

Міністерство освіти та науки України  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

**Невинський О. Г., Ларичева О. М.**

**ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ З  
ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

**ЧАСТИНА II.**

**БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КАРБОНІЛЬНІ  
ТА КАРБОКСИЛЬНІ СПОЛУКИ.  
ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ**

*Методичні вказівки*

**Випуск 415**



Миколаїв – 2023

УДК 547(076)

**H40**

*Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили (протокол № 3 від 14 квітня 2022 р.).*

**Рецензент:**

**Прозорова О. Г.** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фармації приватного вищого навчального закладу «Міжнародний класичний університет ім. Пилипа Орлика».

**H40**

**Невинський О. Г.** Практичні заняття з органічної хімії. Частина II. Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки. Гетерофункціональні сполуки: метод. рек. / О. Г. Невинський, О. М. Ларичева – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. – 132 с. – (Методична серія ; вип. 415).

«Практичні заняття з органічної хімії. Частина II. Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки. Гетерофункціональні сполуки» містять методики підготовки та проведення практичних занять: алгоритми лабораторних дослідів, що виконуються на кожному занятті практикуму; задачі, вправи і запитання для самостійної роботи різної складності. Для полегшення самостійної роботи студентів на початку кожної роботи наведено короткий виклад найважливіших питань теорії. Призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 226 «Фармація. Промислова фармація».

УДК 547(076)

© Невинський О. Г.,

Ларичева О. М., 2023

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2023

**ISSN 1811-492X**

# Зміст

ПЕРЕДМОВА.....	4
Практичне заняття № 1. Альдегіди та кетони (ч. I).....	5
Практичне заняття № 2. Альдегіди та кетони (ч. II).....	12
Практичне заняття № 3. Одноосновні карбонові кислоти.....	25
Практичне заняття № 4. Двоосновні карбонові кислоти. Методи ацилювання.....	39
Практичне заняття № 5. Функціональні похідні карбонових кислот.....	46
Практичне заняття № 6. Гідрокислоти.....	56
Практичне заняття № 7. Фенолокислоти. Амінокислоти.....	72
Практичне заняття № 8. Саліцилова кислота та лікарські препарати на її основі.....	92
Практичне заняття № 9. Похідні <i>n</i> -амінобензойної та сульфанілової кислот.....	100
Практичне заняття № 10. Методи сульфування.....	106
Додаток.....	110
Список рекомендованої літератури.....	131

## ПЕРЕДМОВА

Органічна хімія – одна з фундаментальних природничих дисциплін у системі вищої фармацевтичної освіти, знання якої необхідні для плідної, творчої діяльності фахівців у галузі фармації.

Навчальна дисципліна «Органічна хімія» викладається для студентів другого курсу спеціальності 226 «Фармація. Промислова фармація» протягом двох семестрів. Програма дисципліни структурована на два блоки, що вміщують по два розділи кожний. Відповідно до програмного змісту розділу «Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки. Гетерофункціональні сполуки» підготовлені методичні вказівки, що є складовою цілісної системи методичного забезпечення дисципліни «Органічна хімія».

Дисципліна «Органічна хімія» спрямована на системне вивчення закономірностей хімічної поведінки органічних сполук у взаємозв'язку з їх будовою і формування на цій основі творчого хімічного мислення, необхідного для успішного освоєння профільних дисциплін, а також для практичної діяльності у галузі фармації.

Підготовка фахівців, яким потрібні знання органічної хімії, вимагає не тільки теоретичної підготовки, але й різномісних практичних навичок і вмій у проведенні хімічного експерименту.

Завдання органічної хімії полягають: у визначенні структури органічних молекул як природних, так і синтетичних; вивченні та розумінні хімічних перетворень органічних молекул на основі знань природи функціональних груп; виявленні залежності між їх молекулярною, електронною будовою та фізіологічними, зокрема фармакологічними, ефектами, виявленні закономірностей їх перетворень; вивченні аспектів виділення, очистки та аналізу органічних сполук, що використовуються в медичній та фармацевтичній практиці, а також їх біотрансформації в організмі людини.

Основною метою практичних занять з дисципліни «Органічна хімія» є поглиблення та засвоєння теоретичного матеріалу курсу та формування навичок самостійної експериментальної роботи.

Матеріал методичних вказівок викладено таким чином, щоб після вивчення курсу органічної хімії студент мав цілісне уявлення про залежність між будовою й хімічними властивостями речовин, дією їх на організм, що необхідно для подальшого докладнішого вивчення органічних речовин у курсах біологічної та фармацевтичної хімії, фармакогнозії, технології ліків тощо.

# Практичне заняття № 1

## АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ (ч. I)

**Навчальна мета:** узагальнити і поглибити знання про будову, властивості, застосування окремих представників альдегідів і кетонів у медицині та фармації, уміти пояснити залежність хімічної та біологічної активності карбонільних сполук від електронної та просторової будови молекул.

**Знати:** будову, ізомерію, класифікацію, гомологічний ряд альдегідів і кетонів; електронну будову карбонільної групи, біологічну роль карбонільних сполук та їхніх похідних у процесах життєдіяльності.

**Вміти:** скласти формули ізомерів, дати їм назви, дотримуючись номенклатурних правил; обґрунтувати причини високої реакційної здатності карбонільних сполук (альдегідів і кетонів); передбачити хімічні властивості речовин, що містять різні функціональні групи, а також кратні зв'язки, бензеніві кільця.

### I. Короткі теоретичні відомості

#### 1. Класифікація. Гомологічний ряд. Номенклатура. Ізомерія

**Альдегідами** та **кетонами** називають похідні вуглеводнів, які містять у своєму складі карбонільну групу ( $\text{>C=O}$ ). Тому вони ще мають назву «карбонільні сполуки».

В альдегідах карбонільна група міститься на кінці карбонового ланцюга, тобто сполучена принаймні з одним Гідрогеном і загальна формула альдегідів  $\text{R-CHO}$ , у кетонів вона стоїть усередині карбонового ланцюга і зв'язана з двома вуглеводневими радикалами. Загальна формула кетонів  $\text{R-C-R'}$ .



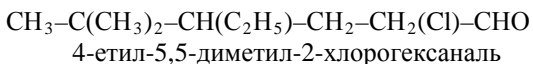
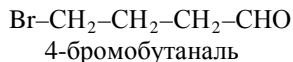
Залежно від будови вуглеводневого радикала альдегіди та кетони підрозділяють на аліфатичні, аліциклічні та ароматичні. Серед аліфатичних альдегідів та кетонів розрізняють насичені та ненасичені.

Усі карбонільні сполуки утворюють гомологічні ряди. Найпростіший з аліфатичних альдегідів має формулу  $\text{H-CHO}$ , найпростіший з кетонів –  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ .

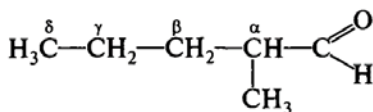
**Номенклатура.** За замісничовою номенклатурою ІЮПАК назва альдегіду походить від назви вуглеводню з тим самим числом атомів у

головному (найдовшому) ланцюзі (включаючи Карбон альдегідної групи) з додаванням суфікса *-аль*. Нумерацію головного карбонового ланцюга починають з атома Карбону альдегідної групи. Отже,  $\text{H}-\text{CHO}$  – *метаналь*. Його тривіальна назва, що широко вживається, – *формальдегід* (або *мурашиний альдегід*). Тривіальна назва цього альдегіду, як і низки інших, походить від назв кислот, на які вони перетворюються при окисненні.

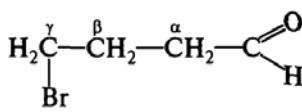
Наступний гомолог  $\text{CH}_3\text{CHO}$  – *етаналь*, старі назви якого *оцтовий альдегід* або *ацетальдегід*. Назви інших альдегідів утворюються аналогічно. Позначення вуглеводневих радикалів при головному ланцюзі у префіксі за загальними правилами.



Часто у назвах альдегідів положення замісників вказують грецькими літерами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  та ін. При цьому буквою позначають  $\alpha$  атом Карбону, сусідній з альдегідною групою, наприклад:

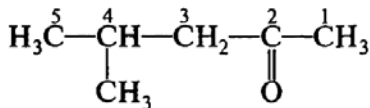


$\alpha$ -метилвалеріановий альдегід  
2-метилпентаналь

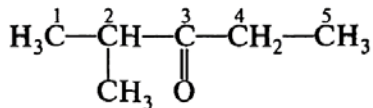


$\gamma$ -бромомасляний альдегід  
4-бромобутаналь

Назви кетонів за правилами ІЮПАК отримують, нумеруючи головний карбоновий ланцюг з кінця, до якого ближче карбонільна група, і додаючи до назви вуглеводню суфікс *-он*, а також перед коренем локант, що вказує місце карбонілу. Тому найпростіший – це 2-пропанол. Складніші:



4-метил-2-пентанон



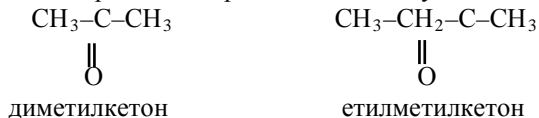
2-метил-3-пентанон

Для назв найбільш вживаних кетонів широко застосовують *радикалофункціональну* номенклатуру, згідно з якою до назв вуглеводневих

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

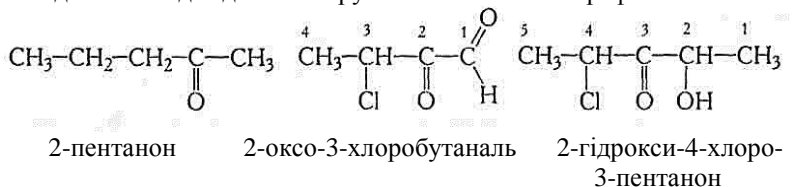
---

радикалів при карбонільній групі, які позначають за абеткою, додають суфікс *-кетон*. Наприклад: 2-пропанол має назву:

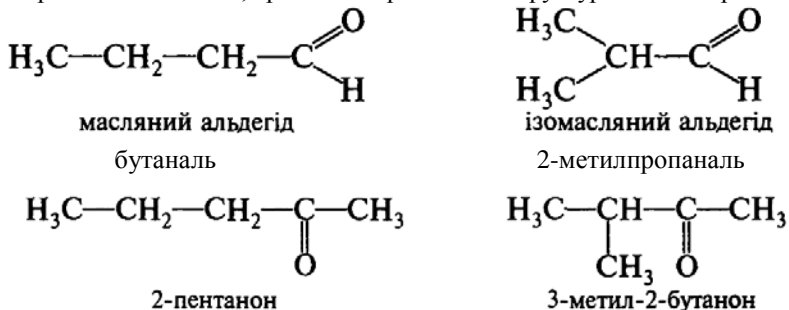


Для деяких кетонів збереглися тривіальні назви, наприклад диметилкетон частіше називають *ацетон*, ароматичні – метилфенілкетон ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$ ) – *ацетофенон*;  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_5$  – *бензофенон*.

Карбонільна група вважається старшою за гідроксигрупу, тому при наявності у молекулі їх обох гідроксигрупа вказується префіксом *гідрокси-*, альдегідна група – суфіксом *-аль*, а кетогрупа – суфіксом *-он*. Відносно альдегідної кетогрупа позначається в префіксі *-оксо-*:



**Ізомерія.** Для карбонільних сполук характерна *структурна ізомерія*: для альдегідів – тільки ланцюга, для кетонів – положення групи. Альдегіди та кетони, які містять однакову кількість атомів Карбону, ізомерні між собою. Так, пропанон і пропаналь є структурними ізомерами.



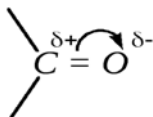
## 2. Фізичні властивості

Мурашиний альдегід – газ, нижчі альдегіди та кетони – леткі рідини. Киплять вони при нижчій температурі, ніж відповідні спирти, бо не здатні утворювати водневі зв'язки. Температури кипіння кетонів трохи вищі, ніж в ізомерних до них альдегідів.

Альдегіди та кетони добре розчиняються в органічних розчинниках, нижчі – розчинні у воді. Більшість альдегідів та кетонів мають характерний запах. Густина нижча за одиницю.

### 3. Електронна будова карбонільної групи. Вплив природи вуглеводневого радикала на реакційну здатність оксосполук

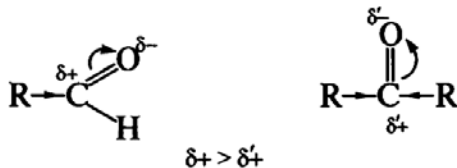
Карбонільна група має таку будову:



Атом Карбону карбонільної групи знаходиться у стані  $sp^2$ -гібридизації і зв'язаний з атомами, які його оточують, трьома  $\sigma$ -зв'язками, розташованими в одній площині під кутом  $\sim 120^\circ$ . Негібридизована  $p$ -орбіталь атома Карбону перекривається з  $p$ -орбітальною атома Оксигену, утворюючи  $\pi$ -зв'язок. Атом Оксигену як більш електронегативний елемент притягує до себе спільну електронну густину цих  $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язків. У результаті цього подвійний зв'язок карбонільної групи сильно поляризований: на атомі Оксигену виникає частковий негативний заряд, а на атомі Карбону – частковий позитивний.

Завдяки такій поляризації альдегіди та кетони здатні вступати в реакцію з нуклеофільними реагентами, які атакують атом Карбону карбонільної групи.

Реакційна здатність карбонільних сполук визначається величиною позитивного заряду на атомі Карбону СО-групи. Альдегіди, як правило, більш реакційноздатні, ніж кетони. Алкільні радикали за рахунок  $+I$ -ефекту зменшують позитивний заряд на атомі С карбонільної групи. Наявність у молекулі кетону двох алкільних груп при карбонільній групі призводить до більшого зниження позитивного заряду, ніж у молекулі альдегіду:



Крім того, алкільні радикали в молекулі кетону більшою мірою утруднюють підхід нуклеофілу до карбонільної групи.



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**II. Практична частина**

*Розв'язання завдань на тему «Альдегіди та кетони (ч. I)»*

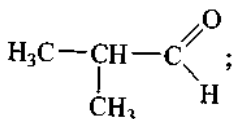
1. Скласти структурні формули всіх можливих ізомерів для карбонільних сполук складу  $C_4H_8O$ ;  $C_5H_{10}O$ ;  $C_6H_{12}O$ . Назвати їх за систематичною номенклатурою. Зазначити, які види ізомерії характерні для карбонільних сполук.

2. Написати структурні формули для таких карбонільних сполук:

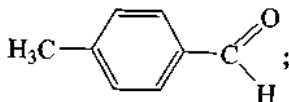
- а) 2,3-диметилбутаналь;
- б)  $\alpha$ -бромпропіоновий альдегід;
- в) 3,4-диметил-3-хлоропентаналь;
- г) 2,3,4-трихлорогексаналь;
- д) 2-пентанон;
- е) 3-пентен-2-он;
- ж) 3-гексен-2-он;
- и) 3,3-дибромопентаналь;
- к) дифенілкетон;
- л) бутилфенілкетон.

3. Назвати сполуки за систематичною номенклатурою:

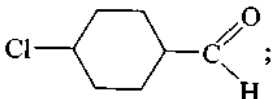
а)



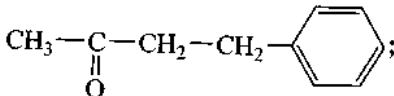
б)



в)

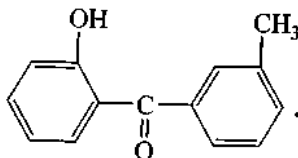


г)



д)  $(CH_3)_2CHCH_2COCH_3$ ;

е)



4. Навести рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- а) метан  $\rightarrow$  бромометан  $\rightarrow$  метанол  $\rightarrow$  формальдегід  $\rightarrow$  метанол;
- б)  $CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow CH_3OH$ .

### Алгоритм лабораторної роботи

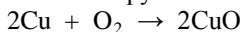
#### *Експериментальне отримання та виявлення альдегідів та кетонів*

**Прилади та реактиви:** штатив з пробірками, штатив лабораторний, газівідвідна трубка, піпетки, сірники, спиртівка, мідна спіраль, пробіркотримач, 96%-й  $C_2H_5OH$ , 2% розчин натрій нітропрусиду, 10% розчин  $NaOH$ , кальцію ацетат кристалічний.

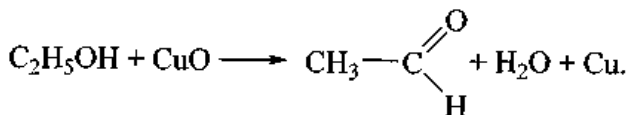
#### **Порядок роботи**

#### **Дослід 1. Отримання етанолу окисненням етанолу купрум(II) оксидом**

До сухої пробірки налити 2 мл етанолу. Мідну спіраль нагріти в полум'ї спиртівки до чорного кольору:



Швидко занурити розжарену дротину в пробірку з етиловим спиртом. Повторяти цю операцію кілька разів. Звернути увагу на запах альдегіду, який утвориться при цьому, і на зміни, що відбуваються зі спіраллю:

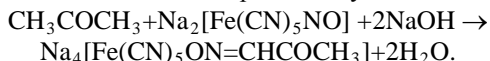


Чорна поверхня мідної дротини миттєво стає золотистою в результаті відновлення купрум(II) оксиду до металічної міді. Оцтовий альдегід у невеликій концентрації має запах яблук.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### **Дослід 2. Виявлення ацетону за допомогою натрій нітропрусиду (проба Легалья)**

У лужному середовищі ацетон (пропанон) утворює з натрій нітропрусидом червоне забарвлення. У пробірку налити 1 мл ацетону, додати 1–2 краплі розчину натрій нітропрусиду та декілька крапель розчину  $NaOH$ . З'являється червоне забарвлення розчину, яке при підкисленні ацетатної кислотою переходить у вишнево-червоне:



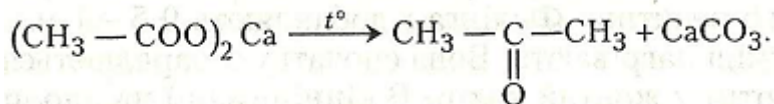
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**Дослід 3. Добування ацетону**

*Хімізм.* Ацетон утворюється в результаті термічного розкладу кальцію ацетату:



У суху пробірку помістити 4–5 г кальцію ацетату і закрити її газо-відвідною трубкою. Пробірку закріпити у штативі майже горизонтально. Нагріти. Добутий ацетон пропустити у другу пробірку, в яку попередньо налити 1–2 мл розчину натрію гідроксиду і додати 1–2 краплі розчину натрію нітропрусиду. З'являється червоне забарвлення (див. дослід 2). Якщо в пробірку додати 2–3 краплі розчину ацетатної кислоти, забарвлення переходить у вишнево-червоне.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

**III. Питання для самопідготовки**

1. Пояснити будову карбонільної групи.
2. Як за хімічною будовою відрізняються альдегіди і кетони? Навести приклади цих сполук.
3. Зобразити структурні формули 2-метилпентаналу, 3,3-диметилбутаналу, бутанону, 3-метилпентанону-2.
2. Надати коротку характеристику головних фізичних властивостей альдегідів і кетонів.
5. Написати структурні формули альдегідів і кетонів, що мають велике значення для медицини, фармації, ветеринарії і тваринництва. Дати їх коротку характеристику.
6. Навести ізомери формули  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ , що містять карбонільну групу. Назвати сполуки на систематичною номенклатурою.

## Практичне заняття № 2

# АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ (ч. II)

**Навчальна мета:** дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, спільні і відмінні властивості альдегідів і кетонів, а також застосування окремих представників альдегідів і кетонів у медицині та фармації.

**Знати:** електронну будову карбонільної групи для прогнозування особливостей хімічної поведінки карбонільних сполук і їх похідних, які є метаболітами в процесі обміну речовин, хімічні властивості карбонільних похідних залежно від їхньої будови, якісні реакції їх виявлення; застосування лікарських препаратів цієї групи в медицині та фармації.

**Вміти:** інтерпретувати механізми реакцій, характерних для карбонільних сполук; проводити реакції добування оцтового альдегіду, окиснення формальдегіду реактивом Толленса та купрум (II) гідроксидом, осадження білків формаліном, написати рівняння відповідних реакцій; розв'язувати експериментальні задачі.

### I. Короткі теоретичні відомості

#### 1. Хімічні властивості

Наявність карбонільної групи зумовлює високу реакційну активність альдегідів і кетонів і визначає їх здатність до численних і різноманітних реакцій. Усі реакції альдегідів та кетонів умовно можна поділити на такі групи:

- нуклеофільного приєднання;
- приєднання-відщеплення;
- конденсації;
- за участю  $\alpha$ -карбонового атома;
- полімеризації;
- окиснення та відновлення.

#### 1.1. Реакції нуклеофільного приєднання ( $A_N$ )

До реакцій  $A_N$  альдегідів та кетонів відносяться: приєднання води, спиртів і ціановодневої кислоти. Нуклеофільне приєднання починається з атаки нуклеофільним реагентом Карбону карбонільної групи,

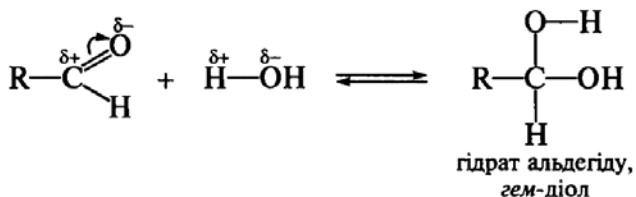
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

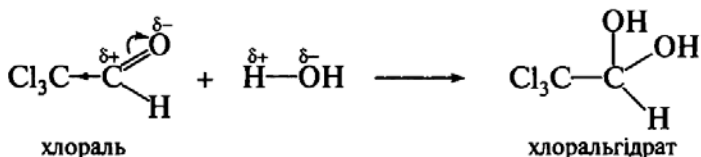
який несе частковий позитивний. Як нуклеофіли можуть виступати іони аби нейтральні частинки.

**Гідратація альдегідів (приєднання води)**

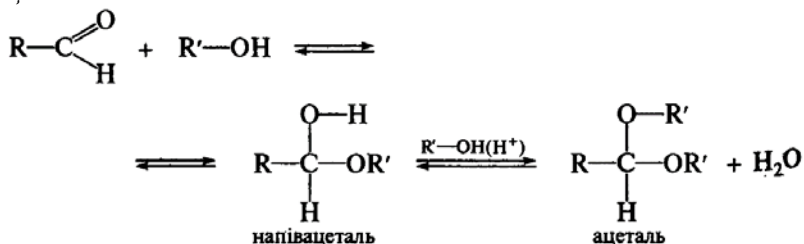
Розчинення альдегідів у воді супроводжується утворенням гідратів, що являють собою продукти приєднання молекули води по карбонільній групі. Як правило, гідрати альдегідів нестійкі та існують тільки в розчині, звідки їх виділити неможливо.



У деяких випадках, коли карбонільна група зв'язана із сильним електроноакцепторним замісником, можна виділити гідрат, що утворився. Наприклад, трихлорацетальдегід, або хлораль, приєднуючи молекулу води, перетворюється на хлоралгідрат, який є стійкою кристалічною речовиною:



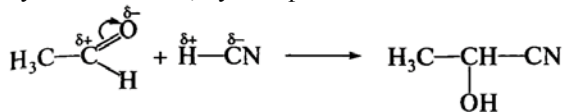
**Приєднання спиртів.** При взаємодії альдегідів зі спиртами утворюються *напівацеталі*, а за присутності слідів мінеральних кислот – *ацеталі*:



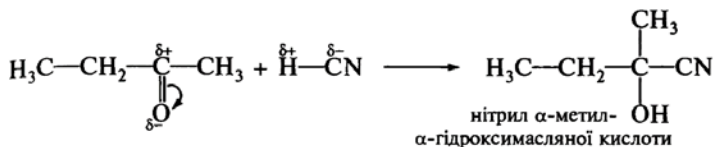
Напівацеталі, як правило, малостійкі. Ацеталі стійкі тільки в лужному середовищі.

**Приєднання ціановодневої кислоти**

Ціановоднева кислота приєднується до карбонільних сполук, утворюючи ціаногідрини, або α-гідроксинітрили. Реакція проходить у присутності основи, нуклеофілом є ціанід-іон:



нітрил α-гідроксипропіонової кислоти



нітрил α-метил-α-гідроксимасляної кислоти

2-гідрооксипропаннітрил

2-гідрооксо-2-метилбутаннітрил

Ціангідрини, що утворюються, можна легко гідролізувати до відповідних α-гідроксикислот.

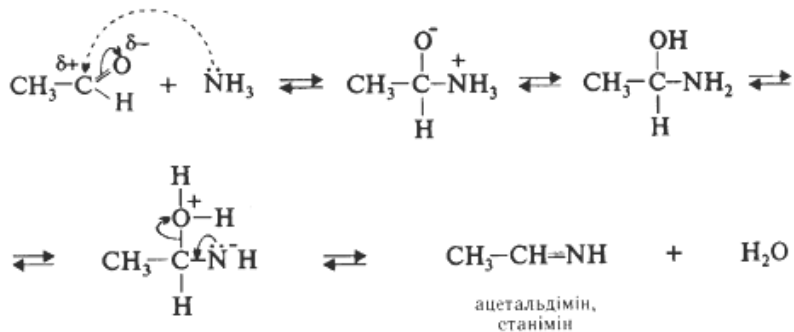
**1.2. Реакції приєднання-відщеплення. Взаємодія карбонільних сполук з амоніаком, амінами (основи Шиффа)**

Альдегіди та кетони взаємодіють з нітрогенвмісними основами (H<sub>2</sub>N – X, де X = H, Alk, Ag, OH, NH<sub>2</sub> та ін., т. з. «основи Шиффа») з утворенням нестійких продуктів нуклеофільного приєднання, які стабілізуються завдяки відщепленню молекули води. Ця група реакцій дістала назву реакцій *приєднання-відщеплення*.

**Взаємодія з амоніаком.** Альдегіди, приєднуючи молекулу амоніаку, утворюють альдіміни. У процесі реакції спочатку утворюється нестійкий аміноспирт, від котрого потім відщеплюється молекула води.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

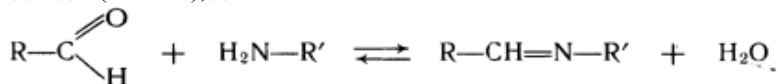
---



За аналогічним механізмом проходять реакції з іншими основами.

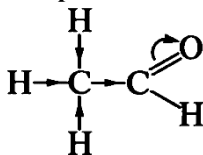
Альдіміни – нестійкі сполуки, які спонтанно полімеризуються. Кетони також взаємодіють з аміаком, але з утворенням продуктів складнішої будови.

**Взаємодія з амінами.** Первинні аміни ( $R-NH_2$ ), приєднуючись до альдегідів (кетонів), дають іміни:



Стойкість імінів, що утворюються, залежить від природи радикала, з яким зв'язана аміногрупа. Якщо  $R'$  – алкільний радикал, то такі іміни легко розкладаються або полімеризуються, якщо арильний радикал, то іміни стійкі.

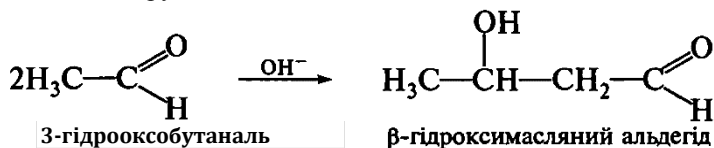
### 1.3. Реакції за участі $\alpha$ -карбонového атома



Карбонільна група справляє активуючий вплив на вуглеводневий радикал. Як електроноакцепторний замісник вона збільшує рухливість атомів Гідрогену при  $\alpha$ -карбонівому атомі (CH-кислотність):

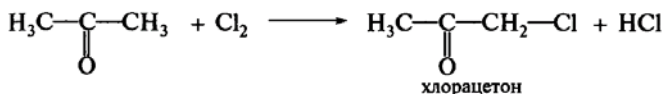
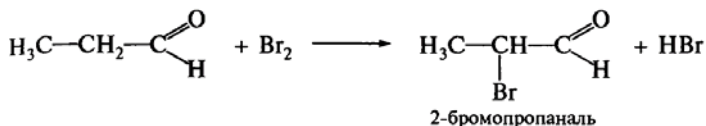
До числа реакцій, що проходять за участю  $\alpha$ -карбонівому атома, відносяться галогенування та альдольна конденсація.

**Реакції альдольної конденсації.** Альдегіди, які містять атоми водню при  $\alpha$ -карбонівому атомі, за присутності каталітичних кількостей лугу, здатні вступати в реакцію альдольної конденсації. При цьому молекули альдегідів сполучаються одна з одною за допомогою зв'язків C–C і утворюють альдоль – сполуку зі спиртовою та альдегідною групами:



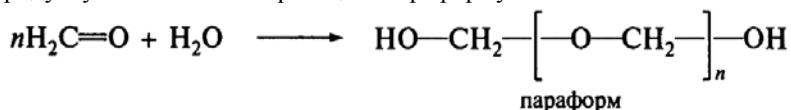
У реакцію альдольної конденсації вступають і кетони, проте через нижчу реакційну здатність кетогрупи реакція проходить за більш жорстких умов.

**Реакція галогенування.** Альдегіди та кетони як СН-кислоти легко вступають в реакції з галогенами з утворенням  $\alpha$ -галогенопохідних, наприклад:



$\alpha$ -Галогенопохідні альдегідів і кетонів мають сльозоточиву дію і називаються лакриматорами (від лат. *lakrима* – сльоза).

