

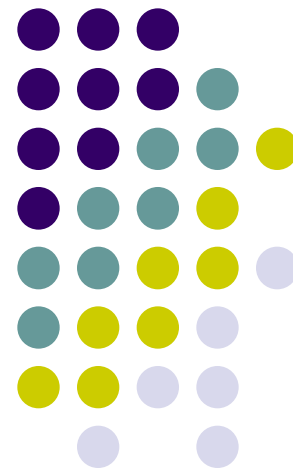
# Лекція 2. Гетерофункціональні сполуки.

Гідроксикислоти.

Оксокислоти.

Амінокислоти

Старший викладач, к.х.н,  
Яновська Анна Олександрівна



# Після засвоєння данного матеріалу ви повинні знати:



1. Будову найважливіших гідрокси-, оксо- та амінокислот.
2. Вміти пояснити властивості гідрокси- та оксокислот як гетерофункціональних сполук, а також специфічні реакції  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$ -гідроксикислот.
3. Уміти обґрунтувати амфотерність амінокислот і знати основні хімічні властивості за обома функціональними групами.
4. Вміти пояснити явище кето-єнольної таутомерії на прикладі ацетооцтового естеру.
5. Уміти складати формули енантіомерів, що відносяться до L- і D-ряду. Пояснити відмінності їх властивостей і біологічної активності.
5. Знати особливості дзеркальної ізомерії з двома хіральними центрами.
6. Пептидний зв'язок, його утворення. Знати особливості структурної організації білку.

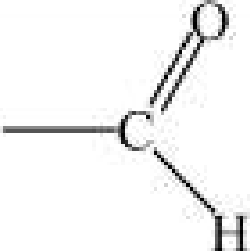
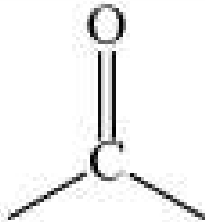
**Гетерофункціональні сполуки – органічні речовини, які містять дві або більше різних функціональних груп.**



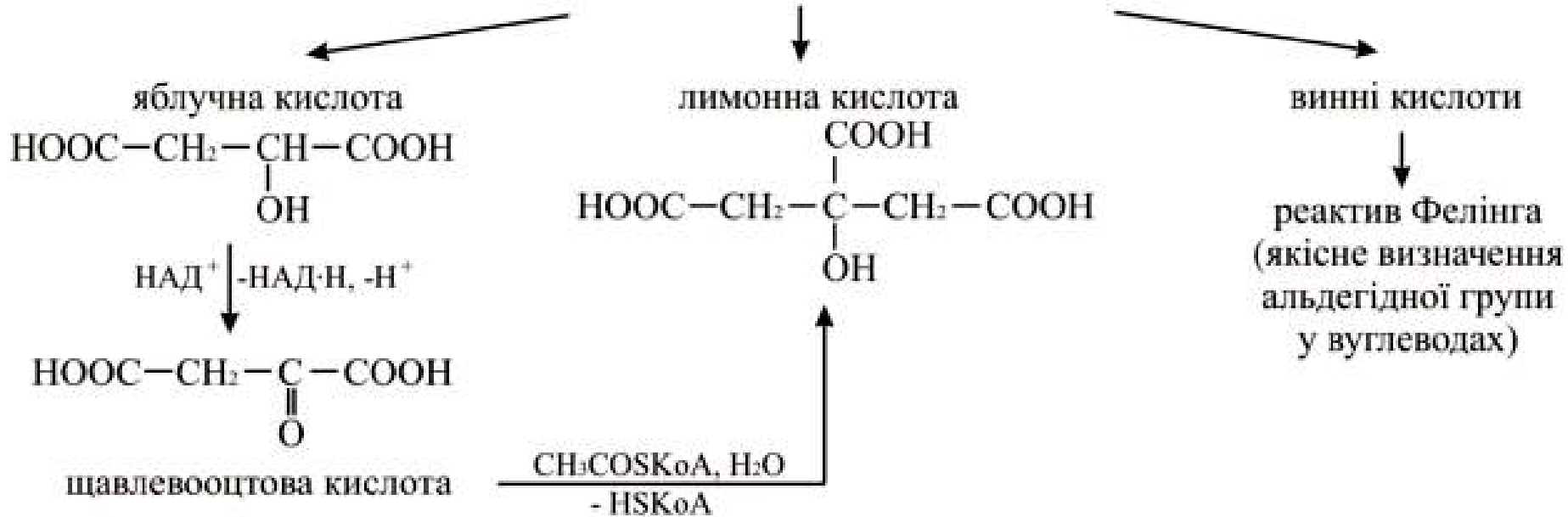
- **Гідроксокислоти** – похідні карбонових кислот, які містять у вуглеводневому радикалі одну або декілька гідроксильних груп.
- **Оксокислоти** – це сполуки, які містять одночасно карбонільну та карбоксильну групу.
- **Амінокислоти** – азотовмісні сполуки, що містять одночасно аміногрупу та карбоксильну групу

# Найпоширеніші класи гетерофункціональних сполук

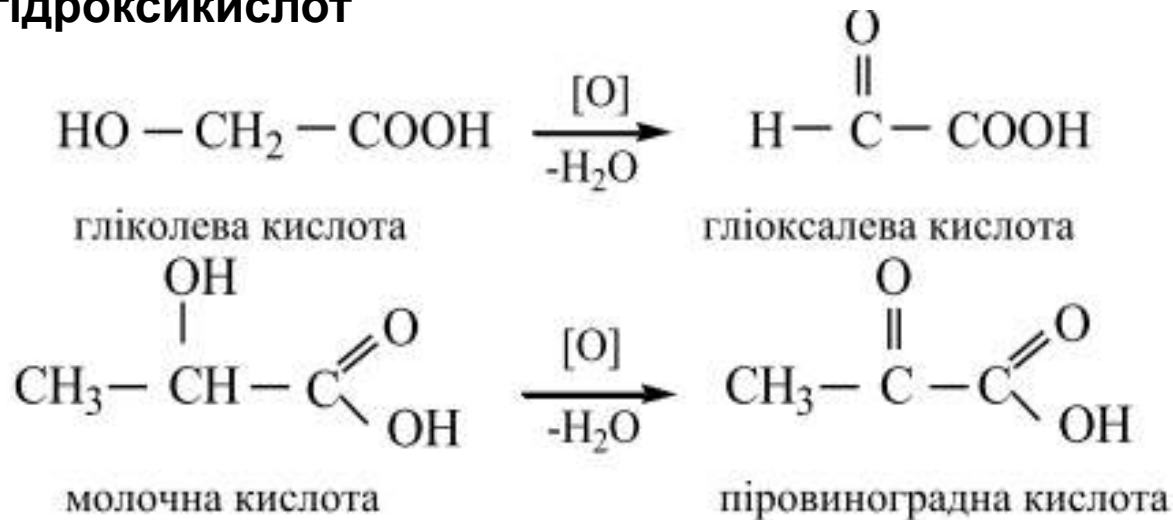


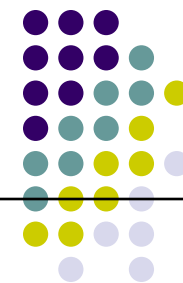
Назва класу	Функціональні групи	
Гідроксикислоти	–OH	–COOH
Альдегідокислоти (оксикислоти)		–COOH
Кетокислоти (оксикислоти)		–COOH
Амінокислоти	–NH <sub>2</sub>	–COOH
Аміноспирти	–NH <sub>2</sub>	–OH

# Полігетерофункціональні сполуки



## Окиснення гідроксикислот



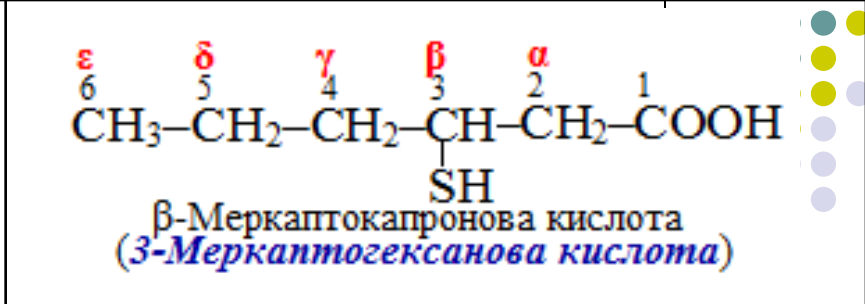


# Класифікація і номенклатура заміщених кислот

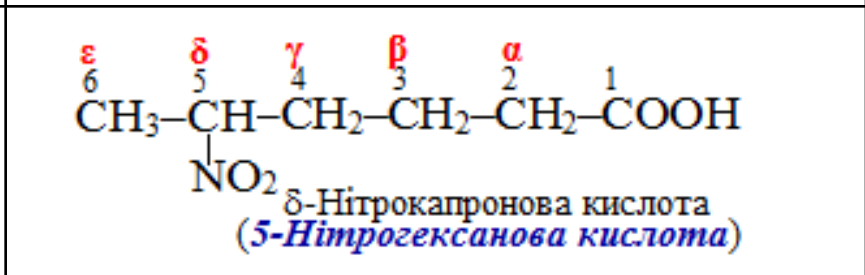
№	Типи заміщених карбонових кислот	Приклад
<b>Монозаміщені кислоти</b> (містять в своєму складі, крім характеристичної карбоксильної групи COOH, ще одну іншу функціональну групу)		
1	Амінокислоти, до складу яких входить аміногрупа	$\begin{array}{cccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & 1 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & \\ \text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{COOH} \\   & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & \end{array}$ <p style="text-align: center;">ε-Амінокапронова кислота (6-Аміногексанова кислота)</p>
2	Гідроксикислоти, (містять гідроксильну групу)	$\begin{array}{cccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & 1 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{COOH} \\ & & & &   & \\ & & & & \text{OH} & \end{array}$ <p style="text-align: center;">α-Гідроксикапронова кислота (2-Гідроксигексанова кислота)</p>
3	Оксокислоти (до складу входить оксогрупа >C=O)	$\begin{array}{cccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & 1 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{C} & -\text{CH}_2 & -\text{COOH} \\ & & &    & & \\ & & & \text{O} & & \end{array}$ <p style="text-align: center;">β-Оксокапронова кислота (3-Оксогексанова кислота)</p>



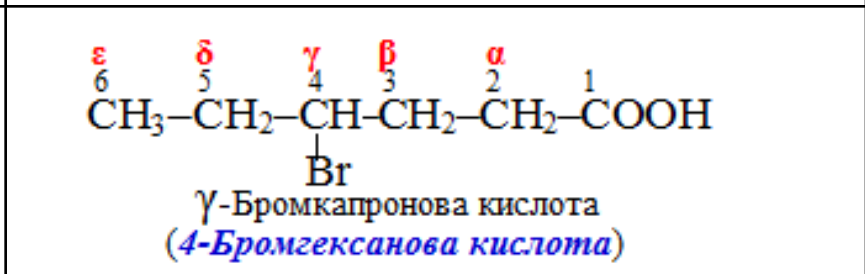
**4** Меркаптокислоти, або тіокислоти (до їх складу входить меркаптогрупа –SH)



**5** Нітрокислоти



**5** Галогенозаміщені кислоти (містять атоми галогенів: F, Cl, Br, I)

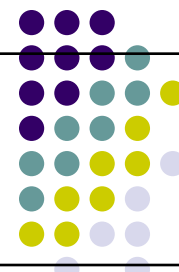


**Полізаміщені карбонові кислоти**

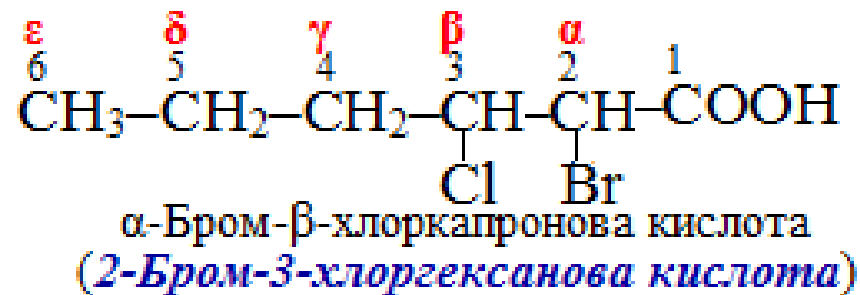
**6** Можуть містити дві чи більше однакових функціональних груп



# Гетерозаміщені карбонові кислоти

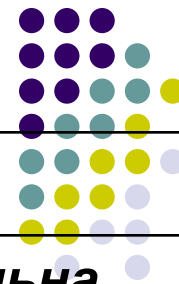


7 Можуть містити декілька різних функціональних груп

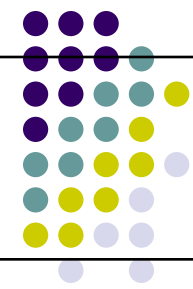




# Номенклатура гідроксикислот



<i>Структура кислоти</i>	<i>Назва</i>	
	<i>номенклатура IUPAC</i>	<i>Тривіальна номенклатура</i>
<i>Одноосновні двохатомні кислоти</i>		
$\text{HO}-\text{COOH}$	Гідроксиметанова	Гідроксимурашина, вугільна, карбонатна
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	2-Гідроксиетанова	Гліколева, гідроксиоцтова
$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{HO})-\text{COOH}$	2-Гідроксипропанова	Молочна, $\alpha$ -гідроксипропіонова
$\text{CH}_2(\text{HO})-\text{CH}_2-\text{COOH}$	3-Гідроксипропанова	$\beta$ -Гідроксипропіонова
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{HO})-\text{COOH}$	2-Гідроксибутанова	$\alpha$ -Гідроксимасляна
$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{HO})-\text{CH}_2-\text{COOH}$	3-Гідроксибутанова	$\beta$ -Гідроксимасляна
$\text{CH}_2(\text{HO})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	4-Гідроксибутанова	$\gamma$ -Гідроксимасляна

$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}(\text{HO})-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-Гідрокси-2-метилпропанова	α-Гідрокси ізомасляна	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	3-Гідрокси-2-метилпропанова	β-Гідрокси ізомасляна	

*Двохосновні триатомні кислоти*

$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-Гідроксибутандиова	Яблучна
--	----------------------	---------

*Двохосновні чотириатомні кислоти*

$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	2,3-Дигідроксибутандиова	Винна
--	--------------------------	-------

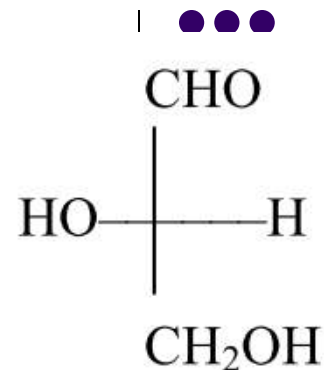
*Триосновні чотириатомні кислоти*

$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	3-Гідрокси-3-карбоксипентандиова	Лимонна, 2-Гідроксипропан-1,2,3-трикарбонова
--	----------------------------------	---

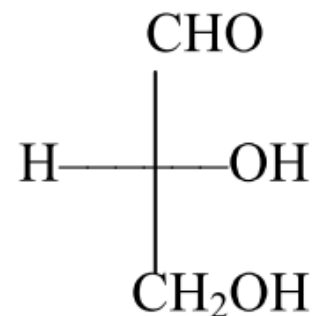
# Ізомерія гідроксикислот

Для гідроксикислот властиві різні види ізомерії, здебільшого зумовлені наявністю асиметричного (хірального атому), який утворює чотири зв'язки з різними замісниками. У нього повністю відсутня симетрія).

