

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Херсонський державний університет  
КВНЗ "Херсонська академія неперервної освіти"

**О.Н. Речицький**

**Г.С. Юзбашева**

## **ФАКУЛЬТАТИВНІ КУРСИ**

**для учнів спеціалізованих 10-11 класів  
загальноосвітніх навчальних закладів  
хімічного та біологічного профілів**

**Частина II**

**Навчп**

**Навчально-методичний посібник**

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту  
України**

**Херсон 2012**

УДК 54.371.3

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчально-методичний посібник для учнів спеціалізованих 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів хімічного та біологічного профілів (лист Міністерства освіти і науки України № 1/11-6298 від 19.07.11 р.)

**Рецензенти:**

*Ляшенко Є.В.*

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії  
Херсонського державного аграрного університету

*Д'якова Л.М.*

спеціаліст вищої категорії, учитель методист, учитель  
хімії Херсонської загальноосвітньої школи І-ІІІ  
ступенів № 1

Речицький О.Н., Юзбашева Г.С.

Р 46 Факультативні курси для учнів спеціалізованих 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів хімічного та біологічного профілів (Частина II): Методичний посібник. – Херсон: Айлант, 2012. – 188 с.  
ISBN 978-966-630-070-3

До збірки ввійшло три факультативні курси “Хімія природних сполук”, “Хімія високомолекулярних сполук”, “Гідроекологія”. Зміст факультативних курсів створений на комплексній міжпредметній основі хімії, біології, екології. Кожний факультативний курс містить навчальний план, розширений план лекцій, поетапний хід практичних робіт, рекомендовану літературу. Матеріал збірки призначений методистам, вчителям, студентам педагогічних університетів хіміко-біологічних спеціальностей, старшокласникам.

УДК 54.371.3

ISBN ISBN 978-966-630-070-3

© Речицький О.Н., 2011

© Юзбашева Г.С., 2011

## ЗМІСТ

Передмова .....	4
Факультативний курс “Хімія природних сполук” .....	6
Факультативний курс “Хімія високомолекулярних сполук” .....	633
Факультативний курс “Гідроекологія” .....	12752

## ПЕРЕДМОВА

Вимоги сьогодення висувають перед навчальними закладами освіти, а саме перед молодим поколінням, створення умов для самопізнання, професійного самовизначення, відповідно до нахилів та потреб кожної особистості. Тому навчально-виховний процес, як динамічна система, знаходиться у постійних змінах. Успішно реалізувати ці зміни допомагає профілізація старшої школи.

Профільне навчання як основний принцип функціонування національної школи України розгорнуто у “Концепції профільного навчання” (наказ МОН України від 11.09.2009 р. № 854 “Про затвердження нової редакції Концепції профільного навчання у старшій школі”) і розглядається як потужний інструмент врахування професійних інтересів старшокласників та їх перспективне майбутнє.

Профільне навчання – це різновид диференційованого навчання, що передбачає врахування освітніх проблем, нахилів та здібностей учнів.

**Мета факультативних курсів** хімії полягає у формуванні засобами навчального предмета ключових компетентностей учнів, необхідних для соціалізації, творчої реалізації особистості, розуміння природничо-наукової картини світу, формування екологічного стилю мислення і поведінки та виховання громадянина демократичного суспільства.

Вивчення хімії у хіміко-біологічному профілі спрямовано на виконання таких освітніх і розвивальних завдань:

- розвиток особистості учня, його природних задатків, інтелекту, пам’яті, здатності до самоосвіти;
- формування наукового світогляду учня на основі засвоєння системи знань про речовини та їхні перетворення, основні хімічні закони й теорії, методи наукового пізнання в хімії;
- формування життєвої і соціальної компетентності учнів, їх екологічної культури, навичок безпечного поводження з речовинами у побуті та на виробництві;
- розкриття ролі хімії у розвитку суспільного господарства та забезпечення добробуту людини.

**Структура посібника.** Посібник складається з трьох факультативних курсів: “Хімія природних сполук”, “Хімія високомолекулярних сполук”, “Гідроекологія”, присвячених професійної орієнтації науко-практичної системи підготовки людини до вільного, самостійного, усвідомленого вибору професії, підтримки здорового довкілля в інтересах благополуччя людей.

Факультативні курси “Хімія природних сполук”, “Хімія високомолекулярних сполук”, “Гідроекологія” рекомендуємо розпочати з I півріччя 11 класу, тому що органічна та аналітична хімії у профільних класах розкривається на якісно новому рівні з цього навчального часу. Паралельне вивчення дає позитивний результат засвоєння знань про органічні речовини та методи аналізу.

Кожний навчальний план факультативного курсу розрахований на 34 години, які складаються з 18 годин теоретичних та 16 годин практичних. Теоретичний матеріал будується за такою логічною послідовністю: характеристика органічних сполук → будова → властивості → окремі найважливіші представники (поширеність у природі,

одержання, використання). Зміст факультативних курсів розроблено з урахуванням відомостей про органічні сполуки і практичне спрямування навчального матеріалу.

В програмах факультативних курсів послідовно розкриваються основні змістовні лінії Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти та хімічної компоненти освітньої галузі “Природознавства”. Тому програмний матеріал передбачає як повторення основних хімічних понять, так і поглиблення їх змісту й розширення обсягу, а також уведення деяких нових хімічних понять.

# ФАКУЛЬТАТИВНИЙ КУРС

## “ХІМІЯ ПРИРОДНИХ СПОЛУК”

### Пояснювальна записка

На сучасному етапі розвитку органічної хімії як науки з'явилися нові розгалуження, де матеріал описується в залежності від мети, методів і об'єктів дослідження. Відповідно виникли такі самостійні розділи як: хімія вугілля, хімія нафти, хімія барвників, хімія високомолекулярних сполук. Одним із найбільших розділів органічної хімії є хімія природних сполук.

Вивчення природних сполук збагачує органічну і біологічну хімію новими фактами, методами дослідження, розширює теоретичні уявлення в органічній хімії. Тому важливим завданням факультативного курсу “Хімія природних сполук” є здійснення діалектичного підходу від неживого до живого, через пізнання природних сполук.

Вивчаючи цей факультативний курс, учні оволодівають не тільки знаннями про будову і властивості речовин, які продукуються рослинами і тваринами, а й виявляють шляхи, умови, причини їх утворення, а також роль цих речовин в самих організмах. Саме цей зв'язок з біологією активно впливає на розвиток органічної хімії.

У процесі вивчення навчального матеріалу факультативного курсу учні отримують знання, які допоможуть встановити закономірність між будовою органічних сполук та їх хімічними властивостями.

Програма факультативного курсу “Хімія природних сполук” тісно пов'язана з курсами органічної та біоорганічної хімії. Вона розширює та поглиблює теоретичні знання учнів з хімії, одночасно розкриває перед ними важливі і цікаві сторони практичного використання хімічних та біологічних знань.

Основою вивчення факультативного курсу є теоретичні знання з класів органічних сполук таких як: білки, жири, вуглеводи, гетероциклічні сполуки; їх хімічний склад та деякі якісні реакції на ці сполуки, практичні вміння та навички при дослідженні їхніх властивостей.

Важливе значення при викладенні матеріалу факультативного курсу відводиться відбору змісту теоретичного матеріалу, практичних занять та логічної послідовності вивчення, особливу увагу учнів треба звернути на біологічне значення природних сполук для життєдіяльності людини.

Пропонуємо програму, розраховану на 34 години: теоретичних – 18 год., практичних – 16 год. Заняття факультативного курсу рекомендуємо розпочати з I півріччя 11 класу, тому що учні паралельно з вивченням курсу органічної хімії будуть спиратися на вже знайомі основні поняття класів органічних сполук.

*Навчальний план  
факультативного курсу “Хімія природних сполук”*

№	Тема заняття	Години	
		теор.	практ.
1	Вступ. Загальні поняття хімії природних сполук	1	
2	Вуглеводи та їх біологічні функції	2	
3	Практична робота №1. Дослідження властивостей вуглеводів		3
4	Білки – життєво необхідні речовини	2	
5	Практична робота №2. Дослідження властивостей білків		3
6	Жири: будова, властивості та біологічна роль	2	
7	Практична робота №3 Виділення та аналіз жирів		2
8	Терпени	2	
9	Практична робота №4 Дослідження властивостей терпенів		1
10	Стероїди	1	
11	Гетероциклічні сполуки	1	
12	Алкалоїди	2	
13	Нуклеїнові кислоти та їх роль в забезпеченні синтезу біополімерів в організмі людини	2	
14	Вітаміни групи А, D, С	1	
15	Практична робота №5. Якісні реакції вітамінів А, D, С		1
16	Методи виділення, розділення та очистки органічних речовин	1	
17	Практична робота №6. Одержання ефірних олій		2
18	Синтетичні методи одержання природних сполук	1	
19	Практична робота №7. Одержання естерів карбонових кислот		2
20	Узагальнююче заняття. Підсумкова конференція		2
	Разом:	18	16
	Всього:	34	

*Рекомендовані дослідження для занять факультативного курсу  
“Хімія природних сполук”*

<b>Тема заняття</b>	<b>Дослідження</b>
Дослідження властивостей вуглеводів	1. Реакції моносахаридів: а) відновлення амоніачного розчину аргентум гідроксиду; б) реакція Троммера; в) реакція з фелінговою рідиною; г) реакція Селіванова на кетогексози; д) реакція з купрум сульфатом. 2. Реакції дисахаридів: а) реакція з фелінговою рідиною; б) гідроліз сахарози. 3. Виділення глікогену з тваринних тканин. 4. Реакції полісахаридів: а) реакція крохмалю та глікогену з йодом; б) визначення крохмалю в листках бузку.
Дослідження властивостей білків	1. Приготування розчинів білків. 2. Якісні реакції на білки: а) біуретова реакція; б) нінгідринова реакція; в) ксантопротеїнова реакція; г) реакція Вуазена; д) реакція Паулі; ж) нітропруссидна реакція; з) реакція на слабкозв'язаний сульфур.
Дослідження властивостей терпенів	1. Взаємодія скипидару з бромною водою. 2. Окиснення скипидару калій перманганатом.
Дослідження властивостей вітамінів А, D, С	1. Вітамін А: а) реакція з сульфатною кислотою; 2. Вітамін D: а) реакція з аніліном. 3. Вітамін С: а) реакція з гексаціанофератом(III).
Виділення та аналіз жирів	1. Розчинність жирів. 2. Омилення жирів лугом у водно-спиртовому розчині. 3. Визначення ступеня ненасиченості жиру бромною водою. 4. Визначення ненасиченості жиру йодним числом.
Одержання ефірних олій	1. Виділення: а) тмінної олії; б) олії перечної м'яти; в) лавандової олії; г) ялинкової олії; д) олії гвоздики.
Одержання естерів карбонових кислот	1. Одержання естерів карбонових кислот.

Після вивчення факультативного курсу “Хімія природних сполук” учні повинні мати певні знання та вміння, які б задовольнили вимогам, що ставляться до даної програми.

1. Вимоги до засвоєння теоретичного матеріалу:

– вміти пояснювати на прикладах природних сполук причини різноманітності органічних сполук, їх взаємозв'язок, матеріальну єдність;



– на основі вивченого теоретичного матеріалу вміти встановлювати причинно-наслідкову залежність між складом, будовою, властивостями і застосуванням речовин, робити узагальнюючі висновки;

– поглибити уяву про структурно-функціональні особливості та біологічне значення білків, нуклеїнових кислот, вуглеводнів, ліпідів, терпенів, стероїдів.

2. Вимоги до засвоєння хімічної мови:

– уміти складати рівняння реакцій, що характеризують властивості цих речовин. Знати назви вивчених речовин.

3. Вимоги до засвоєння фактичного матеріалу:

– знати склад, хімічну будову, властивості, поширення в природі та застосування вивчених речовин.

4. Вимоги до виконання хімічного експерименту:

– знати правила роботи з вивченими органічними сполуками, їхню токсичність, пожежну небезпечність;

– уміти складати прилади і проводити виділення, синтез та якісні реакції на жири, вуглеводи, білки, ефірні олії.

## Анотації навчальних занять

### Заняття №1

**Тема:** Загальні поняття хімії природних сполук.

**Мета:** Сформувати та систематизувати знання учнів про природні органічні сполуки; активізувати інтерес учнів до вивчення хімії природних сполук.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план:

1. З'ясувати, що хімія природних сполук – це наука, яка вивчає будову, властивості та синтез сполук природного походження (алкалоїдів, глікозидів, терпеноїдів), та будову і біогенез основних компонентів живої матерії – білків, ферментів, нуклеїнових кислот, ліпідів та вуглеводів.

2. Звернути увагу на те, що хімія природних сполук тісно зв'язана і базується на теорії та законах суміжних хімічних наук (органічної та біологічної хімії).

3. Розглянути те, що сьогодні люди живуть в час, коли наука підійшла дуже близько до таких проблем, як перетворення енергії в живих системах, будова і механізм дії ферментів, активний транспорт речовин в організмах, структура і функції ліпопротеїдних мембран, фотосинтез.

4. Показати, що природні сполуки класифікують по-різному, залежно від особливостей їхніх фізичних, хімічних і біологічних властивостей, ролі у забезпеченні життєдіяльності живих організмів, шляхів застосування. Основними є хімічна, біохімічна та біологічна класифікації.

За хімічною класифікацією природні сполуки поділяють на основні класи залежно від наявності певних характеристичних груп, але більшість з них є поліфункціональними, тобто містять одночасно дві або більше різних характеристичних груп. Це утруднює віднесення таких сполук до певного класу органічних речовин.

За біохімічною класифікацією органічні сполуки поділяються на дві основні групи згідно способам їхнього біосинтезу: речовини первинного метаболізму (вуглеводи, амінокислоти і білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти) і речовини вторинного метаболізму (вітаміни, алкалоїди, гормони, терпени, барвники, регулятори росту, запашні речовини, токсини тощо). Представники першої групи є необхідним будівельним матеріалом, який формує відповідні надмолекулярні комплекси, що забезпечують життя клітини. Представники другої групи здебільшого не є необхідними для такого життєзабезпечення клітин, а є засобами хімічної та біологічної взаємодії між організмами, організмами та навколишнім середовищем і виконують функції захисту, сигналізації, залучення, відлякування, нападу та ін.

В основу біологічної класифікації закладений принцип фізіологічного впливу молекул певних речовин на живий організм, передусім людський. При цьому до одного класу природних сполук будуть належати такі, які мають різну хімічну будову. Це вимагає, у свою чергу, для кожного з цих класів наводити відповідну хімічну класифікацію.

5. Звернути увагу на те, що стимулом для розвитку хімії природних сполук є пізнання фізико-хімічної суті життєвих процесів та їх регулювання в організмах людини, тварин та рослин.

## Заняття №2

**Тема:** Вуглеводи та їх біологічні функції.

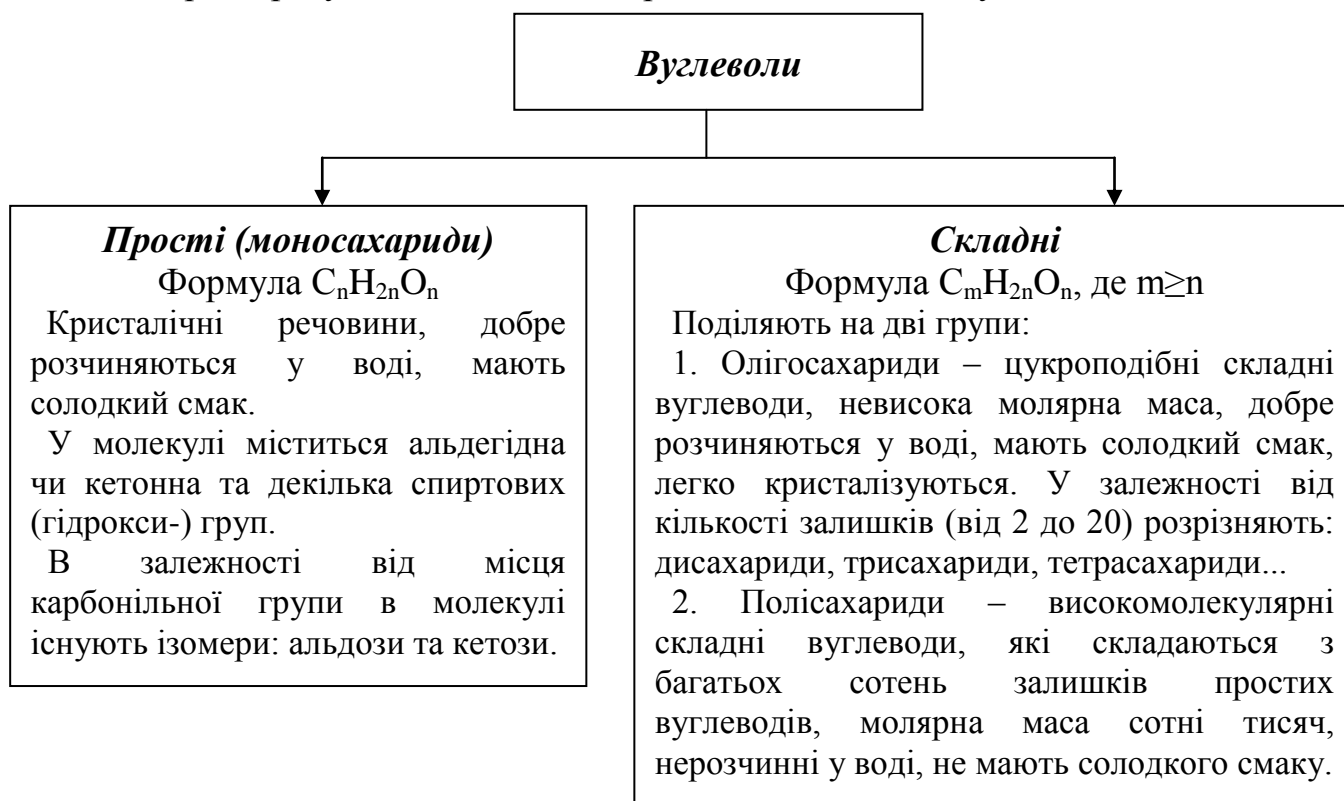
**Мета:** Сформувати у учнів поняття про будову та властивості моносахаридів, дисахаридів, полісахаридів, познайомити з найважливішими представниками.

**Форма навчального заняття:** лекція.

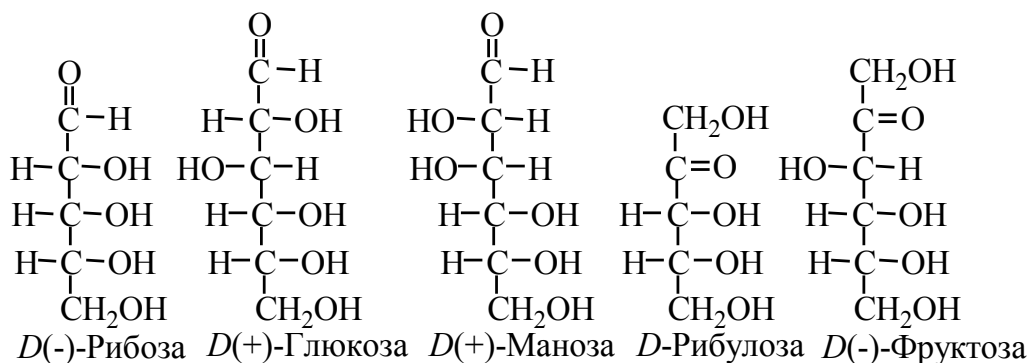
### Розширений план:

1. Розглянути загальну характеристику вуглеводів. Показати, що до класу вуглеводів відносять органічні сполуки, які містять альдегідну або кетонну групу та декілька спиртових гідроксильних груп. Звернути увагу на те, що в залежності від складу, будови та властивостей, зокрема від поведінки при нагріванні з розведеними водними розчинами кислот, тобто в залежності від відношення до гідролізу, вуглеводи поділяють на дві групи: прості та складні. Прості вуглеводи не піддаються гідролізу. Складні вуглеводи гідролізуються з утворенням простих вуглеводів.

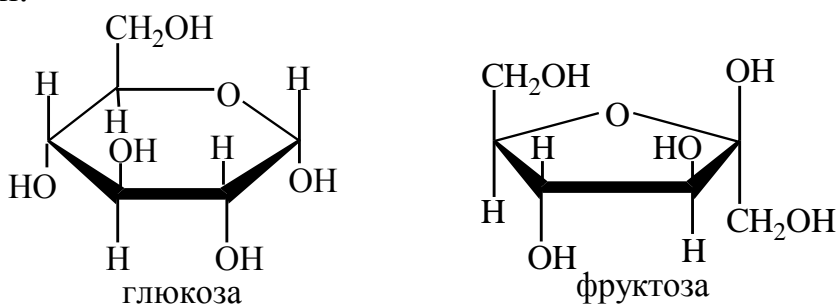
2. Охарактеризувати особливості простих та складних вуглеводів.



3. Показати, що головним чином серед моносахаридів, велике значення мають вуглеводи з п'ятьма та шістьма атомами карбону в молекулі (пентози, гексози). За своєю будовою вони поділяються на дві групи: альдегідоспирти (альдози) та кетоноспирти (кетози).



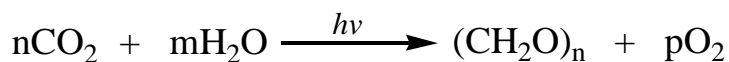
Вуглеводи з відкритим ланцюгом знаходяться в рівновазі з циклічними формами. Існують циклічні форми вуглеводів, які вперше запропонував російський вчений А.А. Колі:



4. Звернути увагу на те, що наявність декількох різних функціональних груп, здатність до таутомерного перетворення роблять моносахариди реакційноздатними лабільними сполуками. Вони вступають в хімічні реакції за рахунок напівацетального (глюкозидного) гідроксилу та за рахунок спиртових груп.

5. Розглядаючи хімічні властивості, навести приклади взаємодії моносахаридів з окисниками, спиртами, амінами, реакції утворення етерів та естерів, реакції заміщення напівацетального гідроксилу на галоген, взаємодії з гідроксидами металів, з фенілгідразином, кислотами та лугами.

6. Вивчаючи способи одержання, підкреслити, що вуглеводи утворюються в природі в результаті процесу фотосинтезу. Необхідно повідомити, що фотосинтез – це складний процес, в якому переважно рослинні організми перетворюють сонячну енергію, здійснюючи реакцію між Карбон(IV) оксидом та водою: утворюється кисень та вуглеводи:



7. Розглянути найважливіші представники моносахаридів: *D*-глюкозу, *D*-манозу, *D*-фруктозу, *D*-рибозу.

Вказати їх склад, будову, хімічні властивості, способи добудування, знаходження в природі та застосування.

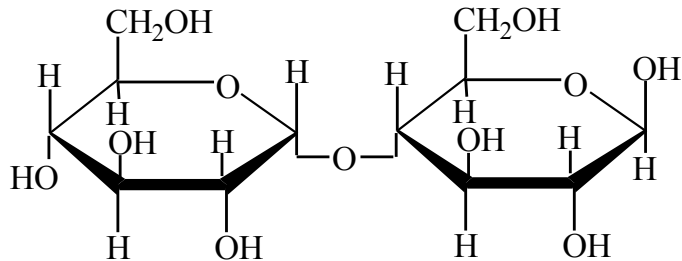
8. Ознайомити учнів з дисахаридами і звернути увагу на те, що усі дисахариди будуються як глюкозиди, так як молекула води виділяється з двох ОН-груп молекул моносахаридів з обов'язковою участю напівацетального (глюкозидного) гідроксилу. Познайти учнів з двома типами дисахаридів: відновлюючі та невідновлюючі дисахариди.

9. Розглядаючи хімічні властивості дисахаридів, слід зазначити, що завдяки наявності гідроксильних груп, дисахариди вступають в реакції алкілування та

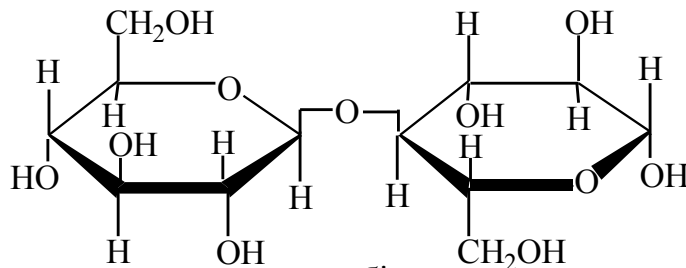
ацилування, взаємодіють зі спиртами, фенілгідразином та оцтовим ангідридом, утворюючи естери.

10. Ознайомити учнів з окремими представниками дисахаридів:

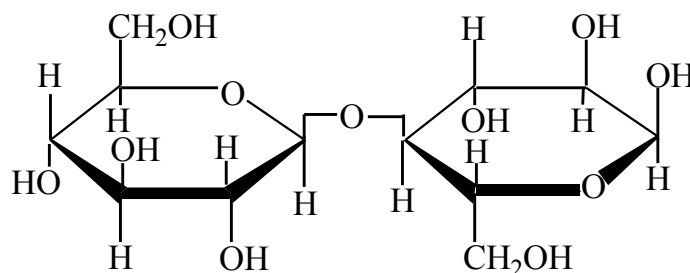
- мальтоза;
- целобіоза;
- лактоза;
- сахароза.



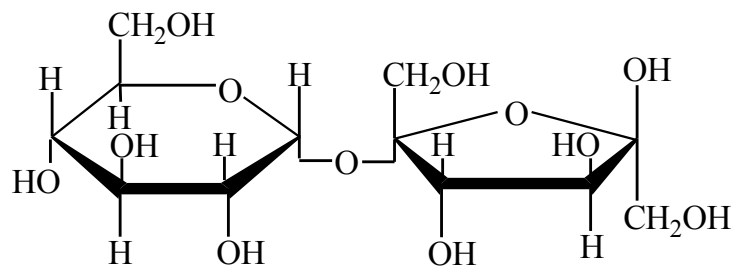
мальтоза



целобіоза

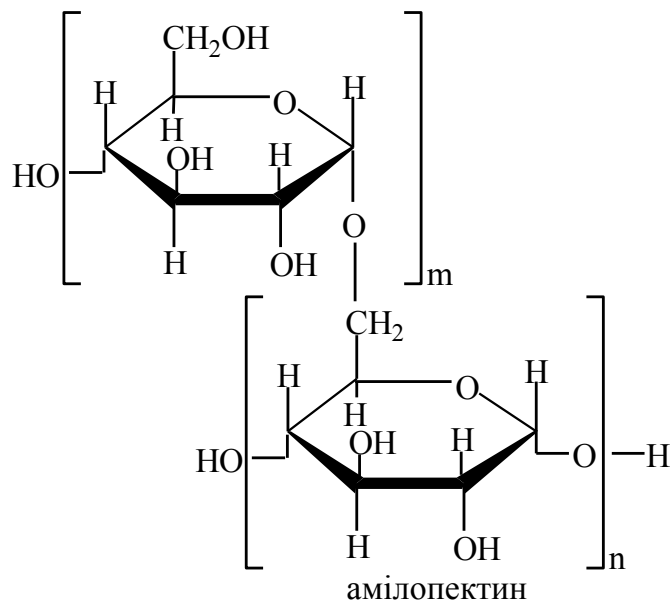
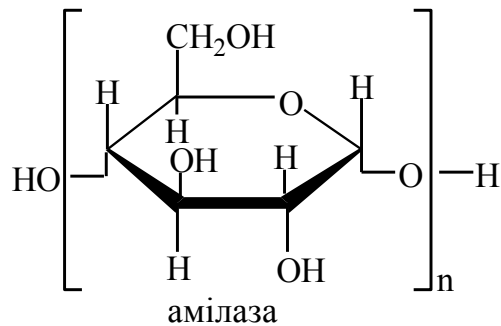


лактоза

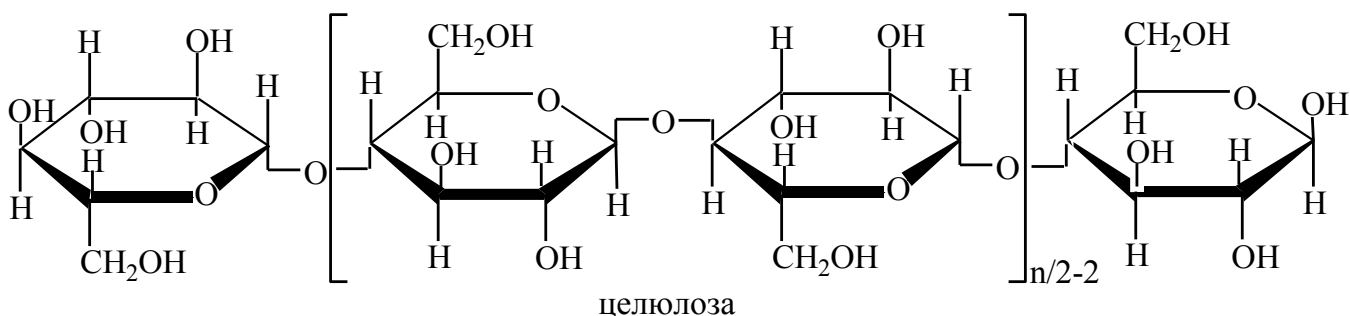


сахароза

11. Звернути увагу учнів на те, що є ще більш складні вуглеводи – полісахариди. З'ясувати складну будову крохмалю та целюлози. Вказати, що крохмаль представляє собою суміш двох полісахаридів: амілази та амілопектину. В амілазі мономери сполучені  $\alpha$ -1,4-глікозидними зв'язками. Головний ланцюг амілопектину утворений  $\alpha$ -1,4-глікозидними зв'язками, розгалуження формується  $\alpha$ -1,6-глікозидними зв'язками:



В свою чергу целюлоза має структуру, яка відрізняється  $\beta$ -конфігурацією зв'язку між циклами:



12. Розглядаючи хімічні властивості крохмалю та целюлози, познайомити учнів насамперед з гідролізом, кінцевим продуктом якого являється *D*-глюкоза.

Звернути увагу учнів на те, що целюлоза здатна, як багатоатомний спирт, утворювати етери та естери: нітроцелюлозу та ацетилцелюлозу.

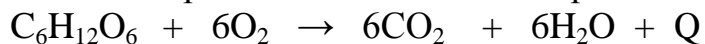
13. Звернути увагу, що в залежності від природи вуглеводів, будови їх молекул, вони виконують енергетичну, структурну та захисну функції, що у всіх без винятку організмах вуглеводи служать матеріалом, при окисненні якого виділяється енергія, потрібна для здійснення хімічних реакцій, що вуглеводи безпосередньо використовуються для побудови субклітинних структур, клітинних оболонок та інших утворень, які виконують в організмі опорні, захисні, рецепторні функції. Головні постачальники вуглеводів – це продукти рослинного походження (крупя, хліб, кондитерські вироби, солодощі, овочі) та деякі молочні продукти (джерело лактози).

Кожний із продуктів містить той чи інший вид вуглеводів. Надмірне вживання вуглеводів приводить до атеросклерозу, діабету, сприяє перебудові обміну в бік посилення синтезу жирів за рахунок вуглеводів. Це є результатом накопичення в організмі значної кількості тригліцеридів та жирних кислот, які легко відкладаються в жирових депо, що призводить до ожиріння.

Гідроліз сахарози:



При окисненні глюкози в організмі виділяється енергія:



### Заняття №3

**Тема:** Дослідження властивостей вуглеводів.

**Мета:** Сформувати вміння досліджувати властивості вуглеводів.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

#### Завдання:

1. Навчитися проводити якісні реакції на моносахариди:
  - а) відновлення амоніачного розчину аргентум гідроксиду;
  - б) реакція Троммера;
  - в) реакція з фелінговою рідиною;
  - г) реакція Селіванова;
  - д) реакція з купрум сульфатом.
2. Дослідити властивості дисахаридів:
  - а) реакція з фелінговою рідиною;
  - б) гідроліз сахарози;
  - в) дослідження продуктів гідролізу.
3. Дослідити властивості полісахаридів:
  - а) виділення глікогену;
  - б) реакція крохмалю та глікогену з йодом;
  - в) визначення крохмалю в листках бузку.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Засвоїти класифікацію, склад, будову та властивості вуглеводів.
2. Розглянути біологічну функцію вуглеводів у тваринних та рослинних організмах.
3. З'ясувати харчову цінність вуглеводів.

#### Література:

1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ-Вінниця: Нова книга, 2007. – С. 217-251.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-Захід, 2004. – С. 21-93.
3. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, Т. 1. – 1974. – С. 412-455.

4. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 128-148.

5. Смоляр В.И. Рациональное питание. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 44-59.

6. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 309-340.

7. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 217-226.

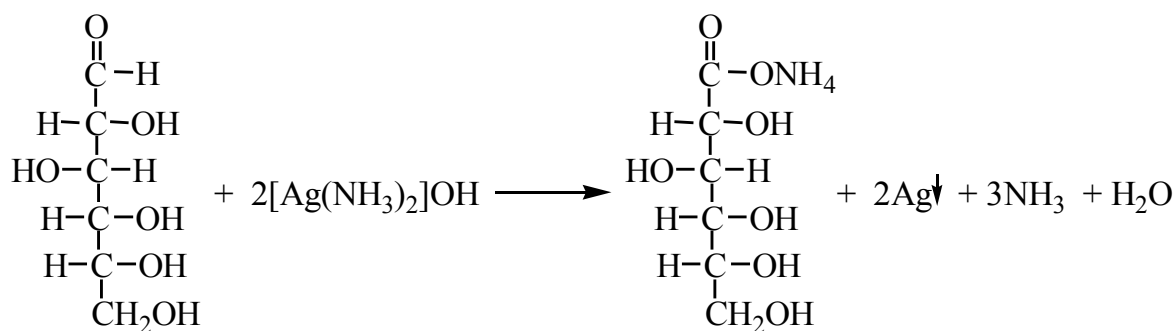
**Обладнання та реактиви:** водяні бані, колби мірні ємністю 200 см<sup>3</sup>, колби конічні ємністю 200 см<sup>3</sup>, зворотні повітряні холодильники, фарфорові ступки, піпетки, бюретки, мірні циліндри, скляні пластинки, скляні палички, технохімічні терези, пробірки, розчин хлоридної кислоти [w(HCl) = 2,5 %], розчин натрій гідроксиду [w(NaOH) = 10 %], розчин сульфатної кислоти [w(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 10 %], розчин купрум сульфату [w(CuSO<sub>4</sub>) = 5 %], крохмаль-індикатор – реактив Люголя, реактив Селіванова, фелінгова рідина, розчин глюкози [w(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) = 1 %], розчин фруктози [w(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) = 1 %], розчин сахарози [w(C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) = 1%], купрум(I та II) оксиди, розчини калій гідроксиду [w(KOH) = 60 %, w (KOH) = 15 %], етанол.

### Хід роботи:

#### 1. Дослідження властивостей моносахаридів

##### а) Відновлення амоніачного розчину аргентум гідроксиду

В дві чисті пробірки налити амоніачний розчин аргентум гідроксиду об'ємом 3-4 см<sup>3</sup>, в одну з них додати розчин глюкози об'ємом 2 см<sup>3</sup>, в іншу – розчин фруктози об'ємом 2 см<sup>3</sup>. Обидві пробірки поставити на водяну баню, нагріти до 70-80 °С. У пробірці з фруктозою осад не утворюється.

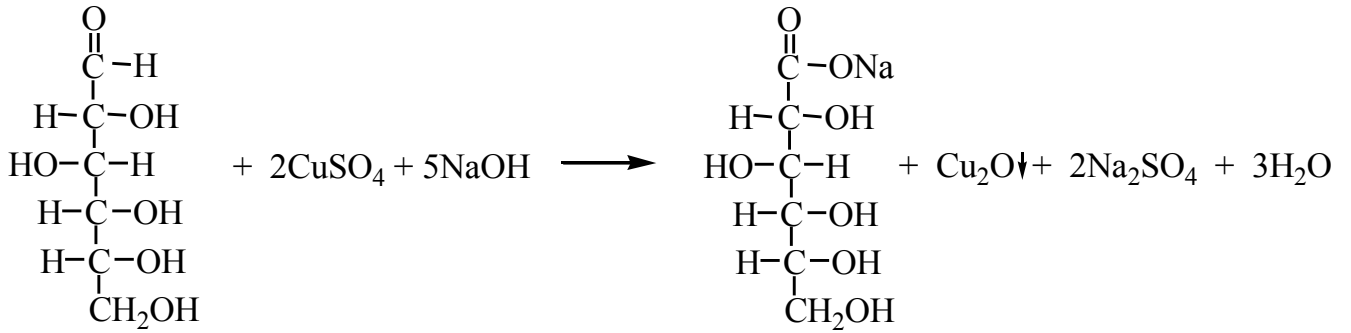


Зробити висновок

##### б) Реакція Троммера

У пробірку внести розчин глюкози об'ємом 1-2 см<sup>3</sup> та рівний об'єм розчину натрій гідроксиду [w(NaOH) = 10 %]. Перемішуючи, додати по краплях розчин купрум сульфату [w(CuSO<sub>4</sub>) = 5 %] до появи незникаючої каламуті. Обережно нагрівати верхню частину вмісту пробірки. На стінках пробірки з'являється осад червоного кольору.

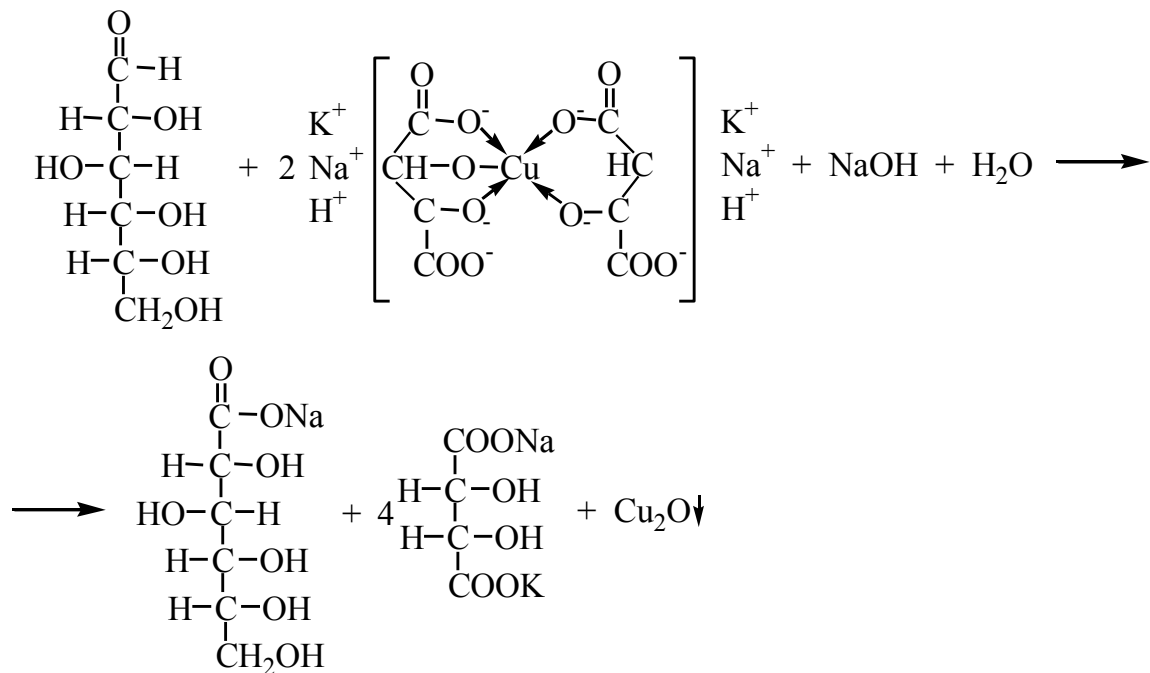




Зробити висновок.

в) Реакція з фелінговою рідиною

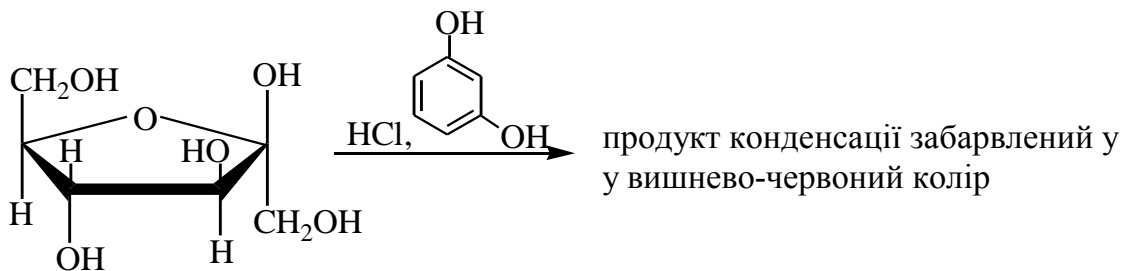
У пробірку внести розчин глюкози об'ємом 1-2 см<sup>3</sup>, додати фелінгову рідину об'ємом 1-2 см<sup>3</sup>, довести до кипіння. На стінках пробірки з'являється осад червоного кольору.



Зробити висновок.

г) Реакція Селіванова на кетози

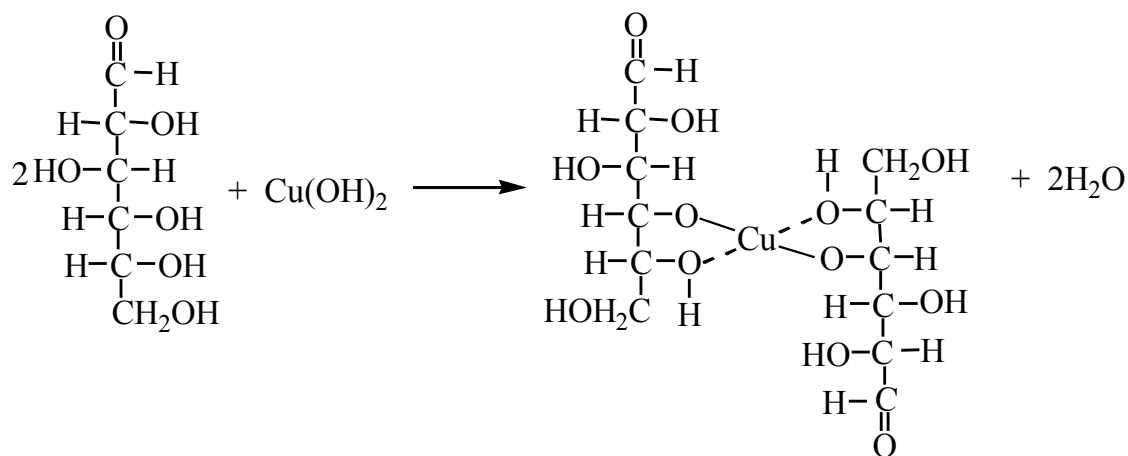
У дві пробірки помістити реактив Селіванова об'ємом 3 см<sup>3</sup>. У першу пробірку додати 3 краплі розчину фруктози, у другу пробірку – 3 краплі розчину глюкози. Обидві пробірки нагрівати на водяній бані при 80 °С 8 хв.



Зробити висновок.

д) Реакція з купрум сульфатом

У пробірку помістити 3-4 краплі купрум сульфату [ $w(\text{CuSO}_4) = 5\%$ ] та розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10\%$ ] об'ємом 2-3  $\text{cm}^3$ . До утвореного осаду голубого кольору прилити декілька крапель глюкози та перемішати. Утворюється розчин синього кольору.

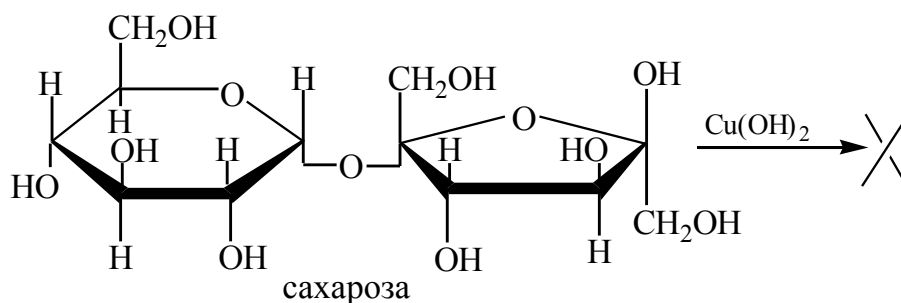


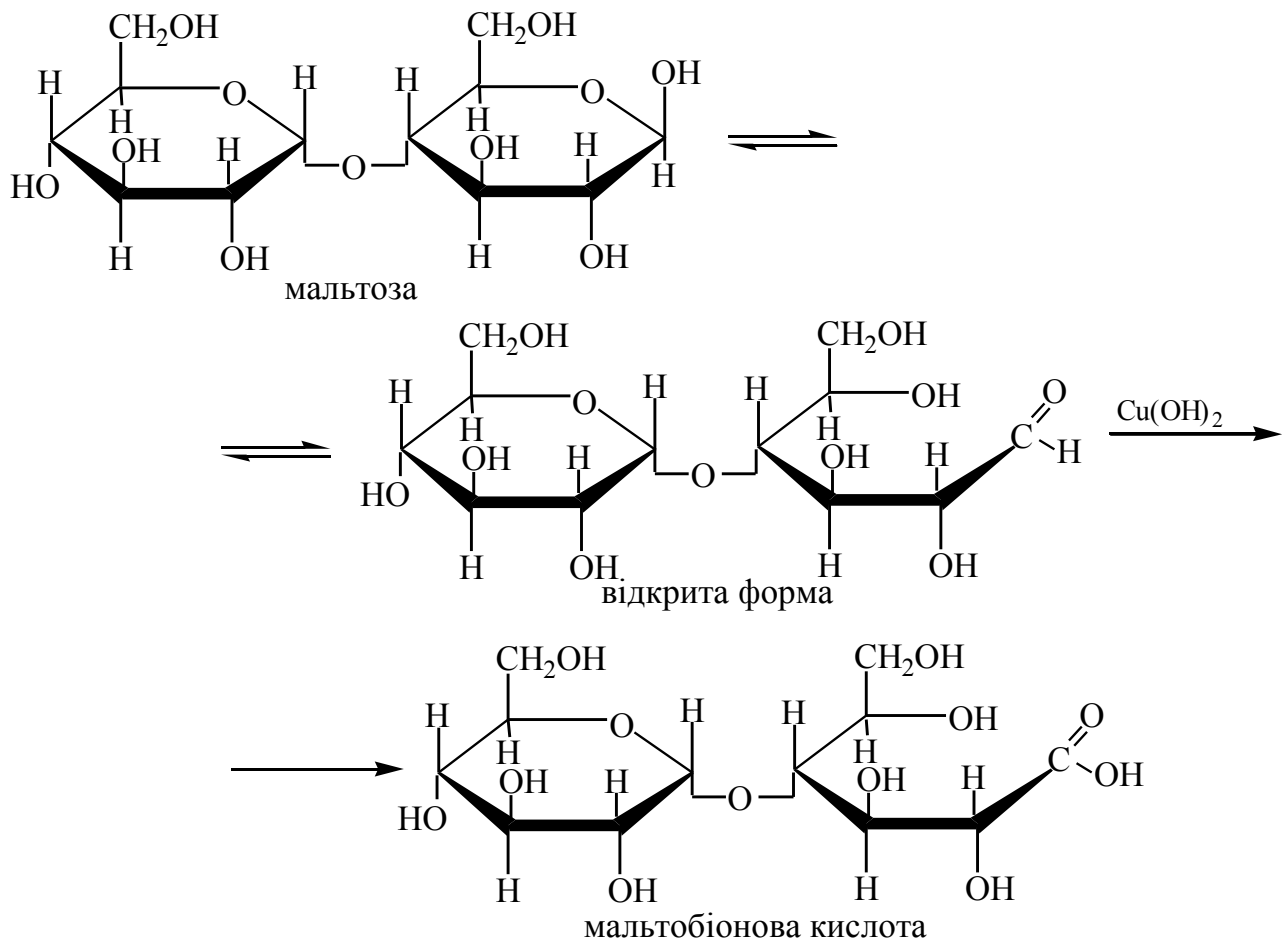
Зробити висновок.

2. Реакції дисахаридів

а) Реакція з фелінговою рідиною

В три пробірки налити розчини сахарози, мальтози і лактози об'ємом 2-3  $\text{cm}^3$ . В кожну пробірку додати рівний об'єм реактиву Фелінга. Всі пробірки нагріти майже до кипіння. В пробірці з сахарозою відновлення купруму не спостерігається, в інших пробірках утворюється осад купрум(II) оксиду.





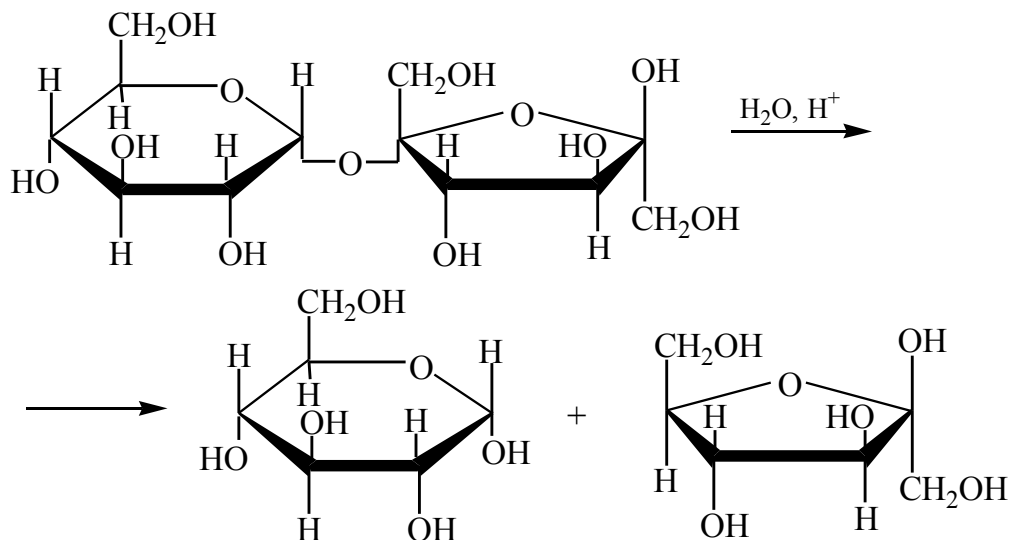
Зробити висновок.

#### б) Гідроліз сахарози

У пробірку помістити розчин сахарози об'ємом  $3 \text{ см}^3$ , додати розчин сульфатної кислоти [ $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \%$ ] об'ємом  $1 \text{ см}^3$ . Одержаний розчин кип'ятити (обережно!) 1-2 хв., охолодити, поділити розчин на 2 частини. У першу частину додати розчин натрій гідрогенкарбонату до припинення виділення  $\text{CO}_2$ , постійно перемішуючи. Потім долити рівний об'єм реактиву Фелінга, довести верхню частину рідини до кипіння.

Суміш моносахаридів (глюкози та фруктози) окиснюється реактивом Фелінга – у синьому розчині при нагріванні випадає осад с початку жовтого коліру –  $\text{CuOH}$ , потім червоного –  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

У другу частину гідролізату долити рівний об'єм реактиву Селіванова нагрівати на водяній бані при  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  8 хв. Вміст пробірки забарвлюється у вишнево-червоний колір.



До третьої пробірки додати суміш розчину сахарози об'ємом  $1,5 \text{ см}^3$  з рівним об'ємом реактиву Фелінга, нагріти. Позитивну реакцію з реактивом Фелінга сахароза не дає.

Зробити висновок.

### 3. Виділення глікогену з тваринних тканин

У пробірку додати розчин калій гідроксиду [ $w(\text{KOH}) = 60 \%$ ] об'ємом  $2 \text{ см}^3$ . Зважити на технохімічних терезах  $1,5\text{-}2 \text{ г}$  тканини (печінка, м'язи, мозок), здрібнити та помістити тканину в пробірку з розчином  $\text{KOH}$  і нагрівати на киплячій водяній бані, постійно перемішуючи вміст пробірки. Охолодити, додати етанол об'ємом  $8\text{-}10 \text{ см}^3$ . Пробірку поставити в склянку з льодом на  $20\text{-}30 \text{ хв}$ . Випадає осад глікогену. Осад відцентрифугувати, рідину злити. Осад розчинити в розчині калій гідроксиду [ $w(\text{KOH}) = 15 \%$ ] об'ємом  $2 \text{ см}^3$ , додати етанол об'ємом  $10 \text{ см}^3$  та охолодити одержану суміш. Осад глікогену відділити центрифугуванням.

Зробити висновок.

### 4. Реакції полісахаридів

#### а) Реакція крохмалю та глікогену з йодом

У пробірку помістити розчин крохмалю об'ємом  $2\text{-}3 \text{ см}^3$ , додати  $1\text{-}2$  краплі розчину Люголя. Розчин забарвлюється в синій колір. Вміст пробірки розділити на 3 частини: до першої частини додати розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ ] об'ємом  $1\text{-}2 \text{ см}^3$ , до другої – етиловий спирт об'ємом  $2\text{-}3 \text{ см}^3$ , третю частину нагріти. У всіх випадках забарвлення зникає.

Зробити висновок.

