

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
КЛАСИФІКАЦІЯ І НОМЕНКЛАТУРА	5
ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	5
ОСНОВИ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК	15
ЛІПІДИ	24
ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ	43
ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ.....	58
ВУГЛЕВОДИ	76
АМІНОКИСЛОТИ. БІЛКИ.....	90
НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. МОНОНУКЛЕОТИДИ. МОНОНУКЛЕОЗИДИ	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	112

ВСТУП

Біоорганічна хімія вивчає будову і властивості речовин, які беруть участь у процесах життєдіяльності у безпосередньому зв'язку з пізнанням біологічних функцій.

Об'єктами вивчення біоорганічної хімії є біополімери та біорегулятори. Пептиди та білки, полісахариди, нуклеїнові кислоти належать до біополімерів. До названої групи речовин також входять і ліпіди, які не є високомолекулярними сполуками, проте тісно пов'язані з іншими біополімерами. Вітаміни, гормони, синтетичні біологічно активні речовини, зокрема, лікарські засоби належать до біорегуляторів.

Формування знань закономірностей хімічної поведінки органічних сполук різної природи у зв'язку з їхньою будовою як основа під час вивчення процесів, що відбуваються в живих організмах, є метою курсу біоорганічної хімії для студентів медичних ВНЗ.

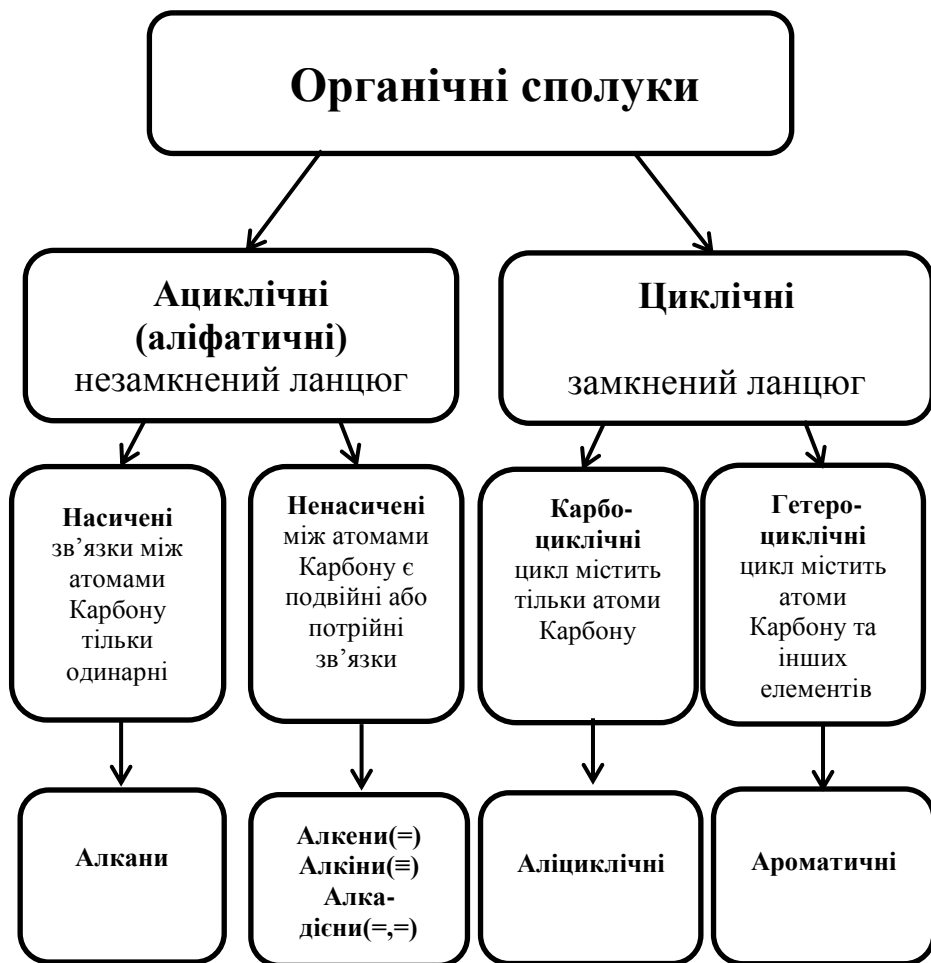
Таким чином, основним компонентом змісту курсу біоорганічної хімії є формули органічних сполук різних класів. Процес свідомого вивчення складного формульного матеріалу потребує від студентів вмінь визначати найпростіші компоненти біомолекул; зв'язки, якими вони сполучені; їх функціональні групи; основи їхньої номенклатури та класифікації тощо.