У зв'язку з цим молекули не можуть бути суміщені зі своїм віддзеркаленням (як права та ліва рука), такі молекули обертають в розчинах площину поляризованого світла вліво (-), чи вправо (+). Такі ізомери, що мають однакові фізичні та хімічні властивості та відносяться один до одного як предмет до свого дзеркального відображення називаються **енантиомери (оптичні ізомери)**. Якщо кількість лівообертаючих і правообертаючих ізомерів у розчині однакова така суміш називається **рацематом**.



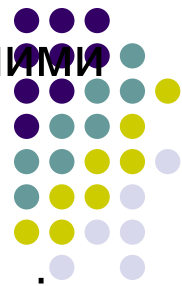
L(-) – Гліцериновий альдегід



D(+) – Гліцериновий альдегід

Кількість стереоізомерів  $= 2^n$ , де  $n$  – кількість хіральних центрів в молекулі.

- Енантіомери** по-різному взаємодіють з іншими хіральними молекулами, зокрема, з речовинами природного походження, які утворюються в біологічних об'єктах. Наприклад, якщо один з енетіомерів токсичний, то інший може і не мати такої властивості. Якщо один з енантіомерів – вітамін, то інший – ні.

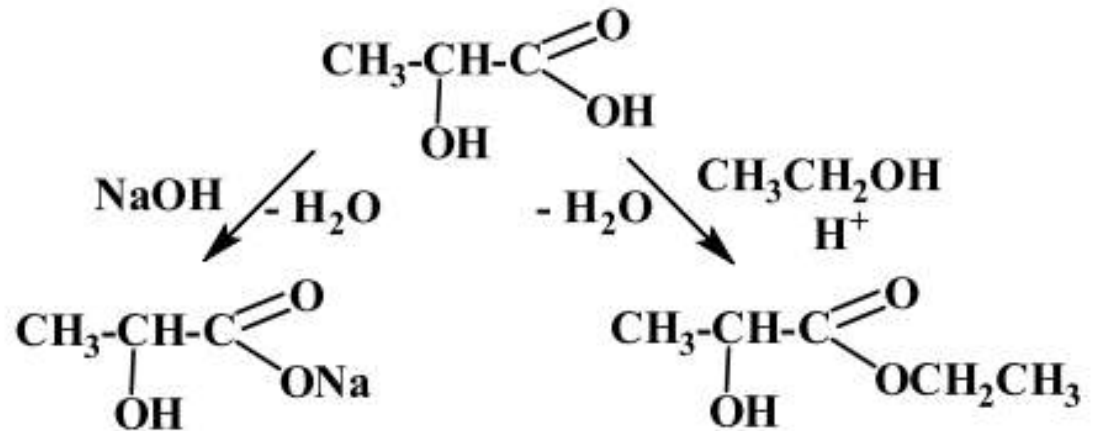


		Хіральний центр		
		Молочна кислота		
<b>D(-)</b> лівообертаюча, утворюється при молочнокислому бродінні вуглеводів (скисання молока)			<b>L(+)</b> правообертаюча (м'ясомолочна), утворюється при анаеробному окисненні вуглеводів, міститься у м'язах	
$[\alpha] = -2,6^{\circ}$			$[\alpha] = +2,6^{\circ}$	

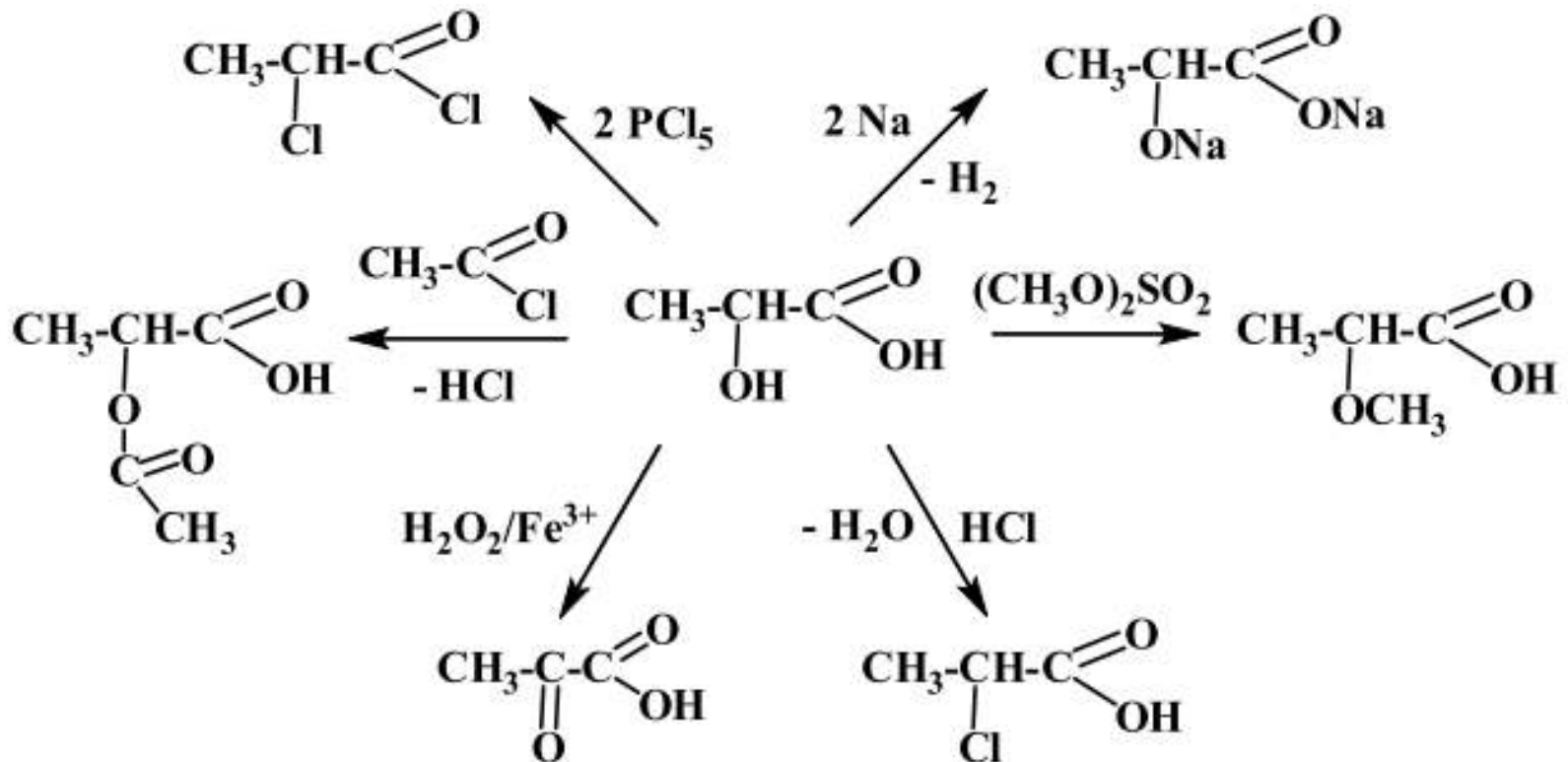
# Хімічні властивості гідроксикислот



а) реакції карбоксильної групи



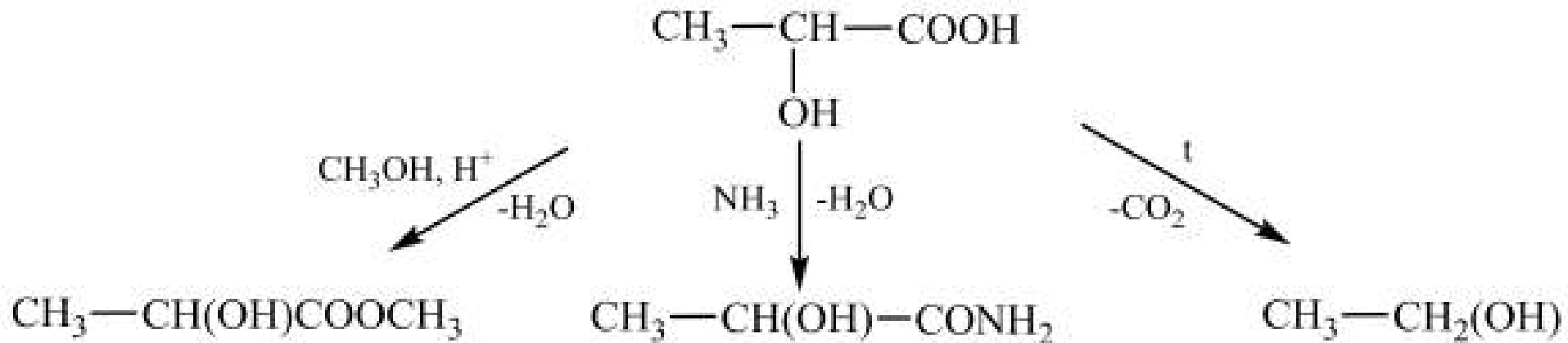
б) реакції гідроксильної групи



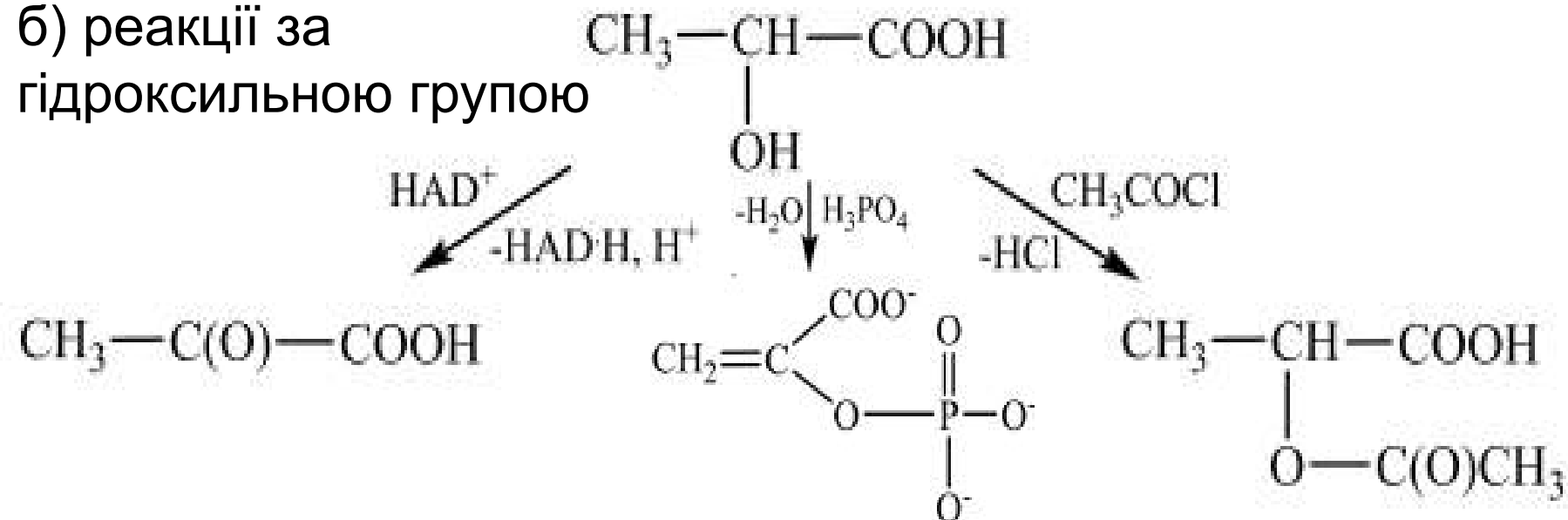
# Хімічні властивості гідроксикислот



- Реакційна здатність сполук зумовлена наявністю в їх структурі двох функціональних груп і представлена схемою. а) реакції за карбоксильною групою



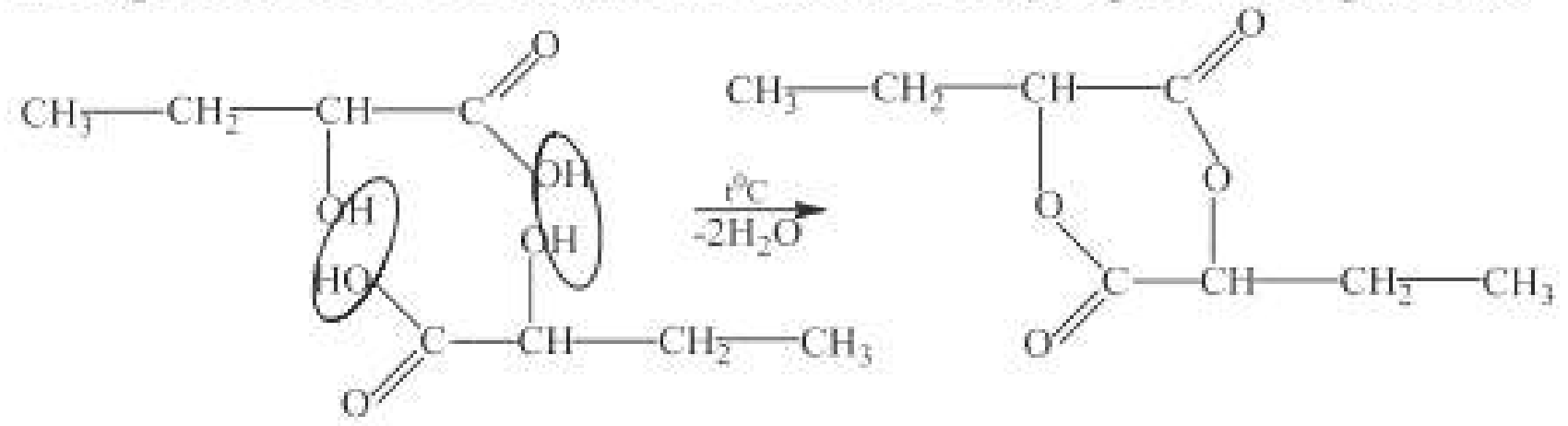
б) реакції за гідроксильною групою



# Специфічні властивості

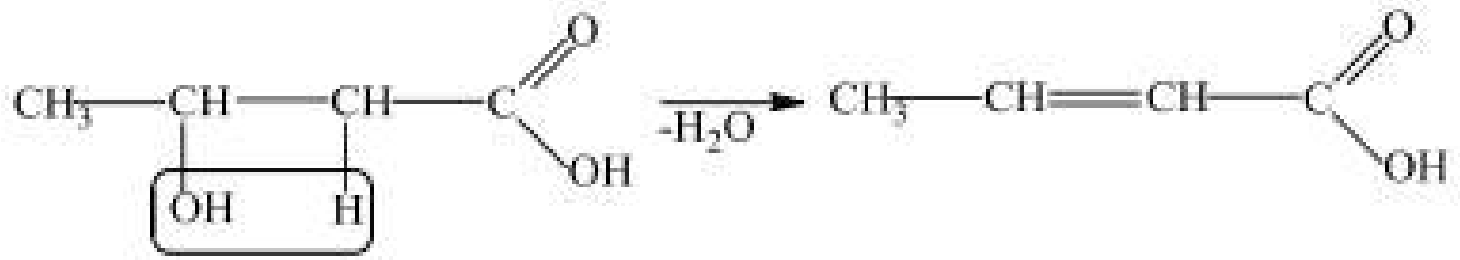
## 1. Відношення до нагрівання

$\alpha$ -гідроксикислоти підлягають *міжмолекулярній дегідратації*



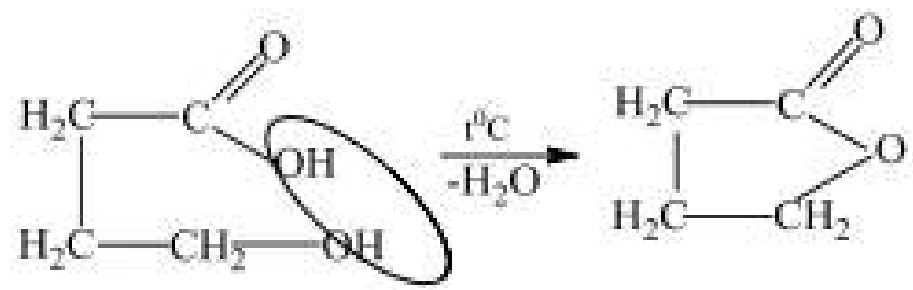
**Лактид** (циклічний складний ефір)

