

Державний вищий навчальний заклад  
"Запорізький національний університет"  
Міністерства освіти і науки України

**РОБОЧИЙ ЗОШИТ**

**ДО МОДУЛЮ ІІІ**

Запоріжжя  
2016

## Тема 1 Монокарбонові кислоти

**Ціль:** Вміти визначати хімічні властивості монокарбонових кислот. Вміти інтерпретувати будову монокарбонових кислот, обирати способи добування монокарбонових кислот, визначати хімічні властивості монокарбонових кислот, проводити реакції ідентифікації монокарбонових кислот.

1. **Монокарбоновими кислотами** називають такі органічні сполуки, у складі

молекул яких міститься одна карбоксильна група  $\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$ . Кількість карбоксильних груп у молекулі карбонової кислоти визначає основність кислоти. Залежно від природи радикала, сполученого з карбоксильною групою, карбонові кислоти поділяють на насичені і ненасичені.

Загальна формула:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$

**Номенклатура карбонових кислот.** Карбонові кислоти називають за систематичною та історичною номенклатурами. За систематичною номенклатурою назву кислот утворюють з назв відповідних насичених вуглеводнів, даючи до них закінчення *-ова* і слово *кислота*. Головний ланцюг у молекулі кислоти вибирають так, щоб у нього обов'язково входила карбоксильна група. Положення радикалів у вуглеводневому ланцюзі позначають цифрами. Нумерацію ланцюга починають з атома вуглецю карбоксильної групи.

Для найпоширеніших карбонових кислот широко використовують історичні назви, такі як мурашина, оцтова, масляна, валеріанова кислота тощо. Ці назви пов'язані переважно з тими джерелами, з яких була виділена та чи інша кислота: мурашина – з мурашок, оцтова – з оцту, масляна – з масла.

### Деякі насичені одноосновні кислоти

Формула	Назва	
	систематична	тривіальна
$\text{HCOOH}$	метанова	мурашина
$\text{CH}_3\text{COOH}$	етанова	оцтова
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	пропанова	пропионова

$C_3H_7COOH$	бутанова	масляна
$C_4H_9COOH$	пентанова	валеріанова
$C_5H_{11}COOH$	гексанова	капронова
$C_{15}H_{31}COOH$	пентадеканова	пальмітинова
$C_{17}H_{35}COOH$	гептадеканова	стеаринова

### Ізомерія карбонових кислот

Структурна:

- **ізомерія** в вуглеводневому радикалі (починаючи з  $C_4$ ). Просторова ізомерія  
Можлива **цис-транс ізомерія** у випадку ненасичених карбонових кислот.

Карбонові кислоти – це похідні вуглеводнів, що містять у своєму складі одну або кілька карбоксильних груп –  $COOH$  з'єднаних з вуглеводневим радикалом.

Карбонові кислоти є надзвичайно поширеними у природі органічними сполуками і виконують різноманітні функції в живих організмах.

### Класифікація карбонових кислот

- класифікація за кількістю карбоксильних груп

монокарбонові кислоти, наприклад: мурашина кислота, оцтова кислота.

полікарбоннові кислоти, наприклад: щавлева кислота, янтарна кислота

- класифікація за будовою вуглеводневого радикалу

насичені карбонові кислоти, наприклад: мурашина кислота, оцтова кислота.

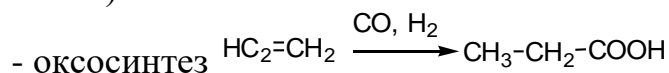
ненасичені карбонові кислоти, наприклад: акрилова кислота

ароматичні карбонові кислоти, наприклад: бензойна кислота

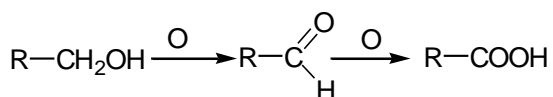
### 2. Методи добування:

1) гідроліз складних естерів:

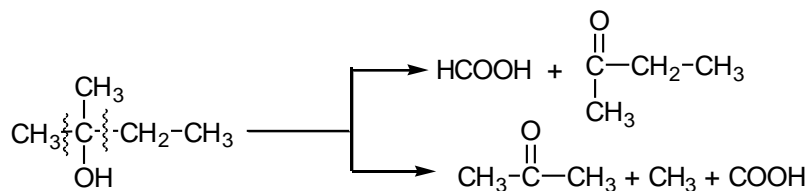
2) окислення алкенів (подвійний зв'язок розривається):



3) окислення спиртів:

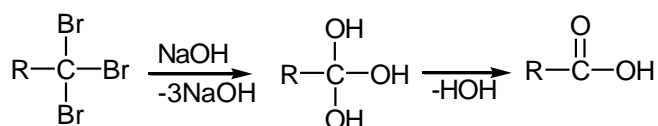


При окисленні первинних спиртів і альдегідів отримують кислоти з тією ж кількістю атомів вуглецю в молекулі:



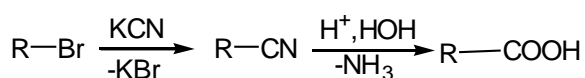
При окисленні третинних спиртів та кетонів отримують суміш карбонових кислот (2 напрямки);

4) гідроліз тригалогенпохідних:

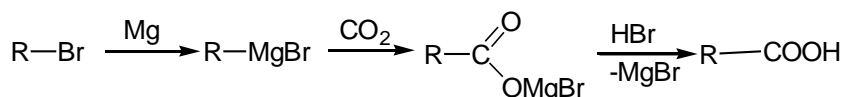


5) з моногалогенпохідних:

а) нітрильний синтез:



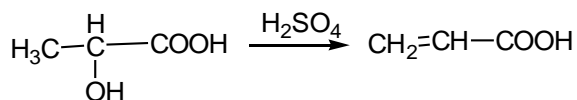
б) взаємодія з магнійорганічними сполуками:



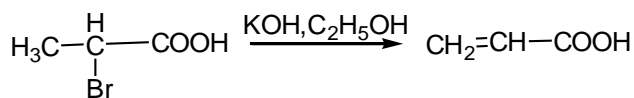
б) окислення насичених вуглеводнів:

Насичені карбонові кислоти:

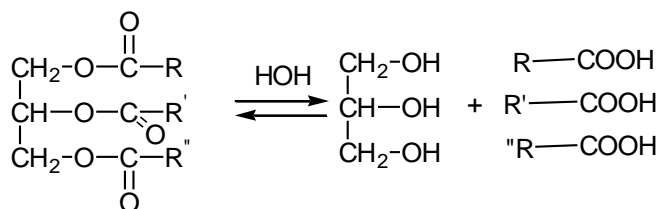
1) дегідратація оксикислот:



2) дегідрогалогенування галогенпохідних кислот:

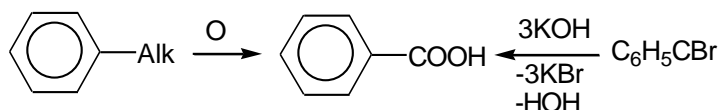


Вищі жирні кислоти отримують гідролізом жирів:



Бензойна кислота:

1) окислення алкілбензолів:



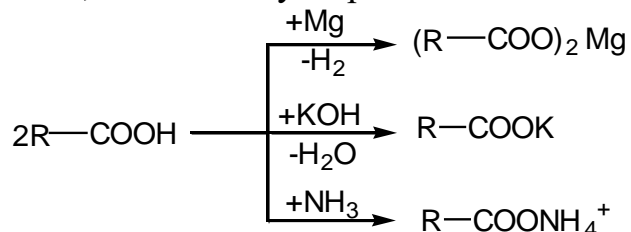
### 3. Фізичні властивості.

Перші 4 члени гомологічного ряду кислот – безбарвні рухомі рідини, які розміщуються з водою в будь-яких співвідношеннях і розчиняються в деяких малополярних органічних розчинниках. Кислоти з кількістю вуглецевих атомів від C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> – маслянисті рідини. Починаючи з C<sub>10</sub> і вище – тверді малолітні парафіноподібні речовини. Зі збільшенням молекулярної маси розчинність у воді падає, збільшується розчинність у органічних розчинниках. Перші три представники мають різкий запах; середні члени – неприємний запах; вищі – запаху не мають. Температура кипіння збільшується зі збільшенням молекулярної маси. За фізичними властивостями карбонові кислоти є рідинами або твердими речовинами. Низькомолекулярні карбонові кислоти добре розчинні у воді. Кислоти розчинні в розчинах лугів з утворенням солей.

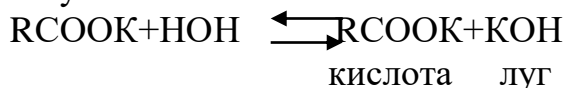
### 4. Хімічні властивості:

- 1) реакції, які обумовлені рухомістю атому гідрогену;
- 2) реакції, які перебігають за рахунок ОН-групи;
- 3) реакції в карбоновому скелеті.

Утворення солей. Карбонові кислоти при взаємодії з активними металами, основами, амоніаком утворюють солі:

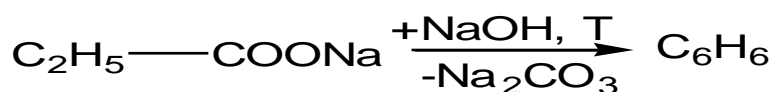
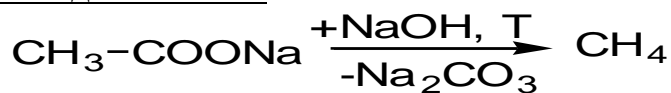


У більшості випадків солі, що утворюються, нестійкі, під дією води гідролізуються.

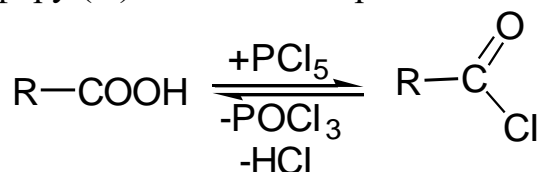


Реакція можлива, кислота слабка.

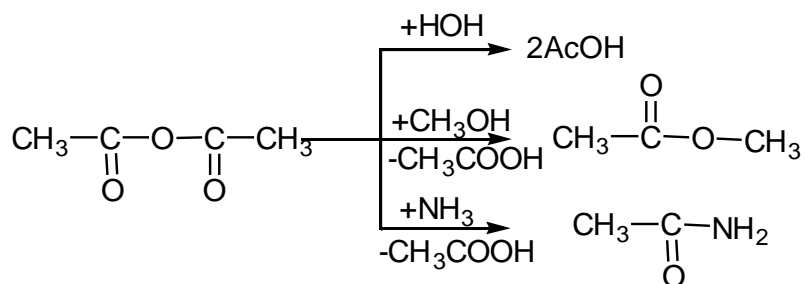
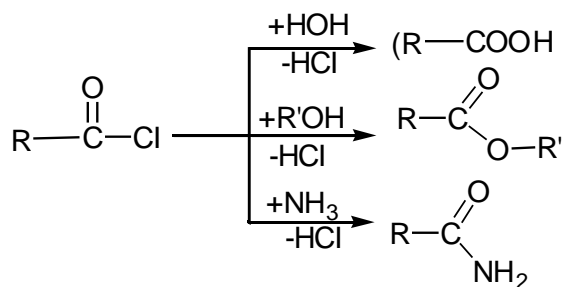
Піроліз даних солей:



Утворення галогенангідридів та їх властивості. Галогенангідриди утворюються внаслідок заміщення ОН-групи на атом Hal. Як реагенти використовують хлорид фосфору (V) або тіонілхлорид.



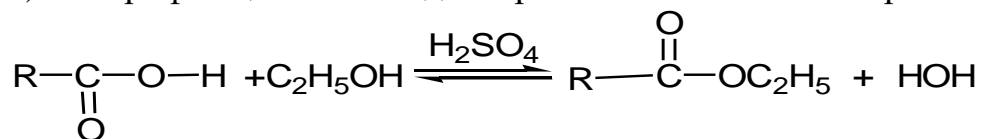
Галогенангідриди легко гідролізуються:



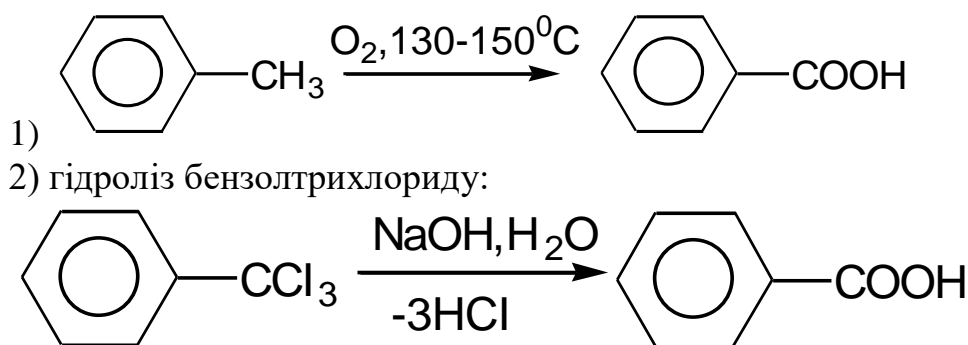
Методи отримання:

1) взаємодія спиртів з хлорангідридами або ангідридами кислот;

2) етерифікація – взаємодія карбонових кислот зі спиртами:



У промисловості бензойну кислоту добувають термічним окисленням толуолу киснем повітря під тиском:



Хімічні властивості ароматичних кислот визначаються наявністю в них карбоксильної групи і ароматичного ядра.

**Висновок:** Монокарбоновими кислотами називають такі органічні сполуки, у складі молекул яких міститься одна карбоксильна група. Кількість карбоксильних груп у молекулі карбонової кислоти визначає основність кислоти. Залежно від природи радикала, сполученого з карбоксильною групою, карбонові кислоти поділяють на насичені і ненасичені.

Перші 4 члени гомологічного ряду кислот – безбарвні рухомі рідини, які розміщуються з водою в будь-яких співвідношеннях і розчиняються в деяких малополярних органічних розчинниках. Кислоти з кількістю вуглецевих атомів від C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> – маслянисті рідини. Починаючи з C<sub>10</sub> і вище – тверді малолітні парафіноподібні речовини. Зі збільшенням молекулярної маси розчинність у воді падає, збільшується розчинність у органічних розчинниках. Перші три представники мають різкий запах; середні члени – неприємний запах; вищі – запаху не мають. Температура кипіння збільшується зі збільшенням молекулярної маси. За фізичними властивостями карбонові кислоти є рідинами або твердими речовинами. Низькомолекулярні карбонові кислоти добре розчинні у воді. Кислоти розчинні в розчинах лугів з утворенням солей.

### Лабораторна робота

#### Монокарбонові кислоти

**Реактиви та обладнання:** карбонові кислоти, перманганат калію, безводний купрум сульфат, вапняна вода, сульфатна кислота, крейда, порошок магнію, мідний купорос, пробірки, пальник, газовідвідна трубка.

**Дослід 1: Окиснення карбонових кислот калій перманганатом - у нейтральному середовищі**

У суху пробірку помістити кислоту (1 см<sup>3</sup> або 0,5 г), додати розчин калій перманганату об'ємом 1 см<sup>3</sup>. Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду (2-3 см<sup>3</sup>). Суміш нагріти. Газ, що

виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити). Складіть рівняння реакції.

- у кислому середовищі

У суху пробірку помістити кислоту (1 см<sup>3</sup> або 0,5 г), розчин сульфатної кислоти об'ємом 0,5 см<sup>3</sup> і розчин калій перманганату об'ємом 1 см<sup>3</sup>. Біля отвору розташувати шматочок вати з кристалами безводного купрум сульфату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, відтягнутий кінець якої занурити у вапняну воду (2-3 см<sup>3</sup>). Суміш нагріти. Газ, що виділяється, пропускати крізь вапняну воду на протязі 1 хв., а потім дослідити його на горючість (підпалити). Складіть рівняння реакції.

**Дослід 2: Взаємодія кислот із солями.**

Покладіть в пробірку шматочок крейди (CaCO<sub>3</sub>) і долийте оцтової кислоти. Спостерігайте виділення вуглекислого газу яке супроводжується шипінням. Складіть рівняння реакції кислот із крейдою в молекулярній та іонній формі.

**Дослід 3: Взаємодія кислот з металами.**

В порожню пробірку насипте 0,5 ложки порошку магнію і долийте 4 – 5 крапель оцтової кислоти. Спостерігайте виділення газу. Перевірте його горючість. Складіть рівняння реакції і вкажіть окисно-відновний процес.

**Дослід 4: Докази ненасиченості карбонових кислот.**

Налийте в пробірку по 2 мл бромної води і розчину перманганату калію. Додайте в кожную із них по 4 – 5 крапель олеїнової кислоти. Добре збовтайте. Спостерігайте, що проходить в кожній із пробірок. Напишіть рівняння реакції в структурному вигляді.



***Дослід 5: Взаємодія кислот з гідроксидами.***

Візьміть 2 – 3 краплі мідного купоросу та 5 – 6 крапель лугу і отримайте осад гідроксиду міді. До одержаного осаду долейте оцтової кислоти. Спостерігайте розчинення осаду. Напишіть рівняння реакцій в молекулярному та іонному вигляді.

**Висновки:**

**Питання для самоконтролю:**

1. Як називається функціональна група органічних кислот?

Відповідь:

2. Як називаються органічні кислоти, що містять карбоксильну групу?

Відповідь:

3. Який агрегатний стан оцтової кислоти? А який — вищих карбонових кислот, що містять 15 і більше атомів Карбону? Відповідь:

4. Чому в разі дії магнієм на оцтову кислоту виділяється газ? Який?

Відповідь:

5. Який газ виділяється в разі дії оцтової кислоти на соду?

Відповідь:

6. Як можна відрізнити оцтову кислоту від лугу?

Відповідь:

7. Яка із кислот є сильнішою: оцтова, хлороцтова, дихлороцтова?

Відповідь:

8. Напишіть рівняння етерифікації.

Відповідь:

9. Як добувають монокарбонові кислоти?

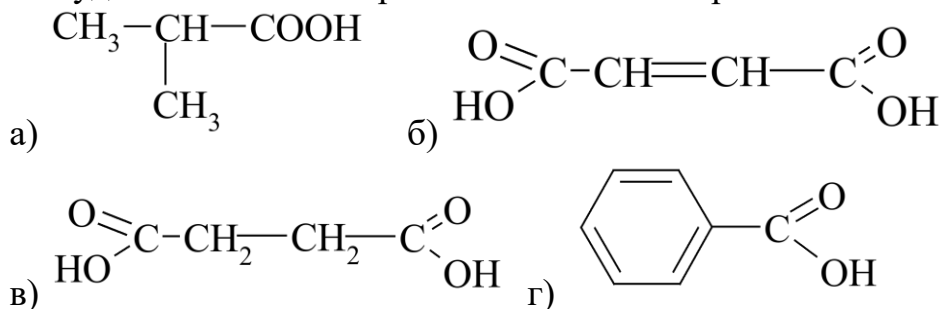
Відповідь:

10. Як класифікують карбонові кислоти?

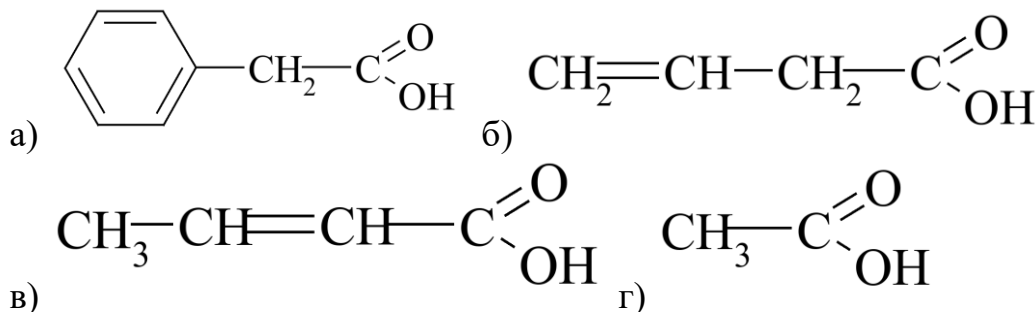
Відповідь:

**Тести:**

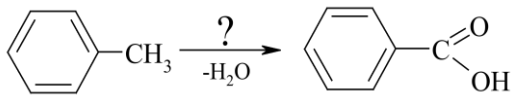
1. За будовою кислота є ароматичною моно карбоною. Виберіть цю кислоту:



2. За будовою кислота є ненасиченою монокарбоною, з відкритим ланцюгом спряження. Виберіть цю кислоту.



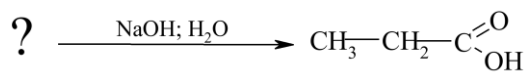
3. Реакція добування бензойної кислоти з толуолу перебігає за схемою:



Умови протікання даної реакції:

- а) Нагрівання з сульфатною кислотою
- б) Дія пероксиді гідрогену при кімнатній температурі
- в) Кип'ятіння на повітрі
- г) Окислення калій перманганатом

4. Пропіонову кислоту добувають гідролізом в лужному середовищі за схемою:



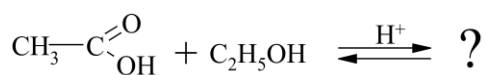
Яку треба взяти вихідну речовину для цієї реакції?

- а)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHCl}_2$  б)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{NH}_2$  в)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$
- г)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CCl}_3$

5. Реакція приєднання бромоводню до карбонової кислоти протікає проти правила Марковникова. Виберіть цю реакцію.

- а)  $\text{CH}_2=\text{CH—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{HBr} \rightarrow ?$
- б)  $\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{HBr} \rightarrow ?$
- в)  $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{—CH}_2\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{HBr} \rightarrow ?$
- г)  $\text{CH}\equiv\text{C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{HBr} \rightarrow ?$

6. Мурашина кислота вступає в реакцію з етиловим спиртом за схемою:



Який клас сполук утворюється при цьому?

- а) Нітрил
- б) Ангідрид
- в) Амід
- г) Естер

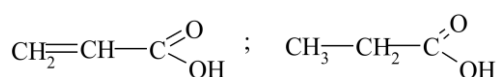
7. В двох склянках знаходяться мурашина та оцтова кислоти.



За допомогою якого реагенту можна ідентифікувати ці кислоти.

- а) NaOH
- б)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- в) бромною водою
- г)  $\text{NaHCO}_3$

8. В двох склянках знаходяться пропенова та пропанова кислоти.



За допомогою якого реагенту можна ідентифікувати ці кислоти.

