

*ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н. КАРАЗІНА
КАФЕДРА ХІМІЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА*

Органічна та аналітична хімія:

(Частина 1. Органічна хімія)

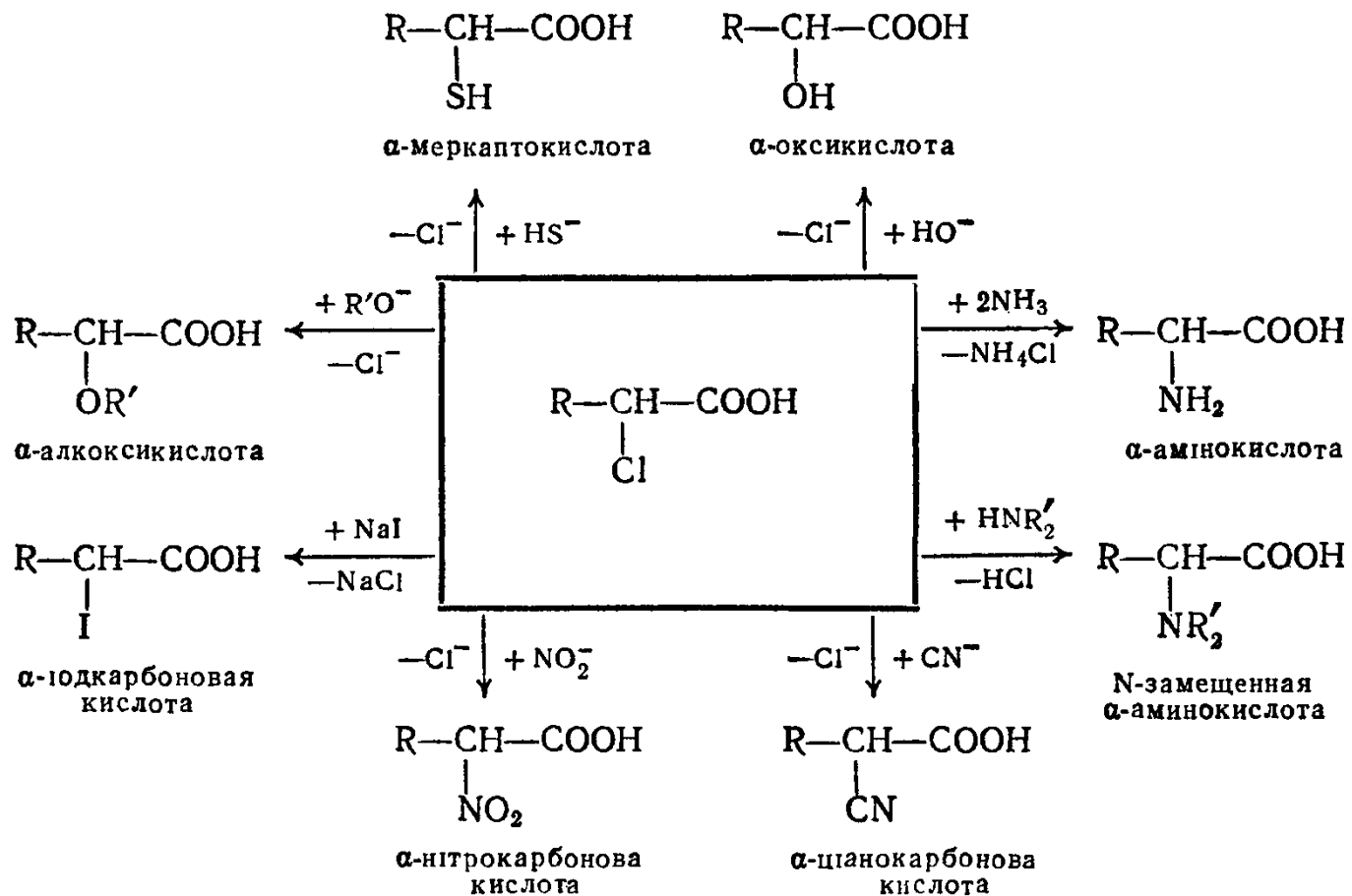
*Тема: Гетерофункціональні
сполуки*

Доцент КХімМат ХФ Шкумат А.П.

Харків - 2020

Галогензаміщені карбонові кислоти
– як попередники гідроксикислот

Реакції заміщення в ряду α -хлорзаміщених карбонових кислот



Гідроксикислоти

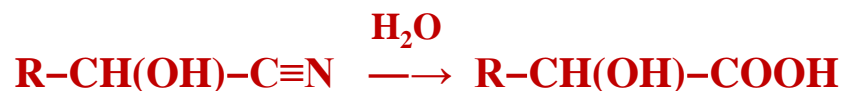
ти

ти, **ти**, — похідні карбонових кислот, в яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні (спиртові) групи. Іноді їх називають спиртокислотами.

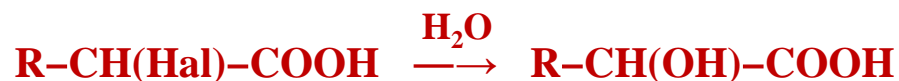
- **Кількість карбоксильних груп**, що містяться в молекулі кислоти, визначає її **основність**.
- Залежно від кількості карбоксильних груп, що містяться в молекулах таких сполук, **розрізняють одно-, двох- і триосновні гідроксикислоти**.
- **За кількістю гідроксилів**, включаючи гідроксили карбоксильних груп, визначають **атомність** гідроксикислот.
- За кількістю гідроксильних груп, що містяться в молекулах цих сполук, **розрізняють двох-, три- і багатоатомні гідроксикислоти**.
- За місцем розміщення групи -ОН у радикалі **розрізняють α -, β -, γ -, σ -гідроксикислоти**.

Методи синтезу

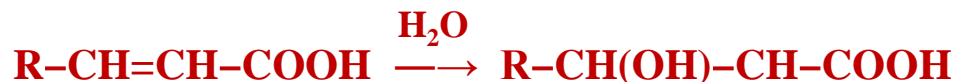
Отримання α -оксикислот гідролізом **оксинітрилів** (ціангідринів):



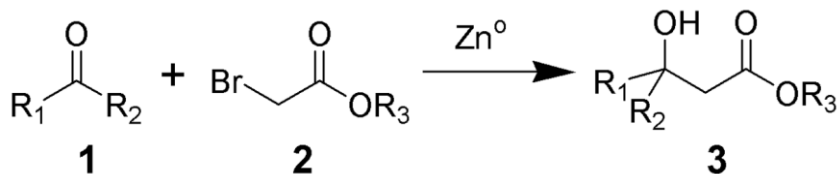
Отримання α -оксикислот гідролізом **галогенкарбонових кислот**:



Отримання β -оксикислот гідратацією **ненасичених кислот**:



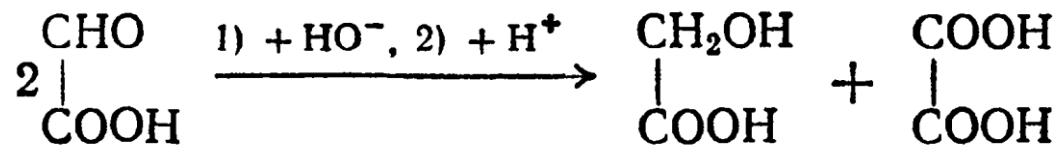
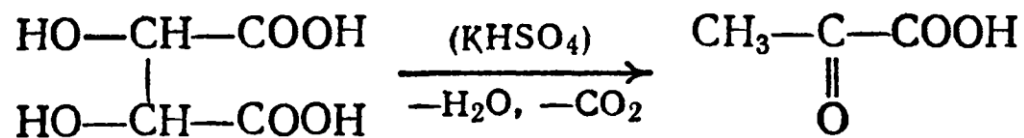
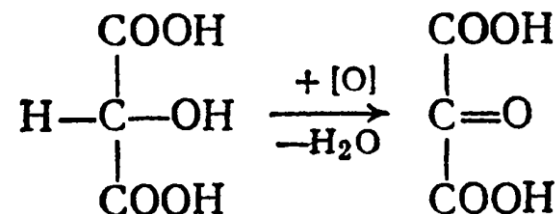
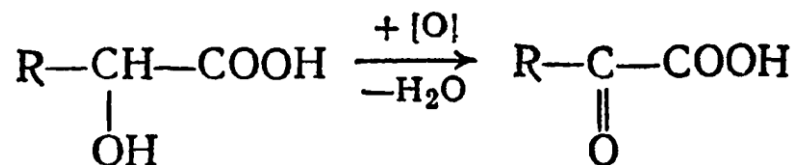
Отримання β -оксикислот по реакції Реформатського (взаємодія **1** із **2** в апротонному розчиннику):



Отримання β -оксикислот ферментативним окисненням насичених кислот за β -положенням δ - і γ -оксикислоти отримують окисненням циклічного кетону надкислотами (реакція Байера - Віллігера) з наступним гідролізом лактонів.

Хімічні властивості гідроксикислот

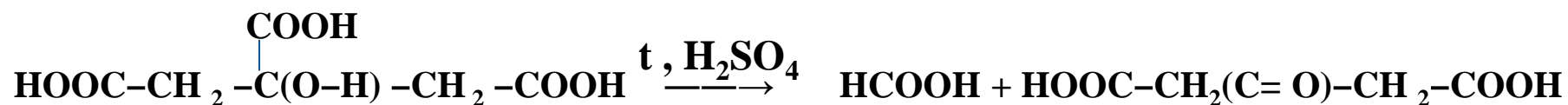
Реакції гідроксикислот (дегідратація, окиснення, піроліз, перегрупування):



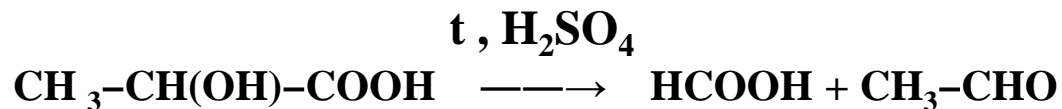
Хімічні властивості гідроксикислот

Окиснення оксикислот при нагріванні з концентрованими мінеральними кислотами

При нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою лимонна кислота спочатку розкладається на мурашину і ацетондикарбонову кислоти:

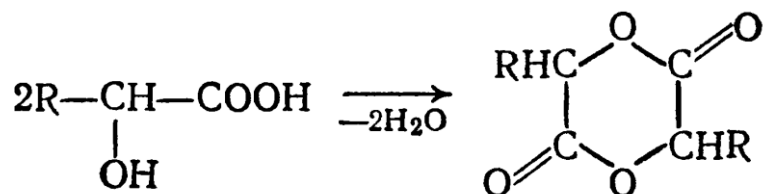


У подібну реакцію вступає і молочна кислота. В результаті окиснення утворюється мурашина кислота і ацетальдегід:

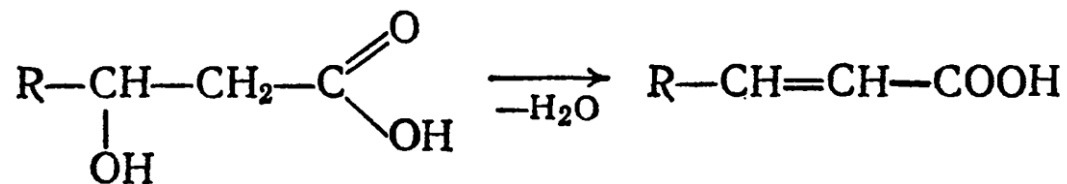


Хімічні властивості гідроксикислот

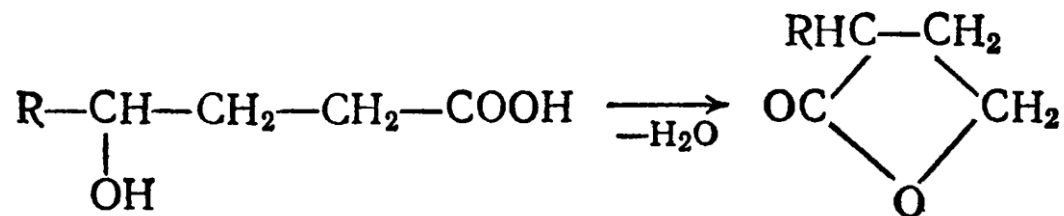
Дегідратація α -, β - та γ - гідроксикислот:



Лактид



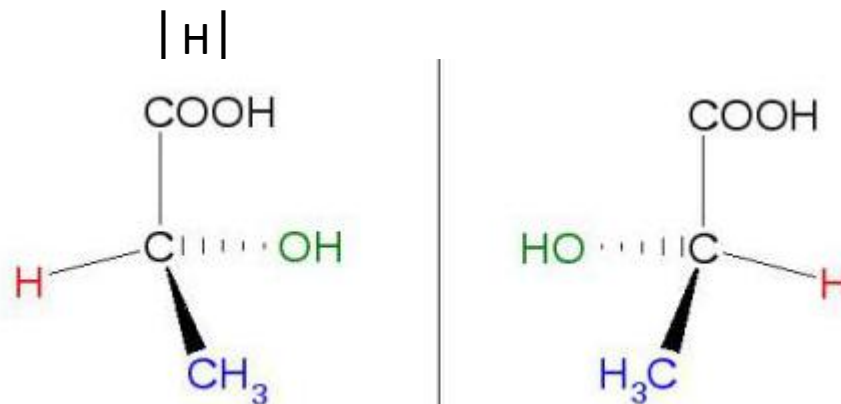
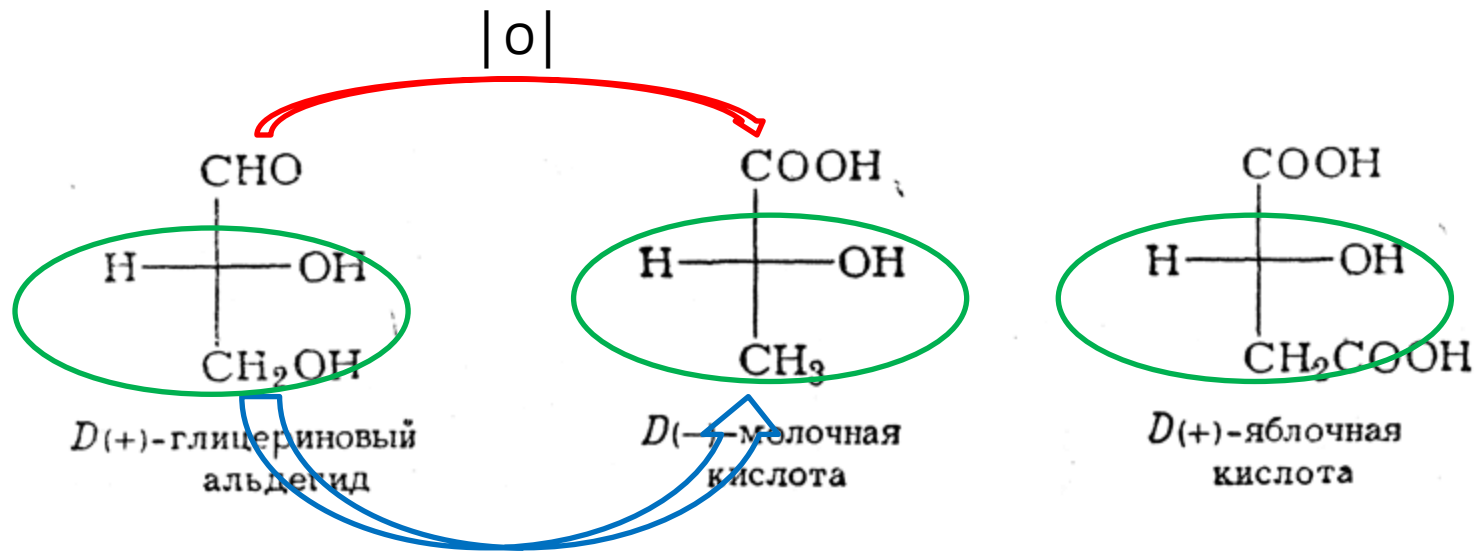
α, β -Ненасичені кислоти

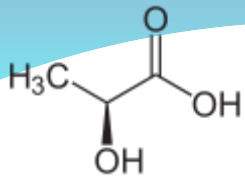


γ -Лактон

Оптична ізомерія, обертання ПЛПТ та абсолютна конфігурація

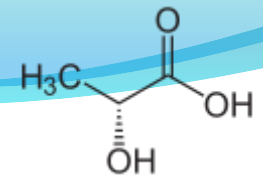
Оптичні ізомери





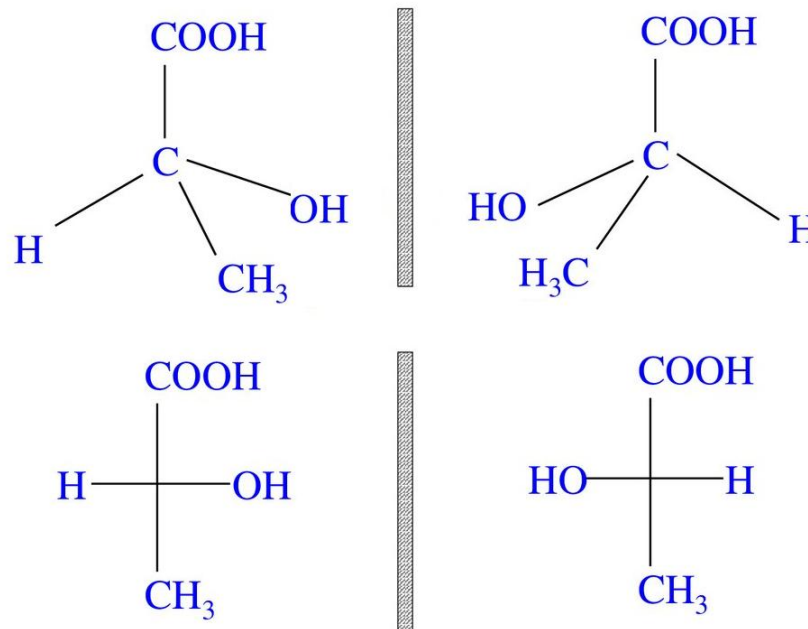
(-)-стереоізомер

Молочна кислота



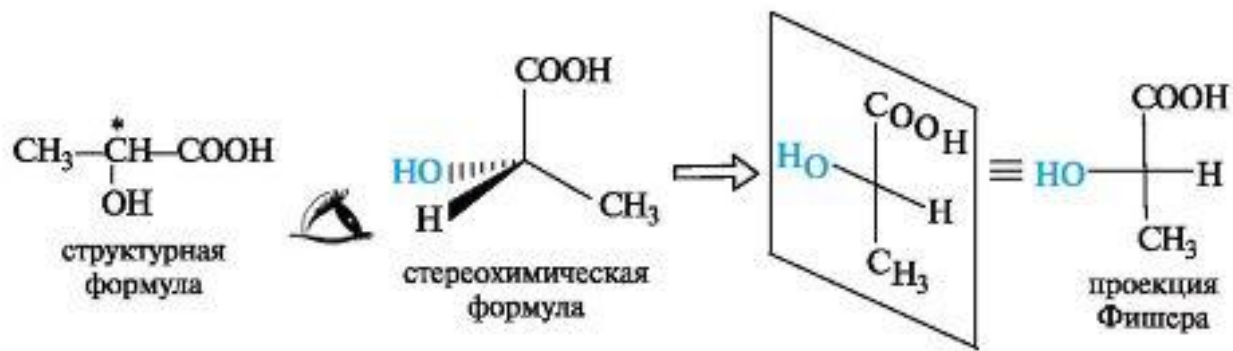
(+)-стереоізомер

Оптичні ізомери (правий і лівий — D- і L-).

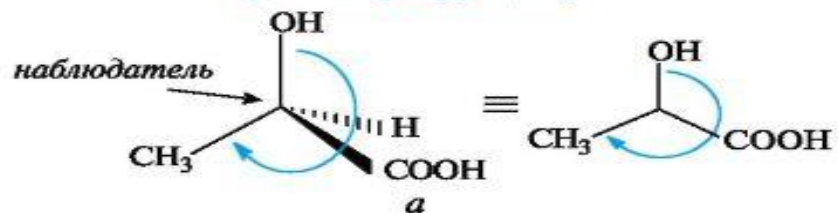


Дзеркальні ізомери оптично активні: один з них обертає площину поляризації світла вправо другий — вліво. Тому їх називають оптичними антиподами. Суміш D- і L-ізомерів (рацемат) оптично неактивна.

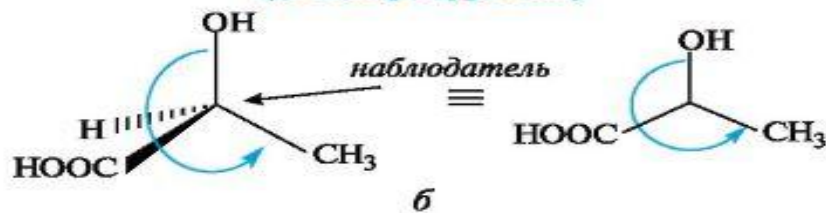
$pK_a = 3,86$ (при 25 °C).



Падение старшинства по часовой стрелке
(*R*-конфигурация)



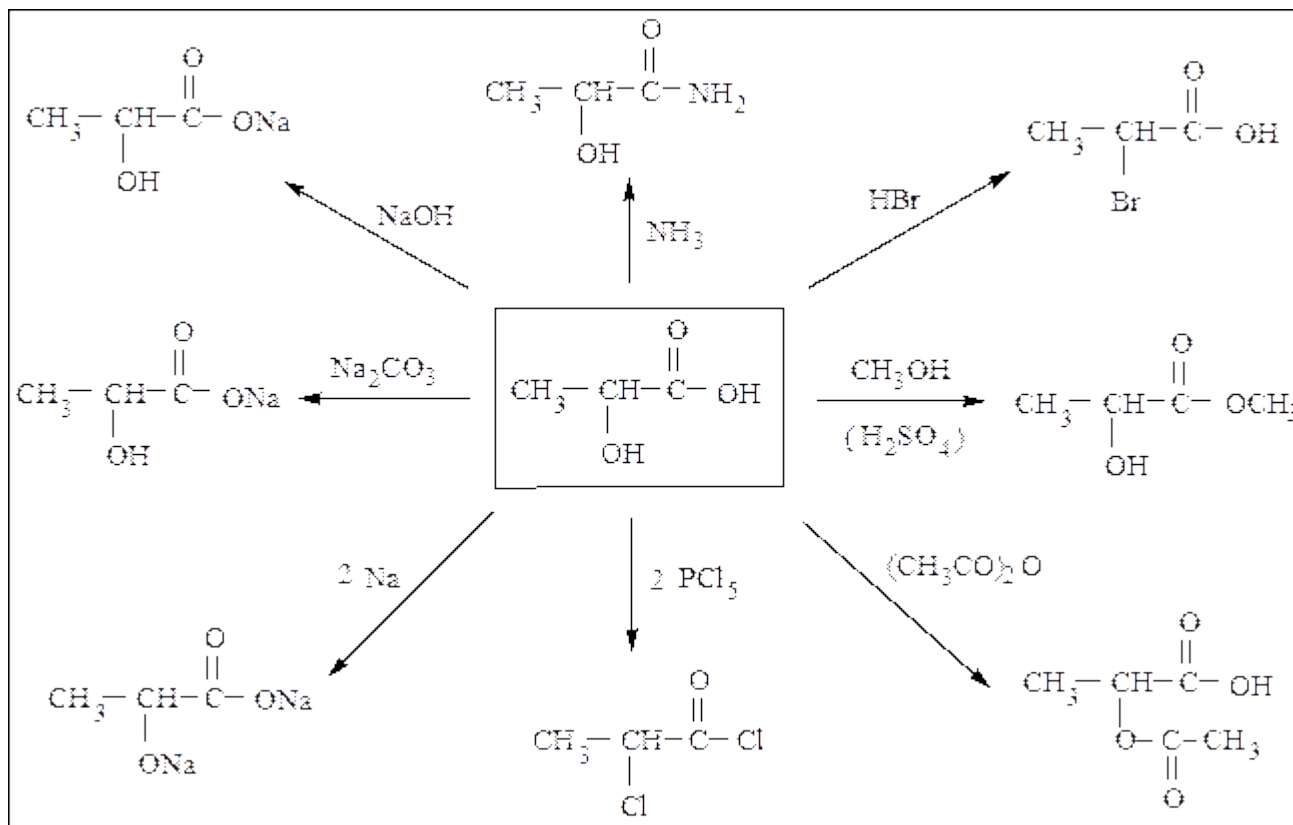
Падение старшинства против часовой стрелки
(*S*-конфигурация)



Характеристика стереоізомерів молочної кислоти

- Молочна кислота — безбарвні кристали, легко розчинні у воді. Існує у вигляді двох оптично-активних форм (+) та (-) ($t_{пл}$ 25 — 26 °С), а також у вигляді рацемату ($t_{пл}$ 18 °С). **Рацемація (+) та (-) форм відбувається при 130 — 150 °С**. Утворює солі — лактати та ефіри. Якісна реакція — взаємодія з п-оксидифенілом та сірчаною кислотою.
- Дуже поширена у природі, бо є кінцевим продуктом молочнокислого бродіння, яке проходить при прокисанні цукровмісних речовин (молоко, сік рослин тощо). При цьому **залежно від виду бактерій та цукру** утворюється або рацемат, або **одна з оптичних форм кислоти**.
- **У м'язових клітинах тварин утворюється (+)-молочна кислота** внаслідок безкисневого ферментативного розкладу глікогену під час скорочення м'язів (процес має назву гліколіз).
- **Накопичення кислоти обумовлює біль та втому в м'язах** (Крепатура, синдром відстроченого м'язового болю (англ. Delayed onset muscle soreness, DOMS) - складні, в тому числі больові відчуття в м'язах, що виникають через декілька годин або днів після незвичної і інтенсивного фізичного навантаження організм).
- Особливістю метаболізму молочної кислоти у тварин є те, що вона з м'язів може транспортуватись до печінки, де в присутності кисню та затраті енергії відновлюватись до глюкози, яка в свою чергу транспортується в м'язи та відновлюється до глікогену (цикл Корі).