$\beta$ -гідроксикислоти підлягають *внутрішньомолекулярній дегідратації*



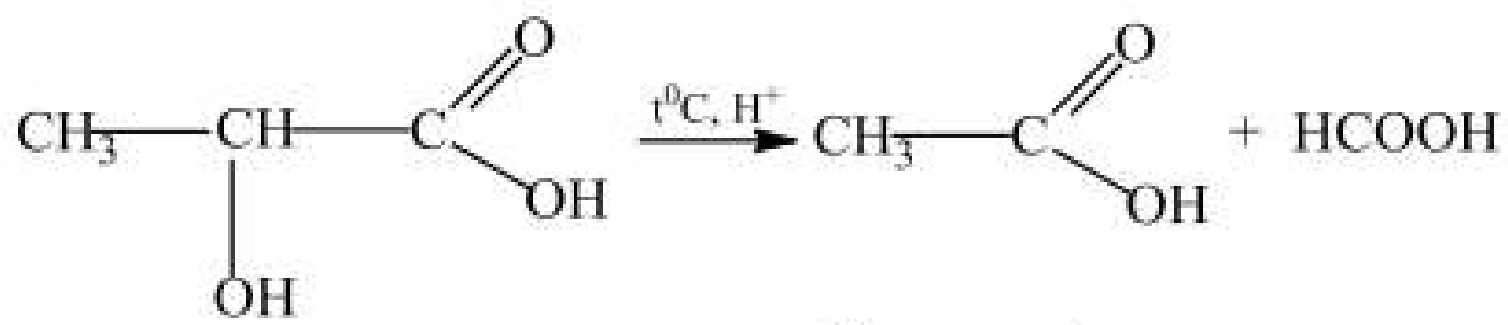
**Ненасичена карбонова кислота**

**γ-гідроксикислоти** підлягають **внутрішньомолекулярній дегідратації**



**Лактон** (γ-бутиролактон)

**2. Відношення α-гідроксикислот до нагрівання в присутності мінеральних кислот (одним з продуктів реакції завжди є мурашина кислота)**



**молочна кислота**

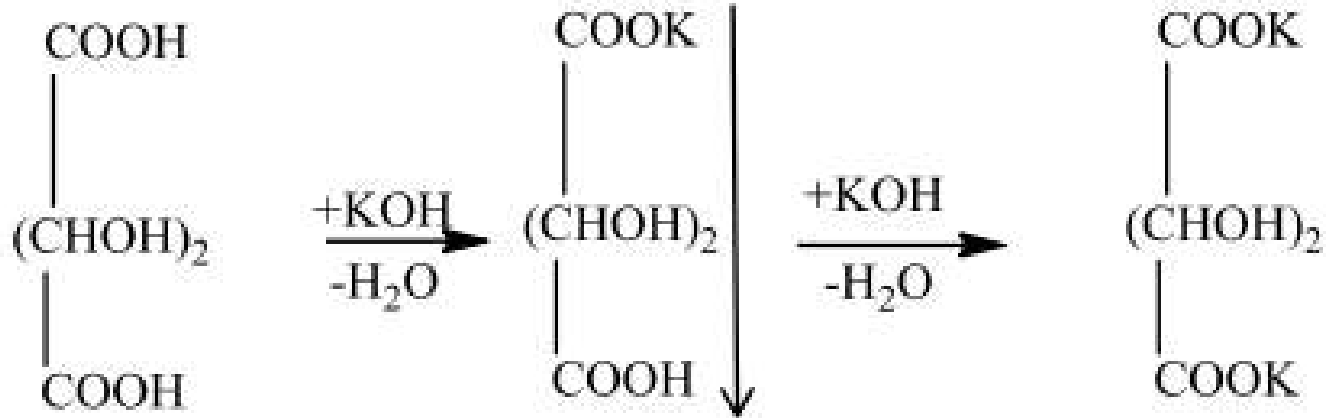
**оцтовий альдегід**

**мурашина кислота**



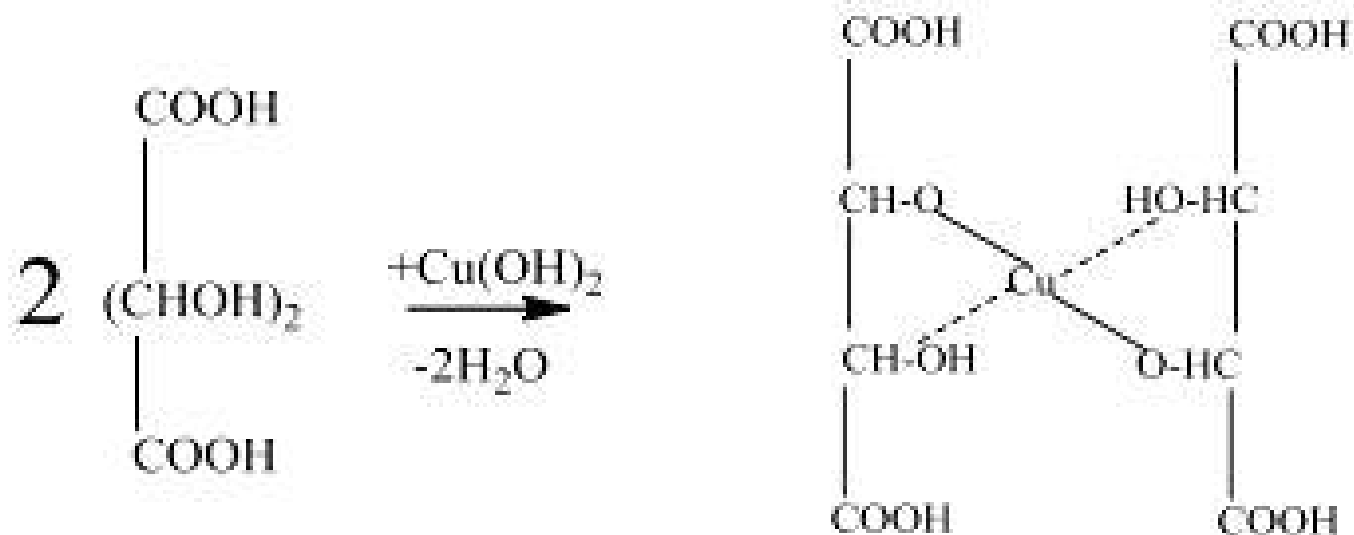
## Якісні реакції гідроксикислот

- **Реакції винної кислоти за карбоксильною групою з утворенням солей - тартратів:**

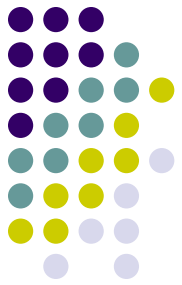


Калію гідротартрат (винний камінь)

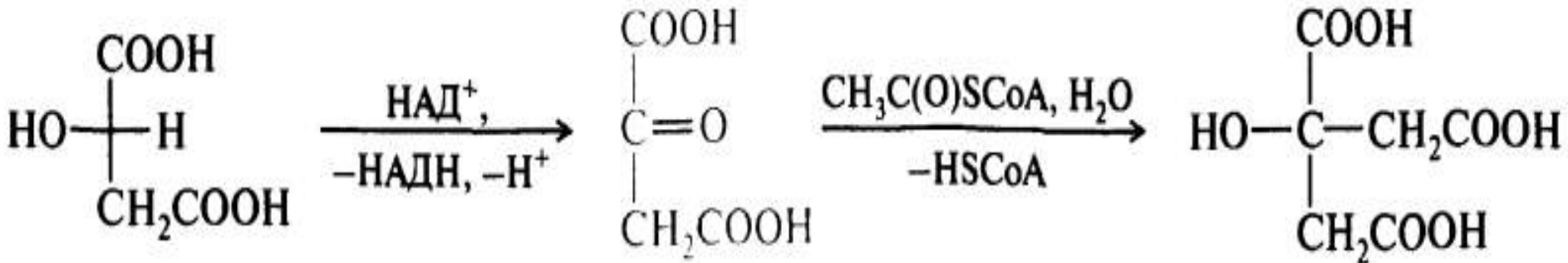
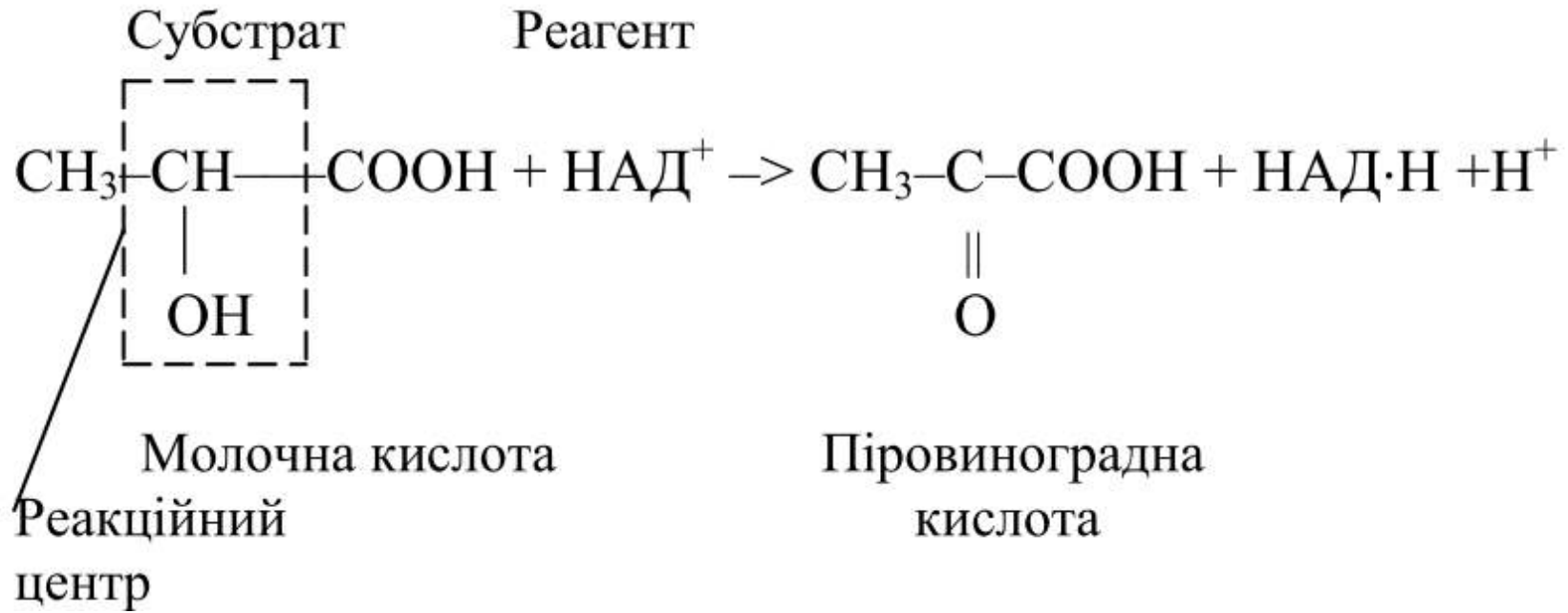
**Реакція винної кислоти як багатоатомного спирту:**



Волошково-синій колір

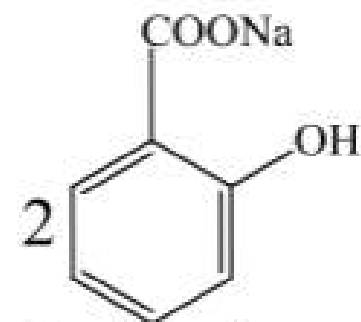
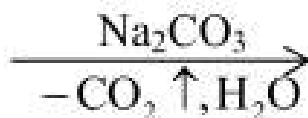
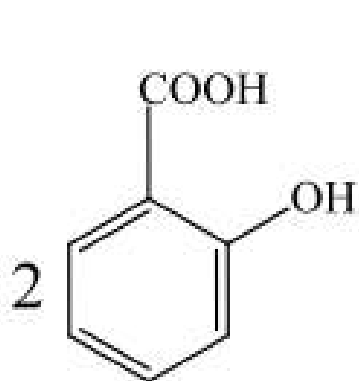


# Окиснення молочної кислоти в організмі:

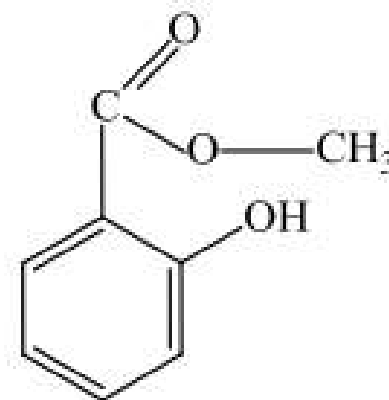
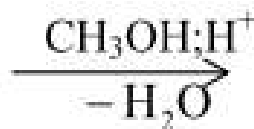
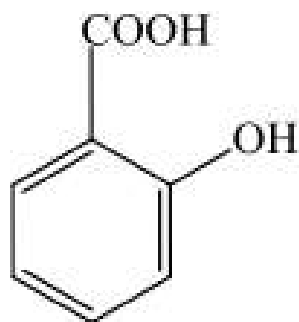


L-яблучна кислота    щавелевоцтова кислота    лимонна кислота

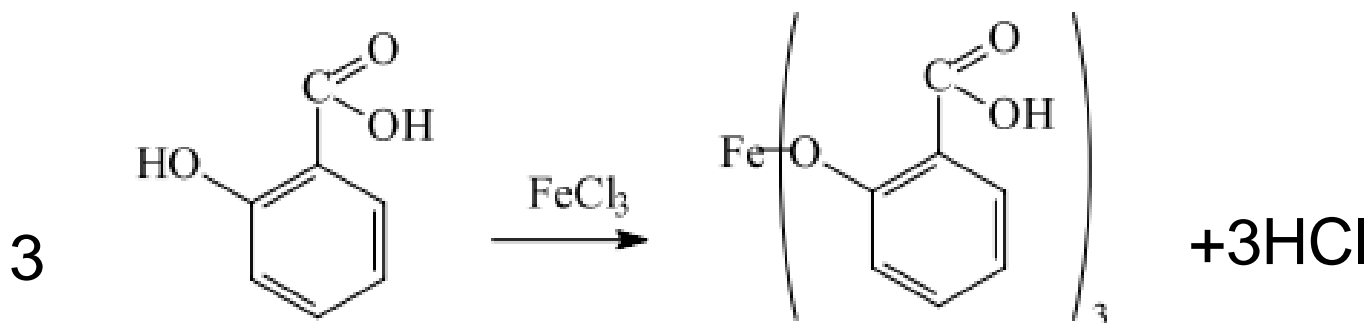
# Хімічні властивості саліцилової кислоти