Ці методичні вказівки у стислій формі містять основний формульний матеріал біоорганічної хімії, який розподілено за розділами згідно робочої програми. Для більшості біоорганічних сполук наведені назви та класифікаційну групу, показані їх складові та зв'язки між ними, наведені схеми типових хімічних реакцій залежно від будови.

Вважаємо, що використання запропонованих методичних вказівок студентами як під час аудиторних занять, так і в процесі самостійної роботи, сприятиме формуванню важливих предметних умінь і розумінню складного формульного матеріалу, що є запорукою свідомого вивчення складних формул біологічно значущих органічних сполук та їх хімічних властивостей.

КЛАСИФІКАЦІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

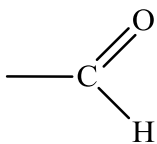
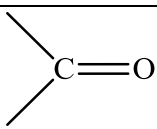
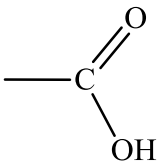
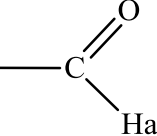
Класифікація органічних сполук за будовою карбонового ланцюгу



Класифікація функціональних похідних вуглеводнів

Характеристичні (функціональні) групи – це атом або група атомів, що зумовлюють характерні властивості органічних сполук та їх належність до певного класу.

Таблиця 1 - Класи і характеристичні групи органічних сполук

Назва класу	Загальна формула	Характеристична група
1	2	3
Галогеноалкани	R-Hal (R=Alk)	- F, -Cl, -Br, -I
Галогеноарени	R-Hal (R=Ar)**	
Спирти	R-OH	- OH
Феноли	Ar-OH	
Етери	R ₁ -O-R ₂	- O - R ₂
Альдегіди	R-CHO	
Кетони	R ₁ -CO-R ₂	
Карбонові кислоти	R-COOH	
Галогеноангідриди карбонових кислот	R-CO-Hal	

Продовження табл. 1

1	2	3
Ангідриди карбонових кислот	$R-CO-O-R_2$	
Естери карбонових кислот	$R-COOR_2$	
Аміди карбонових кислот	$R-CONH_2$	
Нітрили	$R-CN$	$—C\equiv N$
Сульфонові кислоти	$R-SO_2OH$	
Нітроалкани	$R-NO_2$ (R=Alk)	
Нітроарени	$R-NO_2$ (R=Ar)	
Аміни	$R-NH_2$ (R=Alk)	$—NH_2$
	$R-NH_2$ (R=Ar)	

* Alk – алкільна група, залишок (структурний фрагмент) молекули алкану.

** Ar – арильна група, залишок молекули ароматичного вуглеводню.

Таблиця 2 - Характеристичні групи і відповідні префікси та суфікси (за зменшенням старшинства)

Клас	Формула групи	Префікс	Суфікс
1	2	3	4
Солі карбонових кислот	$-(C)-OO^{\ominus}M^{\oplus}$ $-C-OO^{\ominus}M^{\oplus}$		(катіон)...оат (катіон)... карбоксилат
Карбонові кислоти	$-(C)-OOH$ $-C-OOH$	- карбокси-	-ова кислота -карбонова кислота
Сульфонові кислоти	$-SO_2 - OH$	сульфо-	сульфонова кислота (сульфо кислота)
Естери карбонових кислот	$-(C)OOR$ $-COOR$	- (R)-оксикарбоніл-	(R)...оат (R)... карбоксилат
Галогеноангідриди карбонових кислот	$-(C)O - Hal$ $-CO - Hal$	- галогенокарбоніл-	-оїлгалогенід карбонілгалогенід
Аміди карбонових кислот	$-(C)O - NH_2$ $-CO - NH_2$	- карбамоїл-	-амід -карбоксамід
Нітрили	$-(C) \equiv N$ $-C \equiv N$	ціано-	-нітрил -карбонітрил
Альдегіди	$-(C)HO$ $-CHO$	оксо- форміл-	-аль -карбальдегід
Кетони	$> (C) = O$	оксо-	-он
Спирти і феноли	$-OH$	гідрокси-	-ол
Тіоли	$-SH$	сульфаніл-	-тіол
Гідроперокси	$-O - OH$	гідроперокси-	-

Продовження табл.2

1	2	3	4
Аміни	– NH ₂	аміно-	-амін
Етери	– OR	(R)-окси-	-
Сульфідиди	– SR	(R)-сульфаніл-	-
Пероксиди	– O – OR	(R)-перокси-	-