**1.4. Реакції полімеризації.** Альдегіди, на відміну від кетонів, здатні полімеризуватися. Реакція полімеризації проходить за звичайних умов і прискорюється у присутності мінеральних кислот. Так, при постійній 40%-го водного розчину формальдегіду (формаліну), особливо температурі, нижчій за 9 °С, спостерігається випадання його осаду продукту лінійної полімеризації – параформу:



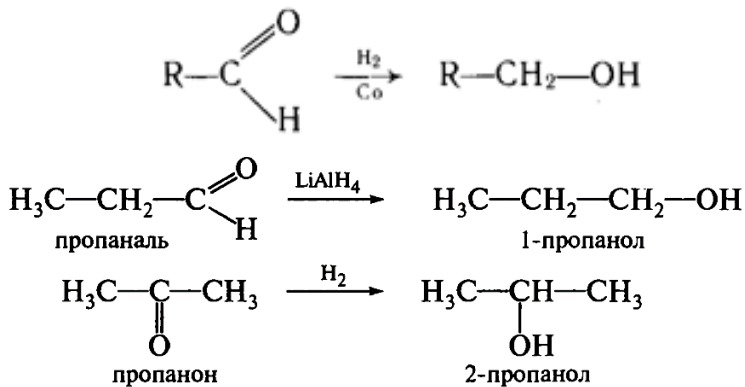


**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

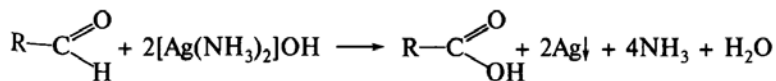
**1.5. Реакції відновлення та окиснення**

Реакцію *відновлення* альдегідів і кетонів широко застосовують для добування спиртів (альдегіди відновлюються до первинних, а кетони – до вторинних спиртів). У техніці спирти добувають у результаті каталітичного гідрування; приєднання водню відбувається в присутності Co, Ni, Pt:

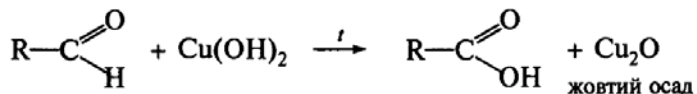


Альдегіди та кетони по-різному відносяться до дії *окисників*. Альдегіди дуже легко окиснюються, навіть при дії таких слабких окисників, як  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , вони перетворюються на карбонові кислоти.

Реакцію окиснення альдегідів амоніачним розчином нітрату срібла (*реактив Толленса*) називають часто реакцією «срібного дзеркала».



Альдегіди також відновлюють свіжо осаджений  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ :



Реакції окиснення альдегідів амоніачним розчином оксиду срібла і реактивом Фелінга використовуються в аналітичній практиці для виявлення альдегідної групи. Кетони за цих умов не окиснюються,

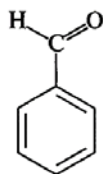
тому ці реакції можуть бути використані також для відрізнєння альдегідів від кетонів.

Окиснення кетонів відбувається тільки в присутності сильних окисників, таких як калію перманганат або біхромат, при цьому відбувається розрив зв'язків С–С між атомами Карбону карбонільної групи та вуглеводневого радикала. У результаті реакції утворюється суміш кислот.

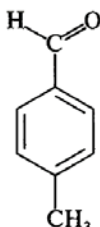
## 2. Особливості властивостей альдегідів ароматичного ряду. Реакції альдегідів ароматичного ряду

Представниками ароматичних альдегідів і кетонів є:

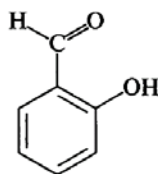
*Ароматичні альдегіди* мають властивості, **аналогічні алифатичним альдегідам**. Особливими для них є процеси диспропорціонування.



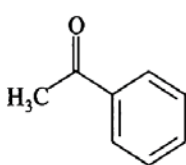
бензальдегід,  
бензойний альдегід



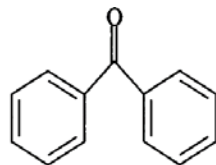
*n*-толуїловий альдегід,  
4-метилбензальдегід



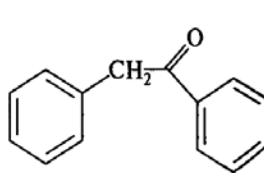
саліциловий альдегід,  
2-гідроксибензальдегід



ацетофенон,  
метилфенілкетон



бензофенон,  
дифенілкетон

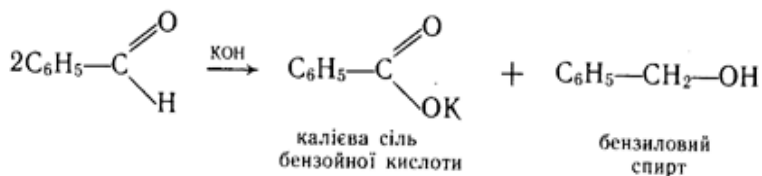


бензилфенілкетон

У присутності сильної основи або концентрованого луку альдегіди піддаються процесу диспропорціонування. Одна з двох молекул бензальдегіду окиснюється до відповідної кислоти, а інша відновлюється до спирту. Реакцію було відкрито в 1853 р. італійським вченим С. Канніццаро:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---



У реакцію Канніццаро вступають також деякі альдегіди жирного ряду, зокрема формальдегід і альдегіди, які не містять атомів водню при  $\alpha$ -карбонівому атомі.

Альдегіди, що містять атоми Гідрогену при  $\alpha$ -карбонівому атомі, за умов реакції Канніццаро осмолуються.

### II. Практична частина

#### *Розв'язання завдань на тему «Альдегіди та кетони (ч. II)»*

1. Написати рівняння реакції відновлення метаналу та етаналу.
2. Навести рівняння можливих реакцій взаємодії пропаналу з такими речовинами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):
  - а) метанолом за відсутності та присутності слідів мінеральної кислоти;
  - б)  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ ;
  - в)  $\text{NH}_3$ ;
  - г)  $\text{HCN}$ ;
  - д) при нагріванні у слабколужному середовищі;
  - е) бромом;
  - ж) каталітичного гідрювання.
3. Навести рівняння можливих реакцій взаємодії бутанону з такими речовинами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):
  - а)  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$  (?);
  - б)  $\text{HCN}$ ;
  - в) йодом;
  - г) каталітичного гідрювання.
4. У трьох окремих пробірках знаходяться розчини фенолу, гліцеролу та формальдегіду. Як розпізнати ці речовини? Відповідь підтвердити рівняннями хімічних реакцій.

### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Дослідження хімічних властивостей альдегідів та кетонів*

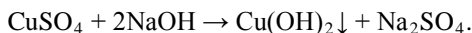
**Прилади та реактиви:** штатив з пробірками, пробірка з газовідвідною трубкою, спиртівка, піпетки, сірники, пробіркотримач, ступка з товкачиком, водяна баня, 10 %-й розчин NaOH, 40 %-й розчин формальдегіду, 1 %-й розчин AgNO<sub>3</sub>, 2 %-й розчин CuSO<sub>4</sub>, 96 %-й C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 2 %-й розчин NH<sub>4</sub>OH, білок, ацетон, розчин I<sub>2</sub> в KI, ацетон.

#### **Порядок роботи**

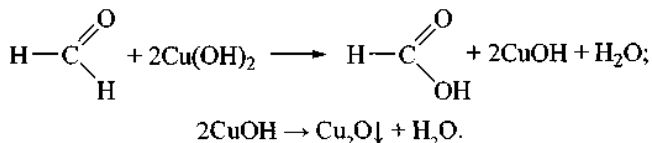
##### **Дослід 1. Окиснення альдегідів до кислот**

###### **1.1. Реакція з купрум (II) гідроксидом (проба Троммера)**

До 0,5 мл розчину натрій гідроксиду додати 3–5 крапель розчину купрум (II) сульфату до утворення блакитного осаду купрум (II) гідроксиду:



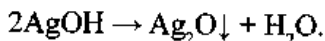
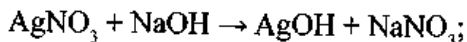
У пробірку додати 0,5 мл розчину формальдегіду. Вміст збовтати, верхню частину пробірки нагріти до початку кипіння.



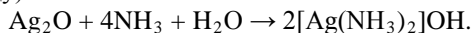
Відбувається зміна забарвлення – блакитне забарвлення змінюється на жовтий осад, а пізніше – на червоно-коричневий осад.

###### **1.2. Амоніачним розчином аргентум (I) гідроксиду (реакція Толленса або реакція «срібного дзеркала»).**

У чисту пробірку до 0,5 мл розчину аргентум нітрату додати 0,5 мл розчину натрій гідроксиду.



З'являється осад сірого кольору. У пробірку при постійному струшуванні додати декілька крапель розчину амоніаку (до повного розчинення осаду):

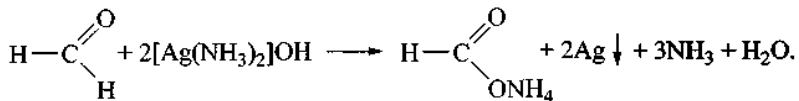


До отриманого розчину додати 0,5 мл формальдегіду, на кілька хвилин занурити пробірку у водяну баню (60–70 °С):

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

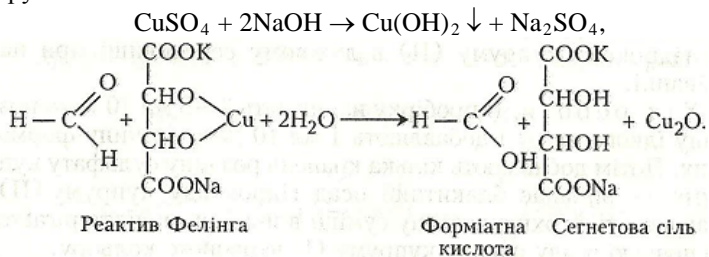
---

Амоніачний розчин аргентум (I) гідроксиду окислює альдегід до кислоти:



Металеве срібло, яке утворюється при цьому, осідає на стінках посудини у вигляді дзеркального шару (реакція «срібного дзеркала»).

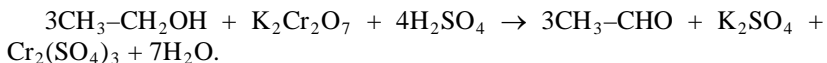
**1.3. Реактивом Фелінга\*.** У пробірку налити 3–4 мл свіжевиготовленого реактиву Фелінга і додати 1 мл розчин формальдегіду. Реакційну суміш нагріти. Одразу розчин забарвлюється у зелений, а потім у жовтий колір і, нарешті, випадає купрум (I) оксид червоного кольору:



\*Прим. Приготування реактиву Фелінга: осаджують у пробірці блакитний купрум (II) гідроксид, діючи на розчин купрум (II) сульфату надлишком розведеного розчину NaOH. Після цього додають розчин натрійкалій тартрату. Купрум (II) гідроксид розчиняється, утворюючи темно-синю рідину.

**1.4. Добування оцтового альдегіду окисненням етилового спирту**

У пробірку до 2 мл хромової суміші додати 0,5 мл етанолу і «кип'ятильники» для рівномірного кип'ятіння. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою і обережно нагріти. Кінець газовідвідної трубки занурити у пробірку з водою, в яку відганяється оцтовий альдегід:



Його визначають за характерним запахом і забарвленням із фуксинсульфітною кислотою.

По всіх розділах цього досліді записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 2. Осадження білка формаліном**

У пробірку помістити 1 мл розчину білка і додати 1 мл формаліну.

Під дією формальдегіду руйнуються первинні структури білкових молекул, що призводить до денатурації білка.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 3. Реакція диспропорціонування (дисмутації) водних розчинів альдегідів (реакція Канніцаро)**

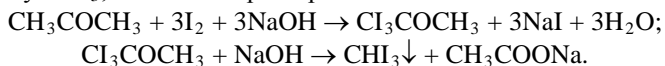
У водних розчинах альдегіди (переважно ароматичні) вступають в окисно-відновні реакції, при яких одні молекули альдегіду окисляються за рахунок відновлення других. Такі реакції називаються диспропорціонування, або дисмутації.

Краплю розчину водного розчину формальдегіду (формаліну) склянною паличкою нанести на шматочок універсального індикаторного паперу. Зміна кольору індикаторного паперу свідчить про кисле середовище.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 4. Йодоформна реакція на ацетон**

До 1–2 мл розведеного розчину речовини, що досліджується (ацетону, ацетальдегіду), додати 1 мл розчину йоду і декілька крапель розчину лугу до зникнення забарвлення. Утворюється жовтий осад йодоформу  $\text{CHI}_3$ , який має характерний запах:



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 5. Виявлення ацетону за допомогою натрій нітропрусиду (проба Легалья)**

У лужному середовищі ацетон утворює з натрій нітропрусидом червоне забарвлення. У пробірку вливають 1 мл ацетону, 1–2 краплі розчину натрій нітропрусиду та декілька крапель розчину  $\text{NaOH}$ .

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

З'являється червоне забарвлення розчину, яке при підкисленні оцтовою кислотою переходить у вишнево-червоне:



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

*Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень*

**III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом**  
**Варіант № 0**

1. Для карбонільної сполуки складу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ :
  - а) записати структурні формули можливих ізомерів (серед яких повинні бути як структурні, так і міжкласовий ізомери), дати кожному назву за систематичною номенклатурою;
  - б) для одного із ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту):
    - з ціанводневою кислотою;
    - бромовання по місцю  $\alpha$ -карбону.
2. Написати (із застосуванням структурних формул) реакції поданої схеми перетворень: метан  $\Rightarrow$  ацетилен  $\Rightarrow$  оцтовий альдегід  $\Rightarrow$  оцтова кислота.
3. Навести структурні формули сполук за їх назвою:
  - а) 3,7-диметил-4,5,6-триізопропіл-2-октанон;
  - б) 3,3-диетил-2,2,6,8-тетрафенілнональ;
  - в) дивторбутиловий етер.

**III. Питання для самопідготовки\***

1. Які якісні реакції використовують для виявлення альдегідів? Яка особливість хімічної поведінки відрізняє їх від кетонів? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
2. Яке практичне застосування має реакція з натрій гідросульфідом? Чи всім альдегідам та кетонам властива ця реакція?
3. Які гідрокси- і оксопохідні вуглеводнів можна відкрити за допомогою йодоформної проби? Напишіть схему йодоформної реакції на прикладі бутанону.

4. Чи буде заважати проведенню реакції з реактивом Толленса наявність у молекулі активного атома галогену? Кінцевого потрійного зв'язку?

\* Прим. У додатку наведені структуровані за темою «Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки. Гетерофункціональні сполуки» тестові питання для самостійної підготовки до ліцензійного інтегрованого іспиту «Крок-1. Фармація».



# Практичне заняття № 3

## ОДНООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

**Навчальна мета:** дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, фізичні та хімічні властивості, біологічну роль та застосування окремих представників карбонових кислот у медицині, фармації, уміти використовувати знання властивостей функціональних груп для прогнозування особливостей хімічної поведінки карбонових кислот і їх похідних, які є метаболітами в процесі обміну речовин.

**Знати:** визначення, класифікацію, номенклатуру та ізомерію карбонових кислот; фізичні й хімічні властивості карбонових кислот; електронну будову карбоксильної групи і карбоксилат-йона; вплив на кислотні властивості карбонових кислот природи вуглеводного радикалу, особливості реакцій нуклеофільного заміщення в монокарбонових кислотах; особливості властивостей ароматичних карбонових кислот; орієнтуючу дію карбоксильної групи в реакціях ( $S_E$ ).

**Вміти:** складати формули ізомерів монокарбонових кислот і давати їм назву за номенклатурою ІЮПАК; пояснювати причини кислотності кислот, порівнювати силу кислот у гомологічному ряді; писати рівняння хімічних реакцій, що підтверджують властивості монокарбонових і ароматичних карбонових кислот; передбачати властивості речовин, що містять різні функціональні групи; проводити якісні реакції на ацетат- та бензоат-йони.

### I. Короткі теоретичні відомості

*Одноосновними карбоновими кислотами* називають похідні вуглеводнів, у яких один атом Гідрогену заміщений на карбоксильну групу  $-COOH$ .

#### 1. Номенклатура і ізомерія

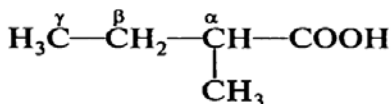
**Номенклатура.** Широко вживаною є *тривіальна* номенклатура. Наприклад,  $HCOOH$  – мурашина кислота і т. д. (табл. 1).

Таблиця 1.

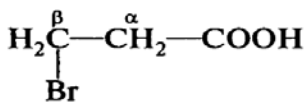
Назви деяких монокарбонових кислот  
та значення їх констант дисоціації

Формула	Назва за номенклатурою		$K_{\text{дисоціації 1}}$
	тривіальною	замісничовою	
НСООН	мурашина	метанова	$1,77 \cdot 10^{-4}$
CH <sub>3</sub> COOH	оцтова (ацетатна)	етанова	$1,75 \cdot 10^{-5}$
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	пропіонова	пропанова	$1,34 \cdot 10^{-5}$
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	масляна	бутанова	$1,51 \cdot 10^{-5}$
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH	валеріанова	пентанова	$1,44 \cdot 10^{-5}$
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	капронова	гексанова	–
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	пальмітинова	гексадеканова	–
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	стеаринова	октадеканова	–

Положення замісників стосовно карбоксильної групи в тривіальних назвах позначають грецькими буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , та ін., наприклад:



$\alpha$ -метилмасляна кислота  
4-метилбутанова кислота



$\beta$ -бромпропіонова кислота  
3-бромпропанова кислота

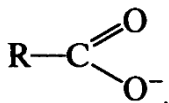
За *замісничовою* номенклатурою ІЮПАК назви карбонових кислот утворюють із назв вуглеводнів з тим самим числом атомів Карбону, враховуючи і атом Карбону карбоксильної групи, до яких додають суфікс *-ова* та слово *кислота*. Нумерацію головного карбонового ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи.

У назвах аліциклічних карбонових кислот замість суфікса *-ова* до кореня назви додають *-карбонова* і далі слово *кислота*, наприклад *циклогексанкарбонова кислота*.

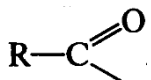
Карбонові кислоти утворюють значну кількість похідних, в яких від них є присутніми два види залишків. Залишок карбонової кислоти, що утворюється після відщеплення атома Гідрогену від карбоксильної групи, називають *ацилокси-групою*:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

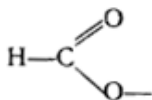
---



а залишок після відняття гідроксильної групи називають *ацильною групою*:

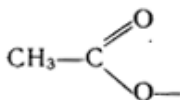


Назви *ацилокси*-груп утворюють: за тривіальною номенклатурою від латинських назв кислот і суфікса **-ам**; за замісничовою від назви кислоти, замінюючи суфікс **-ова** та слово *кислота* на суфікс **-оат**. Наприклад:



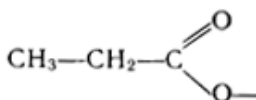
форміат

метаноат



ацетат

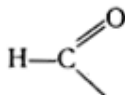
етаноат



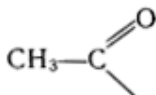
пропіонат

пропаноат

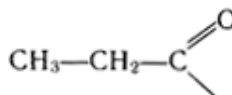
Назви *ацильних* груп утворюють з тривіальних латинських назв кислот і суфікса **-ил** (**-іл**). За замісничовою номенклатурою ІЮПАК назви ацильних груп утворюють від назви кислоти, замінюючи суфікс **-ова** та слово *кислота* на суфікс **-ойл**:



форміл,  
метаноїл



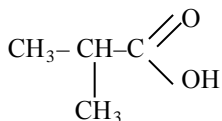
ацетил,  
етаноїл



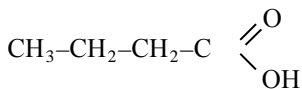
пропіоніл,  
пропаноїл

**Ізомерія** насичених монокарбонових кислот зумовлена, по-перше, різною структурою вуглеводневого радикала, сполученого з карбоксильною групою. Перші три представники гомологічного ряду не мають структурних ізомерів. Зі збільшенням числа карбонових атомів у молекулі карбонової кислоти кількість структурних ізомерів різко зростає.

Наприклад, для кислоти складу  $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$  маємо два ізомери:



метилпропанова кислота

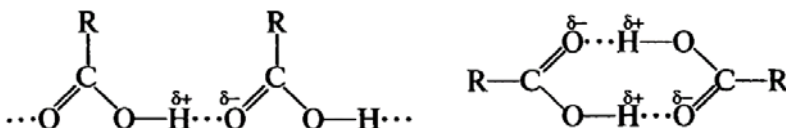


бутанова кислота

Функціональними ізомерами кислот є естери: бутановій кислоті є ізомерним етилацетат.

## 2. Фізичні властивості монокарбонових кислот

Перші три карбонові кислоти за звичайних умов являють собою легко рухливі рідини з гострим запахом, що змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Кислоти з  $\text{C}_4 \dots \text{C}_9$  – маслянисті рідини з неприємним запахом, що нагадує запах поту, слабкорозчинні. Карбонові кислоти з числом атомів Карбону  $\text{C}_{10}$  і вище є твердими речовинами, нерозчинними у воді. Температури кипіння кислот значно вищі температур кипіння спиртів з тим самим числом атомів карбону. Це свідчить про те, що кислоти більш асоційовані, ніж спирти. На відміну від спиртів, для яких характерні тільки лінійні асоціати, карбонові кислоти, внаслідок утворення міжмолекулярних водневих зв'язків, утворюють як лінійні, так і циклічні асоціати у вигляді димерів:



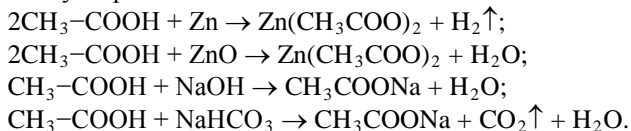
## 3. Електронна будова карбоксильної групи

Карбоксильну групу ( $-\text{COOH}$ ), що з'єднана з вуглеводневим радикалом, можна розглядати як поєднання карбонільної  $=\text{C}=\text{O}$  і гідроксильної  $-\text{OH}$  груп. Кожна із складових цієї системи впливає на загальний електронний стан карбоксильної групи.

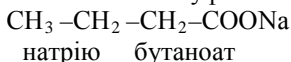
Неподілена пара електронів атома Оксигену гідроксильної групи вступає у спряження з  $\pi$ -електронами карбонільної групи із суттєвим зміщенням електронної густини у бік атома Оксигену карбонільної групи  $=\text{C}=\text{O}$ . У результаті такого зміщення електронної густини:



**В. Утворення солей.** Карбонові кислоти при взаємодії з активними металами, основними оксидами, гідроксидами та карбонатами лужних металів утворюють солі:

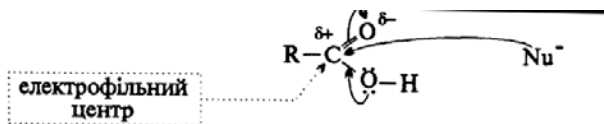


У назвах солей деяких карбонових кислот частіше застосовують тривіальні латинські назви. Солі мурашиної кислоти мають загальну назву – формиати, ацетатної – ацетати, пропіонової – пропіонати. За замісничовою номенклатурою назва аніона утворюється шляхом заміни суфікса *-ова* та слова кислота на суфікс *-оат*, наприклад:



#### 4.2. Реакції нуклеофільного заміщення в монокарбонових кислотах

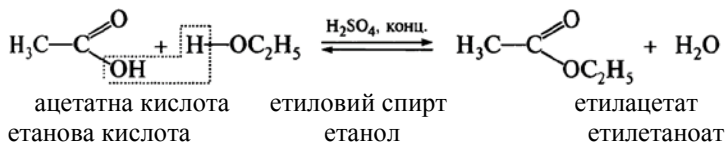
У результаті електроноакцепторних властивостей атома кисню карбонільної групи атом Карбону карбоксильної групи набуває часткового позитивного заряду і стає електрофільним центром, котрий може бути атакований нуклеофільним реагентом:



У процесі атаки відбувається заміщення гідроксильної групи на нуклеофільну частинку.

##### А. Взаємодія зі спиртами (реакція естерифікації)

Карбонові кислоти при нагріванні у присутності кислотного каталізатора реагують зі спиртами, утворюючи складні ефіри – естери. Ця реакція дістала назву *реакції естерифікації*:

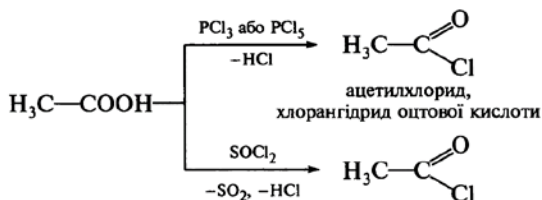


**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

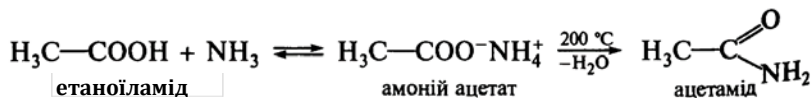
**В. Взаємодія з галогенуючими реагентами** ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PBr}_3$ ,  $\text{SOCl}_2$ )

При дії на карбонові кислоти хлоридів фосфору (III) та фосфору (V), броміду фосфору (III) або тіонілхлориду  $\text{SOCl}_2$  утворюються галогенангідриди карбонових кислот, в яких ацильна група з'єднана з галогеном:



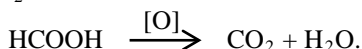
**С. Взаємодія з амоніаком і амінами**

При обробці амоніаком, первинними або вторинними амінами утворюються амонієві солі, які при піролізі відщеплюють воду та перетворюються на амід:



**Д. Окиснення та відновлення**

Монокарбонові кислоти, за виключенням мурашиної, досить стійкі до дії окисників. Мурашина кислота легко окиснюється  $\text{KMnO}_4$  та іншими окисниками з утворенням карбонатної кислоти, яка розкладається на  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ :



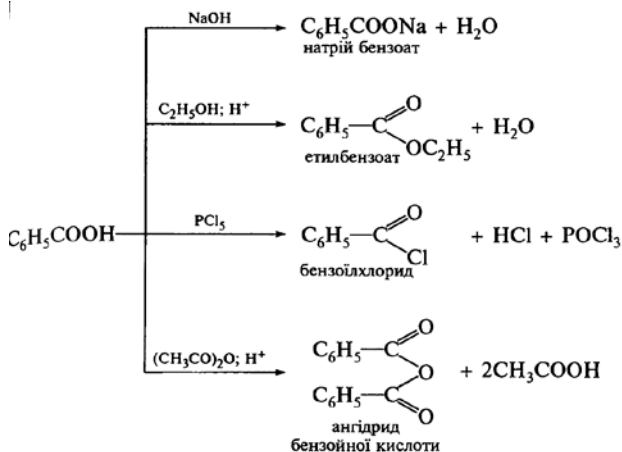
При відновленні монокарбонові кислоти утворюють залежно від умов альдегіди або навіть первинні спирти.

**5. Особливості властивостей ароматичних карбонових кислот. Орієнтуюча дія карбоксильної групи в реакціях ( $S_E$ )**

Реакційна здатність аренмонокарбонових кислот зумовлена наявністю в їх структурі карбоксильної групи та бензенового ядра.

**5.1. Реакції по карбоксильній групі**

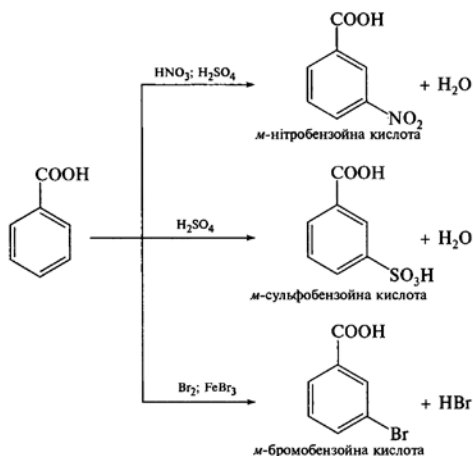
По карбоксильній групі для них характерні реакції, властиві насиченим монокарбоновим кислотам, а саме – утворення солей, галогенангідридів, ангідридів, етерів:



За кислотністю ароматичні монокарбонові кислоти перевищують насичені (крім мурашиної) монокарбонові кислоти аліфатичного ряду ( $K_{\text{дис.}}$  бензойної кислоти  $6,3 \cdot 10^{-5}$ ).

### 5.2. Реакції по бензеновому кільцю

За рахунок бензенового кільця аренмонокарбонові кислоти вступають у реакції електрофільного заміщення (нітрування, сульфування, галогенування), властиві ароматичним вуглеводням. Будучи орієнтантом II роду, карбоксильна група спрямовує заміщення в *meta*-положення:





**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

Карбоксильна група суттєво дезактивує бензольне кільце у відношенні до електрофільних реагентів, тому ці реакції проходять значно важче, ніж для незаміщеного бензену.

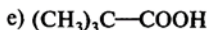
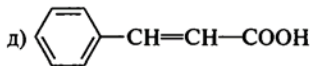
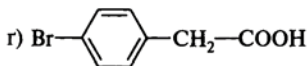
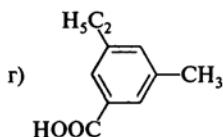
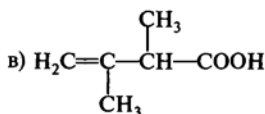
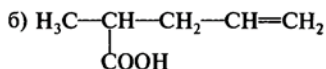
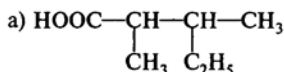
**II. Практична частина**

***Розв'язання завдань на тему «Одноосновні карбонові кислоти»***

1. Написати структурні формули таких кислот:

- а) пропанової;
- б) фенілоцтової;
- в) 2,3,4-триметилпентанової;
- г) 3,3-диметилвалеріанової;
- д) ліноленової;
- е) 2,3-диметилпентанової;
- ж) *n*-нітробензойної;
- и) 2,2-дибромпропанової.

2. Назвати сполуки за систематичною номенклатурою:



3. Для карбонової кислоти складу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  навести структурні формули можливих ізомерів (серед яких повинні бути як структурні, так й ізомери за міжкласовою ознакою), надати їм назви за систематичною номенклатурою.

4. Навести рівняння можливих реакцій взаємодії пропанової кислоти з такими речовинами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- амоніаком;
- етанолом;
- фосфор (V) хлоридом.

5. Навести рівняння можливих реакцій взаємодії м-метилбензойної кислоти з такими речовинами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- літій гідроксидом;
- етанолом;
- бромом.

### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Експериментальне дослідження властивостей одноосновних карбонових кислот*

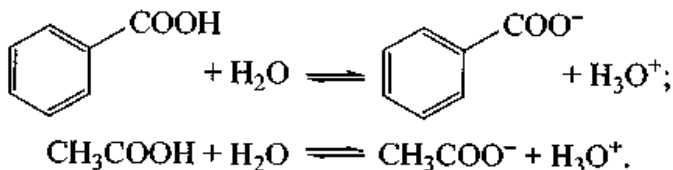
**Прилади та реактиви:** штатив з пробірками, пробірка з газовідвідною трубкою, спиртівка, піпетки, сірники, пробіркотримач, 5 %-й розчин етанової (оцтової) кислоти, кристали бензойної кислоти, універсальний індикаторний папір, 10 %-й розчин NaOH, 5 %-й розчин NaHCO<sub>3</sub>, 5 %-й розчин CuSO<sub>4</sub>, 5 %-й розчин C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COONa, 1 %-й розчин FeCl<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц.), гранули магнію і цинку, 10 % розчин H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5 % розчин KMnO<sub>4</sub>, 5 %-й розчин мурашиної кислоти, вапняна вода розчин аргентум нітрату, спирт етиловий (96 %-й), розчин фенолфталеїну.

#### *Порядок роботи*

#### *Дослід 1. Залежність кислотних властивостей карбонових кислот від природи вуглеводневого радикалу*

До 1 мл води додати декілька кристалів бензойної кислоти. Пробірку злегка нагріти (для прискорення розчинення бензойної кислоти).

Скляними паличками нанести риси розчинів бензойної і етанової (оцтової) кислот на смужку універсального індикаторного паперу:



За відповідністю забарвлення рисок на смужці та шкали оцінити кислотність розчинів. Інтенсивність забарвлення залежить від сили кислоти.

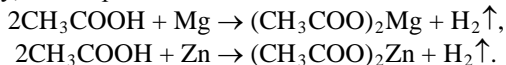
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**Дослід 2. Утворення солей карбонових кислот**

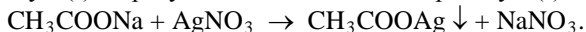
**2.1. Взаємодія кислот з металами.** У дві пробірки налити по 0,5 мл розведеної оцтової кислоти. В одну додати гранулу магнію, в другу – гранулу цинку, спостерігати виділення водню:



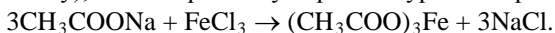
Якщо з цинком реакція відбувається повільно, то реакційну суміш нагріти.

**2.2. Взаємодія солей карбонових кислот з солями мінеральних кислот**

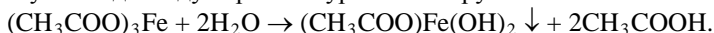
а) до 0,5 мл насиченого розчину натрій ацетату додати краплями розчин аргентум (I) нітрату. Випадає білий осад аргентум (I) ацетату:



б) до 0,5 мл розчину натрій ацетату (етаноату) додати декілька крапель розчину ферум (III) хлориду. Утворюється сіль ферум (III) ацетату (етаноату), яка забарвлена у червоно-бурий колір:



Якщо цей розчин прокип'ятити, то утворюється основна сіль, яка випадає у вигляді осаду червоно-бурого кольору:



**2.3. Взаємодія з розчином лугу.** До 0,5 мл розчину натрій гідроксиду додати 1–2 краплі фенолфталеїну. У пробірку по краплях додати етанову кислоту до зміни забарвлення.

**2.4. Взаємодія з осадом нерозчинної основи.** До 0,5 мл розчину купруму (II) сульфату додати 1 мл розчину натрій гідроксиду. До добутого осаду додати етанову кислоту до розчинення осаду.

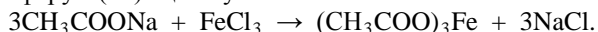
**2.5. Взаємодія з розчином натрію гідрогенкарбонату.** До 0,5 мл розчину натрію гідрогенкарбонату додати 1–2 мл етанової кислоти.

За всіма розділами цього дослідів записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісновою номенклатурою.

**Дослід 3. Якісна реакція на ацетат аніон**

До 0,5 мл розчину етанової кислоти додати 0,5 мл розчину розчину натрій гідроксиду, після цього додати 2–3 краплі розчину ферум (III) хлориду.

З'являється жовто-червоне забарвлення розчину внаслідок утворення солі ферум (III) ацетату.

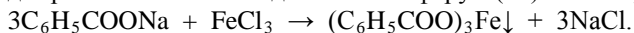


Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 4. Якісна реакція на бензоат аніон**

До 0,5 мл розчину натрій бензоату додати 2–3 краплі ферум (III) хлориду.

Випадає рожево-жовтий осад основного ферум (III) бензоату:

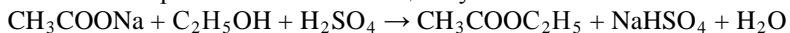


Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 5. Утворення естерів**

У суху пробірку помістити 0,1–0,2 г натрій ацетату та 3–5 крапель етанолу. Додати 2 краплі конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та нагріти.

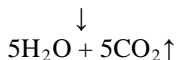
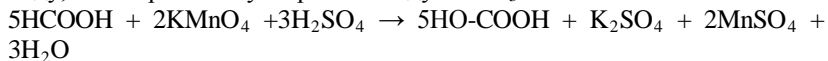
З'являється приємний запах етилацетату:



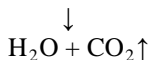
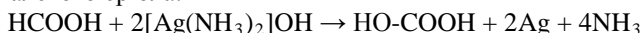
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 6. Специфічні властивості мурашиної кислоти**

**А. Окиснення мурашиної кислоти.** У пробірку з газовідвідною трубкою налити 0,5 мл мурашиної кислоти, додати 0,5 мл 10 % розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та 0,5 мл розчину  $\text{KMnO}_4$ . Реакційну суміш нагріти, вона знебарвлюється, а газ, що виділяється, пропустити через вапняну воду, спостерігаючи утворення осаду  $\text{CaCO}_3$ :



**В. Відновлення аміачного розчину аргентум (I) гідроксиду.** До 1 мл свіжовиготовленого аміачного розчину аргентум (I) гідроксиду додати 0,5 мл мурашиної кислоти, нагріти. Випадає чорний осад металевого срібла:



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

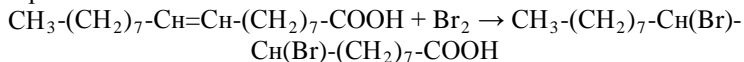
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**Дослід 7. Приєднання бром до олеїнової кислоти**

Олеїнова кислота  $C_{17}H_{33}COOH$  – вища ненасичена жирна кислота, входить до складу майже всіх природних естерів гліцеролу, має всі властивості, характерні для кислот, а також ненасичених вуглеводнів. При взаємодії з бромом (бромною водою) відбувається розривання подвійного зв'язку в радикалі олеїнової кислоти і утворюється тверда дибромстеаринова кислота.

У пробірку помістити 0,5 мл водної емульсії олеїнової кислоти, додати 0,2 мл бромної води, ретельно перемішати. Бромна вода знебарвлюється:



Олеїнова кислота

9,10-дибромстеаринова кислота

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

**III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом**

**Варіант № 0**

1. Для карбонової кислоти складу  $C_6H_{12}O_2$ :
  - а) написати структурні формули п'яти ізомерів (серед яких повинні бути як структурні, так і функціональні ізомери), дати їм назву за систематичною номенклатурою;
  - б) для одного із ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту) з:
    - калій гідрогенкарбонатом;
    - хлором.
2. Навести рівняння реакцій за якими можна здійснити такі перетворення (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти): 1-хлорбутан  $\Rightarrow$  бутанол-1  $\Rightarrow$  бутаналь  $\Rightarrow$  масляна кислота  $\Rightarrow$  етиловий етер масляної кислоти.
3. У трьох окремих пробірках знаходяться розчини фенолу, гліцеролу та етанової кислоти. Як розпізнати ці речовини? Відповідь підтвердити рівняннями хімічних реакцій.

**IV. Питання для самопідготовки**

1. Охарактеризувати будову карбоксильної групи.
2. Навести характеристику основних фізичних і хімічних властивостей одноосновних насичених карбонових кислот.
3. Навести класифікацію карбонових кислот. Що зумовлює ізомерію карбонових кислот?
4. Написати структурні формули пропенової (акрилової), транс-2-бутенової (кротонової), олеїнової, лінолевої і ліноленої кислот. Якими властивостями вони відрізняються від відповідних одноосновних насичених карбонових кислот? Ілюструйте це хімічними реакціями.
5. Поясніть, чому гідроксогрупа в оцтовій кислоті має більш кислотні властивості, ніж в етанолі? Чому оцтова кислота кипить при вищій температурі, ніж етиловий спирт?
6. Яка роль сульфатної кислоти в реакції естерифікації? Чому не можна застосовувати надлишок сульфатної кислоти?
7. Чим відрізняється мурашина кислота від її гомологів? Навести рівняння відповідних реакцій.
8. Наведені нижче кислоти розташуйте у ряд за збільшенням кислотності: оцтова, мурашина, хлороцтова, бромцтова, йодоцтова. Дайте пояснення.
9. Поясніть, чому мурашина кислота сильніша за оцтову. Записати схеми електролітичної дисоціації обох сполук.
10. Чому при естерифікації мурашиної кислоти (а також щавлевої) не потрібно додавати мінеральні кислоти?
11. За допомогою яких реакцій можна розпізнати такі речовини:
  - а) мурашину і ацетатну кислоти;
  - б) етилацетат і бутанову кислоту;
  - в) акрилову та пропанову кислоти;
  - г) оксалатну та малонову кислоти?
12. Які хімічні властивості притаманні карбоновим кислотам? З якими класами сполук вони реагують, в які типи реакцій вступають?
13. Назвіть лікарські препарати – похідні ароматичних карбонових кислот.

# Практичне заняття № 4

## ДВООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ. МЕТОДИ АЦИЛЮВАННЯ

**Навчальна мета:** дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, фізичні та хімічні властивості, біологічну роль та застосування окремих представників дикарбонowych кислот у медицині, фармації.

**Знати:** визначення, класифікацію, номенклатуру та ізомерію дикарбонowych кислот; фізичні й хімічні властивості дикарбонowych кислот як біфункціональних сполук; специфічні властивості дикарбонowych кислот, відношення до нагрівання; якісну реакцію на оксалат-йон, біологічну роль дикарбонowych кислот та їхніх похідних у процесах життєдіяльності.

**Вміти:** складати формули ізомерів динокарбонowych кислот і давати їм назву за номенклатурою ІЮПАК; пояснювати причини кислотності кислот, порівнювати силу кислот у гомологічному ряді; писати рівняння хімічних реакцій, що підтверджують властивості динокарбонowych і кислот; проводити якісні реакції на оксалат-йон.

### I. Короткі теоретичні відомості

#### 1. Будова. Номенклатура. Ізомерія

*Дикарбонowymi кислотами називають похідні вуглеводнів, які містять у своєму складі дві карбоксильні групи.*

Більш вживаними є тривіальні назви (табл. 2). За замісничовою номенклатурою ІЮПАК назви дикарбонowych кислот утворюють з назв відповідних вуглеводнів з додаванням чисельного додатка *-di-*, суфікса *-ова* та слова *кислота*.

Таблиця 2.

**Назви деяких дикарбонowych кислот та значення їх констант дисоціації**

Формула	Назва за номенклатурою		$K_{\text{дисоц 1}} / K_{\text{дисоц 2}}$
	тривіальною	замісничовою	
HOOC–COOH	оксалатна (шавлева)	етандіова	$6,51 \cdot 10^{-2} /$ $5,18 \cdot 10^{-5}$
HOOC–CH <sub>2</sub> – COOH	маленова	пропандіова	$1,42 \cdot 10^{-3} /$ $2,01 \cdot 10^{-6}$
HOOC–(CH) <sub>2</sub> – COOH	бурштинова (янтарна)	бутандіова	$6,21 \cdot 10^{-5} /$ $2,31 \cdot 10^{-6}$

Закінчення таблиці 2

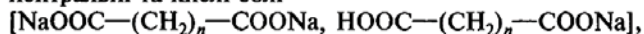
HOOC-(CH) <sub>3</sub> -COOH	глутарова	пентандіова	4,54·10 <sup>-5</sup> / 3,81·10 <sup>-6</sup>
HOOC-(CH) <sub>4</sub> -COOH	адипінова	гександіова	3,71·10 <sup>-5</sup> / 3,87·10 <sup>-6</sup>

*Ізомерія* дикарбонових кислот зумовлена різною структурою карбонового ланцюга молекули та положення функціональних груп.

## 2. Властивості дикарбонових кислот як біфункціональних сполук

За хімічними властивостями дикарбонові кислоти багато в чому схожі з монокарбоновими. Вони утворюють одні й ті самі функціональні похідні, з тою лише різницею, що реакції можуть йти за участю як одної, так і обох карбоксильних груп. Наприклад, вони утворюють солі (в реакціях з металами, оксидами металів, основами, солями), повні та неповні естери, повні та неповні галогенангідриди, повні та неповні амід.

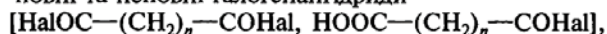
**нейтральні та кислі солі**



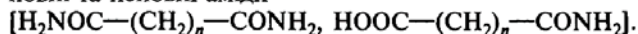
**повні та неповні естери**



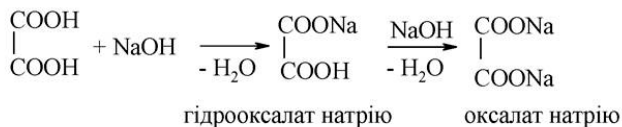
**повні та неповні галогенангідриди**



**повні та неповні амід**



Кислотні властивості дикарбонових кислот (що є більш сильними, ніж монокарбонові) у хімічних і біохімічних системах проявляються в реакціях солеутворення. Відрив протона від другої карбоксильної групи ускладнений ( $K_{\text{дисоц } 1} > K_{\text{дисоц } 2}$ ), тому часто в біохімічних системах дикарбонові кислоти утворюють два типи солей – кислі і середні:



## 3. Якісна реакція на оксалат-йон

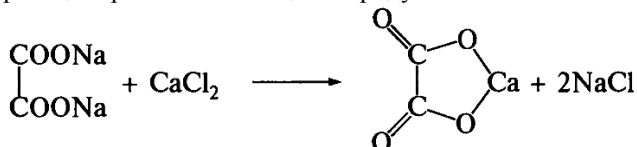
Якісну реакцію на виявлення оксалатної кислоти і її розчинних



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

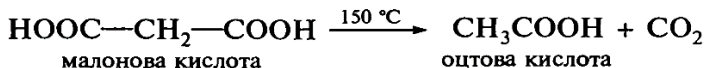
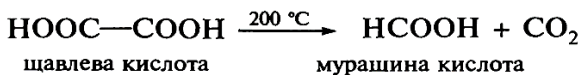
---

солей є реакція з розчином кальцій хлориду:

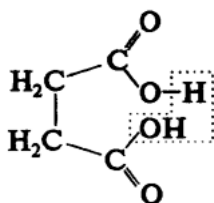


**4. Специфічні властивості дикарбонових кислот. Відношення до нагрівання (декарбоксилювання, утворення циклічних ангідридів)**

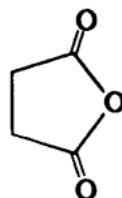
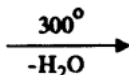
Дикарбонові кислоти виявляють і ряд специфічних властивостей, зокрема вони по-різному реагують на нагрівання. Наприклад, оксалатна та маленова кислоти при нагріванні вище  $t_{\text{пл}}$  піддаються декарбоксилюванню (відщеплюють  $\text{CO}_2$ ) по одній карбоксильній групі та перетворюються в монокарбонові кислоти – мурашину та ацетатну відповідно:



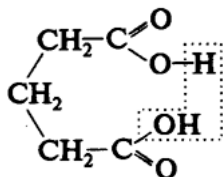
Янтарна і глутарова кислоти при нагріванні утворюють циклічні ангідриди:



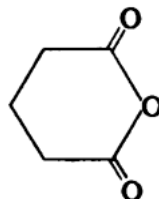
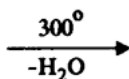
янтарна кислота



янтарний ангідрид



глутарова кислота



глутаровий ангідрид

## II. Практична частина

### *Розв'язання завдань на тему «Дикарбонові кислоти»*

1. Для дикарбонової кислоти складу  $C_5H_{10}O_4$  навести структурні формули можливих ізомерів, дати їм назву за систематичною номенклатурою.

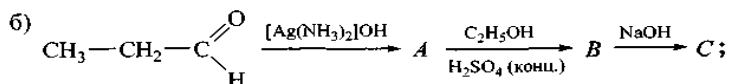
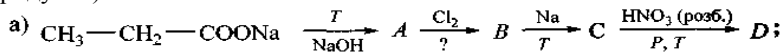
2. Написати реакції взаємодії янтарної кислоти з речовинами, що знаходяться в напівеквімолярній кількості до неї (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- калію гідрогенкарбонатом;
- метанолом.

3. Написати реакції взаємодії маленової кислоти з речовинами, що знаходяться в еквімолярній кількості до неї (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- літію гідроксидом;
- амоніаком;
- етанолом;
- фосфор (V) хлоридом.

4. Навести рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):



### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Експериментальне дослідження властивостей дикарбонових кислот*

**Прилади та реактиви:** штатив з пробірками, спиртівка, піпетки, сірники, пробіркотримач, 5 %-й розчин етанової (оцтової) кислоти, 5 %-й розчин оксалатної кислоти, кристали оксалатної кислоти, універсальний індикаторний папір, 10 %-й розчин NaOH, 5 %-й розчин  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , 5 %-й розчин купруму (II) сульфату, 5 %-й розчин  $\text{CaCl}_2$ , 10 %-й розчин HCl, розчин  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , 0,5 %-й розчин  $\text{KMnO}_4$ , 10 %-й розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , баритова або кальцієва вода, фенолфталеїн.

#### *Порядок роботи*

#### *Дослід 1. Залежність кислотних властивостей карбонових кислот від основності*

Кілька кристалів оксалатної кислоти розчинити у дистильованій воді (пробірку злегка струшувати). За допомогою чистих скляних

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

паличок нанести риси розчинів оксалатної і оцтової кислот на смужку універсального індикаторного паперу. За відповідністю забарвлення смужки та шкали порівняти кислотність розчинів. Інтенсивність забарвлення залежить від сили кислоти.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

***Дослід 2. Утворення солей карбонових кислот***

**2.1. Взаємодія кислот з металами.** У дві пробірки налити по 0,5 мл розведеної оксалатної кислоти. В одну додати гранулу магнію, в другу – гранулу цинку, спостерігати виділення водню.

Якщо з цинком реакція відбувається повільно, то реакційну суміш нагріти.

**2.2. Взаємодія з розчином лугу.** До 0,5 мл розчину натрій гідроксиду додати 1–2 краплі фенолфталеїну. В пробірку по краплях додати оксалатну кислоту до зміни забарвлення.

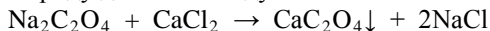
**2.3. Взаємодія з осадом нерозчинної основи.** До 0,5 мл розчину купрум(II) сульфату додати 1 мл розчину натрій гідроксиду. До добутого осаду додати оксалатну кислоту до розчинення осаду.

**2.4. Взаємодія з розчином натрію гідрогенкарбонату.** До 0,5 мл розчину натрію гідрогенкарбонату додати 1–2 мл оксалатної кислоти.

Для всіх розділів цього досліді записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

***Дослід 3. Якісна реакція на оксалат-йон.***

У пробірку з 0,5 мл розчину натрій оксалату додати краплями 5 %-й розчин кальцій хлориду до появи осаду:

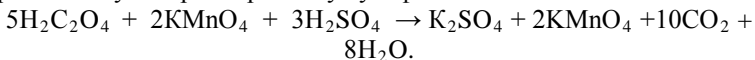


Випадає білий осад кальцій оксалату, кристали якого нагадують за формою поштові конверти.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

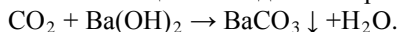
***Дослід 5. Окиснення оксалатної кислоти***

У пробірку помістити 0,5 мл насиченого розчину оксалатної кислоти, при струшуванні додати по 5 крапель розчину калій перманганату і 2 краплі розчину сульфатної кислоти:



Це окисно-відновна реакція, де оксалатна кислота (на відміну від вищих гомологів) виявляє відновні властивості, а калій перманганат у кислому середовищі виступає окисником. При цьому розчин калій перманганату знебарвлюється.

Пробірку закрити газовідвідною трубкою, кінець якої занурити в пробірку з баритовою або кальцієвою водою і обережно підігріти:

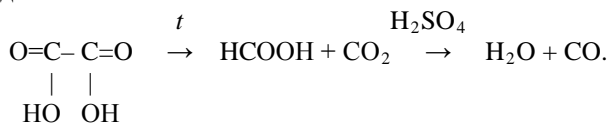


Розчин баритової води мутніє.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### **Дослід 6. Розкладання оксалатної кислоти при нагріванні**

Нагріти у пробірці з газовідвідною трубкою 1 г оксалатної кислоти. Карбон (IV) оксид, що утворюється, пропустити крізь розчин кальцієвої води:



Потім (*Увага! Теоретично*), якщо вийняти трубку з рідини і додати 1–2 мл конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та, продовжуючи нагрівання, підпалити газ, який виділяється (CO), біля отвору трубки, то він горітиме характерним блакитним полум'ям.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### **Дослід 7. Декарбоксілювання маленової кислоти**

У суху пробірку вносити близько 0,5 г маленової (пропандіової) кислоти. Пробірку закрити пробкою з вигнутою газовідвідною трубкою, кінець якої занурити в іншу пробірку з вапняною водою. При нагріванні маленова кислота декарбоксілюється з утворенням карбон (IV) оксиду, який виявляють реакцією з вапняною водою.

Яке практичне значення має здатність маленової кислоти декарбоксілюватися при нагріванні?

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

**III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом**

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**Варіант № 0**

1. Для дикарбонової кислоти складу  $C_4H_6O_4$ :
  - а) навести структурні формули можливих ізомерів (серед яких повинні бути як структурні, так і функціональні ізомери), дати їм назву за систематичною номенклатурою;
  - б) для одного із ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту) з:
    - кальцієм;
    - ізопропанолом.
2. Навести рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

метан  $\Rightarrow$  ацетилен  $\Rightarrow$  оцтовий альдегід  $\Rightarrow$  оцтова кислота  $\Rightarrow$  ацетилхлорид.
3. У трьох окремих пробірках знаходяться розчини фенолу, оксалатної і ацетатної кислоти. Як розпізнати ці речовини? Відповідь підтвердити рівняннями хімічних реакцій.

**IV. Питання для самопідготовки**

1. Гомологічні ряди дикарбонових кислот, їх номенклатура.
2. Ізомерія дикарбонових кислот, її види.
3. Дайте характеристику основних фізичних і хімічних властивостей двохосновних насичених карбонових кислот.
4. Хімічні властивості карбонових кислот: утворення солей, естерів, ангідридів, галогенпохідних, галогенангідридів, амідів, нітрילів.
5. Які з двохосновних насичених карбонових кислот мають значення для медицини, фармації? Напишіть їхні структурні формули і дайте коротку характеристику.
6. Хімічні та фізичні методи ідентифікації карбонових кислот.

# Практичне заняття № 5

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ

## КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

**Навчальна мета:** дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, фізичні та хімічні властивості, застосування окремих представників похідних карбонових кислот (естерів, амідів) у медицині, фармації.

**Знати:** найважливіші функціональні похідні карбонових кислот (аміди і естери): їхні номенклатуру, будову, хімічні властивості; ідентифікацію карбонових кислот; застосування окремих представників у медицині, фармації.

**Вміти:** складати формули ізомерів функціональних похідних карбонових кислот і давати їм назву; пояснювати причини кислотності кислот, порівнювати силу кислот у гомологічному ряді; писати рівняння хімічних реакцій, що підтверджують властивості речовин; передбачати властивості речовин, що містять різні функціональні групи.

### I. Короткі теоретичні відомості

#### 1. Естери

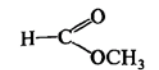
**Естери** – похідні карбонових кислот, в яких гідроксильна група заміщена на залишок спирту або фенолу – OR.

##### 1.1. Загальна характеристика естерів. Будова. Номенклатура

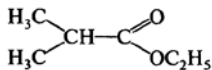
Традиційно естери називають, використовуючи назви вихідних спирту та кислоти. За замісничовою номенклатурою їх назви утворюють від назви вуглеводневого радикалу спирту (або фенолу) та систематичної назви карбонової кислоти, в якій суфікс *-ова* та слово *кислота* замінюються суфіксом *-оат*, наприклад:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

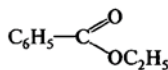
---



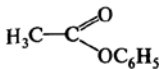
метиловий естер  
мурашиної кислоти,  
метилформіат,  
метилметаноат



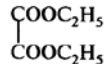
стиловий естер  
ізомасляної кислоти,  
стилізобутират,  
стил-2-метилпропаноат



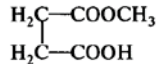
стиловий естер  
бензойної кислоти,  
стилбензоат



феніловий естер,  
оцтової кислоти,  
фенілацетат,  
фенілетаноат



дітиловий естер  
щавлевої кислоти,  
дітилоксалат



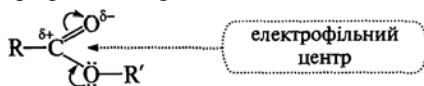
метиловий естер  
янтарної кислоти,  
метилсукцинат

### 1.2. Фізичні властивості естерів

Естери карбонових кислот є безбарвними леткими рідинами, деякі – кристалічні речовини з приємним запахом. Вони, як правило, малорозчинні у воді, добре розчиняються в більшості органічних розчинників. Температура кипіння естерів нижча за температуру кипіння карбонових кислот, які входять до їх складу, що пов'язано зі зменшенням міжмолекулярної взаємодії за рахунок відсутності міжмолекулярних водневих зв'язків.

### 1.3. Хімічні властивості естерів

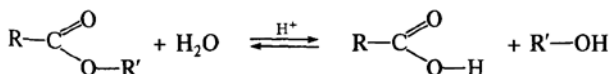
Естери є електрофільними реагентами:



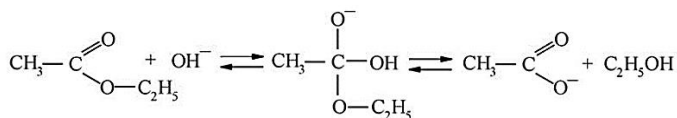
Як електрофільні реагенти естери вступають у реакції нуклеофільного заміщення. Зокрема, вони реагують з водою (*гідроліз*), спиртами (*алкоголіз*) та амоніаком (*амоноліз*).

**A. гідроліз естерів.** Найважливішою властивістю *естерів* є їх гідроліз, який може бути представлений як в кислому, так і в лужному середовищі.

– *кислотний гідроліз*. Механізм гідролізу в кислому середовищі може бути представлений реакціями, зворотними процесу етерифікації:

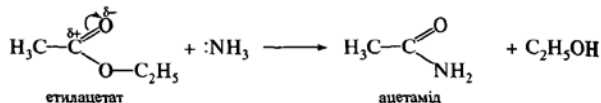


– *лужний гідроліз*. У присутності водних розчинів лугів естери гідролізуються з утворенням солі карбонової кислоти та спирту або фенолу:

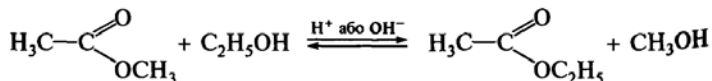


На відміну від кислотного гідролізу, гідроліз в лужному середовищі незворотній внаслідок утворення стійкого ацилат-іона.

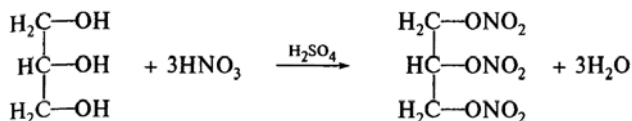
**В. взаємодія з амоніаком.** При дії на естери амоніаку утворюються аміді карбонових кислот:



**С. взаємодія зі спиртами (реакція переестерифікації).** Переестерифікація каталізується мінеральними кислотами або лугами. Реакція є оборотною. Для зміщення рівноваги вправо відганяють більш леткий спирт:

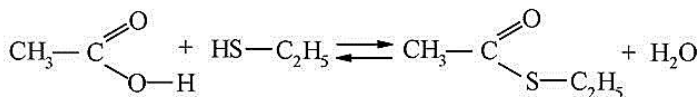


**1.4. Гліцеринтринітрат (нітрогліцерин)** – добувають взаємодією гліцерину з концентрованою нітратною кислотою (в присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):



У вигляді розведених спиртових розчинів нітрогліцерин справляє судино-розширювальну дію і застосовується в медицині при стенокардії. Випускається також у таблетках із вмістом 0,0005 г (50мкг) речовини.

**1.5. Тіоестери карбонових кислот.** Сульфурвмісними аналогами естерів є тіоестери карбонових кислот – продукти взаємодії кислот з тіолами:





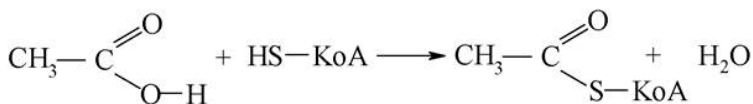
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

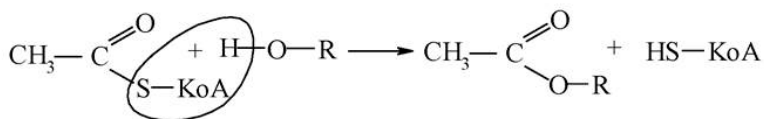
Серед тіоестери є важливі в біологічному відношенні речовини, зокрема, ацетилкофермент А – тіоестер оцтової кислоти й коферменту А. Кофермент А утворений трьома компонентами: аденозиндифосфатом (АДФ), пантотеновою кислотою (вітамін В<sub>3</sub>) і 2-аміноетантіолом:



Кофермент А активує карбонові кислоти, перетворюючи їх на реакційноздатні стери тіолів:



Ацильні похідні коферменту А мають велику реакційну здатність до нуклеофільного заміщення. Це обумовлено великим порівняно зі складними ефірами частковим позитивним зарядом на карбонільному вуглеці (+M ефект -S-R групи менший, ніж -O-R). Тому ацетил-КоА може слугувати ацилюючим агентом:

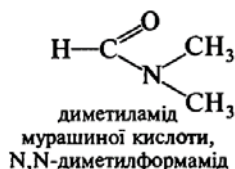
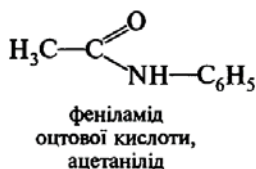
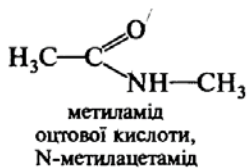
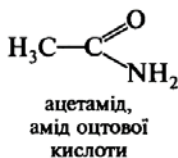
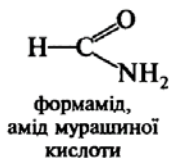


## 2. Амідн

**Амідн** – похідні карбонових кислот, в яких гідроксильна група карбоксилу заміщена на аміногрупу. Їх також можна розглядати як ацильні похідні амоніаку, первинних і вторинних амінів.