У дві пробірки помістити розчин глікогену об'ємом  $2\text{-}3 \text{ см}^3$ . В одну додати  $1\text{-}2$  краплі розчину Люголя, перемішати (синє забарвлення). У другу пробірку додати розчин хлоридної кислоти [ $w(\text{HCl}) = 2,5 \%$ ] об'ємом  $3\text{-}4 \text{ см}^3$  і кип'ятити  $15 \text{ хв}$  (гідроліз глікогену), нейтралізувати розчином натрій гідроксиду та додати розчин фелінгової рідини. Суміш нагріти до кипіння (утворюється червоний осад).

Зробити висновок.

#### б) Визначення крохмалю в листках бузку

Ввечері підготувати для досліду листок бузку – частину його (прямо на куці) закрити з обох боків, завернувши в алюмінієву фольгу або в інший світлонепроникаючий матеріал. Наступного дня, після того, як листок на протязі

декілької годин знаходився на яскравому сонячному промінні, зрізати його і занутивши на 2-3 години в гарячий денатурат, виділити з нього хлорофіл. На завершення досліду помістити листок в розчин йоду. При цьому в синій колір забарвлюється тільки та частина листка, яка була на світлі.

#### Заняття № 4

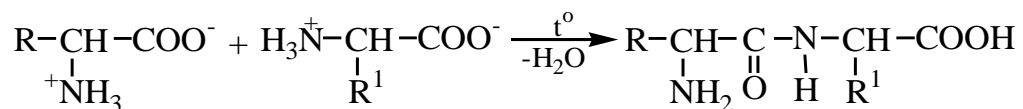
**Тема:** Білки – життєво необхідні речовини.

**Мета:** Сформувати в учнів знання про білки та їх біологічну цінність.

**Форма навчального заняття:** лекція.

#### Розширений план:

1. Звернути увагу, що білки – це біоорганічні високомолекулярні сполуки, молекули яких є гетерополімерами, побудованими із залишків  $\alpha$ -L-амінокислот, сполучених кислотнo-амідними (пептидними) зв'язками (–CO–NH– – пептидна група).



Із усіх біополімерів білки є найпоширенішими речовинами, входять до складу практично всіх клітинних складових рослин, тварин, мікроорганізмів (ядра, мембран, цитоплазми) та міжклітинних культур. Із білків “побудовані” м’язові, опорні та покривні тканини; за їхньою допомогою надходять до організму необхідні речовини та виводяться непотрібні; каталізуються численні біохімічні процеси. Білки становлять приблизно 50 % сухої маси людини. Кількість індивідуальних білків досягає кількох мільярдів.

2. Розглянути, що амінокислоти широко розповсюджені в природі і є структурними елементами білкових молекул; вони відіграють важливу роль у біологічних процесах організму.

Показати, що амінокислоти жирного ряду мають амфотерний характер внаслідок наявності в молекулі кислотної (–COOH) та основної (–NH<sub>2</sub>) груп, тому утворюють солі з гідроксидами та мінеральними кислотами.

В біосинтезі білка в поліпептидний ланцюг включається 27  $\alpha$ -амінокислот. Показати, що незамінні кислоти (жирний шрифт) в організмі не синтезуються.

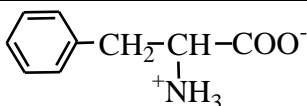
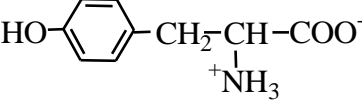
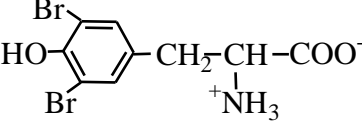
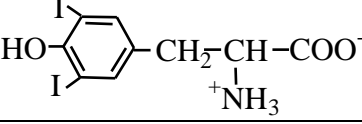
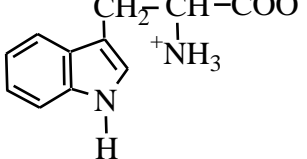
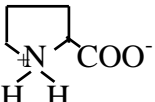
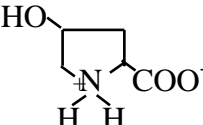
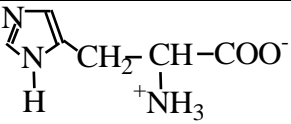
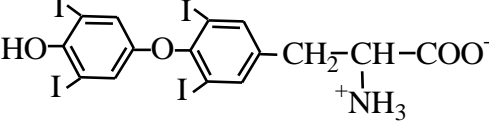
3. Відмітити, що унаслідок значної різноманітності білків їхньої єдиної класифікації не існує. В залежності від принципів, які були прийняті за основу класифікації, вони поділяються за походженням, джерелом виділення, фізико-хімічними властивостями, формою молекули, біологічними функціями, хімічною будовою.

Розглядаючи більш детальну класифікацію білків, слід зосередити, що:

- за походженням розрізняють бактеріальні, рослинні, тваринні;
- за джерелом виділення – м’язові, тканинні, сироваткові тощо;

**Найважливіші амінокислоти  
білків**

Назва 1	Скорочення 2	Формула 3
Гліцин	Gly	$\text{H}_3\text{N}^+\text{-CH}_2\text{-COO}^-$
(+)Аланін	Ala	$\text{CH}_3\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(+)Валін	Val	$\text{CH}_3\text{-CH-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{CH}_3$ $\text{NH}_3^+$
(-)Лейцин	Leu	$\text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{CH}_3$ $\text{NH}_3^+$
(+)Ізолейцин	Ile	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{CH}_3$ $\text{NH}_3^+$
(+)Аспарагінова кислота	Asp	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(-)Аспарагін	Asp-NH <sub>2</sub>	$\text{H}_2\text{N-C-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\parallel$ $\uparrow$ $\text{O}$ $\text{NH}_3^+$
(+)Глутамінова кислота	Glu	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(+)Глутамін	Glu-NH <sub>2</sub>	$\text{H}_2\text{N-C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\parallel$ $\uparrow$ $\text{O}$ $\text{NH}_3^+$
(+)Лізин	Lys	$\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(-)Оксилізін	Oly	$\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{OH}$ $\text{NH}_3^+$
(+)Аргінін	Arg	$\text{H}_2\text{N-C-N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{NH}_2$ $\text{H}$ $\text{NH}_3^+$
(-)Серин	Ser	$\text{HO-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(-)Треонін	Tre	$\text{CH}_3\text{-CH-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{OH}$ $\text{NH}_3^+$
(-)Цистеїн	Cys	$\text{HS-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$
(-)Цистин	Cys-S-S-Cys	$\text{OOC-CH-CH}_2\text{-S-S-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$ $\text{NH}_3^+$
(-)Метіонін	Met	$\text{CH}_3\text{S-CH}_2\text{-CH-COO}^-$ $\uparrow$ $\text{NH}_3^+$

1	2	3
(-)Фенілаланін	Phe	
(-)Тирозин	Tyr	
(+)3,5-Дибромтирозин		
(+)3,5-Дийодтирозин		
(-)Триптофан	Try	
(-)Пролін	Pro	
(-)Оксипролін	Opr	
(-)Гістидин	His	
(+)Тироксин		

– за фізико-хімічними властивостями – кислі (поліаніони), основні (полікатиони) і нейтральні;

– за формою молекул – глобулярні і фібрилярні;

– за біологічними функціями – структурні, транспортні, каталітичні, гормональні, захисні, скоротливі, рецепторні, енергетичні, білки-токсини.

– за хімічною будовою – прості і складні. Поділ білків на прості і складні умовний, оскільки більшість простих білків існує у вигляді певних формувань з іншими компонентами живого організму і у вільному стані перебувають рідко.

4. Сформувати уявлення про чотири рівня структури білкової молекули.

– Первинна структура білків – це послідовність амінокислотних залишків ланцюгу, який встановлюється за допомогою хімічних методів аналізу.

– Вторинна структура білків – для високомолекулярних білків характерна структура спіралі або інша особлива форма за рахунок утворення водневих зв'язків між амідними групами.  $\alpha$ -Форма – поліамідний ланцюг закручений у спіраль, в якій розташовані поруч гілки з'єднуються за рахунок водневих зв'язків між сусідніми амідними групами. Спіраль має праве обертання, при цьому об'ємні бокові ланцюги

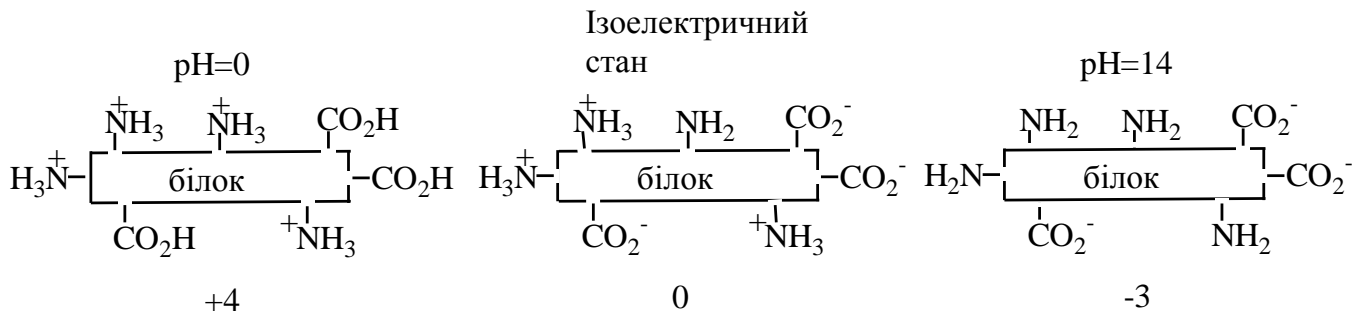
*L*-амінокислот направлені до центру спіралі.  $\beta$ -Форма – поліамідні ланцюги розташовані поруч у антипаралельному положенні, утворюючи шар поліпептидних ланцюгів, які зв'язані між собою водневими зв'язками. При такій будові ланцюги поліпептидних молекул знаходяться поперемінно над та під площиною шару.

– Третинна структура білків – обумовлена взаємодією бокових ланцюгів амінокислот. Крім водневих зв'язків важливим фактором стабілізації третинної структури є утворення дисульфідних зв'язків. Третинна структура часто надає молекулі білка таку конформацію, при якій гідрофільні групи ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ) розташовані на поверхні молекули, а гідрофобні групи ( $-\text{Alk}$ ,  $-\text{Ar}$ ) знаходяться у середині і направлені до центра молекули.

– Четвертинна структура білків – асоціація ланцюгів в четвертинну структуру обумовлена міжмолекулярними взаємодіями між боковими групами: йонні та водневі зв'язки, гідрофобні взаємодії відповідних контактуючих поверхонь глобул третинної структури.

#### 5. Розглянути специфічні властивості білків.

– Кислотно-основні властивості визначаються згідно з розташуванням на поверхні білкових молекул аніоногенних ( $-\text{COOH}$  і меншою мірою  $-\text{OH}$ ,  $-\text{SH}$ ), катіоногенних ( $-\text{NH}_2$ , гуанідинових та імідазолільних фрагментів) груп. Унаслідок цього білки є амфотерними електролітами, заряд яких залежить від значень рН середовища та амінокислотного складу. При низьких значеннях рН молекула білка має позитивний заряд, при високому – негативний заряд. При деякому проміжному значенні рН загальний або середній заряд молекули буде дорівнювати нулю, і це значення рН називається ізоелектричний стан. Властивості білкових молекул значно змінюються при переході через ізоелектричний стан. Залежність підсумкового заряду на поліпептиді або білку від зміни рН середовища використовують для розділення цих молекул за допомогою електрофорезу.



– Розчинність білків залежить в основному від співвідношення полярних та неполярних амінокислотних ланок у їхній структурі. Якщо на поверхні білків переважають полярні функціональні групи (заряджені та незаряджені) вони здатні при контакті з водою утворювати відповідні гідратні оболонки. Так гідратні оболонки виникають завдяки як при йон-дипольній взаємодії молекул води з йонами поверхні білку, так і водневим зв'язком між молекулами води і полярними групами  $-\text{CONH}-$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{SH}$ . Білки, що добре розчиняються у воді, мають переважно глобулярну будову. Білки фібрилярної структури, на зразок колагену, у воді не розчиняються, а лише набрякають, що пояснюється значно меншою кількістю полярних груп у їхній структурі.



– Колоїдно-хімічні властивості: здатність білкових молекул до дифузії, висока в'язкість розчинів, схильність до гелеутворення. Білки можна розглядати як типові колоїдні системи, що стабілізуються внаслідок існування на поверхні частинок електричного заряду та гідратної оболонки з молекул води. Завдяки високим значенням молярної маси білкам притаманна мала швидкість дифузії у клітинах та поза них. При цьому глобулярні білки дифундують швидше, ніж фібрилярні. Висока в'язкість білків теж визначається їх високою молярною масою.

– Денатурація білків. Під денатурацією білків розуміють втрату білковою молекулою своєї нативної впорядкованої будови за винятком первинної структури, а також своїх фізико-хімічних і біологічних властивостей внаслідок руйнування невалентних зв'язків, які стабілізують ці впорядковані будови. Найчастіше білки денатурують під впливом температури (50-60 °С), рН середовища (кислот або лугу), хімічних реагентів (розчин сечовини  $C = 8$  моль/дм<sup>3</sup>, гуанідину  $C = 6$  моль/ дм<sup>3</sup>), різноманітних за хімічною природою ПАР, розчинників (ацетон, етанол), алкалоїдів, солей деяких d-металів (меркурію, купруму та ін.), ультразвуку, йонізуючого випромінювання та ін. При цьому зменшується розчинність білків у воді, змінюється їхня форма, збільшується в'язкість. При денатурації четвертинні або третинні структури розщеплюються на окремі поліпептидні ланцюги у вигляді неупорядкованих клубків і випадають в осад. Але у разі нетривалої дії денатурувальних чинників можливе відновлення нативної будови білка з одночасним відновленням його біологічної активності. Такий процес називається ренатурацією. Вважають, найкраще можуть денатурувати білки у сильно кислому середовищі при  $pH < 2$  або у сильно лужному при  $pH > 10-11$ . Денатурація білків має важливе значення для перероблення продуктів харчування, сушіння овочів і фруктів, консервування, виробництва предметів одягу та взуття тощо.

6. Звернути увагу на проблеми синтезу білків. Для того щоб одержати необхідний білок, треба встановити, які амінокислоти його складають, з'ясувати первинну, вторинну і третинну структури, потім здійснити встановлену послідовність амінокислотних ланок та створити необхідну просторову конфігурацію

7. Показати, що білки – необхідна складова частина продуктів харчування. Проблема харчового білка стоїть дуже гостро. За даними Організації Об'єднаних Націй (ООН) більшість половини людства не отримує з їжею необхідної кількості білка, це викликає тяжке захворювання – квашіоркор. В процесі травлення білки гідролізуються до амінокислот, які всмоктуються в кров. Харчова цінність білків залежить від їх амінокислотного складу, вмісту в них незамінних амінокислот, які не синтезуються в організмі. В поживному відношенні рослинні білки менш цінні, ніж тваринні; вони містять менше метіоніну та триптофану, важче перетравлюються. Один з шляхів рішення проблеми – додавання в рослинну їжу синтетичних амінокислот. Поряд з цим виводять нові сорти рослин, які містять гени, що відповідають за синтез незамінних амінокислот.

Для нормального функціонування організму людини необхідний білковий оптимум, який значно перевищує мінімальний рівень і становить 1,5-2,0 г на 1 кг маси, тобто 100-110 г білка на добу. Якщо в організм з їжею надходить більше білків, ніж потрібно для забезпечення процесів ресинтезу витрачених білкових

структур, то надлишок амінокислот буде дезамінуватись, а радикали будуть перетворюватись на глікоген або жир.

### Заняття № 5

**Тема:** Дослідження властивостей білків.

**Мета:** Сформулювати вміння досліджувати властивості білків на прикладі проведення якісних реакцій.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

#### Завдання:

1. Навчитися готувати розчини рослинних та тваринних білків.
2. Навчитися проводити якісні реакції на білки:
  - а) біуретова реакція;
  - б) нінгідрінова реакція;
  - в) ксантопротеїнова реакція;
  - г) реакція Вуазена;
  - д) реакція Паулі;
  - е) нітропрусидна реакція;
  - є) реакція на слабкозв'язаний сульфур.

#### Завдання для самостійної роботи:

1. Засвоїти склад, будову та властивості білків.
2. Розглянути біологічні функції білків в тваринних та рослинних організмах.
3. З'ясувати харчову цінність білків.

#### Література:

1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ–Винниця: Нова книга, 2007. – С. 283-320.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтелект-Захід, 2004. – С. 94-147.
3. Смолина Т.А., Васильєва Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 122-125.
4. Смоляр В.И. Рациональное питание. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 26-36.
5. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 23-85.
6. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 37-102.

**Обладнання та реактиви:** лійки, фільтри, пробірки, скляні палички, водяні бані, “кип’ятильники”, лакмусовий папір, марля, технохімічні терези, розчин натрій хлориду [ $w(\text{NaCl}) = 10 \%$ ], насичений розчин амоній сульфату, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 30 \%$ ], розчин купрум сульфату [ $w(\text{CuSO}_4) = 1 \%$ ], концентрована нітратна та хлоридна кислоти, розчин формальдегіду [ $w(\text{CH}_2\text{O}) = 2,5 \%$ ], розчин сульфанілової кислоти в розчині хлоридної кислоти, розчин натрій нітрату(III) [ $w(\text{NaNO}_2) = 0,5 \%$ ], розчин натрій карбонату [ $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10 \%$ ], розчин натрій нітропрусиду [ $w(\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]) = 5 \%$ ], ацетон.

### Хід роботи:

#### 1. Приготування розчинів білків для дослідження властивостей

##### а) Нерозведений білок курячого яйця

Відділити білки від жовтків трьох курячих яєць.

##### б) Розбавлений розчин яйцевого альбуміну

Відділити білок від одного курячого яйця. Збити білок з десятикратним об'ємом дистильованої води. Профільтрувати через подвійний шар змоченої водою марлі.

##### в) Білки м'яса

Зважити на технохімічних терезах м'ясний фарш масою 40-50 г, помістити в склянку і додати розчин натрій хлориду [ $w(\text{NaCl}) = 10\%$ ] об'ємом 80-100 см<sup>3</sup>. Залишити суміш стояти 15-20 хв. при частому перемішуванні. Профільтрувати через паперовий фільтр рідину.

##### г) Білки молока

До молока об'ємом 50 см<sup>3</sup> додати насиченого розчин амоній сульфату об'ємом 50 см<sup>3</sup>. Профільтрувати через паперовий фільтр.

##### д) Рослинні альбуміни

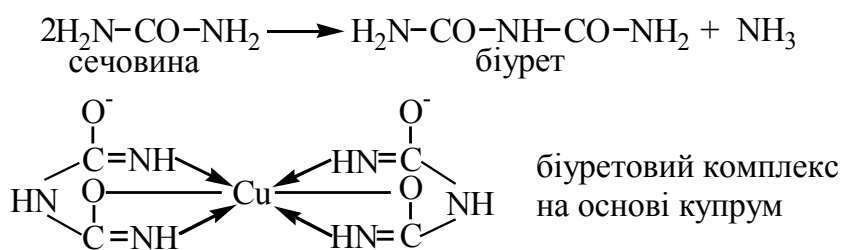
На технохімічних терезах зважити пшеничне борошно масою 25 г, додати дистильованої води об'ємом 100 см<sup>3</sup> і перемішувати суміш протягом години. Суміш профільтрувати через паперовий фільтр.

#### 2. Дослідження властивостей білків в одержаних розчинах

Кожен учень працює з певним розчином білка та досліджує його.

##### а) Біуретова реакція

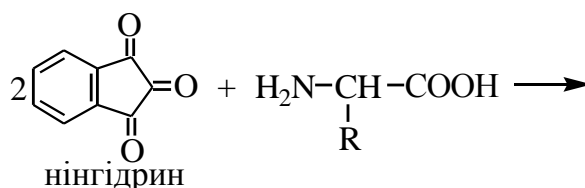
У пробірку до розчину білка об'ємом 1-2 см<sup>3</sup> додати подвійний об'єм розчину натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 30\%$ ], перемішати. Додати 2-3 краплі розчину купрум сульфату [ $w(\text{CuSO}_4) = 1\%$ ], перемішати і залишити суміш стояти 1-2 хв. Утворюється червоно-фіолетове забарвлення.

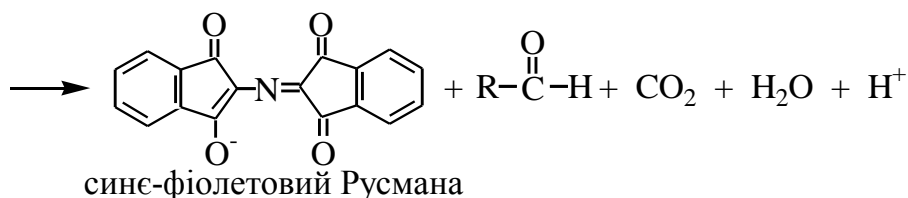


Зробити висновок.

##### б) Нінгідрінова реакція

У пробірку до розчину білка об'ємом 1-2 см<sup>3</sup> додати 3-4 краплі розчину нінгідрину в ацетоні, перемішати. Розчин нагрівати на водяній бані при 70 °С декілька хвилин. Утворюється синє-фіолетове забарвлення.

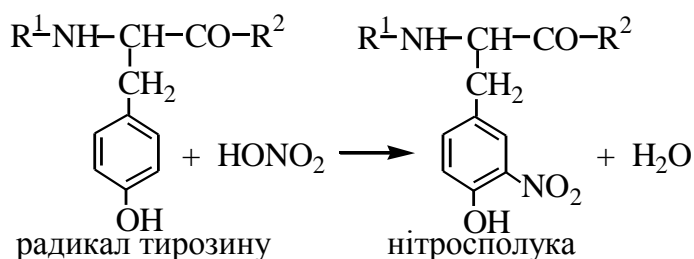




Зробити висновок.

в) Ксантопротеїнова реакція

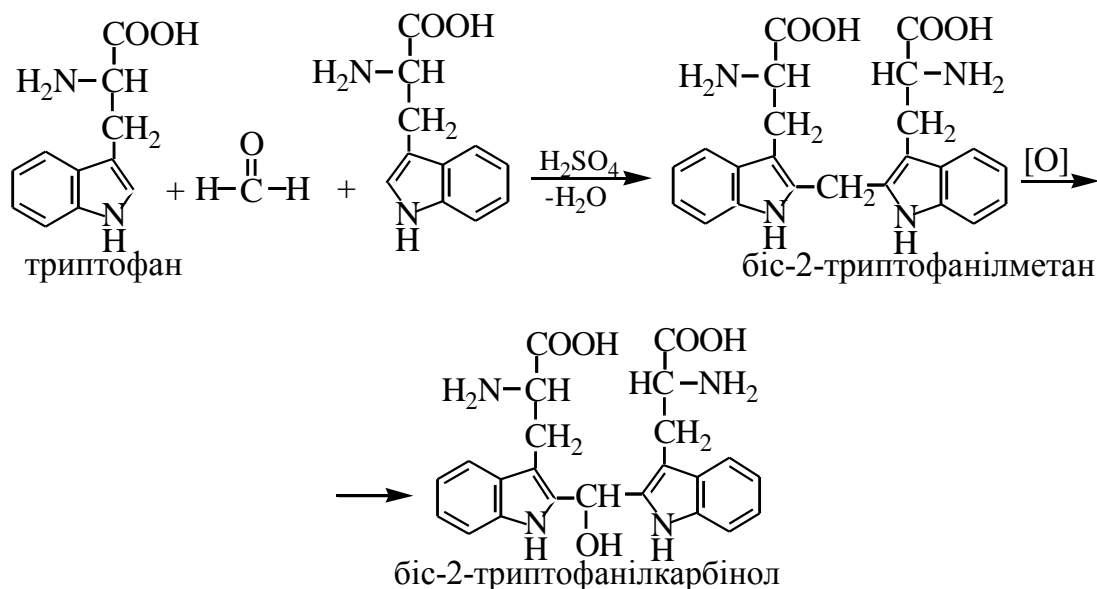
У пробірку до розчину білка об'ємом 1 см<sup>3</sup> додати 5-6 крапель концентрованої нітратної кислоти до появи осаду. Вміст пробірки нагріти. Суміш охолодити та додати по краплях концентрований розчин амоній гідроксиду до зміни забарвлення. Розчин та осад забарвлюються в яскраво-жовтий колір.



Зробити висновок.

г) Реакція Вуазена

В пробірку до розчину білка об'ємом 2 см<sup>3</sup> додати 1 краплю розчину формальдегіду [w(CH<sub>2</sub>O) = 2,5 %], перемішати. Додати концентрованої хлоридної кислоти об'ємом 6 см<sup>3</sup>, перемішати та залишити стояти 10 хв. Додати при перемішуванні 10 крапель розчину натрій нітрату(III) [w(NaNO<sub>2</sub>) = 0,5 %]. Утворюється інтенсивне синє-фіолетове забарвлення.

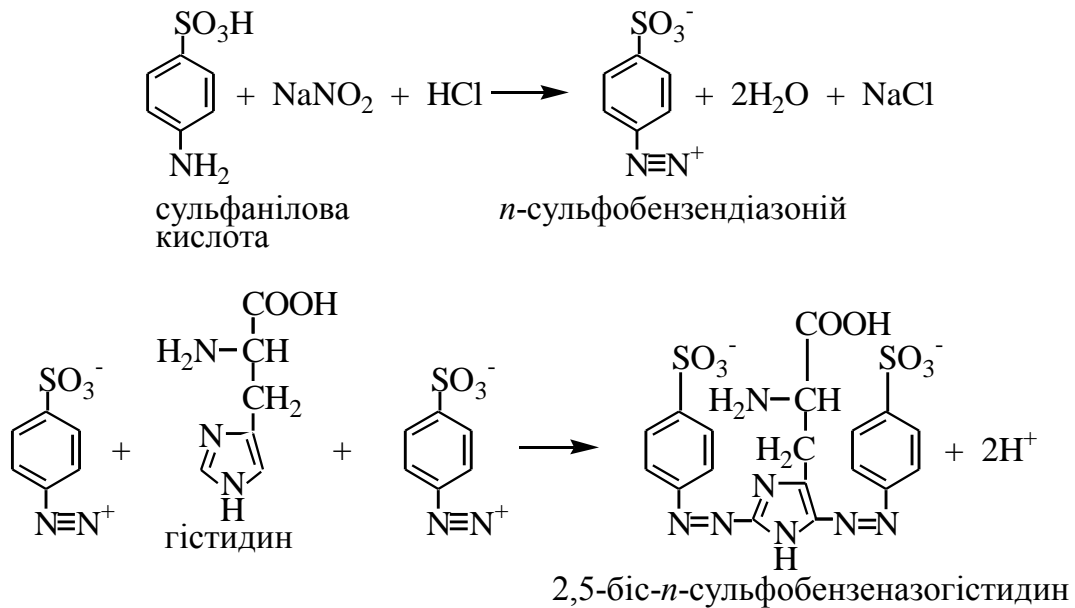


Зробити висновок.

д) Реакція Паулі

У пробірку до розчину сульфанілової кислоти в розчині хлоридної кислоти об'ємом 1 см<sup>3</sup> додати розчин натрій нітрату(III) [w(NaNO<sub>2</sub>) = 0,5 %] об'ємом 2 см<sup>3</sup>, перемішати. Швидко додати розчин білка об'ємом 2 см<sup>3</sup>, перемішати і додати

розчин натрій карбонату [ $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10\%$ ] об'ємом  $6\text{ см}^3$ . Утворюється вишнево-червоне забарвлення.



Зробити висновок.

ж) Нітропрусидна реакція

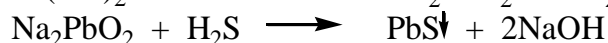
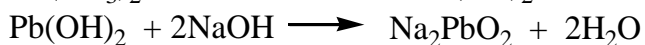
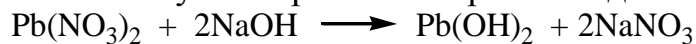
У пробірку помістити розчин білка об'ємом  $3\text{ см}^3$  і додати насичений розчин амоній сульфату об'ємом  $3\text{ см}^3$ . До розчину додати 2-3 краплі розчину натрій нітропрусиду [ $w(\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]) = 5\%$ ] та декілька крапель розчину амоніаку. Утворюється пурпурне забарвлення.



Зробити висновок.

з) Реакція на слабкозв'язаний сульфур

У пробірку внести нерозведений білок об'ємом  $0,5-1,0\text{ см}^3$  та додати подвійний об'єм концентрованого розчину лугу. Суміш прокип'ятити (Обережно суміш може виплескатися! Додати декілька "кип'ятильників"). Визначити амоніак, який виділяється, лакмусовим папером (піднести лакмусовий папір до отвору пробірки). Гарячу рідину розділити на дві частини. До першої частини рідини додати розчин натрій плюмбіту. Утворюється чорний осад.



Зробити висновок.

До другої частини рідини додати 2-3 краплі свіжовиготовленого розведеного розчину натрій нітропрусиду [ $w(\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]) = 5\%$ ]. Утворюється червоно-фіолетове забарвлення.

Зробити висновок.

## Заняття № 6

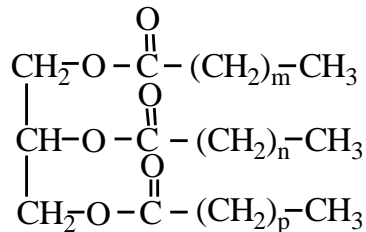
**Тема:** Жири: будова, властивості та біологічна роль.

**Мета:** Сформувати в учнів поняття про жири, їх будову та біологічну роль.

**Форма навчального заняття:** лекція.

### Розширений план:

1. Розглянути з точки зору складу, що жири – повні естери гліцеролу (гліцерину) та вищих нерозгалужених насичених та ненасичених карбонових кислот



Жири поділяються на прості тригліцериди, які містять однакові кислотні залишки, та змішані тригліцериди, які містять різні кислотні залишки. У природних жирах, які становлять собою суміш різноманітних тригліцеридів, частка простих тригліцеридів незначна, тоді, як відсотковий вміст змішаних тригліцеридів може бути досить високим. Тваринні жири більш різноманітніші за набором вищих жирних кислот, які знаходять до їх складу. Частіше зустрічаються вищі жирні кислоти з числом атомів карбону від 3 до 18.

2. Звернути увагу, що температура плавлення жирів залежить як від довжини карбонового ланцюга карбонових кислот, так і від вмісту ненасичених карбонових кислот. Природні жири поділяють на тваринні, які тверді при кімнатній температурі (виключення риб'ячий жир), та рослинні (олії), які рідкі при кімнатній температурі і містять в більшості ненасичені карбонові кислоти.

3. Відмітити, що для жирів на основі насичених вищих карбонових кислот (ВКК) характерне таке розташування їхніх поліметиленових ланцюгів, при якому вони скручуються і переплетуються один з одним внутрішньо- і міжмолекулярними зв'язками. Їхні молекули є компактними клубками, які формують структури, наближені до кристалічних (тверді структури).

Для конформації ненасичених ВКК, що входять до складу олій, характерна наявність одного чи кількох вигинів. Унаслідок цього молекули олій є жорсткими структурами, не здатні формувати компактні клубки. Тому рослинні олії є рідкими, мають меншу температуру топлення, ніж жири.

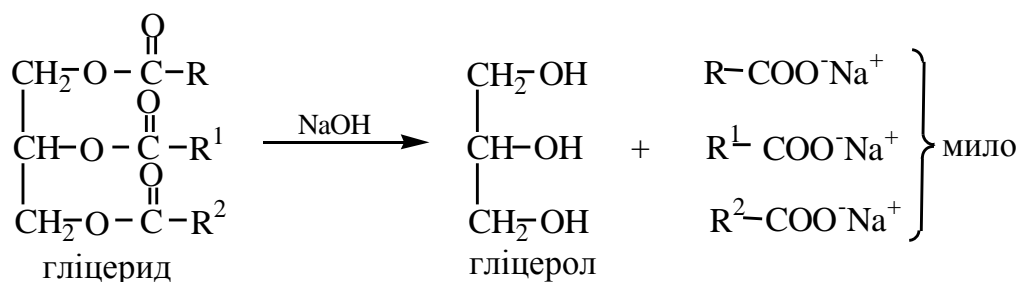
Загалом консистенція жирів залежить, головним чином, від природи ацильних залишків. При цьому із збільшенням ненасичених та низькомолекулярних карбонових кислот температура топлення жирів знижується і навпаки.

4. Відмітити, що за дуже невеликим виключенням, карбонові кислоти з яких утворені жири, відносяться до нерозгалужених кислот і містять 3-18 атомів карбону; за виключенням  $C_3$ - та  $C_5$ -представників, в жирах присутні у помітних кількостях тільки кислоти з парним числом атомів карбону. Відомо понад 500 природних насичених та ненасичених карбонових кислот, що знаходять до складу жирів.

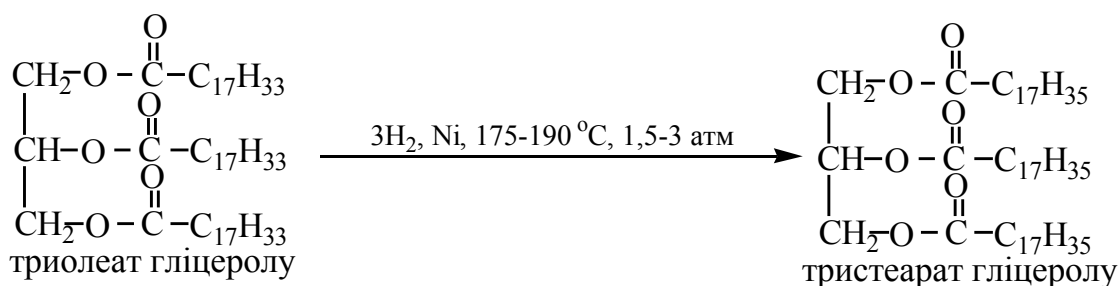
Формула кислоти	Номенклатура	
	IUPAC	тривіальна
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}(\text{C}_{12})$	додеканова	лауринова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}(\text{C}_{14})$	тетрадеканова	міристинова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}(\text{C}_{16})$	гексадеканова	пальмітинова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{COOH}(\text{C}_{17})$	гептадеканова	маргаринаова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}(\text{C}_{18})$	октадеканова	стеаринова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}(\text{C}_{20})$	ейкозанова	арахінова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}(\text{C}_{18})$	цис-9-октадеценова	олеїнова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}(\text{C}_{18})$	транс-9-октадеценова	елаїдинова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}(\text{C}_{18})$	цис-цис-9,12-октадекадієнова	лінолева
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}(\text{C}_{18})$	цис-цис-цис-9, 12, 15-октадекатриєнова	$\alpha$ -ліноленова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}(\text{C}_{20})$	цис-цис-цис-цис-5, 18, 11, 14-ейкозатетраєнова	арахідонова

Пальмітинова та стеаринова – найпоширеніші у більшості рослинних олій і тваринних жирів. Олеїнова входить до складу багатьох рослинних олій.

5. Розглядаючи хімічні властивості жирів, відмитити, що жири можуть вступати в реакції гідролізу під дією водневих розчинів лугів.



6. Розглянути реакцію гідрогенізації рослинних олій (каталітичне приєднання водню до подвійних карбон-карбонових зв'язків)



Гідрування змінює не тільки фізичні властивості жирів, але й хімічні властивості. Гідрований жир важче прогаркає, ніж негідрований. Прогірклий смак обумовлений наявністю летких кислот та альдегідів, які погано тхнуть. Ці сполуки утворюються за рахунок атаки киснем по реакційно здатному алільному положенню в молекулі жиру. Гідрування сприяє сповільненню прогарканню, ймовірно, внаслідок зменшення числа подвійних зв'язків, отож, алільних положень

7. Відмитити, що для характеристики жирів чи олій використовуються умовні одиниці (константи): йодне, кислотне, естерне число та число омилення.

Йодне число – кількість грамів йоду, що приєднується до 100 г олії. Воно характеризує ступінь ненасиченості кислот, які входять до складу олії.

Кислотне число – кількість міліграмів КОН, що витрачається при нейтралізації 1 г жиру. Кислотне число кількісно оцінює наявність вільних карбонових кислот у жирі або олії.

Естероне число – кількість кислот, які містяться у вигляді естеру гліцеролу, в 1 г жиру. Його знаходять за різницею між числом омилення та кислотним числом.

Число омилення – кількість міліграмів КОН, витрачених на нейтралізацію карбонових кислот (вільних і добутих при гідролізі з естерів гліцеролу, які містяться в 1 г жиру або олії).

8. Звернути увагу, що жири в організмі вищих тварин і людини знаходяться в значній кількості – 10-30 % загальної маси тіла. Частка енергії в організмі виділяється в результаті окиснення жирів. Кількість енергії – 39,0 кДж (9,3 ккал) на 1 г сухої речовини. Надходження жирів з їжею повинно регулюватися. Надлишок жирів може призвести до раннього розвитку діабету та ожиріння. Визначити, що жири цінні не тільки тому, що мають високу енергетичну цінність, але і з жирами надходять в організм такі біологічно активні речовини, як жиророзчинні вітаміни (ретинол, токоферол, ергокальциферол), поліненасичені жирні кислоти, фосфатиди; жирова тканина, яка покриває внутрішні органи, захищає їх від механічних пошкоджень; підшкірна основа погано проводить тепло і захищає організм від надмірних тепловтрат. Кожен із видів жиру має той чи інший харчовий інгредієнт, тому повноцінність харчування може бути одержана шляхом їх сполучення.

### **Заняття № 7**

**Тема:** Виділення та аналіз жирів.

**Мета:** Сформувані практичні вміння досліджувати хімічні властивості твердих та рідких жирів.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

#### **Завдання:**

1. Дослідити розчинність твердих жирів та олій в органічних розчинниках.
2. Здійснити омилення жирів лугом у водно-спиртовому розчині.
3. Визначити ступінь ненасиченості жиру реакцією з бромом.
4. Визначити ступінь ненасиченості жиру йодним числом.

#### **Завдання для самостійної підготовки:**

1. Розглянути склад жирів та їх біологічну роль в організмі.
2. Засвоїти методику визначення ненасиченості та гідролізу жирів.

#### **Література:**

1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ–Винниця: Нова книга, 2007. – С. 251-257.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук – Львів: Інтелект-Захід, 2004. – С. 150-162.



3. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 106-108.

4. Смоляр В.И. Рациональное питание. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 36-44.

5. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 377-381, 395-396.

6. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 255-256.

**Обладнання і реактиви:** пробірки (20 см<sup>3</sup>), пробірки (40 см<sup>3</sup>), штативи для пробірок, штативи Бунзена, водяні бані, зворотні повітряні холодильники, скляні палички, піпетки, бюретки, хімічні стакани, шпателя, фарфорові чашки, тверді жири: свинячий, яловичий, баранячий, олії (рідкі жири): соняшникова, кукурудзяна, анісова, арахісова, рицинова, лляна, оливкова, пальмова, бавовняна, дистильована вода, етиловий спирт, діетиловий етер, хлороформ, тетрахлоорокарбон, розчини натрій гідроксиду [концентрований розчин,  $w(\text{NaOH}) = 10\%$ ], насичений розчин натрій хлориду, розчин купрум сульфату [ $w(\text{CuSO}_4) = 2\%$ ], розчин бром у хлороформі [ $w(\text{Br}_2) = 3\%$ ], розчин крохмалю [ $w(\text{крохмаль}) = 2\%$ ], спиртовий розчин йоду [ $w(\text{I}_2) = 0,05\%$ ].

### Хід роботи:

Кожний учень працює зі своїм зразком жиру або олії.

1. Дослідження розчинності жирів та олій в органічних розчинниках

У чотири пробірки помістити по невеликому шматочку твердого жиру або по 2 краплі олії та додати органічний розчинник об'ємом 2 см<sup>3</sup>: в першу – етиловий спирт, у другу – діетиловий етер, в третю – хлороформ, в четверту – тетрахлоорокарбон. Вміст пробірок енергійно перемішати.

Пробірки, в яких утворилася емульсія, закрити пробкою зі зворотним холодильником, нагріти на водяній бані та струсити.

Зробити висновок.

2. Омилення жирів лугом у водно-спиртовому розчині

У пробірку (40 см<sup>3</sup>), помістити жир масою 3 г, спирт об'ємом 3 см<sup>3</sup> та концентрований розчин лугу об'ємом 3 см<sup>3</sup>, перемішати суміш струшуванням або за допомогою скляної палички і нагріти пробірку на водяній бані до початку кипіння. Нагрівання продовжувати 3-5 хв.

Для перевірки на повноту омилення відібрати кілька крапель суміші у пробірку, додати 5-6 см<sup>3</sup> гарячої дистильованої води та нагріти розчин при струшуванні на водяній бані. Якщо проба розчиняється у воді повністю, не виділяючи крапель жиру, омилення можна вважати закінченим. У протилежному випадку продовжувати нагрівати суміш жиру та лугу ще кілька хвилин, після чого знову перевірити повноту омилення.

До одержаної густої рідини додати при перемішуванні гарячий насичений розчин кухонної сілі. Розчином солі заповнити майже всю пробірку, щоб висолений шар мила піднявся до її отвору. Дати суміші відстоятися на протязі кількох хвилин на водяній бані, потім занурити пробірку майже до отвору у стакан з холодною водою на 5-10 хв., при цьому шар мила твердіє.

Одержане мило витягнути з пробірки паличкою або шпателем.

До розчину, що залишився, додати по краплях концентровану хлоридну кислоту до нейтралізації за конго і рідину відфільтрувати через маленький складчастий фільтр попередньо змочений водою.

Фільтрат упарити у фарфоровій чашці до початку кристалізації солей. Потім охолодити, додати 5-10 см<sup>3</sup> спирту і добре перемішати, рідину злити, знову упарити її до консистенції сиропу і дослідити його на наявність гліцеролу.

Зробити висновок.

3. Визначення ступеня ненасиченості жиру реакцією з бромом (Титрування проводити у витяжній шафі!)

Для приготування розчину розчинити жир масою 2 г в хлороформі об'ємом 30 см<sup>3</sup>, відібрати за допомогою піпетки у суху пробірку розчин жиру об'ємом 1 см<sup>3</sup> і по краплях, безперервно струшуючи, додати з бюретки розчин бром, до того часу поки бром не перестане знебарвлюватися і хлороформний розчин не забарвиться у стійкий лимоно-жовтий колір. Зафіксувати об'єм розчину бром, що був витрачений на титрування.

Зробити висновок.

4. Визначення ступеня ненасиченості жиру йодним числом

У конічну колбу (50 см<sup>3</sup>) помістити розчин жиру або олії в хлороформі ( $w(\text{олія}) = 10\%$ ) об'ємом 10 см<sup>3</sup>, додати 2 краплі розчину крохмалю ( $w(\text{крохмаль}) = 2\%$ ) і по краплях при енергійному перемішуванні прилити з бюретки спиртовий розчин йоду ( $w(\text{I}_2) = 0,05\%$ ) до появи синього забарвлення (на поверхні суміші з'являється синє кільце).

Розрахувати йодне число жиру за формулою:

$$^2x = 0,05 \cdot V(I_2), \text{ де}$$

$V(I_2)$  – об'єм розчину йоду, витрачений на титрування.

Зробити висновок.

## Заняття № 8

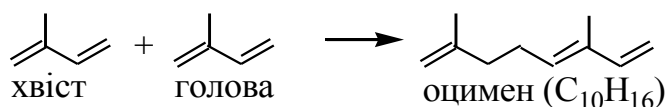
**Тема:** Терпени.

**Мета:** Сформувати у учнів поняття про склад та властивості терпенів.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план:

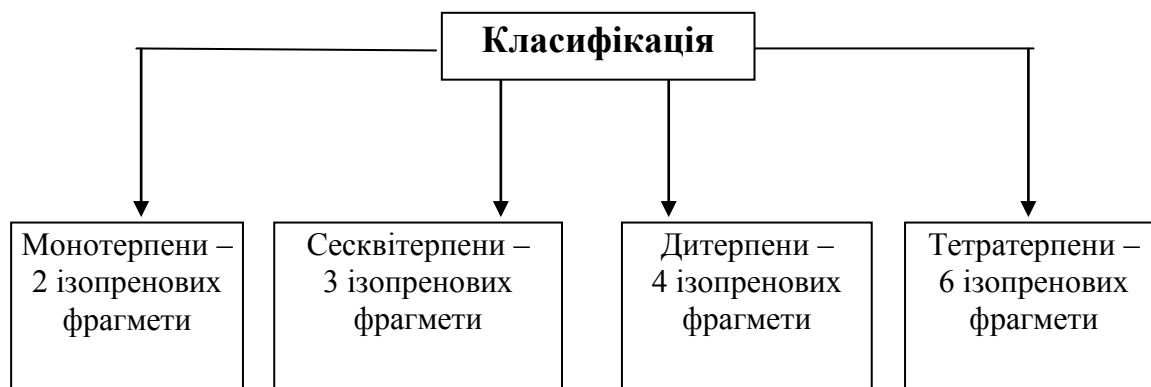
1. Пояснити, що терпенами називають природні біологічно активні сполуки здебільшого рослинного та рідше тваринного походження. Під назвою терпени поєднують як вуглеводні, так і оксигеновмісні похідні, в особливості спирти, альдегіди і кетони. Більшість відомих терпенів побудовано з ізопренових фрагментів, які зв'язані один з одним по типу приєднання “голова-хвіст” (ізопренове правило).



Загальна формула терпенових вуглеводнів (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub>.

Вміст атомів Гідрогену в деяких терпенах не відповідає вищенаведеної формулі, так як вони містять менше кратних зв'язків C=C.

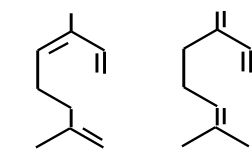
## 2. Розглянути класифікацію терпенів:



### I. Монотерпени:

#### а) ациклічні

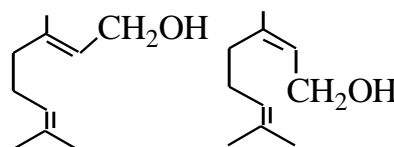
##### Вуглеводні



оцімен (базилік)

мірцен (лавр благородний)

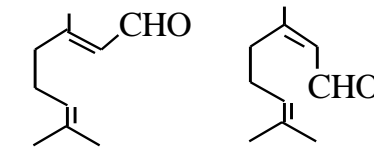
##### Спирти



гераніол (трояндова олія)

нерол

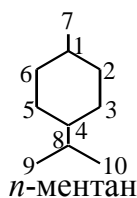
##### Альдегіди



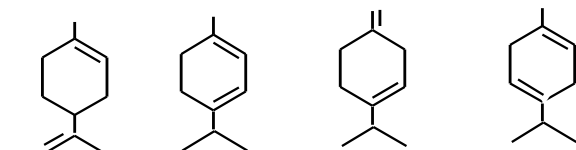
цитраль а

цитраль б

#### б) моноциклічні – основа *n*-ментан:



##### Вуглеводні



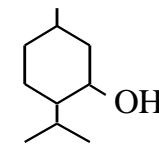
лімонен

$\alpha$ -терпінен

$\beta$ -терпінен

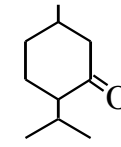
$\gamma$ -терпінен

##### Спирти



ментол

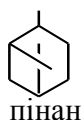
##### Кетони

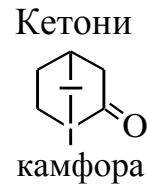
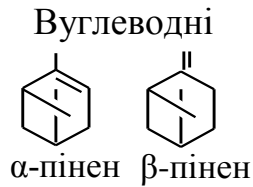


ментон

Спирти – ментол – 3-гідроксипохідне *n*-ментана. Існує 4 діастереомери такої будови, які різняться за фізичними властивостями та за запахом. Для одержання запашних речовин та есенцій практичне значення має тільки ментол.

#### в) біциклічні – основа пінан:

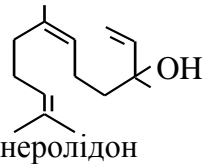




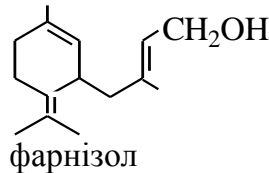
Камфора – володіє характерним запахом. Одержують перегонкою з водяною парою деревини камфорного дерева.

## II. Сесквітерпени:

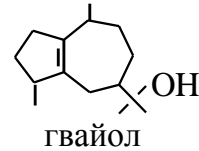
### а) ациклічні



### б) моноциклічні

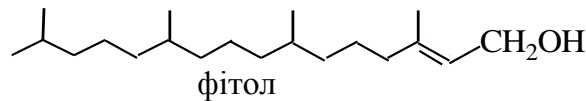


### в) біциклічні

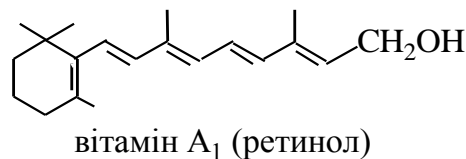


## III. Дитерпени:

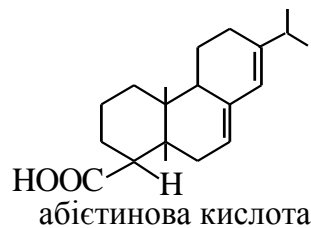
Фітол – ациклічний дитерпеновий спирт



Вітамін А<sub>1</sub> (ретинол, аксерофтол) міститься в риб'ячому жирі, яєчному жовтку, а також у молоці.

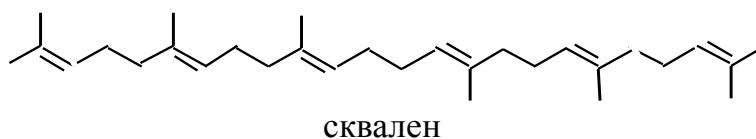


Абіетинова кислота – трициклічний дитерпен, відноситься до смоляних кислот і складає основну частину каніфолі.



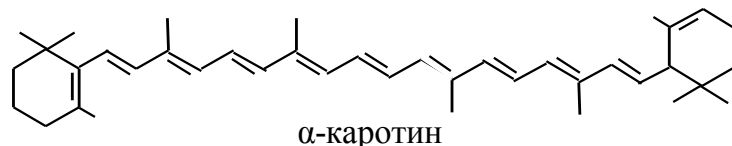
## IV. Тритерпеноїди

Сквален – ациклічний тритерпеновий вуглеводень – проміжний продукт при біосинтезі стероїдів.



## IV. Тетратерпени

Каратиноїди містять 40 атомів карбону. Каратиноїди мають велику кількість спряжених подвійних зв'язків С=С і в наслідок цього забарвлені.



3. Звернути увагу на ациклічні монотерпеноїди, які являють собою спирти або альдегіди з двома подвійними зв'язками і які містять в своєму складі два ізопренових залишки, входять до складу багатьох ефірних олій.

4. Розглянути моноциклічні монотерпеноїди та їх оксигенпохідні, особливо ментан та похідні ментана, які містять подвійні зв'язки та асиметричні атоми карбону (лімонен, феландрен).

Познайомити учнів з α-ментолом, який є складовою частиною м'ятної олії та використовується в медицині як дезінфікуючий засіб, а також в парфумерії та харчовій промисловості.

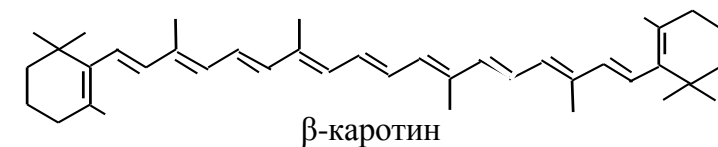
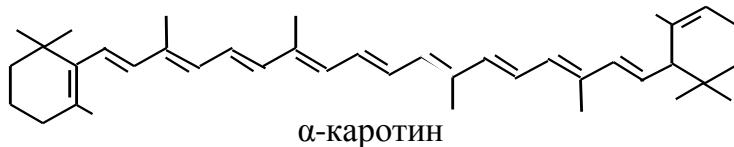
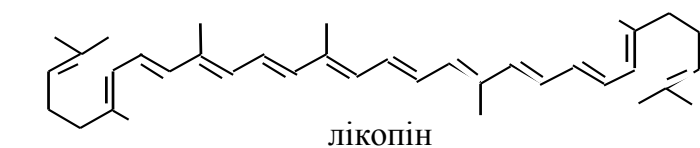
5. Повідомити учням, що біомедичні монотерпеноїди являються похідними ментана і в утворенні другого кільця найчастіше приймає участь восьмий атом карбону ізопропільної групи. В основі біциклічних терпенів лежать пінан, камфан та каран, які являються складовою частиною природних сполук.

В ефірних оліях знаходяться ненасичені біциклічні терпени: карен, пінен, камфен.

6. Приділити увагу найбільш важливому представникові групи камфана – камфорі, правообертаюча конфігурація якої – головна складова частина камфорного масла, яку отримують з деревини та листя камфорного дерева. Камфора має велике практичне значення в якості пластифікатора нітроцелюлози та ацетилцелюлози.

7. Розібрати біогенези терпеноїдів. Встановити, що вихідним матеріалом для побудови молекули терпеноїдів можуть бути вуглеводи, жири та білки. При ферментативному розпаді отримуються різноманітні речовини, найпростіша з яких – оцтова кислота.