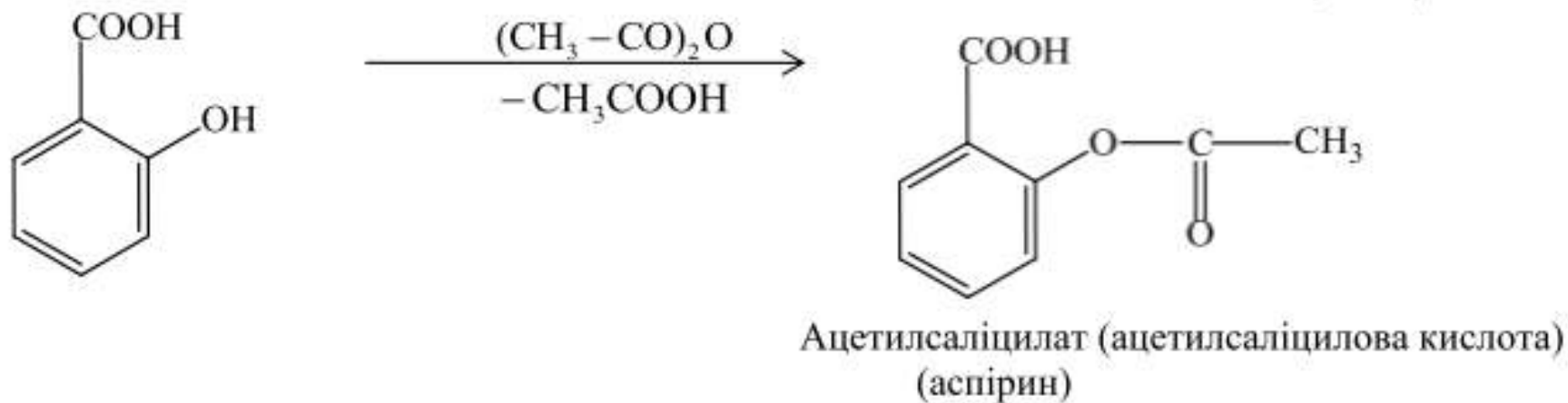
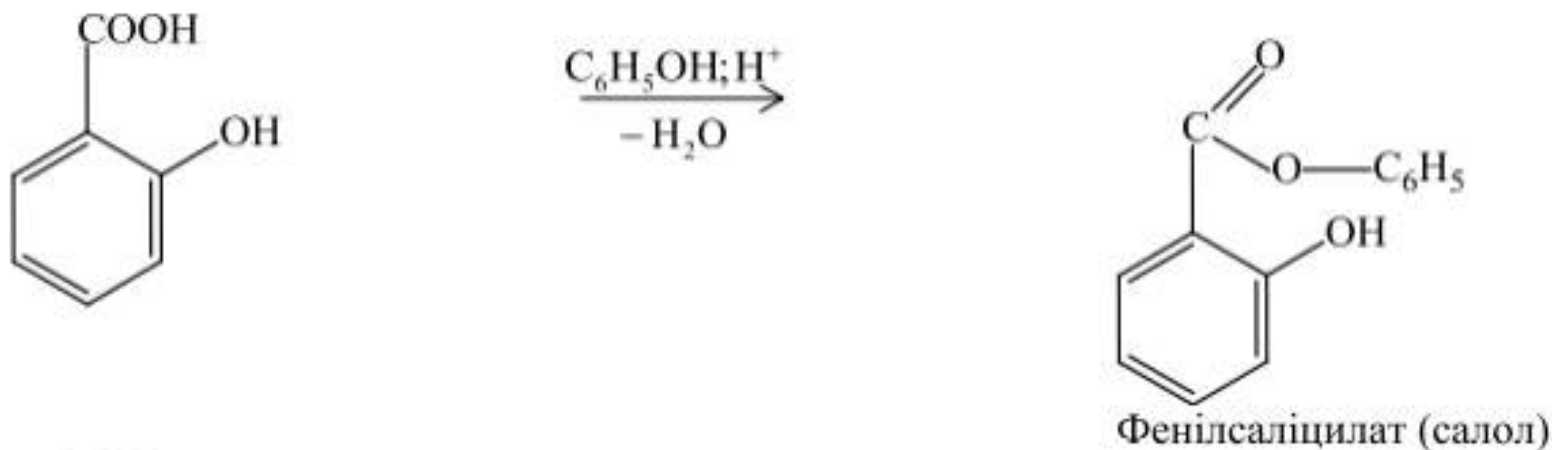
Натрію саліцилат



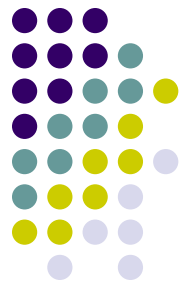
Метилсаліцилат



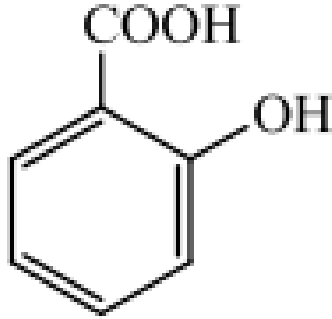
Якісна реакція для похідних саліцилової кислоти – взаємодія з  $\text{FeCl}_3$  (реакція гідроксогрупи) з утворенням сполук СИНЬО-ФІОЛЕТОВОГО КОЛЬОРУ.



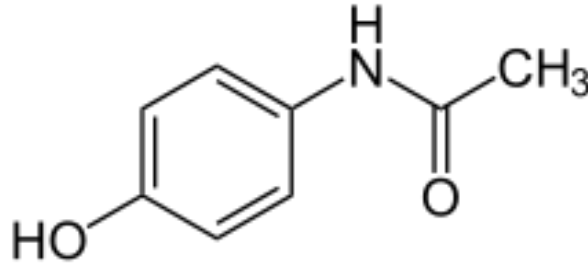
# Похідні гетерофнкціональних сполук що використовуються в медицині



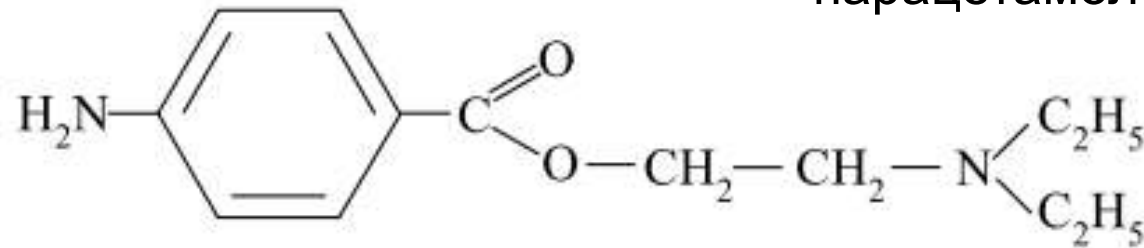
## 1 Похідні саліцилової кислоти



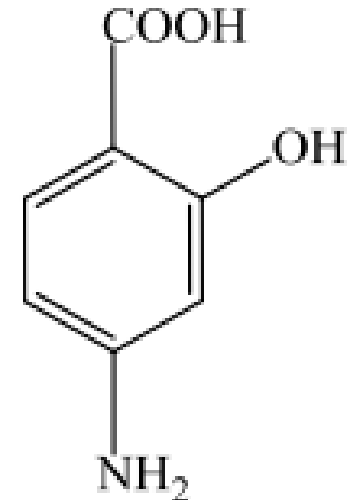
Метилсаліцилат, фенілсаліцилат



парацетамол



Новокаїн

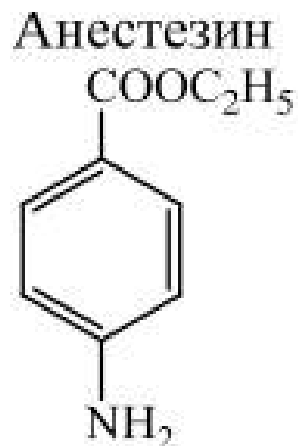
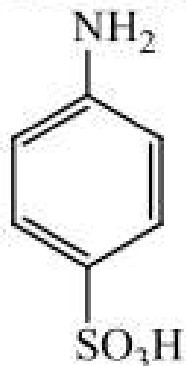


п-аміносаліцилова кислота

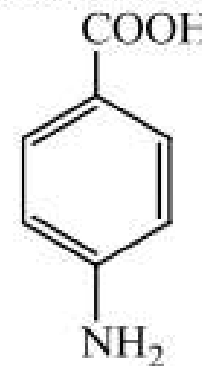
Похідні бензену використовують як вихідну сировину для одержання багатьох ліків



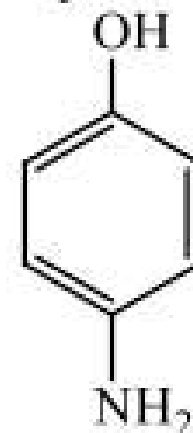
2 Похідні сульфанілової кислоти



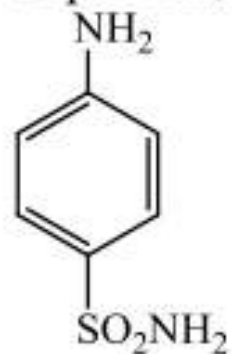
3 Похідні п-амінобензойної кислоти



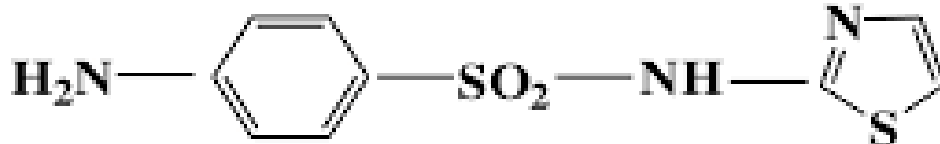
4 Похідні п-амінофенолу



Стрептоцид

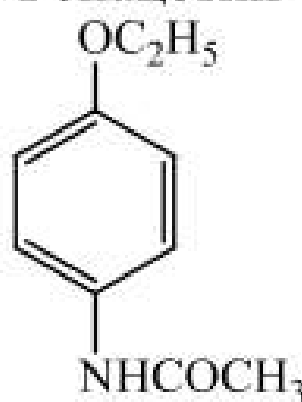


Сульфазин, етазол, сулфепіридазин



Норсульфазол (тіазол)

Фенацетин



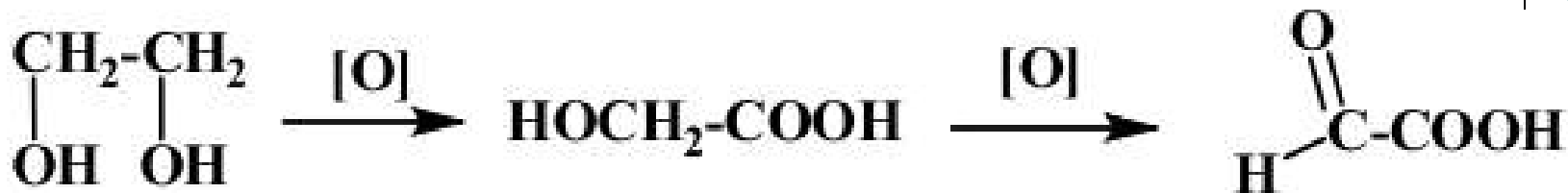
фенетидин,

# Приклади і номенклатура оксокислот



Назва	Формула
пірвіноградна кислота (ПВК) (2-оксопропанова)	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{COOH}$
ацетооцтова кислота (2-оксобутанова)	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
щавлевооцтова кислота (ЩОК) (2-оксобутандіова)	$\text{HOOC} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
$\alpha$ -кетоглутарова кислота (2-оксопентандіова)	$\text{HOOC} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