Таблиця 3 - Характеристичні групи, які у систематичній номенклатурі позначають тільки префіксами

Формула характеристичної групи	Префікс	Формула характеристичної групи	Префікс
– F	флуоро-	– Br	бromo-
– Cl	хлоро-	– I	йодо-
= N ₂	діазо-	– OR	(R)-окси, алкокси
– NO	нітрозо-	– OC ₆ H ₅	фенокси-
– NO ₂	нітро-	– SR	(R)-сульфаніл-, алкіл- сульфаніл

Таблиця 4 - Основні терміни, що використовуються для побудови назв органічних сполук

Назва терміну	Визначення	Приклад
Систематична назва	Назва повністю складена зі спеціально створених або вибраних складів	Пентан
Тривіальна назва	Назва, у якій жоден зі складів не використовується у систематичному сенсі	Сечовина

Продовження табл.4

<p>Родо-начальна назва</p>	<p>Частина назви, від якої за певними правилами будується повна назва</p>	<p>«етан» (<i>систематична назва</i>) дає початок назви «етанол»; «бензен» (<i>тривіальна назва</i>) дає початок назви «нітробензен»</p>
<p>Замісник</p>	<p>Атом або група атомів, що заміщують у вихідній сполуці атоми Гідрогену</p>	<p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ </p> <p style="text-align: center;">↑ замісник</p>
<p>Старша (головна) група</p>	<p>Характеристична група, назва якої позначається, як правило, суфіксом</p>	<p style="text-align: center;"> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH}$ </p> <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \\ \text{NH}_2 \end{array}$ </p> <p style="text-align: center;">↑ ↑ замісник старша група</p>
<p>Множинні префікси</p>	<p>Застосовуються для позначення числа однакових замісників або кратних зв'язків</p>	<p style="text-align: center;">ди-, три-, тетра-, пента-</p>
<p>Локант</p>	<p>Цифра або буква, яка вказує положення замісника</p>	<p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} 1 \qquad 2 \qquad 3 \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ </p> <p style="text-align: center;">↑ локант</p>

Схема складання назв органічних сполук за систематичною номенклатурою

Назва родонаочної структури

ПРЕФІКСИ

замісники
в
алфавітно-
му порядку

КОРІНЬ

головний
карбоновий
ланцюг,
основна
циклічна
або
гетероциклічна
структура

СУФІКС

ступінь
насиченості
(ненасиченості)
-ан, -ен, (-ен), -ин
(-ін, -ін)

СУФІКС

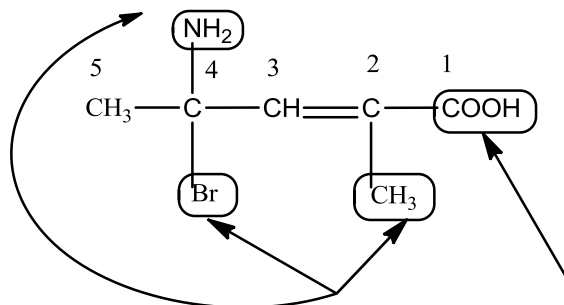
старша
характеристична
група

префікси

корінь

суфікси

4-аміно-4-бромо-2-метилбут-2-єнова кислота



замісники

старша функціональна
група

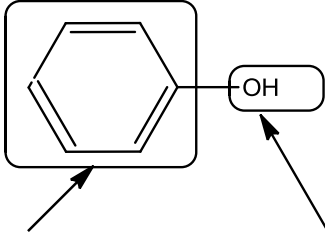
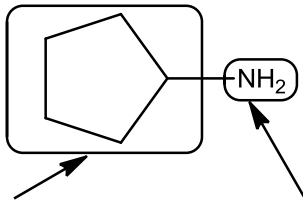
Таблиця 5-Приклади назв органічних сполук за систематичною номенклатурою

Формула сполуки	Назва
1	2
$\overset{1}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{3}{\text{CH}_3}$	пропан
$\overset{1}{\text{CH}} = \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{3}{\text{CH}_3}$	пропен
$\overset{1}{\text{CH}} \equiv \overset{2}{\text{C}} - \overset{3}{\text{CH}_3}$	пропін
$\overset{3}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{CH}_2} - \text{NH}_2$	пропан-1-амін
$\begin{array}{c} \overset{1}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}} - \overset{3}{\text{CH}_3} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	пропан-2-ол
$\begin{array}{c} \overset{1}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}} - \overset{3}{\text{CH}_3} \\ \\ \text{SH} \end{array}$	пропан-2-тіол
$\begin{array}{c} \overset{1}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}} - \overset{3}{\text{CH}_3} \\ \\ \text{NO}_2 \end{array}$	2-нітропропан
$\overset{3}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{CH}_2} - \text{Br}$	1-бромпропан
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	пропанон
$\overset{3}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{COH}}$	пропаналь