Хімічні перетворення молочної кислоти



HOOC-CH(OH)-CH₂-COOH — двоосновна органічна оксикарбонова кислота. Існує в L- та D-формах, а також у рацемічній (оптично неактивній) LD-формі.

Яблучна кислота міститься в незрілих яблуках, винограді, горобині, барбарис, малині і ін. Рослини махорки і тютюну містять її у вигляді солей нікотину.

У природі переважає **L-форма** яблучної кислоти.

Інші назви –

L-Malic acid

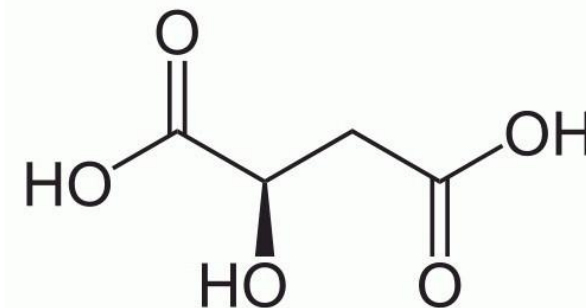
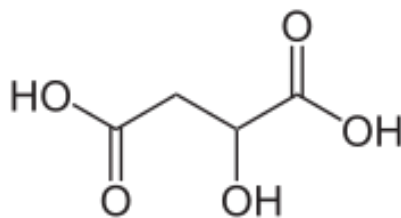
D-Malic acid

(–)-Malic acid

(+)-Malic acid

(S)-Hydroxybutanedioic acid

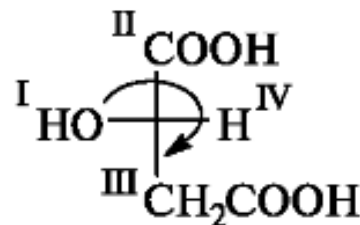
(R)-Hydroxybutanedioic acid



Кислотність (pK_a)

pK_{a1} = 3.40, pK_{a2} = 5.20

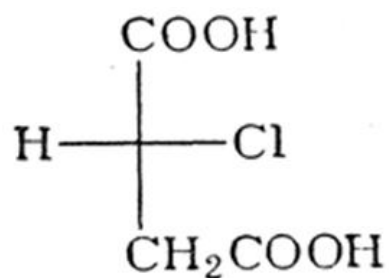
Харчова добавка – E 296



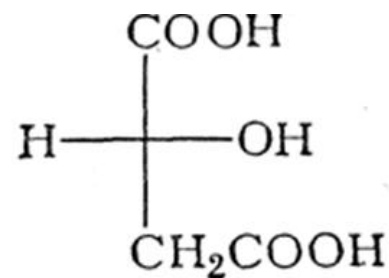
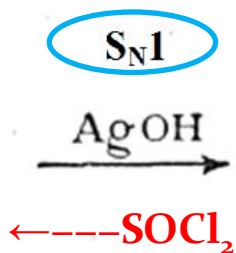
L-яблочная кислота = (S)-яблочная кислота

Вальденовське обертання –

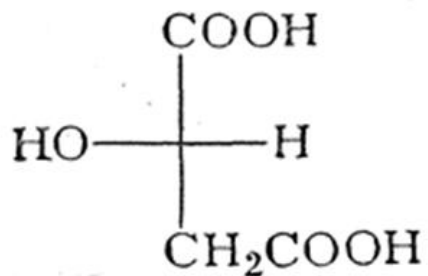
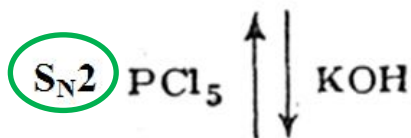
інверсія хірального центра у ході хімічних реакцій



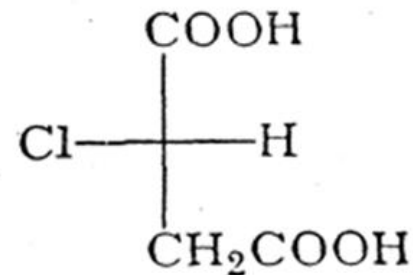
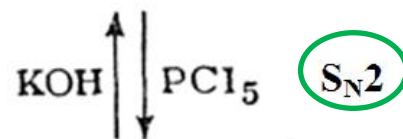
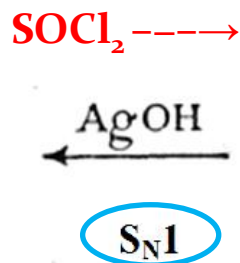
D(+)-хлорянтарная кислота



D(+)-яблочная кислота

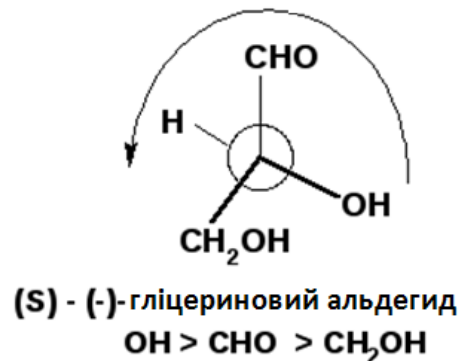
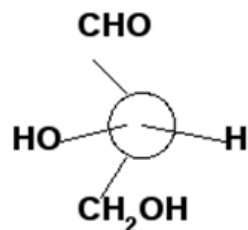
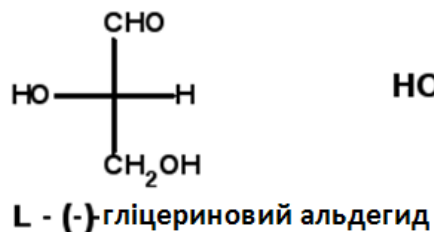
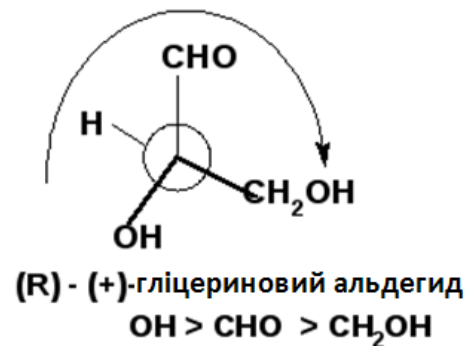
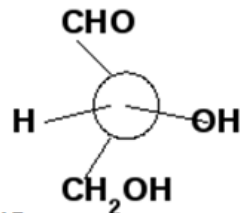


L(-)-яблочная кислота



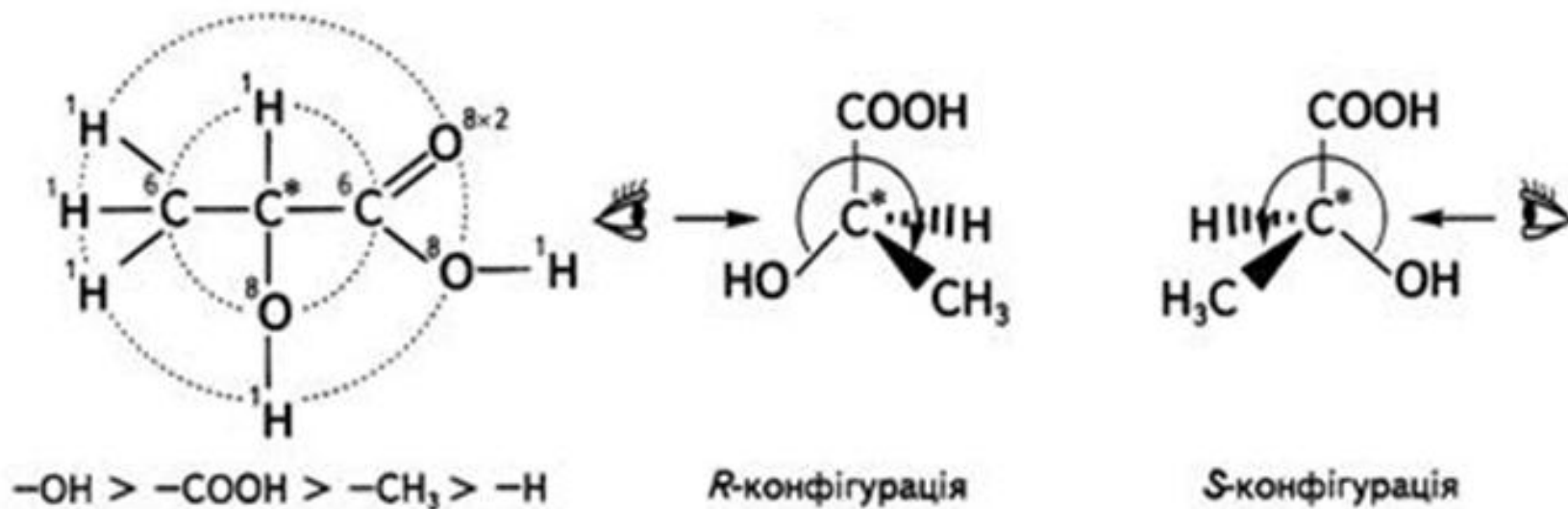
L(-)-хлорянтарная кислота

Визначення абсолютних R- і S-конфігурацій



R	-CHO	-OH	-CH ₂ OH	H
I-й шар Σатом номеров	6	8	6	1
II-й шар Σатом номеров	1+2·8 = 17	1	2·1+1·8 = 10	-

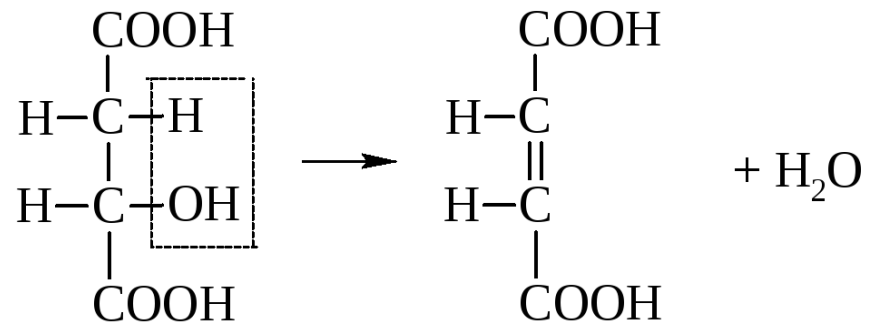
2·8 - обрахування для подвійного зв'язку C=O



R	-COOH	-OH	-CH ₂ OH	H
I-й шар Σатом номеров	6	8	6	1
II-й шар Σатом номеров	$8 + 2 \cdot 8 = 24$	1	$2 \cdot 1 + 1 \cdot 8 = 10$	-

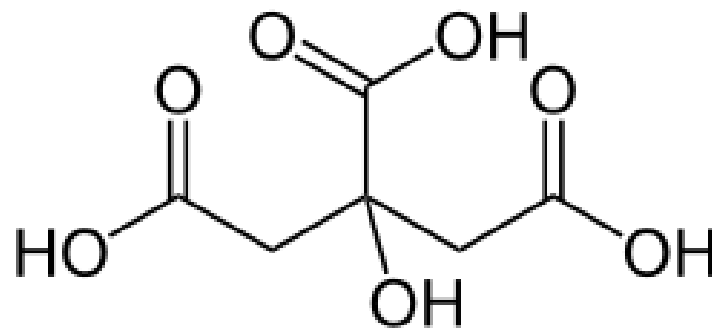
- 2·8 - обрахування для подвійного зв'язку C=O

Дегідратація яблучної кислоти



2-гідрокси-1,2,3-пропантрикарбонова кислота, C₆H₈O₇) — кристалічна речовина білого кольору, температура плавлення 153 °С, добре розчинна в воді, розчинна в етанолі, малорозчинна в діетиловому етері.

- Слабка триосновна кислота.
- Харчова добавка Е330.