# Хімічні властивості альдегідокислот



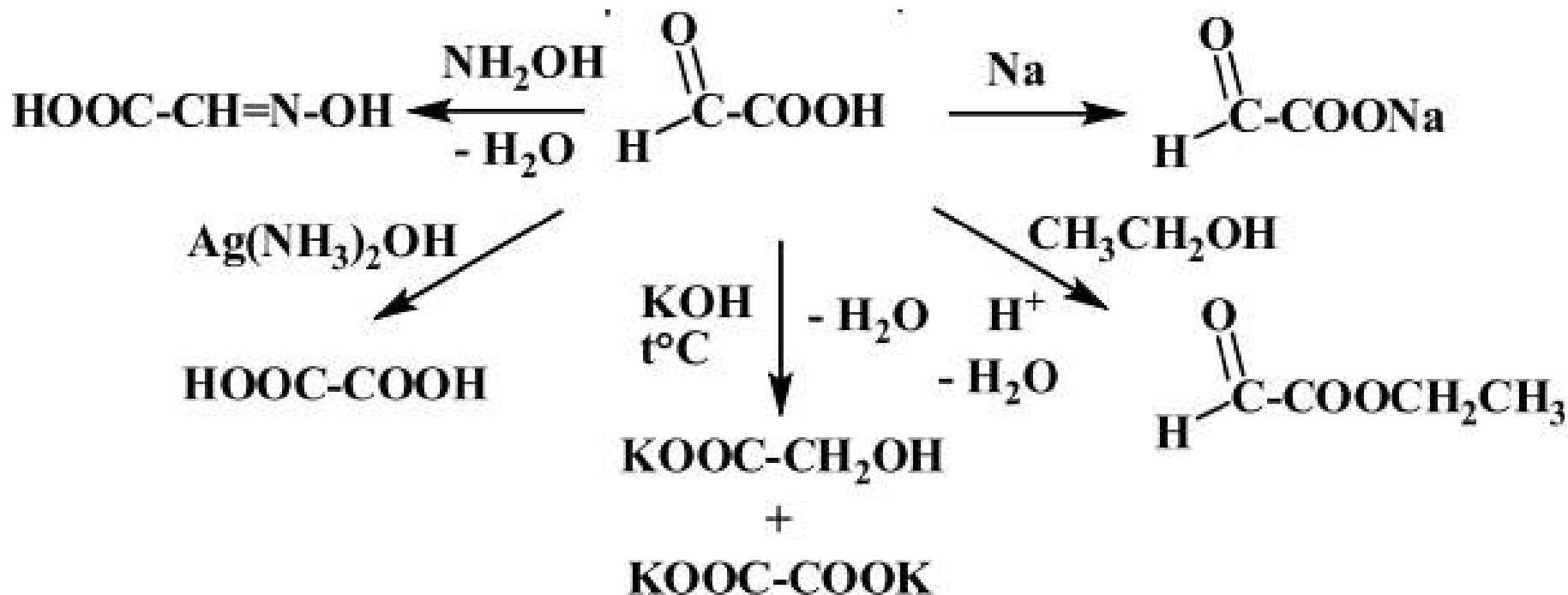
Етандіол

Гліколева кислота

гліоксалева кислота

Реакції карбонільної групи

Реакції карбоксильної групи



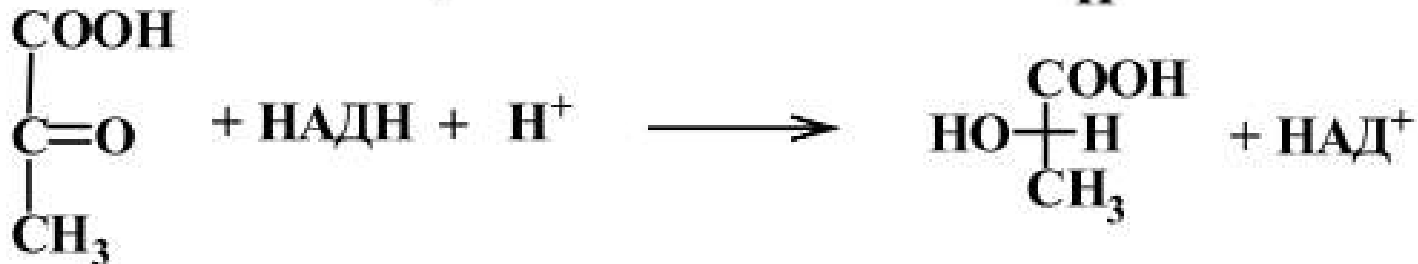
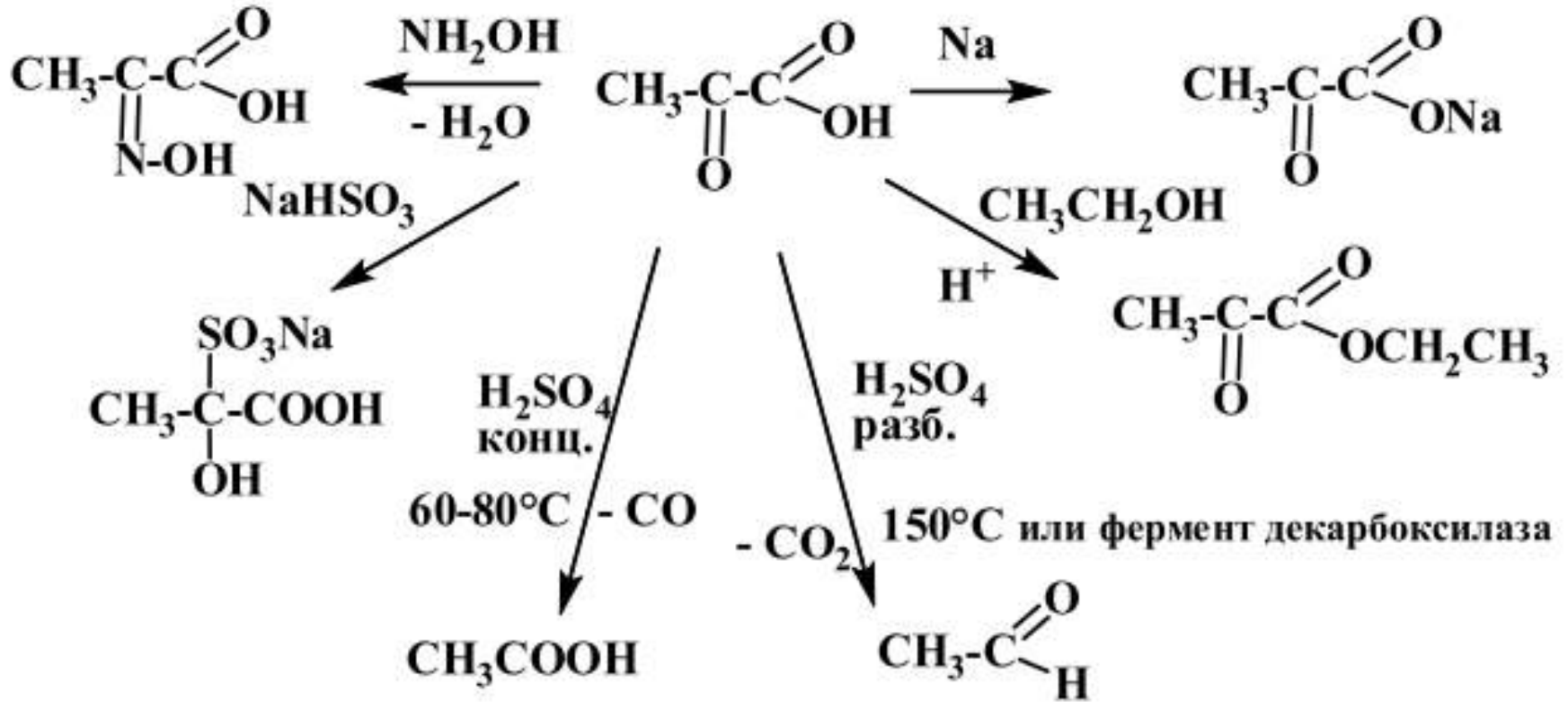


# Хімічні властивості кетокислот

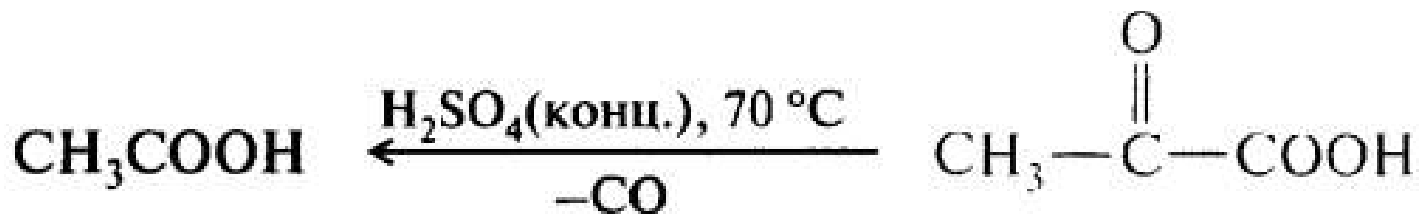


Реакції карбонільної групи

Реакції карбоксильної групи

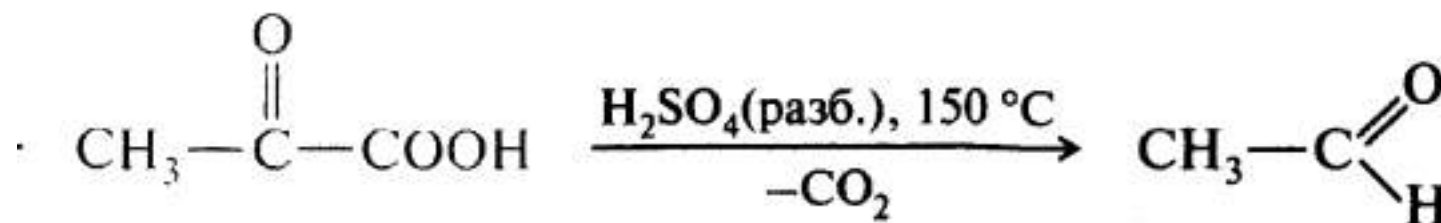


# Хімічні властивості оксокислот



оцтова кислота

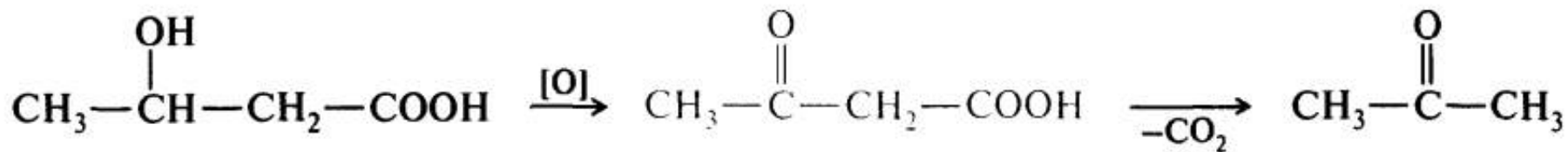
2-гідроксипропанова кислота



2-гідроксипропанова кислота

етаналь

## Ацетонові тіла



β-гідроксимасляна кислота

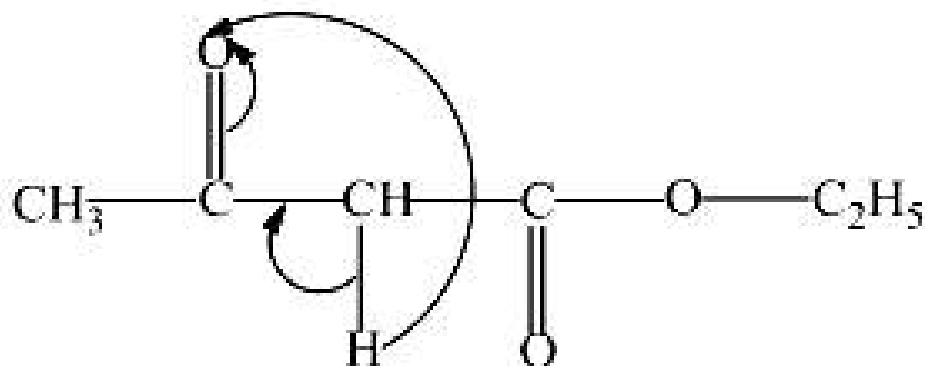
ацетооцтова кислота

ацетон

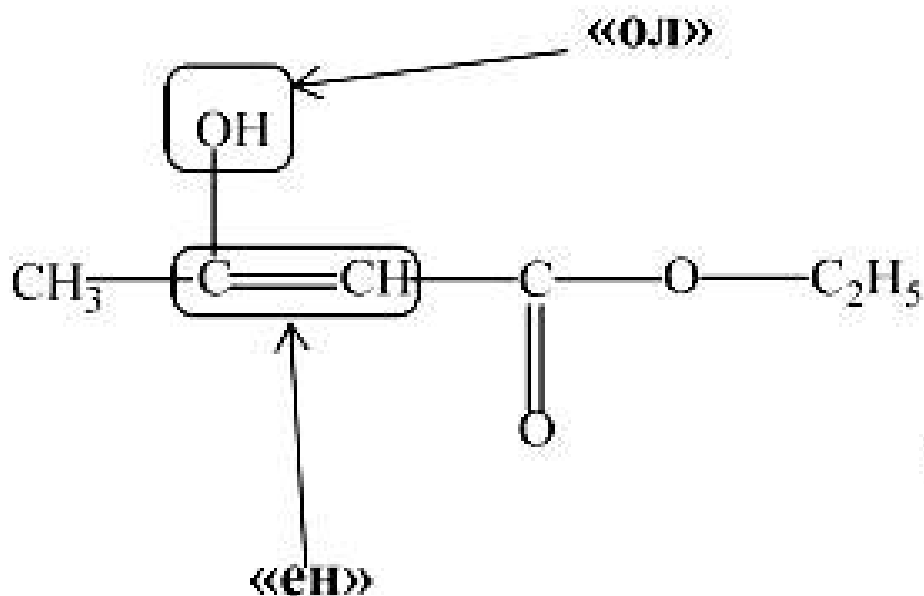
# Кето-енольна таутомерія



## Ацетооцтовий естер

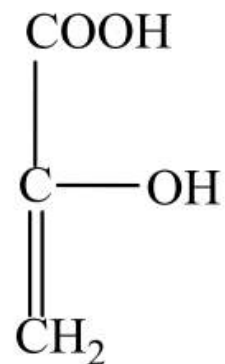
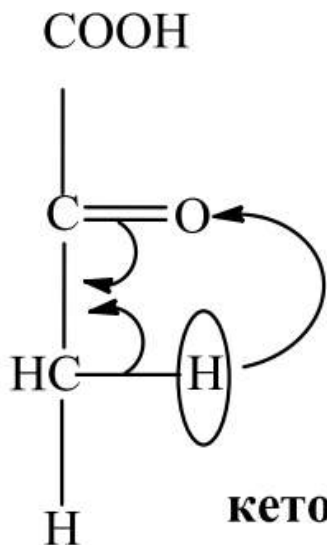


кето-форма  
(92,5%)

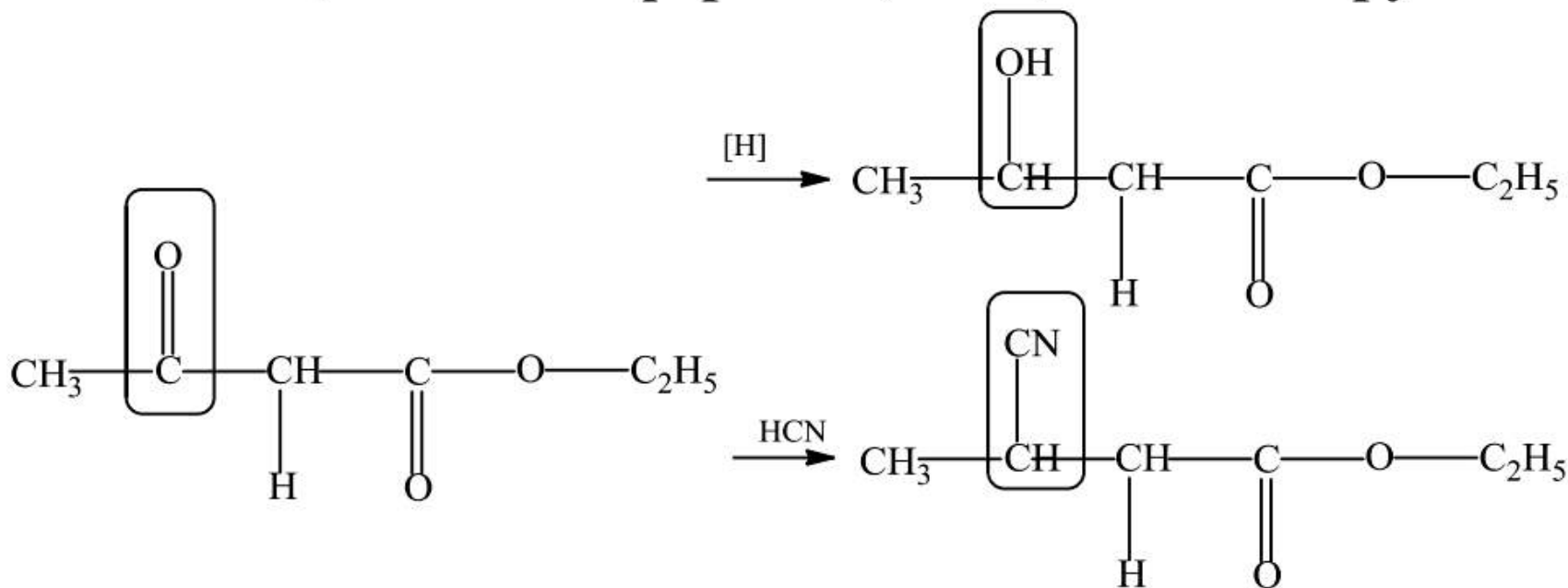


енольна форма  
(7,5%)