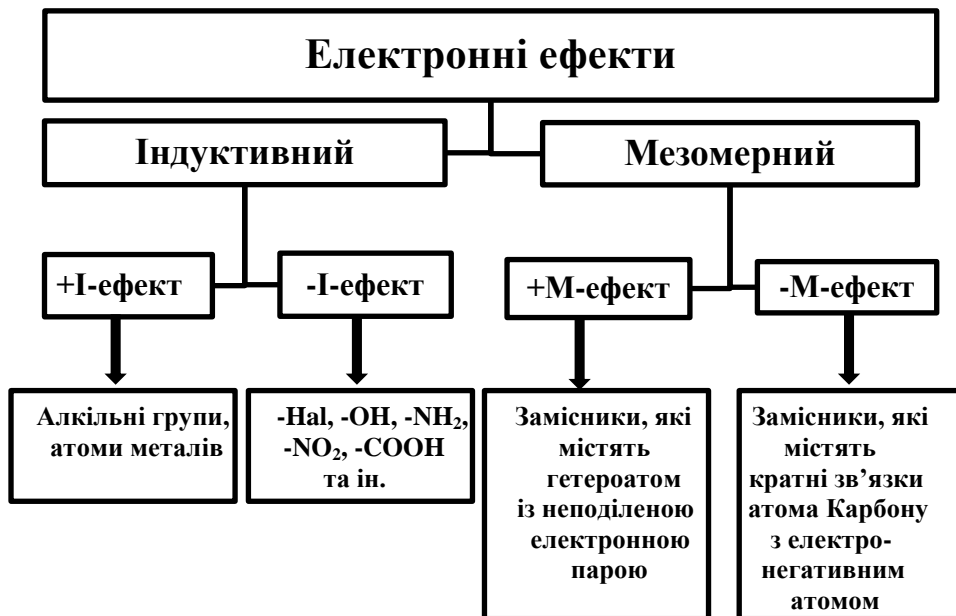
Продовження табл.5

1	2
<p style="text-align: center;"> $\overset{3}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{C}} \equiv \text{N}$ </p> <p>родоначальна структура старша характеристична група</p>	<p>пропанонітрил</p>
<p style="text-align: center;"> $\overset{3}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{COOH}}$ </p>	<p>пропанова кислота</p>
<p style="text-align: center;"> $\overset{3}{\text{H}_3\text{C}} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{C}} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ </p> <p>родоначальна структура старша характеристична група</p>	<p>пропанамід</p>
<p style="text-align: center;"> $\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_3$ </p> <p>залишок спирту залишок карбонової кислоти</p>	<p>метилетаноат</p>
<p style="text-align: center;"> </p> <p>родоначальна структура старша характеристична група</p>	<p>бензенсульфонова кислота</p>

Продовження табл. 5

1	2
 <p>родоначальна структура</p> <p>старша характеристична група</p>	<p>фенол</p>
 <p>родоначальна структура</p> <p>старша характеристична група</p>	<p>циклопентанамін</p>

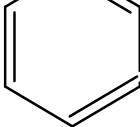
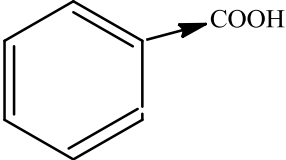
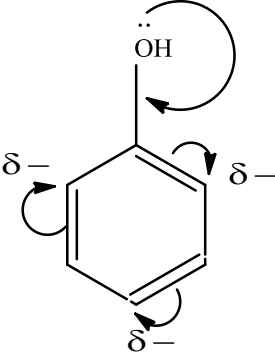
ОСНОВИ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



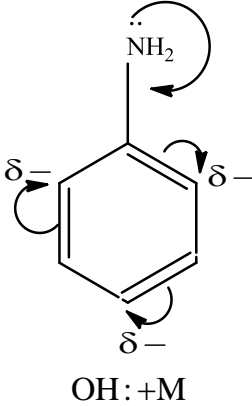
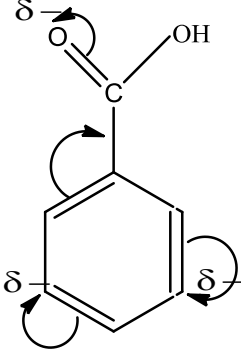
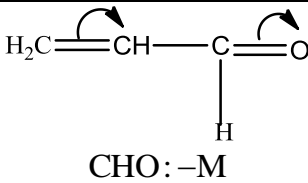
Таблиця 6- Приклади електронних ефектів