- а) аммічний розчин оксиду срібла
- б) купрум (II) гідроксид
- в) калій гідросульфат
- г) бромна вода

9. Вкажіть функціональну групу карбонових кислот:

- а) –COH    б) –OH    в) –COOH    г) –NO<sub>2</sub>

10. Виберіть фізичні властивості оцтової кислоти:

- а) в'язка рідина    в) нерозчинна у воді
- б) безбарвна рідина    г) має специфічний запах

11. За номенклатурою ІЮПАК до назви насиченого вуглеводню, що відповідає головному вуглецевому ланцюгу, включаючи карбон карбоксилу, додається закінчення

- а) -ова кислота    б) -ат    в) не додається    г) свій варіант

12.  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$  це:

- а) валеріанова    в) пальмітинова
- б) оцтова кислота    г) масляна

13. Пропіонова кислота вона ж:

- а) етил оцтова    в) бутанова кислота
- б) метилоцтова кислота    г) метанова кислота

14. Виберіть ряд історичних назв:

- а) мурашина, оцтова, масляна
- б) оцтова, етил оцтова, масляна
- в) оцтова, етил оцтова, бутанова кислота
- г) метанова кислота, етил оцтова, бутанова кислота

15.  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{COOH}$  – це:

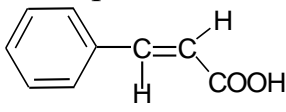
- а) акрилова (пропанова)
- б) протонова
- в) вініл оцтова
- г) олеїнова кислота

16.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  –це:

- а) корична кислота
- б) бензойна кислота
- в) арахідонова кислота
- г) ліноленова кислота

17. Уксусная кислота застосовується в:

- а) харчовій промисловості
- б) бджолярстві
- в) парфумерії
- г) хімічній промисловості

18.  -це:

- а) корична кислота
- б) акрилова (пропанова)
- в) вінілоцтова
- г) протонова

19. Монокарбоновим кислотам насиченого ряду властива ізомерія, пов'язана з:

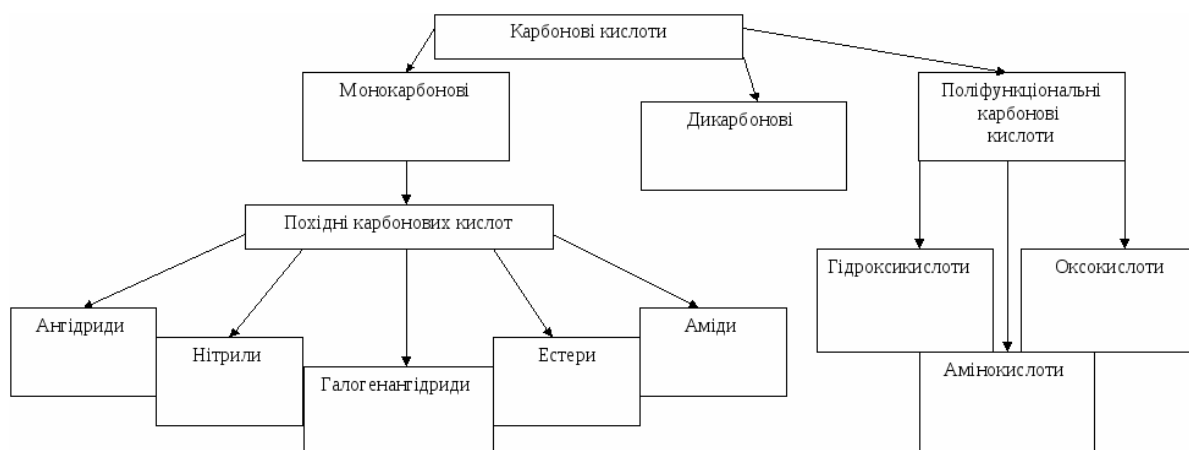
- а) стереоізомерія
- б) розгалуженням вуглецевого ланцюга
- в) конформаційна
- г) не властива

20.  $\text{H}-\text{COOH}$  та  $\text{CH}_3-\text{COOH}$   
а) гомологи    б) ізомери    в) одна і та речовина    г) свій варіант

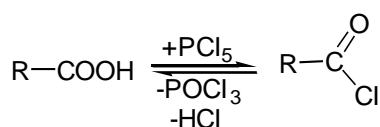
## Похідні монокарбонових кислот

**Ціль:** Вміти інтерпретувати будову похідних монокарбонових кислот, обирати способи добування, визначати хімічні властивості похідних монокарбонових кислот, проводити реакції ідентифікації.

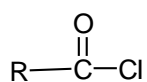
**Похідними монокарбонових кислот** Карбонові кислоти проявляють високу реакційну здатність. Вони вступають в реакції з різними речовинами і утворюють різноманітні сполуки, серед яких велике значення мають функціональні похідні, тобто з'єднання, отримані в результаті реакцій по карбоксильній групі.



**Утворення галогенангідридів та їх властивості.** Галогенангідриди утворюються внаслідок заміщення ОН-групи на атом Hal. Як реагенти використовують хлорид фосфору (V) або тіонілхлорид.



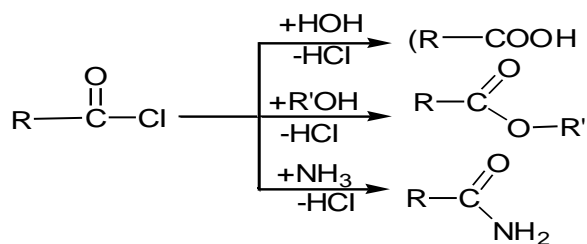
Галогенангідриди дуже реакційноздібні сполуки. Це обумовлено високою поляризацією зв'язків:



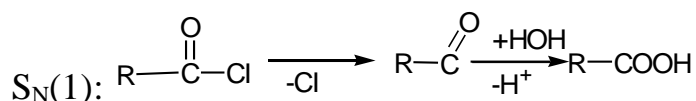
позитивний заряд на карбоні значно збільшується.

У молекулах хлорангідридів біля вуглецевого атома, сполученого з атомом галогену, знаходиться карбонільний атом кисню, який відтягує електронну густину сусідніх зв'язків на себе. В результаті на цьому вуглецевому атомі заряд  $\delta^+$  більший, ніж на атомі сполученому з атомом хлору в молекулах хлоралканів  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{Cl}$ . Відповідно полярильність зв'язку хлорангідридів значно вища, ніж у хлоралканів. Тому Cl у хлорангідридах набагато реакційноздатніший і легко заміщується різними нуклеофільними реагентами. Високу активність виявляють і інші атоми галогенів. Галогенангідриди застосовують для синтезу інших похідних кислот.

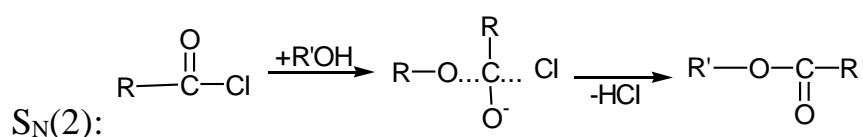
Галогенангідриди легко гідролізуються:



Заміщення  $\text{NaI}$  відбувається за нуклеофільним механізмом ( $\text{S}_\text{N}$ -реакції). Ці реакції можуть відбуватися за декількома механізмами:  $\text{S}_\text{N}(1)$  та  $\text{S}_\text{N}(2)$ .



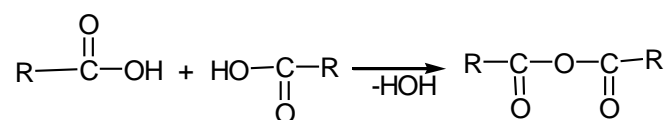
реакція залежить від концентрації хлорангідриду.



перехідний стан стабілізується.

Ця реакція залежить від концентрації хлориду та нуклеофілу.

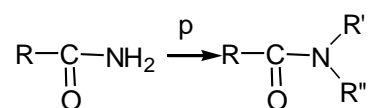
Ангідриди кислот та їх властивості. Ангідриди кислот утворюються внаслідок відщеплення молекули води 2-х молекул кислоти за рахунок гідроксилів їх карбоксильних груп:



або  $(\text{RCO})_2\text{O}$

Частіше отримують ангідриди при взаємодії хлорангідридів кислот з солями кислот: Ангідриди – реакційноздатні сполуки, але дещо поступляються галогенангідридам.

Аміди карбонових кислот  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}-\text{H}_2$  – це похідні карбонових кислот, у молекулах яких гідроксильна група карбоксилу замінена на групу  $-\text{NH}_2$ , яка у складі цих речовин називається амідною.

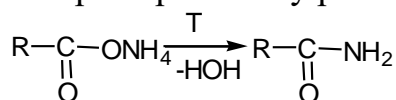


Методи добування:

- 1) взаємодія галогенангідридів і ангідридів кислот з аміаком;

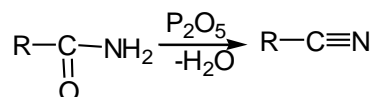


- 2) взаємодія складних ефірів з аміаком;  
 3) при термічному розкладі амонійних солей:

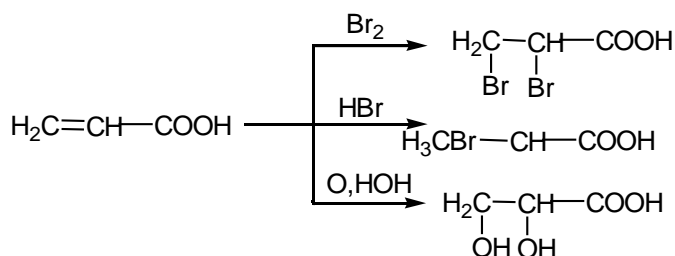


Основні властивості майже не виражені; найбільше проявляються кислотні властивості. Це пояснюється участю неподіленої пари азоту в спряженні з карбоксильною групою.

Нітрили карбонових кислот  $\text{R}-\text{C} \equiv \text{N}$  містять CN-групу.



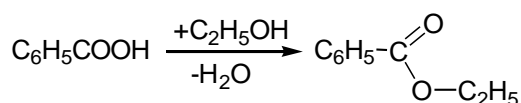
Для ненасичених монокарбонових кислот характерні реакції



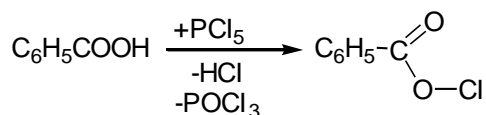
Сила ароматичних кислот залежить від природи і положення замісника в бензольному ядрі. Електронодонорні замісники, наприклад, метильна група  $\text{CH}_3$ , зменшують силу цих кислот, а електроакцепторні замісники, такі як  $\text{NO}_2$ -група, збільшують силу ароматичних кислот: а) реакції з лугами (утворюються солі):



б) взаємодія зі спиртами (утворюють складні ефіри):



в) взаємодія з  $\text{PCl}_5$  або  $\text{SOCl}_2$  (хлорангідриди):



**Висновки:** Карбонові кислоти проявляють високу реакційну здатність. Вони вступають в реакції з різними речовинами і утворюють різноманітні сполуки, серед яких велике значення мають функціональні похідні, тобто з'єднання, отримані в результаті реакцій по карбоксильної групі.

Похідні монокарбонівих кислот поділяються на: ангідриди, нітрили, галоген ангідриди, естери, амідн.

*Лабораторна робота*

### ***Похідні монокарбонівих кислот***

#### ***Дослід 1. Одержання натрієвої солі щавлевої кислоти.***

Реактиви та матеріали: мурашинокислий натрій, кришталеий -, хлорид кальцію, 0,1 розчину.

До сухої пробірки містять кілька крупинок мурашинокислого натрію та сильно нагрівають на полум'ї пальника . Плавлена сіль розкладається з виділенням водню. Вмісту пробірки дають охолонути , додають до сплаву 3-4 краплі води та злегка нагрівають до появи прозорого розчину. До іншої пробірки містять кілька крупинок мурашинокислого натрію та додають 3-4 краплі води. В обидві пробірки додають по 1 краплі розчину хлориду кальцію. У першій пробірці ( щавлевокислим натрієм ) утворюється білий осад, який не розчиняється у воді, кальцієвої солі щавлевої кислоти. У пробірці з розчином мурашинокислого натрію осаду не отримаємо, так як кальцієва сіль мурашиної кислоти розчинна у воді.

Хімізм процесу:

#### ***Дослід 2. Одержання бензойного калію.***

Реактиви та матеріали: бензойна кислота; їдке калі, 1 н розчин; соляна кислота, 1 н розчин.

До пробірки містять кілька кристалів бензойної кислоти та додають 3 краплі розчину їдкого калі. Трясуть вміст пробірки. Кристали розчиняються.

Хімізм процесу:

Бензойна кислота з основами утворює солі, її солі з лужними металами добре розчинні у воді, тому бензойна кислота розчинна у лугах. До отриманого прозорого розчину бензойнокислого калію додають 2- 3 краплі розчину соляної кислоти.

#### ***Дослід 3. Одержання оцтовоетилового ефіру.***

Реактиви та матеріали: Оцтовокислий натрій , зневоднений; етиловий спирт, сірчана кислота (  $d = 1,84 \text{ г/ см}$  ).

До сухої пробірки містять декілька порошку зневодненого оцтовокислого натрію ( висота шару повинна бути 1-1,5 мм ) та 3 краплі етилового спирту. Додають 2 краплі концентрованої сірчаної кислоти та обережно нагрівають над полум'ям пальника. Незабаром з'являється характерний запах оцтовоетилового ефіру.

Найважливіший засіб одержання складних ефірів - взаємодія карбонових кислот з спиртами ( реакція етерифікації). В якості каталізаторів звичайно застосовують концентровану сірчану кислоту.

Хімізм процесу:

#### **Дослід 4. Оксидация мурашиної кислоти.**

У пробірку помістити декілька крупинок натрій форміату , долити 3 краплі 2н розчину сульфатної кислоти і 2 краплі 0.1н розчину калій перманганату. Вміст пробірки закрити корком з Г-подібною трубкою, кінець якої опустити в розчин баритової або вапняної води. Приготовлену суміш нагріти. Що спостерігається? Написати рівняння реакції оксидации форміатної кислоти.

#### **Дослід 5. Якісні реакції на карбонові кислоти.**

В окремі три пробірки помістити кілька крупинок натрій форміату, ацетату та бензоату, долити кілька крапель води і 1-2 краплі розчину ферум (III) хлориду. Що спостерігається? Розчин ферум (III) ацетату нагріти (1-2 хвилин ) до утворення осаду у вигляді пластівців. Де змінилось забарвлення? Де використовується дана реакція? Написати рівняння реакції з ацетатною кислотою.

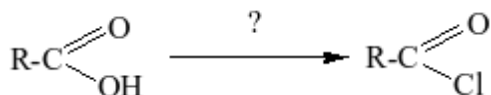
**Висновок:**

***Питання для самоконтролю:***

1. Гомологічний ряд монокарбонowych кислот, їх номенклатура.
2. Напишіть реакції утворення солей монокарбонowych кислот.
3. Напишіть реакції утворення естерів монокарбонowych кислот.
4. Напишіть рівняння реакцій утворення ангідридів з монокарбонowych кислот.
5. Напишіть реакції утворення галогенпохідних монокарбонowych кислот.
6. Напишіть рівняння реакцій утворення галоген ангідридів монокарбонowych кислот.
7. Реакції утворення амідів монокарбонowych кислот.
8. Реакції утворення нітрilів монокарбонowych кислот.
9. Де застосовують похідні монокарбонowych кислот?
10. Наведіть приклади ароматичних монокарбонowych кислот.

**Тести:**

1. Для отримання оцтового хлорангiдриду в якостi вихiдної сполуки використали оцтову кислоту. Вкажіть реагенти, які потрібні для цієї реакції.



а) HCl (t);

в) HCl (H<sub>2</sub>O);

б) Cl<sub>2</sub>;

г) PCl<sub>5</sub>

2.  $R-C \equiv N$  це:
- а)нітрил  
в)амін
- б)сульфоніл  
г)амід
3. До похідних монокарбонкових кислот відносяться:
- а)естери  
г)амінокислоти
- б)гідроксикислоти
- в)нітрили
4. Галогенангідриди застосовують для
- а)синтезу інших похідних кислот  
застосовуються  
г)не має вірної відповіді
- б)не  
в)свій варіант
5. Амід карбонкових кислот – це похідні карбонкових кислот, у молекулах яких гідроксильна група карбоксилу замінена на групу
- а)-SH  
г)-ОН
- б)-NH<sub>2</sub>
- в)-NO<sub>2</sub>
6. Сила ароматичних кислот залежить від природи і положення а)замісника в бензольному ядрі
- в)лише -NH<sub>2</sub>  
ОН
- б)лише -NO<sub>2</sub>
- г)лише -
7. Частіше отримують ангідриди при взаємодії хлорангідридів кислот
- а)з солями кислот  
г)іншим шляхом
- б)з кислотами
- в)з основами
8. До методів добування амідів відносять:
- а)взаємодію галогенангідридів і ангідридів кислот з аміаком;  
б)взаємодія складних ефірів з аміаком  
в)при термічному розкладі амонійних солей  
г)три попередні варіанти вірні
9. Для ненасичених монокарбонкових кислот характерні реакції:
- б)з HBr  
варіанти вірні
- а)з Br<sub>2</sub>  
г)всі
- в)з O,HOH
10. В результаті реакції монокарбонкових кислот з лугами утворюються:
- а)солі  
б)основи  
в)естери  
г)аміди

## Тема 2 Дикарбонові кислоти

**Мета:** Засвоїти будову, номенклатуру, ізомерію, класифікацію, методи добування, хімічні властивості та практичне значення дикарбонових кислот і їх функціональних похідних. Навчитися лабораторними методами одержувати дикарбонові кислоти, їх функціональні похідні.

### 1. Будова, номенклатура, ізомерія.

Дикарбонові кислоти відносяться до класу похідних вуглеводнів, до складу яких входять дві карбоксильні групи. Завдяки цьому дикарбонові кислоти вступають в ті ж самі реакції що і монокарбонові. Але завдяки наявності двох карбоксильних груп вони мають специфічні властивості, що залежать від взаємного розташування цих груп. Загальна формула:  $\text{HOOC-R-COOH}$ . За систематичною номенклатурою ІЮПАК назви дикарбонових кислот утворюють від назви насичених вуглеводнів, додаючи закінчення –діоєвакислота..[3]

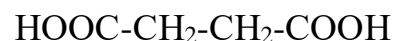
Найпоширеніші представники насичених карбонових кислот:



щавлева  
етандіова



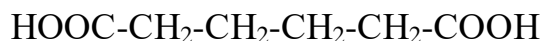
малонова  
пропандіова



янтарно-  
бутандіова

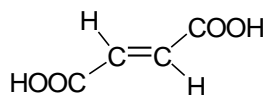


глутарова  
петандіова

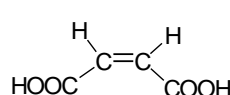


адипінова  
гександіова

Представники ненасичених карбонових кислот:



фумарова



малеїнова

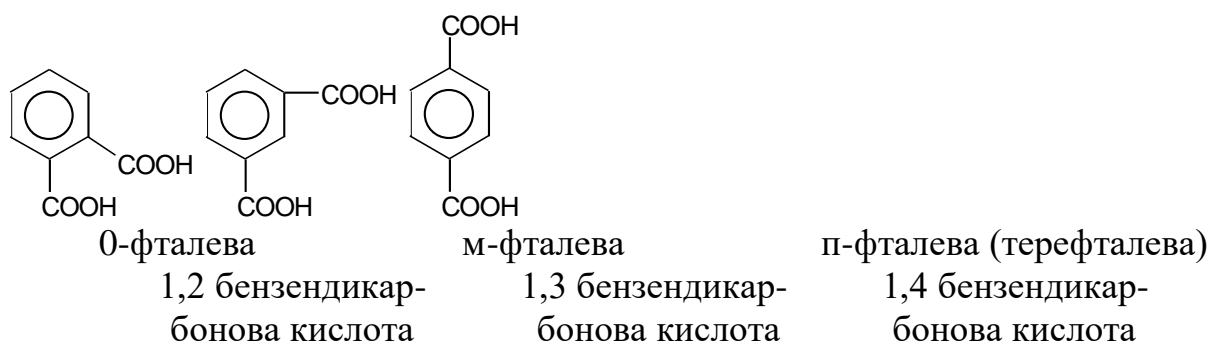
транс-ізомер

цис-ізомер

Вони мають однакову структурну формулу  $\text{HOOC-CH=CH-COOH}$ , але різну просторову конфігурацію.

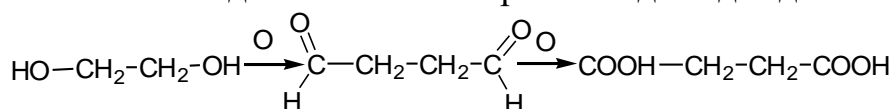
Рухливість атому гідрогену в малоновій кислоті та її похідному малоновомуєстері знайшла використання в органічному синтезі карбонових кислот та кетонів.[2]

Найважливішими представниками ароматичних дикарбонових кислот є фталеві кислоти:

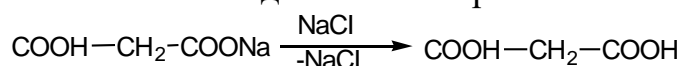


## 2. Методи одержання

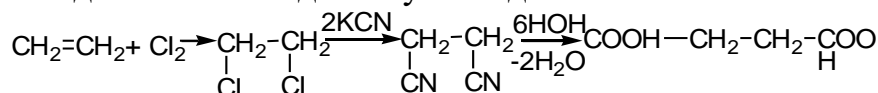
1. Окислення двоатомних спиртів або діальдегідів:



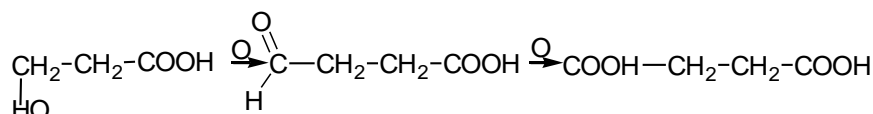
2. З галогенпохідних моно карбонових кислот:



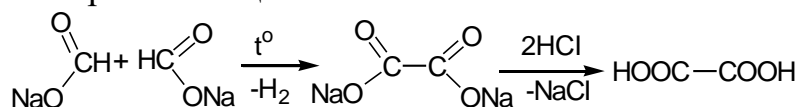
3. З дигалогенпохідних вуглеводнів:



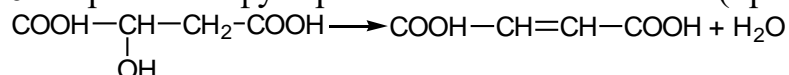
4. Окислення оксикислот:



5. Отримання щавлевої кислоти:



6. Отримання фумарової і малеїнової кислот(при нагріванні яблучної кислоти):



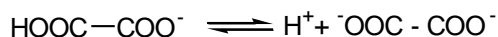
Якщо повільно нагрівати, то отримують фумарову кислоту, а при більш сильнішому нагріванні і отримують малеїнову кислоту.