**2.1. Номенклатура.** Назви амідів найчастіше утворюють від назв відповідних карбонових кислот і амінів. У багатьох випадках користуються тривіальними назвами кислотних залишків – ацилів, в яких суфікс **-ил (-il)** замінено на **-амід**. За замісничовою номенклатурою назви амідів складають із назв кислот заміною суфікса **-ова** та слова *кислота* на суфікс **-амід**. У назвах заміснених амідів положення замісників, що знаходяться при атомі Нітрогену амідної групи,

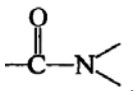
позначають символом N.



**2.2. Фізичні властивості.** Амідні карбонових кислот являють собою кристалічні речовини або рідини, розчинні у воді та органічних розчинниках.

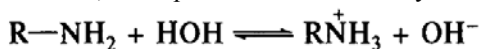
**2.3. Кислотно-основні властивості. Кислотний та лужний гідроліз амідів**

Реакційна здатність амідів зумовлена наявністю в їх структурі амідного угруповання:



За електронною будовою ця група дещо схожа з карбоксильною. Але завдяки електронному перерозподілу від Нітрогену частковий позитивний заряд на атомі Карбону карбонільної групи є суттєво меншим. Завдяки такій електронній будові амідні карбонових кислот практично не вступають у реакції з нуклеофільними реагентами.

На відміну від амінів, водні розчини яких мають лужне середовище:



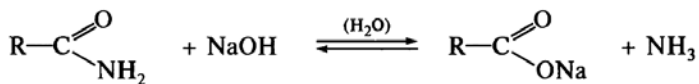
амідні є дуже слабкими основами.

Навпаки, амідні, що мають у своїй структурі зв'язок N-H, є слабкими NH-кислотами.

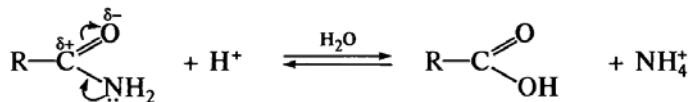
*Гідроліз амідів* відбувається з певною швидкістю тільки у присутності мінеральних кислот або лугів. У лужному середовищі амідні перетворюються на сіль карбонової кислоти та амоніак:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---



У процесі гідролізу в *кисломому* середовищі аміди утворюють карбонові кислоти і амонієві солі:



### II. Практична частина

#### *Розв'язання завдань на тему «Похідні карбонових кислот»*

1. Для естеру складу  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  навести структурні формули кількох можливих ізомерів (включно ізомер за міжкласовою ознакою), дати їм назву за систематичною номенклатурою.

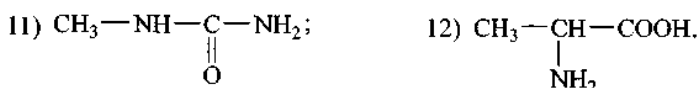
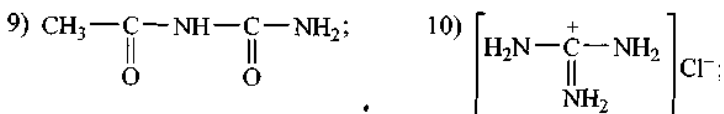
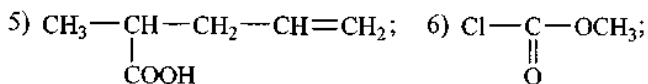
2. Написати структурну формулу таких сполук:

- а) фенілпропаноат;
- б) *o*-етилфеніловий естер ізомасяної кислоти;
- в) 2,2-диметилбензоат;
- г) діетиловий естер маленової кислоти;
- д) *m,m*-дибромфеніловий естер третбутілової кислоти;
- е) пропіл 3,3-дибромпентеноат.

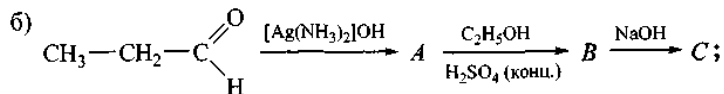
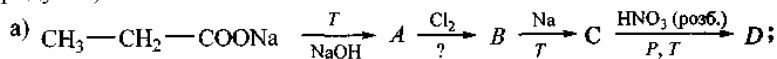
3. Навести рівняння реакцій (вказати механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- гідролізу фенілпропаноату у кисломому середовищі;
- гідролізу фенілпропаноату у лужному середовищі;
- взаємодії метилбензоату з амоніаком;
- переестерифікації метилбензоату.

4. Назвати сполуки за систематичною номенклатурою:



5. Навести рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення (вказати механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):



г) Пропанол  $\rightarrow$  Пропаналь  $\rightarrow$  Пропанова кислота  $\rightarrow$  Етиловий естер пропанової кислоти  $\rightarrow$  Пропілпропаноат  $\rightarrow$  Пропанова кислота.

### Алгоритм лабораторної роботи

#### Утворення та вивчення властивостей естерів і амідів

**Пряди та реактиви:** пробірки, піпетки, сірники, спиртівка, пробіркодержачі, кристали натрій ацетату, бензойноетиловий естер, універсальний індикаторний папір,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.), р-н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1), 96 % -й спирт етиловий.

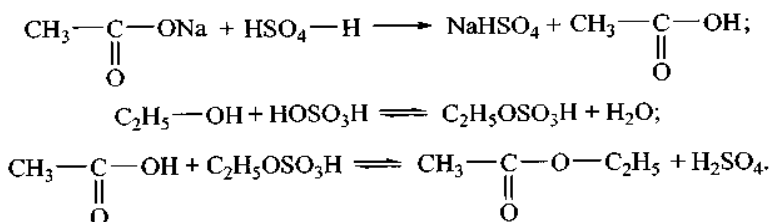
#### Порядок роботи

##### Дослід 1. Утворення етилацетату

У суху пробірку помістити 0,1 г кристалів безводного натрій ацетату і 0,5 мл етилового спирту. Додати 0,3 мл концентрованої сульфатної кислоти і обережно нагріти. Відмітьте появу характерного приємного освіжаючого запаху:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---



У результаті реакції естерифікації утворюються естери. Реакція оборотна. Концентрована сульфатна кислота виступає каталізатором і водовіднімальним засобом. Найлегше естери утворюються з первинних спиртів і нижчих карбонових кислот. Естери мають приємний запах.

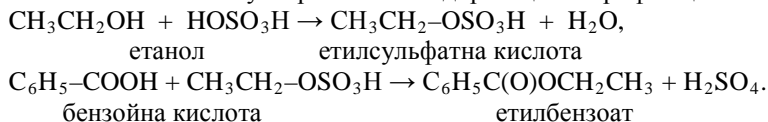
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 2. Утворення етилбензоату (бензойноетилового естеру)**

Етилбензоат  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})\text{OC}_2\text{H}_5$  – оліїста рідина, важча за воду, має специфічний запах. Використовується як сировина для добування багатьох медикаментів, барвників, реактивів тощо.

У пробірку ввести 0,1 г сухої бензойної кислоти, додати 0,5 мл 80–90 % етанолу і 0,3 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш струсити і нагріти до кипіння, безперервно перемішуючи. Через 2–5 хв суміш вилити у колбу з холодною водою. На дно колби випадає рідина зі своєрідним запахом – етилбензоат.

*Хімізм.* Етилбензоат утворюється в ході реакції естерифікації:

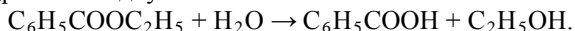


Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 3. Гідроліз бензойноетилового естеру**

У дві пробірки налити бензойноетиловий естер об'ємом по 0,5 мл. В одну пробірку долити розчин сульфатної кислоти об'ємом 2 мл, а в другу – стільки же води. Пробірки нагріти кілька хвилин у полум'ї спиртівки. Під час охолодження в першій пробірці випадає осад –

кристали бензойної кислоти, у другій пробірці осад не утворюється, бо гідроліз не відбувається.

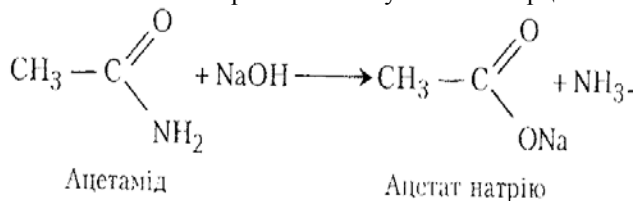


Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### **Дослід 4. Взаємодія ацетаміду з лугом**

Ацетамід, як і більшість амідів кислот, має слабкі кислотні властивості. Його молекула легко руйнується розчинами лугів з утворенням солей. Цю властивість використовують у хімічному аналізі – з амідів звичайних карбонових кислот і амінокислот добувають солі.

У суху пробірку ввести 0,2 г ацетаміду, додати 2–3 мл розчину натрій гідроксиду і кип'ятити. Виділяється амоніак. Його виявляють за запахом або за посиненням червоного лакмусового папірця.



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

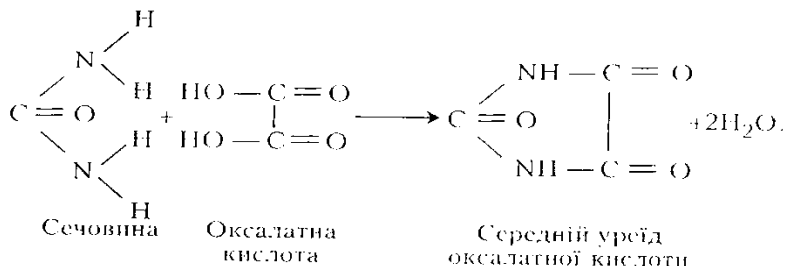
#### **Дослід 5. Утворення уреїдів оксалатної кислоти**

При взаємодії сечовини і оксалатної кислоти утворюється спочатку кислий, потім середній (циклічний) уреїд. Уреїди – похідні сечовини, які добувають заміщенням атомів гідрогену аміногруп сечовини на кислотні (ацильні) залишки. Взаємодією сечовини з двохосновними карбоновими кислотами можна добути кислі (уреїдокислоти) або середні (циклічні) уреїди. Деякі з уреїдів є проміжними продуктами нуклеїнового обміну (наприклад, уреїдосукцинатна кислота), кінцевими продуктами азотистого обміну (уратна кислота), вітамінами (біотин), медикаментами (барбітурова кислота, барбітал, бромізовал, кофеїн), коферментами (рибофлавінфосфат) тощо.

У пробірку ввести 0,5–1,0 г сухої сечовини, додати 2–5 мл води, збовтати до повного розчинення. Потім у суміш додати 0,5–1,0 г оксалатної кислоти. Випадає осад уреїдів (кислого і середнього, або циклічного, складу):

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

*Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень*

#### IV. Питання для самопідготовки

1. Які лабораторні промислові способи добування естерів вам відомі? Наведіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
2. Дайте коротку характеристику головних фізичних і хімічних властивостей естерів. Проілюструйте хімічні властивості відповідними рівняннями хімічних реакцій.
3. Напишіть структурні формули естерів, які мають значення для промисловості, медицини й фармації.
4. Що таке амідні кислот? Напишіть структурні формули відомих вам амідів органічних кислот. Які види ізомерії характерні для амідів кислот? Наведіть приклади.
5. Дайте коротку характеристику основних фізичних і хімічних властивостей амідів кислот.
6. Складіть рівняння хімічних реакцій добування кислого і середнього урідів сукцинатної (янтарної) і глутарової кислот.
7. Напишіть структурні формули аспарагіну та глутаміну. Яке вони мають значення для живих організмів?

# Практичне заняття № 6

## ГІДРОКСИКИСЛОТИ

**Навчальна мета:** використовувати знання властивостей функціональних груп для прогнозування особливостей хімічної поведінки гідроксикислот і їх похідних, які є метаболітами в процесі обміну речовин; дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, фізичні та хімічні властивості, застосування окремих представників гідроксикислот у медицині, фармації.

**Знати:** будову, номенклатуру та ізомерію гідроксикислот; хімічні властивості гідроксикислот; застосування гідроксикислот і їхніх похідних у медицині та фармації.

**Вміти:** складати формули ізомерів кислот, давати їм назву; писати формули молочної, винної, яблучної, саліцилової, лимонної кислот; писати рівняння хімічних реакцій, що характеризують властивості гідроксикислот, зумовлені наявністю функціональних OH- і COOH-груп; писати рівняння хімічних реакцій, що зумовлюють специфічні властивості гідроксикислот (відношення до нагрівання); довести наявність гідроксильних груп у винній кислоті; проводити якісну реакцію на цитрат-йон.

### I. Короткі теоретичні відомості

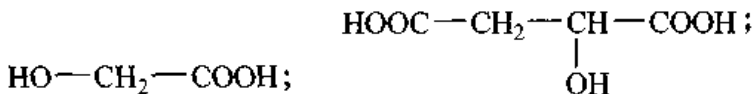
#### 1. Класифікація. Номенклатура. Будова

**Гідроксикислоти** – похідні карбонових кислот, що містять у вуглеводневому радикалі одну або кілька гідроксильних груп.

#### А. Класифікація

1. Залежно від природи вуглеводневого радикалу гідроксикислоти поділяють на:

а) аліфатичні гідроксикислоти (*спиртокислоти*):



Гліколева кислота,  
гідроксіоцтова кислота,  
гідроксіетанова кислота

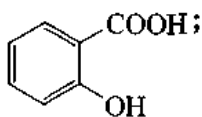
Яблучна кислота,  
 $\alpha$ -гідроксіянтарна кислота,  
2-гідроксибутандіова кислота.

б) ароматичні (*фенолокислоти*).



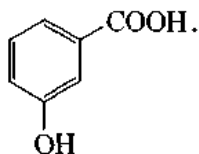
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---



**Саліцилова кислота,**

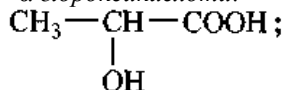
2-гідроксibenзойна кислота,  
*o*-гідроксibenзойна кислота



3-гідроксibenзойна кислота,  
*m*-гідроксibenзойна кислота

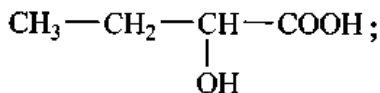
2. За взаємним розміщенням карбоксильної та гідроксильної груп аліфатичні гідроксикислоти поділяють на  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -кислоти:

а)  *$\alpha$ -гідроксикислоти:*



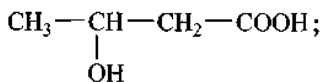
**Молочна кислота,**

$\alpha$ -гідроксипропіонова кислота,  
 2-гідроксипропанова кислота

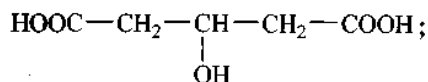


$\alpha$ -Гідроксимаєляна кислота,  
 2-гідроксибутанова кислота

б)  *$\beta$ -гідроксикислоти:*

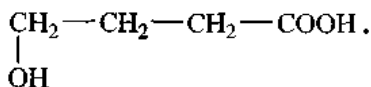


$\beta$ -Гідроксимаєляна кислота,  
 3-гідроксибутанова кислота  
 кислота



$\beta$ -Гідроксиглутарова  
 3-гідроксипентандіова  
 кислота

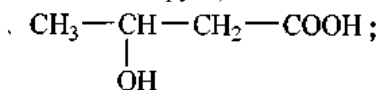
в)  *$\gamma$ -гідроксикислоти:*



$\gamma$ -Гідроксимаєляна кислота,  
 4-гідроксибутанова кислота

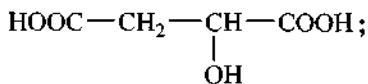
3. За кількістю карбоксильних груп:

а) *одноосновні* (одна  $-\text{COOH}$ -група):



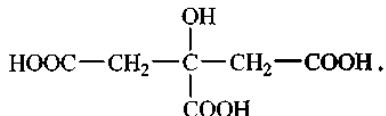
3-Гідроксибутанова кислота

б) *двохосновні* (дві  $-\text{COOH}$ -групи):



2-Гідроксибутандіова кислота

в) *трьохосновні* (три  $-\text{COOH}$ -групи):

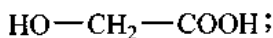


Лимонна кислота,

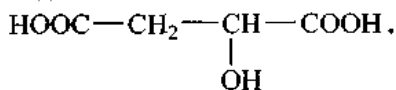
2-гідрокси-1,2,3-пропантрикарбонова кислота і т. д.

4. За кількістю гідроксильних груп, у тому числі груп  $-\text{OH}$ , що входять до складу карбоксильної групи:

- двохатомні (дві  $-\text{OH}$ -групи);
- трьохатомні (три  $-\text{OH}$ -групи) і т. д.



Гліколева кислота  
(одноосновна двохатомна кислота)



Яблучна кислота  
{двохосновна трьохатомна кислота}

**В. Номенклатура та ізомерія.** У номенклатурі гідроксикислот широко застосовують тривіальні назви. За *замісничковою* номенклатурою як родоначальну беруть тривіальну або систематичну назву карбонової кислоти. Гідроксильна група позначається префіксом *гідрокси-* (*гідрокси-*). При використанні тривіальної назви родоначальної структури локант гідроксильної групи позначають літерами грецького алфавіту  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , а для систематичної назви вказують цифровими локантами.

Таблиця 3.

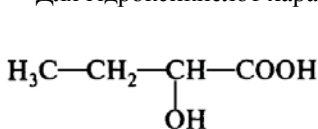
Назви деяких гідроксикислот та значення їх констант дисоціації

Формула	Назва за номенклатурою		К <sub>дисоціації 1</sub>
	тривіальною	замісничковою	
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	гліколева	гідроксіетанова	$1,48 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$	молочна	2-гідроксипропанова	$1,37 \cdot 10^{-4}$
$\text{HOOC}-\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})-\text{COOH}$	лимонна	2-гідрокси-1,2,3-пропантрикарбонова	$7,45 \cdot 10^{-4}$
$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$	саліцилова	2-гідроксибензойна	$1,06 \cdot 10^{-3}$

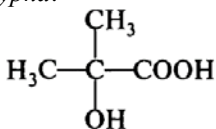
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

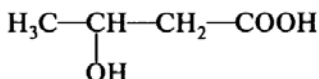
Для гідроксикислот характерна *структурна*:



2-гідроксибутанова кислота



2-гідрокси-2-метилпропанова кислота



3-гідроксибутанова кислота

Для гідроксикислот, крім структурної, характерна ще і *оптична ізомерія*.

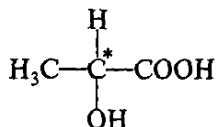
## 2. Загальні поняття про оптичну ізомерію

**2.1. Оптична активність молекул.** Оптичні ізомери, проявляють оптичну активність.

**Оптичною активністю** називають властивість речовини обертати площину поляризації поляризованого світла, що проходить через її шар.

Обертання площини поляризації праворуч позначають знаком «+», ліворуч – знаком «-». Оптичну активність вимірюють за допомогою приладів поляриметрів.

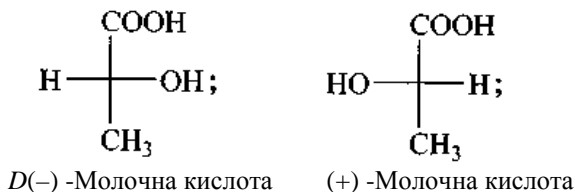
**2.2. Асиметричний атом Карбону.** Обов'язковою умовою для прояву органічною сполукою оптичної активності є асиметрія її молекул. Усі оптичноактивні речовини містять *асиметричний атом Карбону* C\*, який перебуває у стані  $sp^3$ -гібридації і сполучений з чотирма різними замісниками. Часто для нього застосовують більш загальну назву – *хіральний центр*. У структурних формулах асиметричний атом Карбону прийнято позначати зірочкою – C\*:



Наявність хіральних центрів зумовлює оптичну активність багатьох гідроксикислот.

Відповідно до кількості таких центрів можна встановити кількість ізомерів, які визначають за формулою  $N = 2^n$ , де  $n$  – кількість асиметричних атомів Карбону.

Наприклад, у молекулі молочної кислоти  $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$  є один асиметричний атом Карбону і, відповідно, вона має два оптичні ізомери (*D*- і *L*-):



Два оптичних ізомери (*D*- і *L*-) є оптично активні: один обертає площину поляризованого світла праворуч (+), інший – ліворуч (-).

Оптичні ізомери є *стереоізомерами*, які поділяються на *енантіомери* та *діастереомери*.

**2.3. Енантіомери, діастереомери, рацемічні форми.** Стереоізомери, які відносяться один до одного як предмет і несумісне з ним дзеркальне відображення, називають *енантіомери*.

*Енантіомери* мають однакові фізичні й хімічні властивості, відрізняються лише протилежними знаками оптичної активності, тобто є *оптичними антиподами*. Але, що є дуже важливим, енантіомери з різною швидкістю реагують з іншими оптично активними сполуками, якими насичені біологічні рідини нашого організму, тому мають різну фізіологічну активність.

**Діастереомери** – оптичні ізомери, які не є дзеркальним відображенням один одного. Вони відрізняються один від одного не лише кутом питомого обертання, а й хімічними та фізичними властивостями.

**2.4. Зображення оптичних ізомерів на площині** здійснюють за допомогою проєкційних формул Фішера, дотримуючись таких правил:

1. Головний ланцюг розмішують вертикально, причому першим згори має бути атом Карбону, з якого за номенклатурою ІЮПАК починають нумерацію.

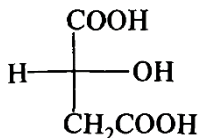
2. Асиметричний атом Карбону зазвичай не зображують, він знаходиться на перехресті горизонтальної і вертикальної ліній.

3. За розміщенням головної групи у просторі розрізняють *L*- (головна група ліворуч) і *D*- (головна група праворуч) ізомери. Еталоном (стандартом) є гліцериновий альдегід.

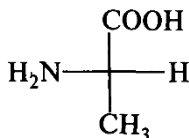
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

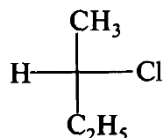
4. Належність до *D*- або *L*-ряду визначають за будовою, а напрям зміни обертання площини поляризації світла «-» чи «+», який не пов'язаний з розміщенням головної групи у просторі, – експериментально. Наприклад:



*D*-яблучна кислота



*L*-аланін



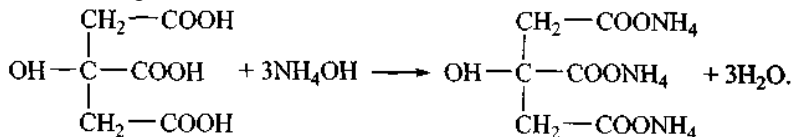
*D*-2-хлоробутан

### 3. Хімічні властивості

3.1. *Реакційна здатність гідроксикислот* зумовлена наявністю в їх структурі двох функціональних груп – карбоксильної та гідроксильної:

- по **карбоксильній** групі гідроксикислоти дають усі реакції, властиві карбоновим кислотам. Зокрема, вони, виявляючи кислотні властивості, взаємодіють з металами, оксидами металів, гідроксидами металів, солями.

При цьому порівняно з відповідними карбоновими кислотами гідроксикислоти під впливом OH-групи виявляють більші кислотні властивості. Гідроксикислоти взаємодіють навіть із слабкою основою, як амоній гідроксид:

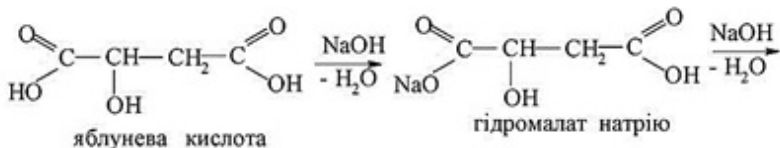


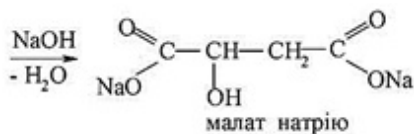
лимонна кислота

триамоній-2-гідрокситрипропанат

Реакція заміщення протона гідрогену в дикарбонових гідроксикислотах відбувається поступово: спочатку утворюється кисла сіль, а потім – середня.

Кислі солі – малорозчинні сполуки, а середні солі добре розчиняються у воді:

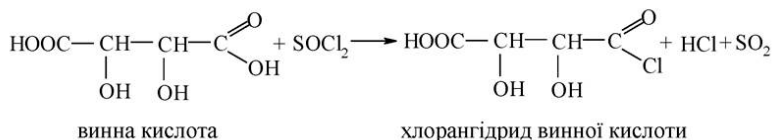
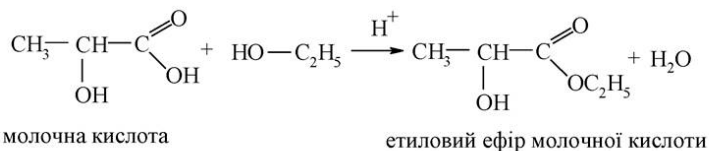




Ця властивість використовується для доказу наявності в таких кислотах двох карбоксильних груп.

Наявність карбоксильної групи в гідроксикислоті обумовлює також здатність утворювати естери, аміли і галогенангідриди.

Реакції отримання з гідроксикислот естерів та галогенангідридів за своїм механізмом належать до реакцій нуклеофільного заміщення:



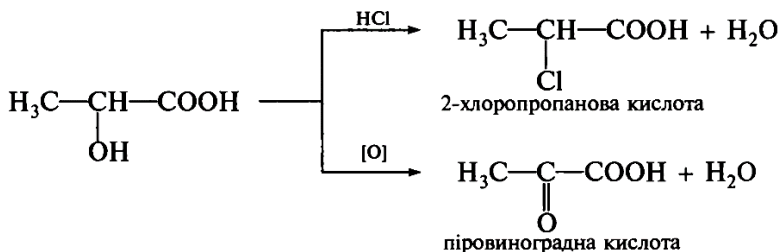
Декарбокислювання – одна з найбільш важливих реакцій. Наявність у гідроксикислоті гідроксилу (особливо в  $\alpha$ -положенні), що є електроноакцепторною групою, і поляризуючого зв'язку атома з карбоксильною групою полегшує процеси декарбокислювання:



• за участі **гідроксильної** групи аліфатичні гідроксикислоти вступають у реакції, характерні для спиртів. Наприклад:

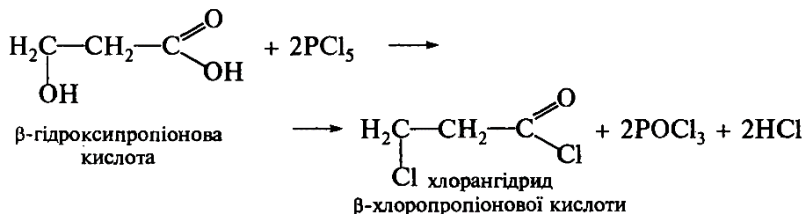
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

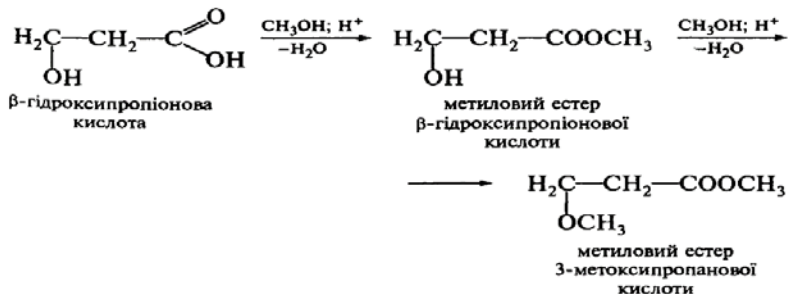


• слід виділити реакції, в які водночас можуть вступати *обидві* групи.

– так, при дії на гідроксикислоти галогенуючих реагентів ( $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$ ) утворюються галогенангідриди галогенокарбонових кислот:



– при взаємодії зі спиртами у присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$  гідроксикислоти спочатку перетворюються на естери, а потім за надлишку реагенту можуть утворювати також етери по гідроксильній групі:

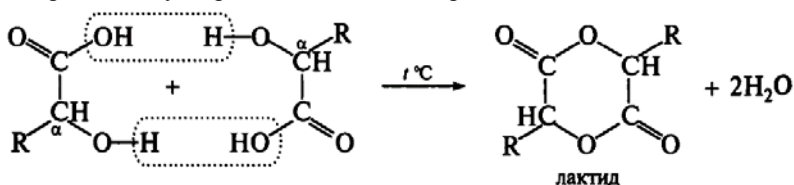


Водночас для аліфатичних гідроксикислот характерні також специфічні властивості.