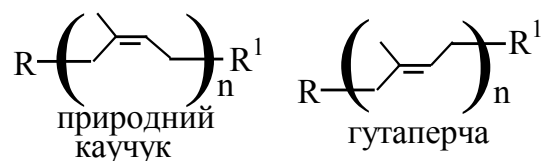
8. З'ясувати, що каротиноїди – ізопреноїдні вуглеводні, частіше октамери ізопрену – C<sub>40</sub> – сполуки, з відкритим ланцюгом (лікопін) або шестичленні цикли, які зв'язані з полієновим ланцюгом.



9. Звернути увагу учнів на те, що β-каротин в тваринному організмі під впливом ферменту каротинази розщеплюється з утворенням вітаміну А. Механізм

перетворення  $\beta$ -каротина в вітамін А полягає в окисненні кінцевої етиленової ланки полієнового ланцюга та ступінчатому окисненні, яке приводить до альдегіда ретініна, який відновлюється до вітаміну А.

10. Показати, що до політерпенів відносяться натуральний каучук та гутаперча.



Натуральний каучук виробляють головним чином з латексу (млечного соку) бразильської гевеї. Латекс – емульсія, яка містить 20-60 % каучуку. Додаванням мурашиної або оцтової кислоти емульсію коагулюють і після промивання водою розвальцьовують листи сирого каучуку. Натуральний каучук уявляє собою цис-1,4-поліізопрен з середньою молярною масою 350000 г/моль. Перед переробкою натуральний каучук змішують з наповнювачами і потім вулканізують нагріванням з сіркою. При цьому лінійні макромолекули сполучаються сульфідними мостиками.

Гутаперча міститься у латексі. Її еластичність нижча, ніж еластичність природного каучука.

### Заняття № 9

**Тема:** Дослідження властивостей терпенів.

**Мета:** Дослідити властивості терпенів на прикладі скипидару.

**Організаційна форма заняття:** практична робота.

#### Завдання:

1. Провести реакцію скипидару з бромною водою.
2. Провести окиснення скипидару калій перманганатом.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути класифікацію, склад, будову та властивості терпенів. Навести приклади на кожен групу.
2. Засвоїти методику проведення дослідів.
3. Написати рівняння реакцій скипидару з бромною водою та калій перманганатом.

#### Література:

1. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-Захід, 2004. – С. 179-199.
2. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, Т. 2. – 1974. – С. 579-595.
3. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 127-128.
4. Аверина А.В., Снегирёва А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 186-187.





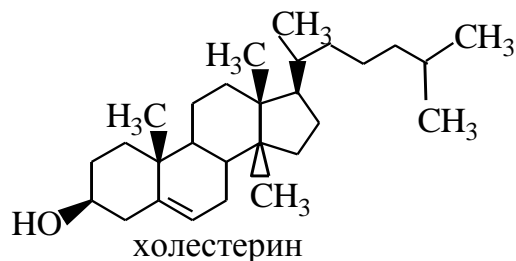
3. Повідомити, що до стероїдів належать багаточисельні природні речовини, такі як стерини, жовчі кислоти, стероїдні гормони, а також деякі тваринні та рослинні отрути. У теперішній час відомо більш ніж 15000 стероїдів, з яких більш ніж 100 використовується у медицині.

4. Показати, що у відповідності до біосинтетичного взаємозв'язку стероїдних тритерпенів сполуки даної групи умовно поділяють на стероли (стерини) й ацилстероли (стериди), жовчні кислоти, жовчні спирти, стероїдні гормони, аглікони серцевих глікозидів і стероїдних сапонінів.

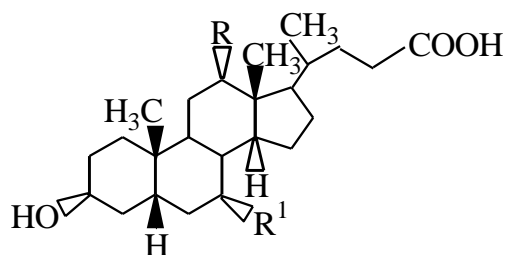
5. Повідомити, що у відповідності до рекомендацій IUPAC основні скелети стероїдів позначають наступними тривіальними назвами:

- холестеран – коренева назва стеринів;
- холан – назва скелету жовчних кислот;
- прегнан – назва скелету гормонів кори надниркових залоз;
- екстран – назва скелету естрогенів.

6. Показати, що стерини зв'язані зі структурою холестерину. Їх підрозділяють на зоостерини, фітостерини та мікостерини. Холестерин міститься в усіх тваринних клітинах (особливо в клітинах нервових тканин).



7. Розглянути жовчні кислоти, необхідні в процесі засвоєння їжі, вони перетворюють жири в розчинні речовини, забезпечуючи їх всмоктування стінками кишечника. Найбільш характерними представником є холева кислота:



кислота	R	R <sup>1</sup>
холева	ОН	ОН
дезоксхолева	ОН	Н
літохолева	Н	Н

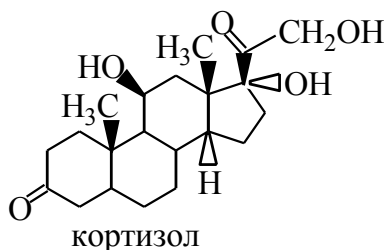


По карбоксильній групі у більшості випадків за рахунок пептидного зв'язку до жовчних кислот приєднуються залишки гліцину або таурину.

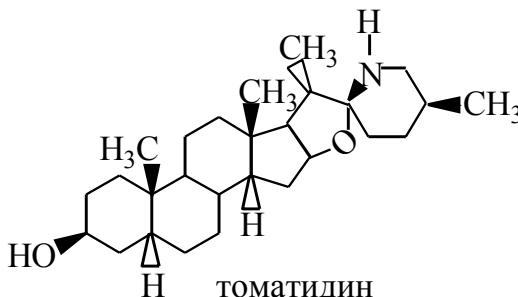
8. Показати, що по числу атомів карбону та за характером дії стероїдні гормони підрозділяють на чотири групи:

Стероїдні гормони	Число атомів карбону
Кортикоїди (гормони кори надниркових залоз)	21
Андрогени (чоловічі статеві гормони)	19
Естрогени (фолікулярні гормони)	18
Гестагени (гормони вагітності)	21

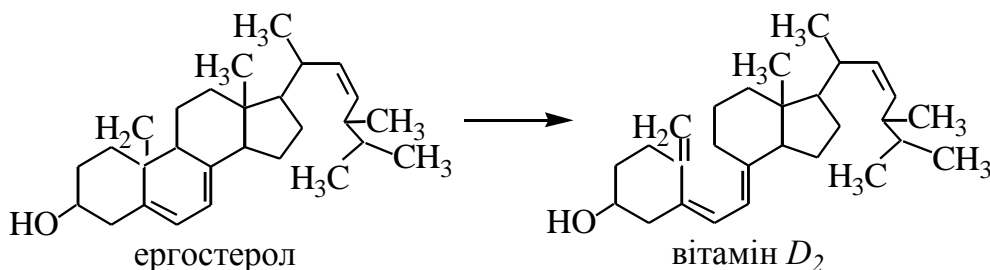
Кортикоїди, приклад кортизол



9. Звернути увагу, що стероїдині алкалоїди у вигляді глікозидів містяться в деяких видах пасльонових:



10. Повідомити, що до сполук стероїдної будови належить також вітаміни групи D. Показати біогенетичний зв'язок ергостерина з вітаміном D<sub>2</sub>, який відновлює кальцієвий обмін при захворюванні рахітом:



### Заняття № 11

**Тема:** Гетероциклічні сполуки.

**Мета:** Сформувати в учнів знання про гетероциклічні сполуки, які є основою багатьох природних сполук.

**Форма навчального заняття:** лекція.

### Розширений план:

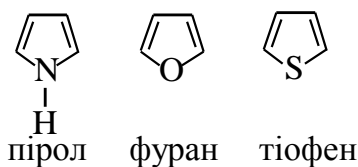
1. Показати, що гетероциклічні сполуки (гетероцикли) є надзвичайно різноманітним класом речовин; деякі з них синтезуються в клітинах живих організмів, решта є результатом штучного хімічного синтезу. Гетероцикли та їх похідні широко представлені серед природних сполук: як біомолекул – структурних компонентів клітини, так і низькомолекулярних фізіологічно активних речовин, зокрема рослинних алкалоїдів, синтетичних лікарських засобів. В багатьох випадках гетероцикли є попередниками (т. з. прекурсорами) в утворенні інших, складніших органічних молекул з новими фізіологічними та фармакологічними властивостями, що широко використовуються у фармакологічному синтезі.

2. Звернути увагу учнів, що гетероциклічною називається будь яка циклічна сполука, що містить у циклі поряд з атомами карбону хоч один не карбоновий атом – гетероатом, частіше за всього атоми нітрогену, кисню та сульфуру.

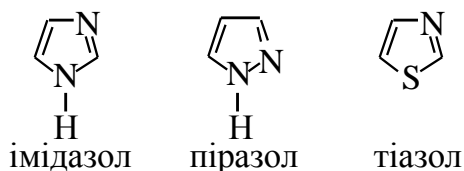
Атоми (окрім карбону), які входять до складу гетероцикла, у даному випадку нітрогену, кисню та сульфуру називаються гетероатомами.

3. Познайомити учнів з класифікацією гетероциклів. Гетероцикли можуть бути класифіковані як за ознаком гетероатомів, що входять до їх складу, так і за числом гетероатомів в циклі. Одним з ознаків класифікації може бути і кількість атомів в циклі.

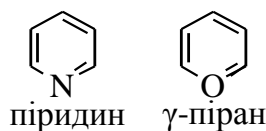
П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом:



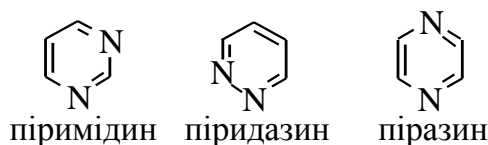
П'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами:



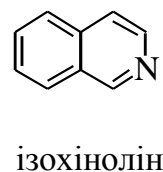
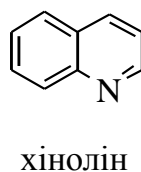
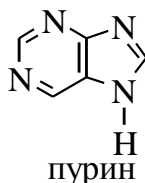
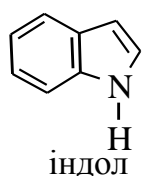
Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом:



Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами:



Конденсовані гетероциклічні системи:



4. Розглянути особливості електронної будови п'яти- та шестичленних гетероциклів, їх особливі фізичні та хімічні властивості:

- кислотно-основні реакції;
- реакції приєднання;
- реакції заміщення;
- реакції розширення циклу;
- реакції заміщення гетероатому.

Звернути увагу на способи одержання гетероциклічних сполук.

5. Ознайомити учнів з основними напрямками застосування найголовніших гетероциклічних сполук та їх значенням для людини.

## Заняття № 12

**Тема:** Алкалоїди.

**Мета:** Сформувати у учнів поняття про алкалоїди та їх вплив на організм людини.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план

1. З'ясувати, що алкалоїди це – нітрогеновмісні сполуки, які мають хімічні властивості основ та впливають на організм людини й тварин як фізіологічно активні речовини. Алкалоїди є природними похідними нітрогеновмісних гетероциклів. У великих дозах більшість алкалоїдів характеризується токсичною дією, в малих дозах – деякі з них використовуються як важливі лікарські засоби.

2. Звернути увагу, що за хімічними властивостями алкалоїди є біоорганічними сполуками основного характеру, обов'язковим компонентом структури яких є третинний атом нітрогену. Цей третинний нітроген надає молекулам алкалоїдів основні властивості, тобто приєднувати йон  $H^+$ .

3. Повідомити, що алкалоїди синтезуються в рослинах, вищих та нижчих грибах, водоростях. Вміст алкалоїдів у рослинах, де вони знаходяться переважно у вигляді органічних або мінеральних солей, невеликий – 1-2 %.

Головним попередником в процесі біосинтезу алкалоїдів є амінокислоти орнітин, лізин, аспарагінова кислота, фенілаланін, тирозин, триптофан. Більшість алкалоїдів – це кристалічні речовини, оптично активні. На сьогодні відомо понад 5000 різних алкалоїдів, які за хімічною природою є похідними гетероциклічних сполук.

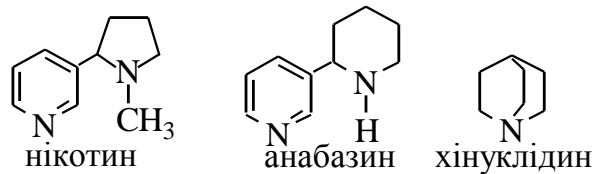
4. Познайомити учнів з різними класифікаціями алкалоїдів. Існує кілька класифікацій алкалоїдів. Першою класифікацією була ботанічна, в основу якої покладено групування сполук, виділених із певних родин рослин.

Найбільш поширеною є класифікація за хімічною природою центрального нітрогеновмісного циклу в їхній структурі. Алкалоїди можна поділити на похідні: 1) піролідину; 2) піролізидину; 3) піридину і піперидину; 4) тропану; 5) індолу; 6) хіноліну; 7) ізохіноліну; 8) хінолізидину; 9) імідазолу; 10) хінозаліну; 11) акридону; 12) пурину. У наведений перелік можна також включити представників груп: 13) ациклічні (негетероциклічні); 14) стероїдні; 15) поліпептидні та інші, структура яких не може бути однозначно віднесена до будь-якої з наведених груп.

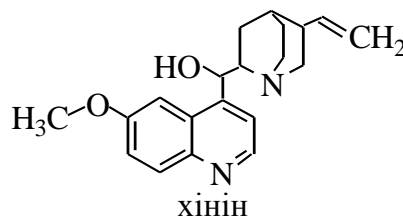
Крім того, існує поділ алкалоїдів залежно від їх біосинтетичних попередників на такі групи: 1) справжні алкалоїди, які утворені з відповідних амінокислот і мають у структурі своїх молекул нітрогеновмісні гетероцикли; 2) протоалкалоїди, які утворені з амінокислот, але не мають нітрогеновмісного гетероциклу; 3) псевдоалкалоїди, що утворені іншими шляхами без участі амінокислот.

5. Познайомити учнів з деякими представниками групи алкалоїдів.

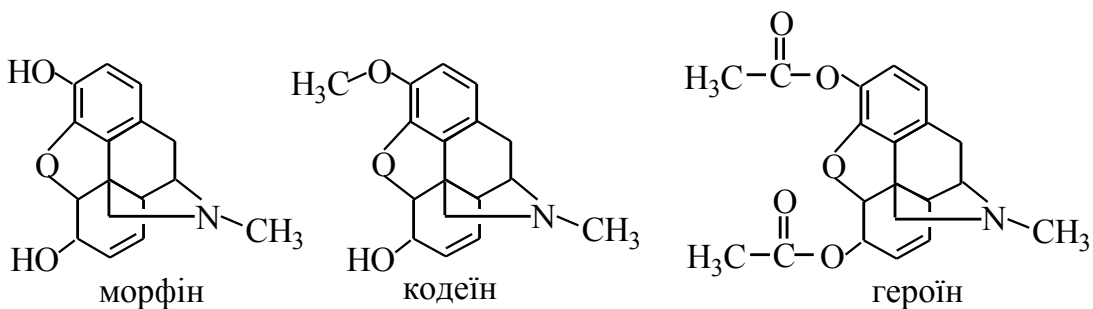
Алкалоїди групи піридину та піперидину:



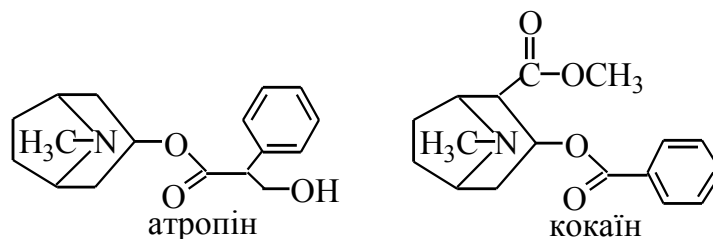
Алкалоїди групи хіноліну:



Алкалоїди групи ізохіноліну:



Алкалоїди групи тропану:



6. Звернути увагу, що цінність алкалоїдів визначається тим, що їх препарати є швидкодіючими, що особливо важливо при серцево-судинних захворюваннях, а також спастичних явищах, до речі, вони не мають кумулятивних властивостей. У рослинах, як правило, знаходиться суміш алкалоїдів, які близькі за хімічною структурою у вигляді солей органічних кислот. Деякі алкалоїди знаходяться в рослинах у вигляді солей специфічних кислот.

### Заняття № 13

**Тема:** Нуклеїнові кислоти та їх роль в забезпеченні синтезу біополімерів в організмі людини.

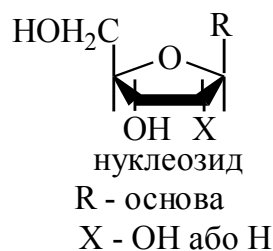
**Мета:** Сформувати у учнів знання про склад, будову і біологічні функції нуклеїнових кислот.

**Форма навчального заняття:** лекція.

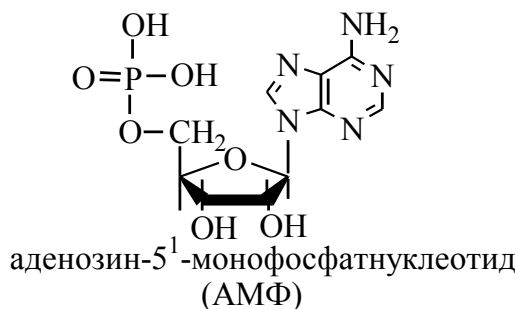
#### Розширений план:

1. Звернути увагу, що нуклеїнові кислоти (НК) належать до найважливіших біологічно активних природних сполук поряд з білками і вуглеводами. Вони мають фундаментальне значення для збереження та відтворення генетичної інформації, в якій закодовані дані про структуру білків. Із середини 20 століття стало відомо, що при біосинтезі білкових молекул завдяки саме НК запрограмована абсолютна точна послідовність амінокислот кожного біологічного індивідуума. Саме тому НК називають носіями життя, адже вони відповідальні за структуру і функції усіх представників рослинного та тваринного світу на Землі.

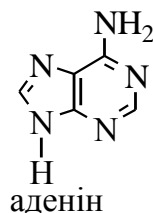
2. Розглянути, що макромолекули НК побудовані з блоків нуклеотидів, які являють собою сполучені залишки нуклеозидів і фосфатної кислоти. Нуклеозиди, у свою чергу, побудовані з димерних найпростіших структурних одиниць – моносахариду і гетероциклічної основи. Молекули НК складаються з трьох типів структурних одиниць: моносахариду, гетероциклічної основи та фосфатної кислоти.



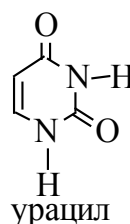
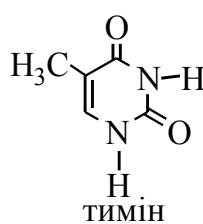
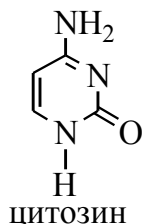
Приклад нуклеотиду



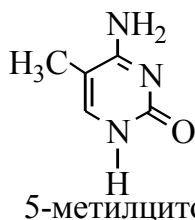
3. Повідомити, що з основ у складі НК найбільш часто зустрічаються два пуринових гетероцикла аденін та гуанін:



і три піримідинових цитозин, тимін, урацил;

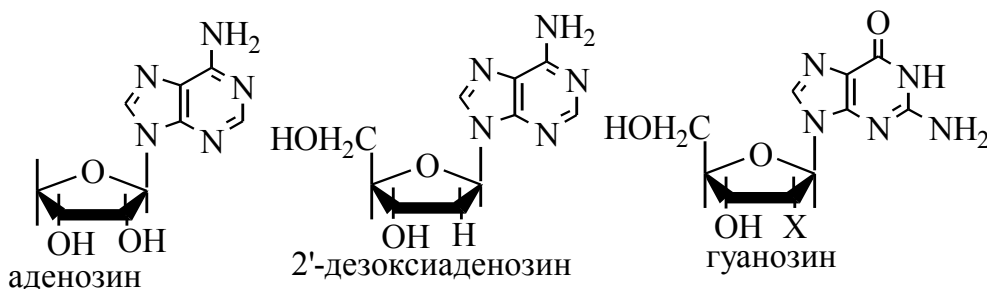


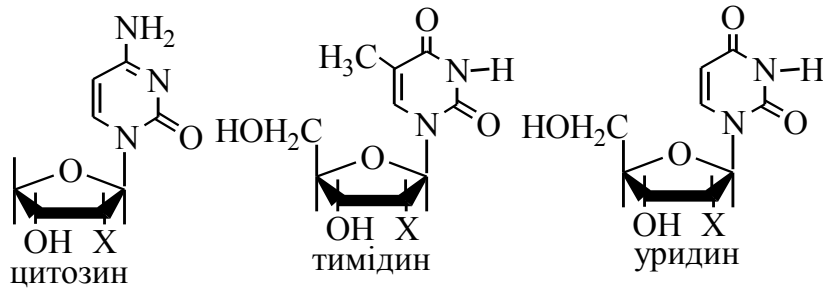
Рідко: 5-метилцитозин та 5-гідроксиметилцитозин



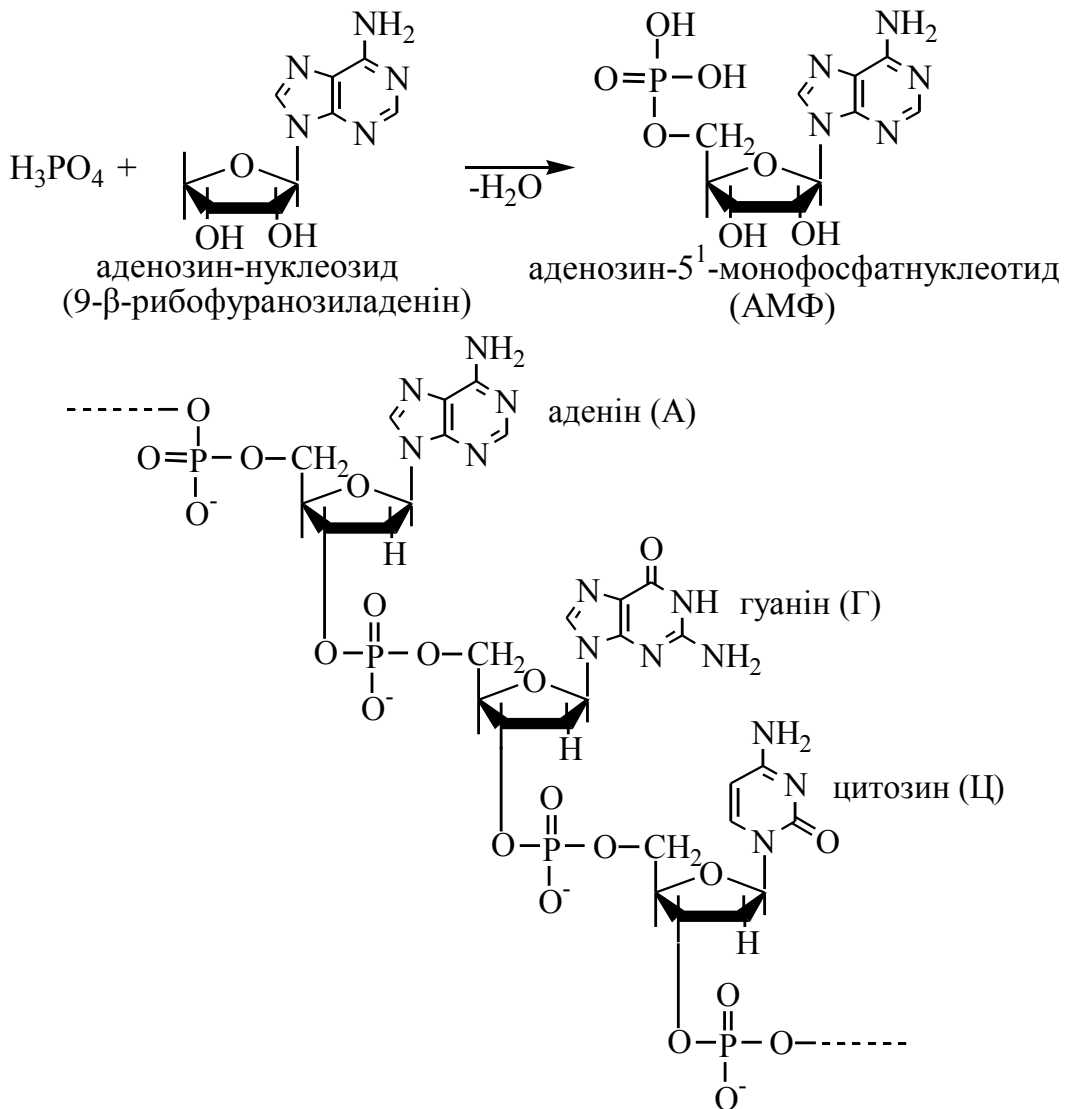
4. Залежно від природи моносахариду НК поділяються на рибонуклеїнові кислоти (РНК), до складу яких входить *D*-рибоза, і дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК), які містять 2-дезоксид-*D*-рибозу. Всі живі організми обов'язково мають у своєму складі обидва типи НК – РНК і ДНК.

До складу РНК входять наступні гетероциклічні основи: аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), урацил (У); до складу ДНК: аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), тимін (Т). Цитозин може бути замінений на 5-метил- або 5-гідроксиметилцитозин.



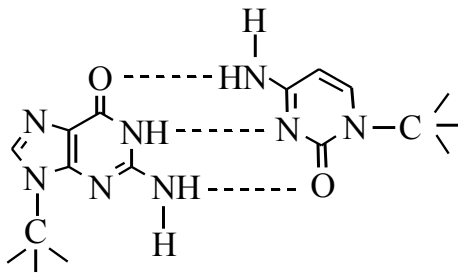


5. Звернути увагу, що нуклеотиди і в РНК, і в ДНК в положення 3 і 5 зв'язані з фосфатною кислотою естерним зв'язком. Таким чином, НК можна розглядати як продукти конденсації моноестерів нуклеозидів, які називають відповідно рибонуклеотидами або дезоксирибонуклеотидами. Тому НК об'єднують під загальною назвою “полінуклеотиди”.

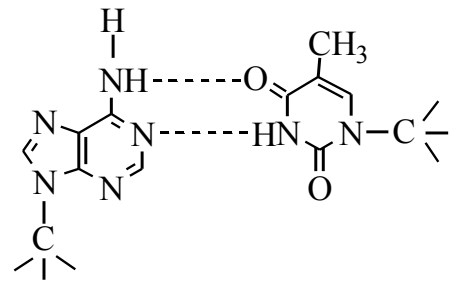


6. Повідомити, що ДНК має форму спіралі. Причому у спіраль закручені дві молекули ДНК. Ця звичайна спіраль має загальну ось і побудована так, що основи двох ланцюгів розташовані у середині спіралі, вуглеводневі залишки з фосфатними групами – ззовні спіралі. При цьому основи одного молекулярного ланцюга утворюють з основами іншого ланцюга строго фіксовані пари, які сполучені один з одним водневими зв'язками. Міжмолекулярні водневі зв'язки утворюються тільки

між певними парами похідних пурину та піримідину, які називаються комплементарними парами. Такими парами являються урацил-аденін, тимін-аденін, цитозин-гуанін.



взаємодія гуаніну (Г) з цитозином (Ц)



взаємодія аденіну (А) з тиміном (Т)

Таким чином, результатом особливості будови подвійної спіралі ДНК є те, що основи одного вітка завжди визначають послідовність основ іншого, тобто завжди аденіну першого вітка (першої спіралі) відповідає тимін другого вітка (другої спіралі, цитозину – гуанін, тиміну – аденін, і гуаніну – цитозин). Якщо роз'єднати спіраль на окремі нитки, то на кожній з них може бути утворена нова спіраль, в якій послідовність гетероциклічних основ буде відповідати вихідній первісній (“материнській”) спіралі. Утворена нова спіраль завдяки “горизонтальній” і “вертикальній” взаємодії зі своєю матричною утворює нову подвійну спіраль. У такий спосіб із однієї подвійної спіралі ДНК у клітинному ядрі утворюються дві нові подвійні спіралі, але з точною копією “оригіналу” матричної ДНК. Такий процес називається реплікацією ДНК.

РНК побудовані аналогічно до ДНК із нерозгалужених макроланцюгів, але на відміну від перших, із одного ланцюга. Основна роль РНК полягає в трансляції генетичної інформації з утворенням білків. Вміст РНК у клітинах перевищує вміст ДНК у 5-10 разів. РНК є необхідними компонентами клітин та існують набагато менше часу, ніж ДНК.

Виявлено існування кількох різних за функціональною дією видів РНК, основними з яких є: матрична, транспортна, рибосомна.

Матрична (інформаційна) РНК (мРНК) знаходиться в ядрі клітини, зв'язується з ДНК за допомогою водневих зв'язків. Їх кількість більше 5 % від усіх РНК, які входять до складу клітини.

Транспортна РНК (тРНК), кількість якої досягає 10-15 %, міститься у цитоплазмі, складається з 75-85 нуклеотидів. Вона виконує функцію зв'язування амінокислот і переносу їх до місця синтезу білків – до рибосоми. При цьому для кожної з 20 амінокислот існує своя тРНК.

Рибосомні РНК (рРНК) є основними рибонуклеїновими кислотами, частка яких в усіх клітинних кислотах даної будови становить 80-85 %. Вони беруть безпосередню участь у синтезі білків, з якими утворюють міцні зв'язки, і тому важко від них відщеплюються.



## Заняття № 14

**Тема:** Вітаміни групи А, D, С.

**Мета:** Сформувати у учнів знання про вітаміни на прикладі вітамінів груп А, D, С.

**Форма навчального заняття:** лекція.

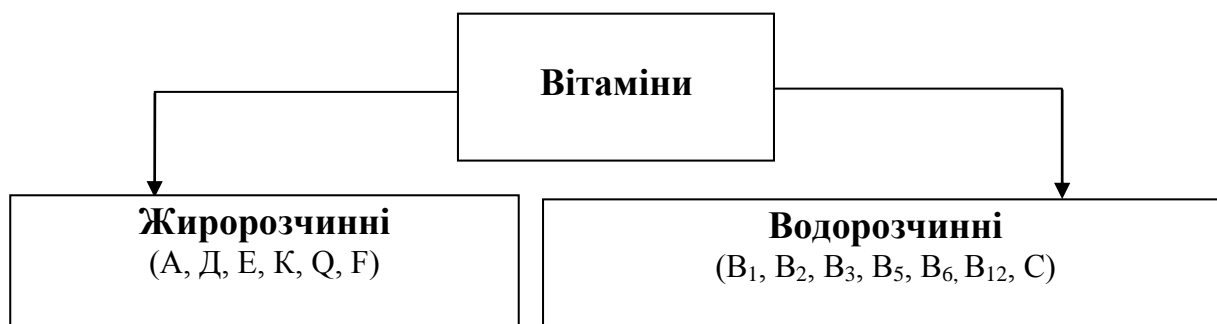
### Розширений план:

1. Відзначити, що вітаміни – це біоорганічні сполуки, що є життєво необхідними компонентами обміну речовин; на відміну від інших біомолекул, вітаміни, як правило, не синтезуються в організмі людини, а надходять з продуктами харчування. Проте, як встановлено новітніми дослідженнями, деякі вітаміни повністю (вітамін D<sub>3</sub>) або частково (вітамін А, вітаміни РР, В<sub>6</sub>, фолева кислота, біотин) синтезуються в тканинах організму людини або мікрофлорою кишечника за умов достатнього надходження з їжею їх метаболічних попередників.

2. Познайомити учнів з класифікацією вітамінів. Для багатьох вітамінів існує потрібна класифікація: за групою, хімічною структурою та біологічною дією.

Перша класифікація вітамінів полягала в емпіричному позначенні їх латинськими літерами за відповідними групами, наприклад вітамін А (група А) або вітамін D (група D).

Актуальним залишається поділ вітамінів за їхніми фізико-хімічними властивостями на водорозчинні та жиророзчинні, який відбиває їхню здатність розчинятися у воді або органічних жироподібних розчинниках, що має певне практичне значення.



Сучасна раціональна хімічна класифікація вітамінів ґрунтується на певних класах органічних сполук, які відображають їхню молекулярну структуру: 1. Вітаміни аліфатичного ряду. 2. Вітаміни аліциклічного ряду. 3. Вітаміни ароматичного ряду. 4. Вітаміни гетероциклічного ряду.

3. З'ясувати, що за біохімічними механізмами дії більшість водорозчинних вітамінів є коферментами, тобто небілковими компонентами складних білків – ферментів або попередниками в синтезі певних коферментів. Жиророзчинні вітаміни входять до складу біомембран як антиоксиданти і виконують певні регуляторні функції на рівні окремих клітинних структур та цілого організму.

4. Показати, що за фізіологічною дією вітамінів на організм людини, їх прийнято поділяти на п'ять груп.

5. Розглянути що, організм людини та тварин не синтезує вітаміни або синтезує в недостатній кількості і тому повинен одержувати їх у готовому вигляді з їжею. Вітаміни володіють виключно високою біологічною активністю, потрібні організму

в дуже невеликих кількостях: від декількох мікрограмів до декількох міліграмів на день. У наш час встановлено біологічну значимість 21 сполуки, що можуть бути віднесені до вітамінів (13 вітамінів та 8 вітаміноподібних речовин). Недостатнє потрапляння того чи іншого вітаміну з їжею приводить до його дефіциту в організмі та розвитку відповідної хвороби – вітамінної недостатності.

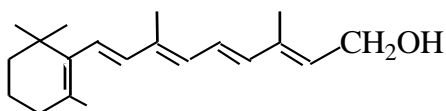
### Групова характеристика деяких вітамінів

Група вітамінів за лікувально-профілактичним ефектом	Коротка клініко-фізіологічна характеристика	Назва основних вітамінів
Підвищуючи загальну активність організму	Регулюють функціональне співвідношення ЦНС, обмін речовин та трофіку тканин	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , PP, A, C
Антианемічні	Нормалізують, стимулюють кровообіг	B <sub>12</sub> , B <sub>6</sub> , C
Антиінфекційні	Підвищують стійкість організму до інфекцій, стимулюють вироблення антитіл, посилюють захисні функції епітелію	C, A
Регулюючі зір	Посилюють гостроту зору, розщеплюють поле кольорового зору	A, B <sub>2</sub> , C
Антигеморагічні	Забезпечують нормальне проникнення та стійкість кров'яних судин, підвищують згортання крові	C, P, K

Розрізняють два основних ступеня такої недостатності: авітаміноз та гіповітаміноз. Перший характеризується глибоким дефіцитом даного вітаміну в організмі та розвернутою клінічною картиною його недостатності (цинга, рахіт, бері-бері, пелагра, анемія злаякісна та ін.). До гіповітамінозів відносять стан помірної недостатності зі стертими неспецифічними проявленнями (втрата апетиту, втомленість, дратівливість) та окремими мікросимптомами (кровоточивість ясеней, гнійні захворювання шкіри та ін.). Зайвий вміст вітамінів в організмі призводить до захворювань, які називають гіпервітамінозами.

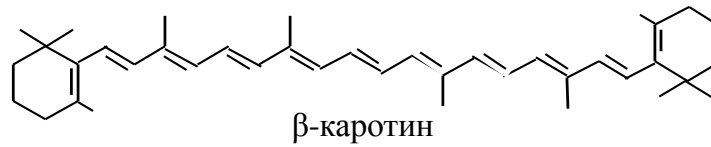
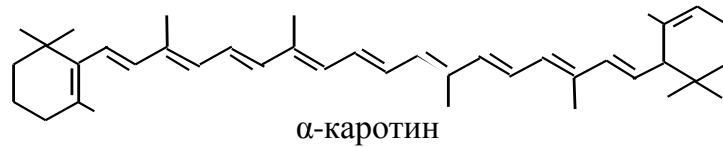
6. Охарактеризувати вітаміни на прикладі вітамінів А (ретинолу), D (кальциферолу) та С (аскорбінової кислоти).

Ретинол складається з суміші циклічних ненасичених спиртів характерної хімічної будови з великою кількістю спряжених подвійних зв'язків; кристали лимонно-жовтого кольору,  $T_{пл.} = 59-64\text{ }^{\circ}\text{C}$ , добре розчиняється у жирах та жиророзчинниках: бензені, хлороформі та ін., легко окиснюється, так в організмі ретинол перетворюється в ретиналь. Джерело: риб'ячий жир, печінка риби, жовток, вершкове масло.

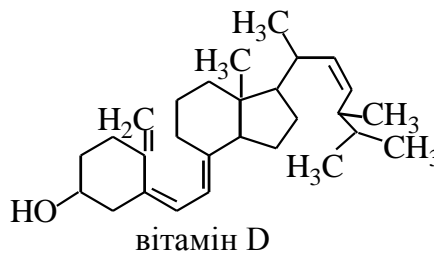


вітамін A<sub>1</sub> (ретинол)

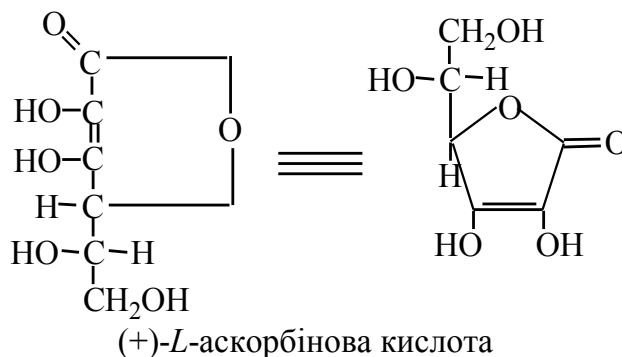
У рослинних організмах містяться провітаміни (біологічні попередники) вітаміну А – жовті пігменти  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$ -каротини.



Ергокальциферол – це безбарвні кристали,  $T_{пл.} = 115-116\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; не розчиняється у воді, але добре розчиняється в жирах та розчинниках жирів, швидко руйнується під впливом окисників та мінеральних кислот. При відсутності вітаміну D виникає захворювання – рахіт (порушення нормального відкладення  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в кістковій тканині). Джерело: риб'ячий жир, жовток, молоко.



Аскорбінова кислота (вітамін С) – безбарвні кристали,  $T_{пл.} = 192\text{ }^{\circ}\text{C}$ , розчиняється у воді, добрий відновник, легко окиснюється. Розібрати механізм дії аскорбінової кислоти в організмі, який побудований на основі того, що аскорбінова кислота віддає та приймає два атоми гідрогену, переходячи відповідно в дегідроаскорбінову кислоту, та навпаки, тому вітамін С являється учасником окисно-відновних систем та забезпечує відповідно, нормальне протікання життєво важливих процесів в тканинах. Пояснити учням, що при недостатньому потрапленні вітаміну С з їжею у людини розвивається цинга, яка характеризується випаданням зубів. Повідомити, що джерелом вітаміну С для людини є самі різноманітні продукти рослинного походження: чорна смородина, плоди шипшини, лимони, капуста.



### Заняття № 15

**Тема:** Якісні реакції вітамінів А, D, С.

**Мета:** Сформувати практичні вміння досліджувати властивості вітамінів.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

### Завдання:

1. Навчитися визначати вітамін А реакцією з сульфатною кислотою.
2. Навчитися визначати вітамін D реакцією з аніліном.
3. Навчитися визначати вітамін С реакцією з калій гексаціанофератом(III).

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути класифікацію вітамінів за фізіологічною дією на організм людини.
2. З'ясувати будову вітамінів А, D та С.
3. Засвоїти харчові норми вітамінів.

### Література:

1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ–Винниця: Нова книга, 2007. – С. 361-375.
2. Кривонос М.В. Иващенко М.И. Режим питания здорового человека. – К.: Здоров'я, 1974. – 64 с.
3. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук – Львів: Інтеллект-Захід, 2004. – С. 321-387.
4. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 145-174.
5. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 192-197.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, піпетки прості, риба́чий жир, сік капусти, хлороформ, сульфатна кислота концентрована, анілін, розчини хлоридної кислоти [концентрований,  $w(\text{HCl}) = 10\%$ ], розчин калій гідроксиду [ $w(\text{KOH}) = 5\%$ ], розчин калій гексаціаноферату(III) [ $w(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]) = 5\%$ ], розчин ферум(III) хлориду [ $w(\text{FeCl}_3) = 1\%$ ].

### Хід роботи:

#### 1. Вітамін А

Реакція з сульфатною кислотою

У пробірку помістити 1 краплю риба́чого жиру, додати 4-5 крапель хлороформу та 1 краплю концентрованої сульфатної кислоти. Утворюється блакитне забарвлення, яке швидко переходить у буро-червоне.

Зробити висновок.

#### 2. Вітамін D

Реакція з аніліном

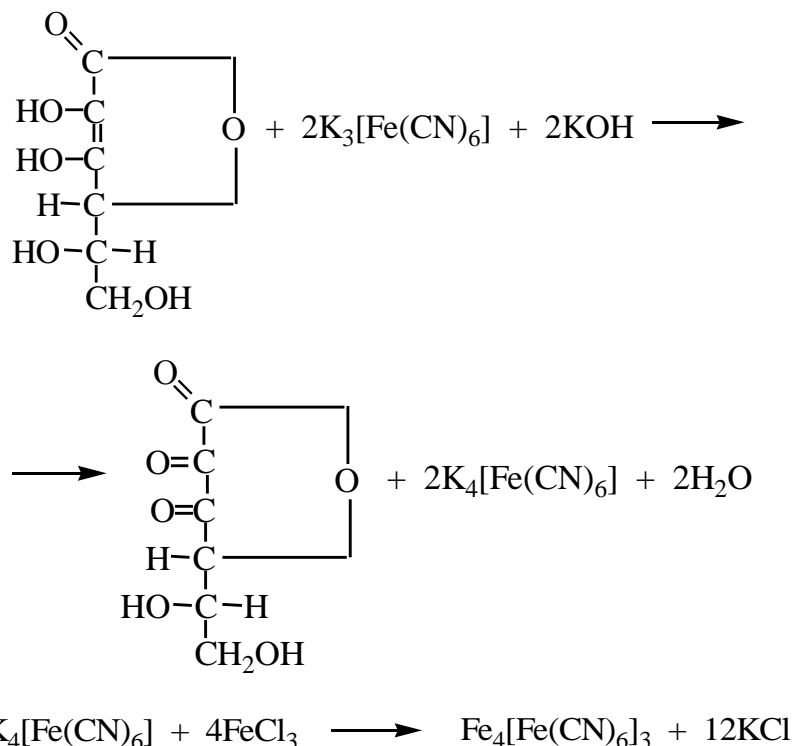
В суху пробірку внести риба́чий жир об'ємом  $1\text{ см}^3$ , додати суміш аніліну з концентрованою хлоридною кислотою (15:1) об'ємом  $1\text{ см}^3$ , перемішати. Обережно нагрівати при постійному перемішуванні над пальником до кипіння 0,5 хв. При наявності вітаміна D жовта емульсія переходить в зелений, потім у червоний колір. Через 1-2 хв. емульсія розподіляється на два шари: нижній шар забарвлений у червоний колір.

Зробити висновок.

### 3. Вітамін С

#### Реакція з калій гексаціанофератом(III)

До соку капусти об'ємом 1 см<sup>3</sup> додати 2 краплі розчину калій гідроксиду [w(KOH) = 5 %], 2 краплі розчину калій гексаціаноферату(III) [w(K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] = 5 %] та енергійно струсити вміст пробірки. Потім в пробірку додати 6-8 крапель розчину хлоридної кислоти [w(HCl) = 10 %] та 1-2 краплі розчину ферум(III) хлориду [w(FeCl<sub>3</sub>) = 1 %]. Випадає синій (або зеленувато-синій) осад берлінської лазурі.



Зробити висновок.

### Заняття № 16

**Тема:** Методи виділення, розділення та очистки органічних речовин.

**Мета:** Сформувані знання учнів про методи виділення, розділення та очистки органічних речовин.

**Форма навчального заняття:** лекція.

#### Розширений план:

1. Повідомити учням, методи виділення, розділення, виділення та очистки органічних речовин поділяють на дві групи: а) фізичні методи; б) хімічні методи.

Більш детально зупинитися на фізичних методах. До них відносяться: а) фільтрування та відсмоктування; б) центрифугування; в) перегонка; г) кристалізація та перекристалізація; д) екстракція; е) хроматографія.

2. Фільтрування та відсмоктування. Фільтрування – операція механічного розділення твердих та рідких компонентів будь-якої суміші. Сутність фільтрування полягає в тому, що рідину з частинками твердої фази, які знаходяться в ній, пропускають крізь пористу перетинку; пори в перетинці настільки малі, що крізь них частинки твердого тіла не проходять, рідина проходить дуже легко. Ця перетинка називається фільтром.

Розрізняють: а) фільтрування при звичайному тиску; б) фільтрування в вакуумі; в) фільтрування при нагріванні чи охолодженні; г) фільтрування з використанням індиферентного газу; д) фільтрування під тиском.

3. Центрифугування ґрунтується на використанні відцентрової сили. При швидкому обертанні (центрифугуванні) завислі у рідині тверді частинки (з більшою густиною, ніж густина рідини) під дією відцентрової сили, яка розвивається при обертанні, відкидаються від центра і таким шляхом відділяються від рідини.

4. Перегонка є найважливім методом розділення та очистки рідин. У простійшому випадку перегонка полягає в нагріванні рідини до кипіння і конденсації її парів у вигляді дистилату у холодильнику. Розрізняють: а) перегонка під звичайним тиском; б) перегонка під вакуумом; в) перегонка з водяною парою.

У тих випадках, коли нагрівання не супроводжується розкладом речовини чи коли рідина, яка перегоняється має не дуже високу температуру кипіння, для очистки використовують перегонку під звичайним тиском.

Вакуум-перегонку використовують в тих випадках, коли рідина при нормальних умовах має дуже високу температуру кипіння або коли вона при нагріванні до високої температурі розкладається чи змінюється.

Перегонка з водяною парою. Речовина кипить при тій температурі, при якій її тиск пари дорівнює атмосферному. Якщо нагрівати дві рідини, що не змішуються, вони закиплять при тій температурі, при якій сума тисків пари обох рідин зрівняється з атмосферним тиском. Як другу рідину використовують звичайно воду. Перегонку такої суміші можна вести при температурі нижче 100 °С. Вода не повинна при цьому взаємодіяти чи змішуватися з рідиною, яку відгоняють.

5. Перекристалізація ґрунтується на насичуванні розчинника, який підходить, неочищеною речовиною при нагріванні, відфільтруванні гарячого розчину від нерозчинних домішок і наступним охолодженням розчину, в результаті чого, як правило, з розчину викристалізовується більш чиста речовина. Речовина повинна погано розчинятися у вибраному розчиннику на холоді і добре розчинятися в ньому при нагріванні. При цьому домішки повинні володіти більш гарною розчинністю.

6. Екстракція – метод добування розчинниками з суміші будь-яких речовин того чи іншого компонента. В основі цього методу лежать закон розподілу речовини між двома незмішуваними рідинами (якщо екстрагують речовину з розчину в якій-небудь рідині) і різна розчинність окремих речовин в даному розчиннику (якщо речовину добувають з суміші з іншими речовинами). Розрізняють екстракцію твердих речовин та екстракцію рідин.

7. Методи хроматографічного розділення ґрунтуються на різній здатності речовин адсорбуватися на поверхні сорбента чи розподілятися між двома незмішуваними фазами (рідина-рідина, рідина-газ), з яких одна фаза (рідка) знаходиться на поверхні адсорбента. Тому розрізняють різні види хроматографії: рідинно-адсорбційну та розподільну хроматографії, газову хроматографію. По проведенню розрізняють: хроматографію на колонці, розподільну хроматографію на папері, тонкошарову хроматографію, газорідинну хроматографію.

## Заняття № 17

**Тема:** Одержання ефірних олій.

**Мета:** Сформувати практичні вміння виділяти природні речовини перегонкою з водяною парою.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

### Завдання:

1. Виділити з природної сировини ефірні олії тміну, перечної м'яти, лаванди, гвоздики, ялинки, анісу.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути методи виділення та очистки природних речовин з біологічних об'єктів.

2. Засвоїти методику виділення ефірних олій перегонкою з водяною парою.

### Література:

1. Воскресенский П.И. Техника лабораторних работ. – М.: Химия, 1973. – С. 424-565.

2. Гинзбург О.Ф., Завгородний В.С., Зубрицкий Л.М. и др. Практикум по органической химии. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 21-66.

3. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. – Л.: Химия, 1978. – С. 269-272.

4. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 10-24.

5. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 255-256.

**Обладнання і реактиви:** круглодонна колба, крапельна лійка, холодильник Лібіха, трубки з пробками, трубка з відтягнутим кінцем, голки та молоді пагони ялинки, гвоздика для спецій, перечна м'ята, аніс, квітки лаванди.

### Хід роботи:

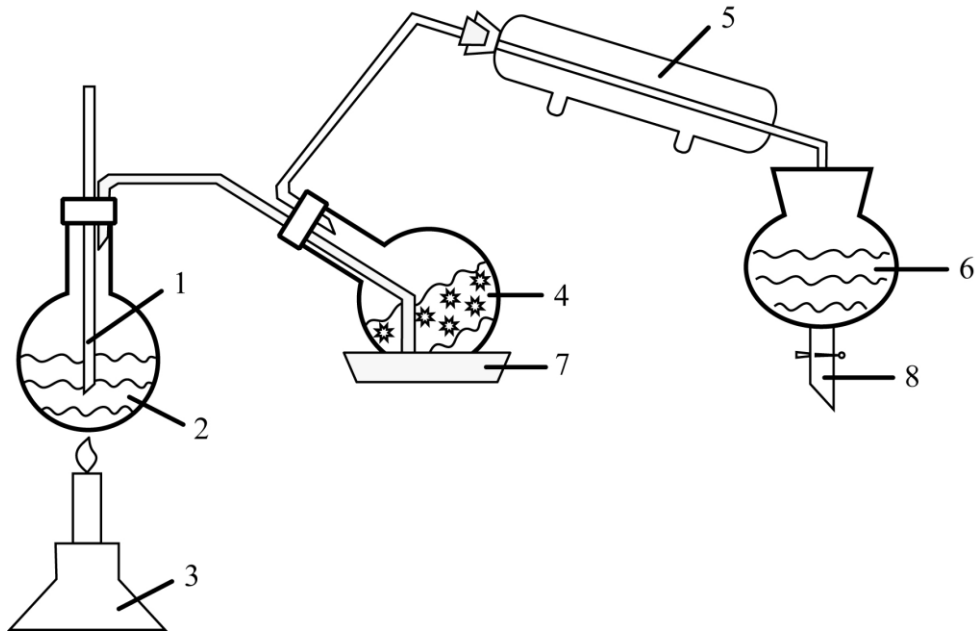
1. Виділення:

а) Тмінної олії

Здрібнити у ступці з піском тмін масою 20 г. Помістити тмін у перегонну колбу (4) і додати невеликий об'єм води – так, щоб вона не перекривала повністю масу тміну. Параутворювач (2) заповнити на 1/3 водою, щоб кипіння було рівномірним, додати у колбу декілька кип'ятильників. Газовим пальником (через азбестовану сітку) нагріти воду в параутворювачі до кипіння, одночасно нагріти вміст перегонної колби на водяній бані за допомогою електроплітки, щоб об'єм рідини в ній не значно збільшувався. Воду в параутворювачі нагрівати таким чином, щоб через перегонну колбу інтенсивно проходила водяна пара. Як тільки водяна пара почне поступати у перегонну колбу, нагрівання цієї колби можна припинити.

Провести перегонку протягом однієї години. За цей час у приймачі збирається вода приблизно об'ємом 100 см<sup>3</sup>, на поверхні якої плавають безбарвні краплі тмінної олії. Воду по можливості повніше відділити за допомогою крапельної лійки і в

результаті можна одержати біля 10 крапель чистої тмінної олії з незначною кількістю води.



**Рис. 1. Прилад для перегонки з водяною парою:**

1 – трубка з відтягнутим кінцем; 2 – колба з водою та кип'ятильниками (параутворювач); 3 – пальник; 4 – колба з речовиною і водою (перегонна колба); 5 – холодильник; 6 – дистилят; 7 – пісчана баня; 8 – крапельна лійка.

**б) Олії перечної м'яти**

Аналогічно дослідю а) з висушеної перечної м'яти масою 50 г виділити 10 крапель м'ятної олії.

**в) Лавандової олії**

Аналогічно дослідю а) з висушених квітів лаванди масою 50 г виділити лавандову олію.

**г) Ялинкової олії**

Зібрати не менше 100-200 г голок та молодих пагонів ялинки. Подрібнити їх, і доки вони ще молоді, помістити у круглодонну колбу та без попереднього додавання води перегнати з водяною парою аналогічно дослідю а).

**д) Гвоздикова олія**

Аналогічно дослідю а) виділити гвоздикову олію з гвоздики, яку використовують в якості спецій.