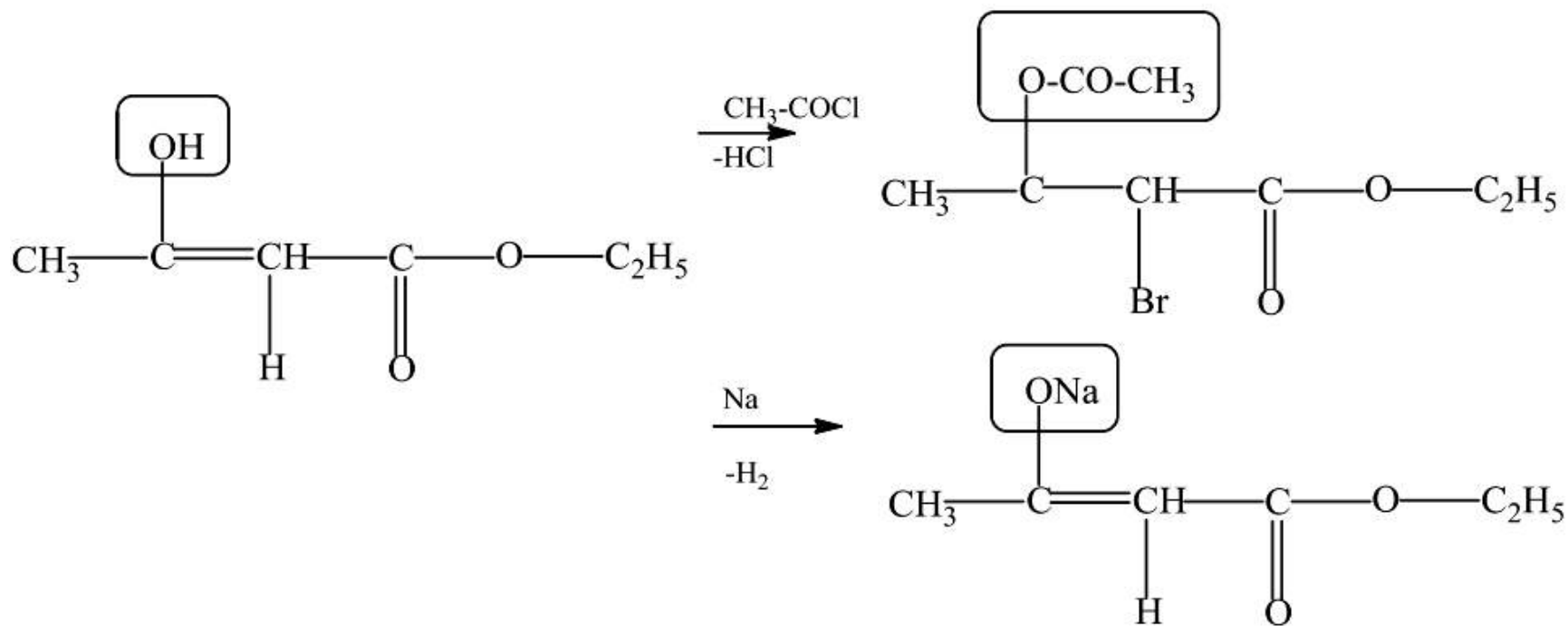
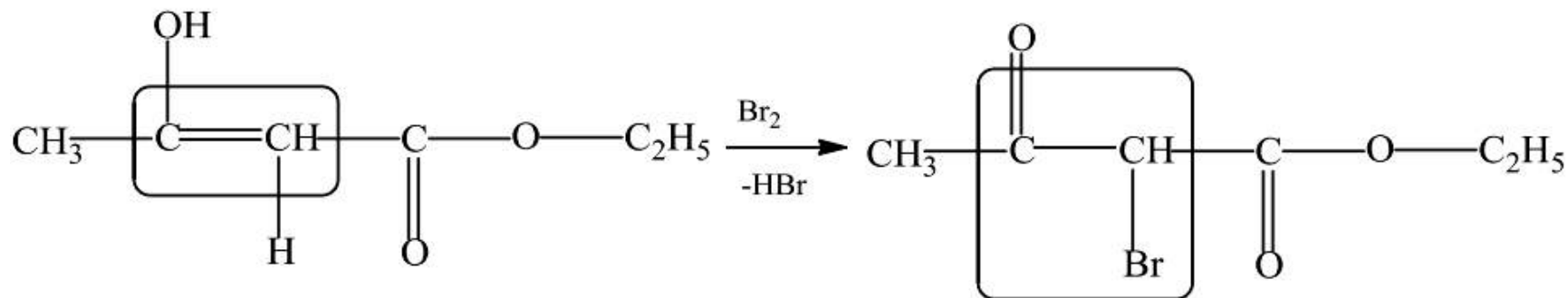
# Таутомерні форми ПВК



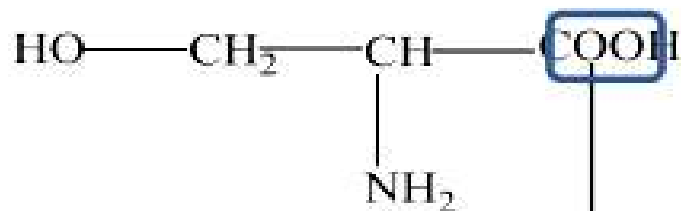
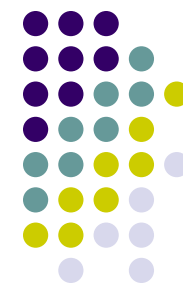
## Реакції кетонної форми ацетооцтового естеру



# Реакції енольної форми ацетооцтового естеру



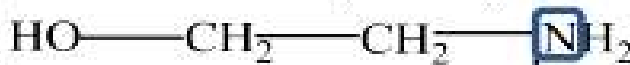
# Аміноспирти



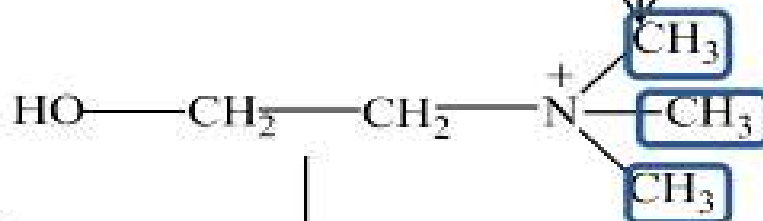
**Серин**



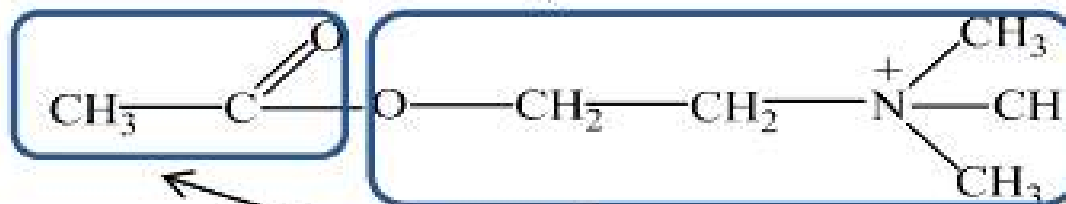
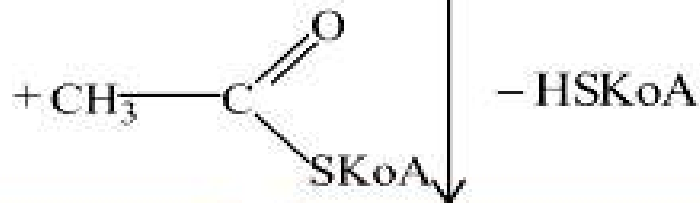
**Коламін**



метилування



**холін**

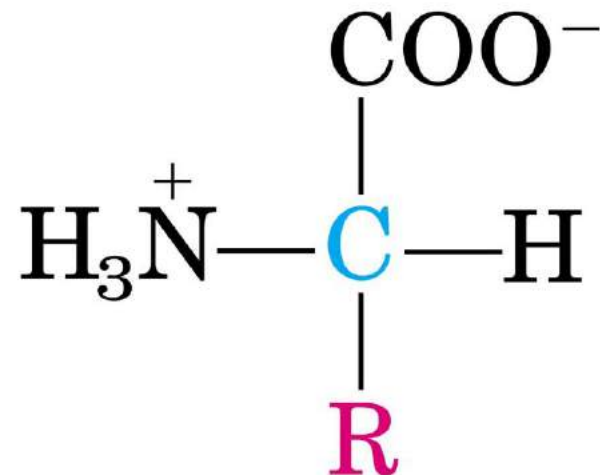


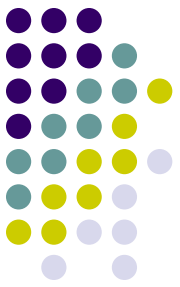
**ацетилхолін**

# Амінокислоти є мономерами білків і пептидів



- Всі 20 амінокислот мають спільні властивості
- Всі амінокислоти мають аміногрупу ( $-\text{NH}_3^+$ ), та карбоксильну ( $-\text{COO}^-$ ) групу, які зв'язані з одним і тим самим атомом карбону ( $\alpha$ -карбон)
- вони відрізняються між собою за будовою радикалу
- R відрізняються за структурою, розміром і зарядами, що впливає на розчинність амінокислот у воді.



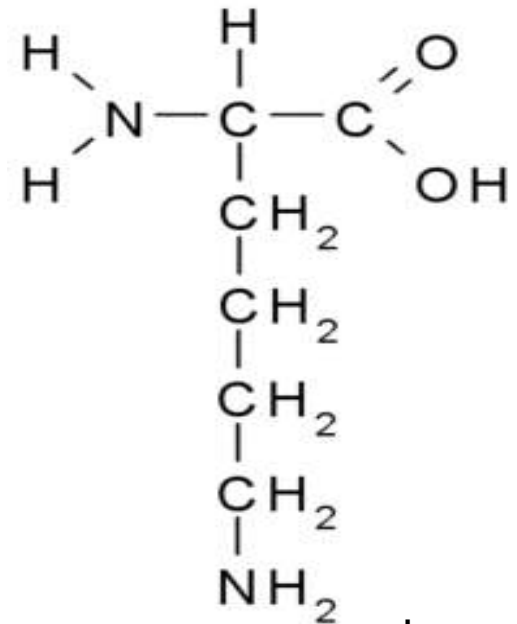


# Класифікація амінокислот

- **За будовою радикала** амінокислоти поділяють на
- **лінійні**
- **циклічні.**

**Лінійні** поділяють у залежності від кількості аміно- та карбоксильних груп на:

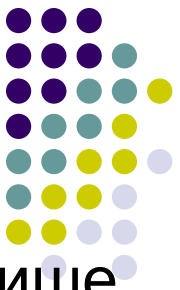
- **моноамінокарбонові,**
- **диаміномонокарбонові,**
- **моно- амінодикарбонові**



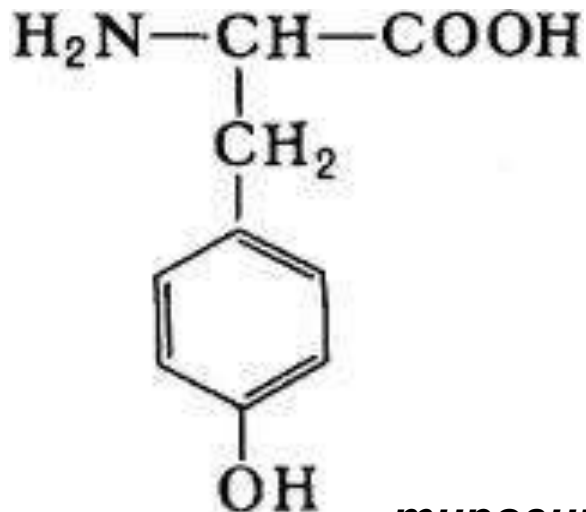
лізин



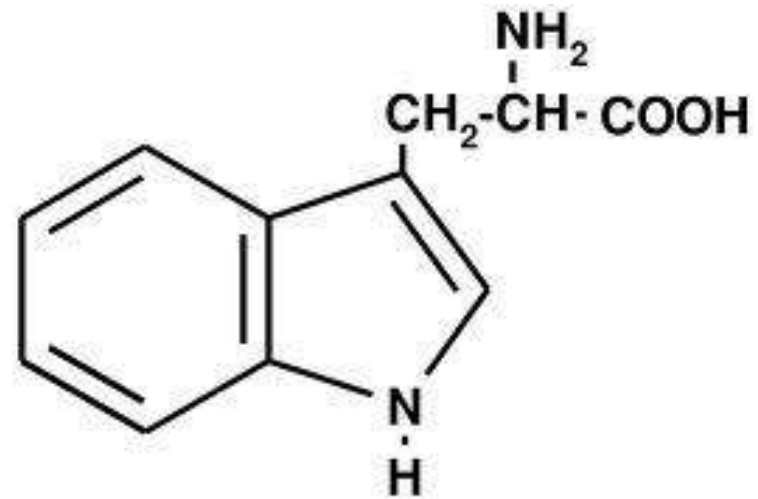
# Класифікація амінокислот



- **Циклічні амінокислоти** поділяють на **гомоциклічні**, у яких цикл однорідний (складається лише з атомів Карбону) і **гетероциклічні**, радикал яких містить як Карбон, так і Нітроген.
- До **гомоциклічних** належать: **фенілаланін, тирозин.**
- До **гетероциклічних** належать **триптофан, гістидин і імінокислота - пролін**



*тирозин*



*триптофан*



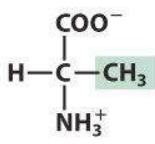
<p><b>Аргінін</b> (Arg / R)</p>	<p><b>Глутамін</b> (Gln / Q)</p>	<p><b>Фенілаланін</b> (Phe / F)</p>	<p><b>Тирозін</b> (Tyr / Y)</p>	<p><b>Триптофан</b> (Trp, W)</p>
<p><b>Лізин</b> (Lys / K)</p>	<p><b>Гліцин</b> (Gly / G)</p>	<p><b>Аланін</b> (Ala / A)</p>	<p><b>Гістидін</b> (His / H)</p>	<p><b>Серін</b> (Ser / S)</p>
<p><b>Пролін</b> (Pro / P)</p>	<p><b>Глутамінова кислота</b> (Glu / E)</p>	<p><b>Аспарагінова кислота</b> (Asp / D)</p>	<p><b>Треонін</b> (Thr / T)</p>	<p><b>Цистеїн</b> (Cys / C)</p>
<p><b>Метіонін</b> (Met / M)</p>	<p><b>Лейцин</b> (Leu / L)</p>	<p><b>Аспарагін</b> (Asn / N)</p>	<p><b>Ізолейцин</b> (Ile / I)</p>	<p><b>Валін</b> (Val / V)</p>

# Тривіальна номенклатура амінокислот

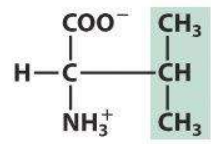


# Структурні формули та скорочені назви амінокислот

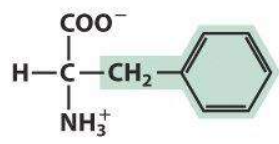
## Hydrophobic amino acids



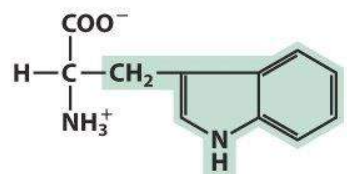
Alanine (Ala, A)



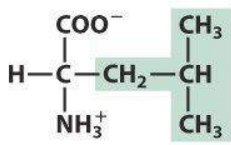
Valine (Val, V)



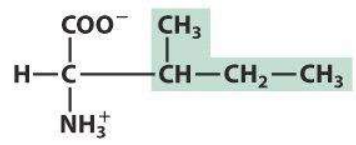
Phenylalanine (Phe, F)



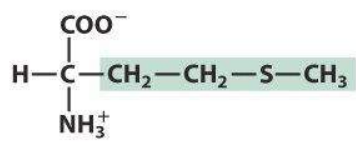
Tryptophan (Trp, W)



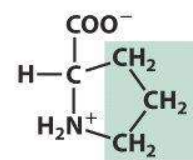
Leucine (Leu, L)



Isoleucine (Ile, I)

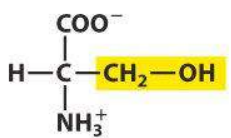


Methionine (Met, M)

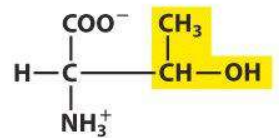


Proline (Pro, P)

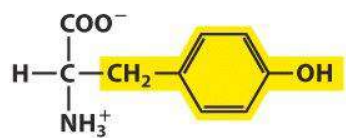
## Polar amino acids



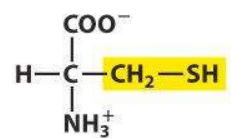
Serine (Ser, S)