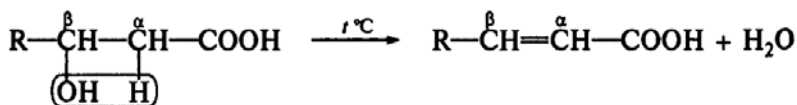
### 3.2. Відношення $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -гідроксикислот до нагрівання (лактиди, лактони)

•  $\alpha$ -Гідроксикислоти при нагріванні зазнають міжмолекулярної

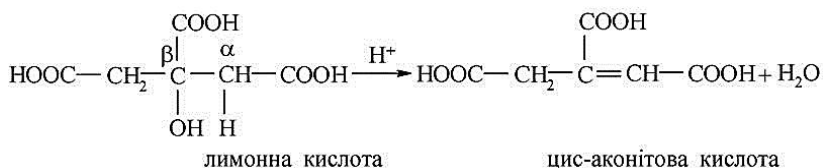
дегідратації та утворюють циклічні естери – лактиди:



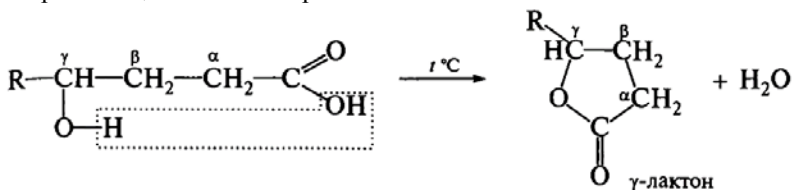
• β-Гідроксикислоти при нагріванні зазнають внутрішньомолекулярної дегідратації з утворенням α, β-ненасичених кислот:



Наприклад, ця реакція протікає на одній зі стадій циклу трикарбонових кислот:

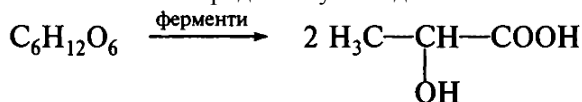


• γ-Гідроксикислоти вже при кімнатній температурі або незначному нагріванні зазнають внутрішньомолекулярної дегідратації з утворенням циклічних естерів – лактонів:



#### 4. Окремі представники: молочна, винна, яблучна, лимонна кислоти. Їх застосування

**А. Молочна кислота** (α-гідроксипропіонова кислота). Уперше її було виділено з кислого молока. Молочна кислота утворюється внаслідок молочнокислого бродіння вуглеводів:





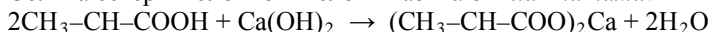
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

Міститься в кислому молоці, кефірі, мочених яблуках, квашеній капусті, різних соліннях тощо. Молочна кислота має у своїй структурі один асиметричний атом Карбону і тому існує у вигляді двох оптично активних енантіомерів та оптично неактивної, рацемічної суміші:

*L(+)*-Молочна кислота утворюється в живих організмах у процесі розщеплення вуглеводів. При інтенсивній фізичній роботі вона накопичується в м'язах, спричиняючи характерний біль.

Солі та естери молочної кислоти називають *лактатами*.



молочна кислота

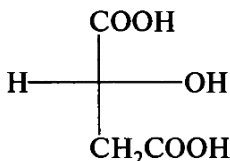


кальцій лактат

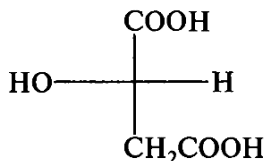
Кальцій та ферум (II) лактати застосовують у медицині як лікарські препарати: *кальцій лактат*  $[\text{CH}_3\text{CH(OH)COO}]_2\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – при захворюваннях, пов'язаних з нестачею кальцію в організмі; *ферум (II) лактат*  $[\text{CH}_3\text{CH(OH)COO}]_2\text{Fe}$  – при хронічних анеміях.

**В. Яблучна кислота** (гідроксіантарна кислота)

$\text{HOOC}^*\text{H(OH)CH}_2\text{COOH}$ . Безбарвна кристалічна речовина, кисла на смак, добре розчинна у воді. Яблучна кислота містить один асиметричний атом Карбону, тому вона існує у вигляді двох оптично активних енантіомерів і оптично неактивної рацемічної суміші:



*D-(+)*-яблучна кислота

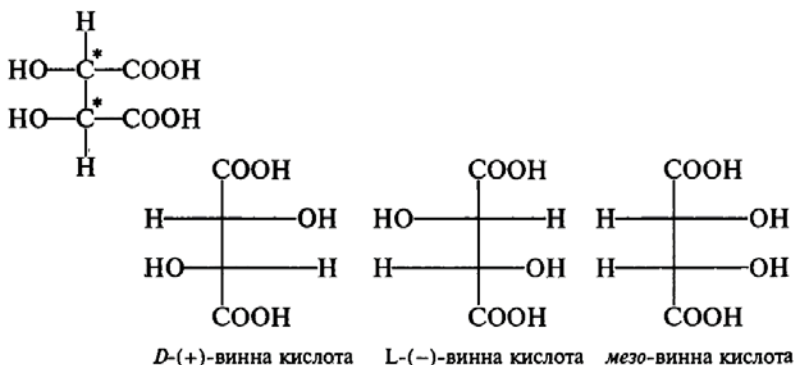


*L-(-)*-яблучна кислота

У природі зустрічається *L-(-)*-яблучна кислота. Вона міститься в недостиглих яблуках, ягодах горобини, журавлини, малини, барбарису тощо. У промисловості широко застосовується *L-(-)*-яблучна кислота – у виробництві вина, фруктових вод та кондитерських виробів, а також у синтезі лікарських засобів.

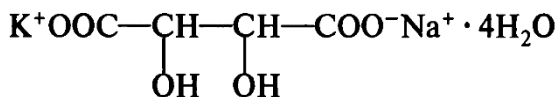
**С. Винна кислота** ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ -дигідроксибурштинова кислота).

Молекула винної кислоти містить два асиметричні атоми Карбону з однаковим набором замісників. Тому для неї відомі три стереоізмери – два оптично активні *D(+)*-винна та *L-(-)*-винна кислоти і один оптично неактивний (*мезо*-винна кислота):



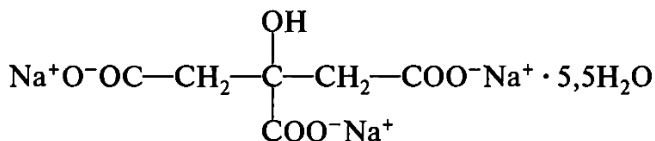
Рацемічна суміш *D*- та *L*-винних кислот називається *виноградною кислотою*. У природі зустрічається тільки *D*(+)-винна кислота; особливо багато у винограді, який є вихідною сировиною для її добування. Винна кислота утворює кислі та середні солі. Кислі солі називаються *гідротартратами*, середні – *тартратами*.

Калієво-натрієва сіль винної кислоти називається *сегнетовою сіллю*:



При взаємодії з купрум (II) гідроксидом у лужному середовищі сегнетова сіль утворює комплекс яскраво-синього кольору, який дістав назву *реактив Фелінга*, що застосовується для якісного визначення альдегідної групи.

**Д. Лимонна кислота** (2-гідрокси-1, 2, 3-пропантрикарбонова кислота). Безбарвна кристалічна речовина (т. пл 153 °С). У великих кількостях міститься в цитрусових (лимонах, апельсинах), а також у смородині, малині тощо. Солі лимонної кислоти називаються цитратами. Тринатрієва сіль лимонної кислоти (натрій цитрат) застосовують у медицині для консервації донорської крові:



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

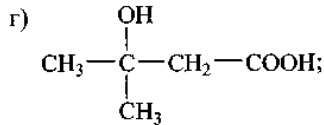
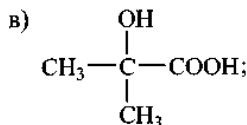
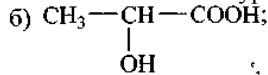
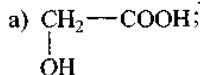
**II. Практична частина**

*Розв'язання завдань на тему «Гідрооксикислоти»*

1. Написати структурні формули для таких сполук і назвати їх за систематичною номенклатурою:

- а)  $\alpha$ -гідроксивалеріанова кислота;
- б) галова кислота;
- в) гідроксибутандіова кислота;
- г) лимонна кислота;
- д) етиловий естер 3-метоксипропанової кислоти;
- е) 2-гідрокси-2-метилпропанова кислота.

2. Назвати сполуки за систематичною номенклатурою:



Визначити їх основність і атомність.

3. Написати структурні формули кислот складу:  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ ;  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ;  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3$ ;  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ . Назвати їх за систематичною номенклатурою.

4. Написати структурні формули сполук. Серед них визначити ті речовини, що мають оптичні ізомери. Зобразити їх за допомогою формул Фішера:

- а) 3-гідрокси-2-метилбутанова кислота;
- б) хлорпропанова кислота;
- в)  $\alpha$ ,  $\beta$ -дигідроксимаєляна кислота;
- г) яблучна кислота;
- д) 2, 3-діоксидібутандіова кислота.

5. Навести рівняння можливих реакцій взаємодії 2-гідрооксибутанової кислоти з такими речовинами (вказати механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- а)  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ,  $T$ );
- б)  $\text{HBr}$ ,  $T$ ;
- в)  $\text{PCl}_5$ ;
- г)  $\text{Na}$ ;
- д)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $T$ );
- е)  $\text{NH}_3$  ( $T$ );
- ж)  $\text{NaOH}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

6. Написати схеми реакцій, які відбуваються при нагріванні кислот:
- а)  $\alpha$ -гідроксимаєляної;
  - б)  $\gamma$ -гідроксикапронової;
  - в)  $\beta$ -гідроксивалеріанової;
  - г)  $\gamma$ -гідроксізіовалеріанової.

### Алгоритм лабораторної роботи

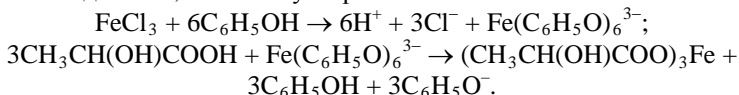
#### *Експериментальне дослідження властивостей гідроксикислот*

**Прилади та реактиви:** пробірки, лабораторний штатив, газо-відвідна трубка з корком, скляна паличка, спиртівка, сірники, пробірко-тримач, універсальний індикаторний папір, 5 %-й розчин молочної кислоти, 10 %-й розчин NaOH, 1 % розчину фенолу, 1 %-й розчин FeCl<sub>3</sub>, 15 %-й розчин винної кислоти, лимонна кислота крист., 3 %-й розчин KOH, 2 %-й розчин CuSO<sub>4</sub>, 5 %-й розчин KOH, 5 %-й розчин CaCl<sub>2</sub>, 10 % розчин натрій карбонату, 10 %-й розчин NH<sub>4</sub>OH, спирт етиловий, вода дистильована.

#### *Порядок роботи*

##### *Дослід 1. Якісна реакція на $\alpha$ -гідроксикислоти*

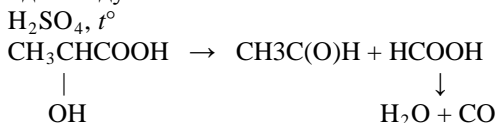
До 0,5 мл розчину фенолу додати 0,5 мл розчину ферум (III) хлориду до забарвлення розчину у фіолетовий колір. До отриманого розчину ферум (III) феноляту додати 0,5 мл розчину молочної кислоти. Фіолетовий колір рідини переходить у яскраво-жовтий колір, інколи з зеленим відтінком, оскільки утворюється лактат заліза.



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

##### *Дослід 2. Розкладання молочної кислоти при нагріванні*

До 0,5 мл розчину молочної кислоти додати 0,5 мл конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, закрити пробкою з газовідвідною трубкою. Реакційну суміш нагріти до кипіння. Молочна кислота розкладається на оцтовий альдегід та мурашину кислоту, яка у свою чергу розкладається на карбон (II) оксид та воду:



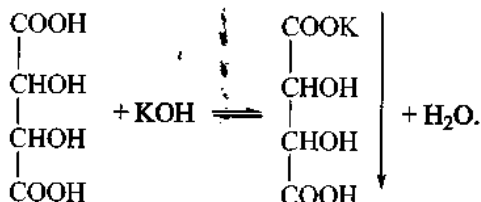
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничовою номенклатурою.

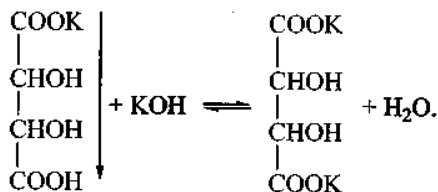
**Дослід 3. Утворення калієвих солей винної кислоти**

До 0,5 мл розчину винної кислоти додати 0,5 мл розчину калій гідроксиду. Якщо осад не випадає, внести пробірку під цівку холодної води і потерти внутрішній бік стінки пробірки скляною паличкою:



Поступово випадає білий дрібнокристалічний осад – калій гідротартрат, який важко розчиняється у воді.

До розчину додати 0,2–0,5 мл розчину калій гідроксиду (надлишок):



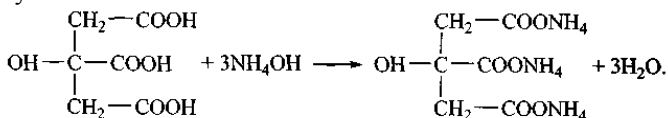
Осад поступово розчиняється.

Утворення двох різних за фізичними властивостями солей доводить наявність двох карбоксильних груп у молекулі. Отже, винна кислота є двоосновною.

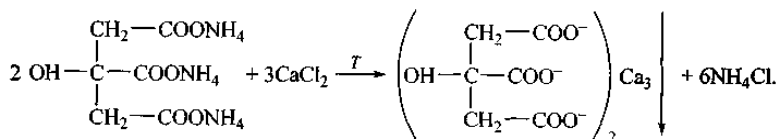
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничовою номенклатурою.

**Дослід 4. Одержання кальцій цитрату. Якісна реакція на цитрат-йон**

У пробірку помістити кілька кристалів лимонної кислоти і налити 1 мл води. Розчин нейтралізувати за лакмусовим індикатором розчином амоніаку:



До утвореного розчину додати 1–2 краплі розчину кальцій хлориду. Розчин обережно нагріти до кипіння:



Під час кип'ятіння утворюється білий дрібнокристалічний осад (речовина погано розчиняється в гарячій воді), який зникає при охолодженні розчину.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### *Дослід 5. Одержання пірвіноградної кислоти окисненням молочної кислоти*

До 0,5 мл розчину молочної кислоти додати по краплях при струшуванні розчин натрій карбонату до нейтральної реакції по лакмусу. Потім додати 0,5 мл розчину калій перманганату й суміш нагріти до кипіння. В умовах досліду молочна кислота окиснюється до пірвіноградної кислоти.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

#### *Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень*

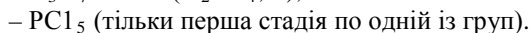
### III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом

#### Варіант № 0

1. Для молочної кислоти:

а) навести структурні формули можливих ізомерів (серед яких повинні бути як структурний, так і міжкласовий ізомери), дати їм назву за систематичною номенклатурою;

б) для одного із ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту) з:



2. Написати структурні формули для зазначених сполук. Серед них визначити ту речовину, що є оптично активною і має оптичні

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

ізомери. Позначити в ній асиметричний центр. Зобразити її структуру і відповідного їй енантіомера за допомогою формул Фішера:

- а) молочна кислота ;
- б) 2-гідрокси-2-метилпропанова кислота;
- в) хлоромурашинна кислота;
- г) глутарова кислота.

**IV. Питання для самопідготовки**

1. За допомогою яких реакцій можна розпізнати такі речовини:
  - а) гліколеву та оцтову кислоти;
  - б) молочну та саліцилову кислоти?
2. Як довести наявність двох карбоксильних груп у молекулі винної кислоти?
3. Як довести наявність двох віцинальних гідроксильних груп у молекулі винної кислоти?
4. Як довести наявність фенольної ОН групи в молекулі саліцилової кислоти?
5. Які продукти утворюються при нагріванні  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -гідроксивалеріанових кислот? Назвіть їх, напишіть рівняння відповідних реакцій.
6. У якому виді перебуває лимонна кислота в момент нейтральної реакції середовища по лакмусовому індикатору? Напишіть схему відповідної реакції.
7. Яке практичне застосування знаходить реакція утворення кальцій цитрату?

# Практичне заняття № 7

## ФЕНОЛОКИСЛОТИ. АМІНОКИСЛОТИ

**Навчальна мета:** використовувати знання властивостей функціональних груп для прогнозування особливостей хімічної поведінки гетерофункціональних кислот і їх похідних, дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, фізичні та хімічні властивості, застосування окремих представників феноло- та амінокислот у медицині, фармації.

**Знати:** будову феноло- та амінокислот; номенклатуру та ізомерію феноло- та амінокислот; властивості феноло- та амінокислот; застосування феноло- та амінокислот і їхніх похідних (зокрема саліцилової та *n*-амінобензойної кислот) у медицині, окремих представників; поняття про білки, їх структуру і функції в організмі людини.

**Вміти:** складати формули ізомерів кислот, давати їм назву; писати формули саліцилової, *n*-амінобензойної кислоти та їх похідних; писати рівняння хімічних реакцій, що характеризують властивості феноло- та амінокислот, зумовлені наявністю функціональних, відповідно, фенольної OH- і COOH-груп та -NH<sub>2</sub> і COOH-груп, а також вуглеводного радикалу; проводити реакції на розчинність саліцилової кислоти, записувати хімізм; проводити реакції на виявлення фенольного гідроксилу у саліциловій кислоті; розв'язувати експериментальні та ситуаційні задачі.

### I. Короткі теоретичні відомості

#### 1. Фенолокислоти

**Фенолокислоти** – похідні ароматичних карбонових кислот, у яких один або кілька атомів Гідрогену в бензеновому (ароматичному) кільці заміщені на гідроксильні групи.

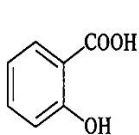
З іншого боку, **фенолокислоти** можна розглядати як похідні фенолів, у яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на карбоксильну групу.

Найбільш важливими представниками фенолокислот є такі:

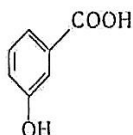


**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

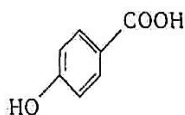
---



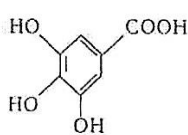
саліцилова кислота  
2-гідроксibenзойна  
кислота



3-гідроксibenзойна  
кислота



4-гідроксibenзойна  
кислота



галова  
3,4,5-тригідроксibenзойна  
кислота

**1.1. Номенклатура та ізомерія.** Є поширеними тривіальні назви найбільш важливих: *саліцилова*, *галова* кислоти. За систематичною номенклатурою базовою структурою є *бензойна кислота*, всі замісники, включно обов'язково *гідрокси*, позначаються в префіксі за абеткою з відповідними локантами (чисельними або *o*-, *m*-, *p*-).

**Ізомерія** фенолокислот зумовлена взаємним розміщенням гідроксильної й карбоксильної груп у бензеновому ядрі.

**1.2. Саліцилова кислота** (*o*-гідроксibenзойна кислота).

**А. Будова.** У складі молекул саліцилової кислоти є ароматичне ядро, з яким безпосередньо сполучені карбоксильна та гідроксильна групи. Кожна із складових сполуки має свої характерні властивості, на яких позначається вплив інших. Наприклад, саліцилова кислота виявляє більшу кислотність, ніж бензойна кислота за рахунок стабілізації аніону гідроксогрупою;

**В. Фізичні властивості та застосування.** Біла кристалічна речовина, легко сублимується, при сильному швидкому нагріванні декарбоксилується, розчинна в гарячій воді.

**1.3. Хімічні властивості саліцилової кислоти**

Реакційна здатність фенолокислот зумовлена наявністю у структурі:

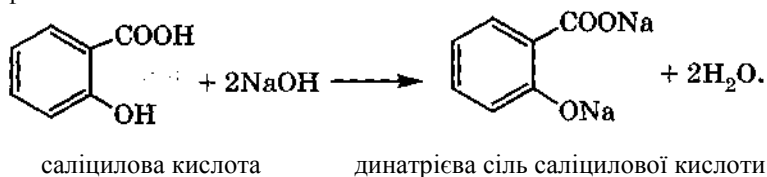
- карбоксильної групи – реакції, характерні для карбонових кислот (утворення солей, естерів, амідів тощо); характерною є реакція декарбоксилування;

- фенольного гідроксилу – реакції, характерні для фенолів: утворення солей-фенолятів, етерів, естерів, якісна реакція з  $\text{FeCl}_3$ ;

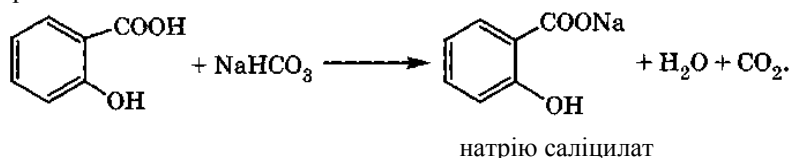
- ароматичного ядра – реакції  $S_E$ , характерні для ароматичних вуглеводнів. На перебіг цих реакцій впливають гідроксигрупа (орієтант I роду) і карбоксильна група (орієтант II роду). Для саліцилової кислоти дія цих замісників є узгодженою.

Розглянемо найбільш важливі.

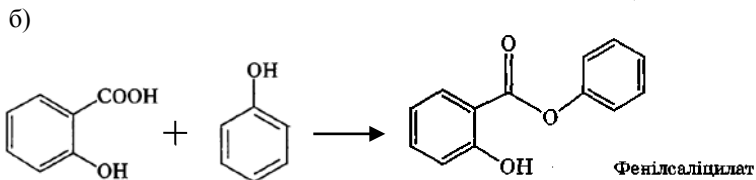
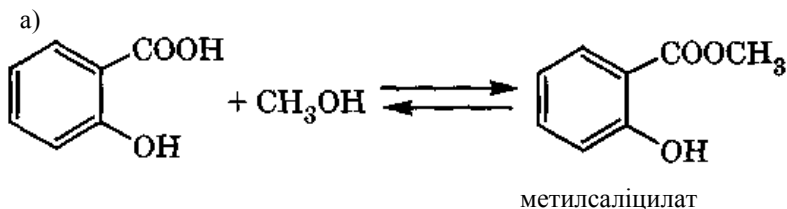
**А. Карбоксильна група.** За кислотними властивостями вона суттєво переважає фенольний гідроксид, але з лугами саліцилова кислота реагує за обома функціональними групами, утворюючи одночасно сіль і фенолят:



З гідрокарбонатом натрію утворюється лише сіль, оскільки фенольний гідроксид має значно слабші кислотні властивості, ніж карбонатна кислота:



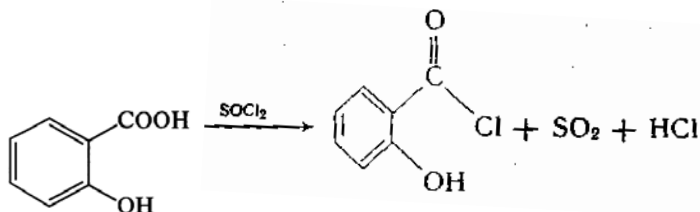
За карбоксильною групою при взаємодії зі спиртами саліцилова кислота утворює естери:



При взаємодії з галогенуючими реагентами галогенангедриди:

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

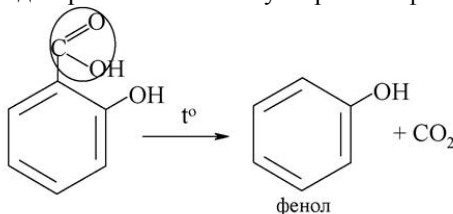
---



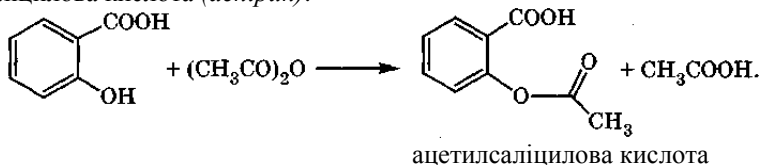
хлорангідрид саліцилової кислоти

Взаємодією хлорангідриду саліцилової кислоти з натрій фенолятом отримують фенілсаліцилат (салол) у промислових масштабах.

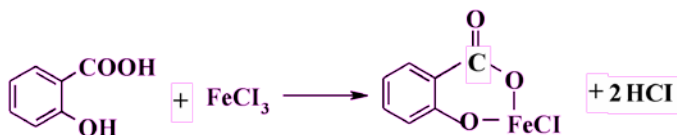
Подібно до інших  $\alpha$ -гідроксикислот саліцилова кислота при нагріванні легко декарбоксилюється з утворенням фенолу:



**В.** За рахунок *фенольного гідроксиду* фенолокислоти здатні утворювати етери та естери. Так, наприклад, при ацетилюванні саліцилової кислоти оцтовим ангідридом утворюється ацетилсаліцилова кислота (*аспірін*):

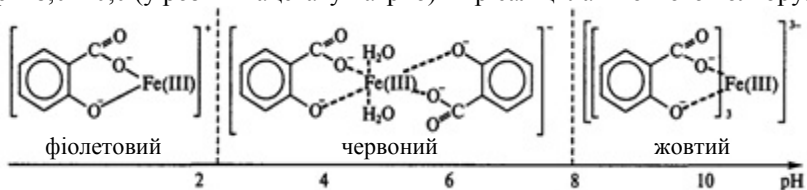


Як фенол, саліцилова кислота утворює з  $\text{FeCl}_3$  комплексну сполуку з характерним фіолетовим забарвленням, що є *якісною реакцією* на цю речовину:



Реакції з  $\text{FeCl}_3$  є рН-залежними. При рН 2,0–3,0 утворюється забарвлений у фіолетовий колір моносаліцилатний комплекс. Додавання оцтової кислоти не приводить до зміни його забарвлення, але  $\text{HCl}$  (сильна кислота) викликає знебарвлення розчину і утворення осаду саліцилової кислоти: результат конкуруючої реакції протонування більш слабких кислотних центрів. Реакція з  $\text{FeCl}_3$  при рН 2,0–3,0 використовується для виявлення домішок саліцилової кислоти у водній витяжці, отриманої з фенілсаліцилату.

При рН 3,0–8,0 утворюється дісаліцилат червоного кольору, при рН 8,0–10,0 (у розчині ацетату натрію) – трисаліцилат жовтого кольору.



С. По бензеновому кільцю фенолокислоти вступають у реакції електрофільного заміщення, які властиві аренам. Але на їх перебіг впливають функціональні групи, що є: орієнтантом I роду (гідроксигрупа) та орієнтантом II роду (карбоксильна). При нітруванні саліцилової кислоти їх дія є узгодженою, тому реакція перебігає у дуже м'яких мовах:



#### 1.4. Лікарські препарати та їх фармакологічна дія на організм

Саліцилова кислота застосовується в медицині у вигляді спиртових розчинів і мазей як антисептичний лікарський засіб. Вона також є

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

сировиною для синтезу інших лікарських засобів.

Широко застосовують похідні саліцилової кислоти:

– *метилсаліцилат* у вигляді мазей, натирань (як протиревматичний і протизапальний засоби);

– *натрій саліцилат* (антисептичний);

– *саліциламід* (антисептичний, протизапальний);

– *фенілсаліцилат* (протизапальний, анальгетик), під назвою *салол* використовують для дезінфекції кишок, у лужному середовищі кишок салол розпадається з утворенням фенолу, який і виявляє антисептичну дію;

– *аспірин*, як інші похідні саліцилової кислоти, за винятком салолу, має анальгезивну, жарознижувальну та протизапальну дію;

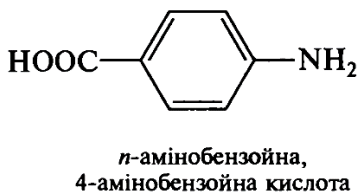
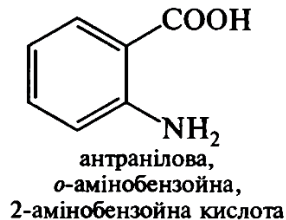
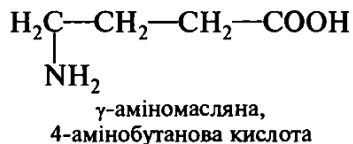
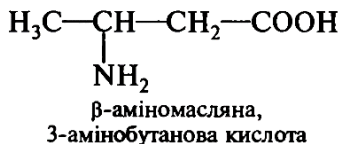
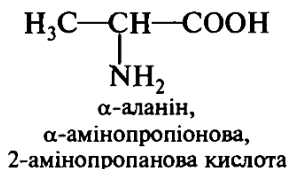
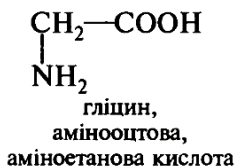
– *n-аміносаліцилова кислота* (протитуберкульозний засіб).

## **2. Амінокислоти**

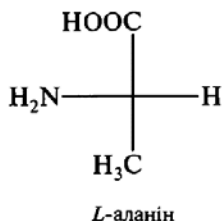
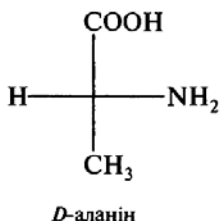
**Амінокислотами** називаються похідні карбонових кислот, у вуглеводневому радикалі яких один або кілька атомів Гідрогену замінені аміногрупою.

Залежно від природи вуглеводневого радикалу, з яким зв'язана карбоксильна група, амінокислоти поділяють на *аліфатичні* й *ароматичні*. Аліфатичні амінокислоти, у свою чергу, за взаємним розміщенням аміногрупи та карбоксильної групи поділяють на  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -амінокислоти і т. д. Найбільш поширені в природі  $\alpha$ -амінокислоти, які входять до складу білків.

**2.1. Номенклатура та ізомерія.** За *замісниковою* номенклатурою назви амінокислот утворюють від тривіальних або систематичних назв відповідних карбонових кислот і префікса **аміно-**. У випадку *тривіальних* назв карбонових кислот для позначення положення аміногрупи застосовують літери грецького алфавіту  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  та ін. При застосуванні систематичних назв кислот положення аміногрупи позначають цифровими локантами. Для амінокислот, які входять до складу білків, найчастіше застосовують тривіальні назви. Ароматичні амінокислоти бензенового ряду розглядають як похідні бензойної кислоти:



Ізомерія амінокислот аналогічна ізомерії гідроксикислот. Вона зумовлена різною структурою вуглеводневого радикала, з яким сполучена карбоксильна група, та різним положенням аміногрупи в карбоновому ланцюзі (структурна ізомерія). Для амінокислот, що містять асиметричний атом Карбону, ізомерія пов'язана з різним розміщенням замісників у просторі (оптична ізомерія):



## 2.2. Хімічні властивості

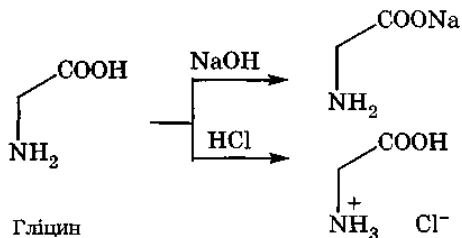
Амінокислоти дають багато реакцій, характерних як для амінів, так і до карбонових кислот. Крім того, амінокислоти мають специфічні властивості.