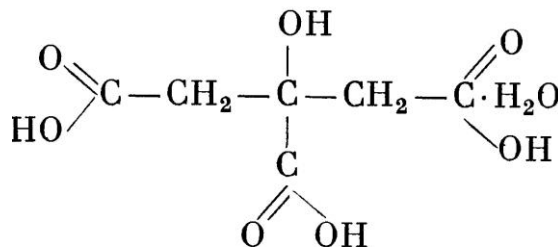


Лимонна кислота моногідрат:

pH = 2,2 (1% водний розчин);

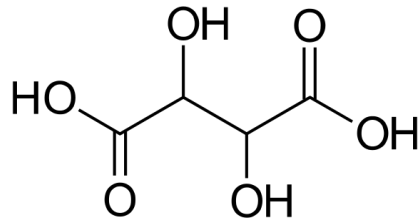
Константа дисоціації:

- $pK_{a1} = 3,128$ (25 °С),
- $pK_{a2} = 4,761$ (25 °С),
- $pK_{a3} = 6,396$ (25 °С);



Винна кислота

- диоксибурштинова кислота,
- 2,3-дигідроксибутандіонова кислота,
- тартратна кислота - харчова добавка E334
- $\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$ — двохосновна оксикислота.
- Її солі називають **тартратами**.



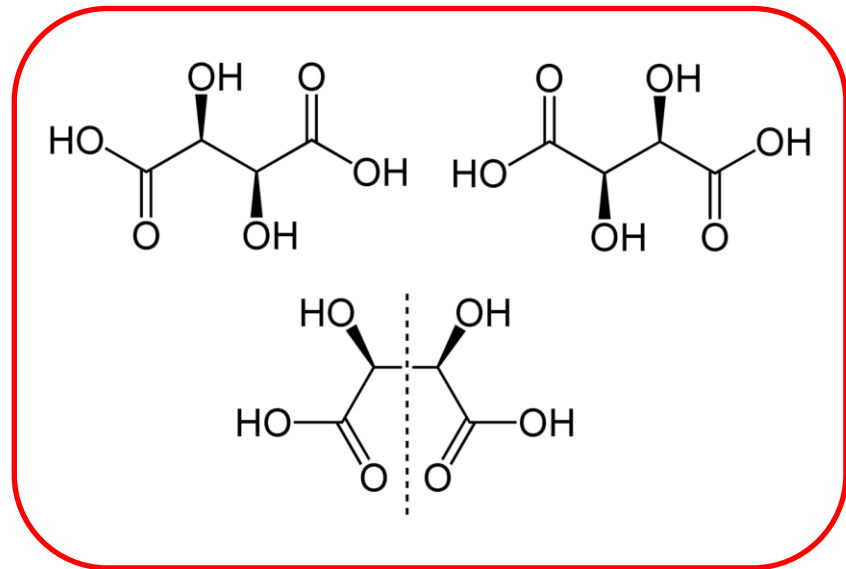
Кислотність при 25 °C:

D, L-: $pK_{a1} = 2,95$, $pK_{a2} = 4,25$

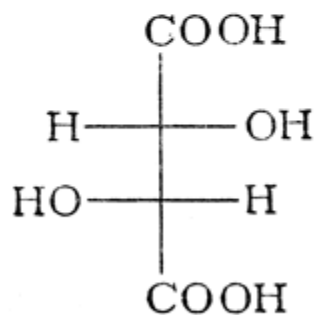
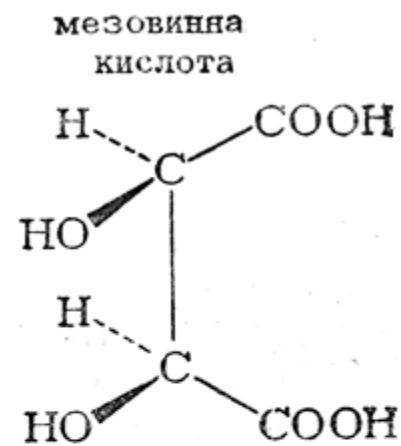
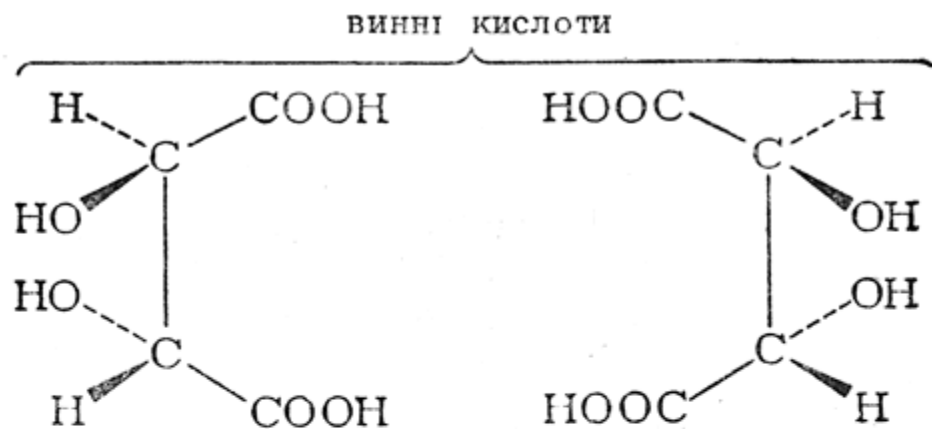
мезо-: $pK_{a1} = 3,22$, $pK_{a2} = 4,85$

Оптична активність

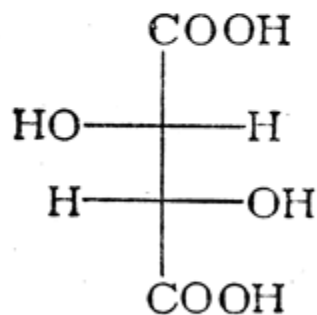
$[\alpha]_D = + 11,98$ °C



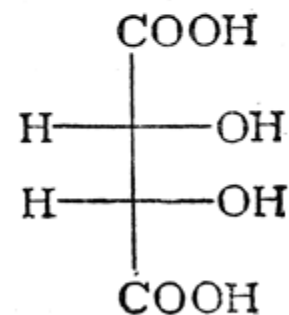
Винні кислоти (D-, L- та мезовинна)



D-(+)



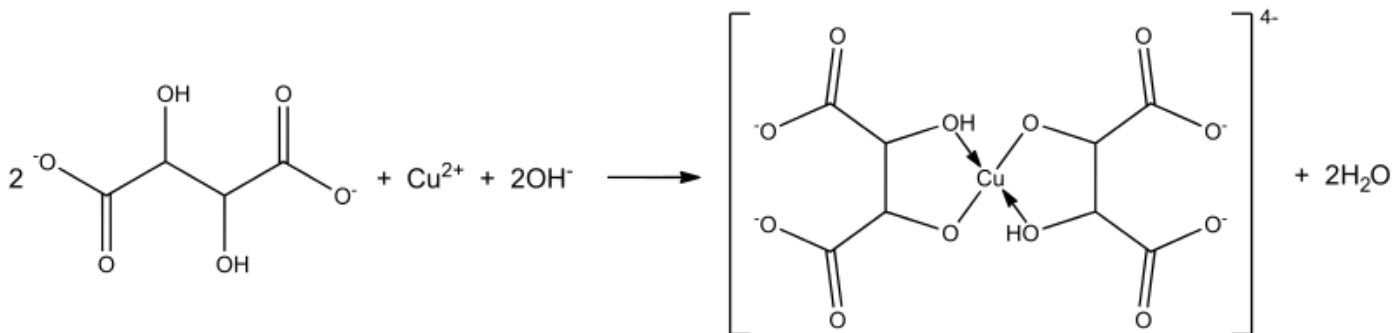
L-(-)



Реактив Фелінга

В **лінга** — аналітичний реактив, що застосовується для якісного визначення наявності альдегідної групи у деяких органічних сполуках, зокрема вуглеводах (головним чином у моносахаридах). **Реактив був запропонований у 1849 році Германом Фелінгом.**

Реактив готують, змішуючи розчини сульфату міді(II) і тартрату калію-натрію (**сегнетової солі**) у 10 % розчині лугу. Внаслідок взаємодії утворюється **синій комплекс тартрату міді(II)**:

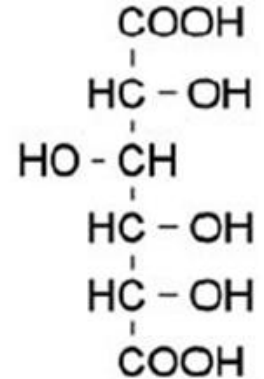
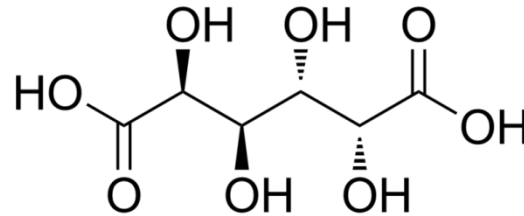


Для визначення альдегідів свіжоприготований розчин нагрівають до кипіння і додають до нього досліджувану речовину: при наявності в ній альдегідної групи комплекс Cu(II) відновлюється і утворює гідроксид міді(I), що розкладається із випадінням **червоного осаду оксиду міді(I)**:



Із бензальдегідом та іншими ароматичними альдегідами реактив Фелінга не взаємодіє, для їхнього визначення застосовується реактив Толленса (запропонований Бернардом Толленсом у 1881 році) - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \text{OH}^-$

Слизева кислота

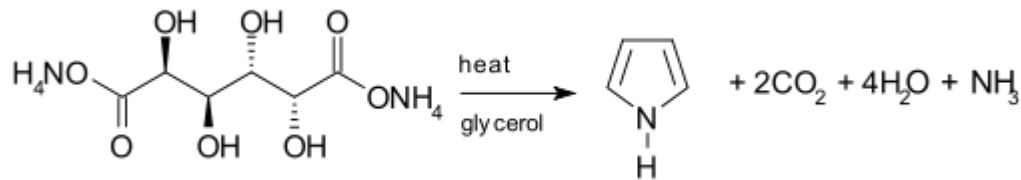


Слизева кислота (галакторова кислота, муцинова кислота) - хімічна сполука, органічна кислота з формулою $C_6H_{10}O_8$.

Може бути отримана в результаті окислення галактози нітратною кислотою. Чиста речовина - білий кристалічний порошок, що має температуру плавлення $213^{\circ}C$.

Слизевая кислота нерозчинна в спирті, етері та холодній воді. Молекула слизевої кислоти не має оптичної активності.

Під час піролізу слизева кислота дегідратується з утворенням пірослизевої (фуран-2-карбонової) кислот, під час піролізу амонієвої солі пірослизевої кислоти відбувається аналогічна реакція циклізації-дегідратації з утворенням пірролу:

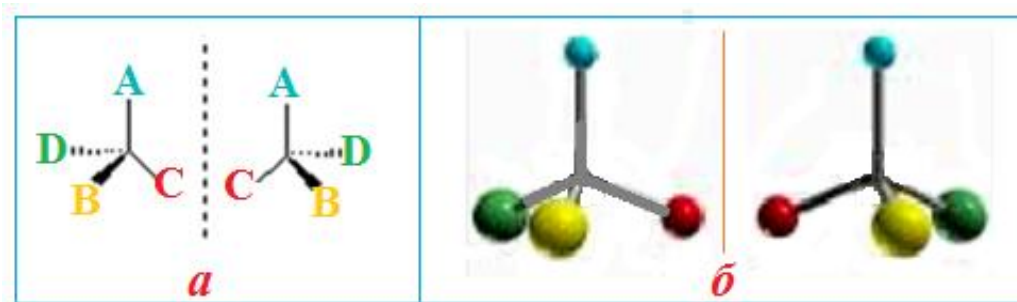


Конфігураційна стереоізомерія.

Оптична активність хіральних сполук та її вимірювання (основні положення).

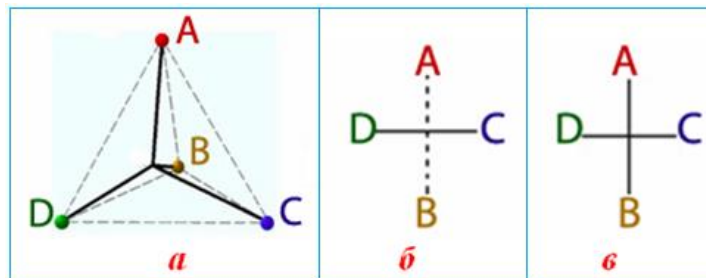
Асиметричний атом C^* – це sp^3 -гібридизований атом Карбону, сполучений з чотирма різними за складом і будовою замісниками. Асиметричний атом має й іншу назву – **хіральний центр** (від грецького χείρ – рука), що наголошує на відсутність симетрії відносно лівого і правого боків.

Існує тільки **два варіанти тетраедричного розміщення чотирьох замісників** навколо sp^3 -гібридизованого асиметричного атома C^* , які складають **пару конфігураційних ізомерів** – їх звичайно називають **оптичні антиподи**, або **енантиомери**. Енантиомери уявляють собою дзеркальні відображення одна одної.



