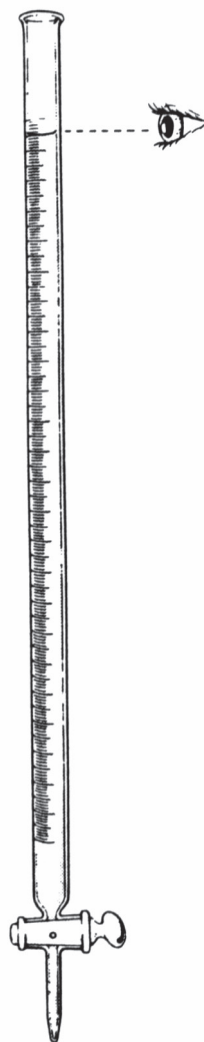
Rys. 17. Stosuj mały lejek, aby zabezpieczyć się przed rozlaniem cieczi



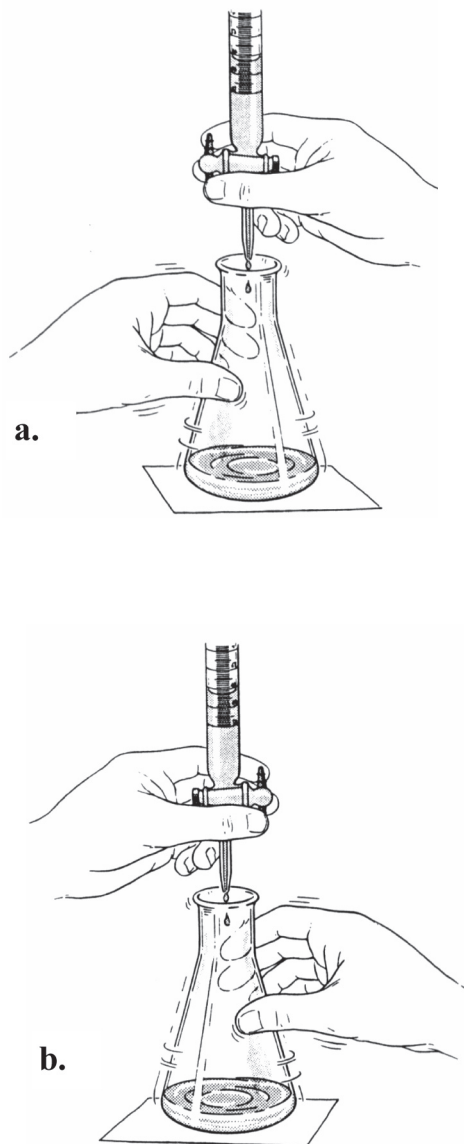
Rys. 18. Napełnij biuretę powyżej poziomu zerowego