**А. Кислотно-основні властивості.** Амінокислоти містять у своєму складі одночасно кислотну і основну групи. Тому вони

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

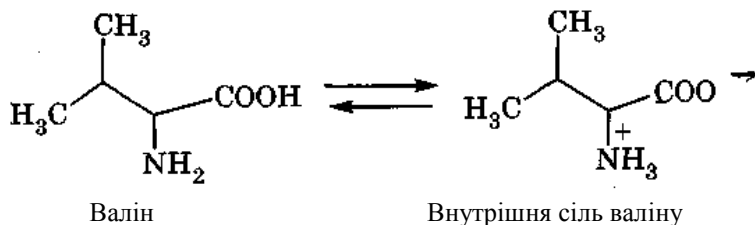
---

виявляють *амфотерний характер*. Тобто реагують як з лугами, так і з кислотами, утворюючи при цьому солі:

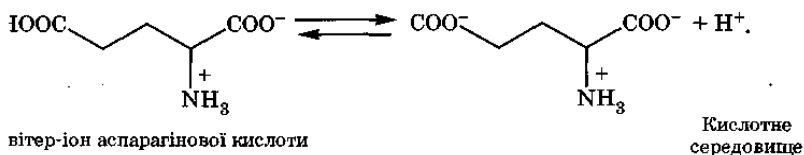


Солі: натрію аміноацетат і хлорид амоній ацетатної кислоти.

За рахунок наявності в молекулі кислотної та основної груп амінокислоти здатні утворювати *внутрішні солі*, які ще називають *біполярними йонами*, або *цвітер-іонами*:



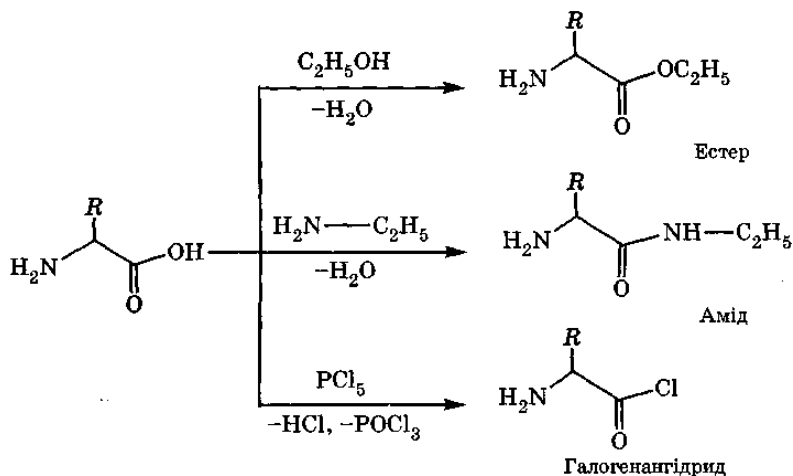
Залежно від кількості карбоксильних і амінних груп у молекулі амінокислот поділяють на *нейтральні*, *кислі* та *основні*. До *нейтральних* амінокислот належать моноаміномонокарбонові кислоти. Якщо їх розчинити у воді, то рН такого розчину буде близький до нейтрального, оскільки кислотна і основна групи нейтралізують одна одну. Якщо у воді розчинити моноамінодикарбову кислоту, то її розчин матиме кислотне середовище, зумовлене дисоціацією іншої карбоксильної групи, яка не бере участі у створенні біполярного йона:



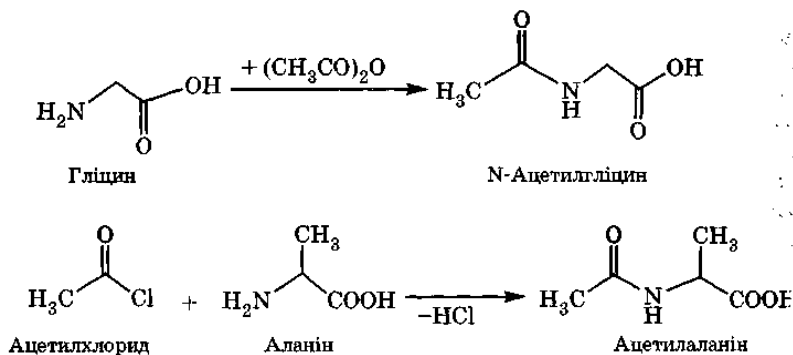
Тому такі амінокислоти називають *кислими*.

Водні розчини діаміномонокарбонових кислот мають лужну реакцію:

**В. Реакції за участю карбоксильної групи.** Крім солей, амінокислоти можуть утворювати естери, аміди, галогенангідриди та інші похідні.

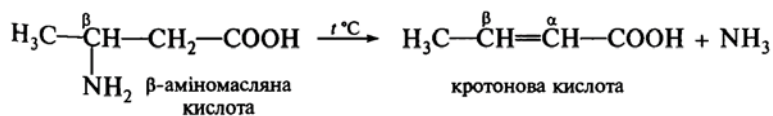


**С. Реакції за участю аміногрупи.** Найважливішою є ацилювання амінокислоти по аміногрупі ангідридами та галогенангідридами кислот:

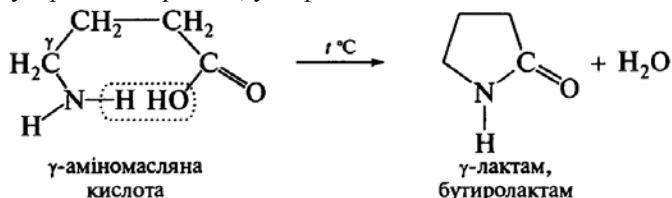








– γ- і δ-Амінокислоти при нагріванні зазнають внутрішньо-молекулярної дегідратації, утворюючи циклічні аміди – *лактами*:

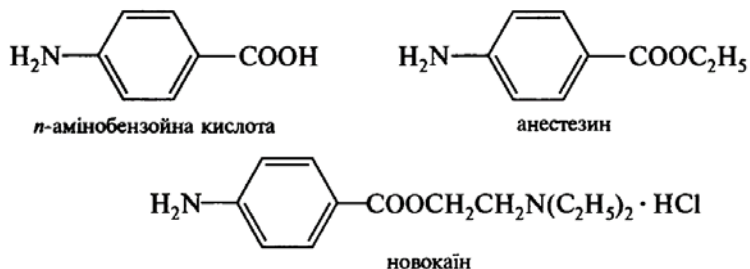


### 2.3. Лікарські препарати

ε-Амінокапронова кислота (6-аміногексанова кислота)  $\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$ . Біла кристалічна речовина, легко розчиняється у воді. Застосовується в медицині як кровоспинний засіб.

*n*-Амінобензойна кислота (ПАБК). Біла кристалічна речовина, мало розчинна у воді. Входить до складу фолієвої кислоти, яка виконує роль фактора росту для деяких мікроорганізмів.

Естери *n*-амінобензойної кислоти широко застосовуються в медицині як місцевоанестезуючі засоби, наприклад, анестезин (етиловий естер *n*-амінобензойної кислоти) та новокаїн (β-діетиламіноетилового естеру *n*-амінобензойної кислоти гідрохлорид):



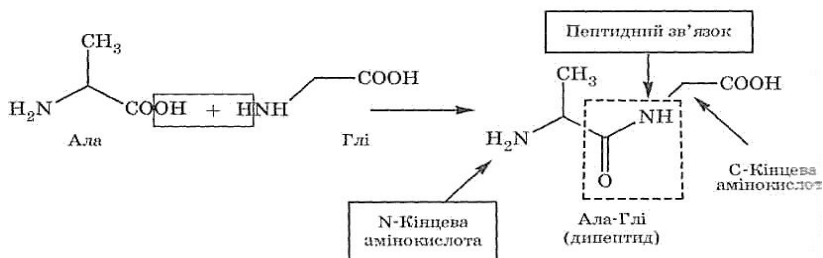
### 2.4. Пептиди та білки

**Білки** є високомолекулярними гетерополімерами поліамідної природи, що є продуктами поліконденсації різних α-амінокислот.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

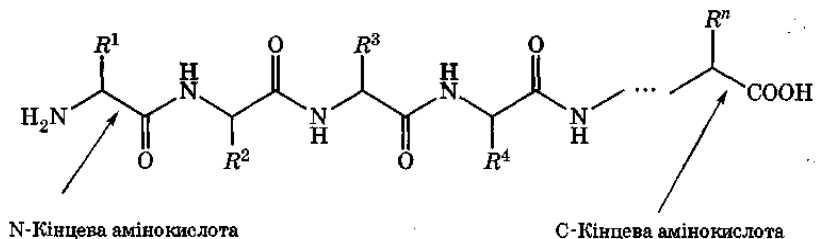
**Утворення пептидів, поліпептидів і білків.** Амінокислоти можуть вступати до реакції поліконденсації, утворюючи молекули, що містять два і більше амінокислотних залишки. Розглянемо це на прикладі дипептиду Ала-Глі:



Зв'язок  $-\text{CO}-\text{NH}-$  називають **пептидним зв'язком**.

В організмі амінокислоти сполучаються між собою багато разів, збільшуючи кількість пептидних зв'язків і подовжуючи поліпептидний ланцюг аж до утворення білкової молекули.

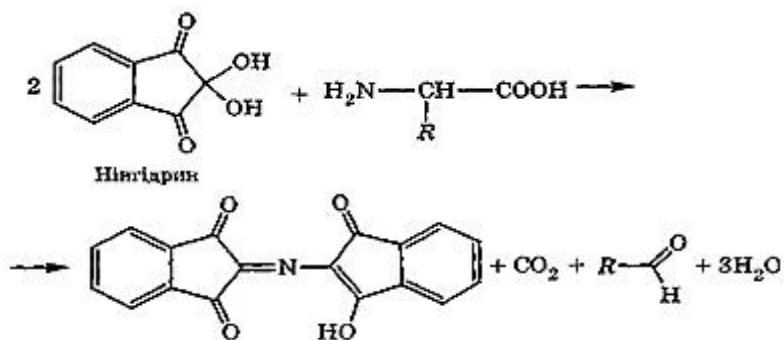
Скелет молекул усіх білків є постійним. У ньому чергуються пептидні зв'язки з СН-групами. Від СН-груп відходять розгалуження у вигляді різних радикалів. Таким чином, будову білків можна подати такою загальною структурною формулою:



Крім первинної структури, пептиди і білки характеризуються більш високим рівнем організації їхньої будови, а саме: *вторинною*, *третинною*, а іноді й *четвертинною* структурами.

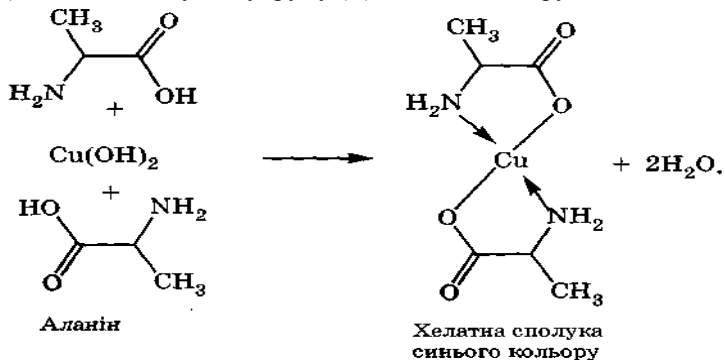
**Реакції на протейногенні амінокислоти та білки**

**Нінгідринова реакція.** Усі  $\alpha$ -амінокислоти утворюють з нінгідрином сполуку, забарвлену в синьо-фіолетовий колір:



Інші амінокислоти ( $\beta$ -,  $\gamma$ -) цієї реакції не дають.

**Реакція  $\alpha$ -амінокислот з  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .** Усі  $\alpha$ -амінокислоти утворюють з  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  хелатні сполуки Купруму (II) синього кольору:



**Ксантопротеїнова реакція.** При дії на білки концентрованої нітратної кислоти виникає жовте забарвлення, яке при додаванні лугу переходить у помаранчеве. Виникнення жовтого забарвлення зумовлене утворенням нітропохідних за рахунок ароматичних амінокислот.

**Біуретова реакція.** При доливанні до розчину білка гідроксиду натрію і розчину мідного купоросу утворюється фіолетове забарвлення. Цю реакцію дають сполуки, що містять два і більше пептидних зв'язків.

**Осадження солями важких металів.** При доливанні до білків розчинів  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  та ін. утворюються осадки різного кольору.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

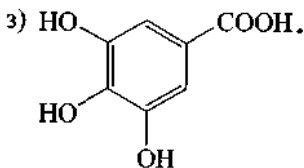
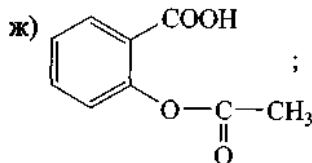
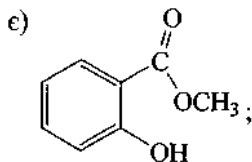
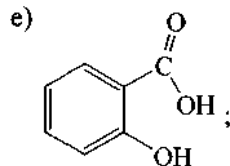
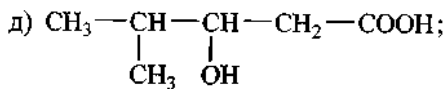
**II. Практична частина**

*Розв'язання завдань на тему «Феноло- та амінокислоти»*

1. Написати структурні формули сполук і назвати їх за систематичною номенклатурою:

- а) саліцилова кислота;
- б) галова кислота;
- в) метилсаліцилат;
- г) 3-гідроокси-4-метилбензойна кислота;
- д) ацетилсаліцилова кислота;
- е) фенілсаліцилат;
- ж) *n*-аміносаліцилова кислота.

2. Назвати сполуки за систематичною номенклатурою:



Визначити основність і атомність, яку виявляють ці сполуки.

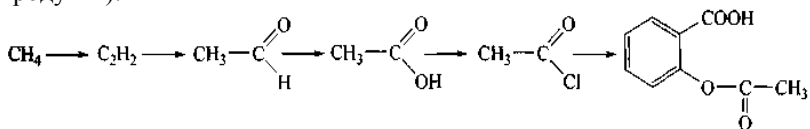
3. Написати структурні формули для наступних сполук і назвати їх за систематичною номенклатурою: а)  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ ; б)  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ .

4. Написати реакції взаємодії 3-гідроокси-4-метилбензойної кислоти з такими реагентами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- а)  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ,  $T$ ), I стадія;
- б) оцтовим ангідридом,  $T$ ;
- в) галогенуючим реагентом ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ), I стадія;

- г)  $\text{NaHCO}_3$ ;
- д) фенолом;
- е) нітруючою сумішшю ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$  нас.);
- ж)  $\text{NaOH}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

5. Навести рівняння реакцій за якими можна здійснити такі перетворення (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):



6. Яким чином можна розрізнити саліцилову кислоту і ацетилсаліцилову кислоту? Навести схеми якісних реакцій, вказати аналітичний ефект реакцій.

7. Під час огляду медикаментів фармацевт звернув увагу на високу вологість аспірину і його жовтий колір. Про що це свідчить? Запропонувати реакції перевірки якості препарату.

8. Визначити серед наведених сполук речовини, що мають оптичні ізомери. Скласти формули Фішера для енантіомерів:

- а) 3-хлоропропанова кислота;
- б) бутандіова кислота;
- в)  $\alpha$ -аланін.

9. Написати реакції взаємодії  $\alpha$ -амінопропіонової кислоти з наведеними речовинами (зазначити механізм та умови перебігу, назвати основні продукти):

- а) хлоридною кислотою;
- б) брометаном;
- в) ацетилхлоридом;
- г) ацетат ангідридом (ацетатною кислотою);
- д) метанолом;
- е) галогенуючим реагентом;
- ж) етанаміном;

**Алгоритм лабораторної роботи**  
**Експериментальне дослідження властивостей**  
**феноло- та амінокислот**

**Прилади та реактиви:** пробірки, лабораторний штатив, газо-відвідна трубка з корком, скляна паличка, кипілки, спиртівка, сірники,

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

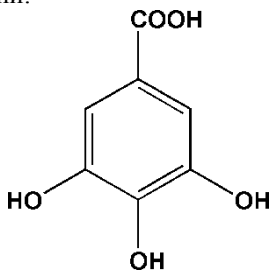
---

пробіркотримач, саліцилова кислота, 10 %-й розчин галової кислоти; 10 %-й водний розчин таніну; аспірин (ацетилсаліцилова кислота), 1 %-й розчин бензойної кислоти, 1 %-й розчин саліцилової кислоти, салол, вапняна вода, 1 % розчин гліцину, кристалики амінооцтової кислоти, 0,1 %-й розчин нінгідрину, 5 %-й розчин натрій нітриту, 10 %-й розчин NaOH, 1 %-й розчин FeCl<sub>3</sub>, 2 %-й розчин CuSO<sub>4</sub>, 5 %-й розчин KOH, 10 %-й розчин NH<sub>4</sub>OH, спирт етиловий, розчини лакмусу, фенолфталеїну та метилоранжу.

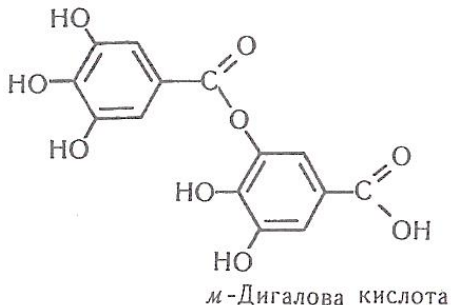
**Порядок роботи**

**Дослід 1. Кольорові реакції галової кислоти і таніну з ферум (III) хлоридом**

3,4,5-Тригідроксibenзойна, або галова, кислота, – фенолокислота, що містить у складі своєї молекули одну карбоксильну (–COOH) і три гідроксильні (–OH) групи:



До складу молекули таніну галова кислота входить у вигляді *m*-дигалової кислоти, що є естером, утвореним двома молекулами галової кислоти. При утворенні такого естеру одна молекула галової кислоти реагує своїм карбоксилем, друга – фенольним гідроксилом:



Взяти дві пробірки, в першу з них налити 0,5 мл розчину галової кислоти, в другу – 0,5 мл водного розчину таніну, в кожен пробірку додати по 2–3 краплі розчину феруму (III) хлориду. Вміст першої пробірки забарвлюється в зелено-чорний, другої – в синьо-чорний кольори.

*Хімізм.* Забарвлення виникає в результаті утворення комплексних солей при взаємодії фенольних груп фенолової кислоти з молекулами  $\text{FeCl}_3$ . Відмінність у забарвленні розчинів галової кислоти і таніну пояснюється тим, що галова кислота трьома гідроксилами зв'язується в комплексну сполуку з атомом феруму, а забарвлення таніну зумовлене взаємодією лише несполучених з атомами феруму гідроксилів молекули.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

### **Дослід 2. Дія бром у на бензойну і саліцилову кислоти**

Наявність у молекулі саліцилової кислоти фенольної групи ( $-\text{OH}$ ) дає їй змогу вступати в реакції заміщення атомів гідрогену бензольного ядра на галогени за звичайних умов. Бензойна кислота і звичайні ароматичні кислоти в такі реакції не вступають. Фенольна група в молекулі саліцилової кислоти в цих реакціях діє як замісник першого роду – спрямовує атомні групи та окремі атоми на заміщення атомів гідрогену бензольного ядра в *o*- і *p*-положення відносно себе.

Взяти дві пробірки. У першу пробірку налити 0,5 мл розчину бензойної, в другу – саліцилової кислоти. В обидві пробірки добавляють по 0,5 мл бромної води. З часом у другій пробірці зникає помаранчеве забарвлення. Колір суміші в першій пробірці не змінюється.

*Хімізм.* Реакція саліцилової кислоти з бромом відбувається за таким хімічним рівнянням:



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій, надати назви продуктам.



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**Дослід 3. Декарбоксилювання саліцилової кислоти**

Саліцилова кислота при обережному нагріванні сублимується, при сильному – розкладається на фенол і вуглекислий газ, що значною мірою зумовлює її бактерицидну дію.

У суху пробірку помістити 0,3–0,5 г саліцилової кислоти, закрити корком із газовідвідною трубкою, кінець якої занурити у вапняну воду, і нагріти. Спостерігати помутніння вапняної води.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій, надати назви продуктам.

**Дослід 4. Реакція саліцилової кислоти з ферум (III) хлоридом**

У пробірку помістити 0,3–0,5 г саліцилової кислоти, розчинити у 2–3 мл води і додати декілька краплин 2 %-ого розчину ферум (III) хлориду. Спостерігають появу фіолетового забарвлення. Напишіть рівняння реакції.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій, надати назви продуктам.

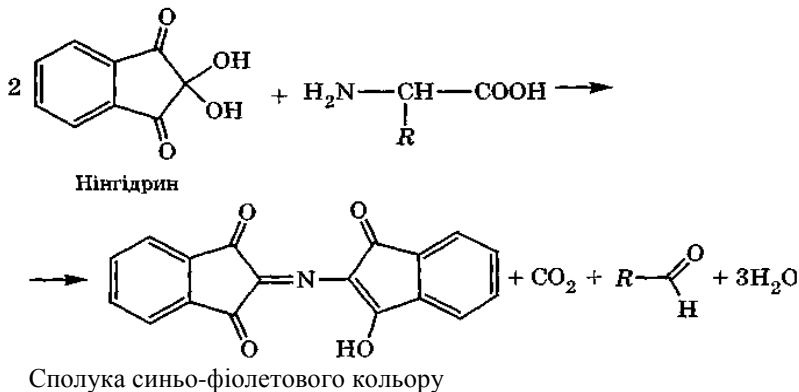
**Дослід 5. Якісні реакції на α-амінокислоти**

**5.1. Дія амінокислот на індикатори**

До 1,5 мл води додати декілька кристаликів гліцину (амінооцтової кислоти) і струшувати до повного розчинення. Утворений розчин розділити на три пробірки. До першої додати 1–2 краплі метилоранжу, до другої стільки ж фенолфталеїну, до третьої розчину лакмусу.

**5.2. Нінгідринова реакція на амінокислоти**

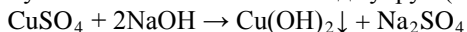
*Хімізм.* Усі α-амінокислоти утворюють з нінгідрином сполуку, забарвлену в синьо-фіолетовий колір:



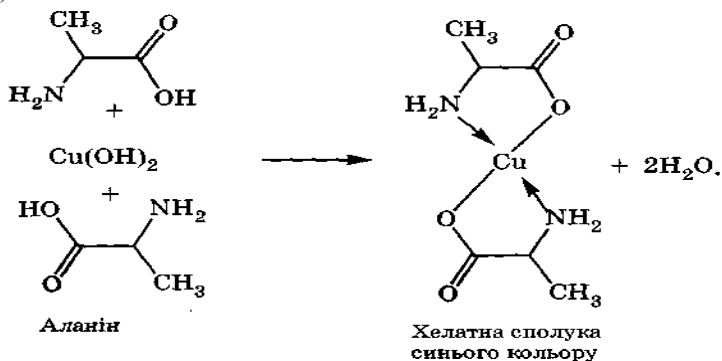
У пробірку помістити 0,5 мл розчину гліцину, додати 2–3 краплі розчину нітгдрину. Вміст пробірки обережно нагріти до появи синьо-червоно-фіолетового забарвлення розчину.

### 5.3. Утворення комплексної сполуки з купрум гідроксидом

До 0,5 мл розчину натрій гідроксиду додати 2–3 краплі розчину купрум (II) сульфату. З'являється блакитний осад купрум (II) гідроксиду:

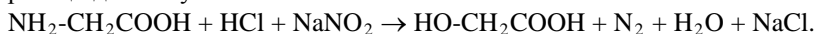


У пробірку додати 4–5 крапель розчину  $\alpha$ -пропіонової кислоти ( $\alpha$ -аланіну). Вміст збавити:



### 5.4. Реакція гліцину з нітритною кислотою

До 0,5 мл розчину гліцину додати 0,5 мл оцтової кислоти і 0,2 мл розчину натрій нітриту. Спостерігати утворення газу ( $\text{N}_2$ ) внаслідок реакції дезамінування:



До кожного розділу цього досліду записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

## IV. Питання для самопідготовки

1. Які хімічні сполуки називають фенолокислотами? Чим вони відрізняються від звичайних ароматичних кислот і фенолів? Що є спільного між ними? Відповідь проілюструвати прикладами.

2. Написати структурні формули відомих вам фенолокислот і дати їх коротку характеристику.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

3. Написати хімізм реакцій добування фенолокислот синтетичними методами.

4. Які фенолокислоти використовуються у медичній і фармацевтичній практиці? Написати їхні структурні формули і дати коротку характеристику.

5. Написати структурні формули похідних фенолокислот, які використовують у медичній і фармацевтичній практиці. Дати коротку характеристику способів добування, фізичних і хімічних властивостей цих хімічних сполук.

6. Описати будову амінокислоти в нейтральному, кислому та лужному середовищах. Що таке «біполярний» йон («цвіттер-йон»)?

7. Чому амінокислоти називають амфотерними сполуками?

8. Які продукти утворюються при нагріванні  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -аміновалеріанових кислот? Назвати їх, написати рівняння відповідних реакцій.

9. Перелічити основні якісні реакції на білок. Які функціональні групи в них вступають?

10. Написати схеми утворення двох можливих дипептидів з молекули гліцину та молекули аланіну. Назвати їх. Яким чином можна отримати тільки один з них?

# Практичне заняття № 8

## САЛІЦИЛОВА КИСЛОТА ТА

### ЛІКАРСЬКІ ПРЕПАРАТИ НА ЇЇ

### ОСНОВІ

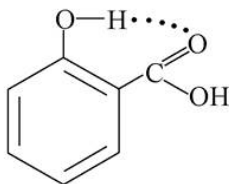
**Навчальна мета:** закріпити знання про будову і хімічні властивості найважливіших гетерофункціональних сполук, що мають фармацевтичне значення; дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, механізм дії, методи отримання, якісні і кількісні реакції визначення саліцилової кислоти та лікарських препаратів на її основі, а також застосування цих лікарських препаратів у медичній та фармацевтичній практиці.

**Знати:** будову, хімічні властивості саліцилової кислоти та її похідних (метил-, фенілсаліцилатів, ацетилсаліцилової кислоти, натрію саліцилату, саліциламіду, оксафенаміду тощо), а також застосування цих похідних як лікарських препаратів у медицині та фармації.

**Вміти:** оволодіти основами методиками контролю якості лікарських засобів, що містять похідні саліцилової кислоти.

#### I. Короткі теоретичні відомості

Саліцилова (*o*-гідроксибензойна) кислота – одна з трьох ізомерних гідроксибензойних кислот, які належать до групи фенолокіслот.



Хімічні властивості проявляє по двох функціональних групах та бензеновому ядрі:

- по карбоксигрупі дає солі, естери, галогенангідриди, амідни;
- по гідроксигрупі – солі, естери, етери;
- по бензеновому ядрі може галогенуватися, нітруватися, сульфуватися.

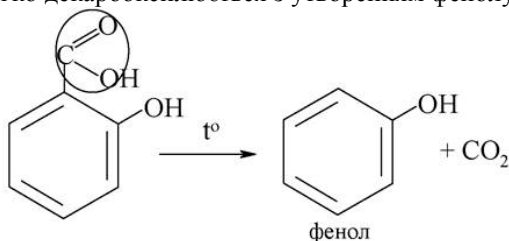
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

Із похідних саліцилової кислоти багато використовуються як лікарські засоби.

Саліцилова кислота розчинна у воді. Вона дає фіолетове забарвлення з  $\text{FeCl}_3$ , що свідчить про наявність вільного фенольного гідроксилу в саліциловій кислоті. Вона більш сильна, ніж бензойна. Це пов'язано з утворенням внутрішньомолекулярного водневого зв'язку, який сприяє стабілізації карбоксилат-аніона і, отже, спричиняє зростання кислотності.

Подібно до інших  $\alpha$ -гідроксикислот саліцилова кислота при нагріванні легко декарбоксилюється з утворенням фенолу:



Саліцилова кислота як лікарський засіб проявляє жарознижуючу, антиревматичну та антисептичну дію. Внаслідок сильних кислотних властивостей і по карбокси- і по гідроксигрупі проявляє подразнюючу дію на слизову оболонку шлунково-кишкового тракту, тому використовується як зовнішній препарат.

Похідні саліцилової кислоти також мають протизапальну, жарознижуючу та антиангінальну фармакологічну дію. У малих дозах сильніше виражена антиангінальна та жарознижуюча дія, у високих – протизапальна.

Найважливішим похідним саліцилової кислоти є ацетилсаліцилова кислота. За фенольним гідроксилом саліцилова кислота утворює естери з кислотами. Естер саліцилової кислоти з оцтовою кислотою – ацетилсаліцилова кислота (аспірин), утворюється при взаємодії з ангідридом або хлорангідридом оцтової кислоти:



Препарат являє собою білий кристалічний порошок зі слабким запахом, слабокислого смаку, малорозчинний у воді. Має жарознижувальну, протизапальну дію, аналгетичну і антиагрегативну активність, інгібує агрегацію тромбоцитів і зменшує ризик тромбозів.

Ацетилсаліцилова кислота блокує фермент простагландинсинтетазу, тому що може зв'язуватись з її активними центрами, для яких є оптичним антиподом. (Простагландинсинтезаза – це фермент, який забезпечує синтез простагландинів – біологічно-активних похідних арахідонової кислоти, які регулюють процеси запалення, судинний тонус та агрегацію тромбоцитів). Ацетилсаліцилова кислота проявляє подразнюючу дію на слизову шлунка, внаслідок чого може провокувати виникнення виразки, тому її треба приймати тільки за рекомендацією лікаря та під його контролем.

Як естер по фенольному гідроксилу ацетилсаліцилова кислота може гідролізуватися, тоді звільняється фенольний гідроксил і кислотні властивості підсилюються. Це може відбуватись під час зберігання цього лікарського засобу за високої вологості повітря. Якість препарату можна перевірити за допомогою  $\text{FeCl}_3$ . Поява фіолетового забарвлення після додавання реактиву свідчить про проходження гідролізу ацетилсаліцилової кислоти та неякісність препарату.

З хімічної точки зору похідні саліцилової кислоти (саліцилати) є в основному естерами, отриманими з використанням обох функціональних груп.

Саліцилати добре всмоктуються в шлунково-кишковому тракті. Максимальний рівень їх концентрації в крові спостерігається через півтори-дві години після прийому. Метилсаліцилат проникає через шкіру.