Фталеві кислоти отримують окисленням диалкілбензолів і нафталіну.[9],[10]

## 3. Хімічні властивості

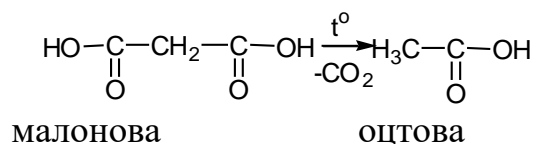
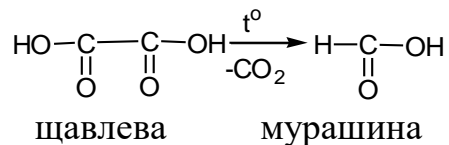
Для дикарбонових кислот властиві ті ж хімічні властивості, що і для монокарбонових кислот. Різниця у тому, що у реакціях можуть приймати участь як одна, так і дві карбоксильні групи. Тому дикарбонові кислоти долають два ряди солей і два ряди функцій них похідних кислот: повні і неповні галогенангідриди, складні ефіри, амідн. Наприклад:  $\text{HOOC}-\text{COONa}$  – кислий щавлевокислий Na (кисла сіль),  $\text{NaOOC}-\text{COONa}$  – щавлевокислий Na (середня сіль).[1]

1. У водних розчинах двоосновної кислоти підлягають східцевій дисоціації.



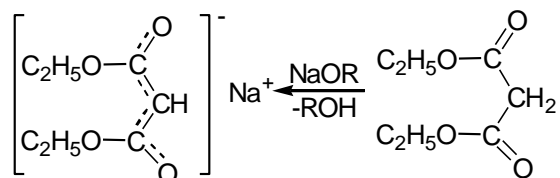
Сила двохосновних кислот залежить від взаємного розміщення карбоксильних груп в вуглецевому ланцюжку: чим вони більш віддалені один від одного, тим кислота слабша. Тому щавлева кислота є найбільш сильнішою двохосновною кислотою.

## 2. Декарбоксілування:

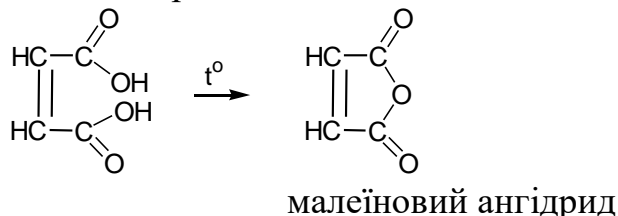


Здібність янтарної і глутарової кислот і нездібність щавлевої і малонової кислот давати циклічні ангідриди легко пояснюється. Валентний кут між атомами вуглецю рівняється  $109^\circ 28'$ , тому вуглецевий ланцюжок з 4 і 5 атомів може бути зігнутим, тому що кінці молекул близько підходять один до одного, і якщо на кінцях знаходяться дві карбоксильні групи, то при такому близькому раз положенні вони відщеплюють воду, замикають цикл. При цьому утворюються стійкі п'яти- або шестичленні цикли. А молекули з двох і трьох атомів вуглецю не можуть так зігнутися, щоб дві карбоксильні групи опинилися близько одна біля одної.[4],[5]

3. Реакції заміщення. В ефірах малонової кислоти атоми водню здібні заміщуватися атомами лужних металів. Наприклад: із діетилового ефіру малонової кислоти при дії натрію або алкоголяту натрію легко утворюється натріймалоновий ефір:



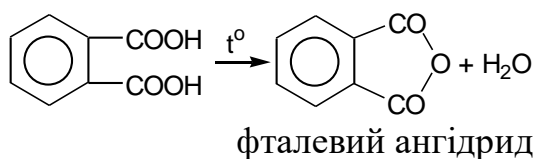
## 3. Утворення ангідридів:



У малеїнової кислоти карбонільні групи знаходяться з однієї сторони подвійного зв'язку, тому вони зближені у просторі і можлива їх взаємодія. У фумарової кислоти карбонільні групи знаходяться по різні боки від подвійного зв'язку і настільки відділені один від одного, що їх взаємодія неможлива, тому фумарова кислота ангідридів не утворює.



Аналогічно утворює ангідрид і о-фталева кислота:



м-фталева і п-фталева кислоти не утворюють внутрішньомолекулярних ангідридів.[7]

#### 4. Фізичні властивості

Всі дикарбонові кислоти – тверді речовини, розчинні у воді. Зі збільшенням молекулярної маси розчинність їх у воді зменшується. Карбоксильні групи характерним чином впливають один на одного в залежності від їх взаємного розташування. Ця залежність проявляється, насамперед, у різному ставленні дикарбонових кислот до нагрівання. Щавлева і малінова кислоти розкладаються відповідно при 200 і 150 про С, отщепляючи діоксид вуглецю. Янтарна, глутарова, адипінова, малеїнова і фталева кислоти при нагріванні легко перетворюються у внутрішні ангідриди. Ароматичні фталеві кислоти погано розчинні у воді, особливо терефталева.[6],[8]

### III. Лабораторна робота

#### ДОСЛІД 1. ОДЕРЖАННЯ НАТРІЙ ОКСАЛАТУ.

Реактиви: натрій формиат, 5 %-й розчин кальцій хлориду.

Методика виконання: У пробірку з газовідвідною трубкою вміщують 1 г натрій формиату та нагрівають. Через 3-4 хв починає виділятися газ, який виявляють підпалюванням.

*Напишіть рівняння реакції:*

Сухий залишок у пробірці після охолодження розчиняють в 3-4 мл дистильованої води та додають 3-5 крапель 5 %-ого розчину кальцій хлориду. Випадає осад кальцій оксалату.

*Напишіть рівняння реакції:*

#### ДОСЛІД 2. РОЗКЛАДАННЯ ОКСАЛАТНОЇ (ЕТАНДОВОЇ) КИСЛОТИ ПРИ НАГРІВАННІ (РЕАКЦІЯ ДЕКАРБОКСИЛУВАННЯ)

Реактиви: щавельна кислота, концентрована нітратна кислота, баритова вода.

Методика виконання: У суху пробірку вміщують 1 г оксалатної (щавлевої) кислоти та додають 1-2 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою, закріплюють ледь похило в штативі.

Кінець газовідвідної трубки занурюють у пробірку з баритовою (або вапняною) водою. Пробірку з оксалатною кислотою обережно нагрівають до рівномірного кипіння.

Оксалатна кислота розкладається до вуглекислого газу і мурашиної кислоти.

***Напишіть рівняння реакції:***

При подальшому нагріванні розкладається мурашина кислота до чадного газу і води.

***Напишіть рівняння реакції***

### **ДОСЛІД 3. ОКИСНЕННЯ ОКСАЛАТНОЇ КИСЛОТИ**

Реактиви: Кристали оксалатної кислоти, розчин калій манганату(VII), 10 %-й розчин сульфатної кислоти, вапняна (баритова) вода.

Методика виконання: У пробірку з газовідвідною трубкою вносять кілька кристаликів оксалатної кислоти, додають 2-3 краплі розчину калій манганату(VII) та 1-2 краплі 10 %-ого розчину сульфатної кислоти.

Кінець газовідвідної трубки занурюють у пробірку з вапняною (баритовою) водою. Суміш нагрівають,

***Що спостерігають?***

Оксалатна кислота окиснюється до вуглекислого газу. Перебігає окисно-відновна реакція.

***Напишіть цю реакцію:***

***Що утворюється у пробірці з вапняною водою?***

### **ДОСЛІД 4. ВЗАЄМОДІЯ ОКСАЛАТНОЇ КИСЛОТИ З ЛУГОМ**

Реактиви: Розчин їдкого натру, фенолфталеїн, 5 %-й розчин щавлевої кислоти.

Методика виконання: У пробірку наливають 3-5 крапель розчину їдкого натру та 3-5 крапель фенолфталеїну. ***Що спостерігається?***

Потім до пробірки додають 1 мл 5 %-ого розчину щавлевої кислоти.

***Що спостерігають?***

***Напишіть рівняння реакції:***

### **ДОСЛІД 5. ОДЕРЖАННЯ АНГІДРИДУ БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ**

Реактиви: бурштинова кислота, холодна вода.

Методика виконання: Суху пробірку з 0,2-0,3 г бурштинової кислоти обгортають у середній ділянці шматочком фільтрувального паперу, змоченого холодною водою.

Пробірку закріплюють у штативі горизонтально і обережно нагрівають.

***Що спостерігають? Напишіть рівняння реакції:***

## **Висновки**

### **Питання для самоконтролю**

1. Що таке карбонові кислоти? Яка їх загальна формула?

Відповідь:

2. На які класи поділяють карбонові кислоти? Превидіть приклади.

Відповідь:

3. Які методи одержання дикарбонових кислот вам відомі?

Відповідь:

4. При окисненні яких сполук отримують фталеві кислоти?

Відповідь:

5. Від чого залежить сила двохосновних кислот? Яка двохосновна кислота є найбільш сильнішою?

Відповідь:

6. Поясніть здібність янтарної і глутарової кислот і нездібність щавлевої і малонової кислот давати циклічні ангідриди.

Відповідь:

7. Напишіть реакцію заміщення, яка характерна для дикарбонових кислот.

Відповідь:

8. Чи правда, що всі дикарбонові кислоти тверді речовини?

Відповідь:

9. Напишіть формули всіх фталевих кислот.

Відповідь:

10. Порівняйте тавлення до нагрівання щавлевої, малоновой, бурштинової, глутаровой і адипиновой кислот. Напишіть відповідні реакції і назвіть які утворюються продукти.

Відповідь:

**Тести:**

1. Яка загальна формула дикарбонових кислот:

а)  $\text{HO-R-OH}$ ; б)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ; в)  $\text{HOOC-R-COOH}$ ; г)  $\text{RCOOH}$ .

Відповідь:

2. Щавлева кислота, це

а) насичена кислота; б) ненасичена кислота;  
в) ароматична кислота; г) аліфатична кислота.

Відповідь:

3. Яка температура плавлення фумарової кислоти:

а)  $98^\circ\text{C}$ ; б)  $102^\circ\text{C}$ ; в)  $203^\circ\text{C}$ ; г)  $288^\circ\text{C}$ .

Відповідь:

4. Яка температура плавлення малеїнової кислоти:

а)  $93^\circ\text{C}$ ; б)  $130^\circ\text{C}$ ; в)  $206^\circ\text{C}$ ; г)  $288^\circ\text{C}$ .

Відповідь:

5. При нагріванні якої кислоти, отримують щавлеву кислоту:

а) мурашиної; б) оцтової; в) винної; г) динатрівої.

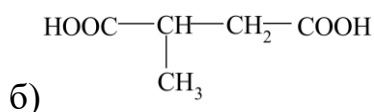
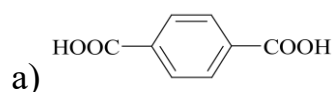
Відповідь:

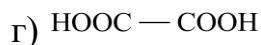
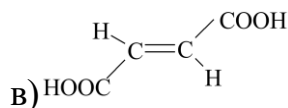
6. Яка кислота є дикарбоною:

а) Мурашина; б) Акрилова; в) Бензойна; г) Малонова.

Відповідь:

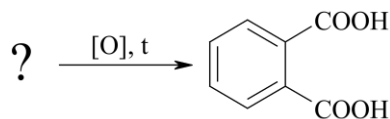
7. Яка кислота проявляє оптичну активність:



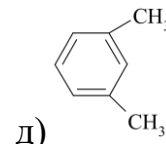
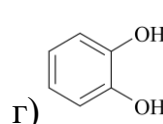
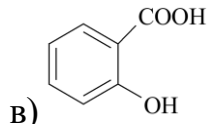
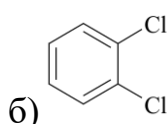
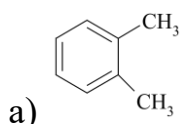


Відповідь:

8. В результаті окислення невідомої сполуки утворюється фталева кислота за схемою.



Знайдіть цю сполуку:



Відповідь:

9. З яким, з запропонованих реагентів глутарова кислота **не вступає** в реакцію?

- а)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;      б)  $\text{Br}_2, \text{H}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{KMnO}_4$ ;      г)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Відповідь:

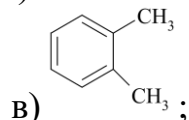
10. Назвіть цю кислоту

- а) шавлева;      б) фумарова;      в) маленова;      г) буштанова.

Відповідь:

11. Яка із наведених структурних формул відповідає шавлевій кислоті:

- а)  $\text{HOOC}-\text{COOH}$ ;      б)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ;



- г)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .

Відповідь:

12. Яка із наведених структурних формул відповідає янтарно-бутандіонової кислоті:

- а)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ;      б)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
в)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ;      г)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .

Відповідь:

13. Назвіть цю кислоту :

- а) 0-фталева      б) м-фталева      в) п-фталева      г) терефталева

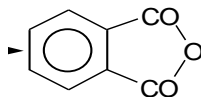
Відповідь:



- а) фумарова;                      б) малеїнова;                      в) трималева;                      г) оцтова.

Відповідь:

15. Назвіть цю сполуку



- а) фталевий ангідрид;    б) малеїновий ангідрид;    в) щавлевий ангідрид;    г) оцтовий ангідрид.

Відповідь:

16. Яка із наведених структурних формул відповідає глутаровій кислоті:

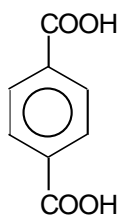
- а)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ;    б)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$   
в)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ;                      г)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$ .

Відповідь:

17. Яка із кислот є гександіоною 1,6:

- а)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ;    б)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$   
в)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ;                      г)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$ .

Відповідь:



18. Назвіть цю кислоту

- а) 1,2-бензендикарбонова;                      б) 1,3-бензендикарбонова;  
в) 1,4-бензендикарбонова;    г) 1,6-бензендикарбонова;

Відповідь:

19. Назвіть цю кислоту  $\text{HOOC-CH=CH-COOH}$

- а) 1,4 бутанова;                      б) 1,4 бутандієнова;

в) 1,1-бунандіонова;

г) 1,4-бутандіонова.

Відповідь:

**20.** При взаємодії з розчином  $\text{FeCl}_3$ , яка кислота утворює осад рожево-жовтого кольору:

а) Фумарова;      б)Щавлева;      в)Бензойна;      г) Мурашина.

Відповідь:

Висновки:



### Тема 3 «Оксикислоти та оксокислоти»

#### Оксикислоти

**Ціль:** ознайомитися з оксикислотами. Засвоїти будову, номенклатуру, ізомерію, класифікацію, методи добування, практичне значення оксикислот. Розглянути якісні реакції, навчитися лабораторними методами одержувати оксикислоти. визначення. Розглянути ізомерію, фізичні та хімічні властивості оксикислот як речовин зі змішаними функціями. Особливост  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -оксикислот. Оптичну активність органічних сполук. Експериментально довести будову (наявність функціональних груп) та властивості гетеро функціональних сполук - оксикислот.

#### Теоретичні відомості :

##### Будова.

Оксикарбонові кислоти (оксикислоти), або спиртокислоти, - це органічні сполуки, молекули яких містять одночасно карбоксильну і гідроксильну групи. Отже, оксикислоти є біфункціональними органічними сполуками. Кількість функціональних груп в оксикислотах може бути різна: одна гідроксильна і одна карбоксильна, дві гідроксильні і одна карбоксильна, дві гідроксильні і дві карбоксильні. Залежно від взаємного розташування груп OH та COOH розрізняють  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -O. Кількість груп COOH визначає основність оксикислот, а число груп OH (включаючи OH в COOH)-їх валентність. Природні оксикислоти містять один або декілька асиметричних атомів C і існують у вигляді оптичних ізомерів.

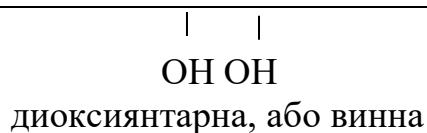
Оксикислоти можна розглядати як гідроксильні похідні відповідних органічних кислот.

До насичених карбонових кислот відносять:

$\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ оцтова	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ оксиоцтова, або гліколева	
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ пропіонова	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ $\alpha$ -оксипропіонова (молочна) кислота	$\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ $\beta$ -оксипропіонова

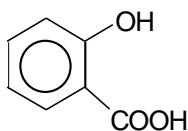
Двохосновні:

$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ янтарна	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ оксиянтарна, або яблучна
	$\text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH}$



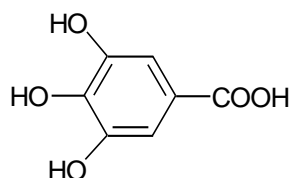
Гомологічний ряд оксикислот починається з оксимурашиної кислоти HO-COOH, яка називається вугільною. Ця кислота нестійка і легко розкладається на CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O.

### Ароматичні оксикислоти:



саліцилова, оксигідроксобензойна

1,2-оксибензенкарбонова кислота.



галова кислота (використовується в дубильних речовинах).

Оксикислоти класифікують за основністю і за атомністю. Кількість карбоксильних груп вказує на основність кислоти, а кількість гідроксильних груп, враховуючи і гідроксил карбоксилу – на її атомність.

### Номенклатура.

Для оксикислот використовують переважно історичні назви, які походять від назв природних джерел знаходження цих оксикислот. Так, α-оксипропіонова кислота вперше була знайдена в кислому молоці і тому її називають молочною кислотою; оксиянтарна кислота вперше знайдена в яблуках і її називають яблучною; диоксиянтарна кислота міститься у винограді і тому її називають виноградною.

Часто оксикислоти називають за назвою відповідних карбонових кислот, позначаючи грецькими буквами положення спиртової групи в молекулі відносно карбоксилу, наприклад: α-оксипропіонова, β-оксипропіонова.

За систематичною номенклатурою назву оксикислоти утворюють з назви відповідної карбонової кислоти, перед якою ставлять префікс *окси-* (*гідрокси-*), що вказує на наявність OH-групи в молекулах цих кислот. Місце положення гідроксильної групи в ланцюгу вказують номером вуглецевого атома, з яким вона сполучена (наприклад, 2-оксипропанова кислота).

### Ізомерія.

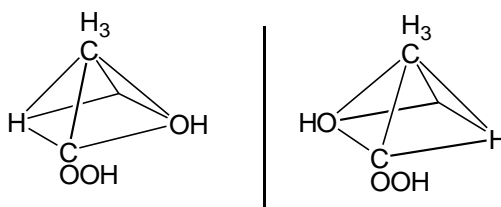
В ряду оксикислот залежить від структури вуглецевого ланцюга і положення спиртового гідроксилу. Наступний гомолог ряду оксикислот існує у вигляді двох ізомерів -  $\alpha$ -оксипропіонової і  $\beta$ -оксипропіонової кислот, які відрізняються положенням спиртового гідроксилу. Одноосновна оксикислота з 4-ма вуглецевими атомами може існувати у вигляді 5-ти структурних ізомерів:

$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{-C-CH}_2\text{-CH-COOH} \\   \\ \text{OH} \\ \text{2-оксибутанова, або} \\ \alpha\text{-оксимасляна кислота} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{-C-CH-CH}_2\text{-COOH} \\   \\ \text{OH} \\ \text{3-оксибутанова, або} \\ \beta\text{-оксимасляна кислота} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH} \\   \\ \text{OH} \\ \text{4-оксибутанова, або} \\ \gamma\text{-оксимасляна кислота} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C-CH-COOH} \\   \quad   \\ \text{HO CH}_3 \\ \text{2-метил-3-оксипропанова} \\ \text{кислота} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C-C-COOH} \\   \\ \text{OH} \\ \text{2-метил-2-оксипропанова} \\ \text{кислота} \end{array}$	

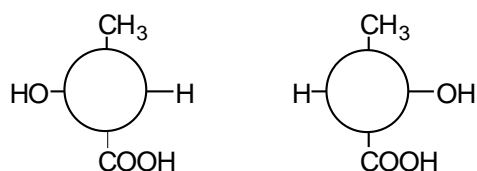
Перші 3 з наведених оксикислот є ізомерами, які відрізняються положенням спиртового гідроксилу, ізомерія останніх зумовлена ще й розгалуженням вуглецевого ланцюга. Крім того, оксикислоти, молекули яких містять асиметричні атоми вуглецю існують ще у вигляді оптичних ізомерів.

Дзеркальне відображення моделей молекул

(+)- і (-)- молочних кислот:



Зображення за Ньюменом:



### Фізичні властивості.

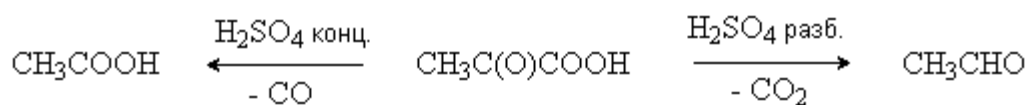
Одноосновні оксикислоти з невеликою молекулярною масою – це густі сироподібні рідини, або тверді речовини. Двохосновні оксикислоти – кристалічні речовини. Оксикислоти краще розчиняються у воді, ніж відповідні їм карбонові кислоти, але обмежено розчиняються в ефірі та інших органічних розчинниках. Мають значно вищі температури плавлення і кипіння, ніж карбонові кислоти з такою самою кількістю вуглецевих атомів. Багато оксикислот виявляють оптичну активність.

№	Назва кислоти	Агрегатний стан	$t_{пл}, C^0$	$pK_a$ $25^{0C}$	Відносна щільність $d_4^{20}$
1	Молочна	Тверде	18	3,86	1,209
2	Саліцилова	Тверде	159	2,70	1,440
3	Яблунева	Тверде	100	3,46	1,349
4	Винна	Тверде	170	3,03	1,760
5	Лимонна	тверде	153	-	1,542

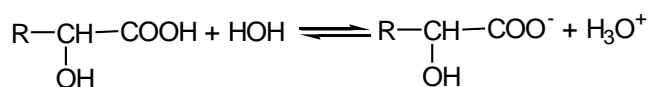
### Хімічні властивості.

Оксикислоти вступають в реакції, характерні для карбоксильної і карбонільної груп. Відмінна риса оксикислот - легкість, з якою протікає їх декарбоксилювання.

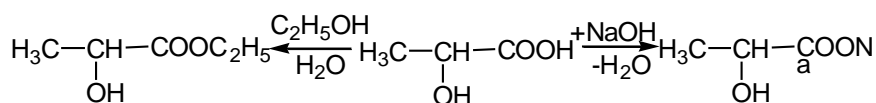
$\alpha$ -оксикислоти легко відщеплюють  $CO_2$  і  $CO$  при нагріванні в присутності сірчаної кислоти.