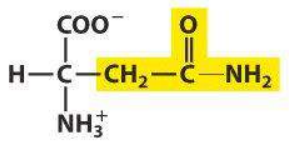
Threonine (Thr, T)



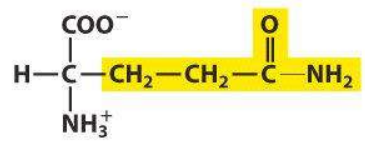
Tyrosine (Tyr, Y)



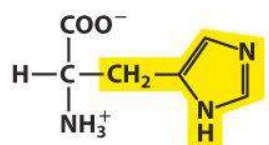
Cysteine (Cys, C)



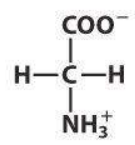
Asparagine (Asn, N)



Glutamine (Gln, Q)

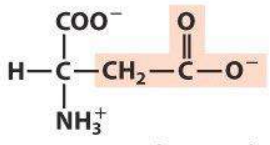


Histidine (His, H)

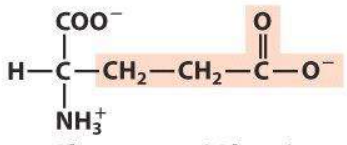


Glycine (Gly, G)

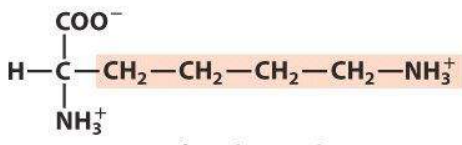
## Charged amino acids



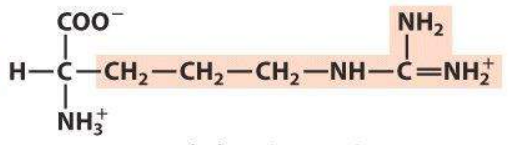
Aspartate (Asp, D)



Glutamate (Glu, E)



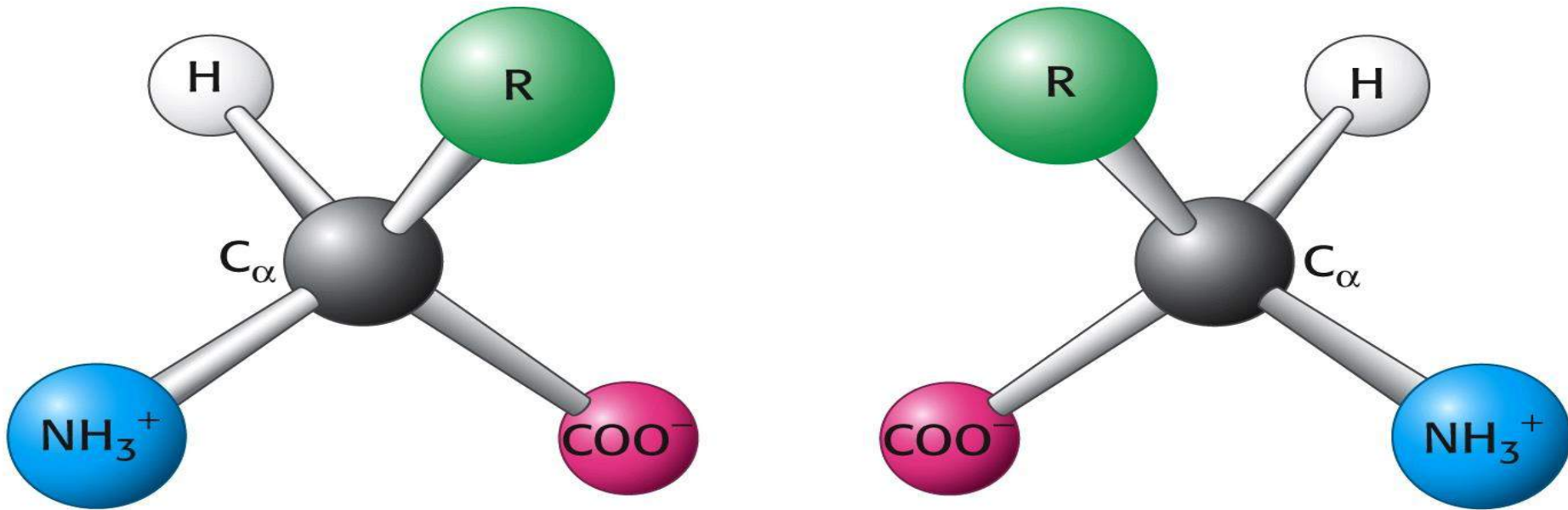
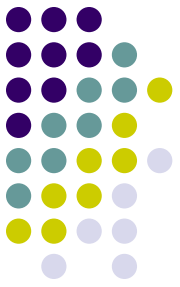
Lysine (Lys, K)



Arginine (Arg, R)

# Ізомерія

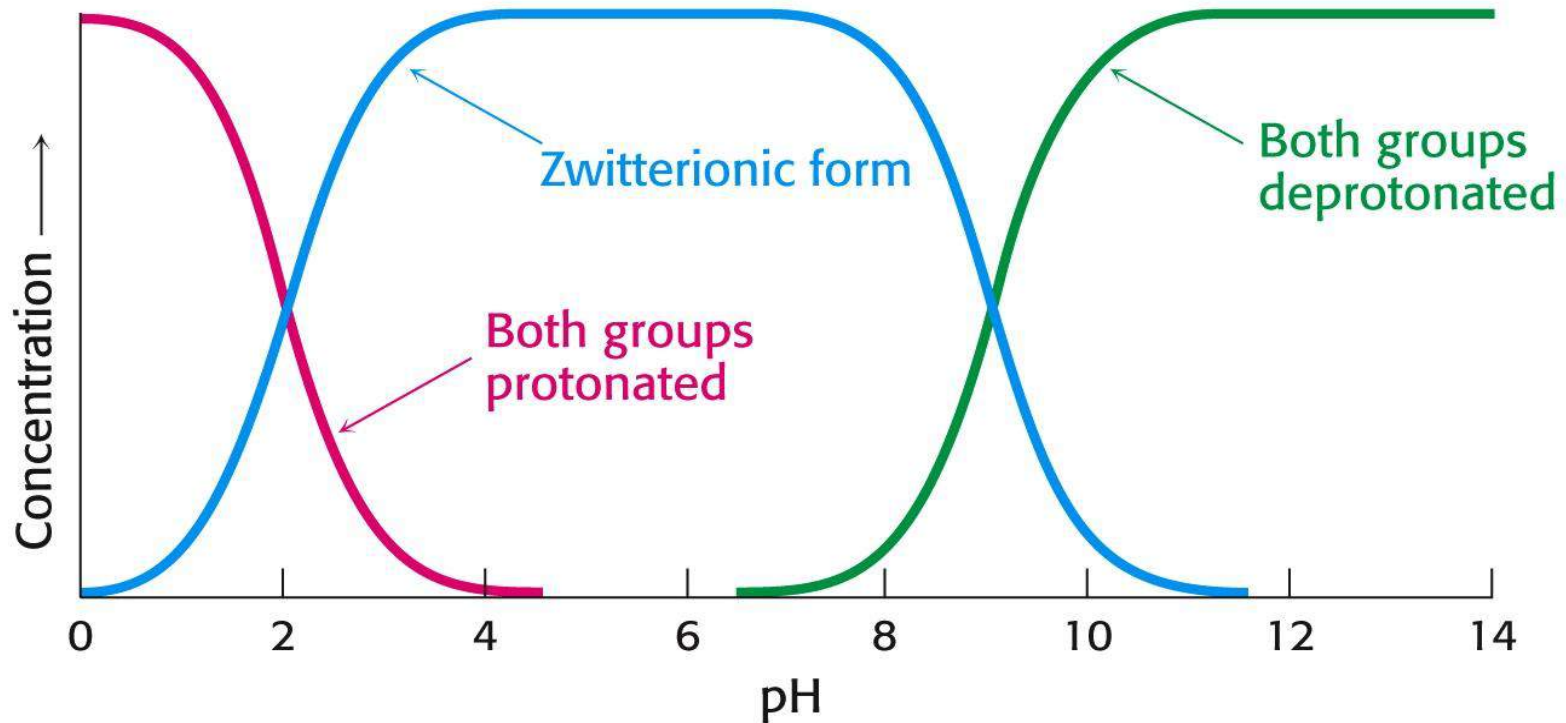
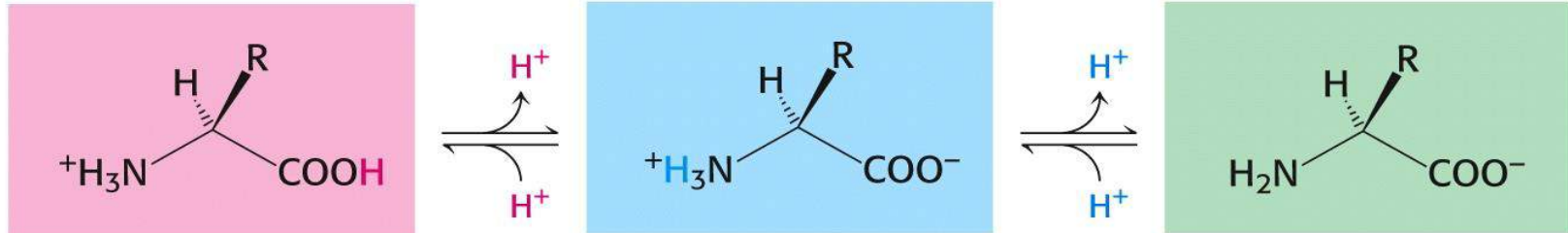
Якщо R не є атомом Н, альфа атом карбону є асиметричним, утворюючи стереоізмери L-ряду і D-ряду



Амінокислоти, що існують в організмі у складі протеїнів належать до L-ряду

# Кислотно-основні властивості амінокислот

Оскільки амінокислоти мають і аміногрупу, що проявляє основні властивості і карбоксильну групу, що має кислотні властивості амінокислоти є амфотерними.



# Кислотно-основні властивості амінокислот на прикладі гліцину



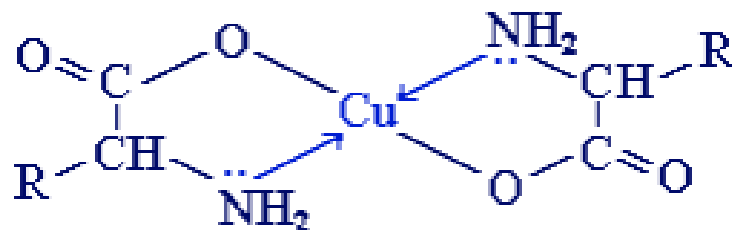
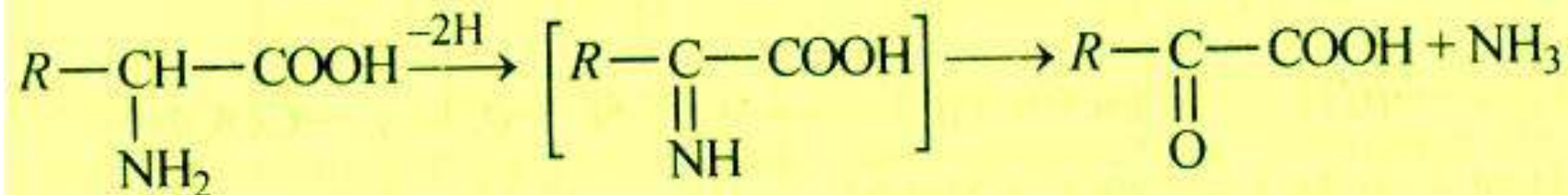
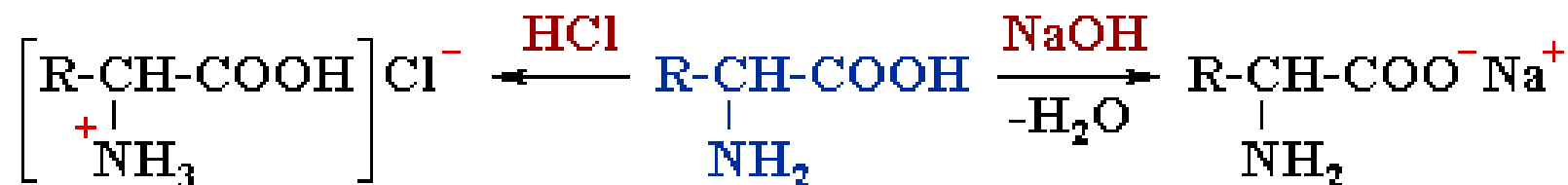
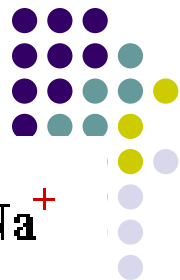
Глицин  $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

pH=1:  $^+\text{H}_3\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

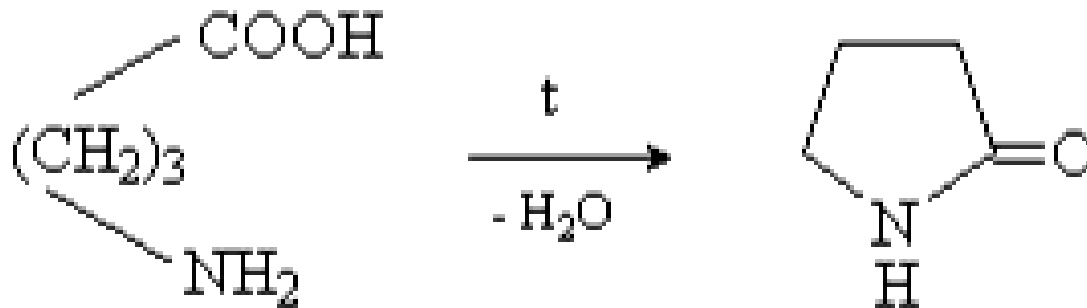
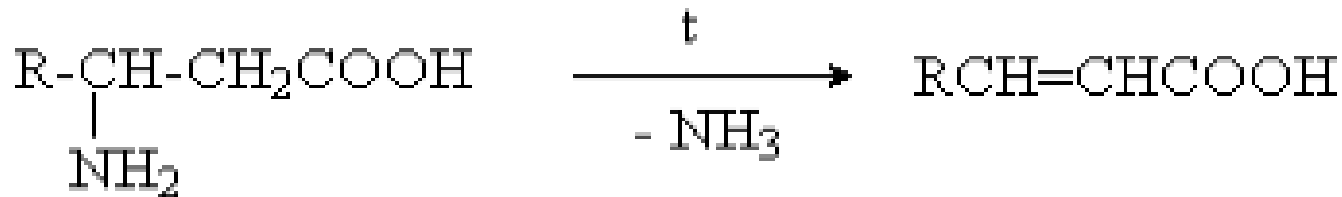
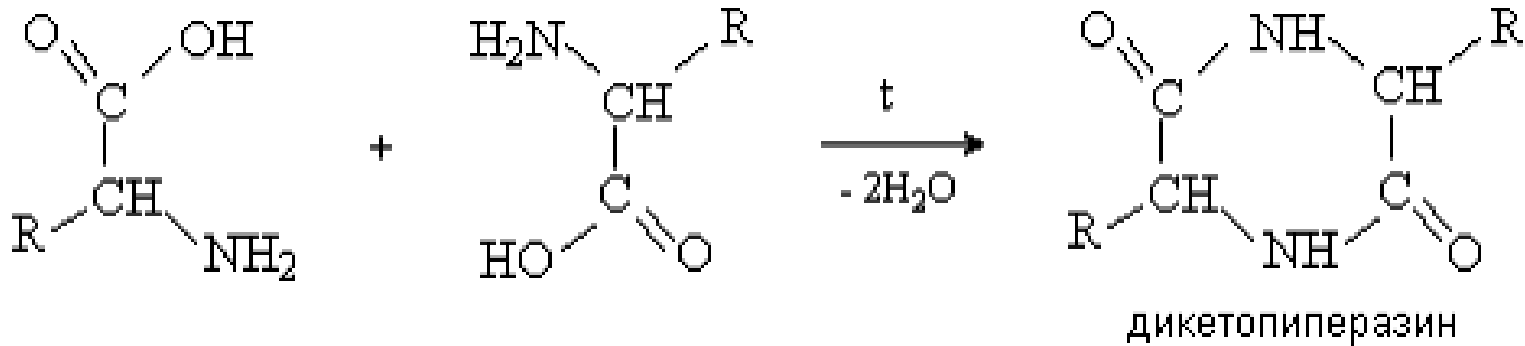
pH=7:  $^+\text{H}_3\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$