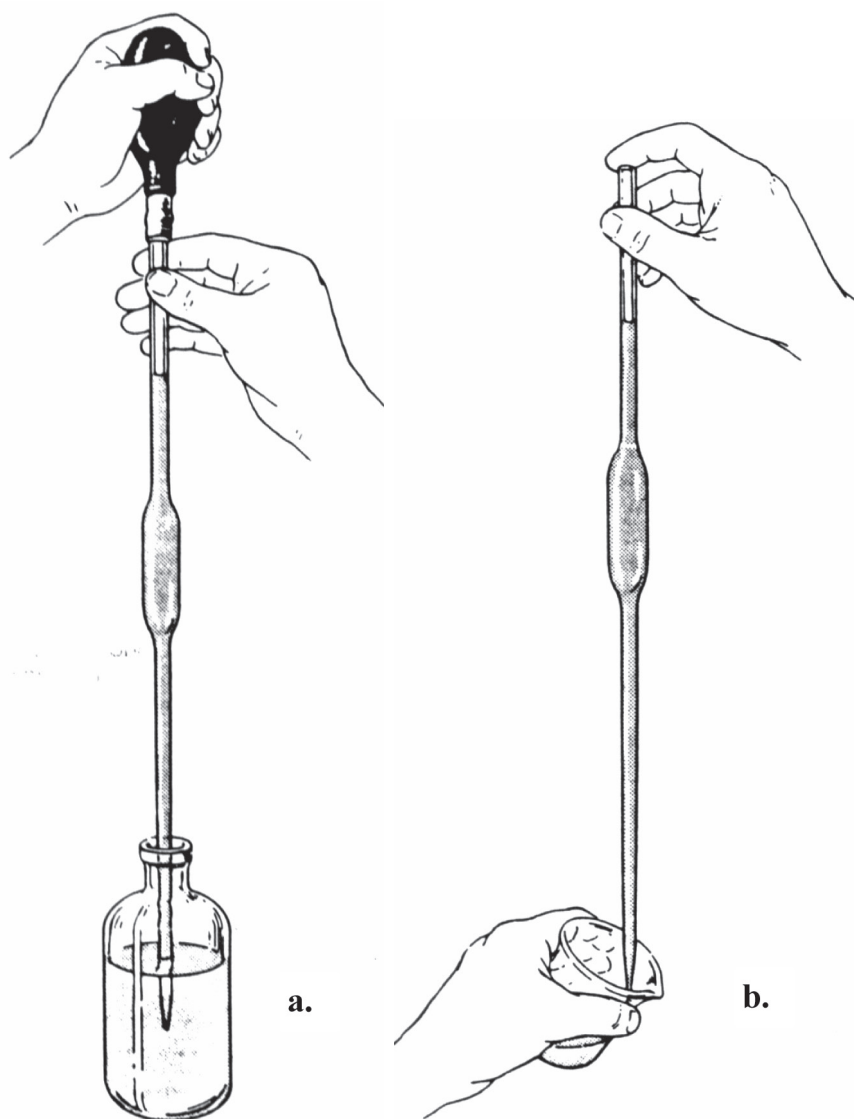
Rys 19. Otwórz kurek w celu usunięcia powietrza z wylotu biurety



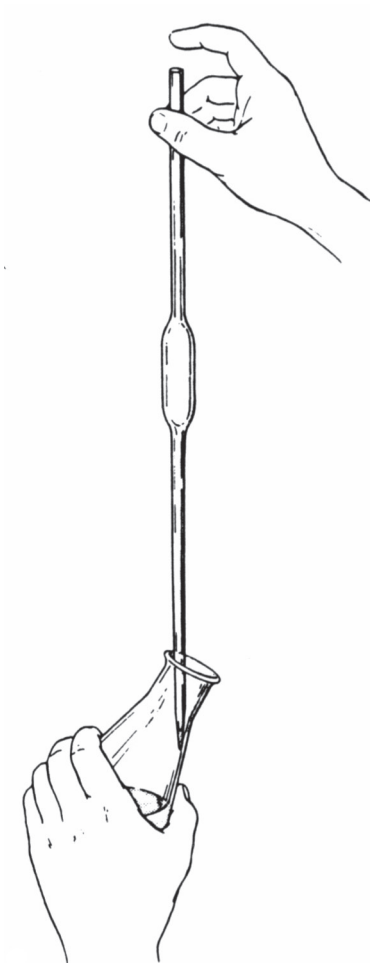
Rys. 20. Dopełnij biuretę do poziomu zerowego



Rys. 21 a, b. Reguluj przepływ za pomocą kranu i dwóch palców, obejmując ręką biuretę. Podczas miareczkowania wprawiamy w ruch kołowy roztwór w kolbie



Rys. 22 a, b. Pobieranie cieczy za pomocą gumowej gruszki i wyrównywanie cieczy do kreski (czekając aż kropla opadnie)



Rys. 23. Dotykając wewnętrznej ścianki naczynia końcem pipety opróżnij ją

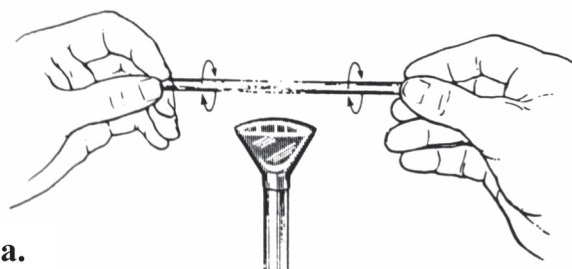


Rys. 24. Pozostała ciecz w pipecie nie powinna być usuwana, gdyż pipeta została skalibrowana tak, aby ostatnia kropla cieczy pozostawała w niej