Оксикислоти містять дві функціональні групи і їх хімічні властивості визначаються наявністю як карбоксильної, так і гідроксильної груп. Тому оксикислоти одночасно виявляють властивості і карбонових кислот і спиртів. При чому карбоксильна і гідроксильна групи, можуть брати участь у хімічних реакціях окремо, незалежно одна від одної, або обидві разом. Так, оксикислоти, як і карбонові кислоти, у водних розчинах дисоціюють:



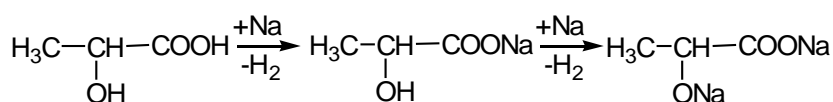
Оксикислоти, подібно до карбонових кислот утворюють солі, складні ефіри, амідни:



Етиловий ефір молочної кислоти

Лактат натрію

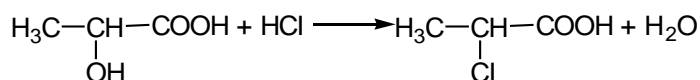
Оксикислоти, вступаючи в реакції, як спирти утворюють алкоголяти, прості ефіри, заміщують гідроксил на галоген. Так, при взаємодії оксикислот з лужними металами, лугами спочатку утворюються солі цих кислот, які далі реагують з цими ж речовинами і дають алкоголяти:



сіль молочної кислоти

алкоголят молочної кислоти

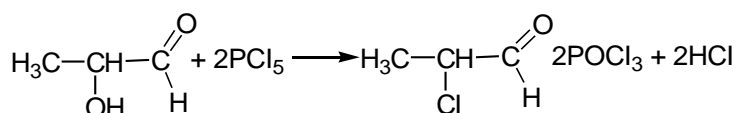
При дії на оксикислоти галоген оводнів спиртовий гідроксил їх молекул заміщується на галоген і утворюються відповідні галогенокислоти:



$\alpha$ -оксипропіонова кислота

$\alpha$ -хлорпропіонова кислота

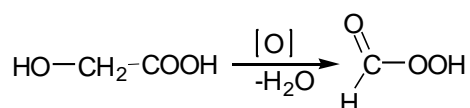
$\text{PCl}_5$  заміщує на галоген одночасно як спиртовий гідроксил, так і гідроксил карбоксилу:



$\alpha$ -оксипропіонова кислота

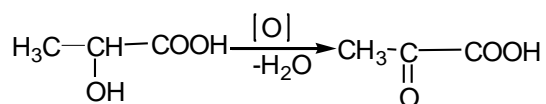
хлорангідрид  $\alpha$ -хлорпропіонової кислоти

Оксикислоти, подібно до спиртів, можуть окислюватись. Оксикислоти, що містять первинну  $\text{OH}$ -групу, при окисленні перетворюються на альдегідокислоти, а оксикислоти з вторинною  $\text{OH}$ -групою – на кетокислоти:



гліколева кислота

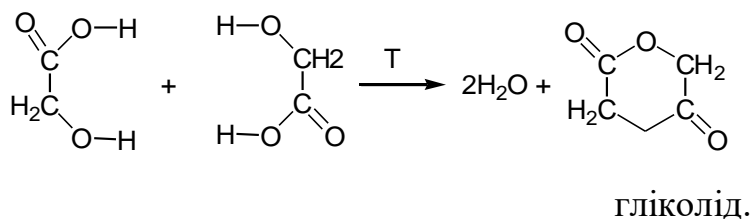
гліоксалева кислота



Молочна кислота

Піровиноградна кислота

$\alpha$ -оксикислоти при нагріванні відщеплюють воду міжмолекулярно за рахунок гідроксилу карбоксильної групи однієї молекули оксикислоти і атома водню спиртової групи другої молекули оксикислоти. Продуктами такої дегідратації є циклічні міжмолекулярні складні ефіри, які називають лактидами:



### Лабораторна робота по темі оксикислоти

#### Дослід 1. Якісна реакція $\alpha$ - оксикислот з хлоридом заліза .

Реактиви та матеріали: хлорид заліза (111), 0,1 н розчин; фенол, водний розчин; молочна кислота, оцтова кислота , концентрована.

У 2 пробірки вводять по 2 краплі розчину хлориду заліза та додають по 2 краплі розчину фенолу. Розчини забарвлюються у фіолетовий колір. До однієї з пробірок додають 2 краплі молочної кислоти, а до іншої - стільки ж крапель оцтової кислоти.

У пробірці з молочною кислотою з являється зеленувато - жовте забарвлення, у пробірці з оцтовою кислотою колір розчину не змінюється.

$\alpha$ - оксикислоти витісняють фенол з комплексного феноляту і фіолетове забарвлення розчину переходить в жовте. У присутності молочної кислоти фіолетовий колір залізного комплексу змінюється на зеленувато - жовтий у наслідок утворення лактату заліза

( молочнокислого заліза).

Напишіть реакцію:

Ця реакція викликає великий інтерес та використовується у клінічній практиці для визначення молочної кислоти (як патологічного продукту) у шлунковому соку.

### Дослід 2. Відкриття молочної кислоти у молочній сироватці.

Реактиви та матеріали: кисла сироватка (від кислого молока або сиру); хлорид заліза (111), 0,1 н розчин; фенол, 5% розчин.

До пробірки містять краплю розчину хлориду заліза та додають 1-2 краплі розчину фенолу до виникнення фіолетового забарвлення. Потім додають 2 краплі сироватки. З'являється зелено - жовте забарвлення. Кисла молочна сироватка дає реакцію з хлорним залізом, т. я. вона

містить вільну молочну кислоту.

Напишіть реакцію:

### Дослід 3. Розкладення молочної кислоти сірчаною кислотою.

Реактиви та матеріали: молочна кислота; сірчана кислота, концентрована; фуксинсірчана кислота, насичений розчин.

До сухої пробірки містять 2 краплі молочної кислоти, додають 2 краплі сірчаної кислоти та нагрівають над полум'ям пальника до кипіння. Виділений газ (оксид вуглецю) підпалюють, він горить блакитним полум'ям. - оксикислоти при нагріванні з розбавленою сірчаною кислотою відщеплюють мурашину кислоту, перетворюючи у альдегід або кетон, який містить на 1 атом вуглецю менш, ніж похідна оксикислота.

Напишіть реакцію:

У присутності сірчаної кислоти замість мурашиної кислоти утворюється продукт її дегідратації - оксид вуглецю.

Напишіть реакцію:

Ця реакція служить для відкриття  $\alpha$ - оксикислот.

2. До пробірки містять 2 краплі води, краплю сірчаної кислоти та краплю молочної кислоти. Зачиняють пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опускають до пробірки, яка містить 1 мл води та 2- 3 краплі фуксинсірчаної кислоти. Суміш молочної та сірчаної кислот нагрівають до кипіння . фуксинсірчааа кислота забарвлюється у рожево - фіолетовий колір у наслідок утворення альдегіду.

#### Дослід 4. Кольорова реакція саліцилової кислоти з хлоридом заліза.

Реактиви та матеріали: саліцилова кислота, насичений розчин; хлорид заліза  $\text{FeCl}_3$  0,1 н розчин; етиловий спирт, 96% - й.

До пробірки вводять 2 краплі розчину саліцилової кислоти та додають 1 краплю розчину хлориду заліза. Розчин забарвлюється у темно-фіолетовий колір, що вказує на наявність у саліциловій кислоті фенольного гідроксила. Додають до розчину 4 краплі етилового спирту, забарвлення не зникає (на відміну від фенолу).

Напишіть реакцію:

#### Дослід 5. Доказ наявності гідроксильних груп у винній кислоті

Реактиви та матеріали: розчин виної кислоти, розчин сульфату міді, розчин сегнетової солі.

У пробірці отримаєте гідроксид міді. Додайте до отриманого блакитного осаду розчин сегнетової солі. Осад розчиняється, утворюючи яскраво-синій розчин. Складіть схему реакції утворення рідини Фелінга. Зробіть висновок про будову виної кислоти і сегнатової солі.

Напишіть реакцію:

#### **Контрольні запитання :**

1. Напишіть реакції відновлення і дегідратації яблучної кислоти.



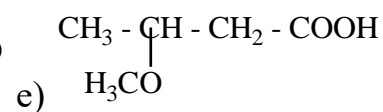
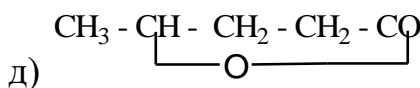
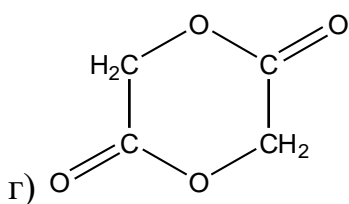
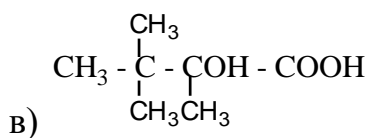
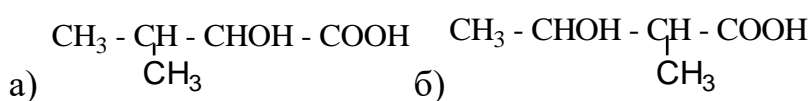
2. Якими способами з саліцилової кислоти отримують аспірин і салол?

3. Скільки просторових ізомерів має хлоряблочная кислота?

4. Напишіть рівняння реакцій взаємодії молочної кислоти з оцтової, NaOH, надлишком PCl<sub>5</sub>, надлишком метанолу.

5. На прикладі винної кислоти поясніть, що означають поняття: оптичні ізомери, дзеркальні ізомери, діастереоізомери, рацемат, мезоформ.

6. Назвіть наступні сполуки:



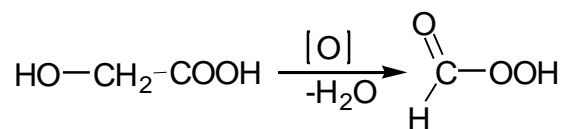
7. Напишіть рівняння реакцій взаємодії формальдегіду, ізомасляного альдегіду метилбутанолу, з синильною кислотою. Проведіть гідроліз продуктів приєднання. Назвіть одержанні сполуки.

8. Напишіть формули всіх сполук отриманих внаслідок реакції за схемою:



9. Вкажіть, які властивості виноградної кислоти підтверджують, що вона є рецемічним з'єднанням.

10. Продовжіть реакцію:



### Тести:

1. Які з наступних сполук можуть мати оптичні ізомери:

- а)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$       б)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$   
в)  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CHO}$       г)  $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CHBr} - \text{COOH}$

2. Оксигрупи в 3-оксіпропановій кислоті відносяться до:

- а) донорним замісникам      б) акцепторним замісникам  
в) донорно-акцепторним замісникам

3. Лимонна кислота:

- а) триосновна одноатомна      б) триосновна двоатомна  
в) триосновна трьохатомна      г) триосновна чотирьохатомна

4. Саліцилову кислоту отримують, використовуючи синтез:

- а) Кольбе      б) Кольбе-Шмидта  
в) Штреккера      г) Реформатського

5. При отриманні 2-оксібутанової кислоти по оксінітрільному синтезу використовується:

- а) етаналь      б) пропаналь  
в) бутаналь      г) пропанон – 2

6. При отриманні 3 - оксіпропанової кислоти з непредельної кислоти, реакція протікає:

- а) по правилу Марковникова      б) против правила Марковникова  
в) по правилу Зайцева      г) против правила Зайцева

7. При нагріванні 2-оксібутанової кислоти утворюється:

- а) лактид      б) лактон  
в) лактам      г) дикетопиперазин

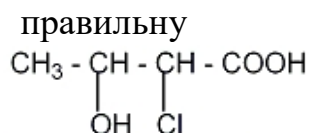
8. При взаємодії оксикислоти з аміаком реакція протікає по:

- а) групі OH                      б) групі COOH  
в) по двом групам            г) не йде ні по одній групі

9. Групу OH в саліцилової кислоті можна визначити по реакції з:

- а) з реактивом Фелінга      б) з реактивом Толленса  
в) з FeCl<sub>3</sub>                      г) з Ba(OH)<sub>2</sub>

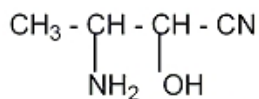
10. Дайте правильну назву сполуки з раціональної



1. 3 - окси - 2 - хлорбутанова кислота  
2. 3 - окси - 2 - хлормасляна кислота  
3. β - окси - α - хлормасляна кислота  
номенклатурі: 4. α - окси - β - хлормасляна кислота

- а) 1                      б) 2  
в) 3                      г) 4

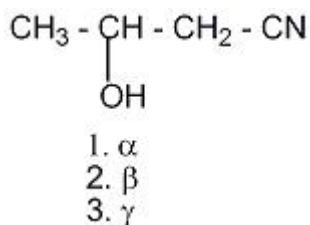
11. Дайте правильну назву сполуки за систематичною номенклатурою:



1. нітрил α - окси - β - метилмасляної кислоти  
2. кислий нітрил 2 - окси - 3 амі нобутанової кислоти  
3. ні трил 2-окси - 3 - амі нобутанової кислоти  
4. ні трил 2-амі но - 3 - оксибутанова кислота

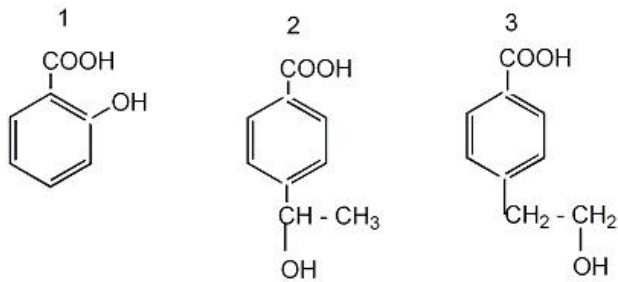
- а) 1                      б) 2  
в) 3                      г) 4

12. Дана кислота належить до:



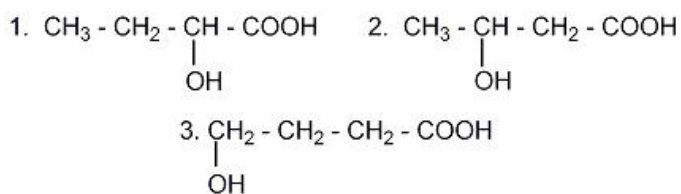
- а) 1                      б) 2                      в) 3

13. В якій з оксикислот проявляється п-р пару?



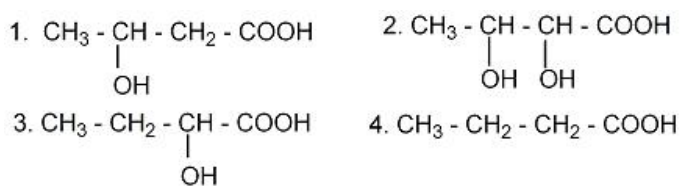
- а) 1                      б) 2                      в) 3

14. Яку з кислот отримують за способом Реформатського?



- а) 1                      б) 2                      в) 3

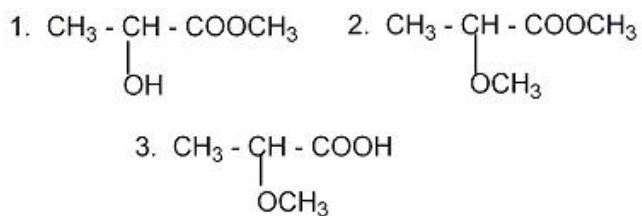
15. Розташувати кислоти спадний кислотних властивостей:



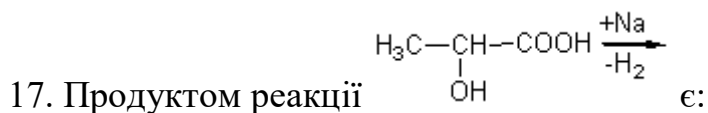
- а) 1,2,3,4                      б) 2,3,1,4

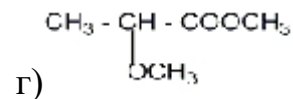
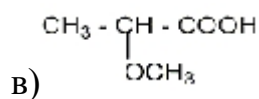
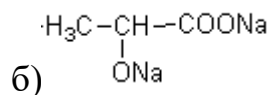
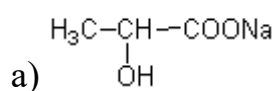
- в) 2,3,4,1                      г) 2,4,3,1

16. При алкілуванні молочної кислоти диметилсульфатом утворюється:



- а) 1                      б) 2                      в) 3





18. α-оксокислоти легко відщеплюють CO<sub>2</sub> і CO при нагріванні в присутності ...:

- а) хлорної кислоти      б) сірчаної кислоти  
в) метанолу              г) оцтового альдегіду

19. Оксикислоти це:

- а) леткі рідини                      б) густі сироподібні рідини  
в) рідкі сироподібні рідини    г) прозорі кристали

20. Яка з перелічених кислот була знайдена в кислому молоці ?

- а) α-оксипропіонова              б) саліцилова кислота  
в) вина кислота                      г) яблучна кислота

Відповіді:

1.		11.	
2.		12.	
3.		13.	
4.		14.	
5.		15.	
6.		16.	
7.		17.	
8.		18.	
9.		19.	
10.		20.	

## Альдегідо- і кетокислоти(оксокислоти)

**Ціль:** Ознайомитися з оксокислотами. Засвоїти будову, номенклатуру, ізомерію, класифікацію, методи добування, практичне значення оксокислот. Розгляну якісні реакції, навчитися лабораторними методами одержувати оксокислоти. Розглянути ізомерію, фізичні та хімічні властивості оксокислот як речовин зі змішаними функціями.

Теоретичні відомості:

### Будова. Номенклатура. Ізомерія.

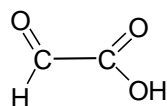
Альдегідо- і кетокислотами називають органічні сполуки у молекулах яких разом з карбоксильною групою одночасно міститься альдегідна або кетонна група. Ці речовини належать до сполук з 2-ма функціональними групами. У зв'язку з тим, що карбоксильна група називається ще оксогрупою, то альдегідо- і кетокислоти називають оксокислотами.

Назви оксокислот пов'язані переважно з методами їх добування з природних джерел. Інколи ці речовини розглядають як похідні моно карбонових кислот. Наприклад, кислоту  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  називають ацетооцтовою.

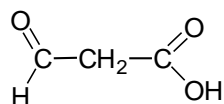
За систематичною номенклатурою назви оксокислот утворюють з назви відповідної монокарбонової кислоти. До якої додають префікс *-оксо*, і цифрою вказують положення карбонільної групи в молекулі. Так, ацетооцтова кислота за номенклатурою ІЮПАК називається 3-оксобутановою кислотою.

Залежно від положення функціональних груп в молекулах оксокислот розрізняють  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -альдегідо- і кетокислоти.

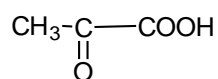
Альдегідо- і кетокислоти утворюють гомологічні ряди. Гомологічний ряд альдегідокислот починається з гліоксилової кислоти. А кетокислот – з пірвіноградної.



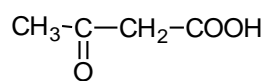
гліоксилова, альдегідооцтова, 2-оксоетанова кислота



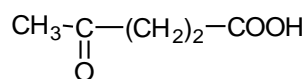
формілоцтова, 3- оксипропанова кислота



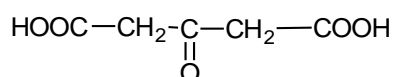
пірвіноградна, α-кетопропіонова, 2-оксипропанова



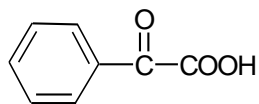
ацетооцтова, β-кетомасляна, 3-оксибутанова кислота



α-кетоглютарова



ацетондикарбонова кислота



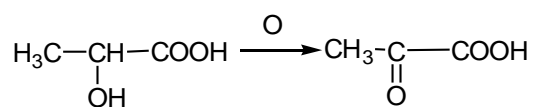
фенілглюксалова

Ізомерія:

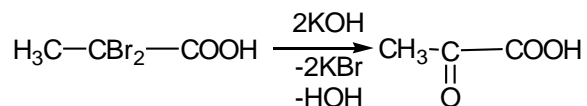
- 1) положення функції
- 2) карбонового скелету

Методи добування:

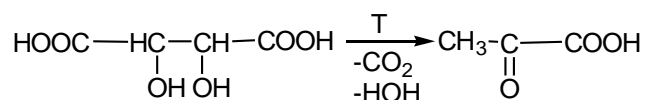
1) м'яке окислення оксикислот:



2) з гідрагалогенпохідних:

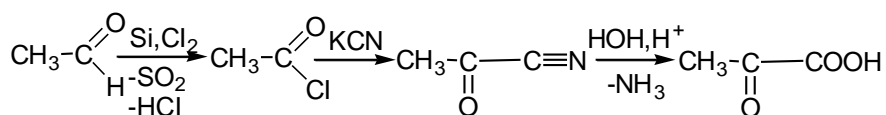


3) з пірвіноградної кислоти:



4) з карбонових кислот через галогенангідрид:

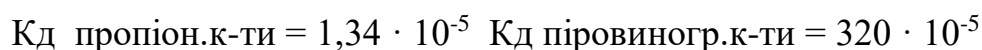
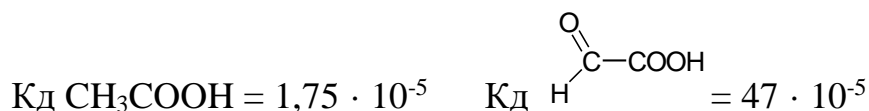




### Хімічні властивості.

В зв'язку з тим, що ці сполуки мають дві функціональні групи їм характерні реакції взаємного впливу. Також вони одночасно виявляють властивості як карбонових кислот, так і альдегідів та кетонів.

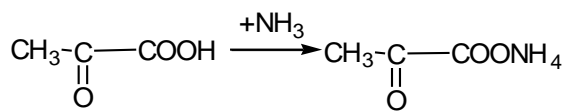
1) Як кислоти вони дисоціюють:



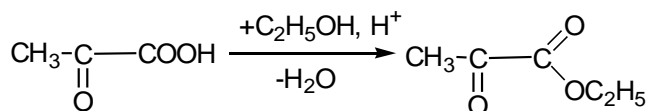
За карбоксильної групи утворюються всі похідні карбонової кислоти: естери, хлорангідриди, нітрили тощо.