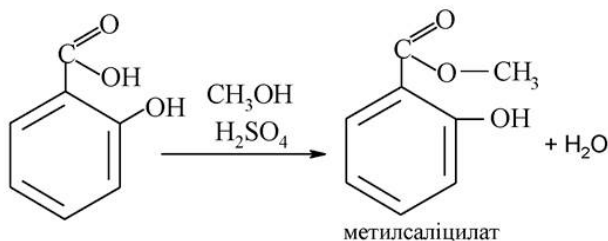
Похідні саліцилової кислоти по карбоксигрупі використовуються як лікарські засоби і проявляють аналгетичну, жарознижувачу та протизапальну дію. Їх токсична дія слабша, тому що карбоксигрупа зв'язана з іншими групами атомів. Найчастіше із групи цих препаратів

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

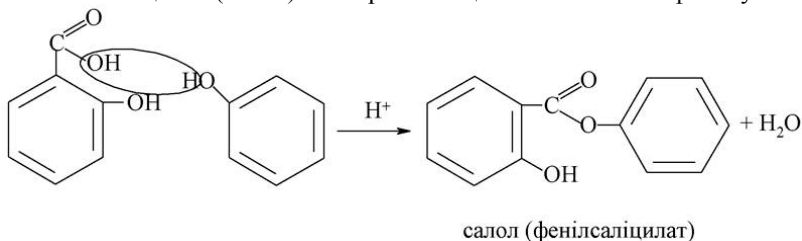
---

використовують фенолсаліцилат (салол), натрію саліцилат, метилсаліцилат, саліциламід тощо.

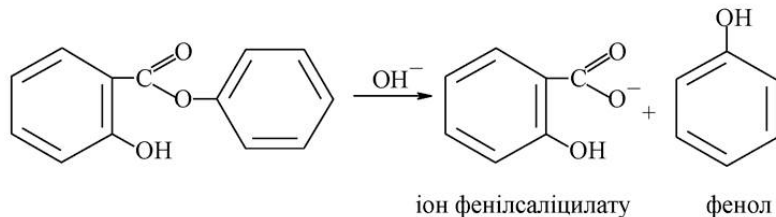
При нагріванні саліцилової кислоти з метиловим спиртом в присутності  $H_2SO_4$  утворюється метилсаліцилат, який являє собою безбарвну рідину з ароматним запахом, проявляє подразнювальну, анальгетичну і протизапальну дію. Застосовується для розтирань і компресів (з рослинною олією при суглобовому ревматизмі):



Фенілсаліцилат (салол) є естером саліцилової кислоти і фенолу:

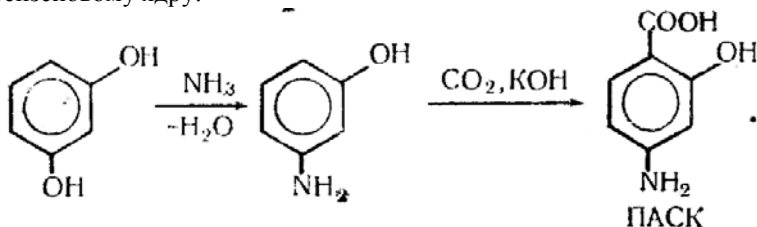


Фенілсаліцилат використовується як дезінфікуючий засіб при кишкових захворюваннях. Фенілсаліцилат, під час проходження через шлунок не змінюється, а в лужному середовищі кишковика омилюється з утворенням солі саліцилової кислоти й фенолу, які й визначають лікувальну дію:



Використовуючи здатність фенолсаліцилату не розчинятися в шлунку, його часто використовують як матеріал для покриття таблеток, щоб у разі необхідності вони не змінювалися в шлунку і виділили інгредієнти в кишківнику.

*n*-Аміносаліцилова кислота (ПАСК) є продуктом конденсації по бензеновому ядру:



*n*-Аміносаліцилова кислота – синтетичний протитуберкульозний препарат. Препарат має бактеріостатичну дію, що обумовлена конкурентною взаємодією з *n*-амінобензойною та пантотеновою кислотами, а також біотином, що є необхідними факторами росту мікобактерій. Препарат діє лише на туберкульозні палички, що розмножуються, та не діє на мікобактерії, що знаходяться у стані спокою та позаклітинно. Ізмери ПАСК не проявляють протитуберкульозної дії.

## II. Практична частина

### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Експериментальне дослідження властивостей похідних саліцилової кислоти*

**Прилади та реактиви:** штатив з пробірками, спиртівка, сірники, пробіркотримач, саліцилова кислота, аспірин (ацетилсаліцилова кислота), салол, 10 %-й розчин NaOH, 1 %-й розчин FeCl<sub>3</sub>, 20 %-й розчин NaHCO<sub>3</sub>, спирт етиловий.

#### **Порядок роботи**

#### **Дослід 1. Реакції естерів саліцилової кислоти із розчином ферум (III) хлориду**

У три пробірки помістити по кілька кристалів аспірину, саліцилової кислоти і салолу.

У першу і другу пробірки додати по 0,5 мл води, а в третю – 0,5 мл спирту етилового (салол важко розчиняється у воді). До отриманих розчинів додати по 2–3 краплі розчину ферум (III) хлориду.

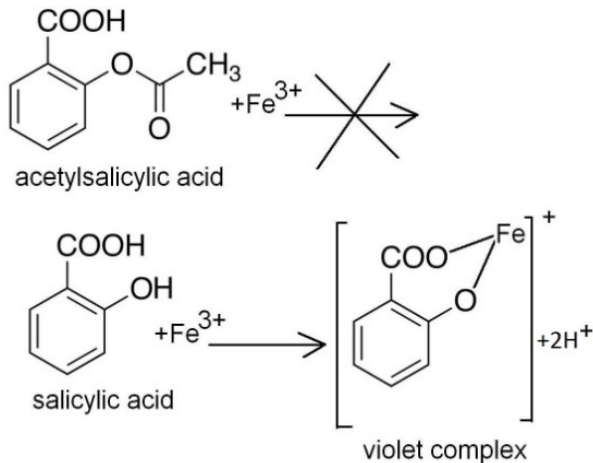
У пробірці з розчином аспірину забарвлення відсутнє.



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

У пробірці із саліциловою кислотою відразу з'являється характерне фіолетове забарвлення:



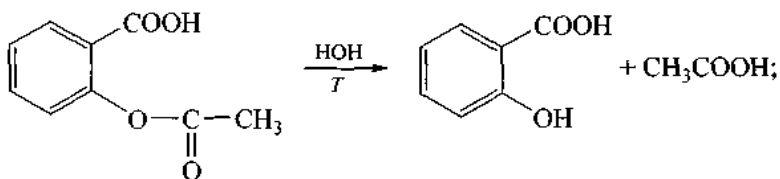
У пробірці із салолом (феніловий естер саліцилової кислоти) з'являється фіолетове забарвлення комплексних сполук, характерне для вільної фенольної групи.

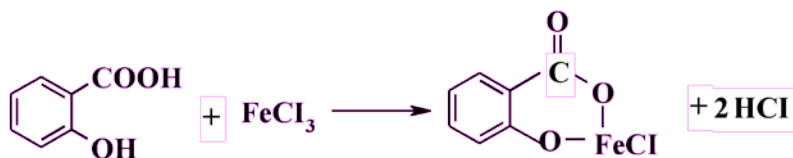
Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

**Дослід 2. Гідроліз ацетилсаліцилової кислоти (аспірину)**

До 1 мл води додати декілька кристалів ацетилсаліцилової кислоти, струшувати до повного розчинення. Утворений розчин розділити на дві пробірки, вміст другої прокип'ятити 2–3 хвилини і потім охолодити.

У кожену з пробірок додати по 3–5 крапель розчину ферум (III) хлориду. У першій пробірці забарвлення розчину не зміниться, в другій стане фіолетовим:





*Хімізм.* Аспірин – естер оцтової і саліцилової кислоти, який легко зазнає гідролізу під час кип'ятіння з водою з утворенням саліцилової і оцтової кислот. Утворена внаслідок гідролізу саліцилова кислота містить фенольний гідроксил, і тому для перевірки якості аспірину можна використовувати ферум (III) хлорид. Якщо гідроліз відбувся, з'являється фіолетове забарвлення комплексної солі.

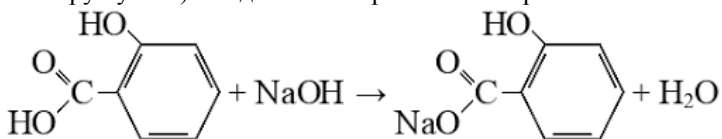
Аспірин – гігроскопічний. У разі тривалого зберігання (особливо у вологому місці) може розкладатися з утворенням саліцилової й ацетатної кислот. Тому питання правильного зберігання і перевірки якості аспірину досить важливі для фармацевтів.

Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

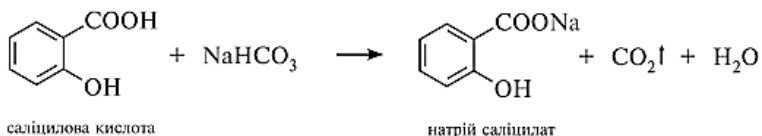
### **Дослід 3. Добування натрію саліцилату та його розкладання**

У дві пробірки помістити по 0,2–0,3 г саліцилової кислоти.

До першої краплями додавати розчин натрію гідроксиду (пробірку бажано струшувати) до повного розчинення кристалів кислоти:



До другої додати 1 мл розчину натрію гідрокарбонату. Пробірку струшувати до повного розчинення кристалів кислоти:

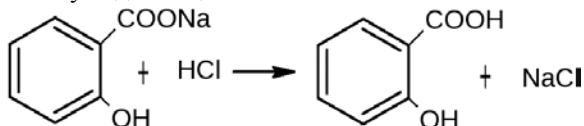


В обох пробірках утворюється натрію саліцилат добре розчинний у воді.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

До добутих розчинів натрію саліцилату краплями додати насичену хлоридну кислоту. Сіль розкладається – виділяються конгломерати важкорозчинної у воді саліцилової кислоти:



Записати спостереження, зробити висновки, записати схеми можливих реакцій і надати назви продуктам за замісничковою номенклатурою.

***Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень***

**III. Питання для самоконтролю**

1. Як визначають доброякісність ацетилсаліцилової кислоти?
2. Що таке лікарські засоби-антиметаболіти? Наведіть приклади.
3. Напишіть рівняння реакції утворення естеру та етеру фенолу.
4. Якою якісною реакцією можна відрізнити саліцилову та ацетилсаліцилову кислоту?
5. Напишіть рівняння реакцій взаємодії саліцилової кислоти з натрієм та натрій гідроксидом.
6. Що є продуктом взаємодії саліцилової кислоти з натрієм?
7. За рахунок якого зв'язку відбувається руйнування ацетилсаліцилової кислоти:
  - а) пептидного;
  - б) глікозидного;
  - в) естерного;
  - г) ангідридного.
8. Саліцилова кислота із  $\text{FeCl}_3$  дає забарвлення:
  - а) синє;
  - б) червоне;
  - в) фіолетове;
  - г) зелене.

## Практичне заняття № 9

# ПОХІДНІ *n*-АМІНОБЕНЗОЙНОЇ ТА СУЛЬФАНІЛОВОЇ КИСЛОТ

**Навчальна мета:** аналізувати зв'язок біологічної та фармакологічної активності з електронною структурою і функціональним складом, дослідити, узагальнити і поглибити знання про будову, механізм дії, методи отримання та якісні і кількісні реакції визначення, а також застосування похідних *n*-амінобензойної та сульфанілової кислот у медичній та фармацевтичній практиці.

**Знати:** будову, номенклатуру та властивості лікарських засобів, що містять похідні *n*-амінобензойної та сульфанілової кислот; їх застосування у медицині та фармації.

**Вміти:** оволодіти методиками контролю якості лікарських засобів, що містять похідні сульфанілової кислоти та прокаїну гідрохлориду.

### *І. Лікарські засоби з групи похідних аміду сульфанілової кислоти*

#### **І. Короткі теоретичні відомості**

**Сульфаніламід**и були першими хіміотерапевтичними (системними) антибактеріальними засобами, які знайшли широке застосування в практичній медицині. З появою пеніциліну й інших антибіотиків, а останнім часом фторхінолонів, їх використання дещо скоротилося, проте значення препарати цієї групи не втратили і в ряді випадків успішно призначаються при інфекційних захворюваннях, викликаних чутливими до них мікроорганізмами.

За часом циркуляції в організмі після одноразового прийому сульфаніламідів поділяють на 4 групи:

- а) короткої дії (сульфаніламід, сульфатіазол, сульфатідол, сульфадимідин та ін.);
- б) середньої дії (сульфадіазин та ін.);
- в) тривалої дії (сульфаметоксіпіридазин, сульфамонетоксин, сульфадиметоксин та ін.);
- г) наддовгої дії (сульфален і ін.).

**Механізм дії.** Сульфаніламід викликають бактеріостаз. Вони є конкурентними антагоністами параамінобензойної кислоти (ПАБК), необхідної мікроорганізмам для синтезу фолієвої кислоти: остання в

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

коферментній формі бере участь в утворенні пуринових та піримідинових основ, що забезпечують зростання і розвиток мікроорганізмів. Сульфаніламіді близькі за хімічною будовою до ПАБК і тому захоплюються мікробною клітиною замість ПАБК. У результаті зупиняється синтез фолієвої кислоти. Клітини людини не здатні синтезувати фолієву кислоту (вона надходить з їжею), чим і пояснюється вибірковість антимікробної дії цих препаратів. Сульфаніламіді не впливають на бактерії, які самі утворюють ПАБК. У присутності гною, крові, продуктів руйнування тканин, що містять велику кількість ПАБК, препарати не ефективні. Лікарські засоби, які в результаті біотрансформації утворюють ПАБК (новокаїн, дикаїн), є антагоністами сульфаніламідів.

Основний шлях введення сульфаніламідів – через рот. У тонкому кишечнику вони швидко і повно всмоктуються (крім обтяжених препаратів – фталазол, фтазин, салазосульфаніламіді, що призначаються при кишкової інфекції), у крові зв'язуються з білками плазми, а потім, поступово звільнюючись, починають проявляти протимікробну дію, антимікробну активність має тільки вільна фракція. Майже всі сульфаніламіді добре проходять тканинні бар'єри, в тому числі гепатогематичний, гематоенцефалічний, плацентарний.

## **II. Практична частина**

### **Алгоритм лабораторної роботи**

#### *Аналіз таблеток сульфаніламідів (стрептоциду)*

**Прилади та реактиви:** піпетки на 1, 2 та 5 та 10 мл, мірні колби на 50 та 100 мл, груші, пробірки, колби для титрування, скляні палички, бюретка для титрування, піпетки на 1, 2 та 10 мл, 1М розчин HCl, 1 % розчин NaNO<sub>2</sub>, β-нафтол, ацетат натрію, KBr, 10 % розчин NaOH, 0.1н розчин нітриту натрію, концентрована H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, розчин натрію нітروпрису. Індикатори: йодкрохмальний папір.

#### **Порядок роботи**

2–3 таблетки стрептоциду попередньо розтираємо до однорідності.

#### **Дослід 1. Реакція на первинні ароматичні аміни у складі ЛЗ**

Близько 5 мг лікарського засобу (ЛЗ) розчинити в 10 мл 1 М розчину хлористоводневої кислоти. 1 мл одержаного розчину довести дистильованою водою до об'єму 10 мл. Одержаний розчин без подальшого підкислювання має давати реакцію на первинні ароматичні аміни. До 2 мл одержаного розчину додати 0.2 мл 1 % розчину натрію

нітриту і через 1–2 хв додати 1 мл основного розчину  $\beta$ -нафтолу\*. Спостерігати появу інтенсивного помаранчевого або червоного забарвлення та утворення осаду такого самого кольору.

\*Примітка. Приготування лужного розчину  $\beta$ -нафтолу, що містить 0,5 г натрію ацетату. 2 г  $\beta$ -нафтолу розчинити в 40 мл 10 % розчину натрію гідроксиду і додати 0,5 г натрію ацетату. Після розчинення довести об'єм розчину дистильованою водою до 100 мл і перемішати. Розчин використовувати свіжовиготовленим.

**Дослід 2.** Другу частину одержаного розчину нагріти у сухій пробірці на полум'ї пальника. Отримуємо плав синьо-фіолетового кольору з відчутним запахом амоніаку та аніліну (відміна від інших сульфаніламідних препаратів).

#### **Дослід 3. Лігнінова проба (для експрес-аналізу)**

Реакція на первинну ароматичну аміногрупу: на шматок газетного невибіленого паперу (!) нанести декілька кристалів ЛЗ і змочити декількома краплями HCl. Пляма повинна набути помаранчево-жовтого забарвлення. Хімізм процесу можна зобразити так. Газетний папір містить лігнін, у якому є ароматичні альдегіди. При взаємодії з ароматичними амінами утворюються азометинові барвники (основи Шиффа) помаранчевого кольору.

#### **Дослід 4. Реакція з реактивом Легалья**

До 1 мл розчину ЛЗ додати 1 мл розчину NaOH, потім 1 мл реактиву Легалья (розчин натрію нітропрусиду  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ ). Після перемішування підкислити суміш, додаючи по краплях розчин хлоридної кислоти. Спостерігаємо появу червоно-коричневого забарвлення розчину з можливим утворенням осаду такого ж кольору.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

### **III. Питання для самопідготовки**

1. Пояснити механізм дії сульфаніламідних препаратів.
2. Навести класифікацію сульфаніламідів.
2. Якісні та кількісні реакції для визначення сульфаніламідів.
3. Методи отримання сульфаніламідних препаратів.
4. Застосування стрептоциду в медичній практиці.
5. Особливості зберігання ЛП.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

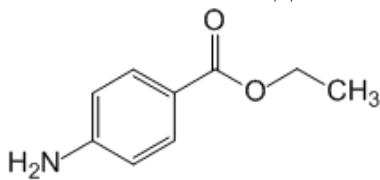
---

**II. Лікарські засоби із групи (аміно-)ароматичних карбонових кислот**

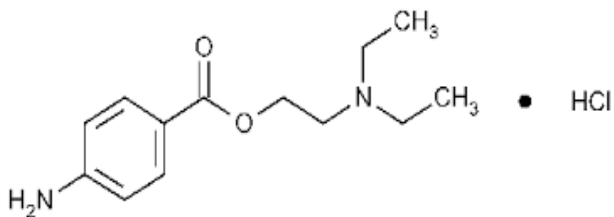
**I. Короткі теоретичні відомості**

Найпростішим представником аміноароматичних карбонових кислот є кислота амінобензойна. Складні ефіри *n*-амінобензойної кислоти застосовують як місцевоанестезуючі засоби. Передумовою створення синтетичних знеболюючих речовин стало відкриття структури анестезіофорної групи, яка зумовлює місцевий ефект анестезії, в природному алкалоїді кокаїні. На жаль, кокаїн має не тільки місцевоанестезуючий ефект, але і викликає пристрасть (кокаїнізм), тому було синтезовано і досліджено кілька тисяч сполук різних класів, що містять анестезіофорну групу. Ці речовини впливають на процес генерації збудження і здатність блокувати проходження імпульсу по нервових волокнах.

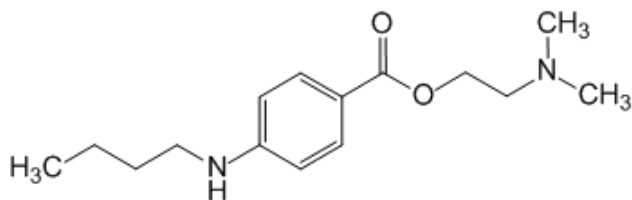
Найбільш активну дію, але без ефекту звикання, проявили похідні *n*-амінобензойної кислоти. До них відносяться:



бензокаїн,



прокаїну гідрохлорид,



тетракаїну гідрохлорид.

**Прокаїну гідрохлорид (новокаїн).** Склад: діюча речовина: procaine; 1 мл розчину містить: новокаїну (прокаїну гідрохлориду) 20 мг; допоміжні речовини: кислота хлористоводнева, вода для ін'єкцій.

Лікарська форма: розчин для ін'єкцій. Місцевоанестезуючий засіб. Наявність діетиламіноетанолового ланцюжка в молекулі прокаїну (який носить характер основи) не тільки сприяє посиленню анестезуючої дії прокаїну порівняно з анестезином, але і забезпечує можливість утворення стійких водорозчинних солей. Розчинність прокаїну гідрохлориду у воді дає можливість застосовувати його для ін'єкцій, що є його перевагою перед анестезином.

За фізіологічною активністю прокаїну гідрохлорид (новокаїн) приблизно в 10 разів слабший за кокаїн, але приблизно в 10 разів менш токсичний останнього. Широко використовують його для анестезії. Наркоманії не спричиняє.

## II. Практична частина

### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Аналіз розчину прокаїну гідрохлориду (новокаїну)*

**Прилади та реактиви:** піпетки на 1, 2 та 5 та 10 мл, мірні колби на 50 та 100 мл, груші, пробірки, колби для титрування, скляні палички, бюретка для титрування, розчин HCl, розчини HNO<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> розведені, 10 % розчин NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> безводний, розчин AgNO<sub>3</sub>, розчин NH<sub>3</sub>.

#### **Порядок роботи**

**Дослід 1. Окиснення субстанції розчином калій перманганату у сульфатнокислому середовищі**

До 0,5 мл ЛЗ додати 2 мл дистильованої води, додати 0,5 мл розведеної сульфатної кислоти і збовтати. До одержаного розчину додати 1 мл розчину KMnO<sub>4</sub> (1 г/л). Спостерігаємо знебарвлення розчину (відмінність від інших анестетиків).

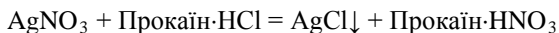


**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

***Дослід 2. Реакція з розчином аргентум нітрату в присутності кислоти нітратної розведеної***

До 0,5 мл ЛЗ додати 2 мл води та 2–3 краплі розчину розведеної нітратної кислоти  $\text{HNO}_3$ , 0,4 мл розчину аргентум нітрату  $\text{AgNO}_3$ , перемішати та відстояти. Спостерігаємо утворення білого сирнистого осаду. Рідину над осадом декантувати. Осад промити трьома порціями води по 1 мл кожна. Цю операцію провести швидко у захищеному від яскравого світла місці, при цьому допускається, щоб рідина над осадом не була повністю прозорою. Осад суспендувати у 2 мл води і додати 1,5 мл розчину амоніаку  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Осад розчиняється; допускається наявність декількох крупних часток, які розчиняються повільно:



***Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень***

**III. Питання для самопідготовки**

1. Методи отримання прокаїну гідрохлориду.
2. Лікарські засоби з групи новокаїну.
3. Якісні та кількісні реакції для визначення прокаїну гідрохлориду.
4. Застосування новокаїну в медичній практиці.
5. Особливості зберігання ЛП.

## Практичне заняття № 10

# МЕТОДИ СУЛЬФУВАННЯ

**Навчальна мета:** пояснити залежність хімічної та біологічної активності гетерофункціональних сполук від електронної та просторової будови молекул, узагальнити і поглибити знання про будову, властивості, окремих представників органічних сполук, отриманих методом сульфування, та їх застосування у медицині і фармації.

**Знати:** властивості функціональних груп для прогнозування особливостей хімічної поведінки гетерофункціональних сполук і їх похідних, які є метаболітами в процесі обміну речовин.

**Вміти:** інтерпретувати механізми реакцій, характерних для гетерофункціональних сполук, пояснити біологічну роль цих сполук та їхніх похідних у процесах життєдіяльності, проводити синтез органічних сполук із застосування методу сульфування.

### I. Практична частина

#### Алгоритм лабораторної роботи

#### *Синтез сульфанилової (п-амінобензенсульфо)кислоти*

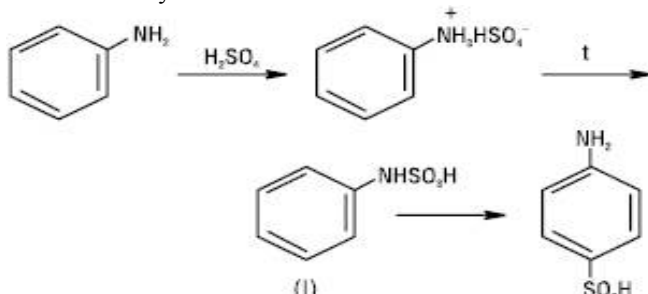
**Прилади та реактиви:** колба круглодонна місткістю 100 мл; колба Бунзена; склянки місткістю 100, 250 мл; лійка Бюхнера; лійка для гарячого фільтрування; баня масляна; холодильник повітряний; кристалізатор; папір індикаторний універсальний, анілін свіжоперегнаний (густиною  $1,022 \text{ г/см}^3$ ) – 8,18 г, (9,1 мл); кислота сульфатна концентрована (густиною  $1,84 \text{ г/см}^3$ ) – 30,3 г, (16,5 мл); кислота хлороводнева, 10 %-вий розчин; натрію гідроксид – 4 г; вугілля активоване.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

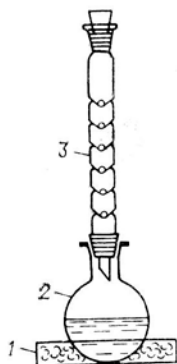
---

**Порядок роботи**

Схема синтезу:



**Увага!** Роботу проводять у витяжній шафі!



**Рис. 3.** Прилад для синтезу *p*-амінобензенсульфокислоти: 1—масляна баня; 2— круглодонна колба; 3— повітряний холодильник.

перемішуванні скляною паличкою, переносять у склянку зі 150 мл холодної води. Виділяється кристалічний осад сульфанілової кислоти. Суміш охолоджують у кристалізаторі з покритим льодом протягом 20 хв і осад відфільтровують у лійці Бюхнера, промиваючи невеликою кількістю холодної води.

**Методика синтезу.** У круглодонну колбу місткістю 100 мл поміщають 9,1 мл свіжоперегнаного аніліну і невеликими порціями при постійному струшуванні додають 16,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш сильно розігрівається. Колбу закривають повітряним холодильником і нагрівають на масляній бані (~170–180 °С) протягом 2 год. Для визначення моменту завершення реакції пробу суміші розчиняють у 1 мл води і додають розчин натрію гідроксиду (до лужної реакції). Реакція завершена, якщо не виділяються маслянисті краплі аніліну.

**Виділення продукту.** Після закінчення реакції суміш злегка охолоджують і обережно, при

Отриманий продукт розчиняють у склянці в мінімальній кількості гарячої води, у разі потреби додають небагато активованого вугілля, розчин кип'ять протягом 5 хв. Фільтрують у лійці для гарячого фільтрування через складчастий фільтр. При охолодженні з фільтра виділяються безбарвні кристали сульфанілової кислоти. Осад відфільтровують, промивають невеликою кількістю холодної води і сушать між аркушами фільтрувального паперу на повітрі. *Практичний вихід*: ~ 12 г (70 %).

**Опис кінцевого продукту.** Сульфанілова кислота (*n*-амінобензенсульфо кислота) – безбарвна кристалічна речовина. Важкорозчинна в більшості органічних розчинників і холодній воді. При  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  втрачає кристалізаційну воду, при нагріванні до  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$  розкладається, не плавлячись.

**Підбити підсумки проведених експериментів і зроблених спостережень**

### II. Питання для самопідготовки

1. Чому реакцію сульфування необхідно проводити в надлишку сульфатної кислоти?
2. Як впливає аміногрупа на швидкість сульфування ароматичних сполук?
3. Чому в реакції сульфування необхідно точно витримувати температурний режим?
4. Які продукти утворюються при обробці сульфанілової кислоти розчином натрію гідроксиду?
5. Структурним фрагментом якої групи лікарських препаратів є сульфанілова кислота?

### III. Контрольна робота за темою «Гетерофункціональні карбонові кислоти»

#### Варіант 0

1. Для молочної кислоти:
  - а) навести структурні формули можливих ізомерів (серед яких повинні бути як структурний, так і міжкласовий ізомери), дати їм назву за систематичною номенклатурою;
  - б) для одного з ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту) з:
    - $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $T$ );
    - $\text{PCl}_5$  (тільки перша стадія по одній із груп).
2. Написати структурні формули сполук. Серед них визначити ту речовину, що є оптично активною і має оптичні ізомери. Позначити в

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

ній асиметричний центр. Зобразити її структуру і відповідного їй енантіомера за допомогою формул Фішера:

- а) молочна кислота;
- б) 2-гідрокси-2-метилпропанова кислота;
- в) хлоромурашина кислота;
- г) глутарова кислота.

3. Для амінокислоти складу  $C_6H_{13}O_2N$ :

а) навести структурні формули п'яти ізомерів (серед яких повинні бути як структурні, так і міжкласовий ізомери), дати їм назву за систематичною номенклатурою;

б) для одного із ізомерів написати рівняння реакцій (пояснити механізм перебігу, дати назву продукту):

- взаємодії з нітритною кислотою;
- з металевим калієм. Дайте назву продукту, поясніть механізм.

## Додаток

### Методичні рекомендації

Рекомендації містять структуровані за темою «Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки. Гетерофункціональні сполуки» дисципліни «Органічна хімія» тестові питання для самостійної підготовки до ліцензійного інтегрованого іспиту «Крок-1. Фармація».  
(Правильна відповідь А. \*\*\*)

**1. Назвіть естер саліцилової кислоти з фенолом:**

А. \*\*\* Салол. В. Фенацетин. С. Аспірин.

**2. При нагріванні якої з наведених оксикислот утворюється лактид?**

А. \*\*\*  $\alpha$ -оксисалер'янової. В.  $\beta$ -оксимасяної. С.  $\gamma$ -оксикапронової.

**3. Для якої з наведених кислот характерна реакція утворення естерів за обома функціональними групами?**

А. \*\*\* Гліколевої. В. Ацетооцтової. С. Піровиноградної.

**4. Яка сполука утворюється при нагріванні  $\beta$ -гідроксимасяної кислоти?**

А. \*\*\* Ненасичена кислота. В. Лактон. С. Лактид.

**5. Яка з наведених кислот не утворює енантімерів?**

А. \*\*\* Оксалоацетат. В.  $\alpha$ -гідроксипропіонова. С. Яблучна.

**6. Який реагент використовують для виявлення ацетону в сечі?**

А. \*\*\* Йод у присутності луку.  
В. Розчин солі хлориду феруму (III).  
С. Формальдегід, розчин NaOH, розчин  $\text{CuSO}_4$ .