### **Заняття № 18**

**Тема:** Синтетичні методи одержання природних сполук.

**Мета:** Познайомити учнів з синтетичними методами одержання природних сполук.

**Форма навчального заняття:** лекція.

#### **Розширений план:**

1. Показати, що синтез – це конструювання молекули, яка має певну будову, при послідовному проведенні окремих реакцій, що приводять в кінцевому результаті до заданої молекулярної структури. Існують одностадійні синтези:



A → B

та багатостадійні синтези:

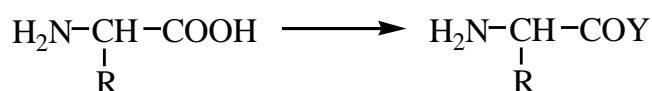
A → B → B → Г → Д

2. Повідомити, що існують і синтетичні методи одержання природних сполук. Наприклад, амінокислот, білків, вуглеводів та ін. Розглянути основні етапи синтезу білків.

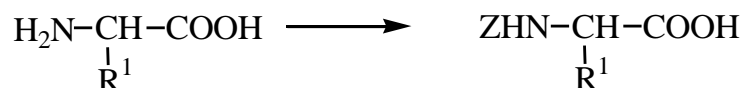


### Синтез поліпептиду

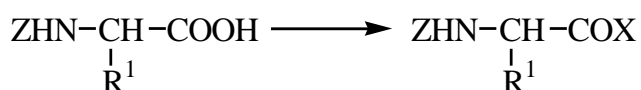
1. Захист карбоксильної групи:



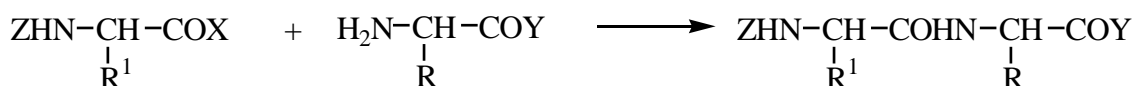
2. Або захист аміногрупи:



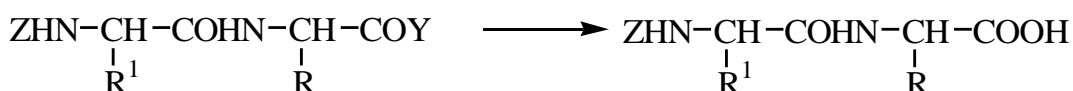
3. Активація карбоксильної (або аміногрупи):



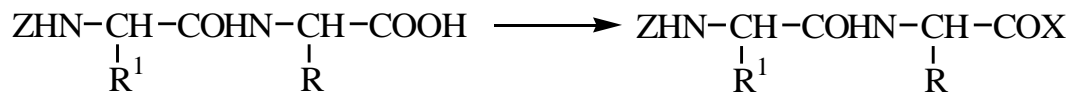
4. Конденсація:



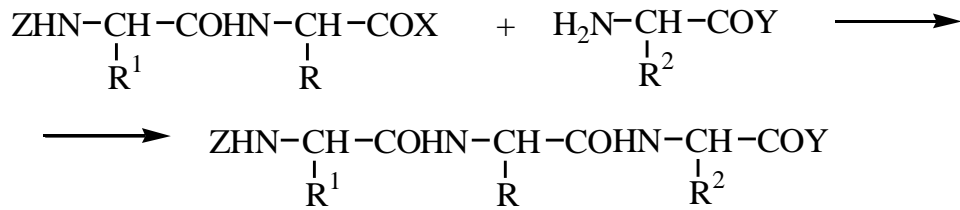
5. Зняття захисної групи з карбоксильної групи дипептиду:



6. Активація карбоксильної групи дипептиду:



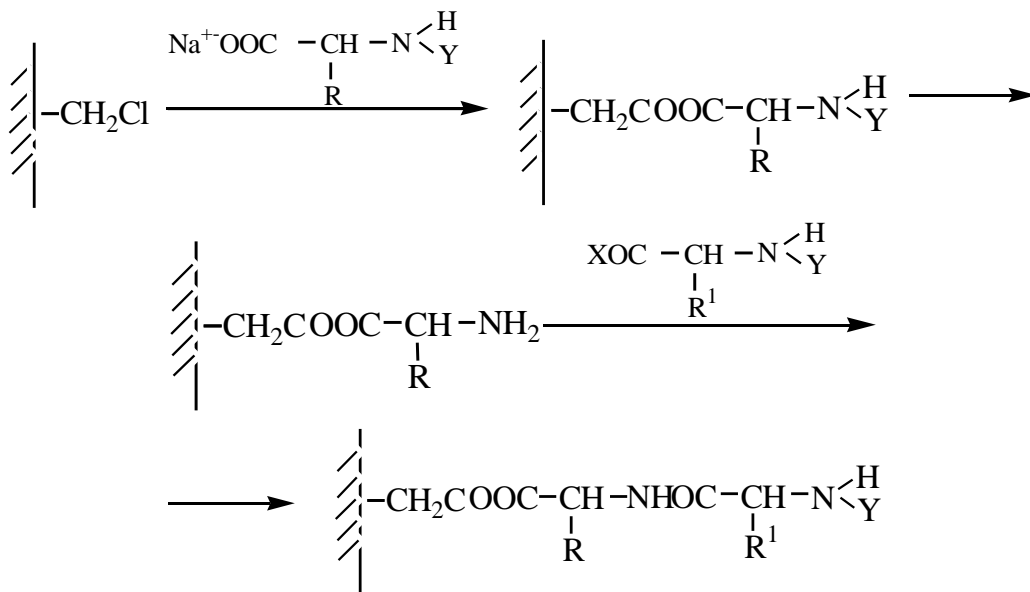
7. Конденсація з відповідним похідним наступної амінокислоти:



8. Після закінчення синтезу пептидного ланцюга захисні групи віддаляються як з C-, та і з N-кінця.

Твердофазний синтез білка.

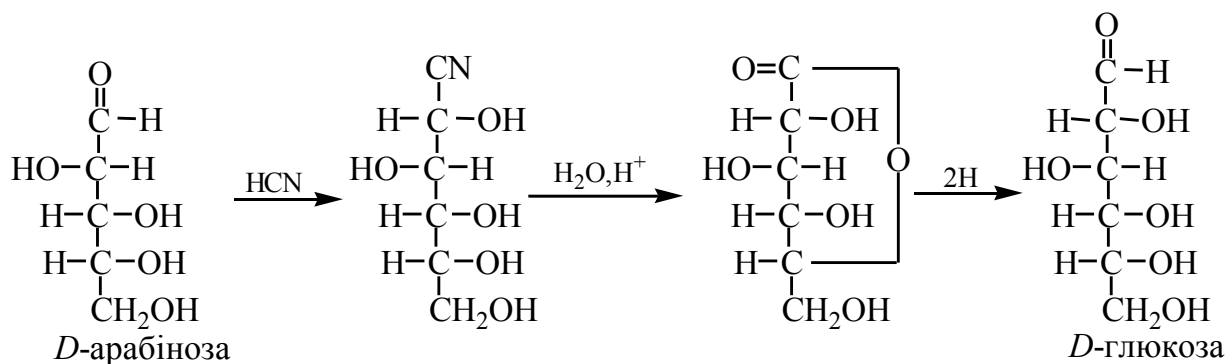
Збільшення пептидного ланцюгу відбувається на поверхні твердого полімерного носія. Полімер містить активні групи (CH<sub>2</sub>Cl, CH<sub>2</sub>OH) і N-захіщена амінокислота прив'язується естерним зв'язком:



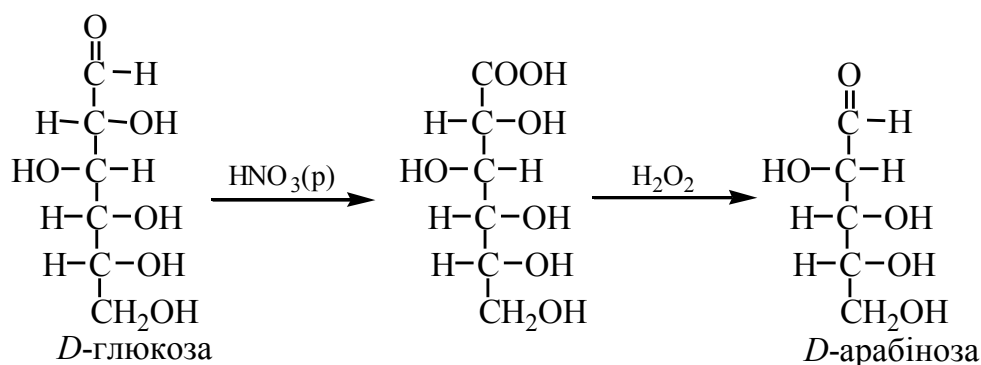
Після нарощування ланцюга достатньої довжини поліпептид відщеплюється від носія дією суміші HBr+CF<sub>3</sub>COOH. (Цей прийом може бути автоматизований.)

3. Розглянути синтези вуглеводів а) зі збільшенням ланцюга (розроблені Фішером і Кіліані) та б) зі зменшенням ланцюга (метод Руфа).

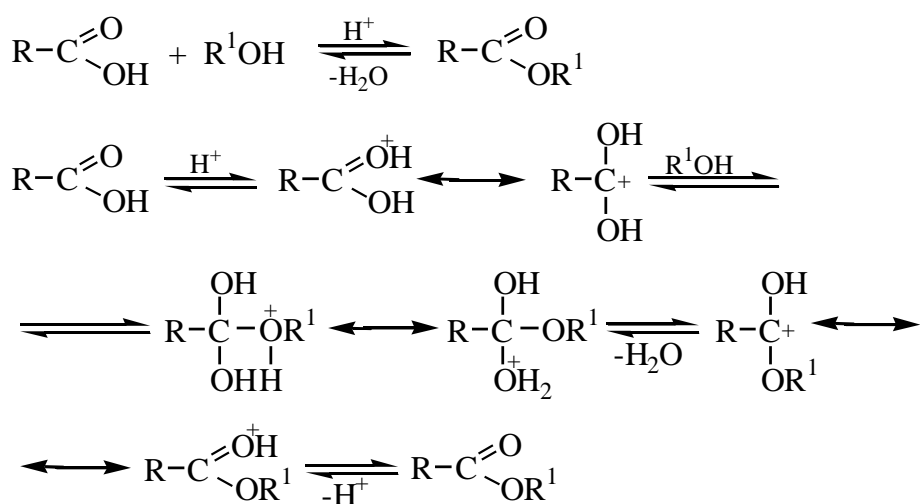
а) Метод Фішера і Кіліані



б) Метод Руфа



4. Розглянути синтез естерів та механізм цієї реакції



**Заняття № 19**

**Тема:** Одержання естерів карбонових кислот.

**Мета:** Сформувати практичні вміння одержувати естери карбонових кислот синтетичним методом.

**Форма навчального заняття:** практична робота.

**Завдання:**

1. Провести синтез естерів карбонових кислот реакцією етерифікації.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути методи синтезу поліпептидів.
2. Розглянути методи синтезу вуглеводів.
2. Засвоїти методику одержання естерів карбонових кислот.

### Література:

1. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. – Л.: Химия, 1978. – С. 272-277.
2. Жедек М.С., Ключник Н.П. Лабораторные работы по курсу органической химии. – К.: Техника, 1968. – С. 92-93.
3. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук – Львів: Інтелект-Захід, 2004. – С. 32-35, С. 130-147.
4. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир, 1974. – С. 939-941, С. 1050-1052.
5. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1974. – Т. 1. – С. 421-422, С. 472-474.
6. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 99-101.

**Обладнання і реактиви:** пробірки зі зворотними холодильниками (скляні трубки довжиною 40-50 см, закріплені в пробках), хімічні стакани, метанова (мурашина) кислота, етанова (оцтова) кислота, бутанова (масляна) кислота, 3-метилбутанова (ізовалеріанова) кислота, бутиловий спирт, етиловий спирт, ізоаміловий спирт, сульфатна кислота концентрована, кальцій хлорид плавлений.

### Хід роботи:

Кожний учень працює за вказаним варіантом.

Одержання естерів карбонових кислот

Естер	Т <sub>кип.</sub> °С	Запах	Об'єми речовин, необхідних для реакції, см <sup>3</sup>		
			карбонова кислота	спирт	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Бутилформіат	100	Вішневий	2	1	0,5
Етилацетат	77,1	Фруктовий	2	2	1,0
Бутилацетат	126,5	Фруктовий	2	1	0,5
Ізоамілацетат	142	Грушевий	2	1	0,5
Етилбутират	121,3	Абрикосовий	1	2	1,0
Бутилбутират	166,4	Ананасний	2	2	0,5
Ізоамілбутират	179	Банановий	2	2	0,5
Етилізовалеріат	134	Яблучний	2	2	0,5

Суміш спирту, карбонової кислоти і сульфатної кислоти прогріти у пробірці зі зворотним холодильником, безперервно зтрушуючи пробірку протягом декількох хвилин. Після охолодження вилити вміст пробірки у стакан з водою. Відділивши естер від водного шару, висушити його кальцій хлоридом. Для повного очищення естер можна перегнати.

## Заняття № 20

**Тема:** Узагальнююче заняття.

**Мета:** Узагальнити поняття факультативного курсу: склад, будова, властивості та застосування природних сполук.

**Організаційна форма заняття:** конференція, захист навчальних проектів.

Заняття проводиться у вигляді підсумкової конференції, до якої учні готують реферати та презентації, використовуючи додаткову літературу. Учні заздалегідь отримують відповідні теми, згідно яких і виступають на конференції.

Теми підбираються самим вчителем, але з врахуванням інтересів учнів.

Орієнтовна тематика конференції підбирається згідно запропонованої програми факультативного курсу, але за бажанням учнів, можуть бути розширена.

1. Жири та їх біологічна цінність.
2. Білки – життєво необхідні речовини.
3. Вітаміни та їх біологічна цінність.
4. Нуклеїнові кислоти та їх роль в забезпеченні синтезу біополімерів в організмі людини.

5. Алкалоїди та їх вплив на організм людини.

6. Терпени.

7. Ефірні олії.

Теми розкриваються у вигляді рефератів та проектів.

### План реферату:

1. Вступ (актуальність, мета, завдання).
2. Основна частина (характеристика певної групи речовин або речовини за алгоритмом):
  - а) склад;
  - б) будова (хімічна, електронна, стереохімічна);
  - в) властивості (фізичні та хімічні);
  - г) біологічні функції;
  - д) одержання (синтетичні методи та методи виділення з біологічних об'єктів).
3. Висновки.
4. Використання література.

Учні висвітлюють питання, використовуючи при цьому цікаві факти з життя, особливу увагу звертають на роль природних сполук в організмі людини, їх позитивні та негативні прояви.

Вимоги до учнівської презентації:

- цікава звучна назва;
- постановка проблеми;
- аргументовані методи дослідження;
- результати дослідження;
- цікаві малюнки, які розкривають та доповнюють зміст;
- висновки;
- використання література.

### Список рекомендованой литературы

1. Аверина А.В., Снегирёва А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. – М.: Высшая школа, 1975. – 208 с.
2. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 718 с.
3. Гинзбург О.Ф., Завгородний В.С., Зубрицкий Л.М. и др. Практикум по органической химии. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.
4. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
5. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ-Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
6. Жедек М.С., Ключник Н.П. Лабораторные работы по курсу органической химии. – К.: Техника, 1968. – 256 с.
7. Кривонос М.В., Иващенко М.И. Режим питания здорового человека. – К.: Здоров'я, 1974. – 64 с.
8. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-Захід, 2004. – 556 с.
9. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир, 1974. – 1132 с.
10. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия, 1975. – 328 с.
11. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, Т.1. – 1974. – 624 с.; Т.2. – 1974. – 744 с.
12. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – 304 с.
13. Смоляр В.И. Рациональное питание. – К.: Наукова думка, 1991. – 366 с.
14. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высшая школа, 1985. – 504 с.
15. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии. – М.: Высшая школа, 1982. – 312 с.
16. Цветков Л.А. Преподавание органической химии в средней школе. – М.: Просвещение, 1988. – 240 с.
17. Чирва В.Я., Ярмолук С.М., Голкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. – Львів: Бак, 2009. – 996 с.

## ФАКУЛЬТАТИВНИЙ КУРС

### “ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК”

#### Пояснювальна записка

Факультативний курс “Хімія високомолекулярних сполук” (“Хімія ВМС”) показує успіхи в науці і техніці, розкриваючи зв’язок теорії і практики, формує експериментальні вміння учнів, відіграє велику роль у допрофесійній підготовці школярів та має політехнічну направленість. У процесі вивчення цього факультативного курсу виявляються можливості використовувати опорні знання, застосовувати логічні операції (наприклад, проводити порівняння, аналогії між природними і синтетичними, неорганічними і органічними високомолекулярними сполуками).

Запропонований нами факультативний курс “Хімія високомолекулярних сполук” має чіткий матеріалознавський характер, що розкривається за допомогою лабораторних дослідів, які пов’язані з вивченням властивостей та застосуванням полімерних матеріалів (пластмас, волокон, каучуків).

Учні одержують знання, які допоможуть їм встановити закономірності між будовою та властивостями сполук. Зміст факультативного курсу “Хімія високомолекулярних сполук” тісно пов’язаний з шкільними курсами органічної та неорганічної хімії і біології.

Мета цього факультативного курсу – розширити знання учнів з хімії, виявити взаємозв’язок між певними розділами хімії та біології, набути вміння і навички практичного напрямку; оволодіти певними практичними вміннями; детальніше та глибше дослідити полімерні матеріали, а також провести синтези полімерів.

Ми пропонуємо програму, розраховану на 34 години. Важливе місце при проведенні факультативного курсу “Хімія високомолекулярних сполук” відводиться відбору змісту та послідовності вивчення матеріалу. Факультативний курс передбачає певну теоретичну підготовку – 18 год., 16 год. на практичні заняття.

Рекомендуємо розпочати заняття з I півріччя 11 класу, паралельно з курсом органічної хімії, коли учні вже будуть знайомі з основними поняттями та класами органічних сполук.

Крім того, до початку вивчення факультативного курсу у школярів повинні бути сформовані певні знання з шкільного курсу біології та фізики. Таким чином факультативний курс дає можливість розкрити межпредметні зв’язки між курсами природничого циклу.

Навчальний план факультативного курсу “Хімія високомолекулярних сполук”

№	Тема заняття	Години	
		теор.	практ.
1	Загальні поняття хімії високомолекулярних сполук	1	
2	Класифікація високомолекулярних сполук, їх особливості в порівнянні з низькомолекулярними сполуками	1	
3	Одержання полімерів реакцією полімеризації	2	
4	Одержання полімерів реакцією поліконденсації	1	
5	Практична робота №1. Одержання полімерів реакцією полімеризації		3
6	Практична робота №2. Одержання полімерів реакцією поліконденсації		2
7	Термопластичні полімери	2	
8	Термореактивні полімери	2	
9	Каучуки та гуми	2	
10	Синтетичні волокна	2	
11	Переробка пластичних мас	1	
12	Екскурсія на виробництво		2
13	Практична робота №3. Виготовлення матеріалів та виробів на основі високомолекулярних сполук		1
14	Методи дослідження складу та властивостей високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі	1	
15	Практична робота №4. Дослідження складу та властивостей високомолекулярних сполук		2
16	Практична робота №5. Ідентифікація полімерів та матеріалів на їх основі		2
17	Природні високомолекулярні сполуки	2	
18	Практична робота №6. Контрольна задача: Ідентифікація пластмас, волокон і каучуків та матеріалів і виробів на їх основі		2
19	Утилізація і знешкодження високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі	1	
20	Заключне заняття. Підсумкова конференція		2
	Разом:	18	16
	Всього:		34



*Рекомендовані дослідження для занять факультативного курсу  
“Хімія високомолекулярних сполук”*

Тема заняття	Дослідження
1	2
Одержання полімерів реакцією полімеризації	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Деполімеризація полімерів:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) полістирену;</li> <li>б) поліметилметакрилату.</li> </ol> </li> <li>2. Полімеризація:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) блочна полімеризація стирену;</li> <li>б) емульсійна полімеризація стирену;</li> <li>в) блочна полімеризація метилметакрилату;</li> <li>г) емульсійна полімеризація метилметакрилату;</li> <li>д) кополімеризація метилметакрилату та стирену;</li> <li>е) полімеризація капролактаму.</li> </ol> </li> </ol>
Одержання полімерів реакцією поліконденсації	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синтез фенолоформальдегідної смоли у присутності кислот:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) одержання новолачної смоли;</li> <li>б) перетворення новолачної смоли в резітну.</li> </ol> </li> <li>2. Синтез фенолоформальдегідної смоли у лужному середовищі:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) одержання смоли у присутності розчину амоніаку;</li> <li>б) одержання смоли у присутності натрій гідроксиду.</li> </ol> </li> <li>3. Синтез резорцинолформальдегідних смол:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) синтез смоли у присутності кислого каталізатора;</li> <li>б) одержання смоли без каталізатора.</li> </ol> </li> <li>4. Синтез гідрохінонформальдегідних смол:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) синтез смоли у присутності кислого каталізатора;</li> <li>б) синтез смоли у присутності лужного каталізатора;</li> <li>в) одержання смоли без каталізатора.</li> </ol> </li> <li>5. Синтез сечовиноформальдегідних смол:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) одержання сечовиноформальдегідної смоли у кислому середовищі;</li> <li>б) одержання сечовиноформальдегідної смоли у присутності амоніаку;</li> <li>в) одержання сечовиноформальдегідної смоли у присутності уротропіну;</li> <li>г) одержання сечовиноформальдегідної смоли з сечовини та уротропіну.</li> </ol> </li> <li>6. Синтез поліестерних смол.</li> </ol>
Виготовлення матеріалів та виробів на основі високомолекулярних сполук	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одержання пінопластів.</li> <li>2. Формування плівок:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) одержання поліетиленової плівки;</li> <li>б) одержання полістиренової плівки.</li> </ol> </li> <li>3. Формування волокон:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) формування капронового волокна.</li> </ol> </li> <li>4. Склеювання, зварювання та механічна обробка пластмасових виробів:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) склеювання оргскла;</li> <li>б) склеювання полістирену;</li> <li>в) склеювання капрону;</li> <li>г) склеювання целулоїду.</li> </ol> </li> <li>5. Зварювання пластмасових виробів:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) зварювання деталей з поліетилену та поліхлорвінілу;</li> <li>б) зварювання деталей з полістирену;</li> <li>в) зварювання деталей з капрону.</li> </ol> </li> <li>6. Формування виробів з фенолоформальдегідної смоли:               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) виготовлення шаруватих матеріалів – текстоліту.</li> </ol> </li> <li>7. Одержання шаруватих пластиків на основі резорцинолформальдегідної смоли.</li> </ol>

Дослідження складу та властивостей високомолекулярних сполук	<p>1. Дослідження фізичних властивостей полімерів:</p> <p>а) зовнішній вигляд та міцність полімерів;  б) визначення температури плавлення або розкладу;  в) відношення до нагрівання.</p> <p>2. Дослідження хімічних властивостей полімерів:</p> <p>а) дія розчинників;  б) горіння полімерів;  в) кольорові реакції на волокна;  г) дія мідно-амоніачного розчину на волокна;  д) відношення каучуків до бромної води.</p> <p>3. Дослідження складу полімерів:</p> <p>а) розклад пластмаси;  б) розклад волокна;  в) розклад каучуку.</p>
--	--

Після закінчення факультативного курсу “Хімія високомолекулярних сполук” у учнів повинні бути сформовані певні знання та вміння, які б задовольнили вимогам, що ставляться до даної програми.

Основні вимоги до знань та вмінь учнів:

1. Вимоги до засвоєння теоретичного матеріалу:

– знати найважливіші групи високомолекулярних сполук, як природні (білки, нуклеїнові кислоти, полісахариди), так і синтетичні (пластмаси, волокна, каучуки) їх будову, вміти встановлювати залежність між будовою, складом, властивостями;

– знати фізичні та хімічні властивості полімерів та полімерних матеріалів на їх основі;

– знати практичне застосування та використання полімерних матеріалів.

2. Вимоги до виконання хімічного експерименту:

– знати правила роботи з хімічними речовинами та обладнанням, знати техніку безпеки;

– вміти збирати прилади для деполімеризації та полімеризації високомолекулярних сполук;

– вміти проводити якісні реакції при аналізі полімерів;

– оволодіти простішими прийомами розпізнавання полімерів;

– розрізняти індивідуальні особливості окремих представників.

3. Вимоги до засвоєння хімічної мови:

– вміти складати рівняння реакцій, що характеризують властивості органічних та неорганічних речовин;

– вміти складати рівняння реакцій одержання полімерів реакцією полімеризації та поліконденсації.

Факультативний курс “Хімія високомолекулярних сполук” носить дослідницький характер.

Виконавши програму факультативного курсу “Хімія високомолекулярних сполук” учні навчаться узагальненню, аналізу та синтезу, індукції та дедукції, встановленню аналогії, формулюванню висновків, написанню творчого звіту, навчальних проєктів, виступу на підсумковій конференції.

## Анотації навчальних занять

### Заняття № 1

**Тема:** Загальні поняття хімії високомолекулярних сполук.

**Мета:** Сформувати та систематизувати знання учнів про високомолекулярні сполуки; активізувати інтерес учнів до вивчення хімії ВМС.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

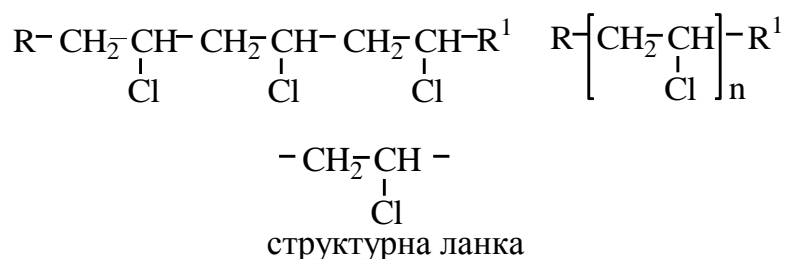
#### Розширений план:

1. Розкрити важливе значення полімерних матеріалів в техніці та в житті людини.

Синтетичні високомолекулярні сполуки (ВМС) та одержані з них такі важливі матеріали, як пластмаси, волокна, каучуки з кожним роком знаходять все більше застосування та практичне використання.

2. Показати, що високомолекулярні сполуки одержали свою назву внаслідок великої молярної маси, що і відрізняє їх від низькомолекулярних речовин. Хімія ВМС вивчає хімічні речовини, молекули яких складаються з багатьох сотень атомів (макромолекула). Основним змістом хімії ВМС є вивчення тих особливостей в загальних закономірностях, поняттях і методах хімії, які викликані наявністю в молекулі великого числа хімічно зв'язаних атомів.

3. Звернути увагу, що вихідними речовинами для одержання високомолекулярних сполук є мономери, однакові групи атомів, які багаторазово повторюються в макромолекулі називаються структурними ланками, а число структурних ланок –  $n$  – називається ступенем полімеризації. Наприклад, поліхлорвініл:



4. Звернути увагу на те, що треба розрізняти поняття: макромолекула, полімер (суміш макромолекул), матеріал на основі полімеру та вироб з цього матеріалу. До складу полімеру входять макромолекули з різною молярною масою та різним ступенем полімеризації.

### Заняття № 2

**Тема:** Класифікація високомолекулярних сполук, їх особливості порівняно з низькомолекулярними сполуками.

**Мета:** Розширити знання учнів про класифікацію високомолекулярних сполук; повторити основні поняття та терміни, що використовуються в темі; розвивати мислення, формувати науковий світогляд.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

## Розширений план:

Класифікація високомолекулярних сполук

I. За типом атомів, які складають основний ланцюг молекули

1. Гомоланцюгові – ланцюг складається з однакових атомів;
2. Гетероланцюгові – ланцюг складається з різних атомів.

II. За походженням

1. Природні:

а) неорганічні природні полімери: алмаз, графіт, кварц тощо.

б) органічні природні полімери: полісахариди (крохмаль, глікоген, целюлоза), білки, нуклеїнові кислоти, натуральний каучук.

2. Штучні – хімічна модифікація природних полімерів (волокна, одержані на основі целюлози – ацетатне, віскозне).

3. Синтетичні – одержані шляхом синтезу з низькомолекулярних сполук (поліетилен, поліпропілен, фенолформальдегідна смола та ін.).

III. За будовою

Високомолекулярні сполуки характеризуються не тільки за розмірами молекул та будовою структурних ланок, але і зовнішньою формою молекул, або так званою геометричною структурою. За цією характеристикою ВМС класифікуються на:

1. Лінійні

Молекули лінійної структури являють собою довгі ниткоподібні ланцюги елементарних ланок. Якщо окремі структурні ланки в молекулі такого полімеру позначити літерою А, то лінійну структуру можна зобразити наступною схемою:



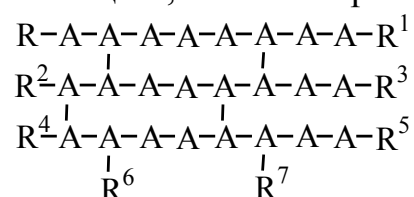
Лінійну структуру мають макромолекули поліетилену, поліхлорвінілу, каучуку. Довжина лінійної молекули в тисячу разів більша ніж її поперечник.

2. Розгалужені

Макромолекули розгалуженого полімеру уявляють ланцюги з боковими відгалуженнями. Число бокових відгалужень, а також відношення довжини основного ланцюга до довжини бокових ланцюгів може бути різним.

3. Сітчасті (дво- та тривимірні)

Існує велика кількість полімерів, де ланцюги з'єднанні між собою таким чином, що утворюють просторові сітки. Такі полімери називаються зшитими або сітчастими (гребенеподібні, циклоланцюгові, макроциклічні, драбиноподібні, зіркоподібні). Будь-який шматок зшитого полімеру являє собою одну велетенську молекулу. Полімери такого типу дуже поширені в природі: більшість мінералів, що складають земну кору, алмаз, графіт – усе це зшиті неорганічні полімери. Існує досить багато органічних та елементорганічних синтетичних зшитих полімерів: це всі гуми, значна кількість клеїв. Для спрощення під просторовою структурою розуміють утворення полімерів за рахунок сполучення лінійних молекул поперечними хімічними зв'язками. Сполучення лінійних молекул, які розміщені в одній площині, можна зобразити такою схемою:



### III. За складом

#### 1. Гомополімери

Полімери складаються з однакових структурних ланок.

#### 2. Кополімери

Полімери складаються з різних структурних ланок. У найпростіших бінарних кополімерів дві різні ланки А і В можуть повторюватися в ланцюзі з довільною або регулярною послідовністю.

При довільному повторюванні ланок полімери називають статистичними кополімерами. У випадку регулярного чергування ( $R-A-B-A-B-A-B-A-R^1$ ) – це альтернативні кополімери.

Ще один варіант послідовності ланок А і В у лінійному кополімері, коли чергуються між собою “блоки” відповідних гомополімерів, приводить до утворення блок-полімерів:  $R-[A]_n-[B]_m-[A]_n-[B]_m-[A]_n-R^1$ .

### IV. За характером розміщення структурних ланок

#### 1. Регулярні (певний порядок в сполученні структурних ланок).

2. Нерегулярні (розміщення структурних ланок в макромолекулі носить безладний характер).

Структурні ланки можуть з'єднуватися за типом  $\alpha,\alpha$ - (“голова-голова”),  $\beta,\beta$ - (“хвіст-хвіст”) та  $\alpha,\beta$ - (“голова-хвіст”):

$R-CH_2-CHX-CH_2-CH_2-R^1$  – приєднання “голова-голова”;

$R-CH_2-CHX-CH_2-CHX-R^1$  – приєднання “голова-хвіст”.

### V. За просторовим розміщенням

#### 1. Стереорегулярні (ізотактичні і синдіотактичні)

В цьому випадку завдяки асиметричному атому карбону  $R-CH_2-C^*HX-R^1$  послідовність структурних ланок може бути однієї конфігурації ( $D, D, D, \dots$  або  $L, L, L, \dots$ ). Такі полімери називають ізотактичними. Регулярне чергування ланок – антиподів ( $D, L, D, L, D, L, \dots$ ) приводить до утворення синдіотактичних полімерів.

#### 2. Стереонерегулярні (атактичні)

Ізотактичні і синдіотактичні полімери називають стереорегулярними на відміну від атактичних, що містять ті ж самі ланки, але з випадковим розподілом їх ізомерних форм уздовж ланцюга макромолекули.

### VI. За властивостями

1. Термопласти (при нагріванні багаторазово змінюють свою форму): поліетилен, поліпропілен.

2. Реактопласти (при нагрівання не змінює набутої форми): пластмаси на основі фенолоформальдегідної смоли.

### VII. За методом синтезу

1. Одержані в наслідок реакції полімеризації – процес утворення полімеру шляхом послідовного приєднання молекул мономеру до активних центрів реакційної системи.

2. Одержані внаслідок реакції поліконденсації – процес утворення полімеру при одночасній взаємодії всіх молекул реакційної системи.

### VIII. За функціональними групами

#### 1. Поліамідні (наявність пептидного зв'язку).

#### 2. Поліестерні.

#### 3. Полісульфідні.

#### 4. Поліолефіни.

### Заняття № 3

**Тема:** Одержання полімерів реакцією полімеризації.

**Мета:** Сформувати поняття учнів про реакцію полімеризації; про радикальну полімеризацію та йонну; розкрити механізм реакції.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план:

1. Показати, що існують два основні методи синтезу полімерів:

- полімеризація;
- поліконденсація.

2. Для реакції полімеризації характерне:

- а) молекула мономера містить кратні зв'язки або нестійкі цикли;
- б) процес відбувається без утворення побічних продуктів;
- в) полімер та мономер мають однаковий елементний склад;
- г) реакція незворотня.

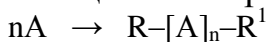
Побудувати ланцюг можна тільки двома шляхами (механізмами): ланцюговим та ступінчастим. Саме спосіб побудови ланцюга і є головним критерієм, що дає змогу віднести реакцію до певного типу.

Усі реакції полімеризації належать до ланцюгових: макромолекула зростає шляхом поступового приєднання (по одній) молекул мономера М до активного центру ланцюга, що зростає.

Ланцюгова полімеризація є одним з найбільш поширених методів синтезу високомолекулярних сполук. Майже усі застосовувані в техніці карболанцюгові полімери: синтетичні каучуки, полімери для пластичних мас та синтетичні волокна – одержуються шляхом ланцюгової полімеризації відповідних мономерів.

3. Полімеризацією називається реакція з'єднання декількох молекул, при якій структурні ланки утвореного полімеру не відрізняються за складом від вихідних мономерів.

Реакція полімеризації в загальному вигляді:



4. Звернути увагу на те, що ланцюгова полімеризація складається з трьох елементарних реакцій:

- а) утворення активного центру;
- б) зростання ланцюга;
- в) обрив ланцюга.

Принципова схема процесу:



де:  $A_1$  – молекула мономера;  
 $A_1^*$  – активний центр;  
 $A_2^*, A_3^*, \dots, A_{n-1}^*, A_n^*$  – ланцюг, який зростає;  
 $A_n$  – молекула полімеру.

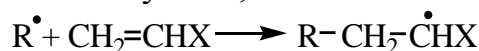
Активними центрами реакції ланцюгової полімеризації можуть бути вільні радикали, йони (позитивно або негативно заряджені) та йон-радикали.

У відповідності з активним центром розрізняють:

- а) радикальну полімеризацію;
- б) йонну (аніонну або катіонну) полімеризацію.

### 5. Розглянути механізм радикальної полімеризації

При радикальній полімеризації активним центром є вільний радикал. За рахунок неспареного електрона вільний радикал дуже легко вступає в реакції з різними сполуками, а також з ненасиченими:



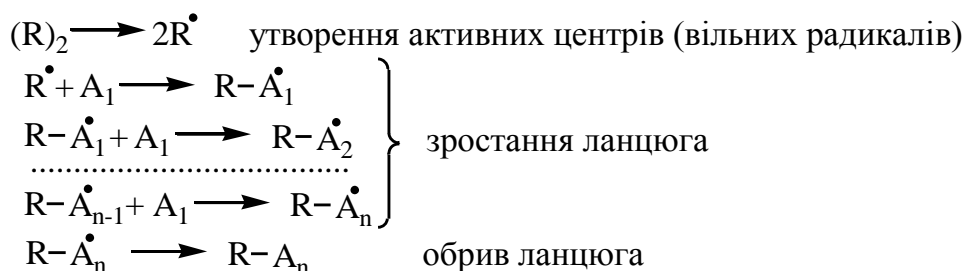
Реакція зростання ланцюга складається з послідовного ряду елементарних актів взаємодії вільного радикалу з молекулами мономеру, причому ланцюг, який збільшується сам також є вільним радикалом, у якого в ході реакції збільшується молекулярна маса.

6. Показати, що одним з найпоширеніших методів полімеризації є ініційована полімеризація. Радикали вводять в вільному стані або у вигляді сполук, які легко розпадаються в реакційних умовах з утворенням вільних радикалів (останні носять назву ініціаторів).

Ініціатори – нестійкі сполуки, які здатні розпадатися з утворенням вільних радикалів.

При введенні до системи сполук, які розпадаються в певних умовах на вільні радикали, зберігаються всі три стадії полімеризації, але перша стадія процесу – реакція утворення активних центрів – відрізняється відносно невеликою енергією активації.

Цей процес може бути представлений схемою:

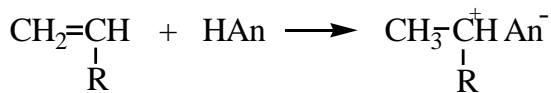


де  $(R)_2$  – ініціатор, який розпадається на вільні радикали.

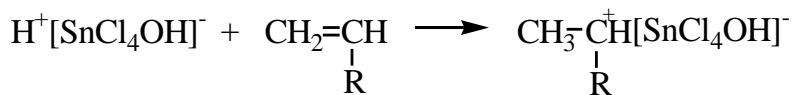
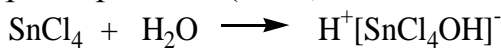
7. Розкрити механізм йонної (каталітичної) полімеризації.

Йонна полімеризація відбувається в присутності каталізаторів, які на відміну від ініціаторів не витрачаються в процесі полімеризації та не входять до складу полімеру. В залежності від характеру каталізатора і заряду утвореного йона розрізняють: катіонну і аніонну полімеризації.

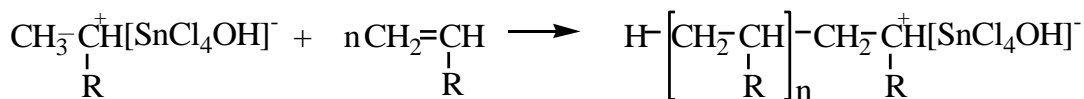
Катіонна полімеризація відбувається в присутності сильних кислот (сульфатна, хлорна, фосфатна). При цьому відбувається пряме протонування мономера з утворенням йона карбонія:



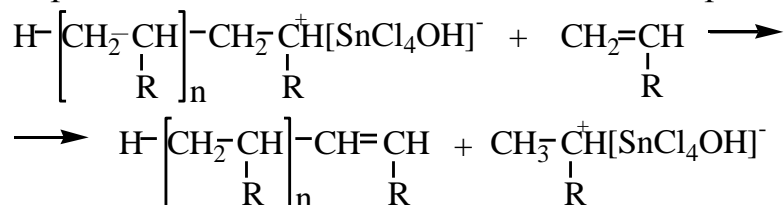
Найбільш поширеними та практично важливими для катіонної полімеризації є каталізатори Фриделя-Крафтса ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{SnCl}_4$  та ін.). У більшості випадків для полімеризації у присутності цих каталізаторів необхідний сокаталізатор, який є донором протонів (вода, деякі кислоти):



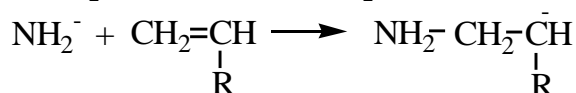
Реакція зростання ланцюга відбувається як приєднання мономера до йона карбонія і супроводжується передачею по ланцюгу позитивного заряду:



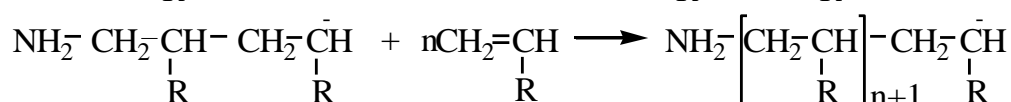
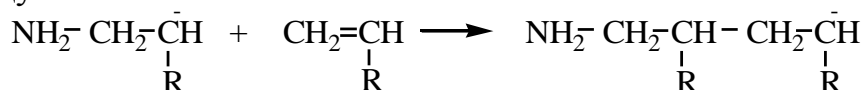
Обрив ланцюга зв'язаний з відщепленням протона:



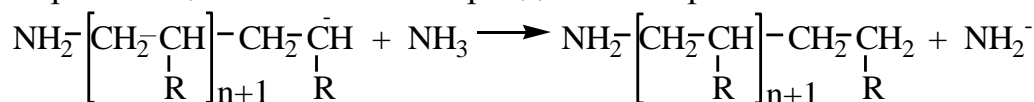
Механізм аніонної полімеризації можна розглянути на прикладі полімеризації ненасичених сполук у присутності калій аміду ( $\text{KNH}_2$ ) у середовищі рідкого амоніаку:



У процесі зростання ланцюга відбувається передача по ланцюгу негативного заряду:



Обрив ланцюга зв'язаний з приєднанням протона:

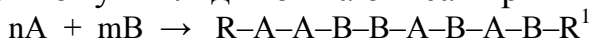




Широке використання комплексних каталізаторів Циглера-Натта дає можливість одержувати стереорегулярні полімери. До складу каталізаторів входять металоорганічні сполуки металів I-III груп та хлориди металів IV-VII груп з переменною валентністю.

#### 8. Кополімеризація

Кополімеризацією називається процес спільної полімеризації двох або більше різних мономерів. Одержані таким чином високомолекулярні сполуки називаються кополімерами. До складу молекулярного ланцюга кополімеру входять різні ланки відповідні вихідним мономерам. При кополімеризації двох мономерів процес в загальному вигляді можна описати рівнянням:



Використовуючи різні вихідні компоненти та змінюючи їх співвідношення, можна змінювати склад і властивості кополімерів.

#### 9. Охарактеризувати головні методи здійснення полімеризації:

- а) полімеризація в блоці;
- б) полімеризація в розчині;
- в) полімеризація в емульсії.

Полімеризація в блоці – це полімеризація мономера при відсутності розчинника. Якщо реакцію проводять до повного перетворення мономера, то отримують моноліт (блок), який має форму судини, в яку помістили вихідний мономер.

Полімеризацію в розчині проводять двома способами. В першому, який називається “лаковий” – як середовище використовують розчинник, в якому розчиняється і мономер, і полімер. Одержаний розчин полімеру в розчиннику – “лак” – використовують безпосередньо, або виділяють полімер осадженням або випаровуванням розчинника. У другому способі розчинник розчиняє мономер, але не розчиняє полімер, останній по мірі утворення випадає у твердому вигляді.

Полімеризація в емульсії – найбільш розповсюджений спосіб одержання полімерів. Таку полімеризацію проводять в рідкому середовищі (частіше за все у водному), яке не розчиняє ні мономер, ні полімер. Цей тип полімеризації ініціюють водорозчинними низькотемпературними ініціаторами.

### Заняття № 4

**Тема:** Одержання полімерів реакцією поліконденсації.

**Мета:** Сформувати поняття учнів про реакцію поліконденсації; розкрити механізм реакції.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план:

1. Надати характеристику реакції поліконденсації, показати, що поліконденсація, як і полімеризація, є широко розповсюдженим методом синтезу високомолекулярних сполук.

Для реакції поліконденсації характерне наступне:

1. Молекула мономера містить не менш ніж дві характеристичні групи.
2. Процес супроводжується утворенням побічних низькомолекулярних продуктів.

3. Полімер та мономер мають різний елементарний склад.

4. Реакція зворотна.

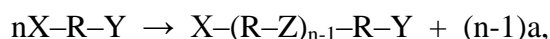
2. Дати визначення реакції поліконденсації.

Поліконденсацією називають реакції з'єднання декількох молекул, що супроводжується виділенням низькомолекулярних сполук: води, спирту, амоніаку та ін. Це визначення відповідає більшості реакцій поліконденсації, але не є загальним, тому що відомі реакції, які не супроводжуються виділенням простих сполук, але підлягають під усі закономірності поліконденсації.

Поліконденсація є характерною для сполук, які мають в своєму складі характеристичні групи. При взаємодії цих груп утворюється нова група, яка зв'язує залишки молекул, що вступили в реакцію.

Якщо у вихідному мономері є дві характеристичні групи, то в результаті реакції одержується термопластичний і плавкий лінійний полімер, який добре розчиняється в органічних розчинниках. Якщо хоча б в одному із вихідних реагентів є три або більше характеристичних груп, то утворюється термореактивний неплавкий полімер просторової будови, який не розчиняється в органічних розчинниках.

3. Процес поліконденсації, в якому приймають участь однорідні молекули, називається гомополіконденсацією. В загальному вигляді цей процес можна зобразити наступним рівнянням:

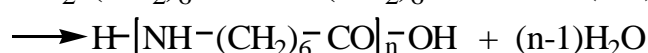
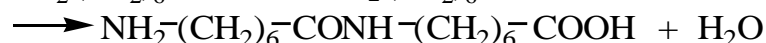
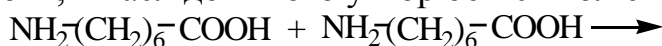


де X та Y – функціональні групи вихідної сполуки;

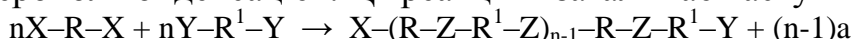
Z – група, яка зв'язує залишки молекул, що вступили в реакцію;

a – молекули простої речовини, які виділяється внаслідок реакції.

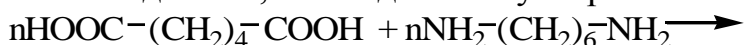
Прикладом такої реакції може бути процес поліконденсації  $\zeta$ -аміноенантової кислоти, в наслідок якого утворюється поліенантоамід:



Процес поліконденсації, в якому приймають участь різнорідні молекули, називається гетерополіконденсацією. Ця реакція в загальному має наступний вигляд:



Прикладом такої реакції є поліконденсація адипінової кислоти і гексаметилендіаміна, внаслідок якої утворюється полігексаметилендіамід.



Реакції поліконденсації біфункціональних сполук приводять до утворення лінійних полімерів. При поліконденсації сполук з функціональністю більше двох, утворюються полімери розгалуженої та просторової будови, причому число функціональних груп макромолекули зростає по мірі проходження реакції.

3. За типами реакцій поліконденсацію можна поділити на:

а) поліконденсація багатоосновних кислот з багатоатомними спиртами;

б) поліконденсація фенолів з альдегідами;

в) поліконденсація діамінів та хлорангідридів двоосновних кислот.

## Заняття № 5

**Тема:** Одержання полімерів реакцією полімеризації.

**Мета:** Сформувати вміння одержувати полімери реакцією полімеризації.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Одержати мономери стирен і метилметакрилат деполімеризацією полістирену і поліметилметакрилату.
2. Синтезувати з одержаних стирену і метилметакрилату методами блочної та емульсійної полімеризації полістирен і поліметилметакрилат.
3. Одержати кополімеризацією кополімер стирену і метилметакрилату.
4. Одержати полікапролактама.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути сутність реакцій полімеризації, загальний механізм полімеризації.
2. Засвоїти механізм радикальної, катіонної та аніонної полімеризації.
3. Розглянути практичні методи здійснення процесу полімеризації.

### Література:

1. Алексеев В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – С. 233-240, 243-251.
2. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1974. – Т.1. – С. 256-258, С. 274-275, С. 306-307, С. 476-477.
3. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1973. – 624 с.
4. Стрепихеев А.А., Деревницкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 61-128.
5. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М.: Просвещение, 1980. – С. 12-23.
6. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 41-137.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, повітряні холодильники, водяні бані, круглодонні колби ємністю 50 см<sup>3</sup>, хімічні стакани, фільтрувальний папір, газовідвідні трубки, термометри, сушильна шафа, полістирен, поліметилметакрилат, стирен, метилметакрилат, капролактама, бензоїлпероксид, калій персульфат, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10\%$ ], твердий натрій гідроксид, олеїнова кислота, фенолфталеїн, алюмокалієві галуни, хлоридна кислота.

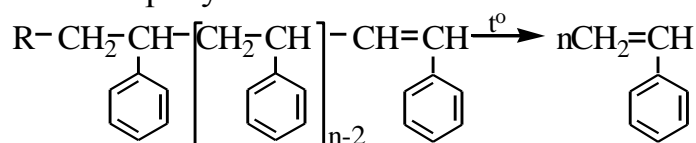
## Хід роботи:

1. Одержати у викладача варіант завдання, щодо синтезу полімеру

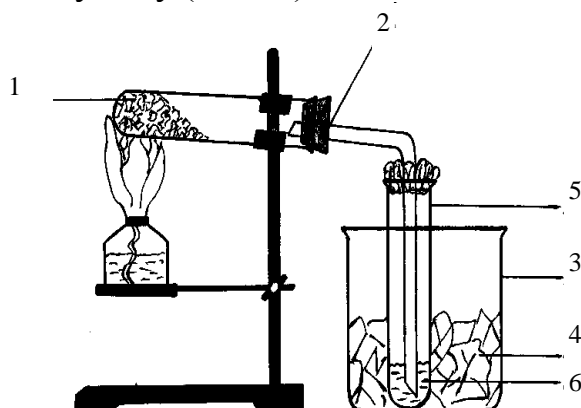
Варіант	Одержання полімерів реакцією полімеризації	
	деполімеризація	полімеризація
1	Полістирен	Полістирен блоковий
2	Поліметилметакрилат	Поліметилметакрилат блоковий
3	Поліметилметакрилат	Кополімер стирену і метилметакрилату
4	Полістирен	Полікапролактам
5	Поліметилметакрилат	Поліметилметакрилат емульсійний
6	Полістирен	Полістирен емульсійний

2. Деполімеризація запропонованого полімеру з метою одержання мономера

а) Деполімеризація полістирену



У пробірку помістити більш чим на 1/5 її об'єму шматочки полістирену, до отвору пробірки приєднати газовідвідну трубку з пробкою. Як приймач використовувати іншу пробірку, що занурена у холодну воду (Рис. 1.).



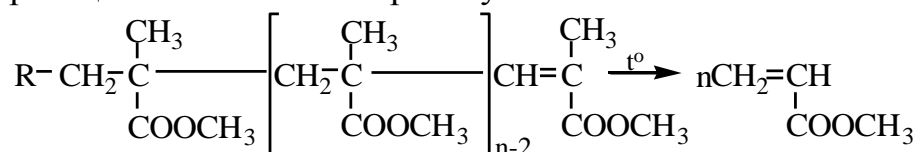
**Рис.1. Прилад для деполімеризації полімерних матеріалів:**

1 – полімер; 2 – пробка з газовідвідною трубкою; 3 – хімічний стакан; 4 – лід; 5 – пробірка-приймач; 6 – продукти розкладу.

Зверху приймач прикрити шматочком вати. Пробірку з полістиреном закріпити в штативі під нахилом. Отвір у гумовій пробці зробити ближче до краю для відділення рідини, що утворюється (мономер з домішками).

У приймач зібрати безбарвну або жовтувату рідину. Жовту рідину перегнати для відділення домішок.

б) Деполімеризація поліметилметакрилату

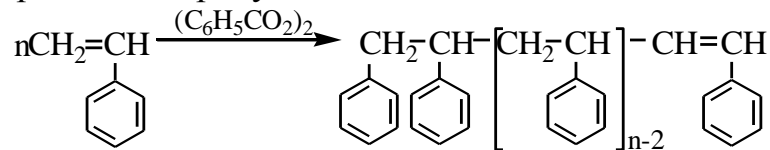


Деполімеризацію поліметилметакрилату провести так, як і у випадку полістирену. На відміну від полістирену поліметилметакрилат деполімеризується

повністю. Щоб уникнути осмолення поліметилметакрилату (він стає жовтим), пробірку не слід сильно нагрівати.

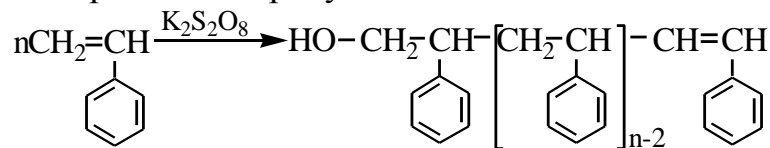
### 3. Полімеризація

#### а) Блочна полімеризація стирену



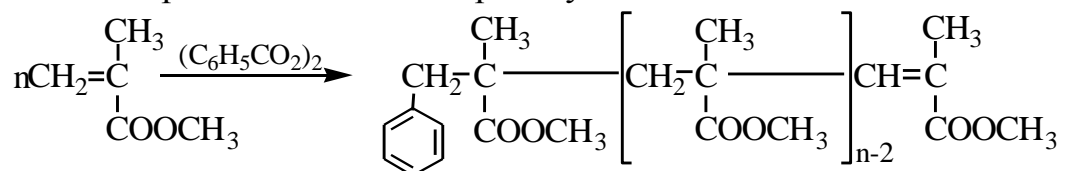
Помістити в пробірку стирен (очищений або неочищений) об'ємом 2 см<sup>3</sup>, додати бензоїлпероксид масою 50 мг і нагрівати її на киплячій водяній бані 30 хв. Після цього пробірку охолодити водою. Склоподібну прозору без бульбашок масу витягти з пробірки.