2) Як альдегідо- та кетокислоти:

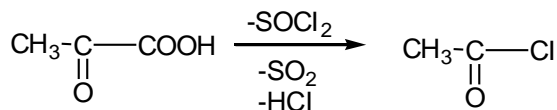
а) взаємодія з аміаком:



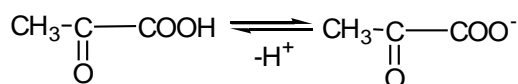
б) взаємодія з етаном:



в) взаємодія з тioxлоридом:

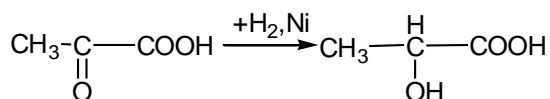


г) дисоціація:

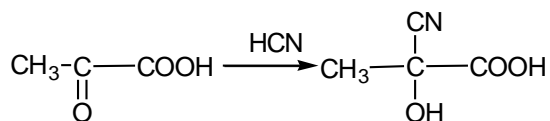


3) За оксогрупою:

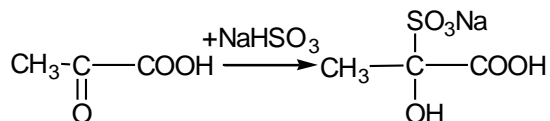
а) гідрогенізація:



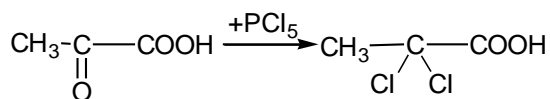
б) взаємодія з синільною кислотою:



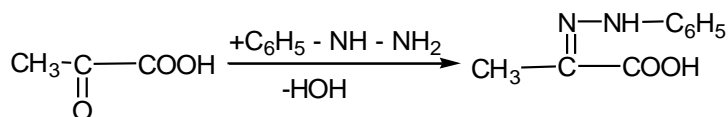
в) взаємодія з гідросульфідом натрію:



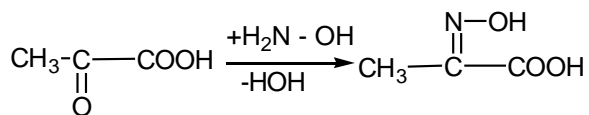
г) взаємодія з хлоридом фосфору (V):



д) взаємодія с фенілгідразином:



е) взаємодія з гідроксил аміном:



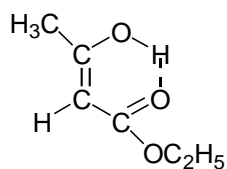
Ізомери – таутомери.

Таутомерія, при якій відбувається взаємний перехід кетонної й енольної форми називається кетоенольною таутомерією.

Кетоенольна таутомерія залежить від різних чинників:  $t^0$ , концентрації та природи розчинника.

Полярні розчинники сприяють зміщенню рівноваги в бік кетонної форми, а в неполярних розчинниках – в бік енольної форми.

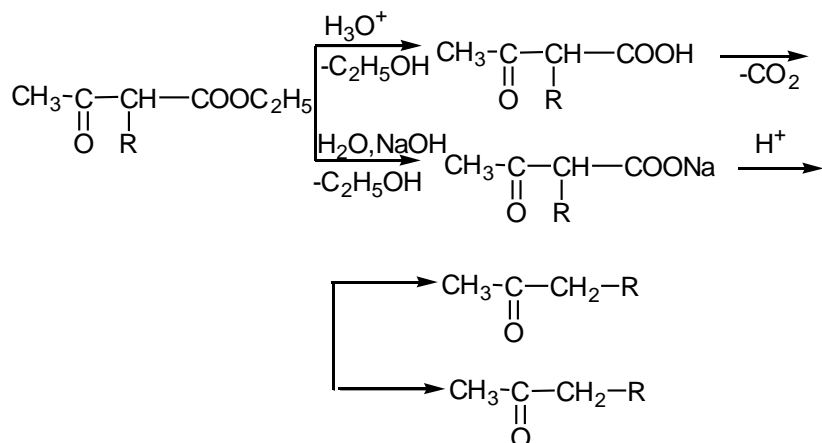
Внутрішня енергія нижча для кетонної форми. Різниця між значеннями внутрішньої енергії кетонної і енольної форм становить близько 75 кДж/моль. Тому ненасичені спирти з гідроксилом біля  $sp^2$ -гібридизованого атома вуглецю нестійкі і перегруповуються в енергетично стійкіші карбонільні сполуки (правило Ельтекова). Однак при утворенні фенолу виникає спряжена система подвійних зв'язків і внутрішньомолекулярний водневий зв'язок, які стабілізують фенольну форму:



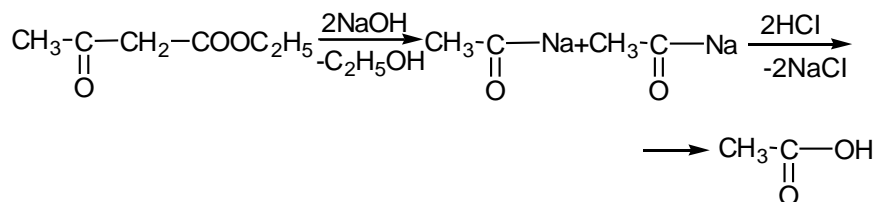
Ацетооцтовий естер розкладається під дією лугів. В залежності від умов проведення реакції ацетооцтовий естер розкладається по різному:

1) кетонне та кислотне розщеплення.

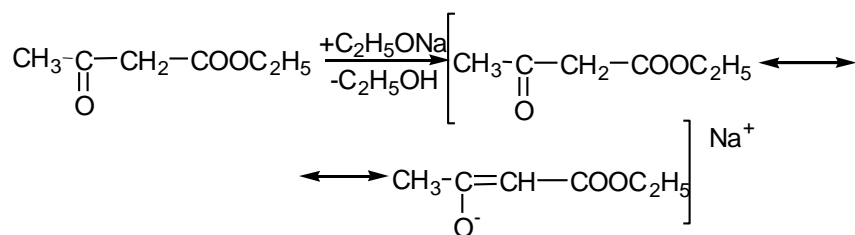
Кетонне (розбавлені розчини лугів або кислот):



Кислотне (концентровані розчини лугів):

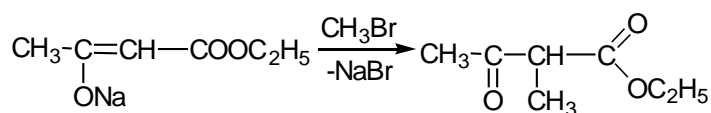


При дії натрію або алкогольятів утворюється натрій ацетооцтовий ефір:



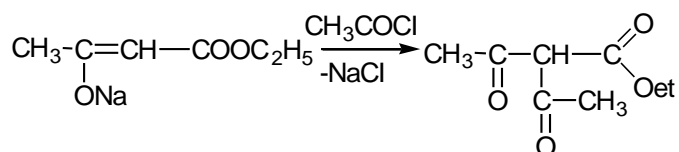
Натрійацетооцтовий естер виявляє двоїсту реакційну здатність: утворює два ряди похідних:

алкілування:



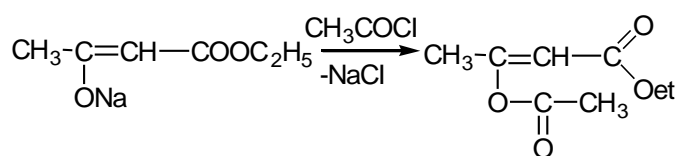
## метилацетооцтовий ефір

Якщо на натрійацетооцтовий ефір подіяти хлористим ацетилом, то реакція відбувається за  $S_N(2)$ -механізмом і в результаті утворюється С-ацетильна похідна ацетооцтового ефіру:



Етиловий ефір            -ацетил-            -кетомасляної кислоти

Якщо ж взаємодію натрійацетооцтового ефіру з хлористим ацетилом проводити за  $S_N(2)$ -механізмом з участю  $O^-$ -нуклеофільного центру амбідетного аніона:



Лабораторна робота по темі оксикислоти:

Дослід 1 . Визначення 2-оксипропанової (піровиноградної) кислоти гідросульфідним методом.

В пробірку вносять кілька крапель 1%-го розчину піровиноградної кислоти, додають 2-3 краплі 0,1 н розчину хлоридної кислоти і 8-10 крапель 1%-го розчину гідросульфіду натрію. Змішують. Через 9-10 хв. На дно пробірки випадає кристалічний осад.

Напишіть реакцію:

Метод використовують у клінічній практиці для кількісного визначення піровиноградної кислоти в різних біологічних рідинах.

## Дослід 2. Визначення 2-оксопропаноїї ( пірвіноградної) кислоти за допомогою о-оксибензальдегіду ( саліцилового альдегіду )

В суху чисту пробірку вносять 3-4 краплі 1%-го розчину пірвіноградної кислоти, потім добавляють 3-4 краплі концентрованого розчину їдкогo калі і 2-3 краплі 2%-го спиртового розчин о-оксибензальдегіду. Суміш збовтують і нагрівають. Спостерігають появу оранжево-червоного забарвлення.

Напишіть реакцію:

## Дослід 3. Кето-енольна таутомерія етил-оксобутаноату ( ацетооцтового естеру)

В пробірку наливають 3-4 мл. Води , добавляють 0,5 мл. Ацетооцтового естеру, кілька крапель хлориду феруму і змішують. Суміш забарвлюється в червоно-фіолетовий колір, характерний для органічних сполук, у молекулах яких спиртова група розміщена біля атома карбону, сполученого з іншим атомом карбону подвійним зв'язком. За допомогою ділильної лійки в суміші вносять бромну воду до зникнення червоно-фіолетового забарвлення. Добавляння такої води повторюють кілька разів. Відбувається приєднання бромну за місцем розривання подвійного зв'язку . Після першого добавлення червоно-фіолетове забарвлення знову з'являється – відбувається перехід нових молекул естеру з кетонної форми в енольну. Тому бромну воду добавляють до повного приєднання бромну фенольною формою.

Напишіть реакцію:

## Дослід 4. Отримання пірвіноградної окислення молочної кислоти

В пробірку наливають 0,5 мл 1%-го розчину перманганату калію, 10% розчин молочної кислоти, яку нейтралізують, розчин карбонату натрію, 2%-ий розчин

додаючи по краплям 10%-ий розчин карбонату нітропрусида натрію, 10%-ий розчин натрію. Потім додають 2-3 л %%-го розчину перманганату калію. Вміст пробірки перемішують і доводять до кипіння у полум'ї пальника. Отриманий розчин фільтрують. Для знаходження пировиноградної кислоти проводять якісну реакцію на кето групу. Для цього до фільтрату приливають 1 мл 2%-го розчину нітропрусида натрію і 1мл 10%-го розчину гідроксиду натрію.

Напишіть реакцію:

Дослід 5. Властивості ацетооцтового ефіра

В пробірку наливають 2 мл свіжо приготованого ацетооцтового ефіру і бросають в нього невеликий шматочок металевого натрію, відчищеного від оксидної плівки.

Протікає бурна реакція ацетооцтового ефіру з натрієм. Бурно виділяється водень. В осад випадає натрій ацетооцтовий ефір.

Напишіть реакцію:

Контрольні запитання:

1. Які органічні сполуки називаються оксикислотами? Напишіть структурні формули відомих вам оксикислот.
2. Назвіть органічні сполуки, які утворюються при відновленні: а) оксопропанової кислоти; б) ацетодикарбонової кислоти; в)  $\alpha$ -кетовалеріанової кислоти; г) гліоксалевої кислоти.
3. Які способи добування оксикислот вам відомі? Добудьте піроваиноградну кислоту всіма відомими вам способами.

4. Дайте коротку характеристику фізичних і хімічних властивостей оксикислот.
5. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування ацетооцтового естеру.
6. Синтезуйте за допомогою ацетооцтового естеру ацетон і масляну кислоту.
7. Напишіть як відбувається добування оксикислот з карбонових кислот через галоген ангідрид?
8. Як відбувається кетонне та кислотне розщеплення ацетооцтового естеру?
9. Що таке таутомерія?
10. Напишіть взаємодію піровиноградної кислоти з гідроксил аміном.

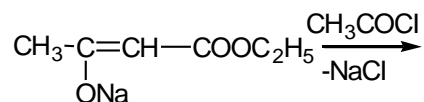
Тести:

1. Вкажіть формулу кислоти, яка являється альдегідокислотою:

- 1)  $C_{17}H_{31}COOH$
- 2)  $HCOOH$
- 3)  $CH_3COOH$
- 4)  $C_{15}H_{31}COOH$

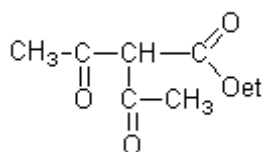
2. Використовуючи синтез на основі ацетооцтового ефіру метилпропілкетон можна отримати з :

- 1) Етилового ефіру метил ацетооцтової кислоти
- 2) Етилового ефіру ізопропілацетооцтової кислоти
- 3) Етилового ефіру етил ацетооцтової кислоти
- 4) Етилового ефіру диметилацетооцтової кислоти

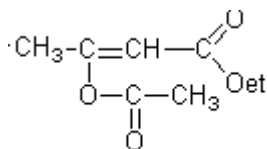


3. Продуктом реакції

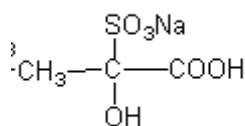
є :



1)

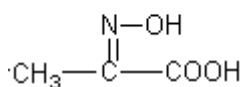


2)

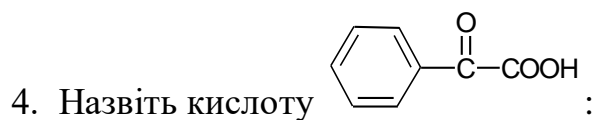


3)





4)



- 1) ацетондикарбонова кислота
- 2) масляна кислота
- 3) пірвіноградна кислота
- 4) саліцилова кислота

5. Якщо полярні розчинники сприяють зміщенню рівноваги в бік кетонної форми, то в неполярних розчинниках – ...

- 1) в бік метильної форми
- 2) в бік енольної форми
- 3) не змінює
- 4) також в бік кетонної

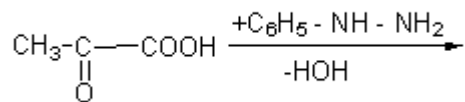
6. Яка ізомерія присутня в оксикислотах?

- 1) положення функції
- 2) карбонового скелету
- 3) ніяка
- 4) положення функції та карбонового скелету

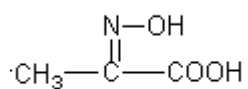
7. З якої кислоти починається гомологічний ряд альдегідокислот з 1)

- 1) гліоксилової кислоти

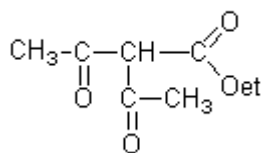
- 2) масляної кислоти
- 3) саліцилової кислоти
- 4) піровиноградної кислоти



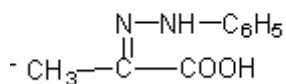
8. Напишіть реакцію :



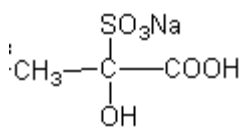
1)



2)



3)



4)

9. Під дією чого розкладається ацетооцтовий естер:

- 1) лугів
- 2) кислот
- 3) солей
- 4) не розкладається

10. Які сполуки можуть існувати в фенольній формі ?

1) етил ацетоцтовий ефір

2) диметилацетоцтовий ефір

3) етиловий ефір  $\alpha$ -пропіоніонової ксилоти


4) 2,6-гептадіон

**Висновки:**

## ВУГЛЕВОДИ

1. Загальна характеристика вуглеводів.
2. Методи синтезу.
3. Фізико-хімічні властивості моносахаридів.
4. Фізико-хімічні властивості дисахаридів.
5. Фізико-хімічні властивості полісахаридів.

**Основні поняття:** реакція Троммера, реакція «срібного дзеркала», реакція Фелінга, реакція Селіванова, ступінчастий гідроліз крохмалю.

 Вуглеводи – органічні сполуки, молекула яких найчастіше складається з трьох хімічних елементів – карбону, гідрогену й кисню в такому кількісному співвідношенні, що на один атом карбону припадає одна молекула води. Наприклад, молекулу найпростішого вуглеводу глюкози  $C_6H_{12}O_6$  можна розглядати як таку, що складається з 6 атомів карбону «С» і 6 молекул води  $H_2O$ . Виходячи з цього, К. Шмідт (1844) назвав ці сполуки вуглеводами. Пізніше було встановлено, що у складі молекул багатьох вуглеводів можуть бути й інші хімічні елементи – фосфор, сульфур, нітроген.

Крім того, в молекулах окремих вуглеводів таке співвідношення між атомами карбону й молекулами води не витримується, однак вони є типовими вуглеводами. Прикладом може бути дезоксирибоза, молекулярна формула якої  $C_5H_{10}O_4$ . Є органічні сполуки, у складі молекул яких співвідношення між кількістю атомів карбону, гідрогену й кисню типове для вуглеводів, проте вони не є вуглеводами. Наприклад, лактатна кислота – її молекулярна формула  $C_3H_6O_3$ .


За хімічними властивостями вуглеводи є багатоатомними альдегідом і кетоспиртами. Вони дуже поширені в природі, їх молекули первинно утворюються в клітинах рослин у результаті реакцій фотосинтезу і становлять 80 – 90 % сухої маси рослин. В організм тварин і людини вони надходять з їжею (кормами) і зазнають механічної та хімічної переробки. В середньому в організмі тварин і людини міститься 1 – 2 % вуглеводів у перерахунку на суху речовину.

У живих організмах вуглеводи – основне джерело хімічної енергії. Окремі органи задовольняють свої енергетичні потреби переважно за рахунок розщеплення глюкози: мозок – на 80 %, серце – на 70–75 %. Вуглеводи відкладаються у тканинах тваринного організму у вигляді запасних поживних речовин (глікогену). Деякі з них виконують опорні функції (гіалуронова кислота), беруть участь у формуванні

структури клітин і міжклітинної речовини (хондроїтинсульфатна кислота), захищають організм від мікробів і токсинів (сіалові кислоти), є складовими частинами молекул макроергічних сполук (АТФ), структурними компонентами ДНК і РНК (дезоксирибоза і рибоза) тощо.

За будовою молекули вуглеводи поділяються на дві групи – прості і складні. Прості вуглеводи називають *моносахаридами*. Складні вуглеводи поділяють на *олігосахариди* (їхні молекули містять від 2 до 9 мономерних ланок, наприклад, дисахариди, трисахариди і т. д.) і *полісахариди* (їхні молекули містять понад 9 мономерних ланок). *Полісахариди* поділяють на гомополісахариди (їхні молекули побудовані лише з моносахаридних ланок, наприклад крохмаль, глікоген, клітковина, інулін) і гетерополісахариди (у складі їхніх молекул крім моносахаридних ланок є залишки молекул інших речовин – сульфатної кислоти, ацетатної кислоти, метанолу тощо). Гетерополісахариди поділяються на глікозамінглікани (гіалуронова та хондроїтинсульфатна кислоти, гепарин, гепарин-сульфат, дерматан-сульфат, каратан-сульфат, нейрамінова та сіалові кислоти) і глікополісахариди (пектинові речовини, специфічні полісахариди мікробів, агар-агар, геміцелюлоза, гуміарабік, декстран).

## 11.1 Моносахариди

 *Моносахариди* – велика група вуглеводів, молекули яких мають просту будову і не здатні до гідролітичного розщеплення. Більшість моносахаридів за своїм елементним складом відповідають молекулярній формулі  $C_nH_{2n}O_n$ . Їх класифікують за наявністю в молекулах альдегідної та кетонної груп (альдози і кетози), кількістю карбонів атомів (тріози, тетрози, пентози, гексози і т.д.), хімічною природою (нейтральні й кислі сахари, аміносахари) та за іншими ознаками.

Моносахариди – тверді кристалічні речовини, добре розчинні у воді, солодкі на смак, оптично активні. Вони легко вступають у хімічні реакції, характерні для альдегідо- і кетоспиртів. Їх неважко виявляти якісними й кількісними реакціями (Троммера, Селіванова, «срібного дзеркала» тощо), вони зазнають різних видів бродіння (спиртового, молочнокислого, лимоннокислого, маслянокислого, оцтовокислого тощо). Молекули моносахаридів залежно від умов середовища перебувають у вигляді відкритої (ациклічної, карбонільної) і циклічної (фуранозної або піранозної) форм, які таутомерні та здатні (залежно від умов середовища) переходити одна в одну.

У лабораторній практиці, в тому числі й під час клінічних досліджень, виникає необхідність якісно й кількісно визначати вміст вуглеводів, насамперед глюкози, в різних біологічних рідинах (наприклад, у крові, лікворі, сечі). Для цих цілей часто застосовують якісні реакції на наявність у рідинах моносахаридів.

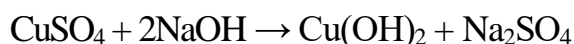
## Лабораторні роботи

### Робота 1. Виявлення глюкози реакцією Троммера

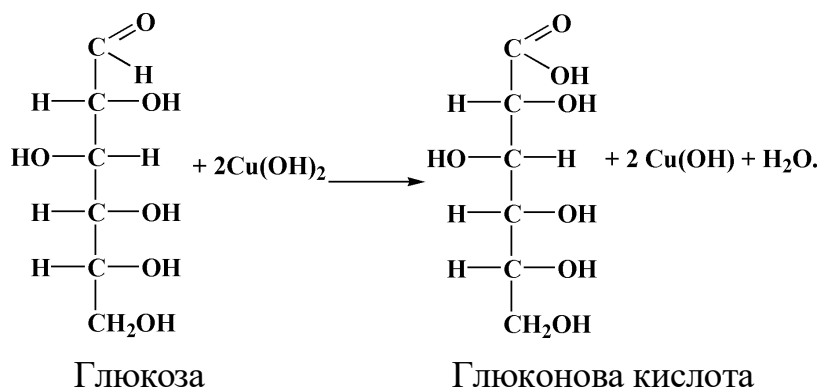
Реакцію широко застосовують у хімічному аналізі для встановлення наявності в розчинах моносахаридів. Розроблена німецьким хіміком С. Троммером (1841). Ґрунтується на здатності моносахаридів-альдоз відновлювати гідроксид купруму (II) до оксиду купруму (I) або до металічної міді.

*Хід роботи.* У пробірку наливають 2–3 мл 1 % розчину глюкози, додають 3–5 краплі 10 % розчину сульфату купруму (II) і 3–4 мл 10 % розчину гідроксиду натрію. Утворюється блакитний драглистий осад гідроксиду купруму (II). Нагрівають на газовому пальнику верхній шар і спостерігають за випаданням жовтого або цегляно-червоного осаду.