**7. Яка з наведених кислот не має оптичної активності?**

А. \*\*\* Мезовинна. В.  $\beta$ -гідроксимасяна. С. Яблучна.

**8. За яким механізмом перебігає реакція взаємодії галогеноводню з гідроксикислотою?**

А. \*\*\* Нуклеофільне заміщення.  
В. Електрофільне заміщення.  
С. Нуклеофільне приєднання.

**9. Для якої з наведених кислот характерна реакція відновлення?**

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

A. \*\*\* Ацетооцтова.                      В. Гліколева.                      С.  $\beta$ -гідроксимасляна.

**10. Яка зі сполук проявляє слабковиражені кислотні властивості: етанол чи бутанол більшою мірою?**

A. \*\*\* Етанол.                      В. Бутанол.                      С. Однакові.                      D. Немає відповіді.

**11. Яке середовище у водному розчині аспарагінової кислоти?**

A. \*\*\* Кисле.                      В. Нейтральне.                      С. Основне.                      D. Немає відповіді.

**12. Яка сполука – етанол чи гліцерин – проявляють кислотні властивості більшою мірою?**

A. \*\*\* Гліцерин.                      В. Етанол.                      С. Не проявляють.                      D. Немає відповіді.

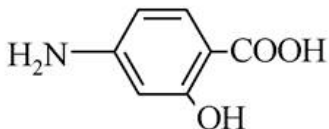
**13. Яке середовище у водному розчині лізину?**

A. \*\*\* Основне.                      В. Кисле.                      С. Нейтральне.                      D. Немає відповіді.

**14. Яка речовина сильніше проявляє кислотні властивості: вода чи метанол?**

A. \*\*\* Вода.                      В. Метанол.                      С. Вода, метанол.                      D. Немає відповіді.

**15. Яка кількість кислотних центрів у сполуки:**



A. 1.                      B. 2.                      C. 3.                      D. 0.

A. \*\*\* 2.                      B. 1.                      C. 3.                      D. 0.

**16. Яка з кислот найбільш сильна?**

A. \*\*\* Піровиноградна.  
B. Молочна.  
C. Пропіонова.

**17. Яка зі сполук легше декарбоксилюється? Чому?**

A. \*\*\* Ацетооцтова (3-оксобутанова).  
B. Масляна (бутанова).  
C. Пропіонова.

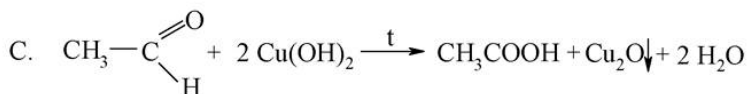
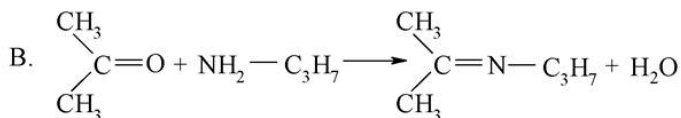
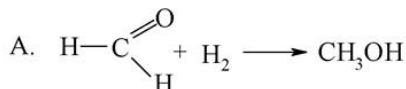
**18. До якого типу належить реакція утворення хлорангідриду карбонової кислоти?**

A. \*\*\* Нуклеофільного заміщення.

B. Нуклеофільного приєднання.

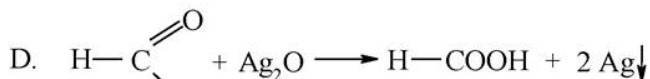
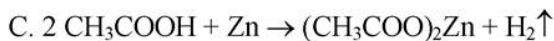
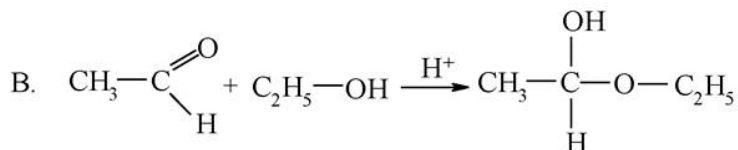
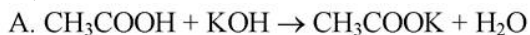
C. Електрофільного заміщення.

19. Укажіть реакцію утворення іміну:



A. B. \*\*\* C.

20. Укажіть рівняння реакції, яке дозволяє отримати напівацеталь:



A. B. \*\*\* C. D.

21. Похідні карбонових кислот, в структурі вуглеводневого радикала яких один або декілька атомів водню заміщені на аміногрупу  $-\text{NH}_2$ , називаються:

A. \*\*\* Аміноспирти.

B. Амінокислоти.

C. Оксикислоти.

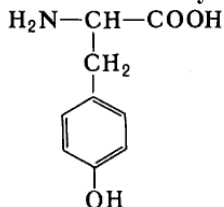


**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

D. Гідроксикислоти.

22. Вкажіть назву:



A. \*\*\* Тирозин

B. Гістидин.

C.  $\beta$  – Аланін.

D.  $\gamma$  – Бутиролактam.

23. Похідні карбонових кислот, у структурі вуглеводневого радикала яких один або декілька атомів водню заміщені на – OH, називаються:

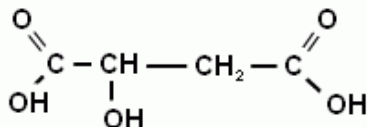
A. \*\*\* Гідроксикислоти.

B. Нітросполуки.

C. Моносахариди.

D. Оксиспирти.

24. Вкажіть назву кислоти:



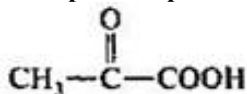
A. \*\*\* Яблучна кислота.

B. Винна кислота.

C. Янтарна кислота.

D. Лимонна кислота.

25. Піровиноградна кислота це:



A. \*\*\* Кетокислота.

B. Альдегідокислота.

C. Гідроксикислота.

D. Лимонна кислота.

**26. Похідні вуглеводнів, що мають у своєму складі як аміно, так і гідроксильну групи, називаються:**

- A. \*\*\* Аміноспирти.
- B. Оксикислоти.
- C. Амінокислоти.
- D. Гідроксикислоти.

**27. Вкажіть сполуку, яка не даватиме позитивну реакцію утворення йодоформу:**

- A. \*\*\* Формальдегід.
- B. Пропанол-2.
- C. Оцтовий альдегід.
- D. Ацетон.

**28. З якої наведеної сполуки можна отримати оцтовий альдегід в одну стадію?**

- A. \*\*\*  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .
- B.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ .
- C.  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ .
- D.  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ .

**29. Продукти, що утворюються в результаті реакції спиртів з альдегідами:**

- A. \*\*\* Ацеталі.
- B. Естери.
- C. Етери.
- D. Альдегідоспирти.
- E. Полімерні сполуки.

**30. Реакція «срібного дзеркала» є якісною реакцією на:**

- A. \*\*\* Альдегідну групу.
- B. Спиртовий гідроксил.
- C. Кетогрупи.
- D. Карбоксильну групу.
- E. Єнольний гідроксил.

**31. У фармацевтичній хімії як реактив для визначення альдегідної групи використовують:**

- A. \*\*\* Аміачний розчин оксиду срібла.
- B. Бромну воду.
- C. Розчин перманганату калію.
- D. Розчин сульфатної кислоти.
- E. Гідроксид калію.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**32. Який реагент можна використовувати для отримання ціангідріна ацетону?**

- A. \*\*\* HCN.
- B.  $\text{H}_2\text{N-NH}_2$ .
- C.  $\text{H}_2\text{N-CH}_3$ .
- D.  $\text{H}_2\text{N-NH-C}_6\text{H}_5$ .
- E.  $\text{H}_2\text{N-OH}$ .

**33. В яких умовах відбувається реакція окислення толуолу до бензойної кислоти?**

- A. \*\*\* Кип'ятіння з  $\text{KMnO}_4$ .
- B. При кімнатній температурі.
- C. Кип'ятіння толуолу на повітрі.
- D. Нагрівання з  $\text{NaOH}$ .
- E. Нагрівання з  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**34. Виберіть назву наведеного з'єднання:  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ :**

- A. \*\*\* Стеаринова кислота.
- B. Акрилова кислота.
- C. Пальмітинова кислота.
- D. Олейнова кислота.
- E. Масляна кислота.

**35. Виберіть реагент, за допомогою якого можна відрізнити мурашину і оцтову кислоти:**

- A. \*\*\*  $\text{Ag}_2\text{O}$ .
- B.  $\text{CaCl}_2$ .
- C.  $\text{NaNO}_3$ .
- D.  $\text{NaHCO}_3$ .
- E.  $\text{NaNO}_2$ .

**36. Виберіть реагент, за допомогою якого можна отримати амід стеаринової кислоти:**

- A. \*\*\*  $\text{NH}_3$ .
- B.  $\text{H}_2\text{N-NH}_2$ .
- C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$ .
- D.  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .
- E.  $\text{H}_2\text{NOH}$ .

**37. Виберіть реагент, за допомогою якого можна отримати з пропанової кислоти її метиловий ефір:**

- A. \*\*\*  $\text{H}_3\text{C-OH}$ .
- B.  $\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$ .
- C.  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ .

- D.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$ .
- E.  $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ .

**38. Виберіть реагент, який можна використовувати для відмінності бензойної та саліцилової кислот:**

- A.  $\text{FeCl}_3$ .
- B.  $\text{NaHCO}_3$ .
- C.  $\text{AgNO}_3$ .
- D.  $\text{NaNO}_2$ .
- E.  $\text{Br}_2$ .

**39. Відомо, що реакція «срібного дзеркала» є якісною на альдегідну групу. Однак, ця реакція є характерною і в ряду монокарбонних кислот. Яка з наведених кислот взаємодіє з аміачним розчином оксиду срібла?**

- A. **\*\*\*** Мурашина кислота.
- B. Бензойна кислота.
- C. Оцтова кислота.
- D. Щавелева кислота.
- E. Акрилова кислота.

**40. Вкажіть з'єднання, яке утворюється при декарбоксилюванні пальмітинової кислоти:**

- A. **\*\*\*** Пентадекан.
- B. Тридекан.
- C. Тетрадекан.
- D. Декан.
- E. Гексадекан.

**41. Вкажіть продукт взаємодії оцтової кислоти й ізопропілового спирту:**

- A. **\*\*\***  $\text{CH}_3-\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$ .
- B.  $\text{CH}_3-\text{COOCH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ .
- C.  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ .
- D.  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ .
- E.  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$ .

**42. Складні ефіри можна отримати різними хімічними реакціями. Яка з наведених реакцій називається реакцією естерифікації?**

- A. **\*\*\*** Взаємодія спирту і кислоти в присутності кислотного каталізатора.
- B. Взаємодія солей карбонних кислот з галогідними алкілами.
- C. Взаємодія галогенангідридів з алкоксидами.

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

D. Взаємодія ангідридів з алкоксидами.

E. Взаємодія ангідридів зі спиртами.

**43. Яка з вищих карбонових кислот не буде реагувати з бромною водою?**

A. \*\*\* Пальмітинова кислота.

B. Ліноленова кислота.

C. Арахідонова кислота.

D. Ліолева кислота.

E. Олеїнова кислота.

**44. Яка з наведених нижче кислот при нагріванні з концентрованою  $H_2SO_4$  розкладається з виділенням  $CO$ ?**

A. \*\*\*  $HCOOH$ .

B.  $CH_3COOH$ .

C.  $C_6H_5COOH$ .

D.  $C_2H_5CH_2COOH$ .

E.  $(COOH)_2$ .

**45.  $\gamma$ -аміномасляна кислота бере участь у процесах обміну в головному мозку, є нейромедіатором. Які важливі для медицини з'єднання утворюють  $\gamma$ -амінокислоти при нагрівання?**

A. \*\*\* Лактами.

B. Ненасичені кислоти.

C. Дікетоніперазіни.

D. Лактиди.

E. Лактони.

**46. Виберіть реагент, за допомогою якого можна розрізнити молочну та оцтову кислоти:**

A. \*\*\*  $K_2Cr_2O_7$ .

B.  $NaBH_4$ .

C.  $Br_2 (H_2O)$ .

D.  $NaHCO_3$ .

E.  $AgNO_3$ .

**47. Вкажіть, до якого класу органічних сполук відноситься галлова кислота:**

A. \*\*\* Фенолокислоти.

B. Феноли.

C. Карбонові кислоти.

D. Спиртокислоти.

E. Кетокислоти.

48. Хлорид заліза (III) з органічними сполуками, які мають фенольний гідроксил, утворює фіолетове забарвлення. Яку з кислот можна якісно виявити за допомогою цієї реакції?

- A. \*\*\* Саліцилову кислоту.
- B. Ацетилсаліцилову кислоту.
- C. Бурштинову кислоту.
- D. Бензенову кислоту.
- E. Оцтову кислоту.

49. Сульфаніламід широко використовуються як бактеріостатичні засоби. Механізм антимікробної дії сульфаніламідних препаратів базується на їх структурній подібності до:

- A. \*\*\* *n*-Амінобензойної кислоти.
- B. Глутамінової кислоти.
- C. Фолієвої кислоти.
- D. Нуклеїнової кислоти.
- E. Антибіотиків.

50. Саліцилова кислота відноситься до фенолокислот. Якісною реакцією на цю кислоту є взаємодія з:

- A. \*\*\*  $\text{FeCl}_3$ .
- B.  $\text{NaOH}$ .
- C.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- D.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- E.  $\text{CH}_3\text{OH} (\text{H}^+)$ .

51. Саліцилова кислота містить два кислотних центри і тому утворює два ряди солей. При взаємодії з яким з перерахованих реагентів утворюється динатрієва сіль саліцилової кислоти?

- A. \*\*\*  $\text{NaOH}$ .
- B.  $\text{NaCl}$ .
- C.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- D.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
- E.  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

52. Виберіть реагент, з яким карбонові кислоти утворюють хлорангідриди?

- A. \*\*\*  $\text{PCl}_5$ .
- B.  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .
- C.  $\text{CHCl}_3$ .
- D.  $\text{NaCl}$ .
- E.  $\text{HCl}$ .

**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**53. Вкажіть реагент, при взаємодії з яким карбонові кислоти утворюють складний ефір:**

- A. \*\*\* Спирти.
- B. Кетони.
- C. Аміни.
- D. Альдегіди.
- E. Солі.

**54. Яка з наведених дикарбонових кислот є ароматичною?**

- A. \*\*\* Фталева.
- B. Щавлева.
- C. Малейнова.
- D. Малонова.
- E. Бурштинова.

**55. Яка з наведених кислот є дикарбоною?**

- A. \*\*\* Щавлева.
- B. Мурашина.
- C. Акрилова.
- D. Бензойна.
- E. Оцтова.

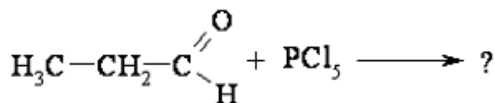
**56. Яка з наведених калієвих солей є милом?**

- A. \*\*\*  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOK}$ .
- B.  $\text{CH}_3\text{-COOK}$ .
- C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOK}$ .
- D.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOK}$ .
- E.  $\text{HCOOK}$ .

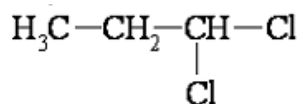
**57. Однією з причин виникнення оптичної активності є наявність у структурі молекули органічної сполуки:**

- A. \*\*\* Асиметричного атому вуглецю.
- B. Подвійного зв'язку.
- C. Потрійного зв'язку.
- D. Функціональної групи.
- E. Площини асиметрії.

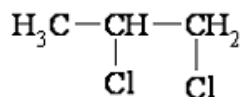
**58. Який продукт утворюється при взаємодії пропіонового альдегіду з  $\text{PCl}_5$ ?**



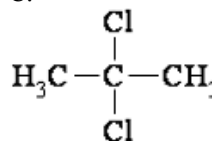
A. \*\*\*



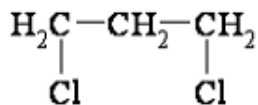
B.



C.

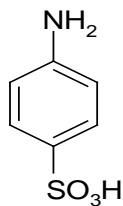


D.

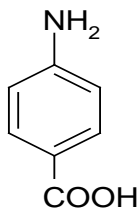


59. Сульфаніламиди використовуються як антимікробні препарати. Похідними якої кислоти вони є?

A. \*\*\*



B.

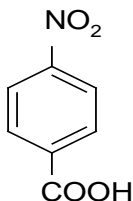




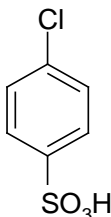
Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.  
Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.  
Гетерофункціональні сполуки

---

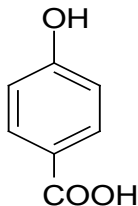
C.



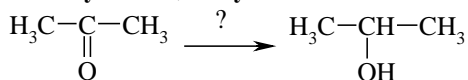
D.



E.

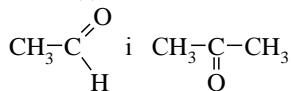


60. Виберіть реагент, який можна використати для одержання пропанолу-2 із ацетону:



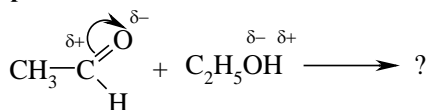
- A.  $\text{H}_2$  (Ni).
- B.  $\text{CH}_3\text{OH}$ .
- C.  $\text{CH}_3\text{I}$ .
- D.  $\text{HCN}$ .
- E.  $\text{HCOH}$ .

61. За допомогою якого реагенту можна розрізнити сполуки:



- A. \*\*\*Реактив Фелінга.
- B.  $\text{NaHSO}_3$ .
- C.  $\text{NH}_2\text{-NHC}_6\text{H}_5$ .
- D.  $\text{HCN}$ .
- E.  $\text{H}_2\text{N-OH}$ .

62. Вкажіть продукт взаємодії оцтового альдегіду з етиловим спиртом:



- A. \*\*\*  

$$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{-OC}_2\text{H}_5$$
- B.  

$$\text{CH}_3\text{-}\overset{\text{O}}{\text{C}}\text{-OC}_2\text{H}_5$$
- C.  

$$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{O}}{\text{C}}\text{-C}_2\text{H}_5$$
- D.  

$$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{-C}_2\text{H}_5$$
- E.  

$$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{O-OH}}{\text{CH}}\text{-C}_2\text{H}_5$$

63. Яка з наведених карбонільних сполук дає позитивну йодоформну пробу?

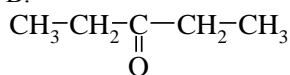
- A. \*\*\*  

$$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{O}}{\text{C}}\text{-CH}_3$$

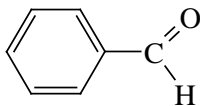
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

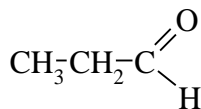
B.



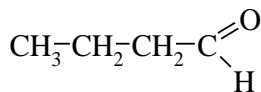
C.



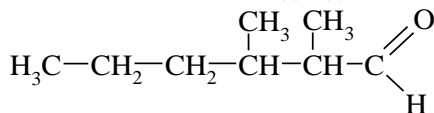
D.



E.

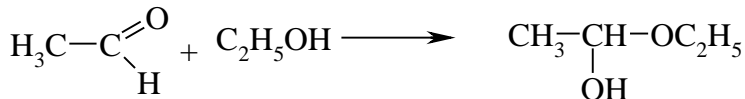


64. Як називається альдегід:



- A. \*\*\*2,3-диметилгексаналь.
- B. 2-метил-3-пропілбутаналь.
- C. 3-метилгексаналь.
- D. 1,2-диметилпентаналь.
- E. 2,3-диметилгексеналь.

65. За яким механізмом відбувається реакція приєднання етанолу до оцтового альдегіду?

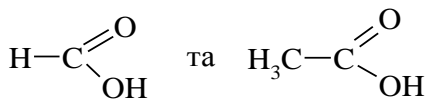


- A. \*\*\*A<sub>N</sub> нуклеофільне приєднання.
- B. A<sub>E</sub> електрофільне приєднання.
- C. S<sub>E</sub> електрофільне заміщення.
- D. S<sub>N</sub> нуклеофільне заміщення.
- E. S<sub>R</sub> радикальне заміщення.

66. Який реагент дозволяє відрізнити олеїнову кислоту  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  від стеаринової  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ ?

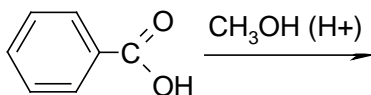
- A. \*\*\*Бромна вода.
- B. Етилацетат.
- C. NaOH.
- D.  $\text{NH}_3$ .
- E.  $\text{NaHCO}_3$ .

67. Мурашину та оцтову кислоти можна розрізнити за допомогою:

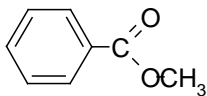


- A. \*\*\*реакції «срібного дзеркала» з  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ .
- B. взаємодії з NaOH.
- C. реакції з бромною водою.
- D. реакції з  $\text{NaHCO}_3$ .
- E. реакції з  $\text{NH}_3$ .

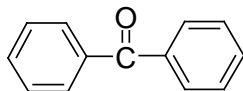
68. Вкажіть правильний продукт реакції:



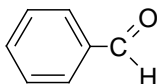
A. \*\*\*



B.



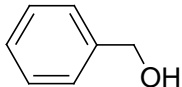
C.



**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

**D.**



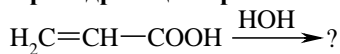
**69. З яким з наведених реагентів бензойна кислота вступає в реакцію по бензольному кільцю?**

- A.  $***\text{HNO}_3$  (к) +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (к).
- B.  $\text{NaOH}$ .
- C.  $\text{PCl}_3$ .
- D.  $\text{NH}_3$ ; т.
- E.  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

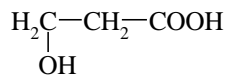
**70. Найважливіше значення для організму тварин мають три ненасичені карбонові кислоти:**

- A.  $***$ Арахідонова.
- B. Стеаринова.
- C. Лінолева.
- D. Міристинова.
- E. Ліноленова.

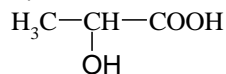
**71. При гідратації акрилової кислоти утворюється:**



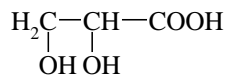
A.  $***$



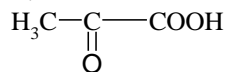
B.



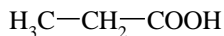
C.



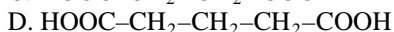
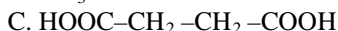
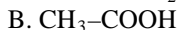
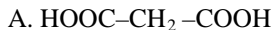
D.



Е.



72. Яка із наведених кислот при нагріванні виділяє  $\text{CO}_2$ ?



73. Які речовини можна одержати при лужному гідролізі трипальмітину?

A. \*\*\*Натрій пальмітат і гліцерин.

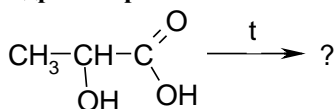
B. Гліцерин і пальмітинова кислота.

C. Пальмітинова кислота і натрій гідроксид.

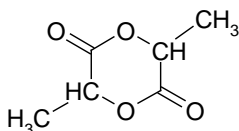
D. Гліцерин і натрій стеарат.

E. Натрій пальмітат і вода.

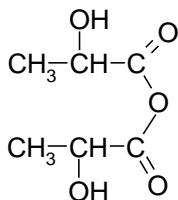
74. Яка сполука утворюється при нагріванні  $\alpha$ -гідроксипропіонової кислоти?



A.



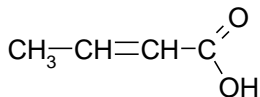
B.



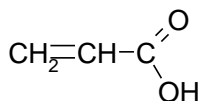
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

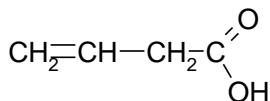
C.



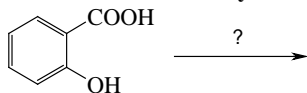
D.



E.

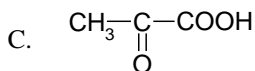
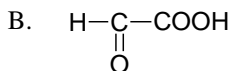
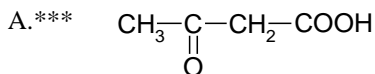


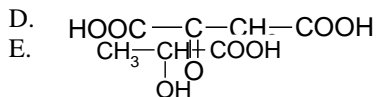
**75. Саліцилова кислота відноситься до фенолокислот. Якісною реакцією на цю кислоту є взаємодія з:**



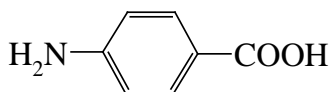
- A. \*\*\*FeCl<sub>3</sub>.
- B. NaOH.
- C. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- D. CH<sub>3</sub>COOH.
- E. CH<sub>3</sub>OH (H<sup>+</sup>).

**76. Яка з наведених формул відповідає ацетооцтовій кислоті?**



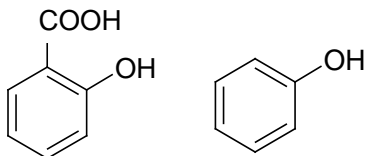


77. З яким реагентом *n*-амінобензойна кислота реагує по аміногрупі?



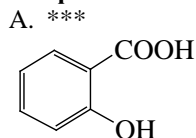
- A. \*\*\* HCl.
- B. NH<sub>4</sub>OH.
- C. NaOH.
- D. CH<sub>3</sub>COONa.
- E. KCN.

78. Для того, щоб розрізнити фенол і саліцилову кислоту, використовують реагент:



- A. \*\*\* Розчин натрію гідрокарбонату.
- B. Розчин натрію хлориду.
- C. Розчин заліза (III) хлориду.
- D. Розчин брому.
- E. Розчин натрію гідроксиду.

79. Яка з наведених сполук при додаванні розчину FeCl<sub>3</sub> дає темно-фіолетове забарвлення?

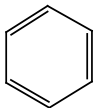




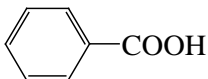
**Практичні заняття з органічної хімії. Частина II.**  
**Біологічно важливі карбонільні та карбоксильні сполуки.**  
**Гетерофункціональні сполуки**

---

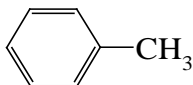
B.



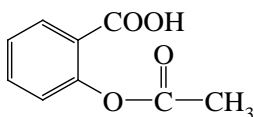
C.



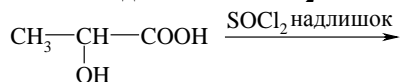
D.



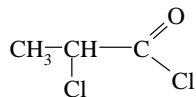
E.



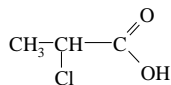
**80. Вкажіть сполуку, яка утвориться при взаємодії молочної кислоти з надлишком  $\text{SOCl}_2$ :**



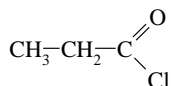
A. \*\*\*



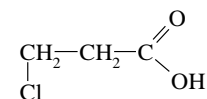
B.



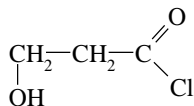
C.



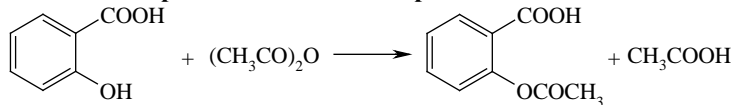
D.



Е.



81. Наведена реакція називається реакцією:



- А. \*\*\*Ацилювання.
- В. Естерифікації.
- С. Приєднання.
- Д. Відщеплення.
- Е. Перегрупування.

82. Який лікарський препарат утвориться при взаємодії саліцилової кислоти з оцтовим ангідридом?

- А. \*\*\* Аспірин.
- В. Салциламід.
- С. Фенілсалцилат.
- Д. Бензилсалцилат.
- Е. Натрій салцилат.

## Список рекомендованої літератури

### *Основна (базова):*

1. В. П. Черних, Б. С. Зіменковський, І. С. Гриценко. Органічна хімія. Харків : Вид-во НФаУ, «Оригінал», 2008. 778 с.
2. В. П. Черних, В. І. Гридасов. Посібник до лабораторних і семінарських занять з органічної хімії. Харків ; Вид-во «Основа», 1991. 372 с.
3. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А. Біоорганічна хімія. Львів : «Кварт», 2009. 402 с.
4. Навчальний посібник з органічної хімії для студентів фармацевтичного факультету / за ред. Б. С. Зіменковського. Львів : ЛНМУ, 2013. 316 с.
5. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А., Ніженковська І. В. Біологічна та біоорганічна хімія. Т. І. Київ : Медицина, 2014. 398 с.
6. Біологічна і біоорганічна хімія : у 2 кн.; за ред. Ю. І. Губського, І. В. Ніженковської. Київ. : Медицина, 2016. 544 с.
7. Загальний практикум з органічної хімії : навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закл. III–IV рівнів акредитації / В. П. Черних, І. С. Гриценко, М. О. Лозинський, З. І. Коваленко; за ред. В. П. Черних. Харків : Вид-во НФаУ, Золоті сторінки, 2003. 592 с.

### *Допоміжна:*

8. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник. Львів : Центр Європи, 2001. 864 с.
9. Збірник тестових завдань з органічної хімії / за ред. А. П. Ранського. Дніпропетровськ : ДВНЗ «УДХТУ», 2007. 195 с.
10. Чирва В. Я., Ярмолюк С. М., Толкачова Н. В., Земляков О. Є.. Органічна хімія : підручник. Львів : БАК, 2009. 996 с.
11. Ранський А. П., Сакалова Г. В. Лабораторний практикум з органічної та біоорганічної хімії : Навчальний посібник для закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації із хімічних спеціальностей. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 155 с.

*Навчальне видання*

**Олександр Георгійович Невинський  
Олена Миколаївна Ларичева**

**ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ.  
ЧАСТИНА II.  
БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КАРБОНІЛЬНІ ТА  
КАРБОКСИЛЬНІ СПОЛУКИ.  
ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ**

*Методичні вказівки*

**Випуск 415**

---

Редактор *А. Бурмус*

Технічний редактор, комп'ютерна верстка *К. Гросу-Грабарчук*  
Друк *С. Волинець*. Фальцовально-палітурні роботи *О. Мішалкіна*.

Підп. до друку 26.04.2023

Формат 60x84 1/16. Папір офсет.

Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.

Ум. друк. арк. 7,6. Обл.-вид. арк. 3,7.

Тираж 5 пр. Зам. № .6601

54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.

Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 36124 від 05.04.2018.