#### б) Емульсійна полімеризація стирену



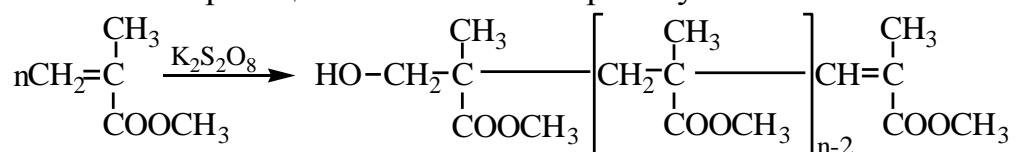
В колбу ємністю 100 см<sup>3</sup> помістити дистильовану воду об'ємом 20 см<sup>3</sup> і додати 8-10 крапель олеїнової кислоти. Після струшування додати краплю фенолфталеїну і розчин натрій гідроксиду [w(NaOH)= 10 %] до слаболужної реакції і знову енергійно струсити до утворення стійкої піни. Після цього до суміші прилити свіжоперегнаний стирен об'ємом 10 см<sup>3</sup>, збовтати і додати калій персульфат масою 250 мг. Емульсію, що утворилася, нагрівати на киплячій водяній бані на протязі 20-22 хв., періодично струшуючи. Після зникнення запаху стирену, для осадження полімеру емульсію вилити в стакан з насиченим розчином алюмокалієвих галунів об'ємом 35-40 см<sup>3</sup>. Полістирен, що утворюється у вигляді білого порошку, відфільтрувати через шматочок тканини. Вологий полістирен спочатку сушити між аркушами фільтрувального паперу, а потім у сушильній шафі при 50-60 °С.

#### в) Блочна полімеризація метилметакрилату



Помістити в пробірку метилметакрилат об'ємом 2 см<sup>3</sup>, додати бензоїлпероксид масою 50 мг і закрити її зворотним повітряним холодильником. Нагрівати на киплячій водяній бані на протязі 5 хв. Одержується тверда склоподібна маса з бульбашками. Щоб запобігти цьому, необхідно, як тільки в пробірці з метилметакрилатом з'являться перші бульбашки, в баню додати холодної води і довести температуру води до 60-65 °С. Скловидну масу витягти з пробірки.

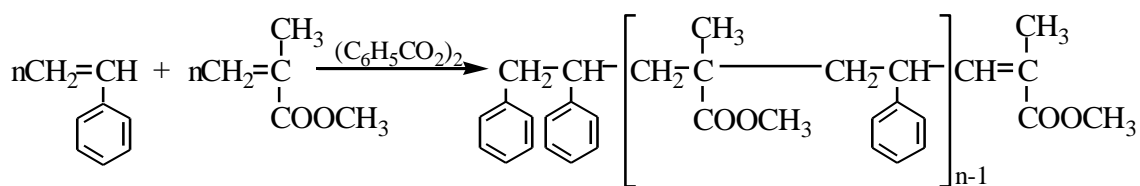
#### г) Емульсійна полімеризація поліметилметакрилату



Розчинити в дистильованій воді об'ємом 6-7 см<sup>3</sup> калій персульфат масою 0,5 г і прилити метилметакрилат об'ємом 0,5 см<sup>3</sup>. Пробірку струсити і нагрівати на водяній бані при температурі 80 °С, періодично струшуючи суміш. Через декілька хвилин

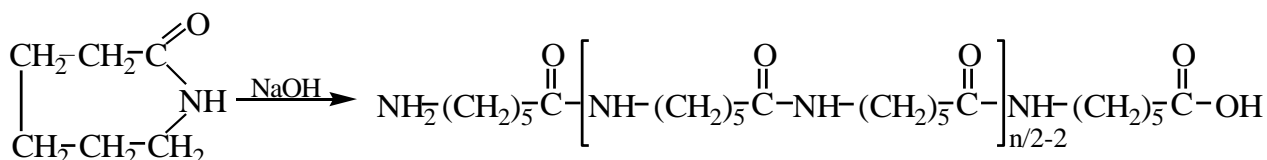
одержується стійка емульсія, через 15 хв. вийняти пробірку з бані. Для зруйнування емульсії і коагуляції полімеру прилити декілька крапель хлоридної кислоти ( $\rho=1,19\text{г/см}^3$ ) і 5-6 крапель дистильованої води. При цьому випадає білий осад. Полімер відфільтрувати, осад висушити.

д) Кополімеризація метилметакрилату та стирену



В пробірку помістити метилметакрилат об'ємом  $2\text{ см}^3$  і стирен об'ємом  $2\text{ см}^3$  та додати бензоїлпероксид масою 50 мг. Закрити пробірку зворотним повітряним холодильником і нагрівати на киплячій водяній бані 16-17 хв. Після цього пробірку охолодити і прозору скловидну масу витягти з пробірки.

е) Одержання капронової смоли (полікапролактаму)



В пробірку помістити капролактаму масою 1-2 г та 1-2 шматочка твердого натрій гідроксиду (приблизно 0,5 % від маси капролактаму). Суміш нагрівати 15-20 хв. до утворення густої в'язкої рідини, якій можна придати будь-яку форму.

4. Оформити роботу

Дослід	Хід роботи	Рівняння реакції	Спостереження	Висновки

## Заняття № 6

**Тема:** Одержання полімерів реакцією поліконденсації.

**Мета:** Сформувати вміння одержувати полімери реакцією поліконденсації.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Провести синтез фенолоформальдегідної смоли в кислому та лужному середовищі.
2. Одержати сечовиноформальдегідну смолу.
3. Провести синтез гліфталевої смоли.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути сутність реакції поліконденсації, її види.
2. Засвоїти особливості тривимірної поліконденсації.
3. Розглянути синтез поліамідів, поліуретанів, поліестерів, фенолоформальдегідних та сечовиноформальдегідних смол.
4. Розглянути практичні методи здійснення процесу поліконденсації.

## Література:

1. Алексєєв В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – С. 251-268.
2. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, Т. 1. – 1974. – С. 348; Т.2. – 1974. – С. 111-112.
3. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1973. – 624 с.
4. Стрєпихєєв А.А., Дерєвицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 129-161.
5. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М.: Просвещение, 1980. – С. 23-40.
6. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1981. – С. 137-166.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, хімічні стакани (ємністю 100 см<sup>3</sup>), зворотні повітряні холодильники, фарфорові чашки, водяні бані, фенол, резорцинол, гідрохінон, розчин формаліну [ $w(\text{НСНО}) = 35\text{-}40\%$ ], сечовина, уротропін, фталевий ангідрид, гліцерол, хлоридна кислота (1:1), сульфатна кислота (1:5), розчин амоніаку [ $w(\text{NH}_4\text{OH}) = 25\%$ ], твердий натрій гідроксид, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 20\text{-}30\%$ ], щавлева кислота, барвники.

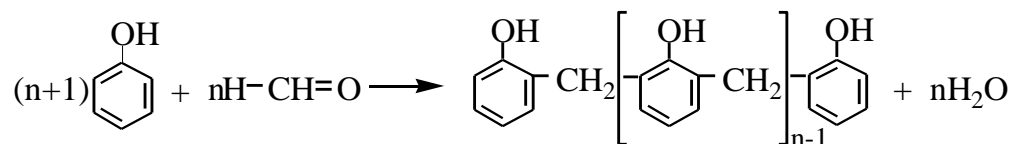
## Хід роботи:

1. Одержати у викладача варіант завдання, щодо синтезу полімеру

Варіант	Одержання полімерів реакцією поліконденсації
1	Фенолоформальдегідна смола в кислому середовищі
2	Фенолоформальдегідна смола в лужному середовищі (NaOH)
3	Резорцинолоформальдегідна смола в лужному середовищі
4	Сечовиноформальдегідна смола в лужному середовищі
5	Гліфталєва смола
6	Резорцинолоформальдегідна смола в кислому середовищі
7	Фенолоформальдегідна смола в лужному середовищі NH <sub>4</sub> OH

2. Синтез фенолоформальдегідної смоли у присутності кислот

- а) Одержання новолачної смоли



### Варіант 1

У пробірку помістити кристалічний фенол масою 2,5 г, прилити розчин формальдегіду [ $w(\text{НСНО}) = 35\text{-}40\%$ ] об'ємом 4 см<sup>3</sup> і нагрівати полум'ям газового пальника до кипіння. Реакція не спостерігається. Додати 6-10 крапель кислоти (хлоридної 1:1 або сульфатної 1:5). Через декілька секунд без нагрівання починається бурна реакція. Щоб попередити викид рідини з пробірки її необхідно занурити у стакан з холодною водою. Після відстоювання суміші утворюються два шари: верхній – вода, нижній – смола. Злити воду, смолу швидко вилити на

пористий папір або скло. Смола поступово твердіє, перетворюючись у світло-жовтий колір. Смолу висушити у сушильній шафі при 50-60 °С.

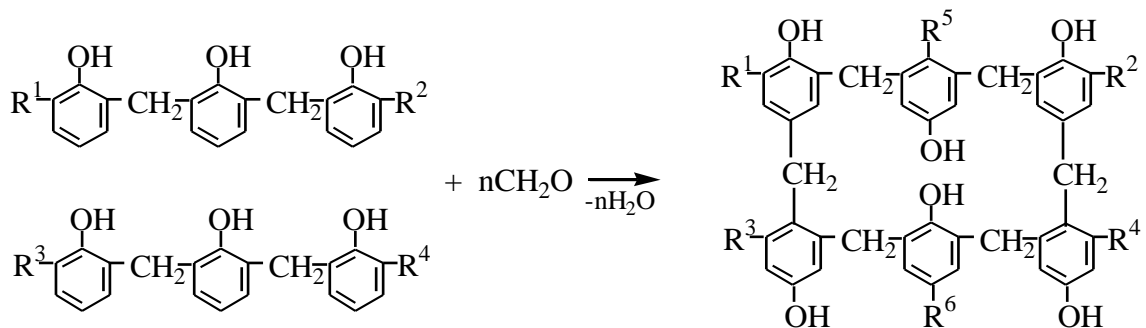
### Варіант 2

У пробірку помістити кристалічний фенол масою 2,5 г, прилити розчин формальдегіду [ $w(\text{HCHO}) = 35-40\%$ ] об'ємом 4 см<sup>3</sup>, додати 6-10 крапель хлоридної (1:1) або сульфатної кислоти (1:5).

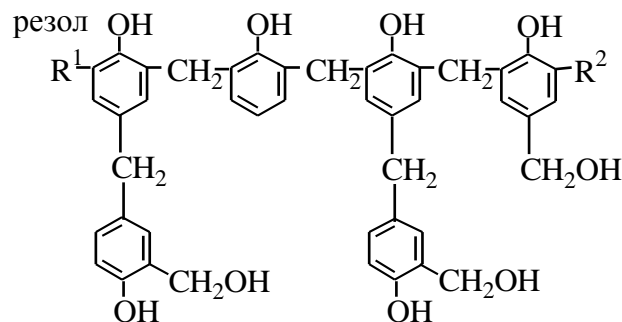
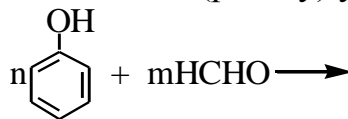
Суміш не сильно нагрівати на протязі декількох хвилин до її помутніння. Усі наступні операції проводити як описано у варіанті 1.

### б) Перетворення новолачної смоли в резітну

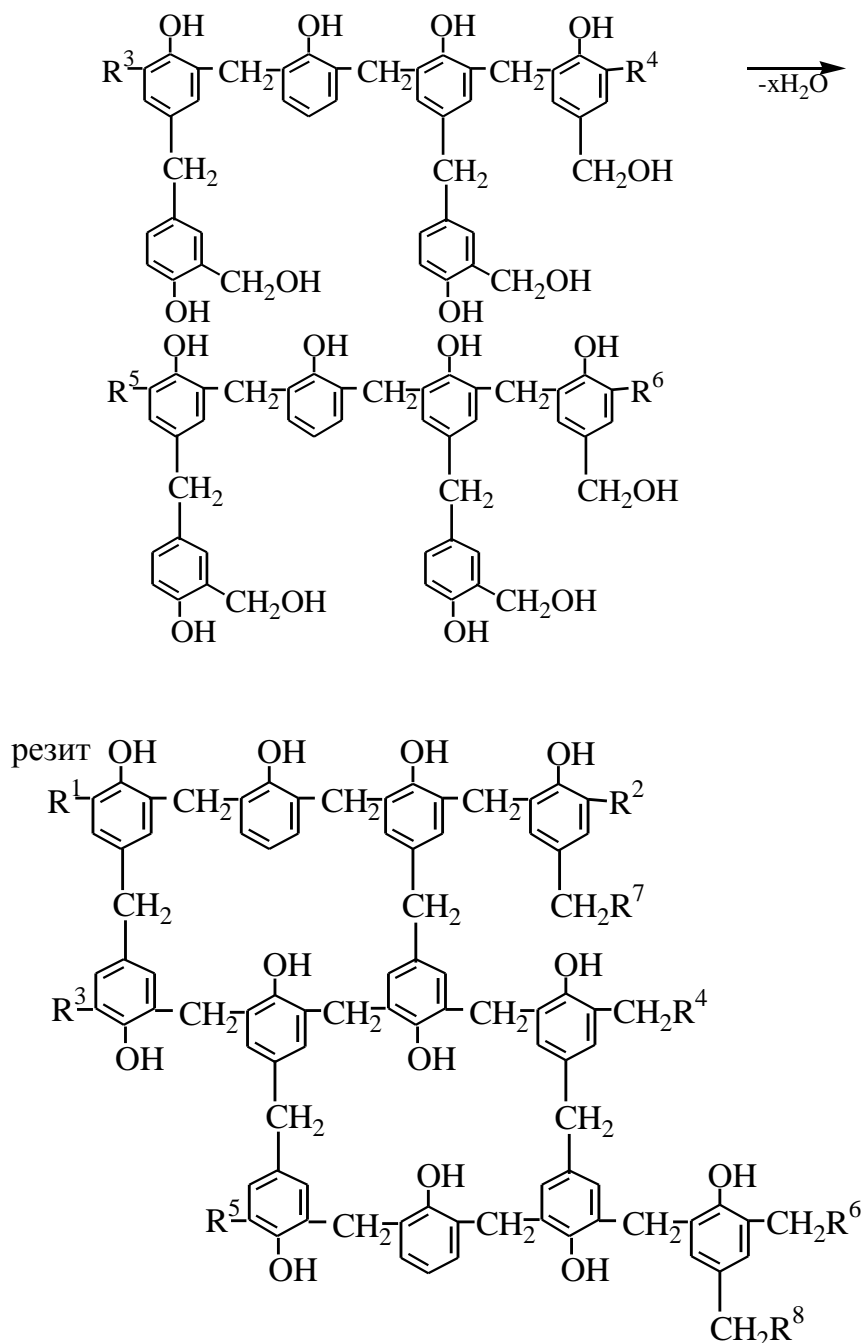
Злити воду з новолачної смоли, додати насичений розчин уротропіну об'ємом 1-1,5 см<sup>3</sup> і слабо нагріти. Нагрівати обережно, щоб не було осмолювання. Через декілька хвилин в пробірці одержується термореактивна смола жовтого кольору.



## 2. Синтез фенолоформальдегідної смоли (резолу) у лужному середовищі







а) Одержання фенолоформальдегідної смоли у присутності розчину амоніаку

В хімічний стакан ємністю 100 см<sup>3</sup> або велику пробірку помістити кристалічний фенол масою 2,5 г, розчин формаліну [w(HCHO) = 35-40 %] об'ємом 7,5 см<sup>3</sup> та розчин амоніаку [w(NH<sub>4</sub>OH) = 25 %] об'ємом 1-1,5 см<sup>3</sup>. Стакан помістити на азбестову сітку та нагрівати суміш декілька хвилин до появи емульсії (ознак утворення смоли).

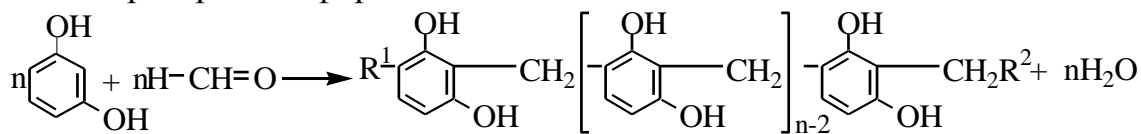
При охолодженні відбувається розшарування суміші, як і у випадку одержання новолачної смоли. Воду злити, а темну масу нагрівати в полум'ї до утворення густої, жовтої рідини, що вспінюється. Швидко вилити її (або залишити у пробірці) на папір або скло. Смола застигає в жовту, тверду, крихку масу.

б) Одержання фенолоформальдегідної смоли у присутності натрій гідроксиду

В пробірку помістити кристалічний фенол масою 2 г, твердий натрій гідроксид масою 0,2 г і прилити розчин формаліну [w(HCHO) = 35-40 %] об'ємом 1,5 см<sup>3</sup>. До пробірки приєднати зворотній холодильник (скляна трубка довжиною 60-70 см).

Суміш нагрівати декілька хвилин до утворення густої рідини жовтого кольору. Зовнішніми ознаками появи смоли є спінювання маси, утворення густої рідини, що залишає на стінках помітний слід. Після остигання цієї рідини одержується смола яскраво-жовтого кольору смола. При великих кількостях дослід краще проводити у випарній чашці під тягою.

### 3. Синтез резорцинолформальдегідної смоли



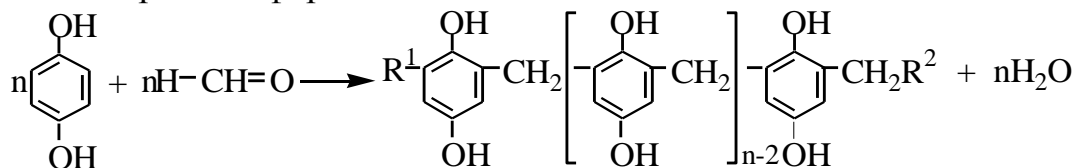
а) Одержання резорцинолоформальдегідної смоли у присутності кислого каталізатора

Резорцинол масою 1 г розчинити в розчині формальдегіду [ $w(\text{HCHO}) = 40\%$ ] об'ємом  $2 \text{ см}^3$ , перелити у пробірку, в якій знаходиться розчин хлоридної кислоти (1:1) об'ємом  $0,3-0,5 \text{ см}^3$ . Відразу починається бурхлива екзотермічна реакція, і одержується тверда (пориста) рожевого кольору смола. При додаванні до розчину метилового оранжевого утворюється смола яскраво-червоного кольору, індиго надає смолі блідо-синє забарвлення.

б) Одержання резорцинолоформальдегідної смоли без каталізатора

Для одержання непористої смоли до розчину резорцинолу масою 1 г в розчині формальдегіду [ $w(\text{HCHO}) = 40\%$ ] об'ємом  $2 \text{ см}^3$  прилити розчин натрій гідроксиду об'ємом  $0,5-0,8 \text{ см}^3$ . Суміш нагрівати на водяній бані при  $60-65 \text{ }^\circ\text{C}$ . Через півхвилини одержується смола червоного кольору.

### 4. Синтез гідрохінонформальдегідної смоли



а) Одержання гідрохінонформальдегідної смоли у присутності кислого каталізатора

Гідрохінон масою 1 г розчинити в розчині формальдегіду [ $w(\text{HCHO}) = 40\%$ ] об'ємом  $1,5-2 \text{ см}^3$ . Одержаний розчин перелити в пробірку, де знаходиться розчин хлоридної кислоти (1:1) об'ємом  $0,3 \text{ см}^3$ . Реакція відбувається швидко з виділенням теплоти, і одержується маса сірого кольору. При її нагріванні вона придбає коричневе забарвлення.

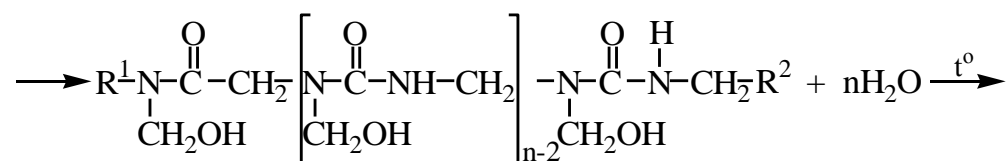
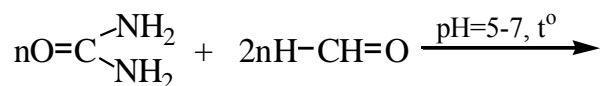
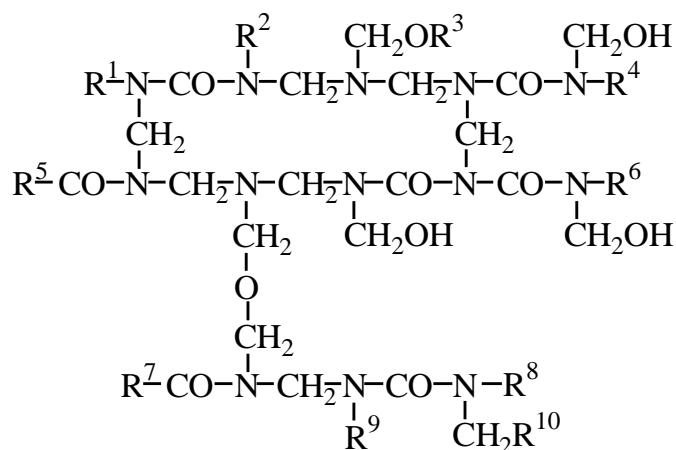
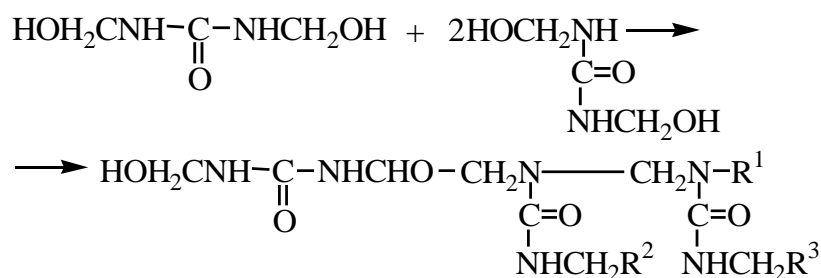
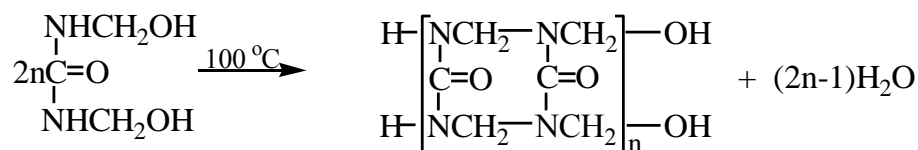
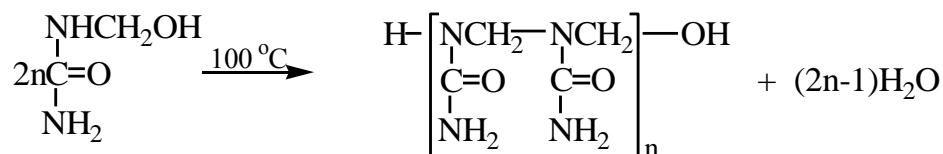
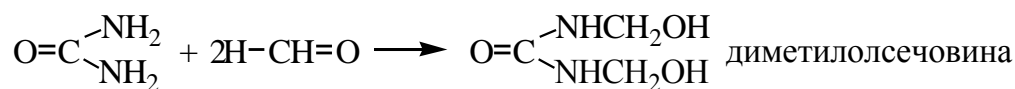
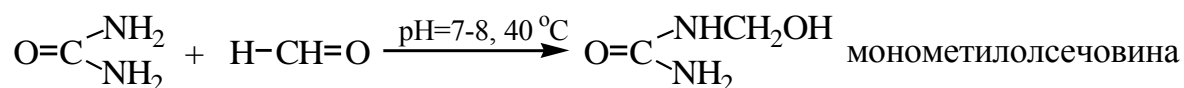
б) Одержання гідрохінонформальдегідносмоли у присутності лужного каталізатора

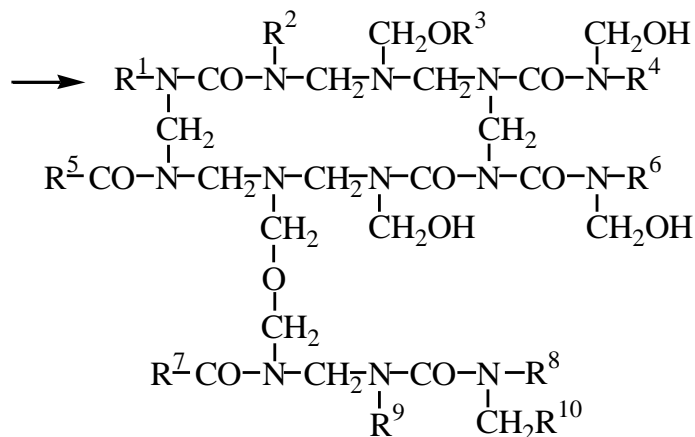
До виготовленого, як в першому досліді, розчину гідрохінону в формаліні прилити 4-5 крапель розчину натрій гідроксиду. При нагріванні суміш темніє, після охолодження маса стає коричневою.

в) Одержання гідрохінонформальдегідної смоли без каталізатора

Приготовити розчин гідрохінону в формаліні, як у першому досліді, і нагрівати пробірку на водяній бані 15 хв. Утворюється світло-коричнева маса, яка після охолодження твердіє.

## 5. Синтез сечовиноформальдегідних смол





а) Одержання сечовиноформальдегідної смоли у кислому середовищі

В пробірку помістити сечовину масою 2 г і додати розчин формальдегіду  $[w(\text{НСНО}) = 35-40 \text{ \%}]$  об'ємом  $3 \text{ см}^3$ , суміш нагрівати в полум'ї газового пальника на протязі 1-2 хв. Вийняти пробірку з полум'я і спостерігати поступове помутніння розчину і утворення порошку білого кольору.

б) Одержання сечовиноформальдегідної смоли у присутності амоніаку

У форфорову чашку помістити сечовину масою 2 г, додати розчин формальдегіду  $[w(\text{НСНО}) = 35-40 \text{ \%}]$  об'ємом  $10-12 \text{ см}^3$  і розчин амоніаку  $[w(\text{NH}_4\text{ОН}) = 25 \text{ \%}]$  об'ємом  $1 \text{ см}^3$ . Після розмішування суміш нагрівати 10-15 хв. (слідкувати, щоб було лужне середовище). До в'язкої рідини додати барвник. Барвник (чорнила, розчин фуксину) можна додати до суміші перед її нагріванням або під час нагрівання.

Для створення слаболужного середовища (кислота каталізатор) додати щавлеву кислоту масою 20-25 мг. Після розмішування суміші нагрівання припинити. Розчин поступово стає в'язким.

Одержану липучу масу вилити в певні форми. Твердіння протікає повільно. Для прискорення цього процесу необхідна температура  $50-70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Одержується склоподібна маса різної форми та відтінків залежно від барвника, який використовується.

в) Одержання сечовиноформальдегідної смоли у присутності уротропіну

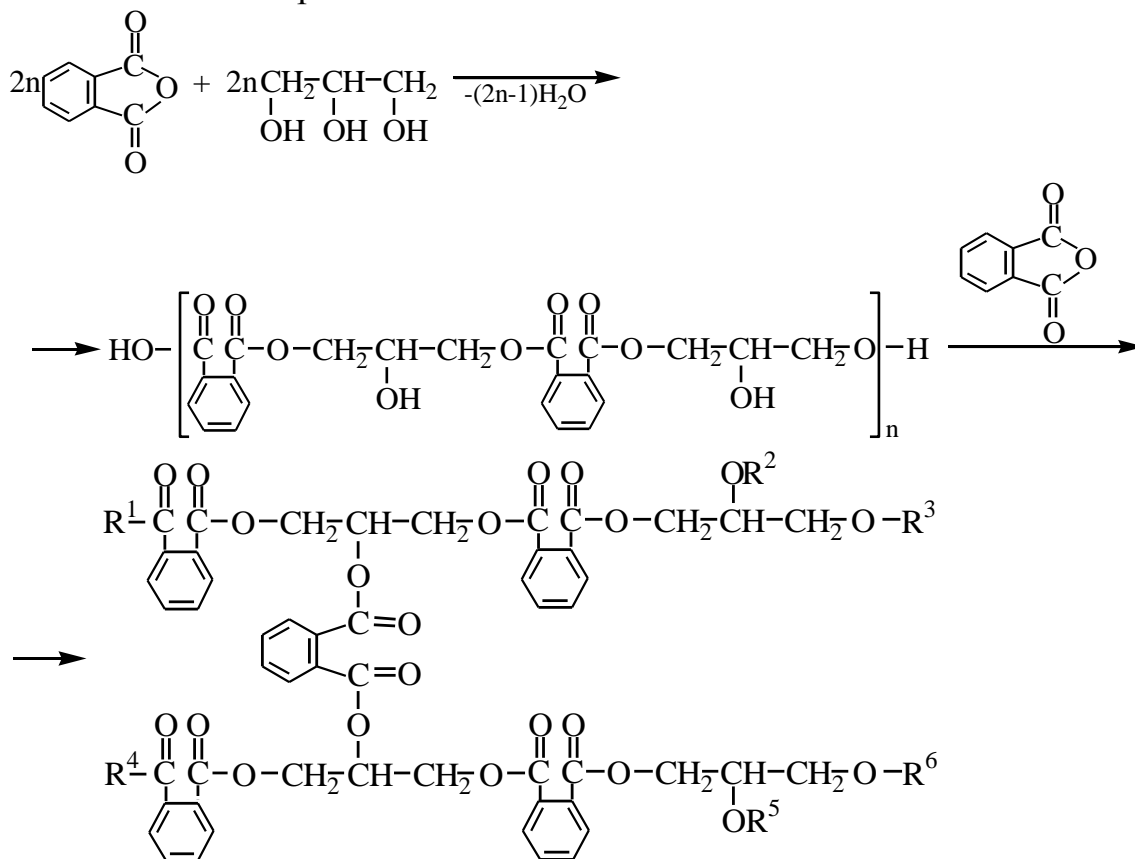
Якщо частину формаліну замінити уротропіном, то виникають необхідні умови для більш швидкого протікання реакції. В даному випадку немає необхідності слідкувати в процесі одержання смоли за лужним або кислим характером реакції.

Змішати в фарфоровій чашці сечовину масою 2 г, уротропін масою 1 г. До суміші додати розчин формальдегіду  $[w(\text{НСНО}) = 35-40 \text{ \%}]$  об'ємом  $2 \text{ см}^3$  і нагрівати її 1,5-2 хв. Потім взяти пробу скляною паличкою. Коли на паличці залишиться густа, липуча маса, зупинити нагрівання. Рідку смолу вилити на скло або у форму. Якщо при синтезі смоли (на початку або у процесі) додати барвник, то одержується смола відповідного кольору. В результаті реакції утворюється крихка склоподібна смола, яка дуже легко перетворюється в порошок при її розтиранні.

г) Одержання сечовиноформальдегідної смоли з сечовини та уротропіну

Змішати сечовину масою 2,0-2,5 г та уротропін масою 1 г і помістити у пробірку. Додати воду об'ємом  $1 \text{ см}^3$ . Суміш не сильно нагріти. Через 6-8 хв. одержується прозора в'язка рідина, яка при подальшому нагріванні (3-4 хв.) перетворюється в тверду, жовту, крихку смолу.

## 6. Синтез поліестерних смол



В пробірку помістити фталевий ангідрид масою 5 г і додати гліцерол об'ємом 3 см<sup>3</sup>. Суміш слабо нагрівати в полум'ї газового пальника 10-12 хв. Одну частину одержаної суміші вилити на скло – вона поступово застигає в склоподібну прозору смолу (продукт неповної конденсації). Другу частину рідини додатково нагрівати 5 хв. і вилити на скло. Одержується тверда смола біло-жовтого кольору.

7. Оформити роботу.

Дослід	Хід роботи	Рівняння реакції	Спостереження	Висновки

## Заняття № 7

**Тема:** Термопластичні полімери.

**Мета:** Сформувати в учнів поняття про термопластичні полімери; визначити властивості та сфери застосування термопластів.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план:

1. Показати, що пластмасами називають матеріали, які виготовляють на основі органічних високомолекулярних сполук, що здатні до формування в певних умовах, внаслідок їх пластичності.

Високомолекулярні сполуки, з яких виготовляють пластмаси частіше називають смолами. Пластмаси іноді складаються тільки із смоли, тобто тільки з самої високомолекулярної сполуки. Однак найчастіше склад пластмас набагато складніший. До складу пластмас входять:

- в'язуча речовина – смола, що є основою пластмаси;
- наповнювачі – деревне борошно, тканини, азбест та ін., які використовуються для збільшення механічної стійкості пластмас та зменшення витрати полімеру;
- пластифікатори – деякі органічні рідини, які надають матеріалові більшу пластичність та знижують крихкість;
- барвники – додають матеріалові потрібний колір та ін.

Пластичність – це властивість тіл змінювати форму під дією зовнішньої сили, а потім зберігати надбану форму після припинення дії сили.

2. Враховуючи те, що пластичність матеріалу проявляється при певних умовах, тому необхідно знати відношення смол до нагрівання. По цьому признаку вони поділяються на дві групи:

- а) термопластичні;
- б) термореактивні.

Термопластичні смоли при нагріванні розм'якшуються, стають пластичними, при охолодженні вони знову твердішають, при цьому зберігають свої властивості. Такі смоли можна використовувати для виробництва неодноразово, шляхом підігрівання до пластичного стану, подальшого формування та охолодження. До термопластичних смол належать полімери з лінійною структурою молекул.

3. Надати характеристику найбільш типовим представникам термопластичних полімерів за схемою:

- мономер;
- макромолекула;
- будова;
- властивості;
- загальні методи синтезу;
- застосування.

Поліетилен

Поліетилен – твердий, білого кольору, трохи жирний на дотик матеріал, по зовнішньому вигляду нагадує парафін. Він легший за воду (густина 0,92-0,95 г/см<sup>3</sup>).

Мономер: етилен  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

Макромолекула:  $\text{R}-\left[\text{CH}_2-\text{CH}_2\right]_n-\text{R}^1$

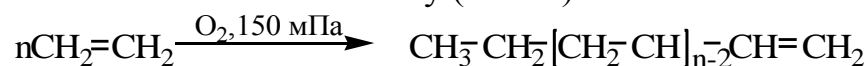
Поліетилен – полімер стереорегулярної будови. Має високі фізико-механічні та діелектричні показники. Температура розм'якшення приблизно 110 °С. Поліетилен стійкий до дії кислот, основ, окисників, розчинників і світла, але при температурі вище 70 °С набухає і розчиняється в тетрахлорокарбоні, толуені, ксилені. При охолодженні полімер випадає з розчину. Кисень викликає старіння поліетилену.

Поліетилен знайшов дуже широкий діапазон використання:

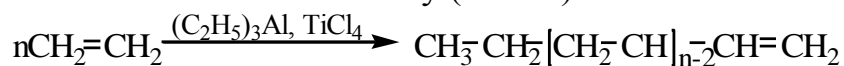
- у побуті (тара, пакувальна плівка, посуд);
- в радіотехніці (електроізоляційний матеріал, антикорозійне покриття);
- в хімічній промисловості (з нього виготовляють ємності для зберігання агресивних середовищ). Порошкоподібний поліетилен використовують для одержання покриттів методом напилювання.

Схеми синтезу поліетилену

Поліетилен високого тиску (ПЕВТ)

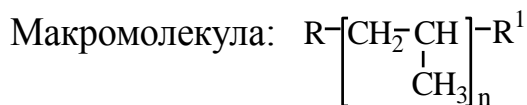


Поліетилен низького тиску (ПЕНТ)



Поліпропілен

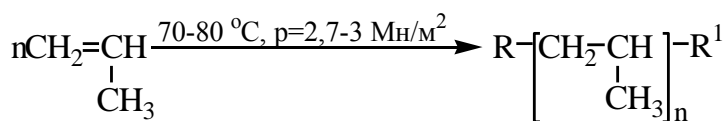
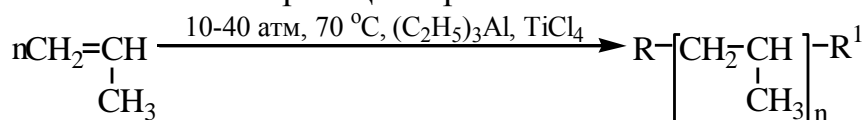
Мономер: пропілен  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$



Поліпропілен може бути ізотактичної, синдіотактичної та атактичної будови, але завжди має лінійну будову. Поліпропілен має високі фізико-механічні та діелектричні властивості.  $T_{\text{пл.}} = 160-170^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{склув.}}$  від  $-10$  до  $-20^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 0,92 \text{ г/см}^3$ . Твердий, прозорий або молочно-білий, стійкий до дії кислот, основ, розчинів солей, органічних розчинників. При підвищенні температури набухає і розчиняється в бензені, тетрахлоорокарбоні.

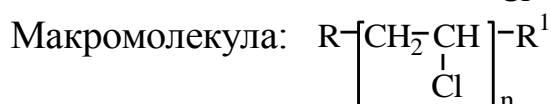
Основна сфера застосування поліпропілену – виробництво волокон, як текстильних, так і технічних. Волокно з поліпропілену по міцності перевищує всі відомі природні і синтетичні волокна. Поліпропілен використовується для виробництва пакувальної плівки, посуду, еластичної та високостійкої ізоляції труб, деталей холодильників та радіоприймачів.

Поліпропілен одержують полімеризацією в розчиннику, при тиску 10-40 атм,  $t = 70^\circ\text{C}$  на каталізаторах Циглера-Натта.



Полівінілхлорид (ПВХ)

Мономер: вінілхлорид  $\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$

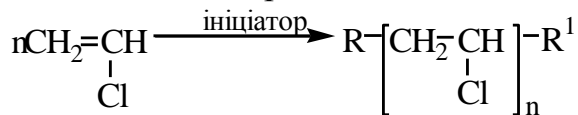


Вінілхлорид за нормальних умов – безбарвний газ, що кипить при  $-13,9^\circ\text{C}$  і замерзає при  $-160^\circ\text{C}$ . При тиску 0,1-0,2 мПа і  $20^\circ\text{C}$  зберігається в рідкому стані. Основний спосіб одержання цього мономеру – піроліз дихлоретану та взаємодія ацетилену з гідроген хлоридом. Одержаний вінілхлорид необхідно ретельно очищати від ацетилену, гідроген хлориду та інших домішок, бо процес його полімеризації винятково до них чутливий. Мономер має містити не менш ніж 99,9% основної речовини.

ПВХ – термопластичний полімер зі ступенем кристалічності до 10 % та молярною масою від 30000 до 150000 г/моль.  $T_{\text{склув.}} 78-150^\circ\text{C}$ .

За масштабами виробництва полівінілхлорид посідає друге місце після поліолефінів. ПВХ – найдешевший термопласт. Полівінілхлорид не розчиняється в мономері і випадає твердою фазою на самому початку полімеризації, також нерозчинний у воді, спиртах, ненасичених вуглеводнях. Стійкий до дії кислот і основ при  $20^\circ\text{C}$ .

Одержують ПВХ переважно суспензійним та емульсійним способами під дією радикальних ініціаторів.



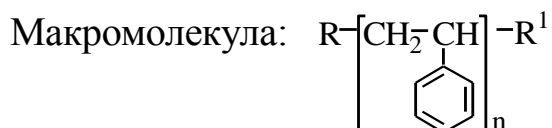
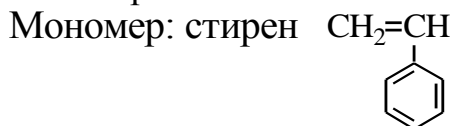
Висока температура склування робить ПВХ жорстким у звичайних умовах. Для збільшення його еластичності та морозостійкості до нього додають пластифікатори.

Пластифікований ПВХ – пластикат – йде на виробництво кабельної ізоляції (кабельний пластикат), плащів, шпалер, які можна мити, лінолеуму, клейонки, штучної шкіри.

Жорсткий ПВХ, що не містить пластифікатор, має назву вініпласт. Це жорсткий матеріал, який випускається у вигляді листів, плівок, труб та виробів складного профілю. Виготовляються ці вироби методом екструзії – виштовхуванням під тиском розплавленої маси полімеру крізь профільований отвір.

У промисловості випускають також кополімери вінілхлориду. Кополімери з вініліденхлоридом, в яких частка вініліденхлориду може становити від 5 до 95 %. З них виробляють філь'ери для формування віскозного волокна, медичні інструменти, корпуси електричних батарей та акумуляторів, антикорозійні обкладинки. Кополімери з вінілацетатом містять від 3 до 20 % вінілацетату. Кополімер з мольним співвідношенням мономерів 87:13 під назвою вініліт використовують для створення морозостійких покриттів, ізоляційної стрічки, відеодисків та хімічного волокна.

Полістирен



Технічний полістирен має молярну масу 70000-200000 г/моль, одержані полімери з молярною масою близько 6000000 г/моль.

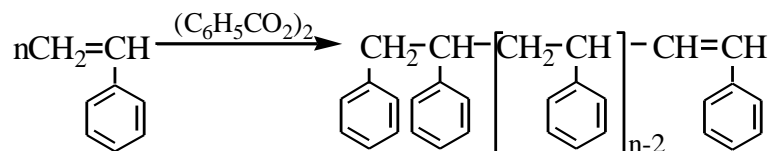
Стирен утворює кополімери з малеїновим ангідридом, метилметакрилатом, бутадієном.

Полістирен має стереорегулярну, лінійну будову, густина 1,05-1,07 г/см<sup>3</sup>,  $T_{\text{склув.}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ізотактичний полімер кристалізується, має  $T_{\text{пл.}} = 240 \text{ }^\circ\text{C}$ , підвищену густину 1,1 г/см<sup>3</sup>, і значно вищі фізико-механічні показники, ніж звичайний. Може бути без кольору або жовтуватий. Полістирен розчиняється в аренах, кетонах, естерах, альдегідах та етерах, нерозчинний в спиртах, воді, кислотах, основах.

Полістирен використовують для виготовлення посуду для мінеральних кислот, акумуляторних баків і труб. Його застосовують для виготовлення деталей в електротехніці, а також як матеріал, що витримує не лише дію струмів високої частоти, але й дію ультракоротких хвиль, і тому є незамінним у радіаторах. З полістирену виготовляють багато предметів побутового призначення.

Стирен здатний полімеризуватися за будь-яким механізмом полімеризації, але в промисловості полімер одержують тільки радикальною полімеризацією в блоці, емульсії та суспензії.



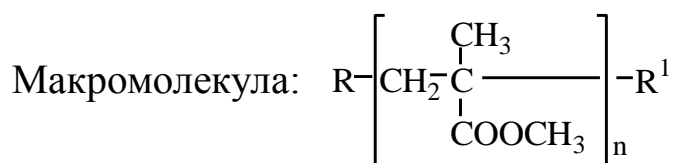
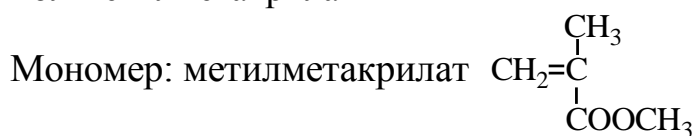


Полімеризацією в блоці одержують полістирен високого ступеня чистоти. Для цього процес проводять при нагріванні за відсутності ініціатора. Такий полістирен використовують як діелектрик для високочастотної техніки, а також як органічне скло.

Пінополістирен можна одержати за допомогою двостадійної блочно-суспензійної полімеризації стирену. Пінополістирен має структуру застиглої піни, і головним показником оцінки цієї структури є уявна густина, що відповідає співвідношенню твердої і газуватої фаз. Значна кількість цього пластику застосовується як теплоізолятор у судно-, вагоно- та авіабудуванні. Пінополістирен міститься в стінках усіх побутових холодильників, у нього пакують усю теле-, радіо- та відеоапаратуру.

Ударотривкий полістирен належить до прищеплених кополімерів. Це багатокомпонентний гетерогенний матеріал, що складається із жорсткої полімерної матриці з високою температурою склування, дискретної каучукової фази з низькотемпературним склуванням та прищепленого до каучуку полістирену. З ударотривкого полістирену литтям під тиском та формуванням виготовляють корпуси теле-, радіоапаратури та комп'ютерів, а також деталі внутрішнього облицювання холодильників і контейнерів для зберігання продуктів.

Поліметилметакрилат



Поліметилметакрилат – аморфний полімер,  $T_{\text{склув.}} = 115 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $T_{\text{тек.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ , густина  $1,19 \text{ г/см}^3$ , коефіцієнт заломлення  $n_{20}^D = 1,492$ . Він пропускає до 99 % сонячного світла, при цьому УФ-променів – до 75%, а силікатне скло тільки 0,6 % останніх. Поліметилметакрилат добре розчиняється в метилметакрилаті, ацетоні, дихлороетані, бензені, оцтовій кислоті. Дещо змінює властивості під дією  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц),  $\text{HNO}_3$ (конц). Нерозчинний у воді, основах, водних розчинах мінеральних кислот, бензині та оліях. Має добру атмосферостійкість.

Поліметилметакрилат чи органічне скло, чи плексиглас використовують в авіаційній промисловості, в медицині, в сільському господарстві. Поліметилметакрилатні емульсії застосовують в легкій промисловості, як довговічні, світлостійкі та непахучі лакофарбні покриття. З нього виробляють збільшувальні лінзи, які не б'ються, циферблати та запобіжні скельця для годинників, багато предметів побутового призначення – вази, шкатулки, письмові приладдя, лінійки тощо.

## Заняття № 8

**Тема:** Терморективні полімери.

**Мета:** Сформувані поняття учнів про терморективні полімерні матеріали; визначити властивості та сфери застосування терморектопластів.

## Організаційна форма навчання: лекція.

### Розширений план:

1. Нагадати учням, що пластмасами називають матеріали, які виготовляють на основі органічних високомолекулярних сполук, що здатні до формування в певних умовах, внаслідок їх пластичності.

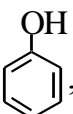
Враховуючи те, що пластичність матеріалу проявляється при певних умовах, тому необхідно знати відношення смол до нагрівання. По цьому признаку вони поділяються на дві групи: а) термопластичні; б) термореактивні.

2. Термореактивні смоли, на відміну від термопластичних полімерів, при нагріванні втрачають пластичність, вони стають неплавкими та нерозчинними. Це пояснюється тим, що при нагріванні відбувається хімічна реакція утворення просторової структури з лінійних молекул.

До найбільш типових представників термореактивних полімерів належать:

Фенолоформальдегідні смоли

Фенолоформальдегідні пластмаси виробляються промисловістю в найбільшій кількості. Основою їх складу є фенолформальдегідна смола. Ця високомолекулярна сполука одержується поліконденсацією фенолу з формальдегідом. Реакція відбувається при нагріванні в присутності каталізатора – кислоти або лугу. Така смола є термореактивною: при нагріванні вона поступово твердішає, стає неплавною та нерозчинною, завдяки наявності групи  $-CH_2OH$  відбувається “зшивання” лінійних молекул та утворення просторової структури.

Мономери: фенол , формальдегід  $H-CH=O$

Макромолекула:  $R \left[ \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{CH}_2 \right]_n R^1$

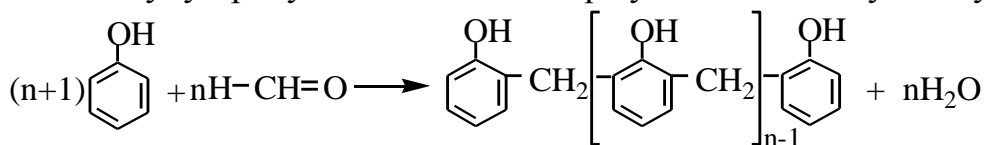
Полімери фенолоформальдегідних смол – новолаци, резолі, резити. Новолаци мають лінійну будову, а резолі – розгалужену і резити – сітчасту.

Фенолоформальдегідні смоли бувають двох типів: незатверділі та затверділі.

Незатверділі смоли: молярна маса 400000-1000000 г/моль, густина 1,14-1,22 г/см<sup>3</sup>. Розчиняються в фенолах, розчинах лугів та органічних розчинниках. Вступають в реакцію естерифікації, алкілування, галогенування, окиснення, які протікають лише у випадку невисокого ступеня полімеризації фенолоформальдегідних смол.

Затверділі смоли розкладаються при температурі 300 °С.

Одержують фенолоформальдегідні смоли поліконденсацією фенолу і формальдегіду: у присутності кислот одержують новолачну смолу



У лужному середовищі одержують резол.

Фенолоформальдегідні смоли використовуються для одержання широкого асортименту виробів. Ці вироби володіють теплостійкістю, водостійкістю,

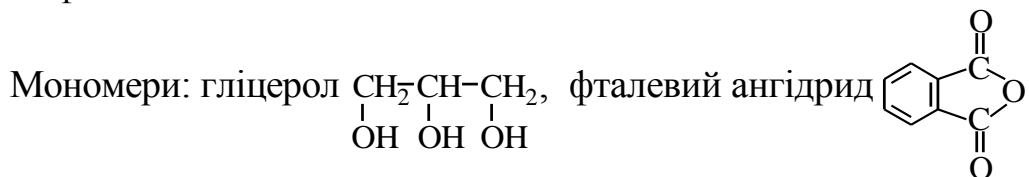
механічною стійкістю та дуже добрими електроізоляційними властивостями. Змішуючи подрібнену смолу з деревним борошном, в якості наповнювача та деякими іншими сполуками, одержують так звані прес-порошки, з яких виробляють електричні вимикачі, патрони, штепсельні розетки та вилки, деталі для радіоприймачів, телевізорів, для автомобілів, літаків та багато іншого.

Фенолоформальдегідні вироби легко впізнати по їхньому чорному або коричневому кольору, вони не плавляться та не горять поза полум'ям.

Використовуючи інші наповнювачі одержують:

- волокніти (наповнювачі – волокнисті матеріали: хлопок, лінтер);
- текстоліти (наповнювачі – бововнянопаперові тканини, азбест);
- деревношаруваті пластики (шпон – тонкі листи деревини).

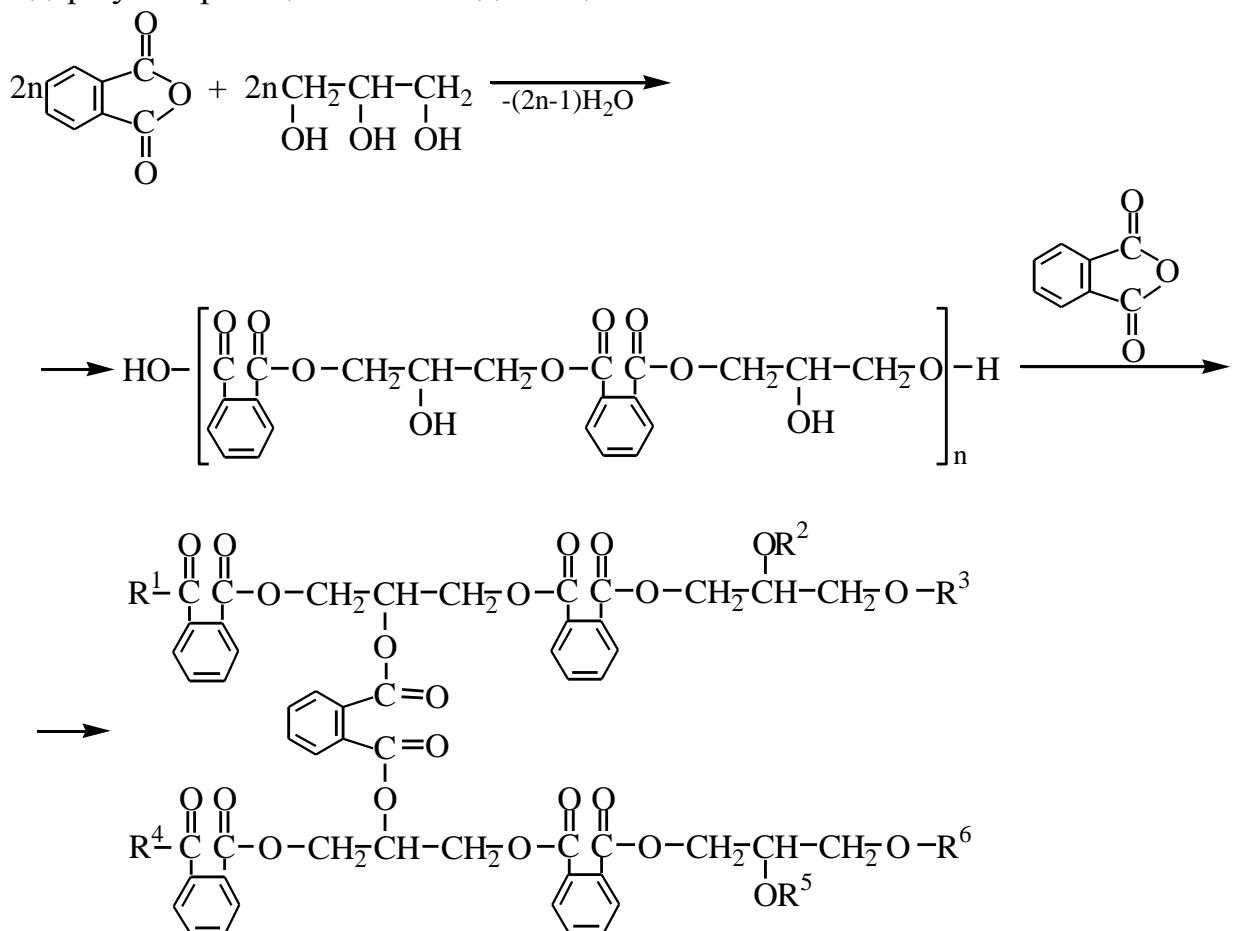
Гліфталеві смоли



Молярна маса 600000-700000 г/моль. Мають розгалужену стереорегулярну будову. Утворюють ламкі плівки.  $T_{\text{склув.}} = 81^\circ\text{C}$ . Розчинні в кетонах, спиртах, деяких естерах; не розчиняються в ароматичних вуглеводнях. Розкладаються при температурі  $280^\circ\text{C}$ .