pH=12:  $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$

# Хімічні властивості амінокислот



# Хімічні властивості амінокислот

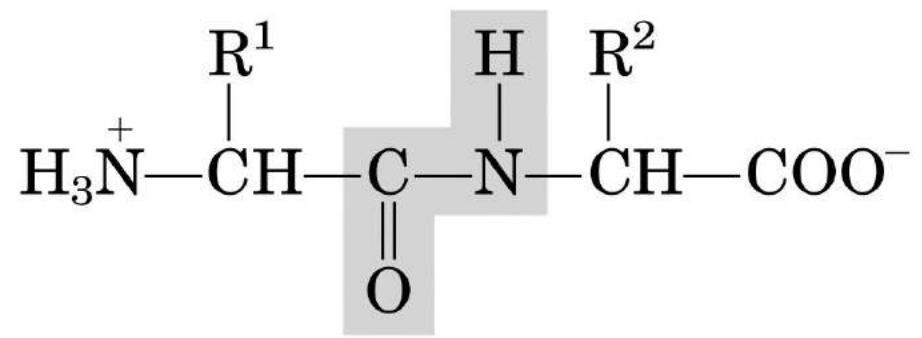
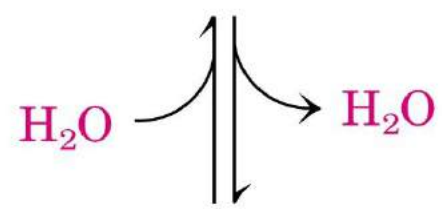
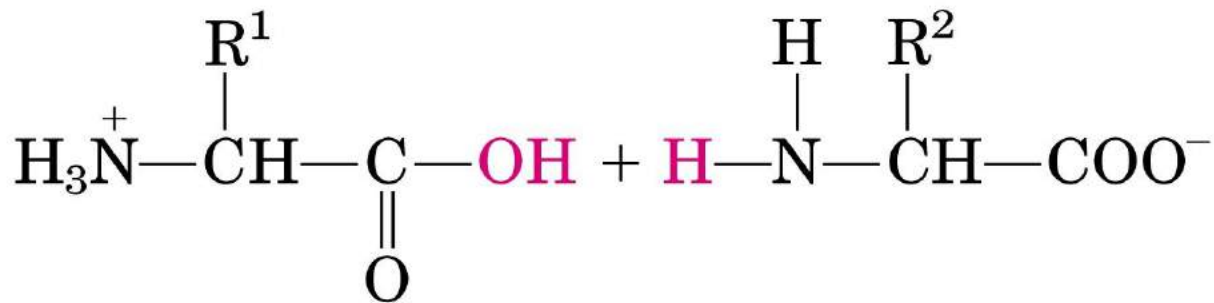


γ-аміномасляна кислота

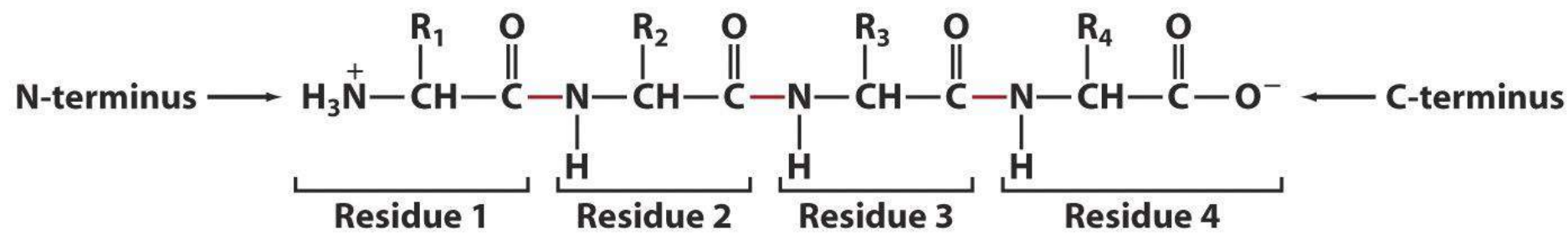
γ-бутиролактам (піролідон-2)

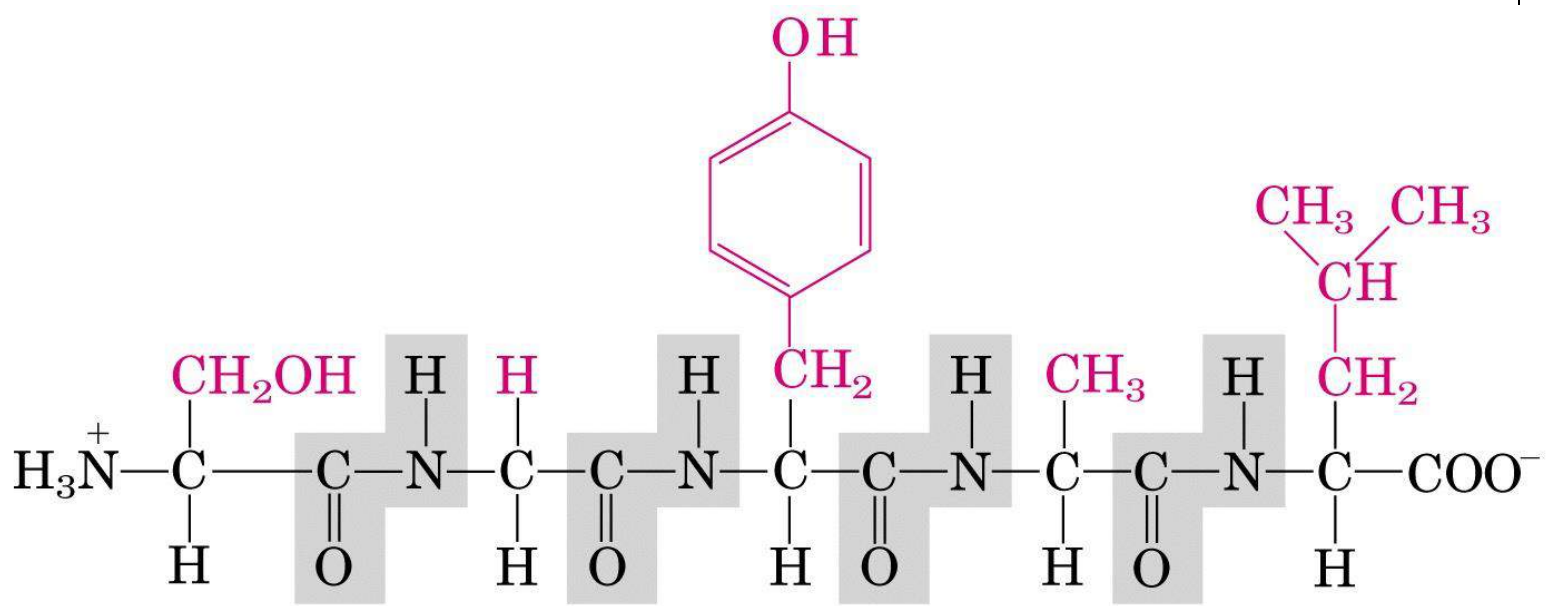


# Утворення пептидних зв'язків

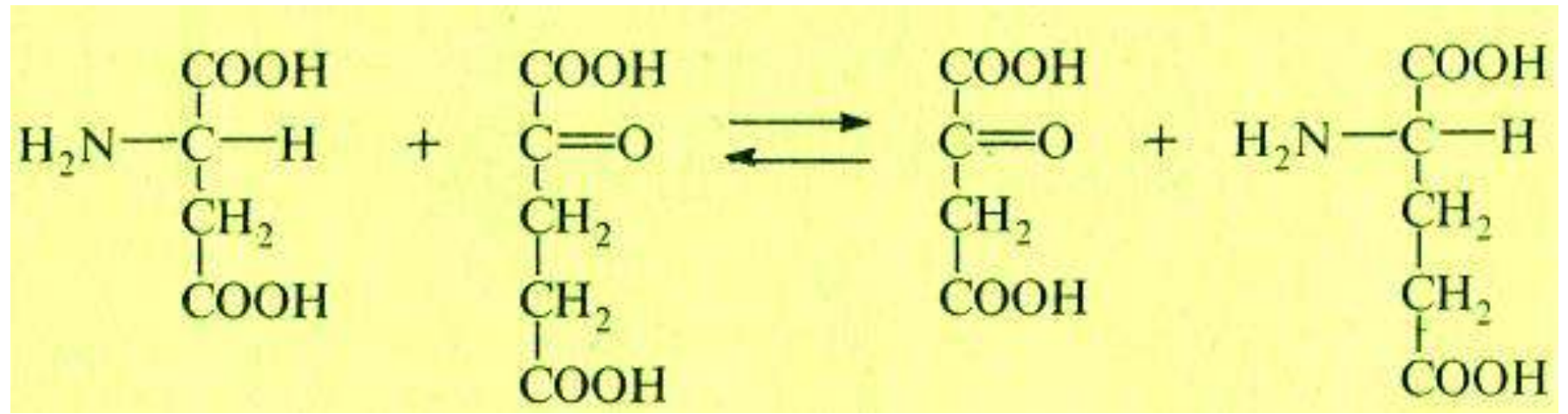


Амінокислотні залишки





## Реакція трансамінування



Аспарагінова кислота

α-кетоглутарова  
кислота

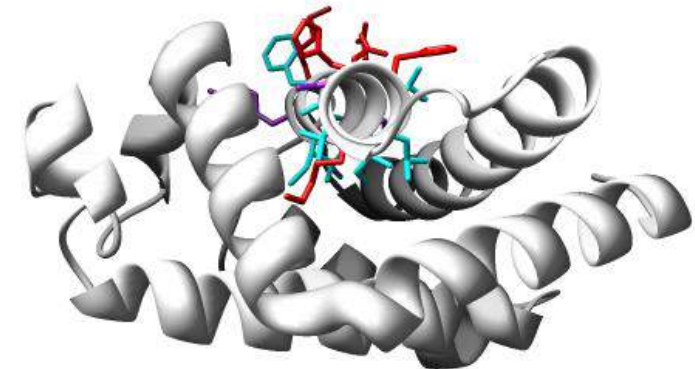
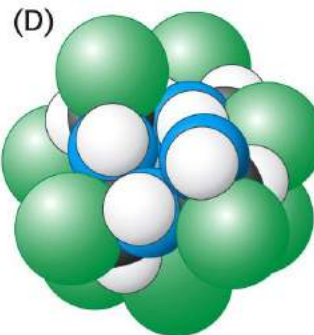
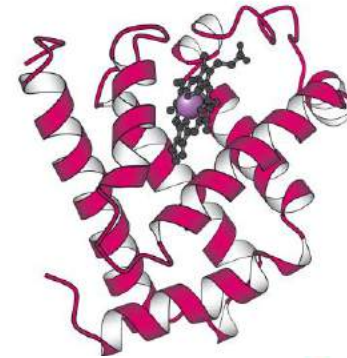
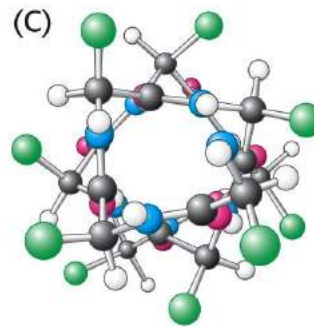
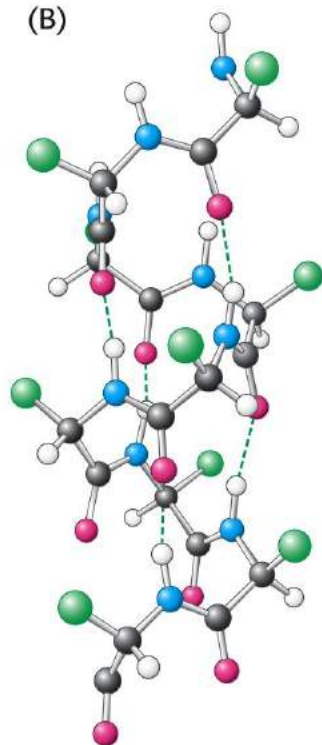
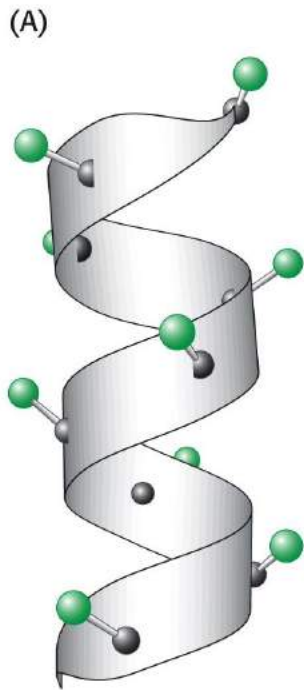
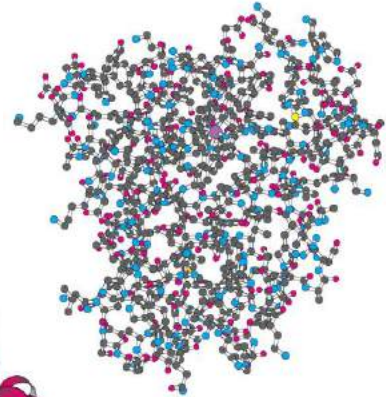
щавелевоцтова  
кислота

глутамінова  
кислота

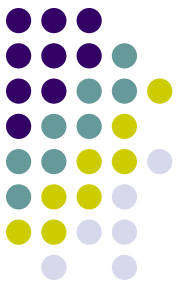
# Рівні структурної організації протеїнів



- Первинна (1°) Лінійна послідовність амінокислот
- Вторинна (2°) локалізовані первинні структури
- Третинна (3°) загальна форма протеїнів (фібрилярні чи глобулярні)
- Четвертинна (4°) взаємодії між протеїнами



# Висновки



- Багато окисно-відновних процесів в організмі пов'язані з утворенням та участю гідрокси- та оксокислот (окислення вуглеводів і жирних кислот в організмі, утворення лимонної кислоти в циклі Кребса та ін.).
- Деякі з цих сполук або їх похідні є лікарськими препаратами. Наприклад, солі молочної кислоти (лактати) застосовуються при анемії, лимонна кислота – при консервуванні крові і т.д.
- Всі гетерофункціональні сполуки проявляють свої специфічні властивості завдяки наявності певних функціональних груп.
- Амінокислоти здатні проявляти амфотерні властивості і є складовими білків в організмі людини.