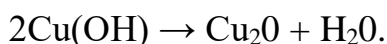
*Хімізм.* Реакція Троммера відбувається в три окремих етапи. Спочатку утворюється гідроксид купруму (II):



Далі гідроксид купруму (II) вступає в реакцію з глюкозою, що зумовлює утворення суміші продуктів окиснення, основою яких є глюконова кислота:



Гідроксид купруму (I) перетворюється на оксид купруму (I) або на металічну мідь:



*Примітка.* Недоліком цієї реакції є те, що при малому вмісті глюкози або іншого моносахариду-альдози в розчині разом з осадом  $\text{Cu}_2\text{O}$  утворюється осад  $\text{CuO}$  чорного кольору, який маскуватиме забарвлення кінцевих продуктів.

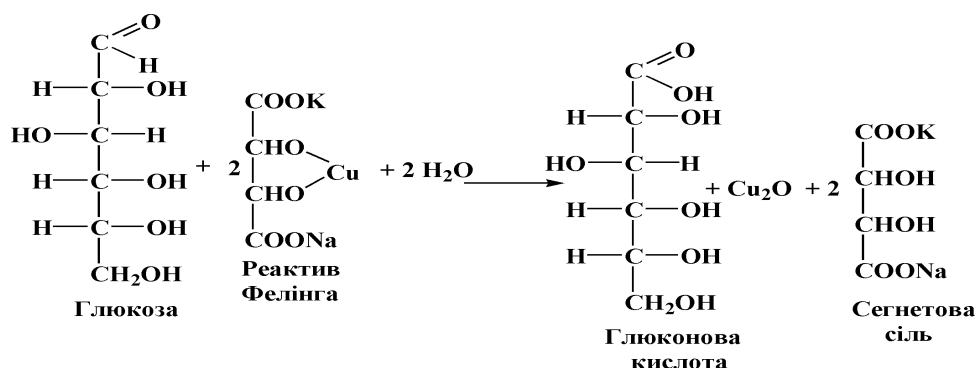
## Робота 2. Відновлення мідно-тарtratного комплексу глюкозою

### (реакція Фелінга)

Для виявлення моносахаридів у розчинах часто використовують реактив Фелінга, або мідно-тарtratний комплекс. Моносахариди, маючи у складі своїх молекул альдегідну групу, легко взаємодіють з рідиною Фелінга, або реактивом Фелінга, відновлюючи його. В реактиві гідроксильні групи тарtratної кислоти сполучені з атомом купруму, що виключає можливість утворення чорного осаду оксиду купруму (II).

*Хід роботи.* У пробірку вносять 1–2 мл 30 % розчину їдкого натру і доливають 0,5 мл 2% розчину сульфату купруму. Потім додають 2–3 мл 10% розчину сегнетової солі і 0,5 мл 1% розчину глюкози. Суміш підігрівають. Випадає жовтий (CuOH) або цегляно-червоний (Cu<sub>2</sub>O) осад.

*Хімізм.* Спочатку утворюється гідроксид купруму (II), як і в попередній роботі (див. вище). Його іноді називають «Фелінг I». Потім після додавання розчину сегнетової солі («Фелінг II») і підігрівання суміші з розчином глюкози утворюється осад жовтого або цегляно-червоного кольору:

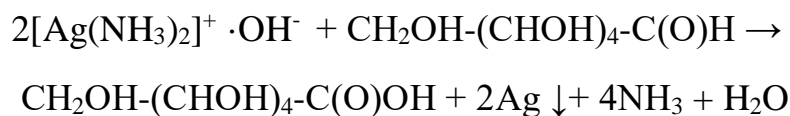
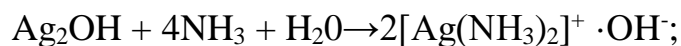
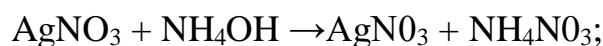


## Робота 3. Відновлення глюкозою аміачного розчину гідроксиду аргентуму (реакція «срібного дзеркала»)

Моносахариди-альдози легко вступають у реакцію окиснення з гідроксидом аргентуму, в результаті чого на стінках пробірки відкладається металічне срібло.

*Хід роботи.* У чисту пробірку, вимиту гарячим розчином лугу й ополоснути кілька разів дистильованою водою, вносять 1–2 мл 3 % розчину нітрату аргентуму і краплями, до повного розчинення утвореного при цьому осаду, додають концентрований водний розчин аміаку. Потім до суміші додають таку саму кількість 3 % розчину глюкози, обережно нагрівають (без струшування) і спостерігають за появою на стінках пробірки блискучого шару металічного срібла або випаданням чорного осаду срібла.

*Хімізм.* Реакція «срібного дзеркала» ґрунтується на таких хімічних перетвореннях:



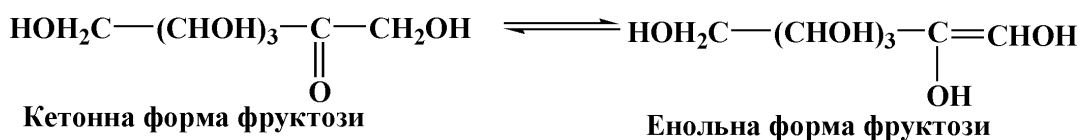
Глюконова кислота

#### ***Робота 4. Виявлення фруктози реакцією Селіванова***

Російський учений Ф. Ф. Селіванов (1887) встановив, що моносахариди-кетози, взаємодіючи з резорцином і хлоридною кислотою, утворюють речовину, забарвлену у вишнево-червоний колір. Він розробив метод виявлення фруктози в розчинах, що дістав назву «проби Селіванова». Проба дає можливість виявити фруктозу не лише у вільному стані, а й у зв'язаному, наприклад у складі цукрози або інуліну (в кислому середовищі ці цукри легко гідролізуються з утворенням фруктози). Адьдогексози також можуть вступати в реакцію з реактивом Селіванова, однак реагують повільно і при цьому утворюється продукт реакції, забарвлений у блідо-рожевий колір.

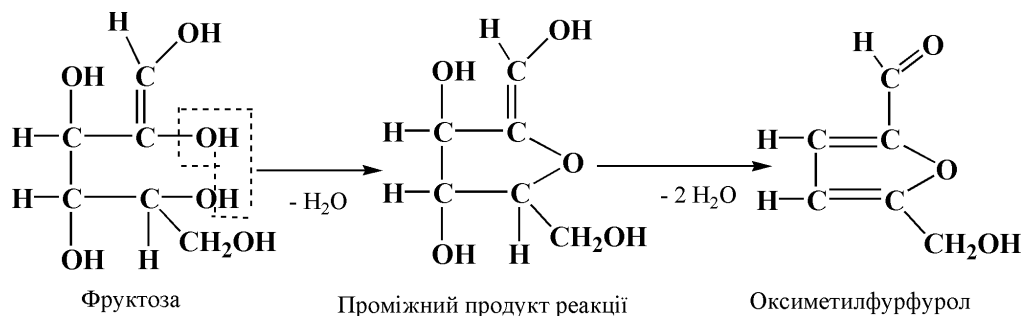
*Хід роботи.* Насамперед готують реактив Селіванова: до 20 мл дистильованої води додають 50 мл концентрованої хлоридної кислоти, 0,05 г резорцину і суміш перемішують. У пробірку наливають 2–3 мл 1 % розчину фруктози і додають такий самий об'єм реактиву Селіванова. Суміш нагрівають на газовому пальнику. Через кілька хвилин з'являється вишнево-червоне забарвлення.

*Хімізм.* Проба Селіванова відбувається в три етапи. Спочатку під дією реактиву Селіванова утворюється енольна форма фруктози:



Під час нагрівання фруктози з концентрованою хлоридною кислотою відбувається дегідратація і утворюється циклічний продукт – оксиметилфурфурол:





Оксиметилфурфурол вступає в реакцію конденсації з резорцином, що й зумовлює утворення продукту конденсації зі складною будовою молекули, забарвленого в інтенсивний вишнево-червоний колір.

### *Робота 5. Осмолення глюкози*

Під дією лугів і мінеральних кислот (сульфатної, нітратної, хлоридної) та високих температур молекули моносахаридів руйнуються з утворенням смолоподібних продуктів, що мають надзвичайно складну будову молекул.

*Хід роботи.* У пробірку наливають 2–3 мл 10 % розчину глюкози й додають такий самий об'єм 10 % розчину їдкого натру. Суміш кип'ятять. Вона поступово змінює колір: спочатку стає жовтою, потім – червоно-коричневою. Змінюється й її консистенція – вона стає в'язкою.

*Хімізм.* У ході руйнування молекул глюкози утворюються гумінові речовини – мало конденсовані, ароматичні сполуки з нез'ясованою структурою молекул. Їхні молекули здебільшого мають такий елементний склад: карбон – 50–60 %, гідроген – 4–6, кисень – 25–40 %. Крім цих сполук, в осаді виявляється деяка кількість кетонів, альдегідів, оксикарбонових і оксокарбонових кислот та інших речовин.

#### *◇ Контрольні запитання і завдання*

1. Дайте визначення поняття «вуглеводи». Наведіть їх класифікацію та коротко охарактеризуйте основні групи.
2. Напишіть сумарну реакцію процесу фотосинтезу і поясніть її.
3. Що таке «моносахариди»? Які є підгрупи моносахаридів? Напишіть структурні формули відомих вам альдоз і кетоз.
4. Які види ізомерії характерні для моносахаридів? Дайте визначення кожного з них, наведіть приклади для глюкози та фруктози.
5. Напишіть таутомерні формули право- і лівообертальних ізомерів глюкози,

галактози і фруктози.

6. Які способи добування моносахаридів з природної сировини і методами органічного синтезу ви знаєте? Наведіть приклади.

7. Дайте коротку характеристику основних фізичних властивостей моносахаридів.

8. З яких моносахаридів і за допомогою яких хімічних реакцій добувають глюконову, глюкуронову, цукрову та слизову кислоти, сорбіт, галактит і маніт? Наведіть рівняння реакцій.

9. Напишіть структурні формули  $\alpha$ -метилглюкозиду і  $\beta$ -метилглюкозиду.

10. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $D(+)$ -глюкози і  $D(-)$ -фруктози з фенілгідразиним. Назвіть добути продукти.

11. Як можна добути пентаметилглюкозу і пентаметилгалактозу? Наведіть рівняння хімічних реакцій.

12. Напишіть рівняння хімічних реакцій взаємодії глюкози з такими речовинами: ціанідною кислотою, фосфатною кислотою, гідроксиламіном, гідроксидом кальцію, етаналем (ацетальдегідом). Назвіть добути сполуки.


13. Напишіть сумарні реакції окремих видів бродіння гексоз: спиртового, молочнокислого, лимоннокислого, маслянокислого.

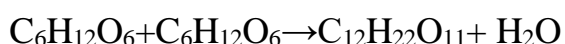
14. Зобразіть за допомогою структурних формул Хеуорса будову молекул глюкози, фруктози, галактози й манози.

15. Напишіть структурні формули відомих вам пентоз. Яке значення мають ці речовини?

16. Напишіть структурні формули моносахаридів та їхніх похідних, які застосовують у медицині та ветеринарії як лікарські засоби.

## 11.2 Дисахариди

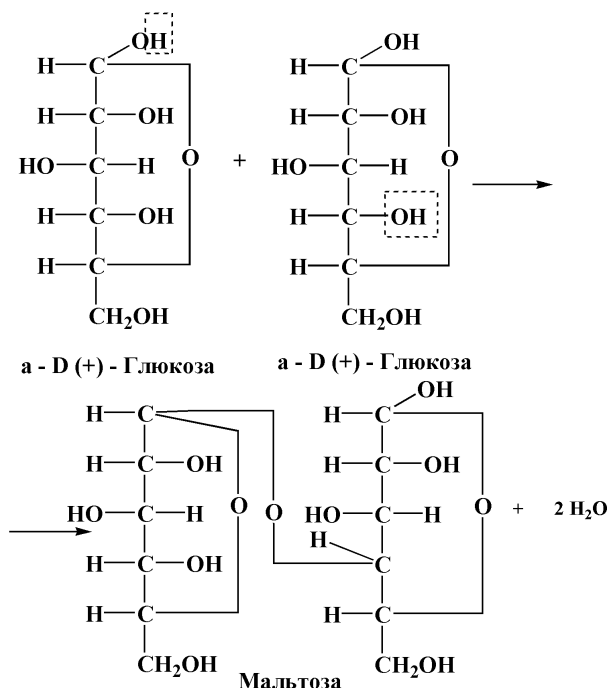
 *Дисахариди* – вуглеводи, молекула яких утворена з двох молекул моносахаридів:



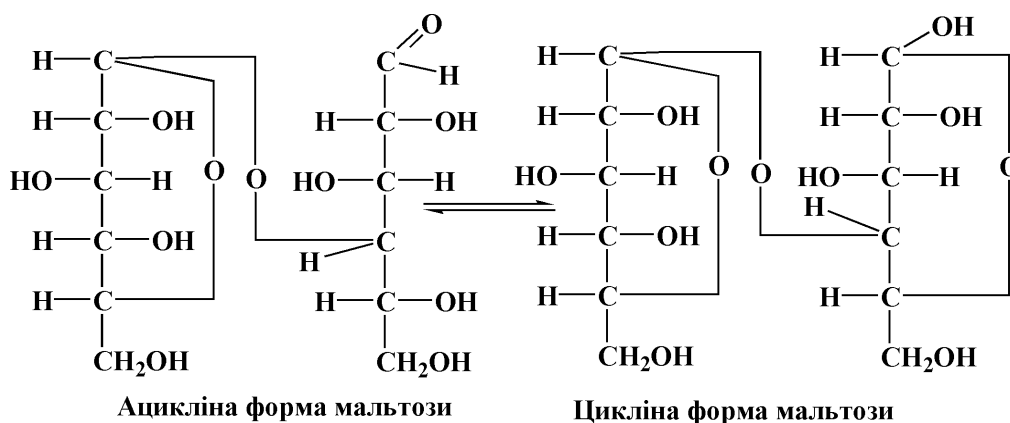
Дисахариди (біози) – найпростіші олігосахариди. Вони дуже поширені в природі, містяться в овочах, плодах і фруктах. Усі дисахариди – кристалічні речовини, добре розчиняються у воді з утворенням справжніх розчинів, солодкі на смак, оптично активні (в розчинах).

Розрізняють дисахариди мальтозного (мальтоза, лактоза, целобіоза, гентіобіоза, мелібіоза, тураноза) і трегалозного (трегалоза і цукроза) типів зв'язку.

При мальтозному типі зв'язку молекула дисахариду утворюється з двох молекул моносахаридів через оксигеновий місток від глікозидного гідроксилу одного моносахариду і звичайного (частіше розміщеного біля четвертого атома карбону) гідроксилу другого моносахариду:

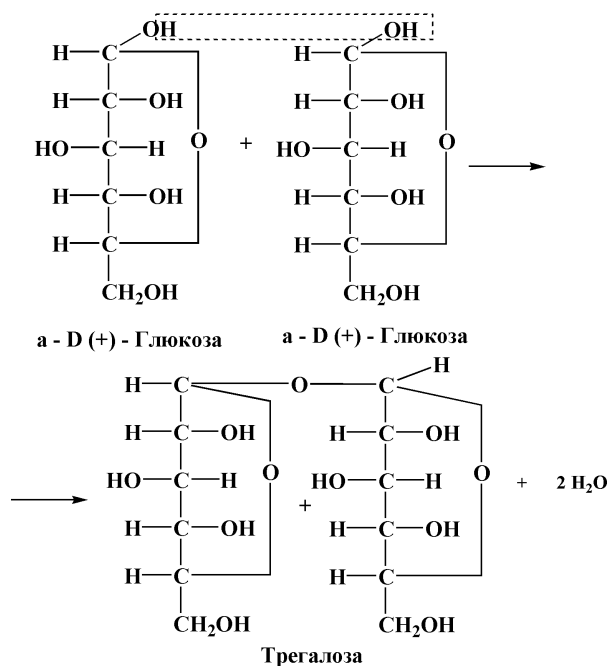


Усі дисахариди, побудовані за мальтозним типом зв'язку, зберігають глікозидний (глікозидний) гідроксил, який може при таутомерії перетворюватися на альдегідну групу та вступати у відновні реакції (відновлювати рідину Фелінга, давати реакцію Троммера, відновлювати срібло у реакції «срібного дзеркала»), і називаються відновними дисахаридами. Прикладом може бути мальтоза, яка залежно від умов середовища (кислого чи лужного) існує у вигляді двох таутомерних форм - ациклічної та циклічної:



У другому випадку при утворенні молекули дисахариду відщеплення води відбувається за рахунок двох напівацетальних гідроксилів двох молекул моносахаридів. Ці дисахариди належать до трегалозного типу зв'язку, або до невідновних дисахаридів. Дисахариди, побудовані за трегалозним типом зв'язку, не здатні мати карбонільну групу, вони не приєднують ціанідну кислоту, не утворюють

гідразони, не мутаротують. Залишки молекул моносахаридів, що формують молекулу дисахариду, мають стабільну циклічну форму і не мають таутомерних форм:



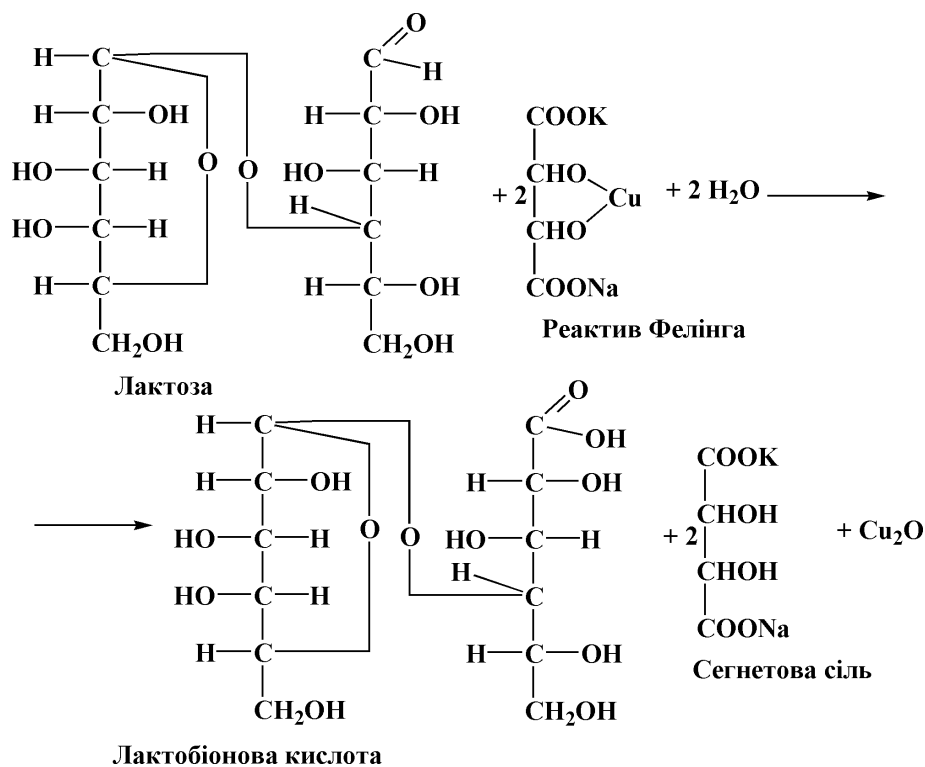
## *Лабораторні роботи*

### *Робота 1. Взаємодія дисахаридів з реактивом Фелінга*

Дисахариди мальтозного трегалозного типів зв'язку неоднаково реагують з мідно-тарtratним комплексом, або реактивом Фелінга; перші при взаємодії з ним його відновлюють, другі - не здатні відновлювати.

*Хід роботи.* У кожному з трьох пробірок наливають по 3 мл одного з трьох 1% розчинів дисахаридів - цукрози, мальтози і лактози. В кожному пробірці додають по 2 мл реактиву Фелінга. Всі три пробірки переносять у киплячий водяний нагрівник на 3-5 хв і спостерігають за зміною забарвлення розчинів. У першій пробірці колір не змінився, в другій і третій - утворився жовтий або цегляно-червоний осад.

*Хімізм.* Поява жовтого осаду гідроксиду купруму (I)  $\text{CuOH}$  або цегляно-червоного осаду оксиду купруму (I)  $\text{Cu}_2\text{O}$  свідчить про те, що дисахариди відновили реактив Фелінга. Прикладом може бути хімізм взаємодії лактози з реактивом Фелінга:

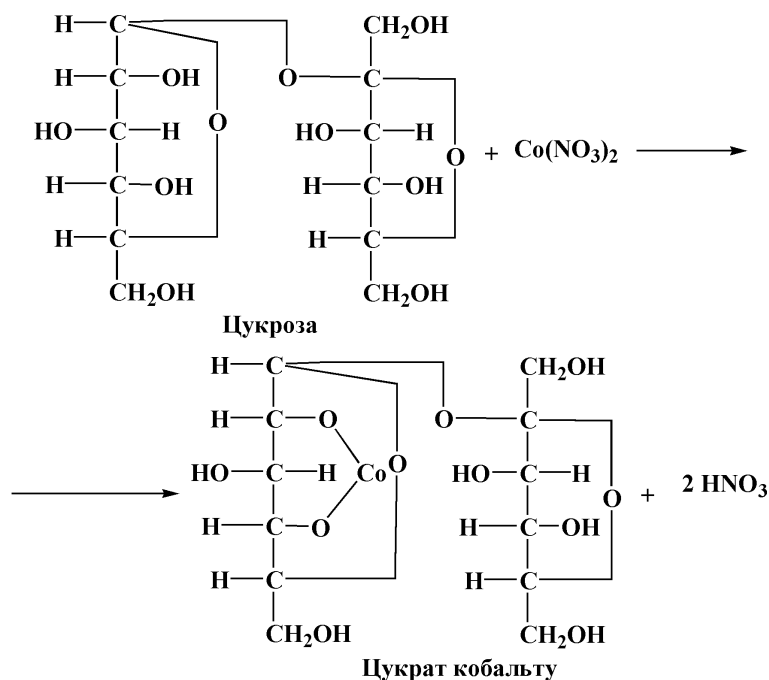


## **Робота 2. Якісна реакція на цукрозу**

*Цукроза*  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (*буряковий, або тростинний, цукор*) – один з найпоширеніших дисахаридів. В Україні цукрозу добувають з коренів цукрових буряків, де його кількість досягає 27 % і більше. Цукроза – безбарвна кристалічна речовина, добре розчиняється у воді, гірше – в органічних розчинниках, молекулярна маса 342,1, солодка на смак, плавиться при 184– 185 °С. Міститься в усіх частинах зелених рослин. Застосовується як продукт харчування людини, сировина для харчової промисловості, добування етанолу та деяких ПАР. У лабораторній практиці й ветеринарній експертизі (зокрема, при встановленні фальсифікації меду) виникає необхідність у виявленні в розчинах і продуктах харчування людини цукрози.