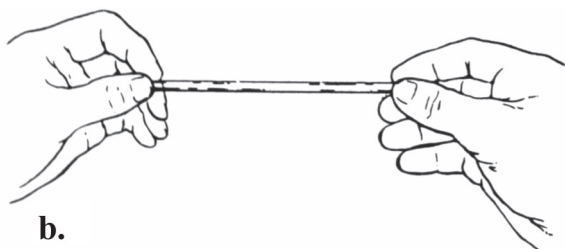
Rozdział 26

Podstawowa obróbka szkła

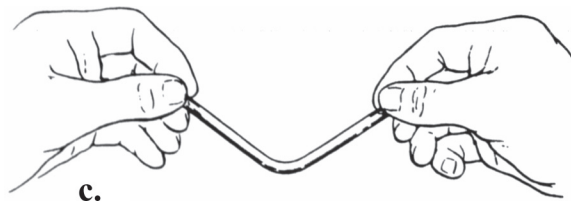
Rys. 25 a, b, c. Wykonywanie zagięć:



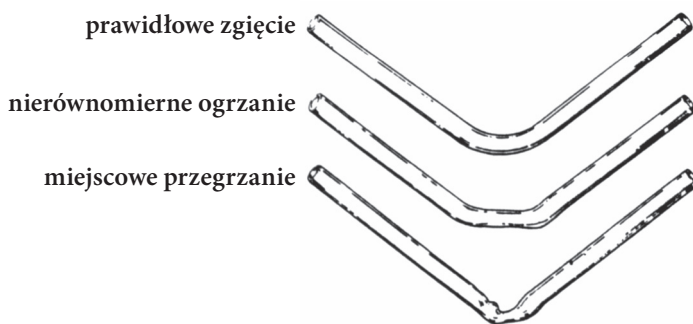
Obracaj szklaną rurką w najwyższej części świecącej płomienia aż nie zmięknie



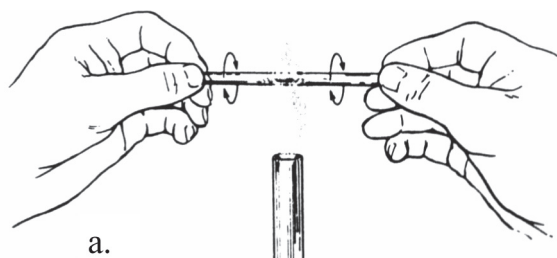
Wyjmij rurkę z płomienia i poczekaj kilka sekund, aż wyrówna się temperatura



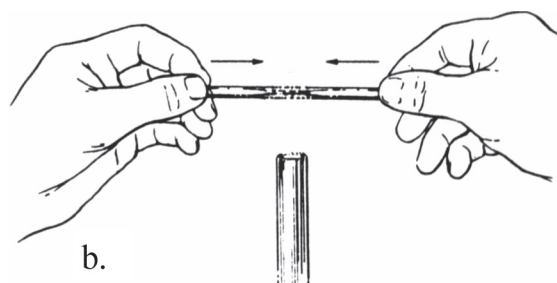
Zegnij szybko do kształtu takiego jaki potrzebujesz i przytrzymaj aż ostygnie szkło



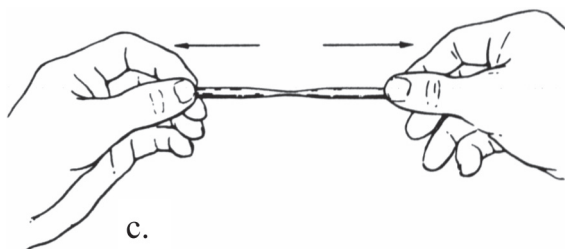
Rys. 26 a, b, c, d. Wykonywanie kapilar:



Obracając rozgrzewaj rurkę w płomieniu palnika aż zmięknie



Próbuj skrócić rurkę ściskając ją, aż ścianki rurki w miejscu ogrzewania będą około dwa razy grubsze



Wyjmij z płomienia palnika i szybko rozciągnij do takiej grubości jaką chcesz otrzymać



Przytnij do odpowiedniej długości



d.