Назва електронного ефекту	Приклад
1	2
+I ефект	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \downarrow \\ \text{CH}_3 \rightarrow \text{C} \leftarrow \text{H} \\ \uparrow \\ \text{CH}_3 \end{array} $ <p style="text-align: right;">(CH₃ : +I)</p>

Продовження табл. 6

1	2
	<p style="text-align: center;"> CH_3  $(\text{CH}_3 : +I)$ </p>
-I ефект	$\overset{\delta+}{\text{H}_3\text{C}} \rightarrow \overset{\delta-}{\text{Cl}}$ $(\text{Cl} : -I)$
	$\overset{\delta'+}{\text{H}_3\text{C}} \rightarrow \overset{\delta''+}{\text{C}} \text{H}_2 \rightarrow \overset{\delta-}{\text{OH}}$ $(\text{OH} : -I)$
	 $(\text{COOH} : -I)$
+M ефект	 <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\text{OH} : +M$</p>

Продовження табл. 6

1	2
<p>+M ефект</p>	 <p>OH: +M</p>
<p>-M ефект</p>	 <p>COOH: -M</p>  <p>CHO: -M</p>

Таблиця 7 - Електронні ефекти деяких замісників

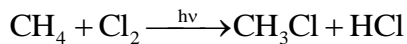
Замісник	Електронні ефекти		Характер спільної дії
	індуктивний	мезомерний	
Алкільні групи	+ I	-	Електронно-донорний
- O ⁻	+ I	+ M	
- NH ₂ , -NHR, -NR ₂	- I	+ M	
- OH, -OR	- I	+ M	
- NH ₃ ⁺ , -NR ₃ ⁺	- I	-	Електронно-акцепторний
Галогени - F, -Cl, -Br, -I	- I	+ M	
> C = O	- I	- M	
- COOH, -COOR	- I	- M	
- NO ₂	- I	- M	
- C ≡ N	- I	- M	
- SO ₃ H	- I	- M	

Класифікація органічних реакцій та реагентів

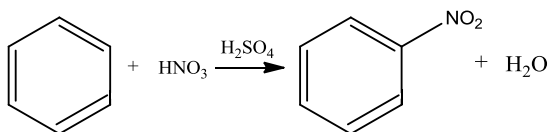
I Згідно з результатом хімічної реакції

1 Реакції заміщення (S від «substitution»-заміщення)

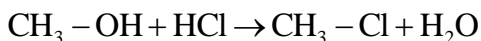
S_R
**радикального
 заміщення**
 (для насичених
 вуглеводнів)



S_E
електрофільного
заміщення
 (для ароматич-
 них сполук)

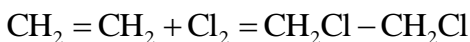


S_N
нуклеофільного
заміщення
 (для спиртів та
 галогенопохідних)

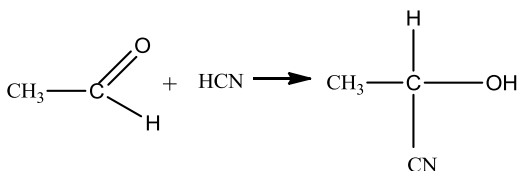


2 Реакції приєднання (A від «addition»-додавання)

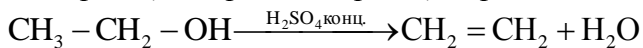
A_E
електрофільного
приєднання
 (для ненасичених
 вуглеводнів)



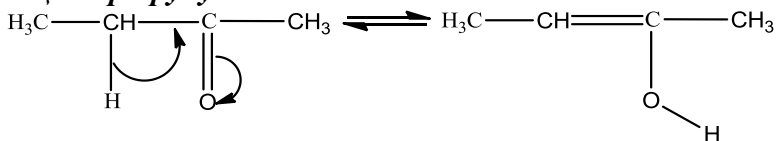
A_N
нуклеофільного
приєднання
 (для альдегідів
 та кетонів)



3 Реакції елімінування або відщеплення (E від «elimination»-відщеплення) - реакції зворотні до реакцій приєднання

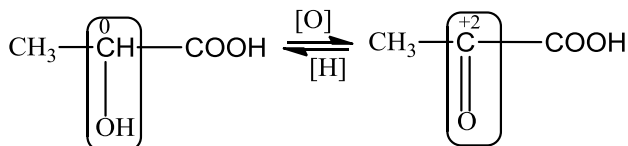


4 Реакції перегрупування



5 Реакції окиснення (віддавання електронів, підвищення ступеня окиснення атома Карбону)