*Хід роботи.* У пробірку наливають 2 – 5 мл 10 % розчину цукрози, додають кілька крапель водного розчину (1:50) нітрату кобальту й надлишок розчину їдкого натру (бажано 10 %). З'являється фіолетове забарвлення.

*Хімізм.* Вважають, що при взаємодії нітрату кобальту з цукрозою утворюються сполуки на зразок цукратів, одна з яких наведена нижче:



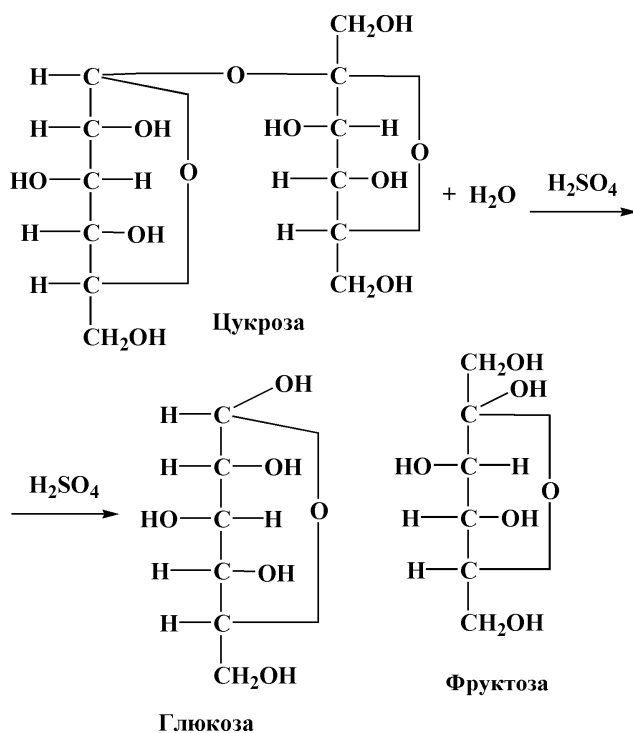
### **Робота 3. Інверсія цукрози**

*Інверсія* (від лат. *inversio* – перестановка) – зміна знака обертання площини поляризації світла в поляриметрі (сахариметрі) розчином цукрози після її гідролізу. Так, до гідролізу (кислотного або ферментативного) розчин цукрози обертає площину поляризації світла в поляриметрі (сахариметрі) вправо на кут  $+ 66,53^\circ$ . Після гідролізу молекула цукрози розщеплюється на дві речовини –  $\alpha$ -D(+)-глюкозу і  $\alpha$ -D(-)-фруктозу. Перша з них є правообертальною гексозою ( $+ 52,5^\circ$ ), друга – лівообертальною ( $-93^\circ$ ). Фруктоза за своєю оптичною активністю перевершує й інвертний цукор: при пропусканні крізь його розчин поляризованого світла обертає площину поляризації вліво.

*Хід роботи.* У пробірку наливають 2 – 5 мл 10 % розчину цукрози, додають 1 мл 10 % розчину сульфатної кислоти. Вміст пробірки збовтують і кип'ятять протягом 3–6 хв. Добутий розчин інвертного цукру розливають порівну в дві пробірки.

У першу пробірку для нейтралізації (контролюють лакмусовим папірцем) додають 10% розчин їдкого натру і виконують реакцію Троммера для відкриття глюкози (див. роботу 1 попередньої теми). У другу пробірку вносять такий самий об'єм реактиву Селіванова і відкривають фруктозу (див. роботу 4 попередньої теми).

*Хімізм.* Під час гідролізу в молекулі цукрози розривається оксигеновий місток і утворюються глюкоза та фруктоза:



Хімізм відкриття глюкози та фруктози наведений у роботах 1 і 4 попередньої теми.

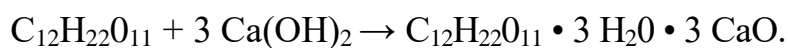
#### **Робота 4. Добування і розкладання цукратів кальцію**

Наявність у молекулі дисахариду вільних гідроксильних груп надає їм здатності вступати в реакцію утворення сполук типу алканолятів (алкоголятів). Зокрема, цукроза може вступати в реакцію взаємодії з гідроксидом кальцію з утворенням цукратів. Цю реакцію використовують на цукрових заводах для виділення цукрози в чистому вигляді з дифузорного соку.

*Хід роботи.* У пробірку наливають 2 – 3 мл 30 % розчину цукрози і додають такий самий об'єм вапняного молока (гідроксиду кальцію). Через деякий час утворюється значний осад, який не зникає при збовтуванні. Через 5–7 хв суміш фільтрують крізь складчастий фільтр. Виділяється фільтрат, який розливають у дві пробірки.

Першу пробірку нагрівають на газовому пальнику до початку кипіння. Випадає кристалічний осад. При охолодженні та збовтуванні осад знову розчиняється, а при повторному нагріванні знову утворюється. У другу пробірку за допомогою апарата Кіппа повільно пропускають вуглекислий газ. Випадає осад – карбонат кальцію, гашене вапно). Цю реакцію використовують у технології добування з цукрового буряку цукру і називають *сатурацією*.

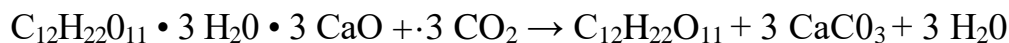
*Хімізм.* Внаслідок взаємодії цукрози з вапняною водою в першій пробірці в осад випадає цукрат кальцію:



Цукроза

Трицукрат кальцію

Для добування цукрози в чистому вигляді кальцій витісняють з молекули трицукрату. При цьому використовують слабкі кислотні властивості дисахариду (стала іонізації цукрози –  $6 \cdot 10^{-7}$ ). Пропускають крізь осад вуглекислий газ, цукрат розкладається, і цукроза виділяється в чистому вигляді, про що свідчить результат досліду в другій пробірці:



### **Робота 5. Утворення карамелі**

*Карамель* (від фр. *caramel* – цукрова тростина) – кондитерський виріб, який готують упарюванням цукрово-патокового сиропу після розчинення в ньому смакових речовин і барвників. Карамель містить у своєму складі комплекс перетворень сахарів (цукрози, глюкози, фруктози, мальтози), складові частини деяких плодів, ягід, ядер горіхів, іноді какао та інших речовин. Хімічний склад різних сортів карамелі різний. Зокрема, в основі льодяникової карамелі лежать цукроза та продукти її термічних перетворень.

*Хід роботи.* У пробірку вносять 1 – 3 г цукрози і обережно нагрівають доти, доки вона не розплавиться і не стане бурою. Охолоджена карамельна маса прозора, має аморфну структуру (на відміну від кристалічної цукрози) і світло-жовте забарвлення.

*Хімізм.* Процес карамелізації складний, пов'язаний з дегідратацією і полімеризацією. Залежно від температури і наявності певних домішок утворюються найрізноманітніші за структурами молекул продукти карамелізації.

### **Робота 6. Виявлення лактози в молоці**

*Лактоза*, або *молочний цукор*, – біла кристалічна речовина, плавиться при 202 °С (гідрат) і 258 °С (безводна форма). Лактоза гірше розчиняється у воді, ніж інші дисахариди. Оптично активна – обертає площину поляризації світла в сахариметрі (поляриметрі) вправо (+ 55°). Молоко різних самок ссавців містить неоднакову кількість лактози: корови – в середньому 4,5 %, кози – 4,4, кобили – 1,0, вівці – 6,2, самка оленя – 17,1, самки носорога – до 36 %. Під час гідролізу (кислотного чи ферментативного) лактоза розщеплюється до галактози і глюкози.



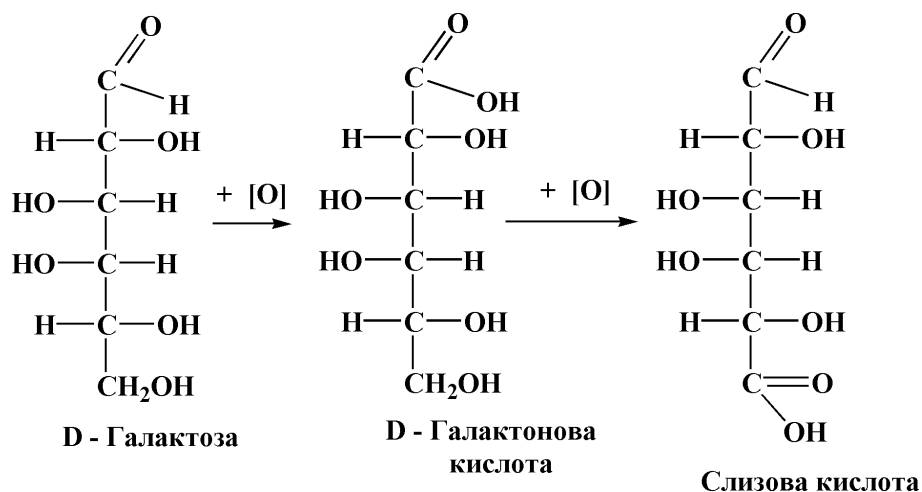
*Хід роботи.* У колбу наливають 25 мл свіжого коров'ячого молока, додають такий самий об'єм дистильованої води, 10–15 крапель льодяної ацетатної кислоти і збовтують. Зсідаються казеїн і жир, їх відфільтровують крізь складчастий фільтр. Фільтрат ділять на дві однакові частини, розливаючи у відповідний посуд.

Беруть пробірку та вносять у неї 2 – 3 мл фільтрату, додають 2–3 мл реактиву Фелінга і нагрівають на водяному нагрівнику протягом кількох хвилин. Випадає цегляно-червоний осад оксиду купруму (II).

У другу пробірку наливають 2–3 мл фільтрату і додають 2–3 мл концентрованої нітратної кислоти. Суміш випарюють досуха у фарфоровій чашці. Бажано це робити у витяжній шафі. Утворюється кристалічний порошок.

*Хімізм.* У першій пробірці лактоза відновлює реактив Фелінга, що зумовлює утворення лактобіонової кислоти, оксиду купруму (II) і сегнетової солі (див. роботу 1). Глюкоза і галактоза, що утворились після гідролізу, також взаємодіють з рідиною Фелінга з утворенням глюконової (див. роботу 2 попередньої теми) і галактонової кислот, оксиду купруму (I) та сегнетової солі.

У другій пробірці й у фарфоровій чашці утворюються такі продукти перетворення галактози:



#### ◆ Контрольні запитання і завдання

1. Що таке дисахариди? Яка їх загальна формула? Як їх класифікують? Назвіть основні дисахариди і дайте їх коротку характеристику.

2. Чим відрізняються за своєю будовою молекули дисахаридів мальтозного від дисахаридів трегалозного типу зв'язку? Наведіть приклади.

3. Напишіть формули (Фішера, Коллі–Толленса і Хеурса) мальтози, лактози, цукрози, трегалози та целобіози.

4. Які способи добування відновних і невідновних дисахаридів вам відомі?

5. Дайте коротку характеристику фізичних властивостей дисахаридів.

6. Що таке інверсія дисахаридів? Як вона виявляється? Доведіть це на прикладі

інверсії цукрози. Які продукти харчування містять у своєму складі природний інвертний цукор?

7. Наведіть хімічні реакції відкриття глюкози і фруктози, що утворилися під час інверсії цукрози.

8. Напишіть рівняння хімічних реакцій гідролізу трегалози і целобіози. Поясніть, чим вони відрізняються?

### 11.3 Полісахариди

**Полісахариди (глікани)** – вуглеводи, молекули яких містять понад 10 залишків моносахаридів, сполучених між собою глікозидними зв'язками. Вони мають вигляд лінійних і розгалужених ланцюгів. У складі молекул багатьох полісахаридів є й неуглеводні компоненти. Це стало причиною поділу полісахаридів на дві підгрупи – гомополісахариди і гетерополісахариди.

**Гомополісахариди** (від гр. homos – однаковий) – складні вуглеводи, молекули яких побудовані з великої кількості (від 10 до десятків і сотень тисяч) залишків одного з моносахаридів – глюкози, фруктози, галактози, манози, ксилози, арабінози і т. д. Серед гомополісахаридів розрізняють енергетичні (крохмаль, інулін, глікоген) і структурні (клітковина, геміцелюлоза) полісахариди.

**Гетерополісахариди** (від лат. hetero – різний) – складні вуглеводи, молекули яких побудовані із залишків моносахаридів (наприклад, глюкози і галактози), їх похідних (глюкозаміну і галактозаміну, глюконової й галактонової кислот) та не вуглеводних сполук (сульфатної й ацетатної кислот, метанолу тощо). Їх поділяють на глікозамінглікани (гіалуронова кислота, хондроїтинсульфатна кислота, гепарин, гепаринсульфат, кератин-сульфат, нейрамінова та сіалові кислоти) і глікополісахариди (пектинові речовини, специфічні полісахариди мікробів, агар-агар, гуміарабік тощо).

Значення полісахаридів велике. Багато з них є цінними поживними речовинами (наприклад, крохмаль та інулін), у тваринному організмі є резервом енергетичних речовин (глікоген), виконують у рослинному організмі структурні функції (клітковина і геміцелюлоза), використовуються в медицині і ветеринарії як лікарські засоби (гепарин і декстран), є живильним середовищем для мікробів (агар-агар) тощо.

#### *Лабораторні роботи*

##### ***Робота 1. Виявлення крохмалю в бульбах картоплі та зерні злаків***

**Крохмаль** ( $C_6H_{10}O_5$ ) – енергетичний полісахарид зелених рослин. Утворюється в клітинних органелах (хлоро- і амілопластах) зелених частин рослин у результаті реакцій фотосинтезу, відкладається у вигляді запасних поживних речовин у листках, стеблах, цибулинах, бульбах та насінні. У клітинах виявляється у вигляді зерен різної форми (овальної, сферичної, неправильної), розміру та шаруватості. Масова частка крохмалю в зерні рису досягає 80 %, пшениці – 75 %, кукурудзи – 72 %, жита – 70 %, ячменю – 65 %, вівса – 58 %, проса – 57 %, у бульбах картоплі – 12–25 %.

Крохмаль складається з двох фракцій: *амілози* (має лінійну будову молекули) і *амілопектину* (має розгалужену будову). Амілоза становить 10–30 %, амілопектин – 70–90 % загальної маси крохмалю. Молекула амілози складається з 200–1000 залишків глюкози, сполучених між собою глікозидними зв'язками за типом 1,4. Молекулярна маса амілози становить 20 тис.–1млн. Амілоза легко розчиняється у воді без утворення клейстеру і забарвлюється розчином йоду в темно-синій колір. Молекула амілопектину побудована з 5000 – 6000 залишків глюкози, сполучених між собою за типом 1,4 і 1,6. Молекулярна маса амілопектину – від 100 тис. до кількох мільйонів. На відміну від амілози, молекула якої має ниткоподібну форму, молекула амілопектину має сферичну конфігурацію. Амілопектин з гарячою водою утворює клейстер, а після охолодження – драглисту масу. З розчином йоду дає червоно-фіолетове забарвлення. Розділення крохмалю на амілозу і амілопектин здійснюють розчиненням у гарячій воді. Крохмаль має високу енергетичну ємність – близько 20 кДж/г. Це цінний продукт харчування, сировина для добування глюкози і етанолу; використовується в паперовій промисловості, для виробництва клеїв, як лікарський засіб і добавка до деяких лікарських препаратів, у текстильній промисловості (наприклад, при ситцевибиванні) тощо. В аналітичній хімії розчин крохмалю є індикатором на йод. У свою чергу, синє забарвлення, що з'являється при додаванні до крохмалю розчину йоду в йодиді калію, є характерною реакцією на крохмаль.

Йодкрохмальна реакція дуже чутлива і використовується в кількісному аналізі та в клінічній біохімії для визначення як крохмалю, так і йоду.

*Хід роботи.* Беруть бульбу картоплі, розрізають її на 2-4 частини. Свіжорозрізаний шар змочують розчином йоду в йодиді калію. Беруть кілька зерен рису, пшениці, жита, кукурудзи і наносять на них той самий розчин йоду. В обох випадках з'являється синє або синьо-фіолетове забарвлення, яке свідчить про наявність у цих об'єктах крохмалю.

*Хімізм.* Забарвлення крохмалю при додаванні розчину йоду в йодиді калію виникає в результаті адсорбування величезними молекулами крохмалю (їх молекулярна маса становить від сотень тисяч до кількох мільйонів) маленьких молекул йоду (його молекулярна маса 254). При нагріванні відбувається десорбція, комплекс крохмаль–йод розпадається; при охолодженні забарвлення відновлюється (відбувається адсорбція молекулами крохмалю молекул йоду).

## ***Робота 2. Ступінчастий гідроліз крохмалю***

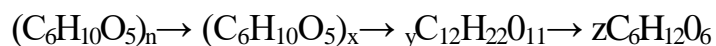
Крохмаль не має відновних властивостей (не відновлює реактив Фелінга, гідроксид купруму (II), не дає реакції «срібного дзеркала» тощо). Під час кислотного або ферментативного гідролізу молекули крохмалю розщеплюються з утворенням

молекул проміжних продуктів розпаду (декстринів, мальтози і глюкози). Високомолекулярні продукти розпаду молекули крохмалю обертають площину поляризації світла вправо і дістали назву *декстринів* (вони містять альдегідні групи і здатні давати відновні реакції).

Про наявність процесу гідролізу свідчить поява відновних сахарів. Штучний кислотний гідроліз крохмалю імітує ферментативні реакції розщеплення крохмалю в травному каналі людини й тварин. Він розпочинається в ротовій порожнині, де гідролітичне розщеплення молекул крохмалю відбувається під впливом ферментів слини (амілази і мальтази) і закінчується в тонкій кишці (під впливом ферментів підшлункової залози – тих самих амілази і мальтази).

*Хід роботи.* У пробірку наливають 9 мл 1 % розчину крохмального клейстеру і додають 1 мл концентрованої хлоридної кислоти. Вміст пробірки ретельно перемішують і рівномірно розподіляють у 5 хімічно чистих пробірок. Пробірки нагрівають на киплячому водяному нагрівнику, виймаючи їх по одній через 3, 5, 8, 12 і 20 хв. Вміст кожної пробірки порівню ділять на дві інші пробірки. В перших п'яти пробірках виконують реакцію Троммера (див. роботу 1 п. Моносахариди), в інших п'ять пробірок додають по кілька крапель йоду в розчині йодиду калію.

*Хімізм.* У процесі гідролізу молекула крохмалю поступово розщеплюється через ряд проміжних продуктів (декстринів, мальтози) до глюкози:



Крохмаль    Декстрин    Мальтоза    Глюкоза

У перших п'яти пробірках виразна реакція Троммера, як правило, спостерігається в четвертій пробірці, де є мальтоза, і в п'ятій пробірці, де утворилася глюкоза.

В інших п'яти пробірках залежно від ступеня гідролізу спостерігається різне забарвлення: у першій пробірці – синьо-фіолетове (містяться амілодекстрини і крохмаль), у другій – червоно-буре (еритродекстрини), у третій – оранжеве (ахро- і мальтозодекстрини), у четвертій – оранжево-жовте (мальтозодекстрини і мальтоза), в п'ятій – жовте і світло-жовте забарвлення (мальтоза і глюкоза). Звичайно, ці межі до деякої міри умовні, декстрини забарвлюються в результаті адсорбції їх молекулами йоду, мальтозодекстрини, мальтоза та глюкоза йод не адсорбують.

### ***Робота 3. Розчинення клітковини в аміачному розчині оксиду купруму (II)***

*Клітковина*, або *целюлоза* ( $C_6H_{10}O_5$ ), – полісахарид, що становить основу оболонки клітин рослин. У деревині міститься разом з геміцелюлозами, зокрема з

пентозанами й лігніном. Основа рослинних кормів. У листках міститься до 30 %, в деревині – до 40–70 %, у волокні бавовнику – до 95–98 % чистої клітковини.

Молекула клітковини – лінійний полімер, який складається, з 3–6 тис. залишків димеру  $\beta$ -D-глюкози (целобіози), сполучених між собою глікозидними зв'язками за типом 1,4, – структурної одиниці клітковини.

Молекулярна маса клітковини становить 10 – 20 млн.

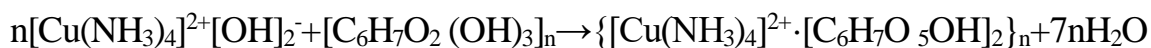
Клітковина – біла волокниста речовина без смаку й запаху, не розчиняється у воді, етанолі, діетиловому етері, ацетоні та інших органічних розчинниках. Розчиняється в реактиві Швейцера – розчині гідроксиду купруму (II), в концентрованому розчині аміаку –  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} (\text{OH})_2^-$ . Цю властивість використовують для добування мідно-аміачного шовку («штучного шовку»). Його ниткам властиві рівномірна структура, м'якість, еластичність і незначна щільність, їх міцність становить у середньому 120–180 мН/текст, відносне видовження – 10–40%. Штучний шовк добре фарбується органічними барвниками (кубовими, фталоціановими тощо). Випускається у вигляді ниток і штапельних волокон. Останні використовують у виробництві килимів та сукна (в поєднанні з вовною). Крім цього, штапельна нитка використовується для виготовлення трикотажу та легких тканин.

*Хід роботи.* Готують реактив Швейцера: беруть насичений розчин гідроксиду купруму (II) і концентрований розчин аміаку. До 100 мл 10 % розчину сульфату купруму додають 30–40 мл 10 % розчину їдкого натру. Добутий осад відфільтровують, промивають водою і розчиняють у 25 % розчині аміаку так, щоб залишилося трохи осаду.

Беруть суху пробірку, пінцетом вносять у неї невеликий шматочок гігроскопічної вати або фільтрувального паперу, додають 6 – 8 крапель реактиву Швейцера і енергійно збовтують. Вміст пробірки ретельно перемішують скляною паличкою до повного розчинення клітковини. До добутого в'язкого розчину додають кілька крапель води і збовтують. Вміст пробірки виливають у стакан з теплою водою (50–100 мл) і додають 2–3 мл концентрованої сульфатної або хлоридної кислоти. Випадають пластівці клітковини.

*Хімізм.* Клітковина–трьохатомний спирт  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2 (\text{OH})_3]_n$ . Взаємодіючи з реактивом Швейцера, вона утворює сполуки на зразок алканоліатів (алкоголіатів). На целюлозних комбінатах клітковину спочатку мерсеризують (обробляють їдким натром і промивають водою), потім розчиняють у реактиві Швейцера. Добутий в'язкий розчин клітковини пропускають крізь фільтри в посуд з сульфатною кислотою. Нейтралізують. Утворюються нитки, з яких прядуть мідно-аміачну тканину.