Obtapiamy końcówki nad palnikiem lub szlifujemy pilnikiem

**Ogólne cele
nauczania przedmiotów
przyrodniczych**

27. Ogólne cele nauczania przedmiotów przyrodniczych

- Zrozumienie wszechstronności i znaczenia reakcji chemicznych w naszym otoczeniu
- Znajomość właściwości wybranych pierwiastków i związków chemicznych
- Umiejętność wykonywania podstawowych obliczeń chemicznych
- Uświadomienie roli chemii w rozwoju cywilizacji na przestrzeni wieków
- Umiejętność dostrzegania znaczenia różnych substancji chemicznych i ich przemian w życiu codziennym
- Dostrzeganie zagrożeń skażenia środowiska naturalnego i wykształcenie postaw i działań proekologicznych
- Umiejętność planowania eksperymentu, jego wykonania, wyciągnięcia wniosków oraz dokonania opisu, co staje się obecnie bardzo ważnym elementem w różnego typu pracy, zawodowej, niekoniecznie związanej z chemią.

27.1. Ocenianie uczniów

Ważnym elementem procesu dydaktycznego jest ocena osiągnięć uczniów. Powinna ona dokonywać się w dwóch płaszczyznach. Pierwszym sposobem oceniania są tradycyjne formy sprawdzania i oceniania nabytych wiadomości i umiejętności. Stosowane są tu:

- sprawdziany ustne,
- sprawdziany pisemne w postaci testów wyboru, testów luk, testów interpretacji danych oraz zadania problemowe,
- referaty omawiające wybrane problemy, w formie w formie przypominającej wystąpienia na konferencji naukowej, a więc powinny trwać 15 - 20 minut i być ilustrowane foliogramami, a następnie prelegent powinien odpowiadać na pytania innych uczniów.

Drugim sposobem oceniania mogą być te metody, które w tradycyjnych systemach nauczania występują jeszcze wciąż dość rzadko. Należą do nich zadania praktyczne polegające na wykonywaniu przez ucznia określonych zadań z zakresu

analizy jakościowej i ilościowej, monitoring środowiska, a także przygotowanie pomocy dydaktycznych, na przykład dla uczniów gimnazjum.

Umiejętności uczniów można także badać, powołując zespoły problemowe, na przykład zespół twórców reklam radiowych i telewizyjnych, zespoły prawnicze, z fikcyjnym postępowaniem procesowym z udziałem sędziów, prokuratorów i obrońców oraz zespoły ekologiczne i inne. Może się zdawać, iż te nowoczesne metody ewaluacji mogą być trudniejsze do zrealizowania biorąc pod uwagę niewielką liczbę godzin przeznaczonych na nauczanie chemii, to jednak nie powinno się z nich rezygnować. Warto w tym celu dokonywać swoistego rodzaju korelacji i porozumiewania się z nauczycielami fizyki i biologii.

29. Bibliografia

Burewicz A., Jagodziński P., Doświadczenia chemiczne dla szkół podstawowych, cz. 1, WSiP, Warszawa 1997

Burewicz A., Jagodziński P., Doświadczenia chemiczne dla szkół średnich, cz. 2, WSiP, Warszawa 1998

Burewicz A., Bergandy W., Gulińska H., Jagodziński P., Zestaw wideoprogramów "Chemia 1 - 7", Wyd. Nauka, Warszawa 1996

Burewicz A., Gulińska H. (red), Dydaktyka chemii, Wyd. Naukowe UAM, Poznań 1993

Czupiał K., Sprawdzanie i ocenianie osiągnięć dydaktycznych z chemii, Wyd. Nowik, Opole 1993

Dziennik Ustaw nr 61/2001, Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla liceów profilowanych, Chemia, Załącznik nr 4, poz. 625

Galska-Krajewska A., Pazdro K., Dydaktyka chemii, PWN, Warszawa 1990

Hagen J.W., Empirical Chemistry, Wyd. W.H. Freeman and Company, San Francisco 1972

Śliwa W., Zelichowicz N., Nowe nazewnictwo w chemii związków nieorganicznych i organicznych, WSiP, Warszawa 1994

Kupryszewski G., Podstawowe zasady bezpiecznej pracy w laboratorium chemicznym, Wyd. Gdańskie, Gdańsk 1999

Roberts J.L., Hollenberg J.L., Postma J.M., General Chemistry in the Laboratory, Wyd. W.H. Freeman and Company, New York 1990

Okoń W., Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej, PWN, Warszawa 1987

Kupisiewicz Cz., Dydaktyka ogólna, Wyd. Graf-Punkt, Warszawa 2000

Soczewka J., Metody kształcenia chemicznego, WSiP, Warszawa 1988