6 Реакції відновлення (приєднання електронів, зниження ступеня окиснення атома Карбону)



II За механізмом реакції

Радикальні реакції (R)

Йонні реакції

умови перебігу:

опромінювання
(ультрафіолетове або радіоактивне);
висока температура;
перебіг реакції у газовій фазі

⇓

гомолітичний
розрив зв'язку
 $\text{E}\% \text{Y} \rightarrow \text{E}\cdot + \text{Y}\cdot$

радикали – частинки з
неспареними електронами
 $\text{Cl}\cdot; \text{HO}\cdot; \text{CH}_3\cdot$

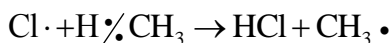
наявність полярних
розчинників;
наявність
каталізаторів

⇓

гетеролітичний
розрив зв'язку
 $\text{E}|\text{Y} \rightarrow \text{E}^+ + \text{Y}^-$

йони (катиони, аніони)
(електрофіли E⁺)
(нуклеофіли Nu⁻)

Схема радикальної реакції (S_R):





Оцтова		Ацетат-іон	Йон гідроксонію
Кислота	Основа	Спряжена основа	Спряжена кислота

Типи кислот за Бренстедом

O – H -кислоти: карбонові кислоти, феноли, спирти
S – H -кислоти: тіоли
N – H -кислоти: аміни, аміди, іміди
C – H -кислоти: вуглеводні та їх похідні

Зростання стабільності аніонів та сили кислот

CH – кислоти < NH – кислоти < OH – кислоти < SH – кислоти

Типи основ за Бренстедом

π-основи

(наявність π-зв'язку): алкени, алкадієни, арени

р-основи: **амонієві** – аміни, нітрили, піридин

(центр основності : N^{\ominus} , = $\ddot{\text{N}}^-$, ≡ N^{\ominus} :)

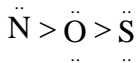
оксонієві – спирти, прості ефіри,
альдегіди, кетони

(центр основності – $\ddot{\text{O}}^-$, = $\ddot{\text{O}}^-$)

сульфонієві – тіоспірти, тіоефіри

(центр основності – $\ddot{\text{S}}^-$:)

Зменшення сили основ



За Льюїсом

Кислоти – акцептори

електронної пари;

електрофіли

галогеніди (BF_3 , AlCl_3 , FeCl_3 та ін.),

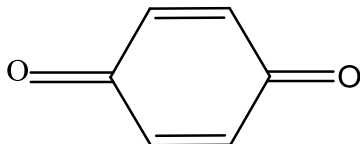
катіони металів та Гідрогену

H^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ,

Ca^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} ,

AlCl_3 , $\text{RC}^+=\text{O}$,

Ag^+ , Cu^+ , Hg^{2+} , I^+ , Br^+ ,



Основи – донори

електронної пари;