Використовуються для виготовлення електроізоляції, лаків, клеїв, емалей (емаль АА-701 витримує нагрівання до  $300^\circ\text{C}$ ), ґрунтовок.

Одержують реакцією поліконденсації:



## Заняття № 9

**Тема:** Каучуки та гуми.

**Мета:** Сформувати у учнів поняття про природний та синтетичний каучуки; визначити властивості та сфери застосування каучуків та гум.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план:

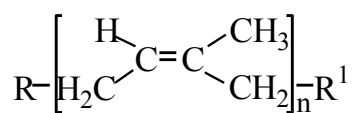
1. До окремої групи високомолекулярних сполук, а саме групи еластомерів відносяться каучуки та гуми. Головна властивість каучуків – це їх висока еластичність, тобто здатність змінювати свою форму під впливом механічної дії та швидко повертатися до вихідного стану після припинення цієї дії. Еластичність каучуку обумовлена його будовою.

Для каучуків характерні водо- і газостійкість. Головний недолік – слабка жаростійкість та морозовитривалість. Каучуки недостатньо стійкі до реакційних середовищ.

### 2. Натуральний каучук

Продукт рослинного походження, який міститься в латексі деяких видів рослин – каучуконосів.

Натуральний каучук має будову поліізопрену

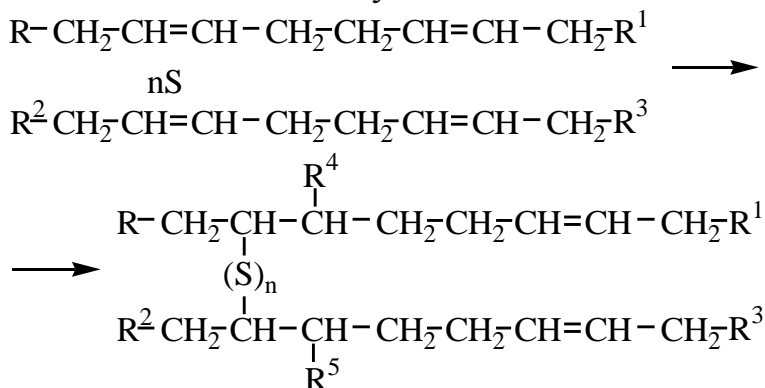


цис-1,4-поліізопрен

Надати історичну довідку про завезення природного каучуку до Європи Х. Колумбом, про використання каучуку у східній Азії в XVI ст., де він слугував клеєм для відловлювання птахів. Цікаво, що сік добутий з дерев далекої Бразилії, з фікусів Південного Китаю та нашої української кульбаби за складом практично однаковий. Він зветься латексом і містить 30-40 % каучуку у вигляді емульсії його мікроскопічних частинок діаметром близько 0,001 мм у воді. Коагуляцією латексу одержують каучук.

3. Розкрити процес вулканізації, дати визначення. Вулканізація – на честь римського бога вогню Вулкана, в якого жар та сірка були постійними атрибутами. Пріоритет відкриття вулканізації належить Ч. Гудьєру.

Процес вулканізації полягає в тому, що лінійні макромолекули каучуку за рахунок подвійних зв'язків у їх ланцюгах зшиваються сіркою в просторову сітку:



Відкриття процесу вулканізації започаткувало розвиток гумової промисловості.

Натуральний каучук стійкий до дії води. Розчиняється і толуені, ксилені, циклогексані, бензині, тетрахлоорокарбоні, хлороформі, сульфідній кислоті, менше в естерах, вищих кетонах.

Натуральний каучук має високу реакційну здатність: взаємодіє з киснем, галогенами, воднем, малеїновим ангідридом, тіокислотами і меркаптанами.

Застосовується у виробництві гумових виробів, автомобільних шин. Використовується в кабельній промисловості, для виготовлення ебонітів, клеїв, губчатої гуми, значна частина використовується у вигляді латексу.

Природний каучук не може забезпечити сучасну світову потребу в ньому. Тому щороку виробляється ще 10 млн. т синтетичного каучуку.

#### 4. Синтетичні каучуки

Основними представниками синтетичних канчуків є:

- бутадієнові каучуки;
- бутадієн-стиренові каучуки;
- бутадієн-нітрильні каучуки;

Бутадієнові каучуки

Мономер: бутадієн  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

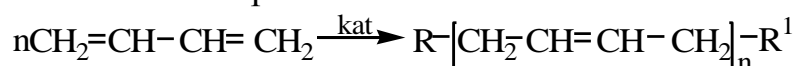
Макромолекула:  $\text{R}-\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{CH}=\text{CH} \end{array} \right]_n-\text{R}^1$

Молярна маса 53000-600000 г/моль в залежності від способу одержання. Бутадієнові каучуки бувають як стереорегулярні так і нестереорегулярні. Густина  $0,9 \text{ г/см}^3$ ,  $T_{\text{склув.}} = -90 \div -105 \text{ }^\circ\text{C}$ , притаманна висока гнучкість, розкладається при температурі  $360 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Творцем синтетичного каучуку справедливо вважають російського вченого Сергія Васильовича Лебедева (1874-1934). С.В. Лебедев є автором першої у світі технології промислового виробництва синтетичного каучуку. Велике значення для виробництва мало і те, що вихідний бутадієн за технологією Лебедева одержували тоді з доступної сировини – етилового спирту (ще за дореволюційних років у Росії працювали сотні спиртових заводів, головним чином на території сучасної України).

Застосовують з бутадієн-стиреном та ізопреном для виготовлення протекторних шинних виробів, транспортних стрічок, подошов взуття, ізоляційних кабелів, морозостійких гумових виробів.

Бутадієновий каучук одержують полімеризацією бутадієну в толуені чи бензені на різних каталізаторах

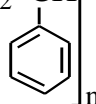


Бутадієн-стиренові каучуки (БСК)

Мономери: бутадієн  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  та стирен  $\text{CH}_2=\text{CH}$



Макромолекула:  $\text{R}-\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH} \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n-\text{R}^1$



Молярна маса 150000-400000 г/моль. В бутадієн-стиреновому каучуку стирен розміщений нерегулярно. Аморфний полімер, не здатний кристалізуватися. Стійкий до дії води, розведених і концентрованих кислот, кетонів, газонепроникний. Розчинний в ароматичних і аліфатичних вуглеводнях.

При нагріванні до температури 160-180 °С в аренах, в присутності BF<sub>3</sub> бутадієн-стиреновий каучук ізомеризується.

При нагріванні до температури 180 °С з концентрованою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> впродовж декількох годин – циклізується, при хлоруванні виділяється гідроген хлорид, при дії гідроген хлориду під тиском і при температурі 70-100 °С відбувається деструкція. Нагрівання, дія кисню, озону і світла викликають глибокі структурні зміни.

Бутадієн-стиреновий каучук використовується для виготовлення шин, транспортних стрічок, формованих і неформованих гумових виробів, кабелів, виробів, які експлуатують при низьких температурах, закисних гум стійких до дії γ-опромінювання.

Кополімеризацію бутадієну зі стиреном проводять у водній емульсії у присутності редоксисистем – дигідрогенпероксид-Fe<sup>2+</sup>. Регулятором молекулярної маси є трет-додецилмеркаптан. Синтез БСК – безперервний процес, що складається з таких стадій:

- 1) створення емульсії бутадієн-стирен-вода у співвідношенні 70:30:200;
- 2) створення розчинів ініціатора, регулятора та інгібітору полімеризації;
- 3) полімеризація (10-11 годин) до глибини 60% (при більшій конверсії властивості СКС погіршуються), яка переривається добавкою інгібітору;
- 4) відгонка мономерів, що не прореагували;
- 5) коагуляція та висушування каучуку.

Вулканізують БСК сіркою в межах 145-180 °С або пероксидами в межах 180-200 °С. В останньому випадку використовують пероксид кумену.

Бутадієн-нітрильні каучуки

Мономери: бутадієн CH<sub>2</sub>=CH-CH=CH<sub>2</sub> та акрилонітрил CH<sub>2</sub>=CH  
 $\begin{array}{c} | \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array}$

Макромолекула: R- $\left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\begin{array}{c} | \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array}}{\text{CH}} \right]_n-\text{R}^1$

Молярна маса при транс-конфігурації бутадієну становить 200000-300000 г/моль. Каучук має лінійну будову. Властивості залежать від кількості зв'язаного акрилонітрилу.

T<sub>склув.</sub> = -55÷-32 °С, густина 0,943-0,986г/см<sup>3</sup>, аморфний полімер не здатний кристалізуватися. Бутадієн-нітрильний каучук розчинний в ацетоні. Має погані діелектричні властивості та високу ступінь водопоглинення. Стійкий до дії окисників, ароматичних та аліфатичних вуглеводнів, металів зі змінною валентністю.

При нагріванні до температури більше 150 °С – твердне, а більше 430 °С розкладається з виділенням HCN – цианідної кислоти. Не стійкий до дії озону і світла.

Використовують для виготовлення різноманітних шлангів, транспортерів, у автомобільній, поліграфічній, авіаційній, нафтовій промисловості. На його основі виготовляють електропровідні гуми, пластифікатори термореактивних і термопластичних полімерів, на основі яких виробляють ударостійкі матеріали.

Кополімеризацію бутадієну і акрилонітрилу проводять у водній емульсії під дією ініціатора ( $K_2S_2O_8$ ) при температурі  $5\text{ }^\circ\text{C}$  або  $30\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Заняття № 10

**Тема:** Синтетичні волокна.

**Мета:** Сформувати у учнів поняття про природні та хімічні волокна; визначити властивості та сфери застосування волокон.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план:

1. Дати класифікацію волокон, показати, що усі волокна, які використовують для виготовлення тканин поділяються на дві групи: волокна природні та волокна хімічні.

ВОЛОКНА			
Природні		Хімічні	
Рослинного походження	Тваринного походження	Штучні	Синтетичні
Бавовняне, льняне та ін.	Вовняне, шовкове	Віскозне, мідноаміачне, ацетатне	Хлорин, нітрон, лавсан, капрон, енант

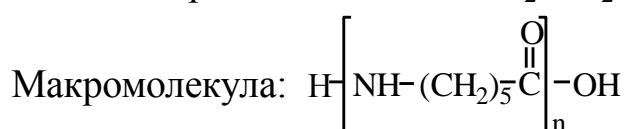
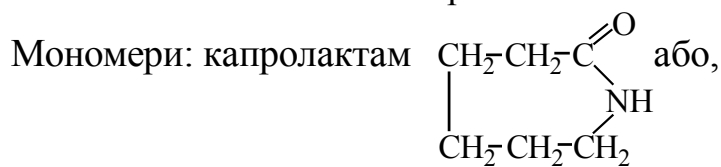
Першу групу складають волокна, які одержані безпосередньо з природних волокнистих матеріалів – бавовни, льону, вовни, шовку.

Друга група – хімічні волокна одержують хімічними методами. Штучні волокна – хімічною обробкою природних високомолекулярних сполук (клітковини або целюлози), наприклад віскозне і ацетатне волокна. Синтетичні волокна одержують із синтетичних високомолекулярних сполук.

2. Дати характеристику найбільш розповсюдженим окремим представникам волокон (за наведеною вище, заняття №7, схемою).

Полікапроамід (капрон, поліамід 6)

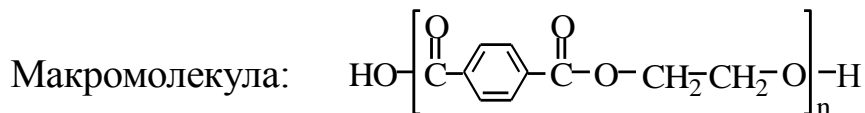
Із синтетичних волокон капронове волокно є найбільш поширеним.



Молярна маса 15000-30000 г/моль. Полімер лінійної, стереорегулярної будови. Густина  $1,14\text{ г/см}^3$ .  $T_{\text{пл}} = 225\text{ }^\circ\text{C}$ , низько гігроскопічний, має підвищену наелектризованість. Широке застосування знаходить капронове волокно в легкій промисловості. Капрон також використовують для виготовлення парашутних тканин, канатів, риболовецьких знарядь. Зі зміцненого капрону роблять кордну тканину, яку використовують, як каркас авто- і авіапокришок. Капронова смола застосовується, як пластмаса для виробництва деталей машин і механізмів.





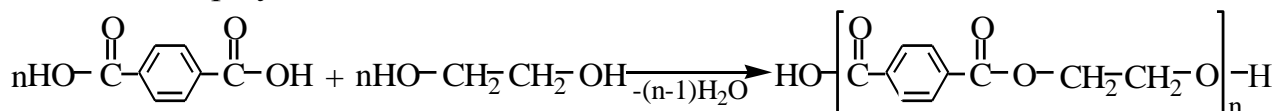


Полімери: лавсан С – з додаванням адипінової кислоти;  
вікрон, ізотесіл – 10 % ізофталевої кислоти;  
дакрон 64 – 1-2 % сульфоізофталевої кислоти.

Стійкий до дії світла, кислот, окисників, відновників. Малостійкий до дії гарячих і концентрованих розчинів основ.

Застосовується в легкій промисловості, радіотехніці, електротехніці, машинобудуванні, медицині для протезування судин в клінічній практиці.

Лавсан одержують поліконденсацією:



3. Розкрити перевагу і значення синтетичних волокон.

У зв'язку з постійним розвитком промисловості і техніки зростає потреба в волокнах та волокнистих матеріалах на їх основі.

Переваги хімічних волокон:

- одержання хімічних волокон виявляється значно продуктивним і економічним;
- виробництво синтетичних волокон не залежить від природних умов;
- якість синтетичних волокон в багатьох випадках краща, ніж природних;
- міцність – синтетичні волокна, набагато міцніші за природні.

## Заняття № 11

**Тема:** Переробка пластичних мас.

**Мета:** Сформувати у учнів поняття про основні методи переробки пластичних мас.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план:

1. Показати, що у широкому розумінні переробку полімерів можна розглядати, як окрему інженерну спеціалізацію, яка займається перетворенням вихідних полімерних матеріалів в потрібні кінцеві вироби. Більшість методів, які застосовуються в теперішній час в технології переробки полімерів, є модифікованими аналогами методів, що використовуються в керамічній та металообробній промисловості.

Полімери в чистому вигляді, які одержані в процесі синтезу після їх виділення та очищення називаються “первинними” полімерами або “первинними” смолами. Первинні полімери зазвичай не придатні для прямої переробки і потребують додаткової обробки.

Процес, який включає в себе введення інгредієнтів: пластифікаторів, вулканізуючих агентів, отверджувачів, стабілізаторів, наповнювачів, барвників, полум'ягасників, в первинний полімер, має назву компаундування.

2. Відмітити, що для переробки пластичних і еластомерних матеріалів в промислові вироби використовують:

- каландрування;
- відливання;
- пряме пресування;
- лиття під тиском;
- екструзія;
- пневмоформування;
- холодне формування;
- спінення;
- армування.

Для виробництва волокон з волокно-утворюючих матеріалів використовують:

- формування з розплаву;
- сухе прядіння;
- мокре прядіння.

### 3. Розглянути основні методи переробки

#### *Каландрування*

Процес каландрування звичайно застосовують для виробництва безупинних плівок і листків. При використанні в каландровочній машині профільованих валиків можна одержувати тиснені листи різних малюнків.

#### *Виливка плівок*

Метод виливки використовують також для виробництва полімерних плівок. У цьому випадку розчин полімеру відповідної концентрації поступово виливають на металевий пояс, що рухається з постійною швидкістю на поверхні якого і відбувається утворення безупинного шару полімерного розчину. При випаровуванні розчинника в контрольованому режимі на поверхні металевого пояса відбувається утворення тонкої полімерної плівки. Після цього плівка знімається простим відшаровуванням. Цим способом одержують більшість промислових целофанових листів і фотографічних плівок.

#### *Пряме пресування*

Метод прямого пресування широко використовується для виробництва виробів з термореактивних матеріалів.

#### *Лиття під тиском*

Найбільше зручним процесом для виробництва виробів з термопластичних полімерів є процес лиття під тиском. Незважаючи на те що вартість устаткування в цьому процесі досить висока, його безсумнівним достоїнством є висока продуктивність. У цьому процесі дозована кількість розплавленого термопластичного полімеру уприскується під тиском у порівняно холодну прес-форму, де і відбувається його затвердіння у вигляді кінцевого продукту.

#### *Екструзія*

Екструзія є одним з найдешевших методів виробництва широко розповсюджених пластичних виробів, таких, як плівки, волокна, труби, листи, стрижні, шланги і ремені, причому профіль цих виробів задається формою вихлопного отвору голівки екструдера. Розплавлений пластик за певних умов видавлюють через вихідний отвір голівки екструдера, що і додає бажаний профіль виробу.

Матеріал необхідного профілю виходить з екструдера в сильно нагрітому стані (його температура складає від 125 до 350 °С), і для збереження форми потрібно його

швидке охолодження. Екструдат надходить на конвеєрну стрічку, що проходить через чан з холодною водою, і твердішає. Для охолодження екструдата також застосовують обдування холодним повітрям і зрошення холодною водою. Сформований продукт надалі чи розрізається, чи змотується в котушки.

#### *Формування листових термопластів*

Формування листових термопластів є надзвичайно важливим процесом для виробництва тривимірних виробів із пластиків. Цим методом з листків поліакрилонітрилбутадиенстирену одержують навіть такі великі вироби, як корпуса підводних човнів.

#### *Спінення*

Спінення є простим методом одержання піно- і губкоподібних матеріалів. Особливі властивості цього класу матеріалів – здатність до амортизації, легка вага, низька теплопровідність – роблять їх дуже привабливими для використання в різних цілях. Звичайними полімерами, що спінюються, є поліуретани, полістирен, поліетилен, поліпропілен, силікони, полівінілхлорид та ін. Спінена структура складається з ізольованих (закритих) чи взаємопроникливих (відкритих) порожнин.

#### *Армування*

При армуванні пластичної матриці високоміцним волокном одержують системи, названі “армовані волокном пластики” (АВП). АВП мають дуже цінні властивості: їх відрізняє відносно висока міцність до ваги, значна корозійна стійкість і простота виготовлення. Методом армування волокнами вдається одержувати широке коло виробів.

Гарний зовнішній вигляд, невелика вага і корозійна стійкість дозволяють використовувати АВП для обшивання морських судів. Крім того, АВП використовують навіть як матеріал для танків, у яких зберігають кислоти.

#### *Метод намотування волокна*

Цей метод дуже широко використовується для виробництва таких армованих пластичних виробів, як циліндри, що витримують високі тиски, цистерни для збереження хімічних речовин і корпуса моторів ракет. Він полягає в тому, що безупинну монопітку, волокно, пучок волокон чи тканину стрічку пропускають через ванну зі смолою й отверджувачем. По виходу волокна з ванни надлишок смоли віджимається. Просочені смолою волокна чи стрічки потім намотують на сердечник необхідної форми й дають загустіти під дією температури.

#### *Прядіння волокон*

Полімерні волокна одержують у процесі, що називається прядінням. Існують три принципово різних методи прядіння:

- прядіння з розплаву;
- сухе і мокре прядіння.

У процесі прядіння з розплаву полімер знаходиться в розплавленому стані, а в інших випадках – у вигляді розчинів. Однак, у всіх цих випадках полімер, у розплавленому чи розчиненому стані, протикається через багатоканальний мундштук, що представляє собою пластину з дуже дрібними отворами для виходу волокон.

#### *Прядіння з розплаву*

У своїй найпростішій формі процес прядіння з розплаву може бути представлений у такий спосіб. Спочатку полімерні лусочки розплавляють на нагрітих ґратах,

перетворюючи полімер у грузлу рухливу рідину. Розплав полімеру проходить через систему дрібних отворів мундштука і виходить відтіля у вигляді безупинних і дуже тонких монониток. При контакті з холодним повітрям відбувається миттєве затвердіння волокон, що виходять з філь'єр. Процеси охолодження й затвердіння можуть бути значною мірою прискорені при обдуванні холодним повітрям. Вихідні з філь'єри тверді мононитки намотуються на котушки.

#### *Сухе прядіння*

Велика кількість таких традиційних полімерів, як ПВХ чи полиакрилонітрил, переробляють у волокна у великих масштабах у процесі сухого прядіння. Полімер розчиняють у відповідному розчиннику з утворенням висококонцентрованого розчину. В'язкість розчину регулюють збільшенням температури.

#### *Мокре прядіння*

При мокрому прядінні, як і при сухому, використовують дуже концентровані полімерні розчини, високу в'язкість яких вдається понизити підвищенням температури прядіння.

## **Заняття № 12**

**Тема:** Експерсія на виробництво.

**Мета:** Ознайомити учнів з основними етапами виробництва пластичних матеріалів.

**Організаційна форма навчання:** експерсія.

### **Завдання:**

1. Ознайомитися з основними джерелами одержання високомолекулярних сполук.

2. Ознайомитися з основними етапами виробництва полімерних матеріалів.

3. Ознайомити учнів з основними професіями виробництва.

Спорядження: зошити, олівці.

1. Попередня підготовка учнів до експерсії.

Зосередити увагу учнів на темі експерсії:

– роз'яснити учням мету і завдання експерсії;

– надати загальну характеристику хімічної суті на об'єкті;

– повторення учнями теоретичного матеріалу;

– оголосити організаційні моменти (повідомлення часу і місця збору, розподіл учнів за ланками);

– ознайомити учнів з планом експерсії;

– розподілити теми для повідомлень за матеріалами експерсії;

– повторити правила охорони праці.

2. Надання плану експерсії

– коротка характеристика виробництва, завдання виробництва;

– продукт виробництва, його значення в промисловості та побуті;

– характеристика сировини;

– хімічні реакції, що лежать в основі виробництва;

– стадії процесу виробництва, основне обладнання;

– науково-технічний прогрес у даній галузі.

3. Підведення підсумків експерсії

Систематизувати і закріпити знання учнів, які вони отримали під час екскурсії за двома етапами.

Перший етап – відповідь за планом про виробництво.

Другий етап – узагальнююча бесіда, аналіз фактичного матеріалу, пов'язання його з раніше вивченою інформацією, виявлення загальних ознак хімічного виробництва.

### Заняття № 13

**Тема:** Виготовлення матеріалів та виробів на основі високомолекулярних сполук.

**Мета:** Оволодіти методами та прийомами виготовлення різноманітних матеріалів та виробів на основі ВМС.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання:

1. Навчитися здійснювати склеювання термопластичних та термореактивних пластмас, а також зварювання термопластичних пластмас.
2. Оволодіти деякими методами одержання пінопластів, формування плівок та волокон.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Засвоїти способи переробки термопластичних та термореактивних полімерів у вироби.
2. Засвоїти способи формування волокон.
3. Розглянути прийоми механічної обробки пластмасових виробів.

#### Література:

1. Стrepихеев А.А., Деревицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 302-427.
2. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М: Просвещение, 1980. С – 57-65, 91-105.
3. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 187-246.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, хімічні стакани, металеві пластинки, скляні палички, сушильна шафа, лещата, зворотні повітряні холодильники, водяна баня, сечовина, розчин формаліну [ $w(\text{НСНО}) = 40\%$ ], шампунь, хлоридна кислота [ $w(\text{НС1}) = 20\%$ ], сульфатна кислота [ $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ], хлоробензен, бензен, хлороформ, ацетон, концентрована мурашина кислота, етиловий спирт, мило, синтетичні миючі засоби, шматочки поліетилену, кришки або порошок полістирену, шматочки целулоїду, шматочки поліхлорвінілу, шматочки бавовняної тканини, резорцинолоформальдегідна смола, сечовиноформальдегідна смола.

#### Хід роботи:

1. Одержання пінопластів
  - а) У великій пробірці розчинити сечовину масою 3 г в розчині формаліну [ $w(\text{НСНО}) = 40\%$ ] об'ємом 4 см<sup>3</sup>. В іншій пробірці змішати шампунь об'ємом

0,5 см<sup>3</sup> з 2 краплями хлоридної кислоти [ $w(\text{HCl}) = 20 \%$ ], додати розчин з першої пробірки, збовтати одержану суміш до утворення піни. Потім нагрівати пробірку слабким полум'ям газового пальника 3-5 хв. При цьому піна твердіє. Через 10 хв. обережно нагріти пробірку, дати їй охолонути, а потім розбити та дістати твердий білий пінопласт.

б) Сечовиноформальдегідну смолу, що була одержана раніше, масою 6 г розмішати в стакані з теплою водою об'ємом 1 см<sup>3</sup>. В другий стакан помістити піноутворювач (мило, синтетичний мийний засіб) масою 0,4 г, додати теплу воду об'ємом 20 см<sup>3</sup> і збовтати до утворення густої піни. Обережно злити надлишок води і додати поступово у піну карбамідний клей при легкому перемішуванні. До одержаної суміші додати по краплях розчин сульфатної кислоти [ $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20 \%$ ] об'ємом 1 см<sup>3</sup> для затвердіння маси. Якщо маса одержується дірчастою, її легко пресують. Після повного затвердіння її виймають з стакана і висушують у сушильній шафі.

## 2. Формування плівок

### а) Одержання поліетиленової плівки

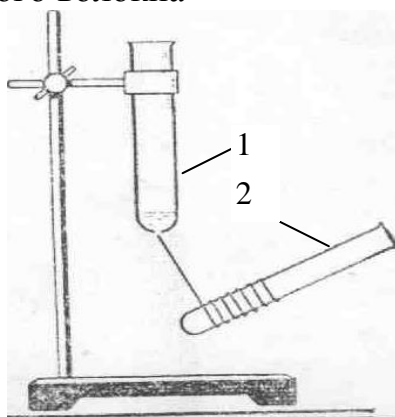
До 3-4 шматочків поліетилену у пробірці додати хлоробензен об'ємом 8-10 см<sup>3</sup> і нагрівати на водяній бані при температурі 70-80 °С. Вміст пробірки перемішувати паличкою. Через декілька хвилин одержується в'язкий розчин, який вилити на пластинку. Для прискорення випаровування розчинника пластинку з розчином тримати над гарячою водяною банею. Одержується тонка і прозора плівка.

### б) Одержання полістиренової плівки

До полістирену (кришка, краще порошок) масою 0,5 г прилити бензен об'ємом 10 см<sup>3</sup>, розмішати та залишити на 3-4 години. Після розчинення одержується в'язкий гомогенний розчин, який вилити на пластинку. Поверхню пластини попередньо змазати гліцеролом або вазеліном. Після випаровування розчинника одержується біла або прозора плівка.

## 3. Формування волокон

### а) Формування капронового волокна



**Рис. 2. Витягування капронової нитки:**

1 – пробірка з отвором; 2 – пробірка для намотування нитки.

У дні пробірки зробити отвір діаметром 3-4 мм і помістити в неї декілька шматочків капронової кришки (або смоли, яка була одержана в лабораторії). Пробірку закріпити у штативі на висоті 30-40 см і нагрівати до розплавлення капрону. Паличкою захопити краплю розплаву та нитку, що утворюється, витягнути

і намотувати на пробірку. Процес прядіння продовжувати до тих пір, поки смола не охолоне.

#### 4. Склеювання, зварювання та механічна обробка пластмасових виробів

##### а) Склеювання оргскла (метилметакрилату)

3 пластинки зняти жири органічним розчинником і зачистити поверхні наждачним папером. Тонким шаром нанести на них розчин оргскла в хлороформі [ $w(\text{оргскла}) = 2-4 \%$ ]. Залишити пластини на 1-2 хв. на повітрі. Потім пластини прикласти одну до одної, зажати в лещатах. Невеликі пластини склеюються на протязі 10-15 хв.

##### б) Склеювання полістирену

Склеювання полістирену здійснити аналогічно як і оргскло. Як розчинник використовувати бензен або толуен.

##### в) Склеювання капрону

Склеювання капрону здійснити аналогічно як і оргскло. Як розчинник використовувати концентровану мурашину кислоту.

##### г) Склеювання целулоїду

Склеювання целулоїду здійснити аналогічно як і оргскло. Як розчинник використовувати ацетон.

#### 5. Зварювання пластмасових виробів

##### а) Зварювання деталей з поліетилену і поліхлорвінілу

Шматки плівки накласти краями, потім на місце шва покласти смужку тонкого паперу і нагрітою скляною паличкою придавити папір до плівки на протязі 1-2 сек. Після зняття паперу отримується міцний шов. Якщо отримується нерівний шов, то цю операцію повторити знову.

##### б) Зварювання деталей з полістирену

Місця зварювання держати декілька хвилин над полум'ям пальника або доторкнутися кінцями деталей до нагрітої металевої пластини. Потім сполучити розплавлені кінці і дати їм охолонути. При цьому отримується міцний шов, нерівності на його поверхні прибрати напилком.

##### в) Зварювання деталей з капрону

Деталі з капрону внести на декілька секунд в полум'я пальника або держати деякий час над полум'ям. Коли місця нагрівання почнуть плавитися, деталі сполучити і дати їм охолонути.

#### 6. Формування виробів з фенолоформальдегідної смоли

##### а) Виготовлення шаруватих матеріалів – текстоліту

У колбу помістити подрібнену на порошок фенолоформальдегідну смолу масою 50-70 г і додати суміш етилового спирту з бенzenом (1:1) об'ємом 50 см<sup>3</sup>. Суміш в зачиненій колбі залишити при кімнатній температурі на 2-3 год., періодично струшуючи. Якщо смола повністю не розчинилася, то колбу обережно нагріти зі зворотним холодильником на водяній бані при температурі 50-60 °С до повного розчинення смоли. Після цього суміш охолодити до кімнатної температури. В одержаний лак опустити шматки бавовняної тканини. Потім вийняти їх та надлишок лаку прибрати скляною паличкою. Просочувану тканину підвісити у сушильній шафі і сушити на протязі години при 70-80 °С. Щоб одержати пластини завтовшки 1,5-1,8 мм, необхідно скласти 6-7 листків просочуваної тканини і

помістити між двома гладкими металевими пластинками, які попередньо нагріти до 160-180 °С і затиснути в лещатах на 30-40 хв., після їх вийняти і обрізати краї.

7. Одержання шаруватих пластиків на основі резорцинолоформальдегідної смоли  
Розчином резорцинолу в формаліні просочити шматочки фільтрувального паперу або бавовняної тканини та просушити 10-15 хв. на повітрі. Потім 8-10 таких шматочків, які складені один на другому, затиснути металевими пластинками в невеликих лещатах. Помістити лещата з матеріалом на 45 хв. в сушильну шафу при 100-120 °С.

8. Оформити звіт і здати учителю зразки виробів.

#### **Заняття № 14**

**Тема:** Методи дослідження складу та властивостей високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі.

**Мета:** Сформувати знання учнів про методи дослідження властивостей та складу високомолекулярних сполук та матеріалів на їх основі; ознайомити з основними етапами різних методів дослідження.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### **Розширений план:**

1. Пояснити учням, що для полімерів не існує систематичних схем аналізу. Тому при аналізі полімерів необхідно проводити орієнтовні реакції, які дозволяють вибирати шляхи дослідження. Головною метою цих досліджень є відкриття основних елементів, типу структури, функціональних груп, встановлення кислотного чи основного характеру досліджуваного полімеру та інших специфічних реакцій.

2. Звернути увагу учнів на те, що аналізувати полімерні матеріали можна за різними схемами:

Дослідження фізичних властивостей: зовнішній вигляд, колір, запах, прозорість, міцність.

Відношення до нагрівання: спостерігати як полімер змінює свою форму при нагріванні.

Відношення полімерів до дії органічних розчинників.

Дослідження діелектричних властивостей. Визначити проводить полімер електричний струм чи ні.

Крім того можна проводити для всіх полімерів (пластмас, волокон, каучуків) визначення температури плавлення або розм'якшення полімерів.

Дослідження хімічних властивостей пластмас:

а) горіння полімерного матеріалу, при цьому порівнюють колір полум'я та запах газоподібних продуктів, що виділяються в полум'ї газового пальника та поза його межами;

б) розклад полімерних матеріалів, з наступним дослідженням газоподібних продуктів розкладу;

в) відношення до дії кислот та лугів.

Для дослідження хімічних властивостей волокон можна запропонувати наступні досліді:



а) характер горіння волокон (досліджують характер горіння волокна в полум'ї газового пальника та поза його межами, запах продуктів, які утворилися, та досліджують залишки);

б) відношення до кислот та лугів;

в) відношення до органічних розчинників (відмічають розчинність);

г) кольорові реакції на волокна:

1) реакція віскозного шовку з концентрованою сульфатною кислотою (волокно змінює забарвлення на коричневе);

2) взаємодія віскозного і ацетатного волокон з калій перманганатом зі зміною забарвлення (темно-сірий і темно-коричневий, відповідно);

3) зміна забарвлення віскозного і натурального шовку при взаємодії з калій дихроматом, на жовтий у віскозного і без змін у натурального.

Дія мідно-амоніачного розчину на волокна. З'ясовують розчинність волокон.

Реакція на альдегідну групу целюлозних волокон.

При розпізнаванні каучуків бажано дослідити:

а) характер горіння каучуків (досліджують характер горіння полімеру в полум'ї газового пальника та поза його межами, запах продуктів, які утворилися, та досліджують залишки);

б) відношення до кислот та лугів;

в) відношення до органічних розчинників (відмічають розчинність);

г) відношення до бромної води (знебарвлюють чи ні).

3. Для розширення уявлень учнів про якісний аналіз полімерних матеріалів можна запропонувати проводити аналіз на виявлення елементарного складу мономерів та полімерів.

Якісні реакції мономерів.

Виявлення того чи іншого мономера відбувається після деструкції полімеру (пластмаси, волокна, каучуку). Газоподібні продукти деструкції збирають у пробірку чи поглинають дистильованою водою і визначають наявність окремих мономерів. Таким чином можна визначити присутність фенолу, резорцинолу, аніліну, різних альдегідів, карбонових кислот, спиртів, ненасичених сполук.

4. Надати інформацію, що дослідження ВМС можна проводити за допомогою таких фізико-хімічних методів як:

– інфрачервона спектроскопія (ІЧ-спектроскопія);

– диференціальний термічний аналіз;

– метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР-спектроскопія);

– піралітична газова хроматографія;

– рентгенографічний та електронографічний методи.

5. Звернути увагу учнів на те, що для повної ідентифікації полімеру необхідно встановити хімічний склад, належність до високомолекулярних сполук, молекулярну масу, види кінцевих і бічних груп, належність до типу лінійних, розгалужених чи тривимірних полімерів, ізомерію головного ланцюга.

Для ідентифікації полімери поділяють на сім груп, а потім ідентифікують кожен групу:

1 група – полімери розчинні у воді;

2 група – полімери, що містять галоген (якісна проба на галоген позитивна);

3 група – полімери, що містять нітроген (якісна реакція на нітроген позитивна);

4 група – полімери, одержані на основі фенолу (в продуктах деструкції присутній фенол);

5 група – полімери, що містять естерні групи (коефіцієнт омилення 100 мг/г чи якісна реакція на карбонові кислоти позитивна);

6 група – полімери типу етерів (в продуктах деструкції присутній альдегід чи якісна реакція Ліберман-Шторх-Моравського позитивна);

7 група – полімери на основі вуглеводнів.

6. Запропонувати учням загальну методика дослідження фізичних та хімічних властивостей для всіх полімерів:

I. Дослідження фізичних властивостей полімерів

1. Зовнішній вигляд та міцність полімерів.
2. Визначення температури плавлення або розм'якшення.
3. Відношення полімерів до нагрівання.
4. Дія розчинників.

II. Дослідження хімічних властивостей полімерів

1. Горіння полімерів в полум'ї газового пальника та за його межами.
2. Розклад ВМС і аналіз продуктів розкладу або гідролізу.
3. Специфічні реакції:
  - а) кольорові реакції на волокна;
  - б) дія мідно-амоніачного розчину на волокна;
  - в) відношення каучуків до бромної води.

6. Запропонувати скласти схеми напівсистематичного аналізу пластмас, волокон та каучуків.

## Заняття № 15

**Тема:** Дослідження складу та властивостей високомолекулярних сполук.

**Мета:** Сформувати вміння проводити якісний аналіз полімерів та матеріалів на їх основі.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Дослідити фізичні властивості полімерних матеріалів: пластмас, волокон, каучуків: а) зовнішній вигляд; б) відношення до нагрівання; в) дія розчинників; г) визначення температури плавлення.

2. Дослідити хімічні властивості полімерів: а) горіння; б) відношення до реакційних середовищ; г) специфічні реакції волокон і каучуків.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути властивості термопластичних пластмас: фізичні, хімічні.
2. Розглянути властивості термореактивних пластмас: фізичні, хімічні.
3. Розглянути властивості волокон.
4. Розглянути властивості каучуків.
5. Опанувати найпростіші прийоми розпізнавання полімерів.

### Література:

1. Алексєєв В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – С. 268-275.
2. Стрєпихєєв А.А., Дерєвицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 302-427.
3. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М.: Просвещение, 1980. – С. 40-57, 65-89.
4. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 187-246.

**Обладнання та реактиви:** зразки полімерів, штативи з пробірками, газові пальники, газівідвідні трубки, щипці, прилад для визначення температури плавлення, розчин калій перманганату [ $w(\text{KMnO}_4) = 0,5 \%$ ], концентровані сульфатна та нітратна кислоти, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ ], розчин калій біхромату [ $w(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5 \%$ ], органічні розчинники: ацетон, бензин, хлороформ, етанол, бензен, універсальний індикаторний папірець.

### Хід роботи:

Кожний учень працює з одним видом пластмаси, волокна, каучуку

Варіант	Пластмаса	Волокно	Каучук
1	поліетилен	віскоза	бутадієновий
2			
3			

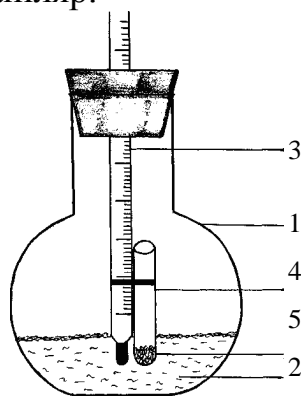
#### 1. Дослідження фізичних та хімічних властивостей полімерів

Розглянути зразки отриманих полімерів або полімерних матеріалів і визначити:

а) Зовнішній вигляд та міцність полімерів (матеріалів), колір, запах, прозорість, дослідити їх на розрив, крихкість

б) Температура плавлення або розкладу.

Температуру плавлення або розкладу встановлюють за допомогою приладу (Рис. 3). Полімер помістити в капіляр.



**Рис.3. Прилад для визначення температури плавлення або розкладу:**

1 – колба; 2 – сульфатна кислота або гліцерол; 3 – термометр; 4 – пробірка; 5 – полімер.

Для цього смолу здрібнити, плівочний матеріал нарізати дрібними шматочками, волокна (обов'язково сухі) розрізати на шматочки довжиною 10-12 мм. Капіляр закріпити з термометром. Шматочки досліджуваного матеріалу в капілярах повинні знаходитися на рівні ртуті в термометрі. Можливо досліджувати одразу декілька

капілярів з різними полімерами. Термометр з капіляром помістити в чисту суху пробірку так, щоб він не торкався її стінок. Нижній кінець термометра повинен знаходитися на 0,5-1,0 см вище дна пробірки. Пробірку з термометром і капіляром помістити у стакан або колбу з концентрованою сульфатною кислотою. Ємкість з кислотою поставити на азбестовану сітку. Рівень кислоти повинен бути вище кульки термометра, пробірка повинна знаходитися на відстані 0,5-1,0 см від дна ємкості або колби. Ємкість з сульфатною кислотою нагрівати дуже обережно до 250-270 °С. Початком плавлення полімеру (матеріалу) вважати появлення першої краплі в капілярі, закінченням – повне розплавлення.

в) Відношення до нагрівання

На азбестовану сітку покласти тонкий шматочок пластмаси і нагрівати деякий час (від 10 сек. до 1-2 хв.). Після цього змінити його форму скляною паличкою. Спостерігати, змінює він свою форму чи ні. Зробити висновок про термопластичність полімеру.

2. Дослідження хімічних властивостей полімерів

а) Дія розчинників

Дрібні шматочки полімеру (пластмаси, волокна чи каучуку) помістити в окремі пробірки. В окремі пробірки додати бензен, ацетон, хлороформ, етанол, бензин, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ ], концентровану сульфатну та нітратну кислоти об'ємом 1 см<sup>3</sup>. Через 60 хв. спостерігати що відбувається.

б) Горіння полімеру (пластмаси, волокна чи каучуку)

В полум'я газового пальника (витяжна шафа) за допомогою тигельних щипців внести шматочок полімеру і держати його до займання. Звернути увагу на характер його горіння, запах продуктів горіння та залишок після згорання полімеру. Внести другий шматочок полімеру в полум'я газового пальника, нагрівати і швидко вийняти полімер з полум'я. Спостерігати горить чи ні полімер поза полум'ям. Вийняти полімер з полум'я, якщо він горить – загасити його, піднести скляну паличку і швидко витягнути частину, що розм'якла (витягується нитка чи ні).

в) Кольорові реакції на волокна

– декілька стрічок віскозного шовку помістити в пробірку і прилити сульфатну кислоту об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>;

– зразки віскозного та ацетатного шовку помістити в пробірки і додати в кожную розчин калій перманганату [ $w(\text{KMnO}_4) = 0,5 \%$ ] об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>, через 5 хв. спостерігати що відбувається.

– зразки ацетатного та натурального шовку помістити в пробірки і у кожную прилити розчин калій біхромату [ $w(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5 \%$ ] об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>. Через 5 хв. вийняти зразки волокон, промити та висушити.

г) Дія мідно-амоніачного розчину на волокна

В пробірки помістити зразки віскозного, ацетатного волокон, вовна, натурального шовку. В кожную пробірку додати мідно-амоніачний розчин об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>.

д) Відношення каучуків до бромної води

Дрібні шматочки каучуків помістити в пробірки, додати бромну воду об'ємом 3 см<sup>3</sup> та енергійно струсити.

3. Дослідження складу полімерів

Розклад полімеру (пластмаси, волокна чи каучуку)

Помістити у суху пробірку декілька шматочків виробів з полімеру (0,3-0,5 г), закрити її пробкою з газовідвідною трубкою. Пробірку закріпити у лапці штатива в горизонтальному (трохи похилому в бік пробки) положенні. Кінець газовідвідної

трубки опустити в пробірку, яка знаходиться в хімічному стакані з льодом (або холодною водою) (див. рис. 1).

Полімер у пробірці почати підігрівати і спостерігати, що при цьому відбувається. Підігрівання посилити і стежити за утворенням продуктів термічного розкладу (сухої перегонки), які збираються у пробірці-приймачі. При утворенні газоподібних продуктів розкладу, що не конденсуються у рідину, в пробірку-приймач налити дистильованої води, в яку і пропускати деякий час ці газу.

Дослідити запах речовини, яку збрали у приймач, визначити реакцію середовища (індикаторний папірець), наявність галогенід-іонів (реакція з  $\text{AgNO}_3$ ) та ін.

Крім того газоподібні продукти пропускати у розчин калій перманганату [ $w(\text{KMnO}_4) = 0,5\%$ ], який підлужений розчином соди, і в слабкий розчин бром у воді (бромну воду).

У випадку фенолоформальдегідної (ФФС) смоли та сечовиноформальдегідної смоли (СФС) зразки полімерів кип'ятити 10-15 хв. у воді, після відфільтрування до фільтрату додати у випадку ФФС – розчин ферум(III) хлориду чи бромну воду, у випадку СФС – перевірити рН середовища.

6. Отриманні данні досліджень полімерних матеріалів занести в таблицю.

**Дослідження властивостей пластмас**

№	Назва полімеру	Фізичні властивості			Хімічні властивості								Реакції продуктів розкладу	
		Зовнішній вигляд	T <sub>пл.</sub>	Віднош. до нагрівання	Дія розчинників						Горіння полімеру			
					Бензен	Ацетон	Хлороформ	Етанол	Бензин	NaOH w = 10 %		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> конц.		HNO <sub>3</sub> конц.

**Дослідження властивостей волокон**

№	Назва полімеру	Фізичні властивості			Хімічні властивості								Реакції продуктів розкладу		
		Зовнішній вигляд	T <sub>пл.</sub>	Віднош. до нагрівання	Дія розчинників						Горіння полімеру	Кольорові реакції		Дія мідно-аміачного розчину	
					Бензен	Ацетон	Хлороформ	Етанол	Бензин	NaOH w = 10 %					H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> конц.

**Дослідження властивостей канчуків**

№	Назва полімеру	Фізичні властивості			Хімічні властивості								Реакції продуктів розкладу		
		Зовнішній вигляд	T <sub>пл.</sub>	Віднош. до нагрівання	Дія розчинників						Горіння полімеру	Відношення до бормної води			
					Бензен	Ацетон	Хлороформ	Етанол	Бензин	NaOH w = 10 %				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> конц.	HNO <sub>3</sub> конц.

## Заняття № 16

**Тема:** Ідентифікація полімерів та матеріалів на їх основі.

**Мета:** Сформувані вміння складання схем напівсистематичного аналізу полімерних матеріалів.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Навчитися складати схеми напівсистематичного якісного аналізу полімерів.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути класифікацію ідентифікації полімерних матеріалів.
2. Розглянути загальну методику дослідження полімерів.
3. Скласти схеми якісного аналізу полімерів.

### Література:

1. Алексеев В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – С. 268-275.
2. Калинина Л.С. Качественный анализ полимеров. – М.: Химия, 1975. – 254 с.
3. Стрелихеев А.А., Деревницкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 302-427.
4. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М: Просвещение, 1980. – С. 40-57, 65-89, 105-116.
5. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 187-246.

**Обладнання та реактиви:** зразки полімерів, штативи з пробірками, газові пальники, газовідвідні трубки, щипці, прилад для визначення температури плавлення, розчин калій перманганату [ $w(\text{KMnO}_4) = 0,5 \%$ ], концентровані сульфатна та нітратна кислоти, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ ], органічні розчинники: ацетон, бензин, хлороформ, етанол, бензен, універсальний індикаторний папірець.

### Хід роботи:

1. На основі опрацьованих дослідів по визначенню фізичних та хімічних властивостей пластмас скласти схему напівсистематичного аналізу.

Складання схеми “Ідентифікація пластмас” (рис.4) слід починати з дослідження характеру горіння полімерного матеріалу. За цією ознакою пластмаси можна розділити на три групи:

– пластмаси, які горять в полум’ї та поза ним без кіптяви (поліетилен, метилметакрилат, целулоїд);

– пластмаси, які погано горять без кіптяви в полум’ї, поза ним поступово гаснуть (фенолоформальдегідні, сечовиноформальдегідні пластмаси);

– пластмаси, які горять в полум’ї з виділенням кіптяви (полістирен, полівінілхлорид).

Після цього шукають особливості, що характерні для окремих представників даної групи полімерних матеріалів.

2. Складання схеми по ідентифікації волокон (рис.5) аналогічно, як і пластмас.

Дослідження характеру горіння треба провести декілька разів. При цьому необхідно простежити:

а) з якою швидкістю відбуваються горіння;

б) запах продуктів горіння;

в) характер залишку після горіння.

За результатами спалювання волокна можна розділити на три групи:

– волокна, що горять без кіптяви, при цьому вони плавляться (капрон, поліпропілен);

– волокна, що горять без кіптяви і не плавляться (віскозне, нітрон, ацетатне);

– волокна, які горять з виділенням кіптяви (лавсан, хлорин).

3. Аналіз каучуків (рис. 6) починають з дослідження характеру горіння каучуків.

За цією характеристикою каучуки можна розділити на дві групи:

– каучуки, які не горять за межами полум'я (силіконовий, хлоропреновий);

– каучуки, які горять за межами полум'я (ізопреновий, бутадієнстиреновий, бутадієннітрильний, бутилкаучук, натуральний).

Після цього слід розглянути інші особливості, що характерні для окремих представників даної групи полімерів.



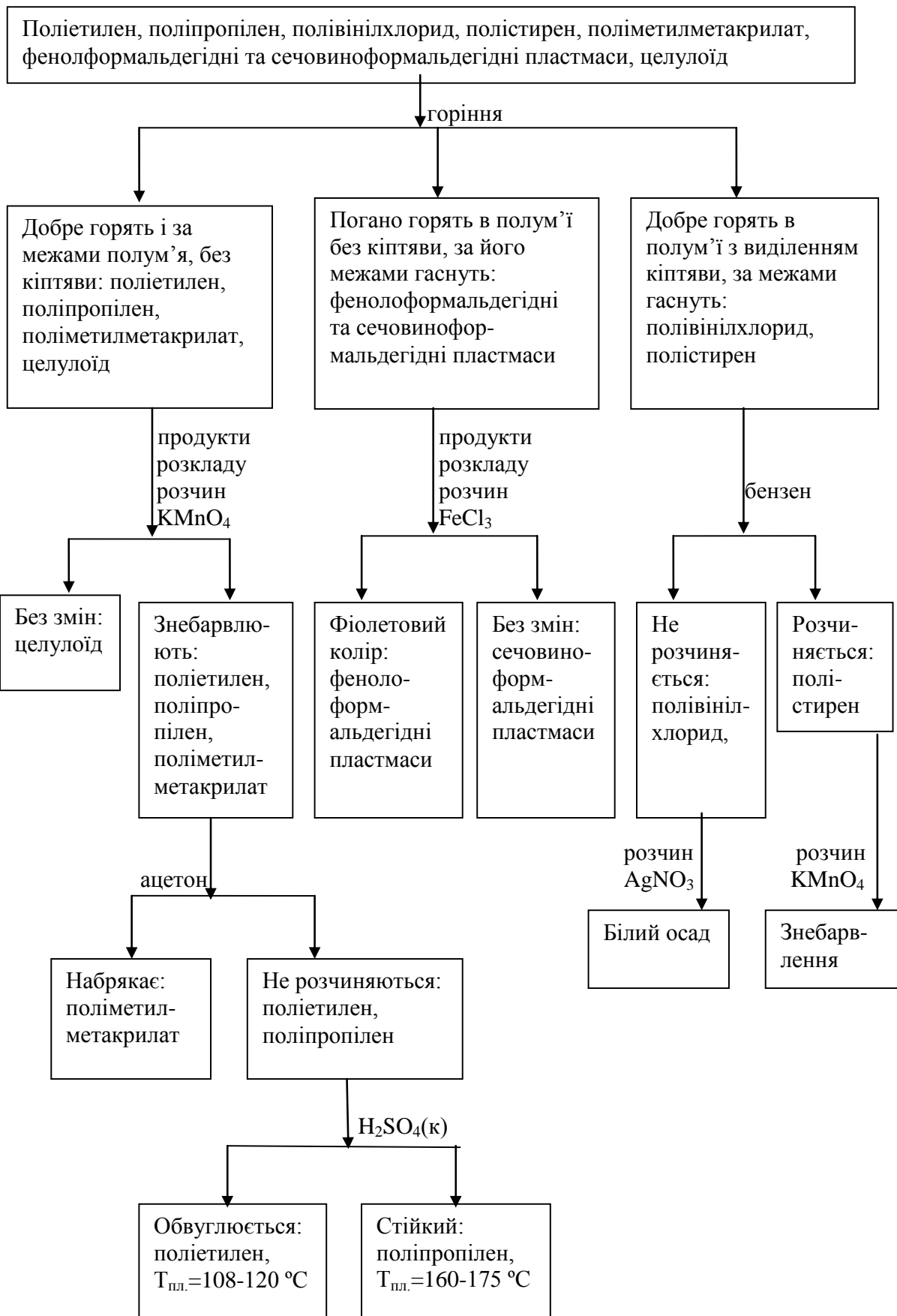
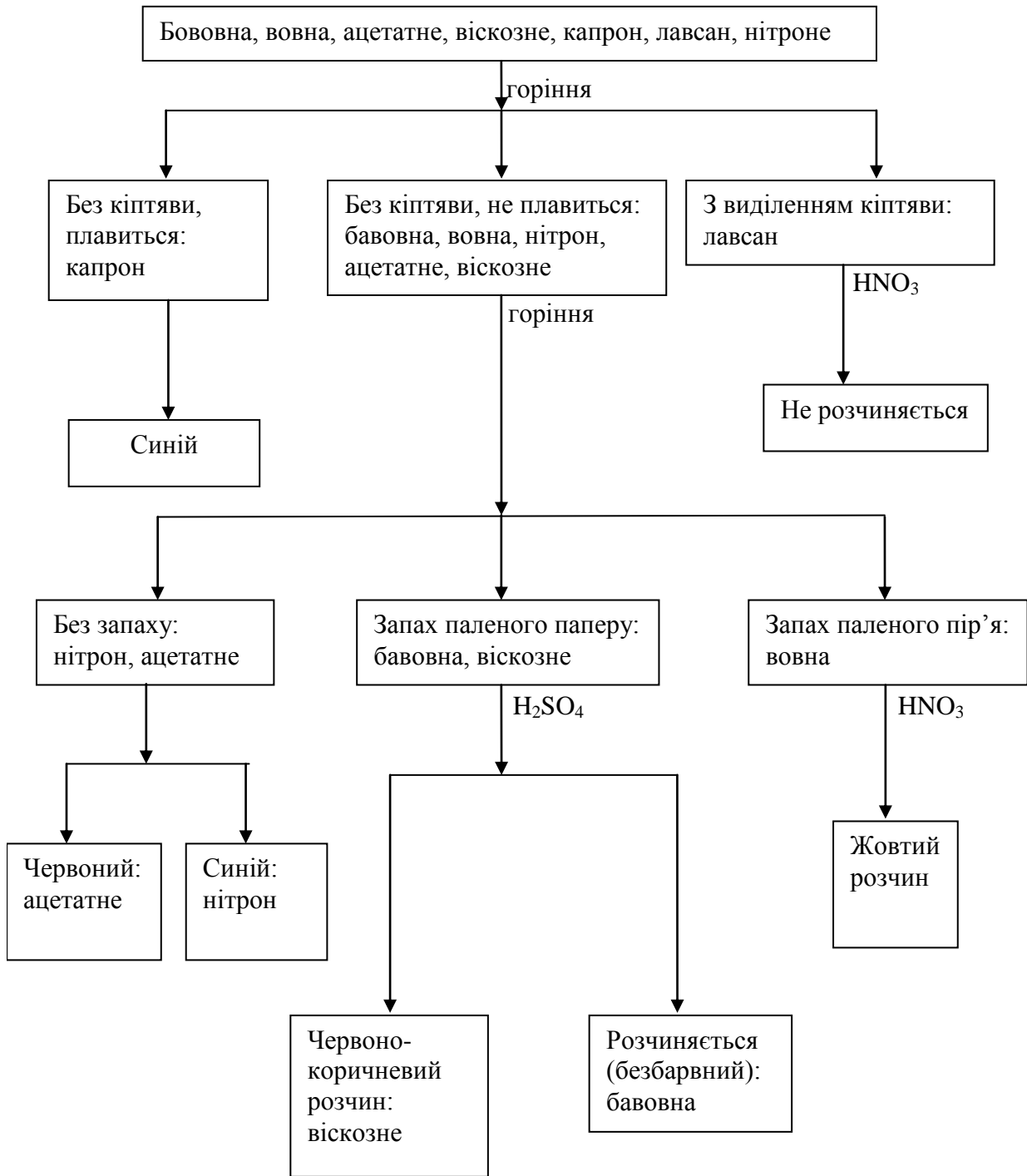


Рис. 4. Схема Ідентифікація пластмас.