Дзеркальні зображення sp^3 -гібридизованого асиметричного (хірального) атома Карбону з чотирма різними замісниками А, В, С і D: а) графічна формула; б) кульково-стрижньова модель

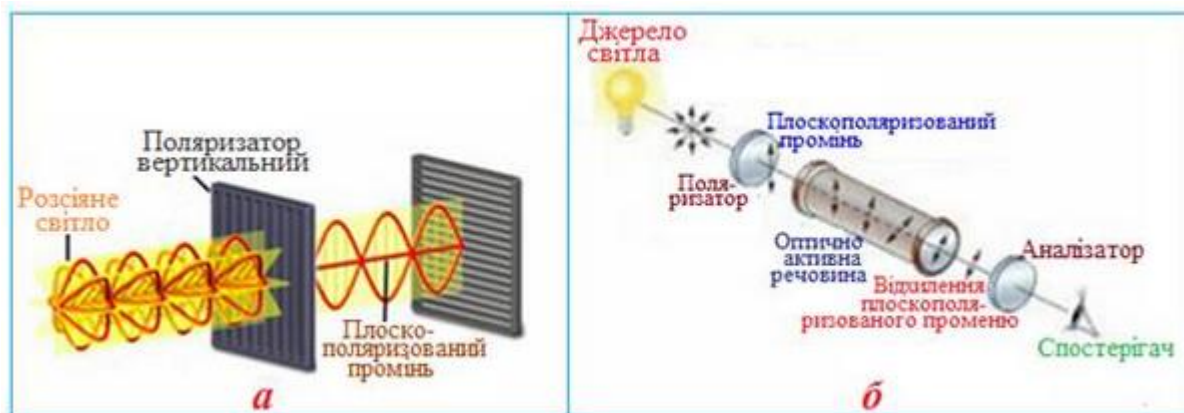
Графічне зображення асиметричного атома C^* , сполученого з різними замісниками A, B, C і D: а) об'ємне зображення; б) формула Фішера, в якій пунктирною лінією показано розміщення верхнього A і нижнього B замісників за площиною креслення; в) звичайна формула Фішера:



Енантіомери за звичайних умов не відрізняються між собою ні за фізичними, ні за хімічними властивостями. Їх головною ознакою вважається оптична активність – *здатність обертати площину поляризації світла*.

Визначення конфігурації оптичних антиподів проводять експериментально, пропускаючи через розчин оптично активної речовини промінь плоскополяризованого світла і фіксуючи його напрямок і кут відхилення.

Лівообертальний енантіомер позначають знаком «-», а правообертальний – знаком «+».



Відмінність хвиль з круговою і плоскою поляризацією

Поляризація електромагнітних хвиль

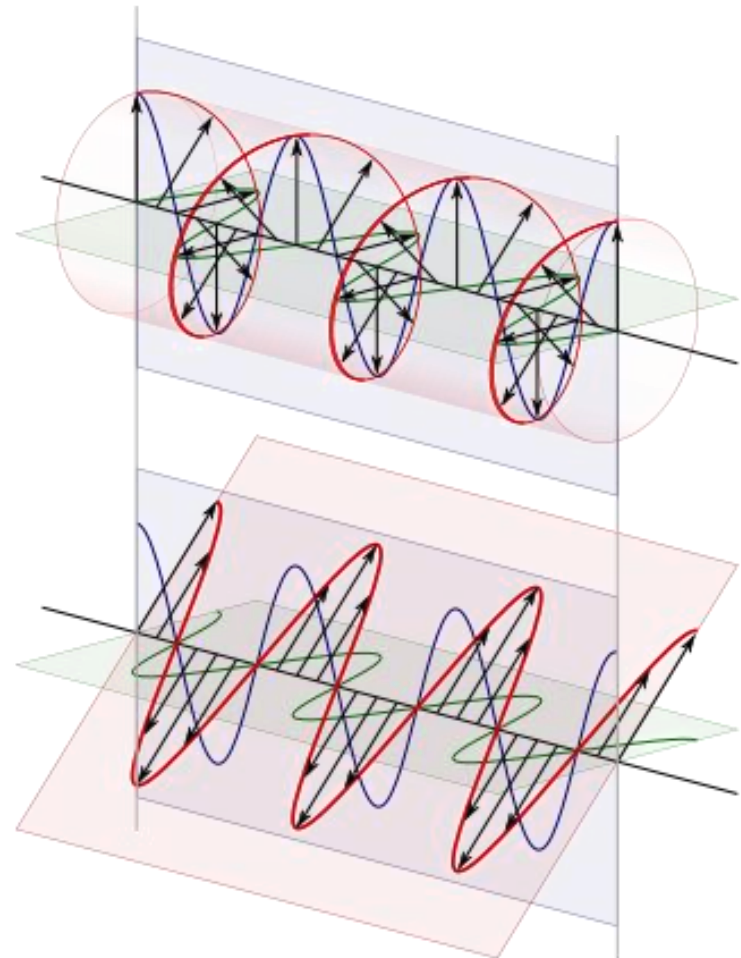
Для електромагнітних хвиль поляризація - явище спрямованого коливання векторів

напруженості електричного поля E
або

напруженості магнітного поля H .

Теорія явища

Електромагнітна хвиля може бути розкладена (як теоретично, так і практично) на дві поляризовані складові, наприклад, поляризовані вертикально і горизонтально.

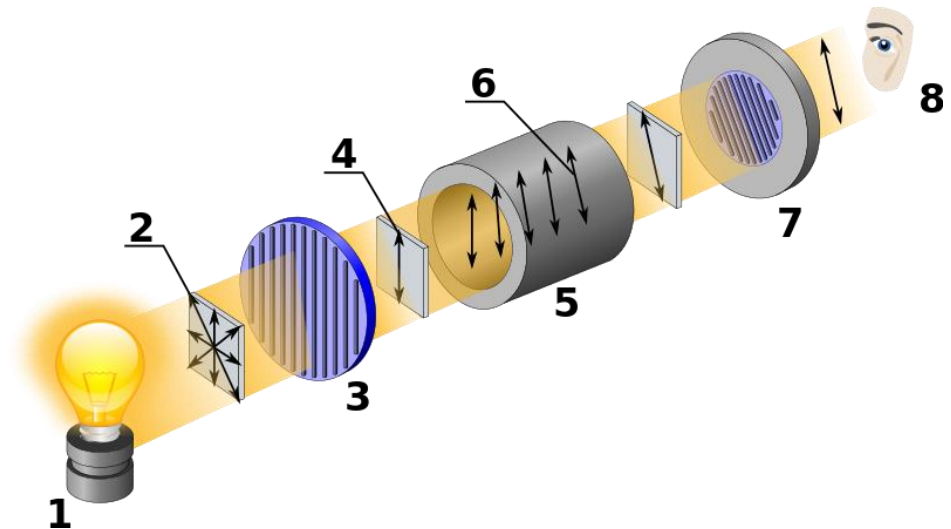


Поляриметрія - методи фізичних досліджень, в основі яких лежить вимірювання міри поляризації світла і кута повороту площини поляризації світла при проходженні його через оптично активні речовини. Кут повороту в розчинах залежить від їх концентрації; тому поляриметрія широко застосовується для вимірювання концентрації оптично активних речовин.

Анімація поляриметра:



Будова поляриметра:

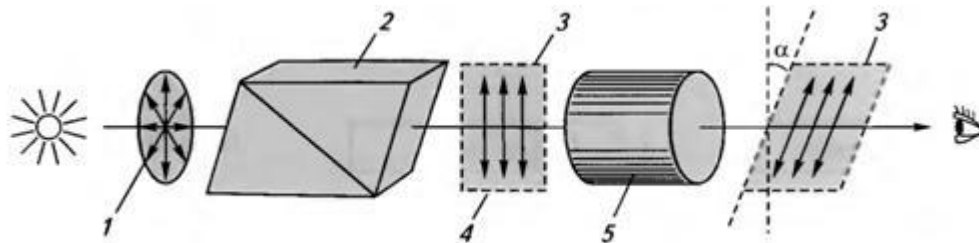


Вимірювання оптичної активності речовини за допомогою поляриметра:

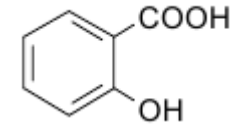
1 - джерело світла, 2 - неполяризоване світло, 3 - поляризатор, 4 - поляризоване світло, 5 - кювета з розчином речовини, 6 - оптичне обертання 30° , 7 - аналізатор, 8 - спостерігач

$$[\alpha]_D^t = \alpha \cdot c^{-1} \cdot l^{-1}$$

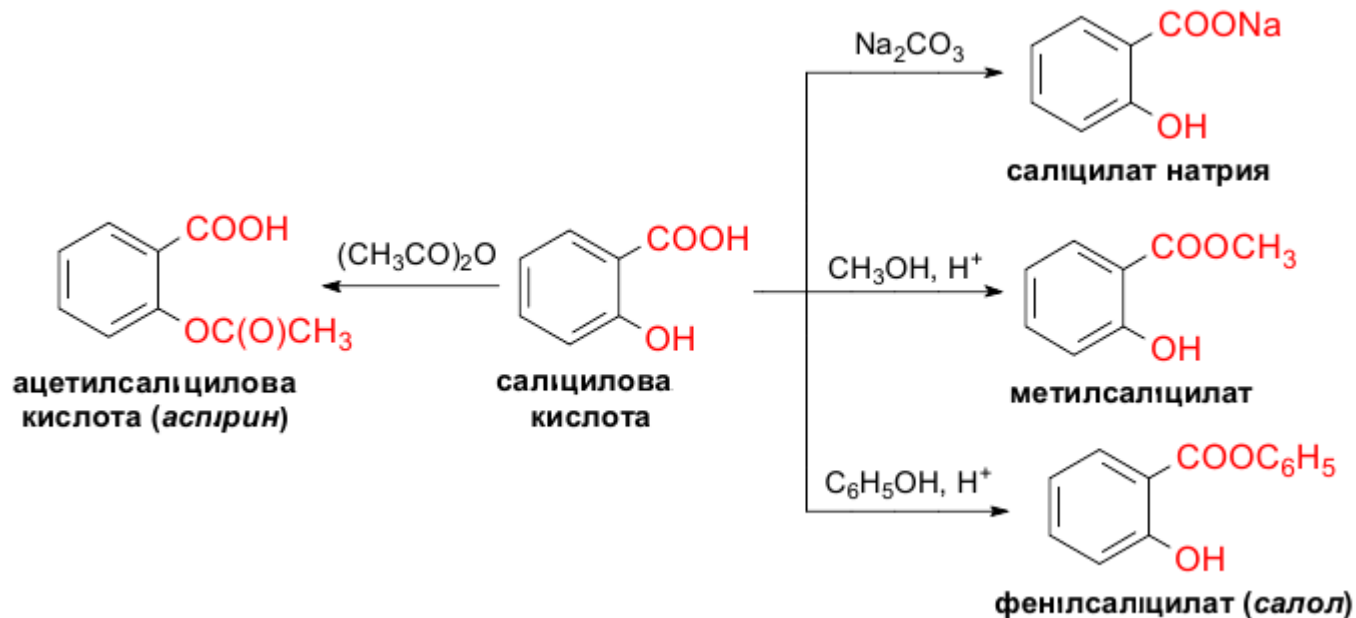
- $[\alpha]_D^t$ – питоме обертання для даної оптично-активної речовини за даної температури t , визначене з використанням жовтої D - лінії Натрію з довжиною хвилі **589 нм**, градусах.
- α – кут обертання плоскополяризованого променя, який спостерігається в експерименті (градусів з відповідним знаком : + або -),
- c – концентрація розчину оптичноактивної речовини, г/мл,
- l – довжина поляриметричної трубки, дм.