нуклеофіли

аміни, спирти, етери

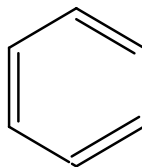
H_2O , HO^- , ROH , RO^- ,

NH_3 , NH_2^- , RNH_2 ,

RNH^- , ROR , RCOO^- ,

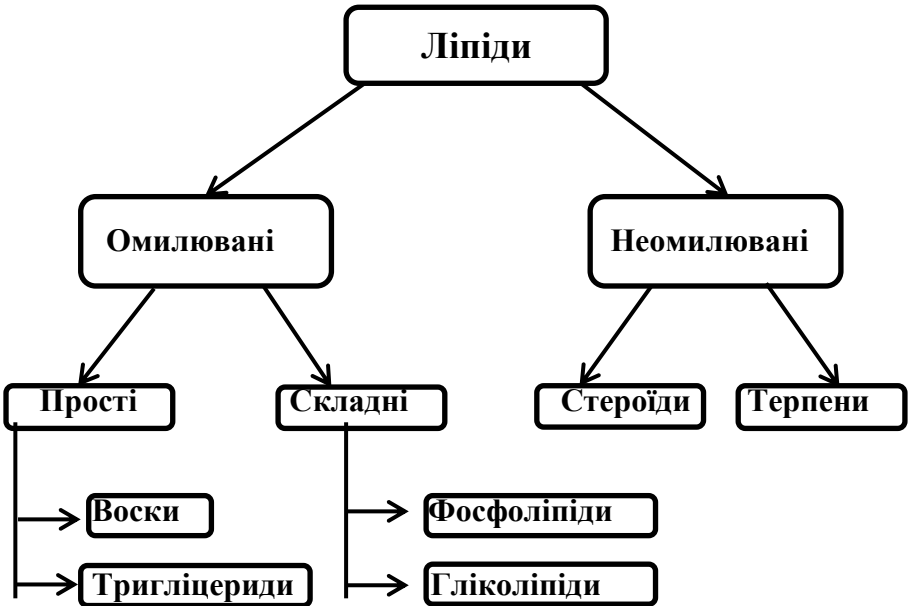
Cl^- , F^- , RSR , RSH , RS^- ,

H^- , I^- , $\text{R}_2\text{C}=\text{CR}_2$,



ЛІПІДИ

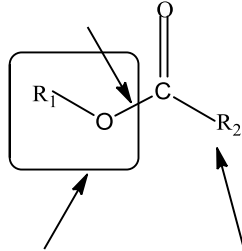
Класифікація ліпідів



Омилювані ліпіди

Омилювані ліпіди підлягають гідролізу, оскільки містять естерний зв'язок.

Естерний зв'язок



залишок спирту $R_1 - O | H$

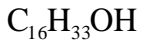
залишок карбонової
 $R - CO | OH$

кислоти

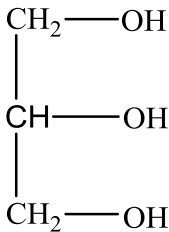
Основні компоненти омилюваних ліпідів

Спирти

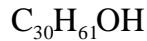
Цетиловий



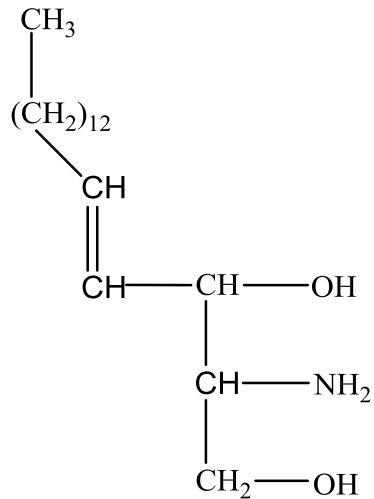
Гліцерил(гліцерин)



Мірициловий



Сфінгозин

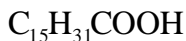


Вищі жирні кислоти

Насичені

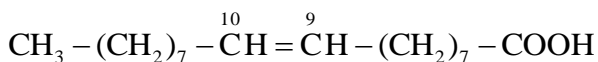
Ненасичені

Пальмітинова



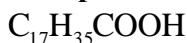
(16:0)

Олеїнова (=)



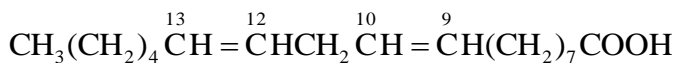
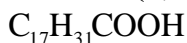
(18:1;9)

Стеаринова



(18:0)

Лінолева (=,=)



(18:2;9,12)

Ліноленова (=,=,=)



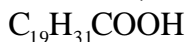
(18:3;9,12,15)

Арахінова



(20:0)

Арахідонова (=,=,=,=)



(20:4;5, 8, 11, 14)

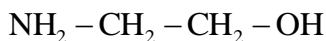
кількість атомів Карбону

кількість
подвійних
зв'язків

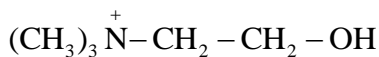
номери атомів
Карбону, біля
яких є подвій-
ний зв'язок

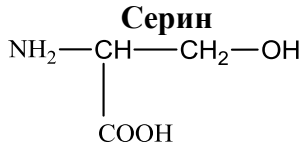
Аміносполуки

Коламін (етаноламін)

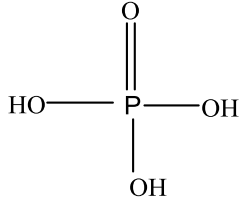


Холін





Ортофосфатна кислота



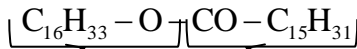
Прості ліпіди

Прості ліпіди – ліпіди, які при гідролізі утворюють спирт та жирні кислоти.