**Рис. 5. Схема Ідентифікація волокон.**

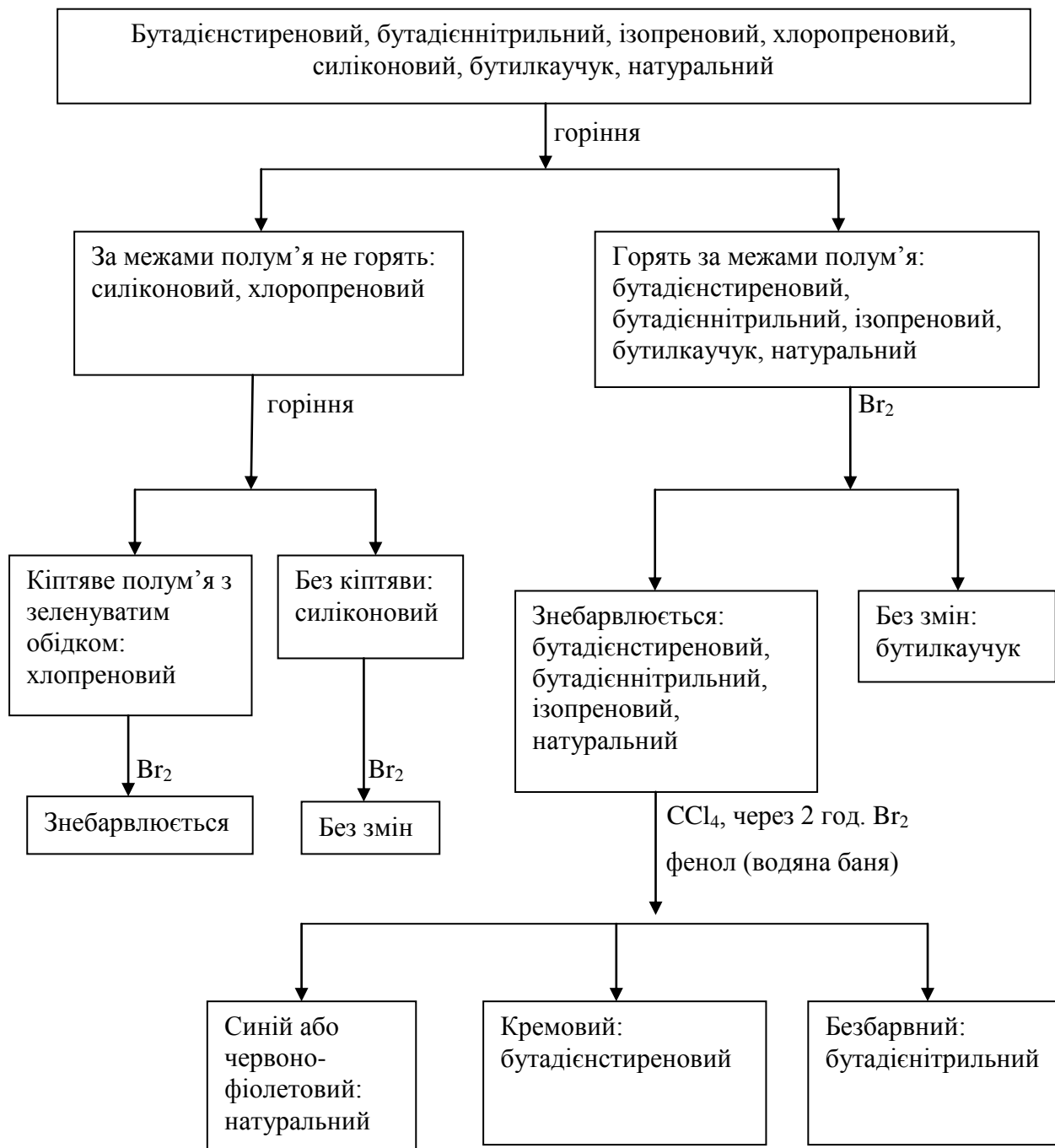


Рис. 6. Схема Ідентифікації канчуків.

## Заняття № 17

**Тема:** Природні високомолекулярні сполуки.

**Мета:** Сформувані знання учнів про білки та нуклеїнові кислоти і полісахариди, як природні високомолекулярні сполуки, закріпити знання учнів про значення білків, нуклеїнових кислот та полісахаридів у природі.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план:

1. Розглянути елементний склад білків. Білки – це біополімери, структурну основу яких складають довгополіпептидні ланцюги, що побудовані з залишків  $\alpha$ -амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками. Вихідними мономерами для їх синтезу є  $\alpha$ -амінокислоти. До складу однієї молекули білка можуть знаходити декілька сотень або навіть тисяч залишків амінокислот, причому відомо 27 амінокислот, залишки яких знаходять до складу білка. Число можливих комбінацій, які утворюють залишки амінокислот в молекулі білка, отож, і число різних білкових молекул безмежно.

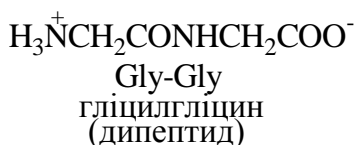
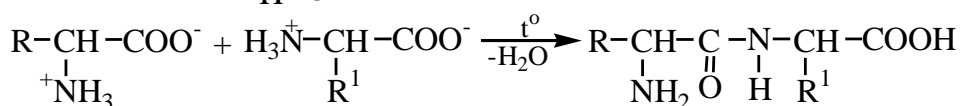
2. Розглянути класифікацію білків:

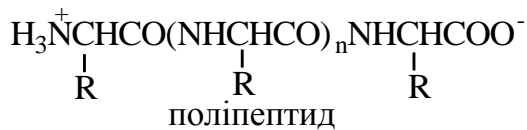
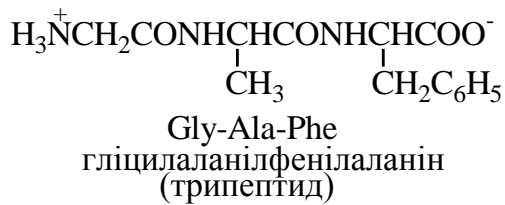
- а) за походженням – бактеріальні, рослинні, тваринні;
- б) за джерелом виділення – м'язові, тканинні, сироваткові;
- в) за фізико-хімічними властивостями – електрохімічні ознаки, полярні ознаки;
- г) за формою молекул – фібрилярні, глобулярні;
- д) за біологічними функціями – структурні, транспортні, каталітичні, гормональні, захисні, скоротливі, рецепторні, енергетичні, білки-токсини;
- е) за хімічною будовою – прості, складні;
- є) за кількістю амінокислотних залишків – дипептиди, трипептиди і далі до поліпептидів.

3. Розглянути амінокислотний склад білків. Звернути увагу на те, що знайдені в білках амінокислоти прийнято ділити на дві категорії: ті, що постійно зустрічаються, та ті, що інколи зустрічаються в білках.

Розглянути найважливіші властивості амінокислот, які залежать від одночасної присутності в молекулі аміної та карбоксильної груп. У результаті реакції поліконденсації амінокислот одержуються сполуки, які складаються із багатьох амінокислотних залишків з досить високими молекулярними масами. Такі сполучення називають поліпептидами.

Амідна група  $\begin{array}{c} \text{—N—C—} \\ | \quad || \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$  в таких сполуках називається пептидною групою:





4. З'ясувати, що первинна структура білків – це послідовність амінокислотних залишків ланцюгу, який встановлюється за допомогою хімічних методів аналізу.

Вторинна структура білків. Для високомолекулярних білків характерна структура спіралі або інша особлива форма за рахунок утворення водневих зв'язків між амідними групами.

Третинна структура білків обумовлена взаємодією бокових ланцюгів амінокислот. Крім водневих зв'язків важливим фактором стабілізації третинної структури є утворення дисульфідних зв'язків. Третинна структура часто надає молекулі білка таку конформацію, при якій гідрофільні групи (–ОН, –NH<sub>2</sub>, –COOH) розташовані на поверхні молекули, а гідрофобні групи (–Alk, –Ar) знаходяться у середині і направлені до центра молекули (утворення глобули).

Четвертинна структура. Асоціація ланцюгів в четвертинну структуру обумовлена міжмолекулярними взаємодіями між боковими групами: йонні та водневі зв'язки, гідрофобні взаємодії відповідних контактуючих поверхонь глобул третинної структури.

5. Розглянути фізико-хімічні властивості білків:

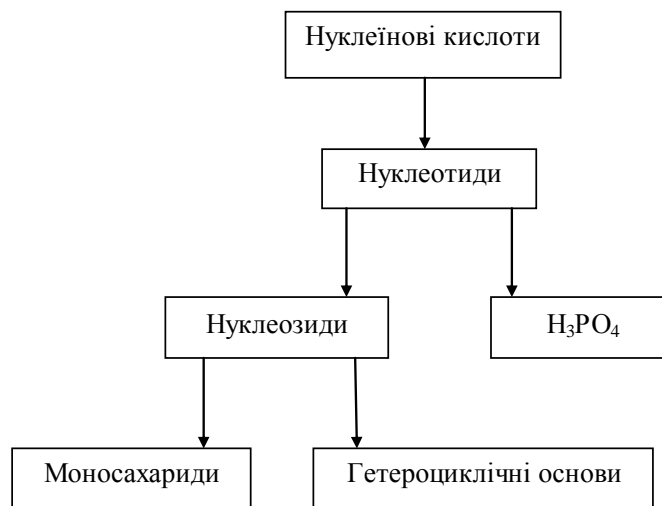
а) традиційні реакції за участю, –COOH, –NH<sub>2</sub>, –SH-груп;

б) специфічні властивості: кислотно-основні, розчинність, колоїдно-хімічні, денатурація білків.

Підвести підсумок, звернути увагу на те, що білки – важлива складова частина живих організмів; всі ферменти, деякі гормони та антибіотики відносять до білків. Показати, що прикладне значення білків велике: вони необхідні продукти харчування; що такі широко розповсюджені матеріали, як вовна, шовк, шкіра являються теж білковими речовинами.

6. Переходячи до розглядання нуклеїнових кислот необхідно зазначити, що нуклеїнові кислоти (НК) належать до найважливіших біологічно активних природних сполук поряд з білками та вуглеводами. Вони мають фундаментальне значення для збереження та відтворення генетичної інформації, в якій закодовані дані про структуру білків.

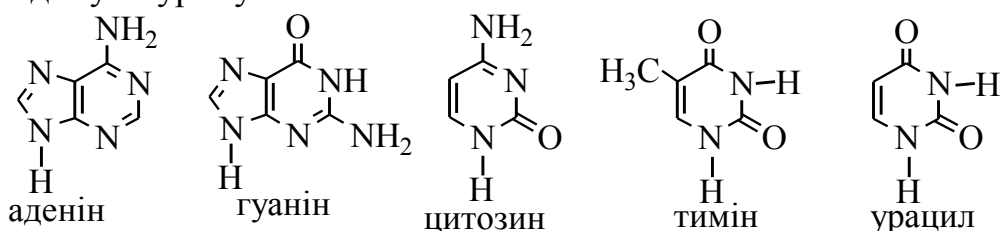
7. Звернути увагу на хімічний склад нуклеїнових кислот. Макромолекули НК побудовані з блоків нуклеотидів, які являють собою сполучені залишки нуклеозидів і фосфатної кислоти. Нуклеозиди в свою чергу, побудовані з димерних найпростіших структурних одиниць – моносахариду і гетероциклічної основи. Тобто молекули НК складаються з трьох типів структурних одиниць: моносахариду, гетероциклічної основи та фосфатної кислоти. Нуклеозиди – основні мономерні ланки будови НК.



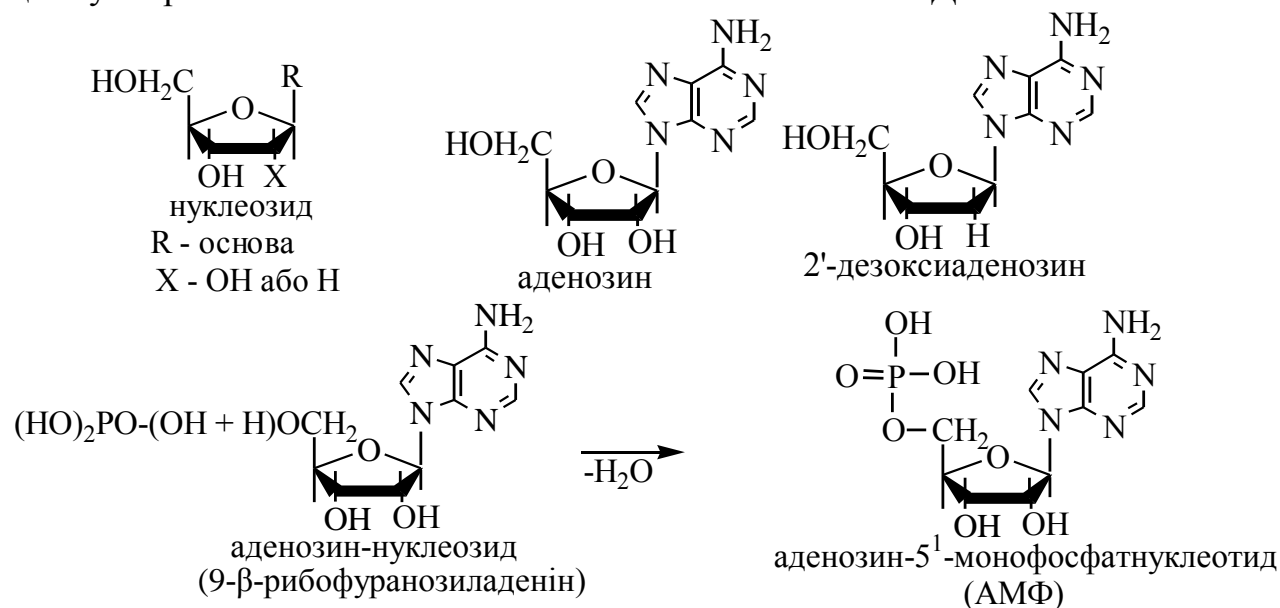
У молекулі нуклеозиду моносахаридами є альдопентози *D*-рибоза або 2-дезоксид-*D*-рибозу у фуранозній формі.

В залежності від природи моносахариду НК поділяються на рибонуклеїнові кислоти (РНК), до складу яких входить *D*-рибоза, і дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК), які містять 2-дезоксид-*D*-рибозу.

8. Як гетероциклічні нітрогеновмісні основи в НК виступають похідні піримідину і пурину:



9. ДНК побудовані з нуклеотидів, до складу яких входять 2-дезоксид-*D*-рибоза, нітрогеновмісні основи (аденін, гуанін, цитозин, тимін) та фосфатна кислота. При цьому нітрогеновмісна основа – тимін міститься тільки в ДНК.



Як і для білків, ДНК притаманні певні структурні рівні організації. Так первинною структурою ДНК вважають послідовність нуклеотидних ланок, сполучених фосфодіестерними зв'язками, в нерозгалуженій макромолекулі.

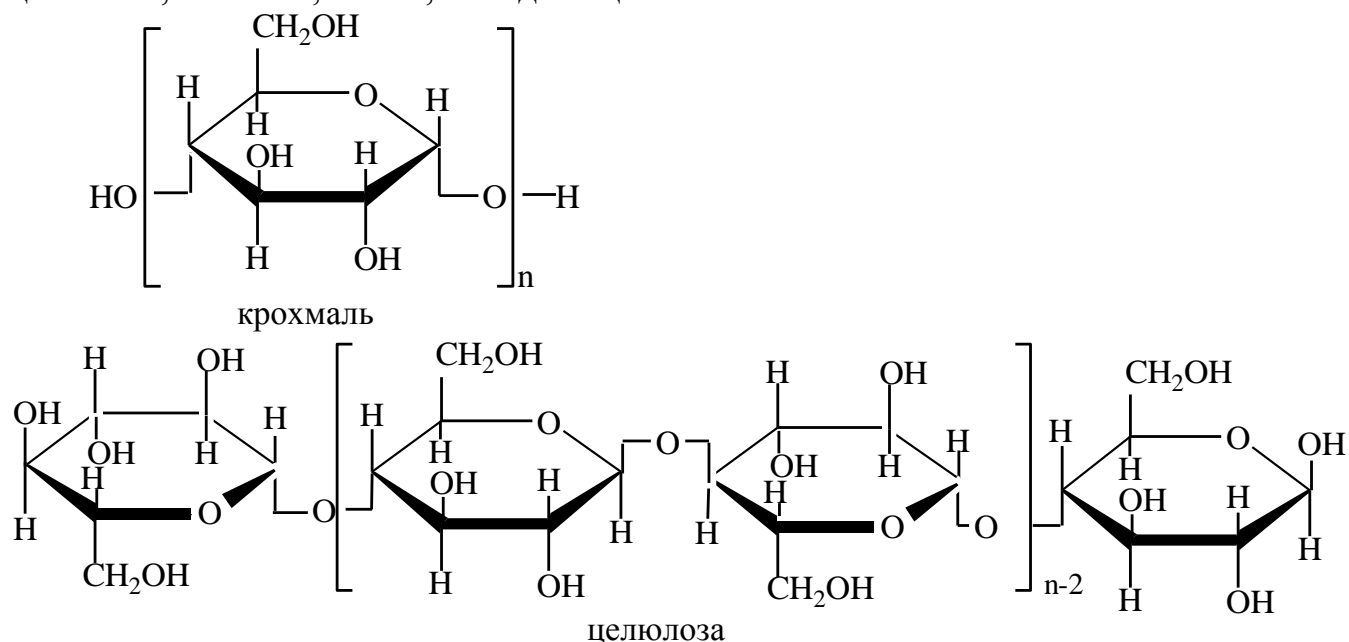
Вторинною структурою ДНК є два макроланцюги у формі антипаралельних правозакручених спіралей (подвійна спіраль) навколо спільної осі. Такі переплетені одна з одною спіралі сполучені між собою водневими зв'язками молекул гетероциклічних основ, а також неполярною, або гідрофобною, взаємодією  $\pi$ -електронних хмар гетероциклічних основ.

Результатом особливості будови подвійної спіралі ДНК є те, що основи одного вітка завжди визначають послідовність основ іншого, тобто завжди аденіну першого вітка (першої спіралі) відповідає тимін другого вітка (другої спіралі, цитозину – гуанін, тиміну – аденін, і гуаніну – цитозин). Якщо роз'єднати спіраль на окремі нитки, то на кожній з них може бути утворена нова спіраль, в якій послідовність гетероциклічних основ буде відповідати вихідній первісній (“материнській”) спіралі. Утворена нова спіраль завдяки “горизонтальній” і “вертикальній” взаємодії зі своєю матричною утворює нову подвійну спіраль. У такий спосіб із однієї подвійної спіралі ДНК у клітинному ядрі утворюються дві нові подвійні спіралі, але з точною копією “оригіналу” матричної ДНК. Такий процес називається реплікацією ДНК.

РНК побудовані аналогічно до ДНК із нерозгалужених макроланцюгів, але на відміну від перших, із одного ланцюга (*D*-рибоза, нітрогеновмісні основи (аденін, гуанін, цитозин, урацил) та фосфатна кислота). Основна роль РНК полягає в трансляції генетичної інформації з утворенням білків. Виявлено існування кількох різних за функціональною дією видів РНК, основними з яких є: матрична, транспортна, рибосомна.

10. Відмітити, що полісахариди – це високомолекулярні природні вуглеводи. Такі біополімери є продуктами конденсації великої кількості моносахаридів. Залишки моносахаридів сполучені глікозидними зв'язками, утвореними завдяки глікозидному гідроксилу одного моносахариди і вільного гідроксилу іншого. Полісахариди мають як лінійну, так і розгалужену будову.

Показати, що до основних природних полісахаридів належать крохмаль, целюлоза, глікоген, лігнін, камеді тощо.



Крохмаль – резервний полісахарид рослин, який накопичується у насінні злаків, бульбах картоплі, коренях та листі. Крохмаль має вигляд білого аморфного порошку і містить полісахариду 97-99 %. Крохмаль складається в основному з двох

полісахаридних компонентів: амілози (20-30 %) й амілопектину (70-80 %), співвідношення яких залежить від природи рослин.

Амілоза побудована з молекул  $\alpha$ -D-глюкози, характеризується практично лінійною будовою молекул. Амілопектин – високомолекулярний полісахарид із розгалуженою структурою, який складається із залишків  $\alpha$ -D-глюкози.

Крохмаль вважається джерелом вуглеводів і широко використовується для харчових потреб. У промисловості широко використовується гідроліз крохмалю, який має ступінчастий характер. При частковому гідролізі крохмалю утворюються декстрини, при повному кислотному гідролізі одержують глюкозу.

Целюлоза (клітковина) є найпоширенішою природною речовиною, головним структурним компонентом клітинних мембран вищих рослин, деяких водоростей і бактерій. За хімічною будовою целюлоза складається з залишків  $\beta$ -D-глюкози, сполучених  $\beta$ -1,4-глікозидними зв'язками.

### Заняття № 18

**Тема:** Контрольна задача. Ідентифікація пластмас, волокон і каучуків та матеріалів і виробів на їх основі.

**Мета:** Закріпити вміння проводити якісний аналіз пластмас, волокон, каучуків та матеріалів на їх основі.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання:

1. На основі набутих на попередніх практичних заняттях експериментальних вмінь провести аналіз складу та будови полімерних матеріалів.

2. Розв'язати контрольну задачу.

3. Навести результати розв'язання контрольної задачі “Ідентифікація пластмас, волокон, каучуків та матеріалів і виробів на їх основі” у вигляді таблиць.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути властивості окремих полімерів:

а) термопластичних пластмас; б) термореактивних пластмас; в) волокон; г) канчуків.

2. Розглянути найпростіші прийоми розпізнавання полімерів.

#### Література:

1. Алексеев В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – С. 268-275.

2. Калинина Л.С. Качественный анализ полимеров. – М.: Химия, 1975. – 254 с.

3. Стрелихеев А.А., Деревицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – С. 302-427.

4. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М: Просвещение, 1980. – С. 40-57, 65-89, 105-116.

5. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 187-246.



**Обладнання та реактиви:** зразки полімерів, штативи з пробірками, газові пальники, газовідвідні трубки, щипці, прилад для визначення температури плавлення, розчин калій перманганату [ $w(\text{KMnO}_4) = 0,5 \%$ ], концентровані сульфатна та нітратна кислоти, розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 10\%$ ], органічні розчинники: ацетон, бензин, хлороформ, етанол, бензен, універсальний індикаторний папірець.

### Хід роботи:

1. Кожний учень отримує від учителя в окремих пакетах свій варіант. Спираючись на схеми напівсистематичного аналізу полімерних матеріалів проводить аналіз. В залежності від кількості досліджених та вивчених полімерних матеріалів можливі різні варіанти контрольної задачі. Необхідно, щоб кожен учень виконував відповідний варіант. Наприклад за такою схемою.

Схема розподілу полімерних матеріалів і виробів на їх основі за варіантами.

Варіант	Пакет		
	Пластмаса	Волокно	Каучук
I	ПЕ	Віскозне	КН
II	ФФС	Ацетатне	СКН
III	ПП	Вовна	СКХ
IV	ПМ	Капрон	СКБ
V	ПС	Бавовна	КН

Умовні скорочення: ПЕ – поліетилен, ПП – поліпропілен, ПС – полістирен, ПВХ – полівінілхлорид, ПМ – поліметилметакрилат, ФФС – фенолоформальдегідні смоли, КН – каучук натуральний, СКБ – каучук бутадієновий, СКХ – каучук хлопреновий, СКН – каучук бутадієннітрильний.

2. Оформити звіт про виконання контрольної задачі у вигляді таблиць “Розпізнавання пластмас”, “Розпізнавання волокон”, “Розпізнавання каучуків”

#### Розпізнавання пластмас

№ варіанта	Фізичні властивості	Відношення до нагрівання	Характер горіння	Реакція продуктів розкладу	Дія кислот та лугів		Дія органічних розчинників			Висновок

#### Розпізнавання волокон

№ варіанта	Характер горіння	Реакція продуктів термічного розкладу	Кольорові реакції	Дія кислот та лугів		Дія органічних розчинників			Висновок

## Розпізнавання каучуків

№ варіанта	Фізичні властивості	Характер горіння	Реакція продуктів розкладу	Реакція з фенолом	Дія кислот та лугів		Дія органічних розчинників			Висновок

### Заняття № 19

**Тема:** Утилізація і знешкодження високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі.

**Мета:** Сформувати поняття учнів про переваги пластичних мас, сфери їх застосування та утилізацію і вторинну переробку.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план:

1. Розкрити головну перевагу високомолекулярних сполук у порівнянні з іншими матеріалами. Часто пластмаси поєднують у собі кращі властивості різних матеріалів, що робить їх не лише повноцінними заміниками, але й зовсім незамінними для розв'язання багатьох технічних задач.

2. Показати, що одним з найбільш відчутних результатів антропогенної діяльності є утворення відходів, серед яких відходи пластмас займають особливе місце в силу своїх унікальних властивостей.

3. Надати характеристику темпам виробництва полімерних матеріалів. Виробництво пластичних мас на сучасному етапі розвитку зростає в середньому на 5-6 % щорічно і у 2010 р. досягло 250 млн. т. Їхнє споживання на душу населення в індустріально розвинутих країнах за останні 20 років подвоїлося, досягши 85-90 кг і до кінця десятиліття ця цифра підвищиться на 45-50 %.

Сьогодні нараховується близько 150 видів пластмас, 30 % з них – це суміші різних полімерів. Для досягнення визначених властивостей, кращої переробки в полімери вводять різні хімічні добавки, яких уже більш 20. Випуск добавок безупинно зростає. Якщо в 1980 р. їх було зроблено 4000 т, то у 2000 р. обсяг випуску зріс уже до 7500 т, і усі вони були введені в пластмаси, а згодом споживані пластмаси неминуче переходять у відходи.

Одним зі швидкозростаючих напрямків використання пластмас є упакування. З усіх пластмас, що випускаються, 41 % використовується в упакуванні, з цієї кількості 47 % витрачається на упакування харчових продуктів. Зручність і безпека, низька ціна і висока естетика є визначальними умовами прискореного росту використання пластичних мас при виготовленні упаковки.

4. Сформувати уявлення про класифікацію відходів.

Відходи пластичних мас можна розділити на 3 групи:

а) технологічні відходи виробництва, що виникають при синтезі і переробці термопластів. Вони поділяються на непереробні і переробні технологічні відходи. Непереробні – це кромки, висечки, обрізки, літники, облой, грат і т.д. У галузях промисловості, що займаються виробництвом і переробкою пластмас, таких відходів утвориться від 5 до 35 %. Переробні технологічні відходи виробництва утворюються при недотриманні технологічних режимів у процесі синтезу і переробки, тобто це – технологічний брак, що може бути зведений до мінімуму чи зовсім усунутий.

Технологічні відходи виробництва переробляються в різні вироби, використовуються як добавку до вихідної сировини;

б) відходи виробничого споживання – накопичуються в результаті виходу з ладу виробів з полімерних матеріалів, використовуваних у різних галузях народного господарства (амортизовані шини, тара й упаковки, деталі машин, відходи сільськогосподарської плівки, мішки з-під добрив та ін.). Ці відходи є найбільш однорідними, мало забрудненими і тому представляють найбільший інтерес з погляду їхньої повторної переробки;

в) відходи суспільного споживання, що накопичуються у нас у будинках, на підприємствах суспільного харчування та ін., а потім попадають на міські смітники; в остаточному підсумку вони переходять в нову категорію відходів – змішані відходи.

5. Розкрити основні шляхи переробки відходів пластичних мас. Пояснити, що основну кількість відходів знищують – похованням у ґрунт чи спалюванням. Однак знищення відходів економічно не вигідно і технічно складно. Крім того, поховання, затоплення і спалювання полімерних відходів веде до забруднення навколишнього середовища, до скорочення земельних угідь (організація смітників) та ін.

Однак і поховання, і спалювання продовжують залишатися досить широко розповсюдженими способами знищення відходів пластмас. Найчастіше тепло, що виділяється при спалюванні, використовують для одержання пари й електроенергії. Але калорійність сировини, що спалюється, невелика, тому установки для спалювання, як правило, є економічно малоефективними. Крім того, при спалюванні відбувається утворення сажі від неповного згоряння полімерних продуктів, виділення токсичних газів і, отже, повторне забруднення повітряного і водного басейнів, швидкий знос печей за рахунок сильної корозії.

6. Надати історичну довідку, що на початку 70-х рр. минулого століття інтенсивно почали розвиватися роботи зі створення біо-, фото- та водоруйнінних полімерів. Одержання полімерів, що розкладаються, викликало дійсну сенсацію, і цей спосіб знищення пластмасових виробів, що вийшли з ладу, розглядався як ідеальний. Однак наступні роботи в цьому напрямку показали, що важко сполучити у виробках високі фізико-механічні характеристики, красивий зовнішній вигляд, здатність до швидкого руйнування і низьку вартість.

7. Розкрити питання біологічного розкладу полімерних матеріалів, пояснити що, важливе місце займає проблема додання властивостей біорозкладення добре освоєним промисловим полімерам: поліетилену (ПЕ), поліпропілену (ПП), полівінілхлориду (ПВХ), полістирену (ПС) і поліетилентерефталату (ПЕТФ). Перераховані полімери і вироби з них при похованні можуть зберігатися “вічно”, тому питання додання їм здатності біорозкладатися висувається особливо гостро.

В даний час активно розробляються три напрямки:

– введення в структуру полімерів молекул, що містять у своєму складі функціональні групи, що сприяють прискореному фоторозкладу полімеру;

– одержання композицій багатотоннажних полімерів з біорозкладними природними добавками, здатними деякою мірою ініціювати розпад основного полімеру;

– спрямований синтез біодеградуючих пластичних мас на основі промислово освоєних синтетичних продуктів.

8. Довести, що основний шлях використання відходів пластмас – це їхня утилізація, тобто повторне використання. Показано, що капітальні й експлуатаційні витрати по основних способах утилізації відходів не перевищують, а в ряді випадків навіть нижче витрат на їхнє знищення. Позитивною стороною утилізації є також і те, що виходить додаткова кількість корисних продуктів для різних галузей народного господарства і не відбувається повторного забруднення навколишнього середовища. З цих причин утилізація є не тільки економічно доцільним, але й екологічно кращим рішенням проблеми використання пластмасових відходів. Підраховано, що з щорічно утворених полімерних відходів у вигляді амортизованих виробів утилізації піддається тільки незначна частина (усього кілька відсотків). Причиною цього є труднощі, зв'язані з попередньою підготовкою (збір, сортування, поділ, очищення і т. д.) відходів, відсутністю спеціального устаткування для переробки і т. д.

9. Зробити висновок: до основних способів утилізації відходів пластичних мас відносяться:

– термічний розклад шляхом піролізу;

– розклад з одержанням вихідних низькомолекулярних продуктів (мономерів, олігомерів);

– вторинна переробка.

Піроліз – це термічний розклад органічних продуктів у присутності чи кисню або без нього. Піроліз полімерних відходів дозволяє одержати висококалорійне паливо, сировину і напівфабрикати, які використовуються в різних технологічних процесах, а також мономери, що застосовуються для синтезу полімерів.

Газоподібні продукти термічного розкладу пластмас можуть використовуватися як паливо для одержання водяної пари. Рідкі продукти використовуються для одержання теплоносіїв. Спектр застосування твердих (воскоподібних) продуктів піролізу відходів пластмас досить широкий.

## Заняття № 20

**Тема:** Підсумкова конференція.

**Мета:** Узагальнити знання учнів про високомолекулярні сполуки і матеріали на їх основі.

**Організаційна форма навчання:** конференція.

Заняття проводиться у вигляді підсумкової конференції, до якої учні готують реферати та презентації, використовуючи додаткову літературу.

Варіанти рефератів наведені в таблиці.

## Варіанти завдань до рефератів

Варіант	Полімерний матеріал
1	Поліетилен високого тиску
2	Полістирен та його кополімери
3	Полівінілхлорид. Види пластифікаторів
4	Поліметилметакрилат
5	Вінілацетат та полівініловий спирт
6	Фторопласти
7	Фенолоформальдегідні смоли
8	Сечовиноформальдегідні смоли
9	Гліфталеві смоли
10	Природні волокна
11	Штучні волокна
12	Синтетичні волокна
13	Натуральний природний каучук
14	Синтетичні каучуки

### План реферату:

1. Вступ
2. Склад полімерного матеріалу:
  - 2.1. Мономер.
  - 2.2. Макромолекула.
  - 2.3. Молярна маса.
  - 2.4. Ступінь полімеризації.
  - 2.5. Полімери.
3. Будова.
  - 3.1. Хімічна.
  - 3.2. Електрона.
4. Властивості.
  - 4.1. Фізичні.
  - 4.2. Хімічні.
5. Загальні методи синтезу.
6. Застосування.
  - 6.1. В побуті.
  - 6.2. В промисловості.
  - 6.3. В сільському господарстві.
7. Утилізація та знешкодження.
8. Список використаних джерел.

### Список рекомендованої літератури

1. Алексеев В.В. Практикум з органічного синтезу. – К.: Вища школа, 1970. – 288 с.
2. Аверина А.В., Снегирёва А.Я. Лабораторный практикум по органической химии. – М.: Высшая школа, 1975. – 208 с.
3. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 717 с.
4. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ–Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
5. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа, 1992. – 503 с.
6. Жедек М.С., Ключник Н.П. Лабораторные работы по курсу органической химии. – К.: Техніка, 1968. – 256 с.
7. Калинина Л.С. Качественный анализ полимеров. – М.: Химия, 1975. – 254 с.
8. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2001. – 864 с.
9. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-Захід, 2004. – 558 с.
10. Морисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир, 1974. – 1132 с.
11. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 752 с.
12. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. – М.: Химия, 1975. – 328 с.
13. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
12. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. – М.: Мир, 1974. – 614 с.
14. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: Просвещение, 1972. – 631 с.
15. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Б. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1973. – 624 с.
16. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии. – М.: Просвещение, 1986. – 304 с.
17. Стрелихеев А.А., Деревицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – 438 с.
18. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии. – М.: Просвещение, 1973. – 286 с.
19. Цветков Л.А. Преподавание органической химии в средней школе. – М.: Просвещение, 1988. – 240 с.
20. Чертков И.Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. – М.: Просвещение, 1980. – С. 40-43.
21. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Голкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. – Львів: Бак, 2009. – 996 с.
22. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1966. – 504 с.
23. Энциклопедия полимеров. – М.: Советская энциклопедия, 1972. – т. 1. – 1224 с., 1974. – т. 2. – 1032 с., 1977. – т. 3. – 1152 с.

# ФАКУЛЬТАТИВНИЙ КУРС

## “ГІДРОЕКОЛОГІЯ”

### Пояснювальна записка

Екологічний підхід до вивчення хімії уже давно визнаний необхідним у всьому світі. Але для поширення екологічного аспекту шкільного курсу хімії недостатньо навчально-виховної роботи лише на уроках хімії. Логічним доповненням базового курсу хімії мають бути або факультативи, або спеціальні курси з основ хімічної екології. Як варіант програми такого курсу ми пропонуємо факультатив “Гідроекологія” хіміко-екологічного змісту. Він впроваджується для вивчення в ліцеях, гімназіях та школах в спеціалізованих класах. Структура курсу забезпечує оптимальне поєднання теоретичного (лекційний курс) і практичного (хімічний експеримент) матеріалу, сприяє розвитку знань. Його зміст повністю відповідає логіці шкільного курсу хімії, має міжпредметний характер і практичну спрямованість. Завдяки цьому в учнів формується уявлення про причини, масштаби, наслідки антропогенного впливу на довкілля, а також перспективні напрямки хімічної науки в розв’язанні глобальних екологічних проблем сучасності.

Програма факультативу “Гідроекологія” має розвинути в учнів відповідні здібності, формувати специфічні вміння, стійкий інтерес до цього курсу, що створює основу для свідомого вибору майбутньої професії, пов’язаної з використанням хімічних та екологічних знань. Факультатив дає змогу сформувати в учнів експериментальні вміння і пов’язати їх із суспільно корисною працею, забезпечити поглиблену допрофесійну підготовку у випускників. Програма факультативу тісно пов’язана зі змістом курсу хімії. Вона розширює та поглиблює початкові знання учнів, одночасно розкриває перед ними цікаві та важливі сторони практичного застосування хімічних та екологічних знань.

Отже, викладання факультативного курсу “Гідроекологія” має слугувати формуванню в учнів елементів наукового світогляду, сприяти їхньому інтелектуальному розвитку, вихованню моральності і гуманістичних рис, готовності до праці.

Сучасний погляд на зміст екологічної освіти передбачає виділення трьох взаємопов’язаних компонентів. Перший – знання екологічних законів, правил, теорій, понять. Другий компонент – це практична діяльність в реальних ситуаціях, пов’язана з вирішенням екологічних проблем, тобто комплекс екологічних вмінь. У останній – емоційно-цілісне сприйняття природи, мистецьких образів її виразу.

У Державному стандарті загальної середньої освіти, велика увага приділяється проблемі реалізації другого компоненту екологічної освіти, що досягається впровадженням у старшій школі профілізації навчання.

Викладання факультативу в школі має за мету поглиблення та розширення знань школярів з окремих питань основної програми, відпрацювання певних вмінь, що сприяють практичному засвоєнню цих знань, набуттю навичок, які стануть у нагоді учням під час їх майбутньої професійної діяльності. Не зважаючи на суттєве значення факультативів у навчанні школярів в школі, їх методичне забезпечення все ще залишається недостатнім.

Завдання цього факультативного курсу – розширити знання учнів з хімії, виявити взаємозв'язок між певними розділами хімії та екології, набути вміння і навички практичного характеру; оволодіти певними практичними вміннями: детальніше і глибше дослідити показники води, а також вміння готувати розчини певних концентрацій.

Програма факультативу “Гідроекологія” розроблена для учнів 10-11 класів, побудована на базі теоретичних знань, отриманих у 7-9 класах, і спрямована на поглиблення теоретичних знань і особливо на формування практичних вмінь та навичок.

У процесі викладання факультативу “Гідроекологія” передбачені обов'язково теоретична і практична частини. Курс розраховано на 34 години, з них – 22 години практичні і 12 годин – теоретичні заняття. Закінчується вивчення факультативу підсумковою конференцією.



*Навчальний план  
факультативного курсу “Гідроекологія”*

№	Тема заняття	Години	
		Теор.	Практ.
1	Екологічні проблеми сучасності	2	-
2	Гідросфера – водяна оболонка Землі	2	-
3	Споживання прісної води та її забруднення	2	-
4	Стічні води та методи їх очищення	2	-
5	Практична робота №2. Визначення деяких фізичних показників води	-	2
6	Практична робота №3. Визначення кислотності води	-	2
7	Практична робота №4. Визначення загальної лужності води та її компонентів	-	2
8	Води атмосферних опадів, їх кількість та склад	1	-
9	Практична робота №5. Визначення твердості води	-	2
10	Практична робота №6. Визначення вмісту йонів феруму у воді	-	3
11	Практична робота №7. Визначення вмісту хлорид-іонів у воді	-	3
12	Практична робота №8. Визначення сульфід-іонів у воді	-	2
13	Практична робота №9. Визначення вмісту нітрат(V)-іонів у воді	-	3
14	Підземні води	1	-
15	Особливості морських екосистем	1	-
16	Охорона вод Світового океану	1	-
17	Заключне заняття. Підсумкова конференція на тему: “Вода – джерело життя”	-	3
	Разом:	12	22
	Всього:	34	

Рекомендовані дослідження для занять факультативного курсу “Гідроекологія”

Тема заняття	Дослідження
Визначення деяких фізичних показників води	1. Визначення температури кипіння. 2. Визначення прозорості води.
Визначення кислотності води	1. Приготування розчину заданої концентрації. 2. Визначення загальної кислотності. 3. Визначення вільної кислотності. 4. Визначення кислотності, що залежить від слабких нелетких кислот. 5. Визначення вільної карбонатної кислоти.
Визначення загальної лужності води та її компонентів	1. Визначення загальної лужності. 2. Визначення гуматної лужності. 3. Визначення гідрогенкарбонатної, карбонатної та гідратної лужності.
Визначення твердості води	1. Приготування амоніачного буферного розчину. 2. Приготування розчину трилону Б. 3. Визначення вмісту йонів $\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Mg}^{2+}$ методом комплексометрії.
Визначення вмісту йонів феруму у воді	1. Приготування розчину залізоамонійних галунів. 2. Визначення йонів феруму фотоколориметричним методом.
Визначення вмісту хлорид-іонів у воді	1. Визначення хлорид-іонів методом меркуриметрії.
Визначення вмісту сульфід-іонів у воді	1. Приготування розчину крохмалю. 2. Приготування стандартного розчину натрій тіосульфату. 3. Визначення сульфід-іонів методом редоксиметрії.
Визначення вмісту нітрат(V)-іонів у воді	1. Приготування розчину саліцилової кислоти. 2. Визначення вмісту нітрат(V)-іонів фотоколориметричним методом.

Після закінчення факультативного курсу учні повинні мати певні знання та вміння, які б задовольнили вимогам, що ставляться до даної програми.

Основні вимоги до знань та вмінь учнів:

1. Вимоги до засвоєння теоретичного матеріалу:

- знати основні проблеми сучасної екології;
- знати, що таке гідросфера;
- знати основні причини забруднення води та методи її очищення;
- знати загальні відомості про склад:
  - атмосферних опадів;
  - морських екосистем;
  - підземних води;
  - питної води;
- знати основні аспекти охорони вод Світового океану.

2. Вимоги до виконання хімічного експерименту:

- знати основні правила поведінки в хімічній лабораторії;
- набути практичні вміння та навички у поводженні з хімічним посудом та лабораторним обладнанням і матеріалами при виконанні типових хімічних операцій;
- знати особливості визначення деяких показників якості води;
- вміти узагальнювати результати дослідження та пошук раціональних методів очистки води від забруднення.

Факультативний курс “Гідроекологія” носить аналізуючий характер.

Виконавши програму факультативного курсу “Гідроекологія” учні зможуть аналізувати, узагальнювати матеріал, робити висновки, результати своєї роботи представити у вигляді творчого звіту на підсумковій конференції.

## Анотації навчальних занять

### Заняття №1

**Тема:** Екологічні проблеми сучасності.

**Мета:** Сформувати знання учнів про екологічні проблеми сучасності.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план

1. Охарактеризувати планету Земля як місце проживання людства. Розкрити такі поняття як літосфера, атмосфера, гідросфера, їх склад і будова.

2. Навести класифікацію забруднень навколишнього середовища, санітарні вимоги до його якості. Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у різних середовищах. Гранично допустимі викиди (ГДВ).

3. Розглянути основні екологічні проблеми сучасності.

I. Проблеми атмосфери:

а) пояснити значення атмосфери в житті сучасних організмів;

б) описати події, що відбуваються під час забруднення атмосфери;

в) охарактеризувати стан повітряного басейну;

г) довести, що проблема виснаження озонового шару є глобальною;

д) пояснити механізм утворення кислотних дощів.

II. Проблеми гідросфери:

а) довести, що вода, як цінний природний ресурс, є незамінним фактором існування і розвитку життя на Землі;

б) назвати основні види забруднюючих речовин гідросфери;

в) розкрити роль міжнародного співробітництва у справі охорони гідросфери.

III. Проблеми літосфери:

а) описати механізм утворення різних видів ерозії та визначити найефективніші заходи боротьби з ерозією ґрунту;

б) викласти біологічну основу впливу недостатнього або надлишкового внесення добрив у ґрунт;

в) розкрити значення рекультивації земель, назвати два основних етапи рекультивації.

4. Зробити висновки щодо стану екології у XXI століття в Україні та світі.

### Заняття №2

**Тема:** Гідросфера – водяна оболонка Землі.

**Мета:** Сформувати поняття про гідросферу, як водяну оболонку Землі.

**Організаційна форма навчання:** лекція

#### Розширений план

1. Розкрити поняття Гідросфера.

Гідросфера – це водяна оболонка Землі.

Гідросфера – це сукупність усіх водних джерел Земної кулі: океанів, морів, річок, озер, водоймищ, болот, підземних вод, льодовиків, снігового покриву, водяної пари атмосфери та ін.

## 2. Розкрити основні функції води.

Вода, як елемент глобальної екосистеми, виконує дуже важливі функції:

а) вода – це основна складова частина всіх живих організмів (наприклад, тіло людини, на 70 % складається з води, а деякі організми, такі як медуза або огірок, на 98-99 %);

б) з участю води здійснюються численні процеси в екосистемах (наприклад, обмін речовин, тепла);

в) води Світового океану – основний кліматотворюючий фактор, головний акумулятор сонячної енергії й “кухня” погоди для всієї планети;

г) вода – один із найважливіших видів мінеральної сировини, основний природний ресурс, що споживається людством (сьогодні води використовується в тисячі разів більше, ніж нафти чи вугілля).

3. Дати характеристику основним джерелам світових запасів води. Показати, що запаси води на Землі величезні. Проте це переважно солоня вода Світового океану. Запаси прісної води, потреба людей у якій є особливо великою, незначні (35029,21 тис. км<sup>3</sup>) і вичерпні. У багатьох місцях планети відчувається нестача її для зрошення, для потреб промисловості, пиття та інших побутових потреб. Більшість прісної води сконцентрована в льодовиках Антарктиди та Гренландії. Кригою вкрито 16 млн. км<sup>2</sup> суходолу. Третє за величиною джерело води – підземні води. Вони залягають на глибині 150-200 м. Загальний їх об’єм приблизно в 100 разів більший за об’єм поверхневих прісних вод річок, озер, болот.

### Світові запаси води

Вода	Об’єм, тис. км <sup>3</sup>	Частка загальних запасів, %	Період відновлення, років
Світового океану	1338000	96,53	2500
Підземна	23400	1,68	1400
Переважно прісна			
Підземна	10530	0,76	
Ґрунтова	16,05	0,001	1
У вигляді льодовиків та снігового покриву	24064,1	1,74	9700
Озер	176,4	0,013	17
У тому числі прісна	91,0	0,007	
Солоня	85,4	0,006	
Боліт	11,47	0,0008	5
Річкових русел	2,12	0,0002	16 днів
Біологічна	1,12	0,0001	Кілька годин
Атмосферна та інша	12,9	0,001	8 днів
Загальна кількість води в атмосфері	1385984,6	100	

4. Показати, що головним водним джерелом України є річка Дніпро. Водні ресурси його басейну становлять 80 % усіх водних ресурсів України. Середньобагаторічний об’єм його стоку в гирлі дорівнює 53 км<sup>3</sup>. У маловодні роки він зменшується до 43,5 км<sup>3</sup>, а в дуже маловодні до 30 км<sup>3</sup>. Дніпро забезпечує водою не тільки водоспоживачів у межах свого басейну, а і є головним, а інколи і єдиним

джерелом водопостачання великих промислових центрів півдня і південного сходу України.

### Заняття № 3

**Тема:** Споживання прісної води та її забруднення.

**Мета:** Сформувані знання про споживання прісної води та джерела її забруднення.

**Організаційна форма навчання:** лекція

#### Розширений план

1. Навести класифікацію господарств стосовно використання води і дати їм коротку характеристику.



Промисловість використовує близько 20 % води, яка споживається людством. Кількість води, що споживається підприємством, залежить від того, яку продукцію воно випускає, від системи водопостачання (прямоточна чи оборотна) та від інших причин.

За прямоточної системи вода з джерела надходить на промисловий об'єкт, використовується в процесі виготовлення продукції, потім піддається очищенню й після цього скидається у водостік чи водойму. За оборотної системи відпрацьована вода після очищення не повертається у водойму, а знову використовується в процесі виробництва. Витрата води за такої системи набагато нижча. Наприклад, ТЕС потужністю 1 млн. кВт у разі прямого водопостачання (для охолодження агрегатів) споживає 1,5 км<sup>3</sup> води щорічно, а за оборотної системи – лише 0,12 км<sup>3</sup>, тобто в 13 разів менше.

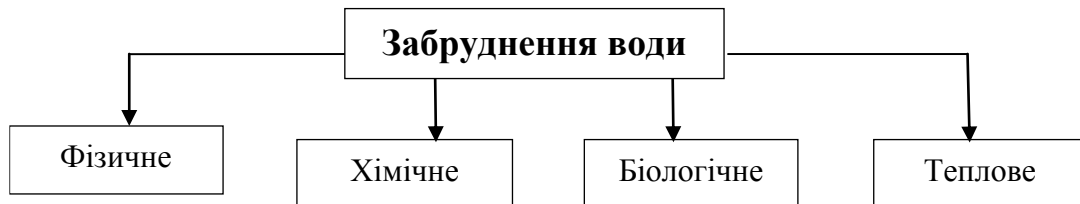
2. Показати, що кількість води (м<sup>3</sup>), необхідної для виробництва 1 т продукції, називають водоємністю виробництва. За цим показником різні виробництва дуже відмінні. Наприклад, для виробництва 1 т металопрокату потрібно 10-15 м<sup>3</sup> води, а 1 т хімволокна – 2000-5000 м<sup>3</sup>. До найбільших споживачів води в промисловості належать атомні електростанції. Так, Хмельницька АЕС, розташована у верхів'ях річки Горинь, "випиває" всю воду з цієї річки, яка колись була основним джерелом водопостачання населення й промисловості Рівненської області.

Основний же споживач води – сільське господарство (70 % її загального використання). Це зумовлено передусім збільшенням площ зрошуваного

землеробства. Зрошені землі набагато продуктивніші від незрошуваних. Сьогодні в світі площа зрошуваних земель становить 15 % загальної площі сільськогосподарських угідь, а дають ці землі понад 50 % усієї продукції.

3. Дати основну класифікацію забруднення води. Відмітити, що в результаті діяльності людей гідросфера змінюється:

- кількісно – зменшення кількості води, придатної для використання;
- якісно – зміна складу води, тобто забруднення.