Саліцилова кислота

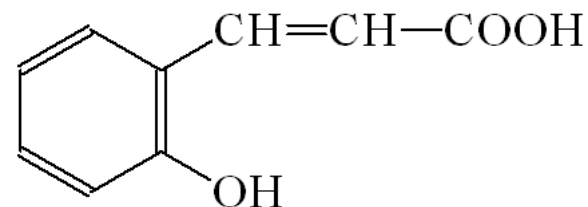
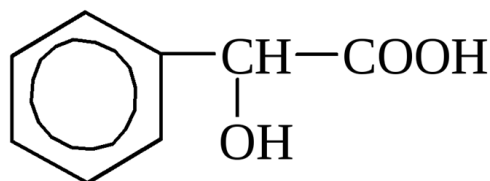
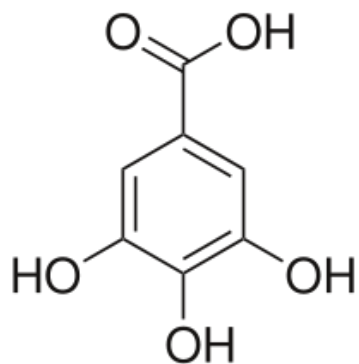


Саліцилова кислота – протиревматичний, жарознижуючий, протигрибковий засіб. Використовується як зовнішній, викликає подразнення ШКТ. $pK_a = 2,98$

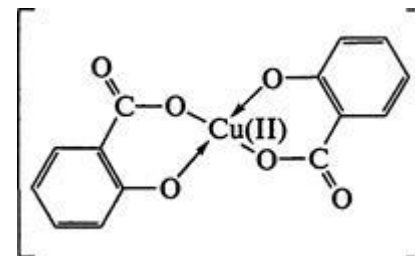
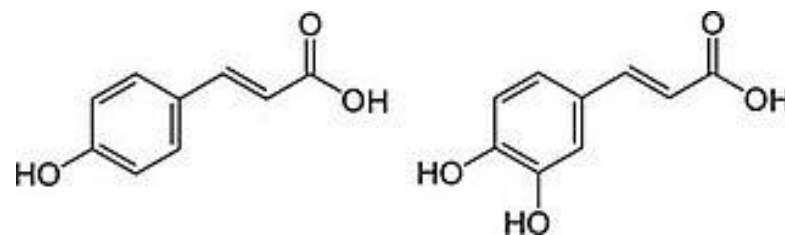
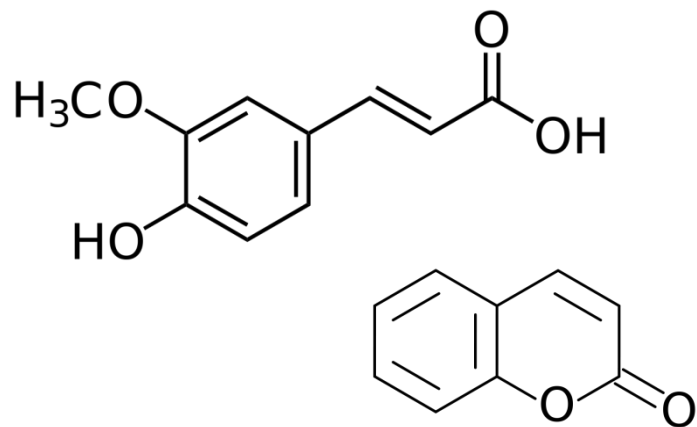


Аспірин – аналгетичний, жарознижуючий, протизапальний засіб

*Галова кислота, міндальна кислота, кумарова кислота,
ферулова кислота*



кумарова кислота

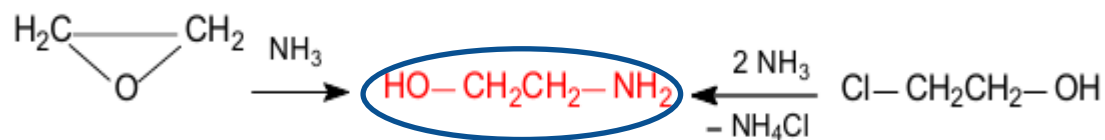




Аміноспирти

Аміноспирти

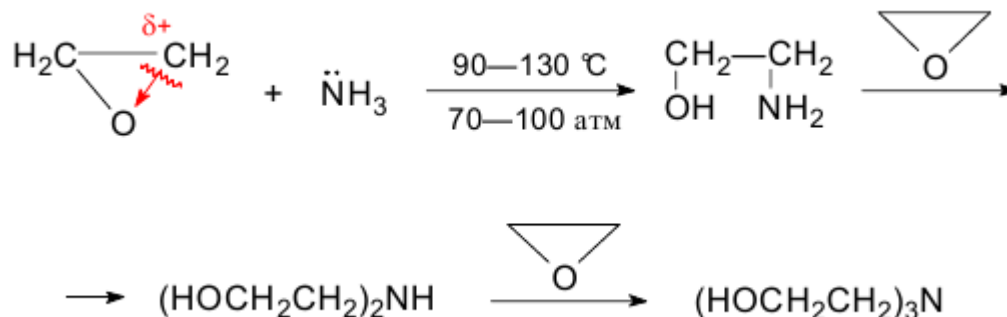
Методи отримання етаноламіна:



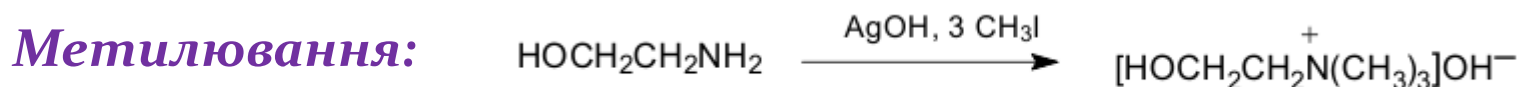
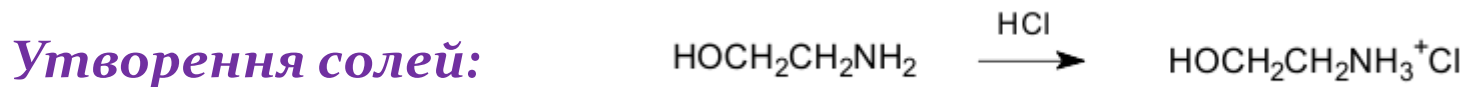
Побічні продукти:



Деталізація схеми взаємодії оксирана з амоніаком:



Хімічні властивості 2-аміноетанола

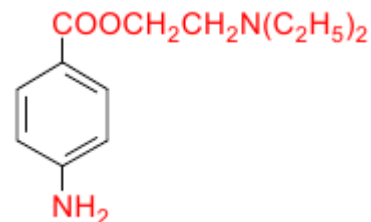


Фармацевтичне застосування

Дімедрол –
антиалергійний та снодійний засіб



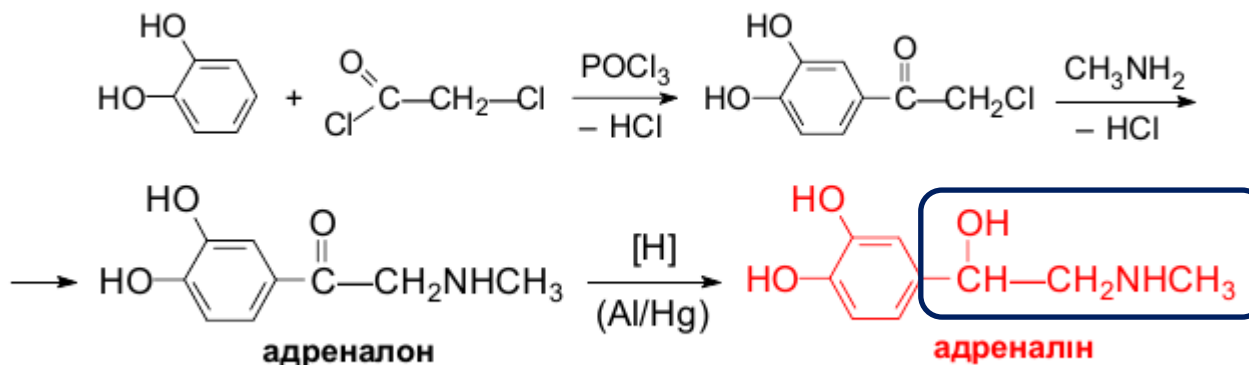
Нововаїн - знеболююче



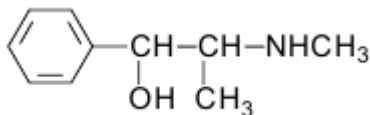
Деякі сполуки похідні та заміщені етаноламіна

Адреналін - гормон (L-ізомер, бере участь в регуляції серцевої діяльності, обміні вуглеводів, «гормон страху»- при стресових ситуаціях виділяється в кров)

Синтез (Штольц, 1904)



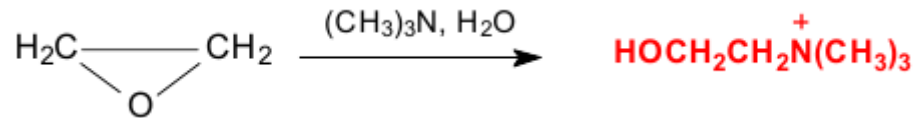
Ефедрин - алкалоїд (судинно-розширювальний ефект)



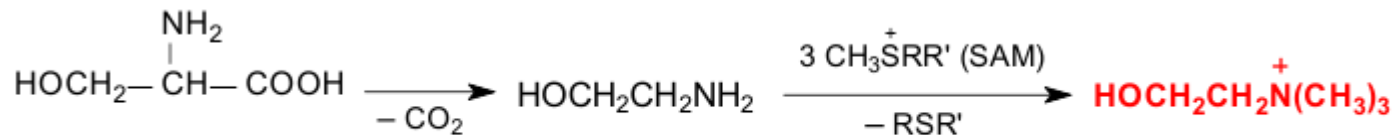
Холін

Холін (триметил-2-гідроксиетиламоній) - структурний фрагмент складних ліпідів

Синтез

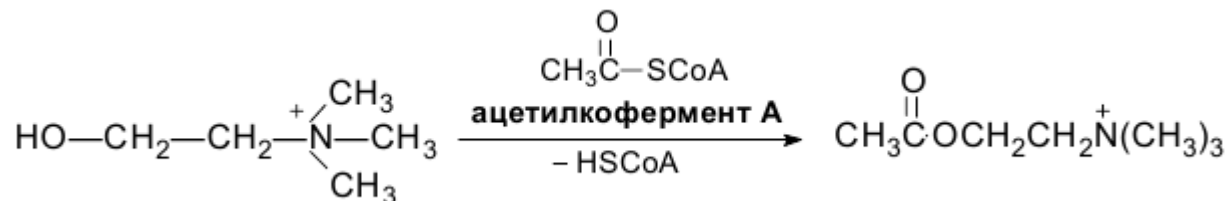


Утворення в умовах організму:



SAM – S-аденозілметіонін (метилсульфонієвий йон)

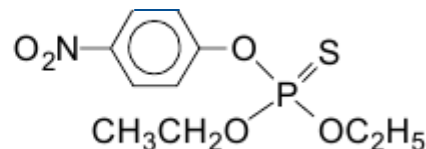
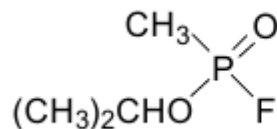
Перетворення холіна *in vivo*



Фосфорорганічні сполуки інгібітори холінестерази

Зарін

(нервовова отрута)



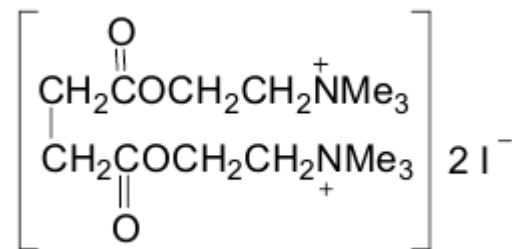
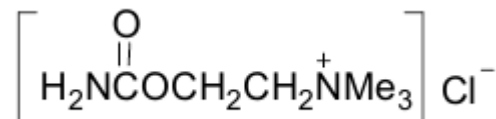
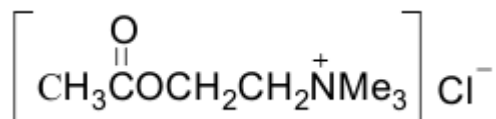
Тіофос

(інсектицид)

Похідні холіна в медицині -

судинорозширюючі

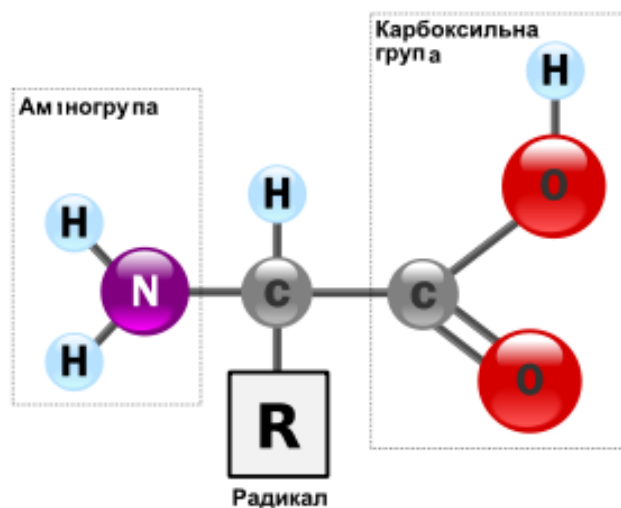
мускули-розслабляючий ефект





Амінокислоти

Загальна будова α -амінокислот, що входять до складу білків (окрім проліну).