Утворення мідно-аміачного волокна ґрунтується на взаємодії реактиву Швейцера з клітковиною:

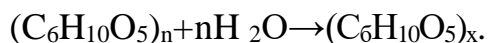


#### **Робота 4. Добування рослинного пергаменту**

*Рослинний пергамент* – продукт обробки паперу сульфатною кислотою, що не пропускає вологи й жирів. Названий на честь міста Пергам, де в 2 ст. до н.е. почали виготовляти особливий матеріал для письма. Нині штучним пергаментом називають жиронепроникний папір, який використовують для пакування різних речей та для технічних потреб, а також для друкування цінних документів.

*Хід роботи.* Беруть три склянки. В першу наливають 100 мл 80 % розчину сульфатної кислоти, в другу – дистильованої води, в третю – 5 % розчину аміаку. В першу склянку на 10-15с вносять смужку фільтрувального паперу, потім промивають протягом 1–2 хв у склянці з дистильованою водою і нейтралізують у розчині аміаку. Після висушування папір стає міцним і блискучим. Таких цінних якостей він набуває завдяки утворенню амілоїду – продукту неповного гідролізу клітковини. Амілоїд склеює волокна клітковини в міцну масу. На не оброблені кислотою та аміаком ділянки паперу наносять по кілька крапель розчину йоду в йодиді калію. Амілоїдні ділянки забарвлюються йодом у синій, необроблені - у буруватий колір.

*Хімізм.* Під час неповного гідролізу клітковини утворюються проміжні продукти гідролізу, які називають загальним терміном «амілоїд». Хімізм утворення амілоїду можна виразити таким рівнянням реакції:



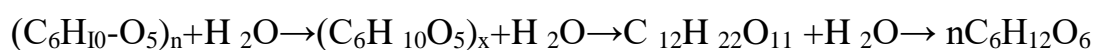
#### **Робота 5. Кислотний гідроліз клітковини**

*Клітковина* – полімер, побудований із залишків молекул  $\beta$ -D(+)-глюкози. Структурною одиницею клітковини є дисахаридна ланка целобіози, побудована з двох молекул ( $\beta$ -D (+)-глюкози. Клітковина – основа рослинних кормів для жуйних і травоядних тварин. У травному каналі (в передшлунках жуйних і ободовій кишці однокопитних) клітковина під дією бактеріальних ферментів (целюлази й целобіози) гідролізується до ( $\beta$ -D(+)-глюкози. Остання зазнає різних видів бродінь у кишковій трубці й використовується тваринним організмом для енергетичних та пластичних потреб (продукти цих бродінь - в основному ацетатна, бутанова, пентанова, лактатна та інші низькомолекулярні кислоти). Процес гідролізу клітковини до  $\beta$ -D(+)-глюкози в

організмі тварин відбувається під дією бактеріальних ферментів і його імітує кислотний гідроліз клітковини.

*Хід роботи.* У пробірку вносять 2-3 мл концентрованої сульфатної кислоти і кілька шматочків фільтрувального паперу. Вміст пробірки перемішують скляною паличкою до повного розчинення клітковини, після чого виливають у конічну колбу з 20–30 мл дистильованої води. Кип'ятять. За необхідності, коли вода википає, в колбу додають воду. Через годину після початку гідролізу з колби беруть 2-3 мл гідролізату, нейтралізують 10 % розчином їдкою натру і виконують реакцію Троммера.

*Хімізм.* Внаслідок кислотного гідролізу молекула клітковини поступово розщеплюється до проміжних (амілоїдів і целобіози) та кінцевих (глюкози) продуктів гідролізу:



### ***Робота 6. Відкриття лігніну в деревині***

*Лігнін* (від лат. lignum - дерево, деревина) - складна полімерна сполука, основа інкрустуючих речовин оболонки рослинних клітин. Разом з геміцелюлозою заповнює порожнечу між фібрилами целюлози. Відкладання лігніну в клітинних оболонках зумовлює здерев'яніння клітин рослин і збільшує їхню міцність. Це аморфна речовина жовто-коричневого кольору, молекулярна маса – від кількох тисяч до мільйона. Деревина листяних порід дерев містить до 20-25 % лігніну, хвойних - 35-50 % сухої маси. Мікрофібрили целюлози в оболонках клітин порівнюють з арматурою, між якою розміщені молекули лігніну, що створює майже «залізобетонну» структуру рослинної клітини. Це надає клітинам міцності.

Лігнін - нерегулярний полімер, молекула якого побудована із залишків фенолоспиртів (наприклад, коніферилового, 3,5-диметилокси-4-оксикоричного, або синапового спиртів) сполучених між собою карбон-карбонними або простими етерними зв'язками. Структуру лігніну поки що повністю не з'ясовано.

Лігнін може бути виділений з рослинних тканин розчиненням вуглеводних компонентів деревини (наприклад, гідролізом за наявності кислот) або самого лігніну (наприклад, дією лугів). У промисловості лігнін одержують як домішку під час добування целюлози та під час гідролізу рослинних матеріалів. Використовується в медицині й ветеринарії як деревинна вата у вигляді тонких гофрованих листків для перев'язування ран та інших травм.

*Хід роботи.* Беруть три пробірки. В кожну пробірку наливають по 2–3 мл 1 % водного розчину сульфату аніліну. В першу пробірку вносять соснову



скалку, в другу – смужку газетного паперу, в третю - шматочок фільтрувального паперу. Через кілька хвилин скалка і смужка газетного паперу забарвлюються в жовтий колір, оскільки в їх складі є лігнін. Фільтрувальний папір не забарвлюється, оскільки під час його виготовлення лігнін екстрагувався.

*Хімізм.* Вивчений недостатньо.

#### ◆ *Контрольні запитання і завдання*

1. Дайте визначення поняття «олігосахариди». Наведіть детальну класифікацію гомо- і гетерополісахаридів. Дайте коротку характеристику їх найважливіших представників.

2. Як добувають крохмаль, глікоген, інουλін, клітковину й лігнін? Які їхні фізичні та хімічні властивості? Дайте коротку характеристику будови їхніх молекул.

3. Як різняться за хімічним складом молекули амілози й амілопектину, крохмалю і клітковини?

4. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування етанолу з крохмалю та клітковини.

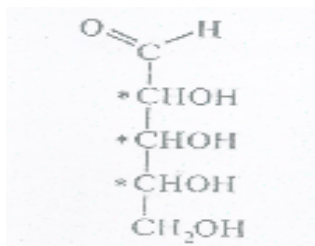
5. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування ацетатного і віскозного шовку з клітковини.

6. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування моно-, ди- і тринітроклітковини з клітковини й нітратної кислоти. Яке вони мають значення для медицини й ветеринарії, оборонної промисловості?

7. Які полісахариди використовують у медицині й ветеринарії та для яких цілей? Наведіть приклади.

## ✍ Тестові завдання

№ 1. Вкажіть число стереоізомерів, які можливі для альдопентози формулою:



- 1) три;
- 2) дев'ять;
- 3) шість;
- 4) вісім.

№ 2. Які ізомери моносахаридів називають аномерами? Виберіть правильні варіанти відповідей.

- 1) циклічні форми моноз, що відрізняються станом полуацетального гідроксилу;
- 2) циклічні форми моноз, що відрізняються конфігурацією у  $\text{C}_2$  і  $\text{C}_3$ ;
- 3) циклічні форми моноз, що відрізняються становищем глікозидного гідроксилу;
- 4) циклічні форми моноз, що відрізняються відносною конфігурацією у  $\text{C}_2$ .

№ 3. Як називається явище, пов'язане з мимовільною зміною величини оптичного обертання свіжоприготовлених розчинів моносахаридів?

- 1) інверсія;
- 2) ізомеризація;
- 3) мутаротація;
- 4) епімеризація.

№ 4. Вкажіть моносахарид, що належать до гексози:

- 1) ксилоза;
- 2) маноза;
- 3) арабіноза;
- 4) рибоза.

№ 5. Циклічні форми моносахаридів у хімічному відношенні є:

- 1) циклічні прості ефіри;
- 2) циклічні складні ефіри;
- 3) циклічні полуацеталі;
- 4) ангідриди;
- 5) циклічні полукеталі.

**№ 6.** Чим пояснюється явище мутаротації моносахаридів?

- 1) зміною конфігурації при нижньому асиметричному атомі вуглецю;
- 2) епімерними перетвореннями моносахаридів;
- 3) взаємними перетвореннями таутомерних форм моносахаридів у розчині та встановленням рівноваги між ними;
- 4) зміною конфігурацій циклічних форм моносахаридів.

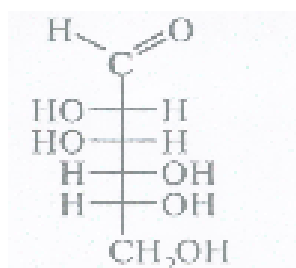
**№ 7.** Як називається гідроксильна група, що утворюється при циклізації моносахаридів?

- 1) епімерний гідроксил;
- 2) полуацетальний гідроксил;
- 3) аномерний гідроксил;
- 4) полукетальний гідроксил;
- 5) енольний гідроксил.

**№ 8.** D-глюкоза і D-маноза є епімерами, тому що:

- 1) мають однакове число центрів хіральності;
- 2) відрізняються конфігурацією при верхньому асиметричному атомі вуглецю;
- 3) мають різне число центрів хіральності;
- 4) відносяться до одного стереохімічного ряду;
- 5) відрізняються конфігурацією при нижньому асиметричному атомі вуглецю.

**№ 9.** Як називається моносахарид, що має формулу:



1) D-глюкоза;

4) L-галактоза;

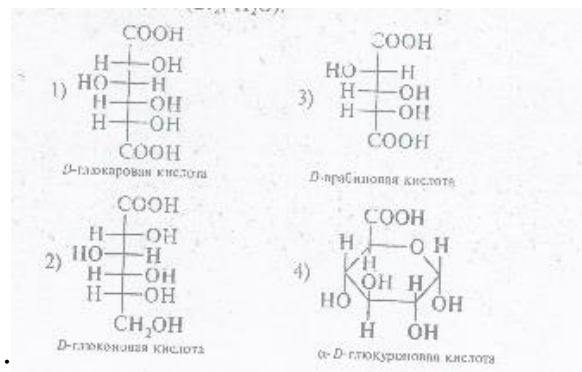
2) L-глюкоза;                      5) D-маноза;

3) D-галактоза;                  6) L-маноза.

**№ 10.** Скільки асиметричних атомів вуглецю міститься в молекулі  $\beta$ -D-фруктофуранози?

- 1) один;
- 2) чотири;
- 3) п'ять;
- 4) три;
- 5) два.

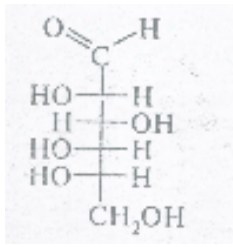
**№ 11.** Вкажіть формулу продукту взаємодії D-глюкози з бромною водою  $Br_2$ ,  $H_2O$ :



**№ 12.** Вкажіть, що утворюється при окисненні глюкози реактивом Фелінга:

- 1) сорбіт +  $CO_2$ ;
- 2) глюкуронова кислота +  $Cu_2O$ ;
- 3) глюконова кислота +  $Cu$ ;
- 4) глюкарова кислота +  $CuO$ ;
- 5) суміш продуктів окислення +  $Cu_2O$ .

**№ 13.** Що означає знак «-» у назві L(-)- глюкози:



- 1) відносну конфігурацію при C<sub>4</sub>;
- 2) лівообертальний ізомер;
- 3) правообертальний ізомер;
- 4) відносну конфігурацію при C<sub>5</sub>;
- 5) відносну конфігурацію при C<sub>2</sub>.

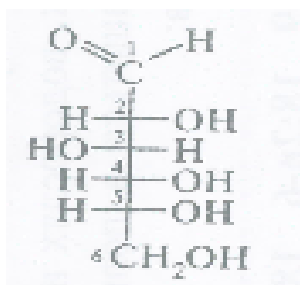
**№ 14.** *Оберіть реagenти, здатні окислювати альдозу:*

- 1) соляна кислота;
- 2) азотна кислота;
- 3) реактив Фелінга;
- 4) бромна вода та натрію гідроксид;
- 5) спиртовий розчин.

**№ 15.** *У які з перерахованих реакцій, характерних для альдегідів, вступають моносахариди?*

- 1) утворення гідросульфідних похідних;
- 2) утворення ціангідридів;
- 3) утворення оксимів;
- 4) утворення фенілгідразонів;
- 5) взаємодія з фуксинсірчаною кислотою.

**№ 16.** *Що означає буква «D» в назві D-(+)- глюкози?*



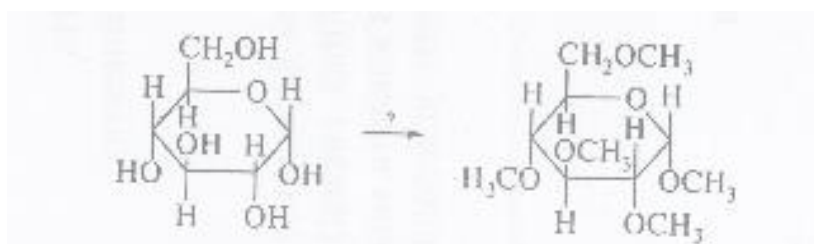
- 1) правообертальний ізомер;
- 2) лівообертальний ізомер;
- 3) відносну конфігурацію при C<sub>2</sub>;

- 4) відносну конфігурацію при C<sub>4</sub>;
- 5) відносну конфігурацію при C<sub>5</sub>.

**№ 17.** Вкажіть реагент, який використовується для відмінності альдоз від кетоз:

- 1) бромна вода;
- 2) фенілгідразин;
- 3) реактив Фелінга;
- 4) реактив Толленса;
- 5) реактив Селіванова.

**№ 18** Вкажіть, взаємодія з якими із вказаних реагентів зумовлює утворення метил-2,3,4,6-тетраметил- $\alpha$ -D-глюкопіранозиду:



- 1) CH<sub>3</sub>, HCl
- 2) CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>
- 3) CH<sub>3</sub>I

- 4) CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>
- 5) (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SC<sub>4</sub>

**№ 19.** Амілопектин (нерозчинна у воді частина крохмалю) - полімер розгалуженої структури, молекули якого складаються:

- 1) з  $\alpha$ -D-глюкопіранозних залишків, пов'язаних  $\alpha$ -1,2-глікозидним зв'язком;
- 2)  $\beta$ -D-глюкопіранозних залишків, пов'язаних  $\beta$ -1,2-глікозидним зв'язком;
- 3) з  $\alpha$ -D-глюкопіранозних залишків, пов'язаних  $\alpha$ -1,4- і  $\alpha$ -1,6-глікозидними зв'язками;
- 4)  $\beta$ -D-глюкопіранозних залишків, пов'язаних  $\beta$ -1,4-глюкозидним зв'язком;
- 5)  $\alpha$ -D-глюкопіранозних залишків, пов'язаних  $\alpha$ -1,4-глюкозидним зв'язком.

20. Вкажіть дисахарид:

- а)  $C_6H_{12}O_6$ ;
- б)  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ;
- в)  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ;
- г)  $C_5H_{10}O_5$  ;
- д)  $C_{11}H_{20}O_{10}$ .

21. Як для альдегіда для глюкози характерні реакції:

- а) утворення глюконату міді з  $Si(OH)_2$ ;
- б) естерифікація з кислотами ;
- в) окиснення  $Ag_2O$ ;
- г) відновлення  $Si(OH)_2$  до  $Si_2O$ ;
- д) відновлення  $H_2$  до багатоатомного спирту;
- е) взаємодія з лужними металами.

22. Ізомером сахарози є:

- а) фруктоза;
- б) глюкоза;
- в) мальтоза;
- г) крохмаль;
- д) клітковина.

23. Вибрати формулу крохмалю:

- а)  $C_6H_{12}O_6$ ;
- б)  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ;
- в)  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ;
- г)  $C_5H_{10}O_5$ ;
- д)  $C_{11}H_{20}O_{10}$ .

24. Вказати схему спиртового бродіння глюкози:

- а)  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ ;
- б)  $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ ;
- в)  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ ;
- г)  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$ ;
- д)  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$ .

25. Вибрати формулу фруктози:

- а)  $CH_2(CHOH)_4COH$ ;
- б)  $CH_2(CHOH)_3COCH_2OH$ ;
- в)  $CH_2(CHOH)_4COOH$ .

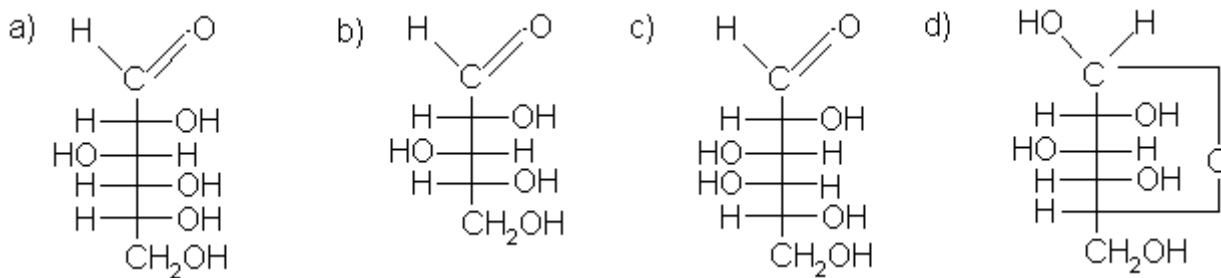
26. Вкажіть полісахариди:

- а) глікоген;
- б) сахароза;
- в) глюкоза;
- г) фруктоза;
- д) крохмаль;
- е) клітковина.

27. Вкажіть формулу пентози:

- а)  $C_6H_{12}O_6$ ;
- б)  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ;
- в)  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ;
- г)  $C_5H_{10}O_5$ ;
- д)  $C_{11}H_{20}O_{10}$ .

28. Назвіть наведені сполуки за систематичною номенклатурою :



29. Вкажіть рівняння реакції відновлення глюкози:

- а)  $C_6H_{12}O_6 + H_2 \rightarrow CH_2OH-(CHOH)_4CH_2OH$ ;
- б)  $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ ;
- в)  $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2$ ;
- г)  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$ ;
- д)  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$ .

30. Клітковина – це природний полімер, мономером якого є:

- а) сахароза ;
- б) декстрини;
- в)  $\alpha$  –глюкоза;
- г)  $\beta$ - глюкоза ;



д) мальтоза.

31. Напишіть структурні формули Хеуорса таких сполук:

а)  $\alpha$ -D-галактопіраноза;

б)  $\beta$ -D-рибофураноза;

в)  $\alpha$ -D-фруктофураноза;

г)  $\beta$ -D-глюкофураноза;

д) L-глюкози.

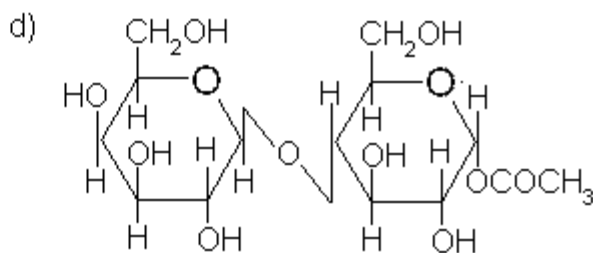
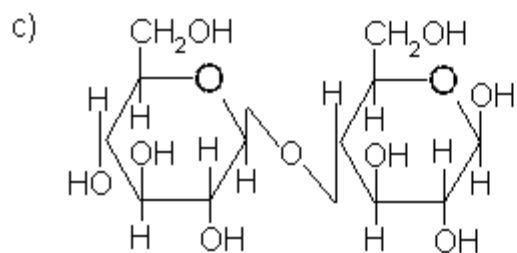
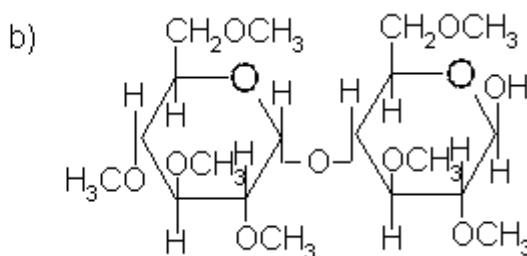
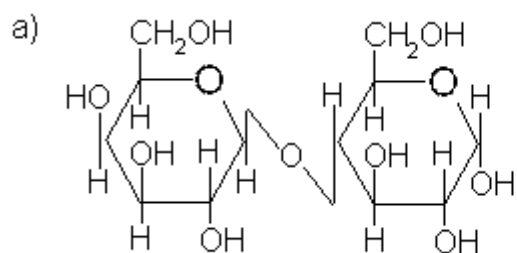
32. Напишіть структурні формули наступних сполук:

а)  $\alpha$ -мальтоза;

б) метил- $\alpha$ -D-лактозид;

в) целобіонова кислота.

33. Назвіть наведені сполуки за систематичною номенклатурою:



34. Оберіть вірні назви (букви) до перелічених дисахаридів (цифри):

а) лактоза;

б) мальтоза;

в) сахароза;

г) целобіоза.

1) галактозо( $\beta$ 1-4)глюкоза;

2) глюкозо( $\beta$ 1-4)глюкоза;

3) глюкозо( $\alpha$ 1-4)глюкоза;

4) глюко-зо( $\alpha$ 1-2)фруктоза.

35. Вкажіть моносахариди (букви), що входять до складу оліго- та полісахаридів(цифри):

- а) –глюкоз;
- б) -глюкоза, -фруктоза;
- в) -глюкоза, -галактоза;
- г) -глюкоза.

36. Розподіліть вуглеводи (букви) до відповідних класів (цифри):

- а) глюкоза;
- б) глікоген;
- в) лактоза.

- 1) моносахариди;
- 2) олігосахариди;
- 3) полісахариди.

37. Оберіть моносахариди, що є мономером глікогену:

- а) галактоза;
- б) глюкоза;
- в) фруктоза;
- г) сахароза.

38. Лактоза - це дисахарид, який складається із залишків:

- а)  $\alpha$ -манози та  $\beta$ -глюкози;
- б)  $\beta$ -галактози та  $\alpha$ -глюкози;
- в)  $\alpha$ -глюкози та  $\beta$ -фруктози;
- г)  $\alpha$ -манози та  $\beta$ -галактози.

39. Тип зв'язку між моносахаридними залишками в мальтозі:

- а)  $\alpha$ -1,2-глікозидний;
- б)  $\alpha$ -1,4-глікозидний;
- в)  $\beta$ -1,4-галактозидний;
- г)  $\alpha$ -1,6-глікозидний.