4. Розкрити суть всіх видів забруднення води.

Фізичне забруднення води пов'язане зі зміною її фізичних властивостей – тверді частинки знижують прозорість води, пригнічують розвиток водяних рослин, забивають зябра риб та інших водяних тварин, погіршують смакові якості води, а іноді роблять її взагалі непридатною для споживання.

Фізичне забруднення відбувається внаслідок:

- а) накопичення в ній нерозчинних домішок – піску, глини, мулу в результаті змивання дощовими водами з розораних ділянок (полів);
- б) надходження суспензій з підприємств гірничорудної промисловості;
- в) потрапляння пилу, що переноситься вітром за сухої погоди тощо.

Хімічне забруднення відбувається через надходження у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічного (кислоти, луги, мінеральні солі) та органічного (нафта й нафтопродукти, мийні засоби, пестициди тощо) складу.

Шкідлива дія токсичних речовин, що потрапляють у водойми, посилюються за рахунок кумулятивного ефекту – прогресуюче збільшення вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга. Наприклад, у фітопланктоні концентрація шкідливої сполуки часто виявляється в десятки разів вищою, ніж у воді, у зоопланктоні (личинки, дрібні рачки тощо) – в десятки разів вищою, ніж у фітопланктоні, в рибі, яка харчується зоопланктоном, – ще в десятки разів вищою. А в організмі хижих риб (таких, як щука чи судак) концентрація отрути збільшується ще в десять разів і, отже, буде в десять тисяч разів вищою, ніж у воді.

До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, великі тваринницькі комплекси, гірничорудна промисловість.

Біологічне забруднення полягає у надходженні до водойм з стічними водами різних мікроорганізмів (бактерій, вірусів), спор грибів, яєць гельмінтів і т. д., багато з яких є хвороботворними для людей, тварин і рослин.

Серед біологічних забруднювачів перше місце посідають комунально-побутові стоки (особливо, якщо вони не очищені або очищені недостатньо), а також стоки цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств з обробки шкір, деревообробних комбінатів. Особливо небезпечне біологічне забруднення водойм у місцях масового відпочинку людей (курортні зони на узбережжях морів). Через поганий стан каналізаційних систем та очисних споруд останніми роками нерідко закривалися

пляжі на узбережжях Чорного й Азовського морів, оскільки в морській воді було виявлено збудників таких небезпечних захворювань, як холера, дизентерія, вірусний гепатит та ін.

Теплове забруднення води відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та інших енергетичних об'єктів.

Тепла вода змінює термічний і біологічний режими водойм і шкідливо впливає на їхніх мешканців. Як свідчать спостереження, у річках, які розташовані нижче від діючих ТЕС і АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражаються хворобами й паразитами.

#### 5. Розкрити основні показники якості води.

Показати, що природні води характеризуються: 1) вмістом грубодисперсних домішок (частинок піска, глинистих речовин та ін.), які визначають їхню прозорість або каламутність, 2) присутністю забарвлених органічних речовин, які обумовлюють їхнє забарвлення, 3) наявністю смаку та запаху; смак у більшості випадків залежить від складу і кількості розчинених солей, часто також від вмісту органічних домішок; запах може бути природного або промислового походження; 4) присутністю домішок, що легко окиснюються; в залежності від окисника, який використовується, розрізняють перманганатну та біхроматну окисність; 5) кислотність природних вод з рН більше 4,5 обумовлена наявністю вільної вуглекислоти, гумінових та інших слабких органічних кислот, з рН менше 4,5 – сильними кислотами та солями сильних кислот і слабких основ. Розрізняють загальну кислотність, вільну кислотність, кислотність, яка залежить від слабких нелетких кислот, вільну вуглекислоту, агресивну вуглекислоту; 6) лужність, яка визначається як сума молярних концентрацій еквіваленту аніонів слабких кислот (в основному  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , гуматів та ін.); 7) твердістю, яка дорівнює сумі молярних концентрацій еквіваленту катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  у воді; 8) сухим залишком – умовним показником, який визначає вміст розчинених у природній воді мінеральних та колоїдних домішок, що залишаються після випаровування води; 9) загальним солевмістом – сумарною концентрацією розчинних у природній воді мінеральних солей, розрахованої за результатами окремих визначень; 10) присутністю бактеріальних забруднень та окремо патогенних мікробів; 11) наявністю біологічних забруднень різного виду водоростей.

До головних розчинних мінеральних компонентів природних вод належать йони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  гази  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . В малих кількостях містяться йони  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{BO}_2^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{HSO}_3^-$  і гази  $\text{CH}_4$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{Rn}$ . Інші речовини знаходяться у воді у дуже малих кількостях.

У воді добре розчинні низькомолекулярні органічні речовини: аліфатичні амінокислоти, піридин та його гомологи, сульфокислоти, вуглеводи (моно-, ди- та трисахариди), феноли (в тому числі багатоатомні), хінолін та його гомологи, низщі аліфатичні карбонові кислоти (одно-, двух- та багатоосновні) та їхні галогенозаміщені, кетокислоти, кетони та їхні галогенозаміщені, солі органічних кислот (амонійні та лужних металів) і основ (хлориди).



## Заняття № 4

**Тема:** Стічні води та методи її очищення.

**Мета:** Сформувані знання учнів про самоочистку стічних вод та методи їх очищення.

**Організаційна форма навчання:** лекція

### Розширений план

1. Розкрити поняття самоочищення стічних вод.

Самоочищення – це розбавлення стічних вод, випадіння в осаді твердих забруднювачів, хімічні, й інші природні процеси, що призводять до видалення з водойми забруднювачів і сприяють поверненню води до її первинного стану. Але здатність водойми до самоочищення має свої межі.

Велика кількість забруднених вод, наявність у них токсичних для водних біогеоценозів речовин і інші причини обмежують здатність водойми до самоочищення. Нині річки, озера та інші водойми самотужки вже не можуть подолати дедалі зростаюче антропогенне навантаження.

2. Розкрити поняття очищення стічних вод.

Очищення стічних вод – це руйнування або віддалення з них забруднюючих домішок і знищення в них хвороботворних мікробів.

Нині використовуються два основних методи очищення стічних вод: очищення в штучних умовах (на спеціально створених спорудах і установах) і в природних умовах (на полях зрошення, фільтрації, біологічних ставках тощо). Останнім часом дедалі частіше застосовують комбінацію цих двох методів. Забруднені стічні води очищають в основному трьома способами:

- механічним;
- хімічним;
- біологічним.

3. Дати коротку характеристику методів очищення стічних вод:

а) механічне очищення полягає у видаленні із стічних вод, нерозчинних речовин (піску, намулу, глини), а також жирів, нафтопродуктів, смол тощо. Для цього використовують решітки, пісколовки, сита, відстійники, а також спеціальні фільтри і центрифуги. Сучасними передовими методами на кращих установах із стічних вод виділяється до 95 % твердих нерозчинних домішок.

б) хімічне очищення стічних вод відбувається після їх механічного очищення. Цей спосіб передбачає внесення в забруднену різними сполуками воду спеціальних речовин-реагентів, які вступаючи в реакцію з забруднювачами, утворюють нешкідливі сполуки або нерозчинні речовини, що випадають в осад і виділяються. Хімічні методи очищення дуже часто доповнюють фізико-хімічними, такими як випаровування, екстракція, нейтралізація, поглинання домішок спеціальними речовинами-сорбентами тощо.

в) біологічний метод застосовується для очищення вод, оброблених механічним і хімічним шляхом. Цей спосіб полягає у використанні природних або штучних водойм, у яких розводять спеціальні мікроорганізми, що харчуються органічними домішками, наявними у стічних водах (органічними кислотами, білками, вуглеводами, фенолами тощо), розкладаючи їх на прості нешкідливі сполуки (воду, вуглекислий газ, мінеральні солі).

Але нажаль, деякі особливо токсичні води хімічних підприємств взагалі неможна очистити сучасними методами. Їх доводиться захороняти, закачуючи в підземні сховища. Таким чином створюються небезпечні об'єкти, бо завжди існує загроза прориву таких вод у підземні водоносні горизонти.

### Заняття № 5

**Тема:** Визначення деяких фізичних показників води.

**Мета:** Сформувати вміння визначати фізичні показники води.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання:

1. Оволодіти технікою визначення температури кипіння води.
2. Оволодіти прийомами визначення прозорості води.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути основні фізичні властивості води.
2. Засвоїти методики визначення в лабораторних умовах фізичних показників води.

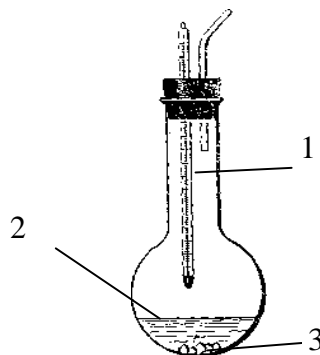
#### Література:

2. Кульський Л.А., Гороновський І.Т., Когановський А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 5-39, 267-279.

**Обладнання та реактиви:** прилад для визначення температури кипіння (пробірка, або круглодонна колба з гумовою пробкою зі вставленим термометром), кип'ятильні камінці, прилад Снеллера – градуйований через сантиметр скляний циліндр, шриффт, проби води.

#### Хід роботи:

1. Визначення температури кипіння води  
Зібрати прилад для визначення температури кипіння (рис. 1.) і закріпити його у штатив;



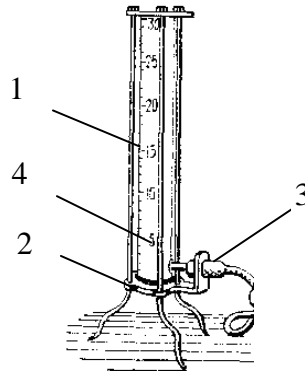
**Рис.1. Прилад для визначення температури кипіння:**

1 – термометр; 2 – колба з рідиною; 3 – кип'ятильні камінці.

В колбу приблизно на 1/4 її місткості налити пробу води. Термометр встановлюють так, щоб його кулька була на невеликій віддалі від поверхні рідини, але не торкалася її. Колбу нагрівають над нагрівальним приладом і через деякий час спостерігають кипіння рідини і відзначають покази термометра – це і буде температура кипіння рідини при даному атмосферному тиску.

## 2. Визначення прозорості води

Зібрати прилад Снеллера – прилад для визначення прозорості води (метод – по шрифту).



**Рис. 2. Прилад Снеллера для визначення прозорості води:**

1 – градуйований через сантиметр скляний циліндр висотою 30 см та діаметром 2,5-3 см; 2 – підставка для циліндра; 3 – кран для злиття води; 4 – шрифт.

В зібраний прилад налити води, та добре збовтати рідину. Після збовтування проби циліндр встановлюють на відстані 40 мм над шрифтом з висотою букв 3,5 мм. Потім воду спускають з невеликою швидкістю до появи в полі зору шрифту.

Визначення прозорості проводять в добре освітленому приміщенні, але не на прямому сонячному промені.

Прозорість води відповідає висоті її стовпа у сантиметрах.

## Заняття № 6

**Тема:** Визначення кислотності води.

**Мета:** Сформувати вміння визначати задані типи кислотності води.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Оволодіти прийомами та технікою визначення загальної кислотності води.
2. Оволодіти прийомами та технікою визначення вільної кислотності води.
3. Оволодіти прийомами та технікою визначення кислотності води, яка залежить від слабких нелетких кислот.
4. Навчитися проводити розрахунки даних показників.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Засвоїти причини, що обумовлюють всі види кислотності води.
2. Розглянути вплив кислотності на якість води.
3. Засвоїти методики визначення всіх видів кислотності води.

## Література:

1. Кульський Л.А., Гороновський І.Т., Когановський А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 281-285.

2. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – С. 93-106, 121-136, 158-183.

**Обладнання та реактиви:** піпетки (100 см<sup>3</sup>), бюретки (25 см<sup>3</sup>), конічні колби (250 см<sup>3</sup>), мірні колби (100 см<sup>3</sup>), електроплитки, розчин натрій гідроксиду [C(1/1NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>], розчин фенолфталеїну [w(ф-ф) = 0,1 %], розчин метилового оранжевого [w(м-о) = 0,1 %], розчин сегнетової солі [w(KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>) = 50 %], нейтралізований розчин натрій гідроксиду до блідо-рожевого забарвлення.

## Хід роботи:

### 1. Визначення загальної кислотності

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, помістити у конічну колбу, додати 5-10 крапель розчину фенолфталеїну і титрувати розчином натрій гідроксиду [C(1/1NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] до появи слабо-рожевого забарвлення розчину.

Загальну кислотність розрахувати за формулою:

$$C(H^+)_{\text{заг.}} = \frac{C(1/1NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/1H^+) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(H^+)_{\text{заг.}}$  – загальна кислотність, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/1NaOH)$  – молярна концентрація еквіваленту розчину натрій гідроксиду, моль/дм<sup>3</sup>;

$V(NaOH)$  – об'єм розчину натрій гідроксиду, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби взятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

$M(1/1H^+)$  – молярна маса еквіваленту протону, г/моль.

### 2. Визначення вільної кислотності

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, помістити у конічну колбу, додати 3 краплі розчину метилового оранжевого і титрувати розчином натрій гідроксиду [C(1/1NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] до зміни червоного кольору в золотисто-рожевий. Якщо при додаванні до проби індикатора розчин стає жовтим, то вільна кислотність дорівнює нулю.

Вільну кислотність розрахувати за формулою:

$$C(H^+)_{\text{вільн.}} = \frac{C(1/1NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/1H^+) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(H^+)_{\text{вільн.}}$  – вільна кислотність, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/1NaOH)$  – молярна концентрація еквіваленту розчину натрій гідроксиду, моль/дм<sup>3</sup>;

$V(NaOH)$  – об'єм розчину натрій гідроксиду витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби взятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

$M(1/1H^+)$  – молярна маса еквіваленту протону, г/моль.

### 3. Визначення кислотності, що залежить від слабких нелетких кислот

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, яка нейтралізована за метиловим оранжевим, помістити у конічну колбу та кип'ятити 2 хв., швидко охолодити додати

5-10 крапель фенолфталеїну і титрувати розчином [ $C(1/1NaOH) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>], до появи стійкого рожевого забарвлення.

Кислотність розрахувати за формулою:

$$C(H^+)_{сл.} = \frac{C(1/1NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/1H^+) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(H^+)_{сл.}$  – кислотність, що обумовлена слабкими кислотами, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/1NaOH)$  – молярна концентрація еквіваленту розчину натрій гідроксиду, моль/дм<sup>3</sup>;

$V(NaOH)$  – об'єм розчину натрій гідроксиду витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби взятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

$M(1/1H^+)$  – молярна маса еквіваленту протону, г/моль.

#### 4. Визначення вільної карбонатної кислоти

За допомогою мірної колби відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, додати в колбу 10 крапель фенолфталеїну і титрувати розчином натрій гідроксиду [ $C(1/1NaOH) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>] до появи стійкого на протязі 2-3 хв. рожевого забарвлення.

Розчин натрій гідроксиду додавати малими порціями, закриваючи кожен раз колбу пробкою і ретельно перемішуючи її вміст. При точному аналізі визначення повторюють, зразу вливаючи в колбу з пробкою майже весь об'єм розчину натрій гідроксиду, що був визначений при першому титруванні.

Вільну карбонатну кислоту розрахувати за формулою:

$$C(CO_2)_{вил.} = 44 \cdot \left[ \frac{C(1/1NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/1H^+)}{V(H_2O)} \cdot C(H^+)_{вил.} - C(H^+)_{сл.} \right], \text{ де}$$

$C(CO_2)_{вил.}$  – вміст вільної карбонатної кислоти, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/1NaOH)$  – молярна концентрація еквіваленту розчину натрій гідроксиду, моль/дм<sup>3</sup>;

$V(NaOH)$  – об'єм розчину натрій гідроксиду витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби взятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

$M(1/1H^+)$  – молярна маса еквіваленту протону, г/моль.

### Заняття № 7

**Тема:** Визначення загальної лужності та її компонентів.

**Мета:** Сформуванню вміння визначати загальну лужність та її компоненти.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання:

1. Оволодіти технікою та прийомами визначення різних типів лужності води, а саме: гуматної, гідрогенкарбонатної, карбонатної та гідратної лужності.
2. Навчитися проводити розрахунки даних показників.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. З'ясувати вплив відхилення лужності на якість води.
2. Засвоїти методики визначення всіх типів лужності.

### Література:

1. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 286-290.

2. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – С. 293-345.

3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – С.93-106, 121-136, 158-183.

**Обладнання та реактиви:** піпетки (100 см<sup>3</sup>), колби конічні (250 см<sup>3</sup>), бюретки (25 см<sup>3</sup>), електроплитки, розчин хлоридної кислоти [C(1/1HCl) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] або сульфатної кислоти [C(1/2H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>], розчин натрій гідроксиду [C(1/1NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>], розчин метилового оранжевого [w(м-о) = 0,1 %], розчин фенолфталеїну [w(ф-ф) = 0,1 %].

### Хід роботи:

#### 1. Визначення загальної лужності

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, помістити у конічну колбу, додати 2-3 краплі метилового оранжевого і титрувати розчином кислоти до переходу забарвлення з жовтого в золотисто-рожеве.

Загальну лужність розрахувати за формулою:

$$C(OH^-) = \frac{C(1/1HCl) \cdot V_1(HCl) \cdot M(1/1OH^-) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

C(OH<sup>-</sup>) – загальна лужність, мг/см<sup>3</sup>;

C(1/1HCl) – молярна концентрація еквіваленту розчину хлоридної кислоти, моль/дм<sup>3</sup>;

V(HCl) – об'єм розчину хлоридної кислоти витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

V(H<sub>2</sub>O) – об'єм проби, см<sup>3</sup>;

M(1/1OH<sup>-</sup>) – молярна маса еквіваленту гідроксид-іонів г/моль.

При загальній лужності води нижче 0,4 мг/см<sup>3</sup> пробу титрують розчином хлоридної кислоти [C(1/1HCl) = 0,05 моль/дм<sup>3</sup>].

#### 2. Визначення гуматної лужності

Після визначення загальної лужності до відтитрованої проби додати 1 см<sup>3</sup> розчину хлоридної кислоти [C(HCl) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>], кип'ятити 2-3 хв. та швидко охолодити. Пробу титрувати розчином натрій гідроксиду [C(NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] в присутності фенолфталеїну.

Гуматну лужність розрахувати за формулою:

$$C(OH^-) = \frac{C(1/1NaOH) \cdot V_2(NaOH) \cdot M(1/1OH^-) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

C(1/1NaOH) – молярна концентрація еквіваленту розчину натрій гідроксиду, моль/дм<sup>3</sup>;

V<sub>2</sub>(NaOH) – об'єм розчину натрій гідроксиду витрачений на титрування, см<sup>3</sup>.

### 3. Визначення гідрокарбонатної, карбонатної та гідратної лужності

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, перенести у конічну колбу, додати 5-10 крапель розчину фенолфталеїну і титрувати розчином хлоридної кислоти [C(1/1HCl) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] до знебарвлення розчину.

Крім того визначити лужність води за метиловим оранжевим C(OH<sup>-</sup>)<sub>м.о.</sub> (звичайно приймають, що вона дорівнює C(OH<sup>-</sup>)<sub>заг.</sub>, загальний вміст солей (чи сухий залишок), рН та температуру води (для розрахунків по номограмам: [1] – С. 283-285, 288-289).

$$C(OH^-)_{\text{ф.}} = \frac{C(1/1HCl) \cdot V_3(HCl) \cdot M(1/OH^-) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

C(OH<sup>-</sup>)<sub>ф.</sub> – лужність води за фенолфталеїном, мг/см<sup>3</sup>;

C(1/1HCl) – молярна концентрація еквіваленту розчину хлоридної кислоти, моль/дм<sup>3</sup>;

V<sub>3</sub>(HCl) – об'єм розчину хлоридної кислоти, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

M(1/OH<sup>-</sup>) – молярна маса еквіваленту гідроксид-іонів, г/моль.

Розрахунки гідроген карбонатної, карбонатної та гідратної лужності виконуються по таблицям і номограмам: [1] – С. 283-285, 288-289.

Співвідношення між C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub> та C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub>	Вода містить	Розрахунок компонентів загальної лужності		
		гідрогенкарбонат-іони	карбонат-іони	гідроксид-іони
C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub> = 0	гідрогенкарбонати	C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>	0	0
2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> < C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>	гідрогенкарбонати та карбонати	C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub> - 2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub>	2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub>	0
2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> = C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>	карбонати	0	2(C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub> - C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> )	0
2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> > C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>	карбонати та гідроксиди	0	2(C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> - C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub> )	2C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> - C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>
C(OH <sup>-</sup> ) <sub>ф.</sub> = C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>	гідроксиди	0	0	C(OH <sup>-</sup> ) <sub>м.о.</sub>

### Заняття № 8

**Тема:** Води атмосферних опадів, їх кількість та склад.

**Мета:** Сформувати знання учнів про води атмосферних опадів.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план

1. Звернути увагу, що кількість атмосферної води, яка випадає на земну поверхню за рік, обумовлюється в основному наявністю в Світовому океані теплих і холодних течій, наявністю постійних вітрів і існуванням гірських масивів на суходолі.

Більша частина атмосферної води інфільтрується в ґрунті, частина потрапляє в річки і водойми, частина – випаровується.

Підраховано, що 1 дм<sup>3</sup> води, який випадає у вигляді дощу (краплі масою 50 мг) з висоти 1 км, “промиває” 3,3·10<sup>5</sup> дм<sup>3</sup> повітря. Тому хімічний склад опадів в значній мірі визначається чистотою атмосфери в даній місцевості.

2. Розглянути склад атмосферної води.

Довести, що атмосферна вода завжди містить розчиненні кисень, вуглекислий газ, інертні гази.

На формування хімічного складу атмосферних опадів прибережних областей впливають солі, які приносяться повітряними потоками. Збільшення хлорид-іонів відмічається коли домінують вітри з морів.

Збільшення концентрації сульфат-іонів в атмосферних водах спостерігається біля великих міст з розвинутою промисловістю, а також в зимовий період в результаті збільшення кількості спалюваного палива.

### Заняття № 9

**Тема:** Визначення твердості води.

**Мета:** Сформувати вміння визначати твердість води.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання

1. Засвоїти техніку приготування амоніачного буферного розчину та розчину трилону Б.
2. Оволодіти технікою та прийомами визначення твердості води.
3. Навчитися проводити розрахунки даних показників.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути види твердості води.
2. Визначити за наявності чого спричиняється та чи інша твердість води.
3. Розглянути методи усунення твердості води.
4. Засвоїти методику визначення твердості води.

#### Література:

1. Кульський Л.А., Гороновський І.Т., Когановський А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 290-292.

2. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – С. 378-383.

3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – С. 329-346.

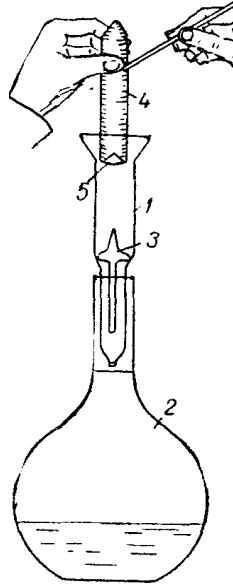
**Обладнання та реактиви:** колби конічні (250 см<sup>3</sup>), піпетки (5 та 100 см<sup>3</sup>), бюретки (25 см<sup>3</sup>), електроплитки, розчин трилону Б [C(1/2TrБ) = 0,05 моль/дм<sup>3</sup>], розчин хлоридної кислоти [C(HCl) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>], індикатор еріохром чорний Т, амоніачний буферний розчин (рН = 8-10).

#### Хід роботи:

1. Приготування амоніачного буферного розчину з рН = 10  
У дистильованій воді об'ємом 100 см<sup>3</sup> розчинити амоній хлорид масою 26,8 г і змішати з концентрованим розчином амоніаку об'ємом 300 см<sup>3</sup>.
2. Приготування розчину трилону Б



Для виготовлення заданого титрованого розчину трилону Б із фіксаналу – ампулу, попередньо вимиту ззовні, розбити над спеціальною або звичайною воронкою. Для цього воронку вставити в шийку мірної колби (рис.3.) і опустити в неї скляний шип. Ампулу нижньою частиною опустити на скляний шип і пробити її, потім скляною паличкою або іншим загостреним предметом пробити верхівку ампули. Потім через фіксанал пропустити дистильовану воду доти, поки вся сіль не перейде у мірну колбу. Коли ампула стане пустою її прибрати (обережно щоб не порізатись) і викинути у скляні відходи. Вміст мірної колби довести до мітки і добре перемішати.



**Рис. 3. Прилад для приготування розчину трилону Б:**

1 – воронка; 2 – колба ємністю 1000 см<sup>3</sup>; 3 – скляний шип; 4 – фіксанал з сіллю; 5 – дно фіксаналу; 6 – скляна паличка.

### 3. Визначення загальної жорсткості води

Відібрати пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, додати розчин хлоридної кислоти, що еквівалентний лужності води, та буферний розчи об'ємом 5 см<sup>3</sup>, невеликими порціями індикатор еріохром чорний до появи винно-рожевого забарвлення розчину. Суміш нагріти до температури 40 °С і титрувати робочим розчином трилону Б до переходу забарвлення в фіолетово-синє.

Жорсткість води розрахувати за формулою:

$$C(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = \frac{C(1/2\text{TrA}) \cdot V(\text{TrA}) \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})}, \text{ де}$$

$C(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+})$  – загальна твердість води, моль/дм<sup>3</sup>;

$C(1/2\text{Tr B})$  – молярна концентрація еквіваленту розчину трилону Б, моль/дм<sup>3</sup>;

$V(\text{Tr B})$  – об'єм трилону Б витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$V(\text{H}_2\text{O})$  – об'єм води взятий для аналізу, см<sup>3</sup>.

Карбонатна твердість води відповідає загальній лужності. Некарбонатна твердість дорівнює різниці загальної та карбонатної твердості.

## Заняття № 10

**Тема:** Визначення вмісту йонів феруму у воді.

**Мета:** Сформувані вміння визначати йони феруму у воді.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Засвоїти теоретичні основи методу, апаратуру, техніку виконання аналізів за допомогою фотоколориметрії.
2. Оволодіти технікою та прийомами визначення вмісту йонів феруму фотоколориметричним методом.
3. Провести розрахунки вмісту йонів феруму у воді.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Визначити основні шляхи насичення води йонами феруму.
2. Розглянути вплив йонів феруму на організм людини.
3. Засвоїти методику фотоколориметричного методу визначення йонів феруму у воді.

### Література:

1. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – С. 418-433.

3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 3. – С. 244-259.

**Обладнання та реактиви:** фотоколориметр КФК-2, мірні колби (100 см<sup>3</sup>, 500 см<sup>3</sup>), піпетки (1, 2, 10, 20, 50, 100 см<sup>3</sup>), лійки для фільтрування, фільтрувальний папір, хімічні стакани (250 см<sup>3</sup>), електроплитки, розчин амоній хлориду [C(1/1NH<sub>4</sub>Cl) = 2 моль/дм<sup>3</sup>], розчин амоній гідроксиду [w(NH<sub>4</sub>OH) = 12,5 %], розчин сульфасаліцилової кислоти [w(HOSC<sub>6</sub>H(OH)COOH) = 20 %], розчин нітратної кислоти (ρ = 1,4 г/см<sup>3</sup>), концентрована сульфатна кислота, стандартний розчин залізоамонійних галунів [C(Fe<sup>3+</sup>) = 0,1 мг/см<sup>3</sup>], робочий розчин залізоамонійних галунів (розчинити 50,0 см<sup>3</sup> стандартного розчину залізоамонійних галунів в мірній колбі об'ємом 500 см<sup>3</sup>).

### Хід роботи:

1. Приготування робочого розчину залізоамонійних галунів

У мірній колбі ємністю 1000 см<sup>3</sup> розчинити залізоамонійні галуни масою 50 г в свіжокип'яченій охолодженій дистильованій воді об'ємом 300 см<sup>3</sup>. Потім розчин профільтрувати, додати до нього концентровану сульфатну кислоту об'ємом 30 см<sup>3</sup>, після чого довести об'єм до мітки мірної колби.

2. Побудова калібрувальної кривої

У ряд мірних колб об'ємом 100 см<sup>3</sup> різними піпетками точно відміряти 0; 1,0; 2,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0; 80,0; 100,0 см<sup>3</sup> робочого стандартного розчину залізоамонійних галунів, що відповідає концентрації 0; 0,1; 0,2;..... 10 мг феруму в 1 см<sup>3</sup>. В кожену колбу додати розчин амоній хлориду об'ємом 2 см<sup>3</sup>, розчин сульфосаліцилової кислот об'ємом 2 см<sup>3</sup>, розчин амоній гідроксиду об'ємом 2 см<sup>3</sup>,

перемішати суміш і дистильованою водою довести об'єм у мірній колбі до 100 см<sup>3</sup>, знову перемішати. Через 5 хв. виміряти оптичну густину за відношенням до холостої проби (холостою пробою є перший розчин еталонної серії, куди стандартний розчин феруму не вводили), вибравши відповідний світлофільтр .

За одержаними даними побудувати графік в координатах “оптична густина – масова концентрація феруму”.

### 3. Визначення вмісту йонів феруму

Пробу об'ємом 100 см<sup>3</sup> (чи меншого об'єму але доведеного до 100 см<sup>3</sup> дистильованою водою), що містить 0,01÷1,0 мг йонів феруму, помістити у мірну колбу ємністю 100 см<sup>3</sup>, додати концентровану нітратну кислоту об'ємом 0,5 см<sup>3</sup> і упарити на електроплитці, приблизно вдвічі. Концентрований розчин розбавити водою і відфільтрувати, збираючи фільтрат у мірну колбу об'ємом 100 см<sup>3</sup>. Фільтр промити, а фільтрат у колбі довести до об'єму близько 80 см<sup>3</sup>. До обробленої таким чином проби прилити піпетками розчин амоній хлориду об'ємом 2 см<sup>3</sup>, розчин сульфосаліцилової кислот об'ємом 2 см<sup>3</sup>, розчин амоній гідроксиду об'ємом 2 см<sup>3</sup>, перемішати суміш і дистильованою водою довести об'єм у мірній колбі до 100 см<sup>3</sup>, знову перемішати. Через 5 хв. виміряти оптичну густину за відношенням до холостої проби, вибравши відповідний світлофільтр .

Розрахунки вмісту йонів феруму у воді провести за формулою:

$$C(Fe^{3+}) = \frac{C_x(Fe^{3+}) \cdot V_1}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(Fe^{3+})$  – масова концентрація йонів феруму, що знайдена за калібрувальним графіком, мг/см<sup>3</sup>;

$V_1$  – об'єм мірної колби, у якій велось визначення, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби води, взятої для аналізу, см<sup>3</sup>.

## Заняття № 11

**Тема:** Визначення вмісту хлорид-іонів у воді.

**Мета:** Сформувати вміння визначати вміст хлорид-іонів у воді методом меркуриметрії.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Засвоїти теоретичні основи методів осадження: аргентометрії, меркуриметрії, меркурометрії.

2. Оволодіти технікою та прийомами визначення вмісту хлорид-іонів методом меркуриметрії.

3. Провести розрахунки вмісту хлорид-іонів у воді.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути класифікацію методів осадження.

2. Засвоїти теоретичні основи методів осадження: аргентометрії, меркуриметрії, меркурометрії.

3. Засвоїти методику проведення меркуриметрії.

4. Розглянути вплив хлорид-іонів на організм людини.

### Література:

1. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 344-346.

2. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – С. 368-378.

3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – С. 289-329.

**Обладнання та реактиви:** піпетки (100 см<sup>3</sup>, 1 см<sup>3</sup>), бюретки (25 см<sup>3</sup>), колби конічні (250 см<sup>3</sup>), лійки для фільтрування, фільтрувальний папір, розчин гідраргірум(II) нітрату [C(1/2Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) = 0,05 моль/дм<sup>3</sup>], розчин нітратної кислоти [C(1/1(HNO<sub>3</sub>) = 2 моль/дм<sup>3</sup>], змішаний індикатор (дифенілкарбазон та бромфеноловий синій).

### Хід роботи:

#### 1. Визначення вмісту хлорид-йонів

Відібрати профільтровану пробу об'єм 100 см<sup>3</sup>, вмістити у конічну колбу і додати індикатор об'єм 0,3 см<sup>3</sup> та декілька крапель розчину нітратної кислоти до переходу забарвлення з синє-зеленого в жовте. Після цього додати ще кислоти об'ємом 0,25 см<sup>3</sup>. Потім титрувати пробу розчином гідраргірум(II) нітрату до переходу забарвлення в фіолетове. Кількість гідраргірум(II) нітрату, необхідну для зміни забарвлення індикаторів, визначають в холостому досліді з бідистилятом. До сильно кислих розчинів додають розчин натрій гідроксиду [C(1/1NaOH) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>] до появи синьо-зеленого забарвлення та розчин нітратної кислоти, як вказано вище. Титрування повторити 3 рази.

Розрахунки:

$$C(Cl^-) = \frac{C(1/2Hg(NO_3)_2) \cdot [V_1(Hg(NO_3)_2) - V_2(HgNO_3)_2] \cdot C(1/1Cl^-) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(Cl^-)$  – вміст хлорид-йонів, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/2Hg(NO_3)_2)$  – молярна концентрація еквіваленту розчину гідраргірум(II) нітрату, моль/дм<sup>3</sup>;

$V_1(Hg(NO_3)_2)$  – об'єм розчину гідраргірум(II) нітрату витрачений на титрування проби, см<sup>3</sup>;

$V_2(Hg(NO_3)_2)$  – об'єм розчину гідраргірум(II) нітрату витрачений на титрування холостої проби, см<sup>3</sup>;

$C(1/1Cl^-)$  – молярна маса еквіваленту хлорид-йонів, г/моль;

$V(H_2O)$  – об'єм проби взятий для аналізу, см<sup>3</sup>.

### Заняття № 12

**Тема:** Визначення вмісту сульфід-іонів у воді.

**Мета:** Сформувати вміння визначати вміст сульфід-йонів у воді методом ред-оксиметрії.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

### Завдання:

1. Засвоїти теоретичні основи методів редоксиметрії: перманганатометрії, йодометрії.
2. Оволодіти технікою та прийомами визначення вмісту сульфід-йонів методом йодометрії.
3. Провести розрахунки вмісту сульфід-йонів у воді.

### Завдання для самостійної підготовки:

1. Розглянути класифікацію методів редоксиметрії.
2. Засвоїти теоретичні основи методів: перманганатометрії, йодометрії.
3. Ознайомитись з методикою проведення йодометрії.
4. Розглянути вплив сульфід-йонів на організм людини.
5. Визначити основні шляхи потрапляння сульфід-йонів у воду.

### Література:

1. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1. – С. 344-346.
2. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1979. – С. 347-368.
3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – С. 211-244.

**Обладнання та реактиви:** конічні колби ( $250\text{ см}^3$ ), мірні колби ( $200\text{ см}^3$ ), піпетки ( $5\text{ см}^3$ ), бюретки ( $25\text{ см}^3$ ), розчин цинк ацетату [ $w(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = 10\%$ ] або кадмій хлориду [ $w(\text{CdCl}_2) = 25\%$ ], розчин натрій гідроксиду [ $w(\text{NaOH}) = 25\%$ ], розчин йоду [ $C(1/2\text{I}_2) = 0,1\text{ моль/дм}^3$ ], стандартний розчин натрій тіосульфату [ $C(1/2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01\text{ моль/дм}^3$ ], розчин крохмалю [ $w(\text{крохмалю}) = 0,5\%$ ], розчин хлоридної кислоти (1:1).

### Хід роботи:

1. Визначення вмісту сульфід-йонів

Відібрати за допомогою мірної колби пробу об'ємом  $200\text{ см}^3$ , перенести в конічну колбу і додати розчин солі цинку або кадмію об'ємом  $1\text{ см}^3$  та  $0,5\text{ см}^3$  розчин натрій гідроксиду об'ємом  $0,5\text{ см}^3$ . Вміст колби перемішати і чекати, поки випаде осад. Надосадну рідину обережно злити (весь осад повинен залишитися у колбі). До вмісту колби додати розчин йоду об'ємом  $5\text{ см}^3$  та розчин хлоридної кислоти об'ємом  $10\text{ см}^3$  і залишити колбу в темному місці на 5 хв. Після завершення реакції йод, що залишився, відтитрувати стандартним розчином натрій тіосульфату до слабо жовтого забарвлення, додати крохмаль об'ємом  $1\text{ см}^3$  і продовжити титрування до знебарвлення рідини. Титрування повторити 3 рази.

Потім таким же чином титрувати розчин йоду об'ємом  $5\text{ см}^3$ , розбавленого дистильованою водою до об'єму  $200\text{ см}^3$ .

Розрахунки провести за формулою:

$$C(S^{2-}) = \frac{[V_2(Na_2S_2O_3) - V_1(Na_2S_2O_3)] \cdot C(1/2Na_2S_2O_3) \cdot M(1/2S^{2-}) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ де}$$

$C(S^{2-})$  – вміст сульфід-йонів у воді, мг/см<sup>3</sup>;

$C(1/2 Na_2S_2O_3)$  молярна концентрація еквіваленту стандартного розчину натрій тіосульфату, моль/дм<sup>3</sup>;

$M(1/2S^{2-})$  – молярна маса еквіваленту сульфід-йонів, г/моль;

$V_1(Na_2S_2O_3)$  – об'єм розчину натрій тіосульфату витрачений на титрування надлишку йоду після його реакції з сульфідами, см<sup>3</sup>;

$V_2(Na_2S_2O_3)$  – об'єм розчину натрій тіосульфату, витрачений на титрування розчину йоду об'ємом 5 см<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>;

$V(H_2O)$  – об'єм проби води, що узята для аналізу, см<sup>3</sup>.

### Заняття № 13

**Тема:** Визначення вмісту нітрат-йонів у воді.

**Мета:** Сформувати вміння визначати вміст нітрат-йонів у воді.

**Організаційна форма навчання:** практична робота.

#### Завдання:

1. Засвоїти теоретичні основи методу, апаратуру, техніку виконання аналізів за допомогою фотоколориметрії.
2. Оволодіти технікою та прийомами визначення вмісту нітрат-йонів фотоколориметричним методом.
3. Провести розрахунки вмісту нітрат-йонів у воді.

#### Завдання для самостійної підготовки:

1. Визначити основні шляхи потрапляння нітрат-йонів у воду.
2. Розглянути вплив нітрат-йонів на організм людини.
3. Засвоїти методику фотоколориметричного методу визначення нітрат-йонів у воді.

#### Література:

1. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – С. 418-433.
3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 3. – С. 244-259.

**Обладнання та реактиви:** фотоколориметр КФК-2, мірні колби (50, 100, 1000 см<sup>3</sup>), піпетки (1,2, 5, 10 см<sup>3</sup>), випарні чашки, водяна баня, фільтри, стандартний розчин калій нітрату [ $C(KNO_3) = 0,1$  мг/см<sup>3</sup>], робочий розчин калій нітрату [ $C(KNO_3) = 0,01$  мг/см<sup>3</sup>], розчин натрій гідроксиду та сегнетової солі (400 г NaOH і 60 г сегнетової солі в 1 дм<sup>3</sup> розчину), розчин саліцилової кислоти (1 г кислоти в 100 см<sup>3</sup> етилового спирту), суспензія алюміній гідроксиду (125 г алюмокалієвих галунів з 1 дм<sup>3</sup> води + 55 см<sup>3</sup> концентрованого розчину амоніаку), сульфатна кислота.

### Хід роботи:

#### 1. Визначення вмісту нітрат-йонів

Після відповідної обробки проби об'ємом  $100 \text{ см}^3$ , відібрати для аналізу аликвоту об'ємом  $0,5-1,0 \text{ см}^3$ , в залежності від концентрації нітрат-іонів у воді, але так, щоб у відібраній аликвоті містилось не більше  $0,03 \text{ мг NO}_3^-$  і помістити у фарфорову чашку для випаровування. В чашку додати розчин саліцилової кислоти об'ємом  $2 \text{ см}^3$  і випарити досуха. Після охолодження сухий залишок перемішати з сульфатною кислотою об'ємом  $2 \text{ см}^3$  та залишити на  $10 \text{ хв}$ . Потім вміст чашки розбавити дистильованою водою об'ємом  $10-15 \text{ см}^3$ , додати приблизно розчин натрій гідроксиду та сегнетової солі об'ємом  $15 \text{ см}^3$ , перенести кількісно в мірну колбу ємністю  $50 \text{ см}^3$ , обмиваючи стінки чашки дистильованою водою, охолодити колбу в холодній воді до кімнатної температури, довести дистильованою водою до мітки і зразу виміряти оптичну густину забарвленого розчину в кюветах з товщиною шару  $2 \text{ см}$  по відношенню до холостого розчину, вибравши відповідний світлофільтр.

#### 2. Побудова калібрувальної кривої

У випарні фарфорові чашки відібрати аликвоти робочого розчину нітрат-йонів об'ємом від  $0,5$  до  $4,0 \text{ см}^3$  з вмістом  $0,005; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 \text{ мг}$  нітрат-іонів в об'ємі відібраної проби. У чашки додати розчин саліцилової кислоти об'ємом  $2 \text{ см}^3$  і далі діяти вже як описано вище. Оптичну густину визначити при вибраному світлофільтрі по відношенні до холостої проби (холостою пробєю є перший розчин еталонної серії, куди стандартний розчин нітрат-іонів не вводили). За одержаними даними побудувати графік в координатах "оптична густина – масова концентрація нітрат-йонів".

Розрахувати вміст нітрат-іонів за формулою:

$$C(\text{NO}_3^-) = \frac{C_x(\text{NO}_3^-) \cdot 1000 \cdot V_1}{V_{\text{пр}}}, \text{ де}$$

$C(\text{NO}_3^-)$  – вміст нітрат-йонів в досліджуваній пробі,  $\text{мг/см}^3$ ;

$C_x(\text{NO}_3^-)$  – вміст нітрат-йонів, що знайдений за калібрувальним графіком,  $\text{мг/см}^3$ ;

$V_{\text{пр}}$  – об'єм проби води, взятої для аналізу,  $\text{см}^3$ ;

$V_1$  – об'єм мірної колби, у якій велось визначення,  $\text{см}^3$ .

### Заняття № 14

**Тема:** Підземні води.

**Мета:** Сформувані знання учнів про підземні води.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

#### Розширений план

1. Ознайомити з основними теоріями утворення підземних вод.

Теорії утворення підземних вод:

I. Інфільтраційна (відбувається накопичення води в результаті фільтрації через ґрунт атмосферних опадів);

II. Конденсаційна (водяні пари підземного повітря у зв'язку відмінності їх пружності в об'ємі над поверхнею твердої фази обумовлює виникнення гігроскопічної вологості в частинках ґрунту; по мірі накопичення ця волога

переходе в крапельно-рідку гравітаційну фазу і сила тяжіння тягне за собою краплі води вниз до водного шару).

III. Ювенільна (на великій глибині земної кори в зоні метаморфізму виділяються гази, в тому числі водень і кисень, які, з'єднуючись, утворюють первородну, ювенільну воду).

IV. Седиментаційна (на дні давнього архейського моря безперервно протікав процес накопичення глиняних осадків, і після відступу морської води в нинішні границі Світового океану збереглися їх залишки в занижених містах морського дна – які потім заповнювалися і розмістились під підземними шарами).

2. Коротка характеристика підземних вод та їх якості.

Із усіх видів водних ресурсів підземні прісні води найбільш цінні для водоспоживання – вони існують навіть в пустелях і напівпустелях, стік їх найбільш стабільний (не спостерігається пересихання чи перемерзання), в більшій мірі не потребують очищення.

За В.І. Вернадським підземні води займають проміжне місце між поверхневими водами біосфери і глибинними водами, які перебувають на межі існування рідкої фази і твердими породами земної кори.

Якісний стан підземних вод в цілому кращий, ніж поверхневого стоку, хоча місцями теж спостерігається забруднення підземних вод деяких горизонтів стоками промислових підприємств, великих тваринницьких комплексів тощо. Це переважено хімічне забруднення. У Дніпровсько-Донецькій западині має місце також забруднення прісних підземних вод мінералізованими (за рахунок неякісного цементування нафтових свердловин), коли вода одних підземних горизонтів змішується з водою інших (перетоки).

Підземні води не лише вичерпуються й забруднюються, але й нераціонально використовуються. Діючим законодавством заборонено вживання прісних підземних вод не для пиття, однак у 30 містах України більше половини загальної кількості підземних вод все ще використовуються для технічних потреб.

## Заняття № 15

**Тема:** Особливості морських екосистем.

**Мета:** Сформувані знання учнів про гідрохімію морських вод.

**Організаційна форма навчання:** лекція.

### Розширений план

1. Визначити площу, яку займають морські води.

Океани і моря займають 71 % поверхні води (можливе перерахування учнями морів і океанів, так як ця інформація відома їм з курсу географії).

2. Характеристика гідрохімії морської води.

При коливанні загальної концентрації солей (солоності морської води) відношення між головними компонентами залишаються приблизно постійним (принцип Марсета). На основі цього принципу, визначивши концентрацію одного із головних йонів, можна розрахувати вміст інших.

3. Навести характеристику складу морської води.

Солоність морської води за Серенсенем (S) визначається як сума солей у грамах, які одержуються при випаровуванні 1 кг води та висушуванні сухого залишку до 480 °С; при цьому усі карбонати повинні бути перетворені в оксиди, галогени замінені хлором, а органічні речовини спалені.



Хлоридність (Cl) – вміст хлору, бромю та йоду в грамах (визначені аргенометрично) в 1 кг води у перерахунку на хлорид-іон.

Найбільша солоність морської води у тропічних широтах обумовлена сильним випаровуванням води; дуже висока вона у північно-західній частині Індійського океану (особливо у Червоному морі та Персидській затоці). Декілька знижується солоність поблизу до екватору у наслідок розведення води великою кількістю атмосферних опадів. У високих широтах в результаті танення льоду та малого випаровування солоність поверхневих морських вод знижується.

Мінералізація морської води в основному визначається головними йонами і у першу чергу хлорид-іонами та йонами натрію. Вміст деяких компонентів морської води, особливо тих які приймають участь у обміні, що здійснюється живими організмами (нітроген, фосфор, розчинений кисень), піддається значним коливанням.

Розчинність атмосферних газів у морській воді залежить від її солоності та температури, рН морської води знаходиться у межах 7,5-8,4.

Характерна зміна деяких параметрів морської води по глибині.

Органічні речовини у морській воді в основному знаходяться в розчиненому стані – 89 %; завислий детрит складає 9 %, фітопланктон – 2 %, зоопланктон  $\approx 0,2$  %.

## Заняття № 16

**Тема:** Охорона вод Світового океану.

**Мета:** Сформувати знання учнів про охорону вод Світового океану.

**Організаційна форма навчання:** лекція

### Розширений план

1. З'ясувати стан вод Світового океану.

Довести, що стан вод Світового океану нині викликає велику тривогу. Води морів і океанів забруднюються переважно водами річок, з якими щорічно до них надходить понад 320 млн. т заліза, 6,5 млн. т фосфору й інших речовин. Дуже багато забруднювачів потрапляє в Світовий океан із атмосфери: 200 тис. т свинцю, 1 млн. т вуглеводнів, 5 тис. т ртуті тощо. Близько однієї третини мінеральних добрив, що потрапляють у ґрунт, вимивається з нього і ріками виноситься в моря та океани; лише нітрогену й фосфору таким шляхом потрапляє в Світовий океан близько 62 млн. т на рік. Ці речовини викликають бурхливий розвиток деяких рослин (синьо-зелених і зелених одноклітинних водоростей), що вже не раз спричиняло “червоні припливи” в Північному, Середземному морях та інших акваторіях.

До найбільш шкідливих забруднювачів Світового океану належать нафта і нафтопродукти. Щорічно в Світовий океан потрапляють 5-10 млн. т цих забруднювачів, джерелами яких є морський транспорт і приморські міста, береговий стік, втрати під час морського добування нафти на шельфах тощо. Особливу тривогу викликають аварії великих танкерів, що перевозять нафту.

2. Визначити основні організації охорони вод Світового океану.

Проблема захисту Світового океану нині стала однією з найактуальніших, вона стосується всіх країн, навіть тих, що не мають безпосереднього виходу до океану. З огляду на це Організацією Об'єднаних Націй (ООН) розроблено і прийнято кілька важливих угод, що регулюють судноплавство, рибальство, добування корисних копалин з морських родовищ тощо.

Найвідомішою є конвенція ООН 1982 р. з морського права (“Хартія морів”), у обговоренні якої брало участь 156 країн, 20 міжурядових і понад 60 неурядових міжнародних організацій. За цією конвенцією держави, які підписали угоду, мають зберігати морське середовище та захищати його від забруднення. Це стосується всіх джерел забруднень незалежно від того, де вони розташовані на суші або на морі. З метою запобігання забруднення морського середовища з джерел, що розташовані на суші, держави зобов’язалися розробляти своє національне законодавство з урахуванням міжнародних стандартів і правил. Аналогічні вимоги поширюються і на морські судна, які плавають під прапорами цих країн.

З метою захисту економічних інтересів прибережних держав конвенцією 1982 р. передбачено встановлення в Світовому океані 200-мильних економічних зон. Цим державам надано право на розвідку, розробку та збереження природних ресурсів, які належать до живої та неживої природи, зокрема тих, що знаходяться на дні, в надрах і водах океану, а також право на управління цими ресурсами. Конвенція містить положення, які регулюють експлуатацію окремих видів живих ресурсів у економічній зоні.

У “Хартії морів” визначено також вимоги щодо охорони морського середовища під час освоєння ресурсів морського дна поза зонами національної юрисдикції.

Для постійного стеження за станом Світового океану створюється міжнародна служба моніторингу. Добрі результати дає застосування з цією метою космічних методів стеження – з спеціальних супутників можна оперативно помітити нафтові плями в Світовому океані, слідкуючи за кількістю стоків, що виносяться річками і навіть помічати танкери, капітани яких скидають в море подалі від берега брудні промивні води.

## **Заняття № 18**

**Тема:** Вода – цінний природний ресурс.

**Мета:** Узагальнити знання учнів про екологічний стан усіх сфер гідросфери.

**Організаційна форма навчання:** конференція.

Заняття проводиться у вигляді підсумкової конференції, до якої учні готують реферати, виступи, повідомлення, використовуючи додаткову літературу.

Теми рефератів:

Будова молекули води та її властивості.

Аномальні фізичні властивості води.

Теорії структури води.

Умови формування хімічного складу озерної води.

Умови формування хімічного складу річкових вод.

Дніпровські водосховища.

Походження підземних вод.

Гідрохімія морів та океанів.

Класифікація природних вод та їх домішок.

### **План реферату:**

1. Вступ.
2. Основна частина.
3. Висновки.
4. Список використаних джерел.

### Список рекомендованої літератури

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
2. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екологічних знань. – К.: Либідь, 2000. – 336 с.
3. Бабко А.К., Пилипенко А.Т. Фотометрический анализ. Общие сведения и аппаратура. – М.: Химия, 1968. – 388 с.
4. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 717 с.
5. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – М.: Оникс, 2010. – 336 с.
6. Голубев И.Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и ее охрана. – М.: Просвещение, 1985. – 191 с.
7. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1970. – Т. 2. – 456 с., Т. 3. – 472 с.
8. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – К.: Наукова думка, 1980. – Часть 1-2. – 1206 с.
9. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия – М.: Просвещение, 1975. – 478 с.
10. Лук'янова Л.Б. Основи екології. – К.: Вища школа, 2000 – 327 с.
11. Плотников Н.И. Подземные воды – наше богатство. – М.: Недра, 1990. – 206 с.
12. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 2008. – 334 с.
13. Семенов А.С. Охрана труда и техника безопасности. – М.: –Просвещение, 1976. – 22 с.
14. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды. /Под ред. Арановича Г.И. – Л.: Судостроение, 1979. – 674 с.
15. Человек и водные ресурсы. /Под ред. Н. Филипповского – М.: Знание, 1988. – 94 с.

Науково-методичне видання

**РЕЧИЦЬКИЙ Олександр Наумович**  
**ЮЗБАШЕВА Галина Сергіївна**

**ФАКУЛЬТАТИВНІ КУРСИ**  
для учнів спеціалізованих 10-11 класів  
загальноосвітніх навчальних закладів  
хімічного та біологічного профілів

**Частина II**

**Методичний посібник**

ISBN ???

**Автори:**

**Речицький Олександр Наумович** кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри органічної та біологічної хімії Херсонського державного університету

**Юзбашева Галина Сергіївна** кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри теорії і методики викладання природничо-математичних та технологічних дисциплін КВНЗ “Херсонська академія неперервної освіти”

Технічний редактор – Дудченко С.Г.

Підписано до друку 12.10.2011 р. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. др. арк. 10,0. Наклад 300.

Віддруковано у ТОВ “Айлант”  
Свідоцтво про реєстрацію ХС № 1 від 20.08.2000 р.  
73000, Україна, м.Херсон, пров.Пугачова, 5/20.  
Тел.: 26-67-22, 49-33-48.