Складові частини молекули амінокислоти:

- аміногрупа NH_2 ,
- карбоксильна група COOH ,
- радикал (розрізняється у усіх α -амінокислот),
- α -атом Карбону (у центрі)

Загальна характеристика амінокислот

Більшість з близько **500** відомих амінокислот було відкрито після **1953 року**: під час пошуку нових антибіотиків, в середовищі мікроорганізмів, грибів, насіння, рослин, фруктів і рідинах тварин тощо.

Приблизно **240** з них зустрічається в природі у вільному виді, а інші тільки як проміжні елементи обміну речовин.

Аміни (амінокарбонові аміни; АМК) - органічні сполуки, в молекулі яких одночасно знаходяться карбоксильні і аміни групи.

Основні хімічні елементи амінокислот - Карбон (С), Гідроген (Н), Оксиген (О), і Нітроген (N), хоча інші елементи також зустрічаються в радикалові певних амінокислот. Із відомих близько 500 амінокислот тільки 20 використовуються в генетичному коді білків, що зустрічаються в природі.

Амінокислоти можуть розглядатися як похідні карбонових кислот, в яких один або декілька атомів водню замінено на аміногрупи.

Відкриття амінокислот у складі білків

Амінокислота	Абревіатура	Рік	Джерело	Уперше виділений[2]
Гліцин	Gly, G	1820	Желатин	А. Браконно
Лейцин	Leu, L	1820	М'язові волокна	А. Браконно
Тирозин	Tyr, Y	1848	Казеїн	Ю. фон Лібіх
Серин	Ser, S	1865	Шовк	Э. Крамер
Глутамінова кислота	Glu, E	1866	Рослинні білки	Г. Риттхаузен[de]
Глутамін	Gln, Q			
Аспарагінова кислота	Asp, D	1868	Конглютин, легумін (паростки спаржі)	Г. Риттхаузен[en]
Аспарагин	Asn, N	1806	Сік спаржі	Л. - Н. Воклен і П. Ж. Робике
Фенилаланин	Phe, F	1881	Паростки люпину	Э. Шульце, Й. Барбьери
Аланин	Ala, A	1888	Фіброїн шовку	А. Штреккер, Т. Вейль
Лізін	Lys, K	1889	Казеїн	Э. Дрексель

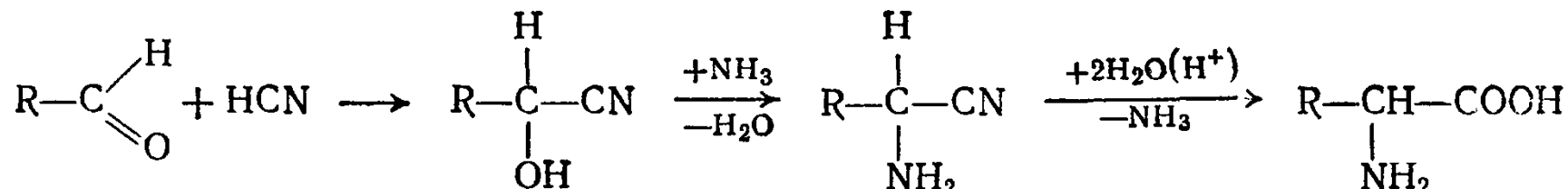
Відкриття амінокислот у складі білків (продовження)

Аргінін	Arg, R	1895	Речовина рогу	С. Гедин
Гістидин	His, H	1896	Стурин, гістони	А. Коссель[3], С. Гедин
Цистеин	Cys, C	1899	Речовина рогу	К. Мернер
Валін	Val, V	1901	Казеїн	Э. Фишер
Пролін	Pro, P	1901	Казеїн	Э. Фишер
Гідроксипролін	Hyp, hP	1902	Желатин	Э. Фишер
Триптофан	Trp, W	1902	Казеїн	Ф. Хопкинс, Д. Кілок
Ізолейцин	Ile, I	1904	Фібрин	Ф. Эрлих
Метіонін	Met, M	1922	Казеїн	Д. Меллер
Треонін	Thr, T	1925	Білки вівса	С. Шрайвер та ін.
Гідроксилизин	Hyl, hK	1925	Білки риб	С. Шрайвер та ін.

Жирним шрифтом виділені незамінні амінокислоти

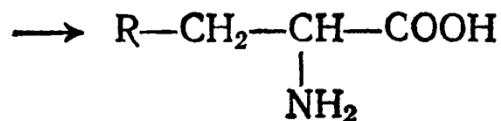
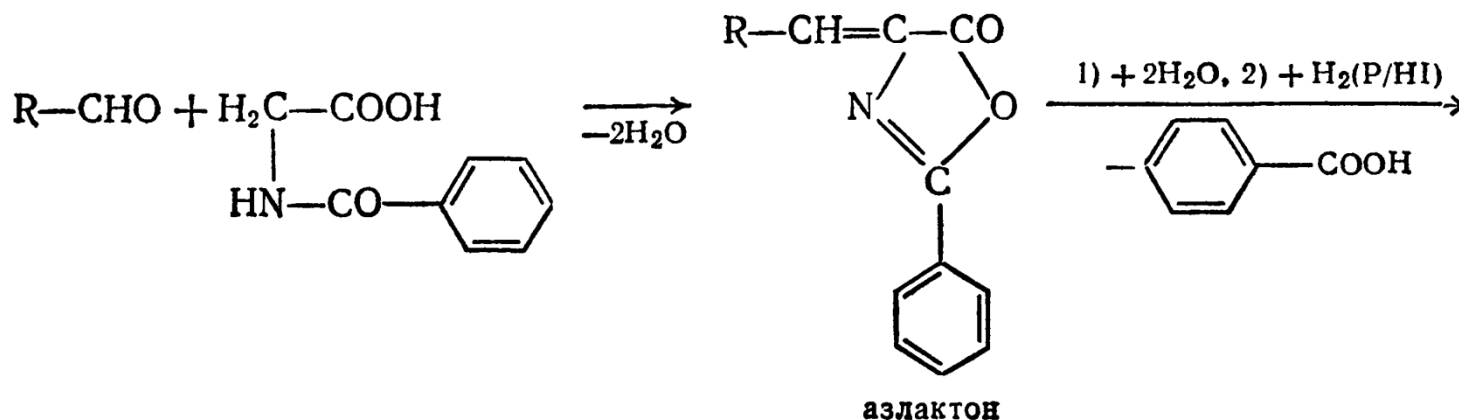
Методи синтеза амінокислот

Синтез Штрекера:

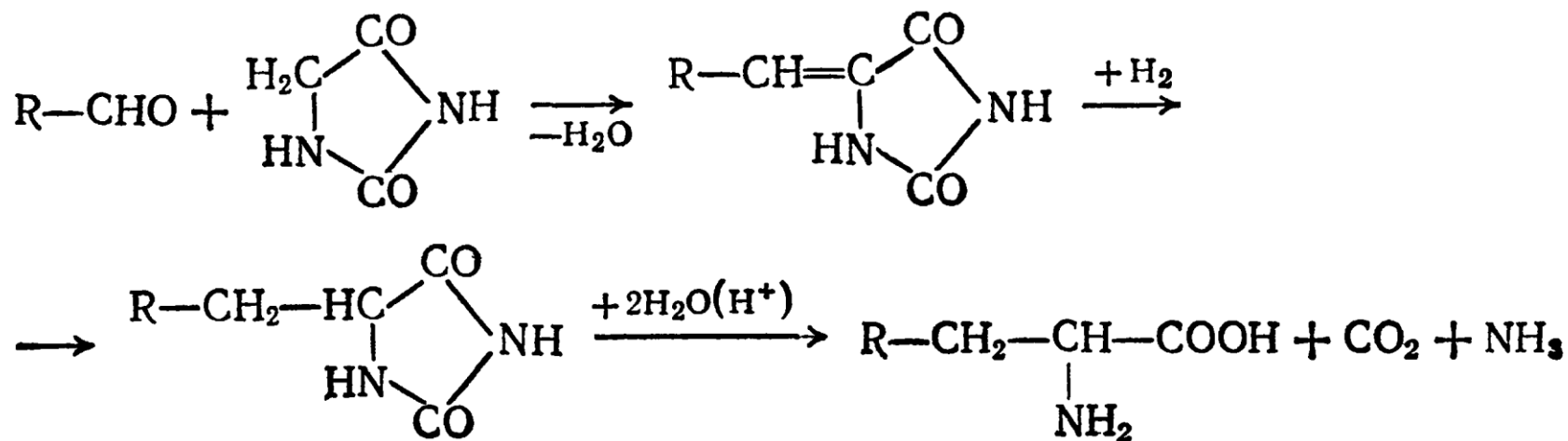


Конденсації на основі альдегідів

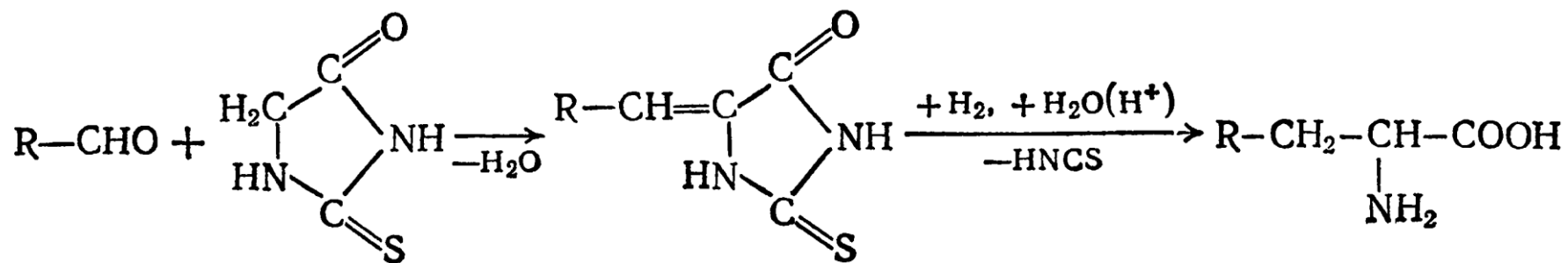
Альдегід + гіпурова кислота:



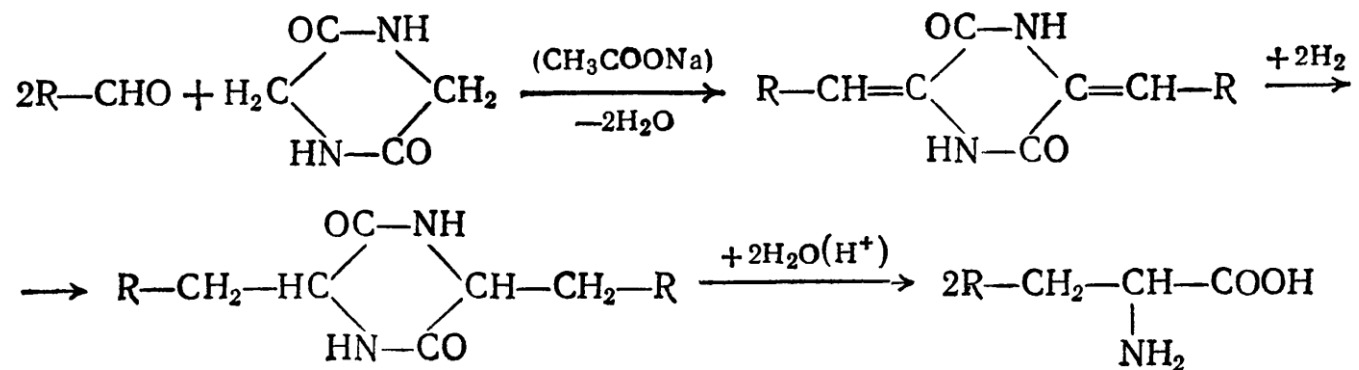
Альдегід + гідантоїн:



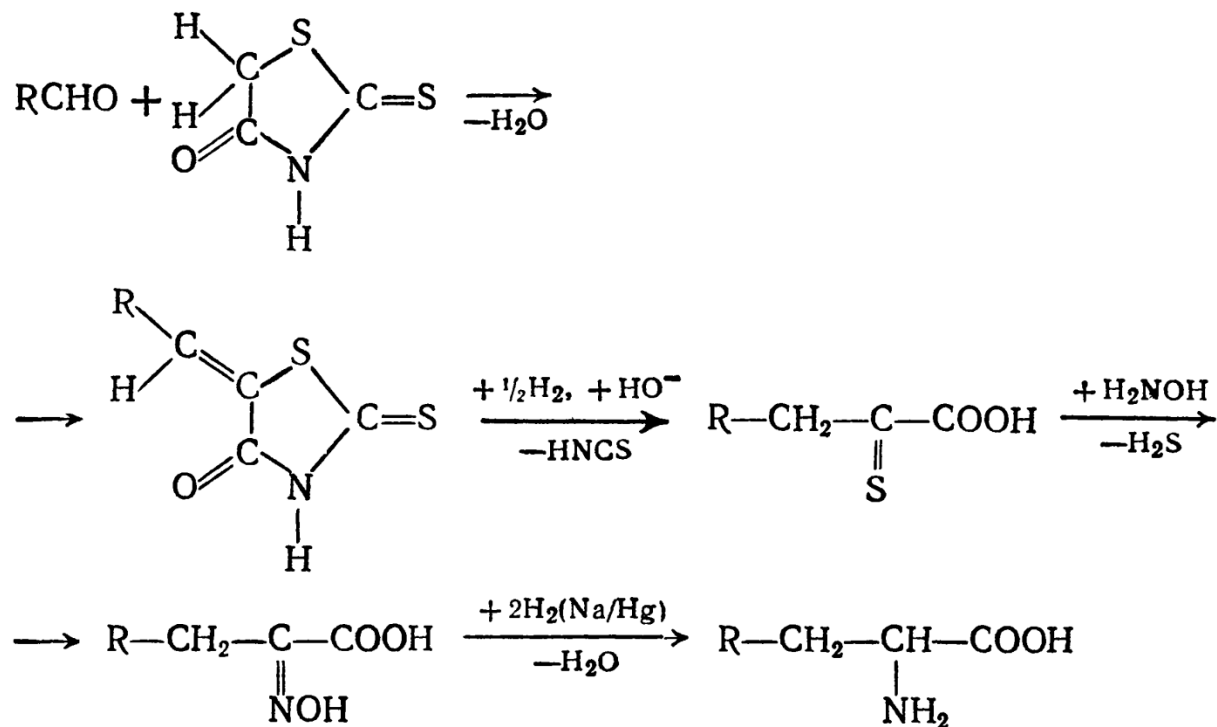
Альдегід + тіогідантоїн:



Альдегід + 2,5-діоксопіперазин:



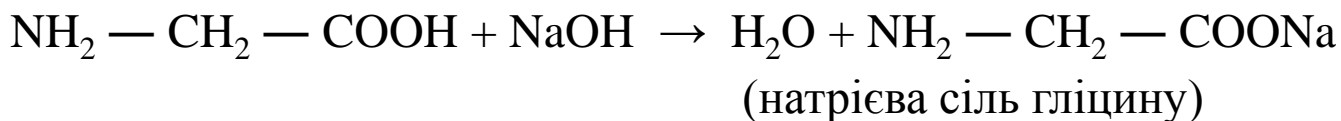
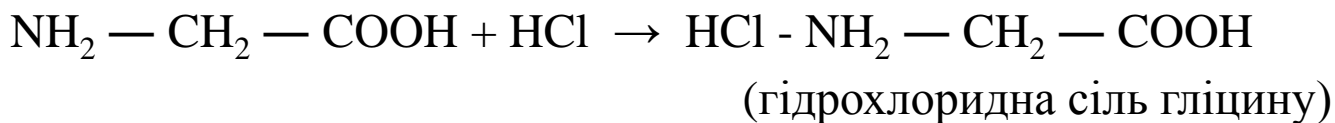
Альдегід + роданін:



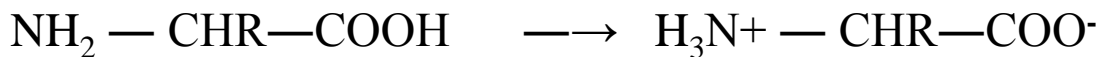
Загальні хімічні властивості АК

Усі амінокислоти - **амфотерні сполуки**, тому проявляють як **кислотні властивості**, обумовлені наявністю в їх молекулах карбоксильної групи, - COOH, так і **основні властивості**, обумовлені аміногрупою, - NH₂.

Амінокислоти взаємодіють з кислотами і лугами :

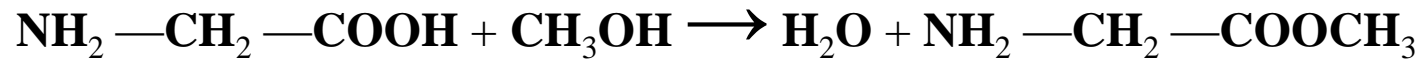


Розчини амінокислот у воді завдяки цьому мають властивості буферних розчинів, тобто знаходяться в стані внутрішніх солей.

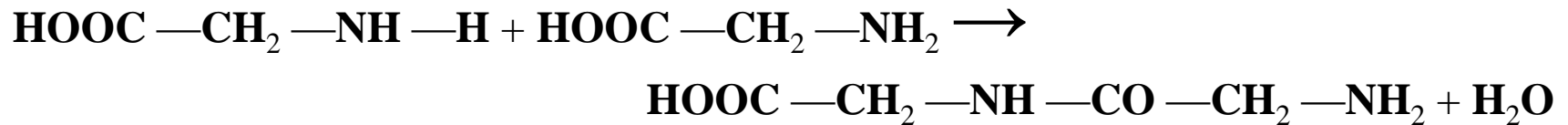


- Цвиттер-іоном називають молекулу амінокислоти, в якій знаходяться - NH₃⁺ та - COO⁻ групи. Така молекула має значний дипольний момент при нульовому сумарному заряді. Саме з таких молекул побудовані кристали більшості амінокислот.
- *Ізоелектричною точкою амінокислоти називають значення рН, при якому максимальна доля молекул амінокислоти має нульовий заряд. При такому рН амінокислота найменш рухлива в електричному полі, і цю властивість можна використовувати для розподілу амінокислот, а також білків і пептидів.*

Естерифікація амінокислот:



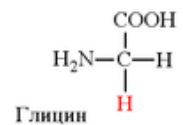
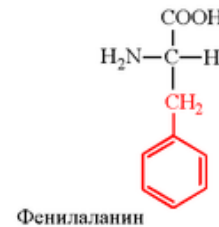
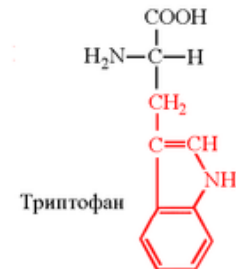
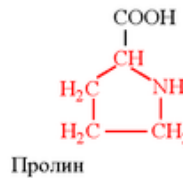
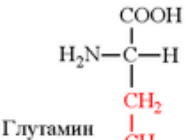
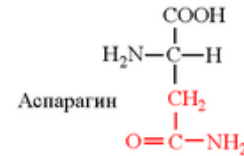
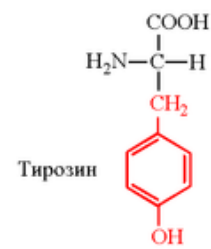
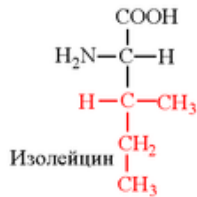
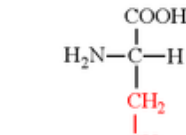
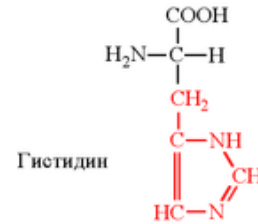
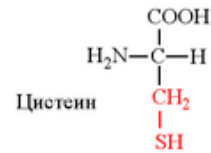
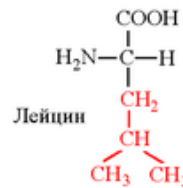
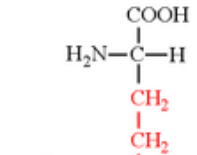
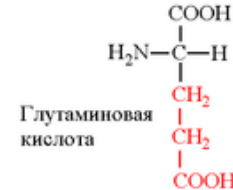
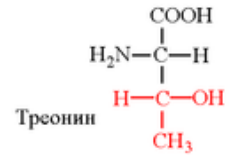
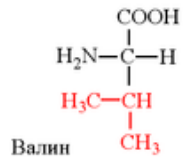
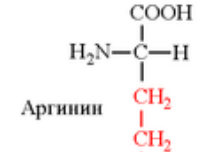
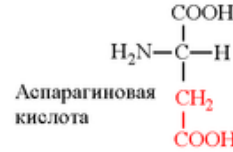
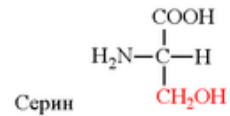
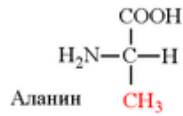
Утворення пептидів:



Оптична ізомерія АК

- Усі ті АК, що входять до складу живих організмів α -амінокислоти, окрім гліцину, містять асиметричний атом Карбону (треонін і ізолейцин містять два асиметричні атоми) і мають оптичну активність. Майже всі АК, що зустрічаються в природі, – α -амінокислоти, які мають L-конфігурацію, і лише L-амінокислоти включаються до складу білків, що синтезуються на рибосомах.
- Аспарагінові залишки в метаболічно неактивних структурних білках зазнають повільну мимовільну **неферментативну рацемізацію**: в білках дентину і емалі зубів L-аспартат переходить в D-форму із швидкістю $\sim 0,1\%$ в рік, що може бути використане для визначення віку ссавців. Рацемізація аспартату також відмічена при старінні колагену; передбачається, що така рацемізація специфічна для аспарагінової кислоти і протікає за рахунок утворення сукцинімідного кільця при внутрішньомолекулярному ацилуванні атома азоту пептидного зв'язку вільною карбоксильною групою аспарагінової кислоти.
- З розвитком слідового амінокислотного аналізу D-амінокислоти були виявлені спочатку у складі клітинних стінок деяких бактерій (1966), а потім і в тканинах вищих організмів. Так, D-аспартат і D-метионин імовірно є **нейромедіаторами** у ссавців.
- Набагато частіше D-амінокислоти входять до складу пептидів і їх похідних, що утворюються шляхом нерибосомного синтезу в клітинах грибів і бактерій. Мабуть, в цьому випадку початковим матеріалом для синтезу служать також L-амінокислоти, які ізомеризуються одній з субодиниць ферментного комплексу, що здійснює синтез пептиду.

Протеїногенні амінокислоти



Гліцин	Gly	G	Glycine
Аланин	Ala	A	Alanine
Валін	Val	V	Valine
Ізолейцин	Ile	I	Isoleucine
Лейцин	Leu	L	Leucine
Пролін	Pro	P	Proline
Серин	Ser	S	Serine
Треонін	Thr	T	Threonine
Цистеїн	Cys	C	Cysteine
Метіонін	Met	M	Methionine
Аспарагінова кислота	Asp	D	asparDic acid
Аспарагін	Asn	N	asparagiNe
Глутамінова кислота	Glu	E	gluEtamic acid
Глутамін	Gln	Q	Q - tamine
Лізин	Lys	K	before L
Аргінін	Arg	R	aRginine
Гістидин	His	H	Histidine
Фенілаланін	Phe	F	Fenylalanine
Тирозин	Tyr	Y	tYrosine
Триптофан	Trp	W	tWo rings

Класифікації АК

За радикалами

Неполярні: гліцин, аланін, валін, ізолейцин, лейцин, пролін

Полярні незаряджені (заряди компенсуються) при рН=7: серин, треонін, цистеїн, метіонін, аспарагін|, глутамін

Ароматичні: фенілаланін, триптофан, Тирозин

Полярні заряджені негативно при рН=7: аспартат, глутамат

Полярні заряджені позитивно при рН=7: лізин, аргінін, гістидин

За функціональними групами

Аліфатичні

- Моноаміномонокарбонові: гліцин, аланін, валін, ізолейцин, лейцин
- Оксимоноамінокарбонові: серин, треонін
- Моноаміодикарбонові: аспартат, глутамат
- Аміді моноаміодикарбонових : аспарагін, глутамін
- Діаміномонокарбонові: лізин, аргінін, несуть в розчині позитивний заряд
- Сульфуровмісні: цистеїн, метіонін

Ароматичні: фенілаланін, тирозин, триптофан

Гетероциклічні: триптофан, гістидин, пролін

Імінокислоти: пролін

Класифікація АК за здатністю організму синтезувати з попередників

Незамінні

Для більшості тварин і людини незамінними амінокислотами є: валін, ізолейцин, лейцин, треонін, метіонін, лізин, **фенілаланін**, триптофан.

Замінні

- Для більшості тварин і людини замінними амінокислотами є: гліцин, **аланін**, пролін, серин, цистеїн, аспартат, **аспарагін**, **глутамат**, глутамін, Тирозин.
- Класифікація амінокислот на замінні і незамінні не позбавлена недоліків. Приміром, Тирозин є замінною амінокислотою тільки за умови достатнього надходження **фенілаланіна**. Для хворих фенілкетонурією Тирозин стає незамінною амінокислотою. Аргінін синтезується в організмі людини і вважається замінною амінокислотою, але у зв'язку з деякими особливостями його метаболізму при певних фізіологічних станах організму може бути прирівняний до незамінних. Гістидин також синтезується в організмі людини, але не завжди в достатніх кількостях, тому повинен поступати з їжею.