Воски

Спермацет

(98 % **цетилпальмітат**)

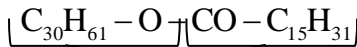


залишок
цетилового спирту

залишок
пальмітинової кислоти

Бджолиний віск

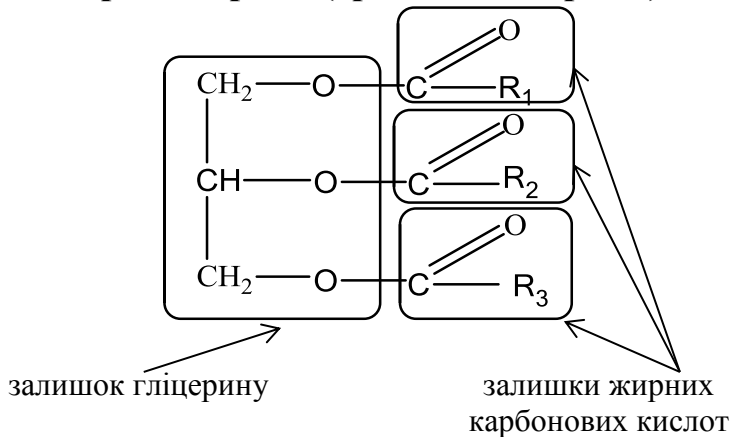
(72 % естерів вищих жирних кислот та вищих спиртів, з яких
33% **мірицилпальмітату**)



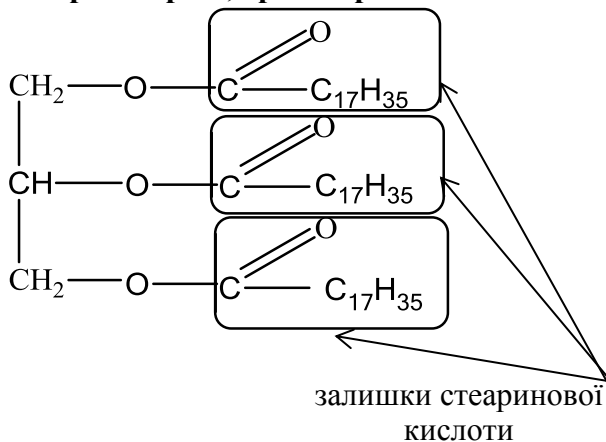
залишок
мірицилового спирту

залишок
пальмітинової кислоти

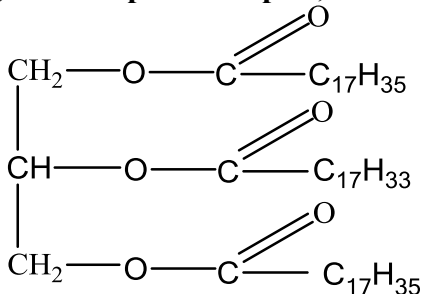
Тригліцериди (триацилгліцерини)



Тристеароїл, тристеарин



2-олеоїл-1,3-дистеароїлгліцерин, 2-олеодистеарин

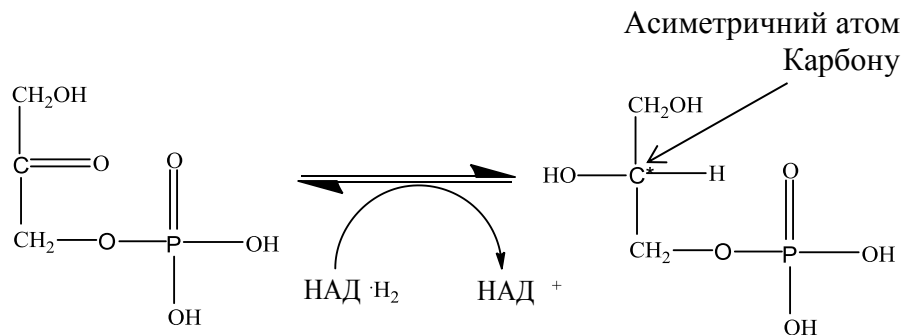


Складні ліпіди

Складні ліпіди – ліпіди, які при гідролізі вивільняють спирт (гліцерол, сфінгозин), фосфат, аміносполуки, вуглеводи.

Фосфоліпіди – ліпіди, які внаслідок гідролізу відщеплюють ортофосфатну кислоту.

Гліцерофосфоліпіди – похідні L-гліцеро-3-фосфату.

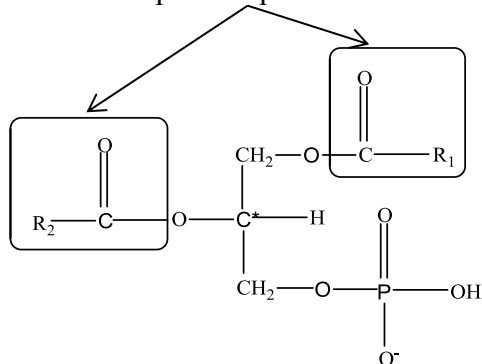


Фосфат
дигідроксиацетону

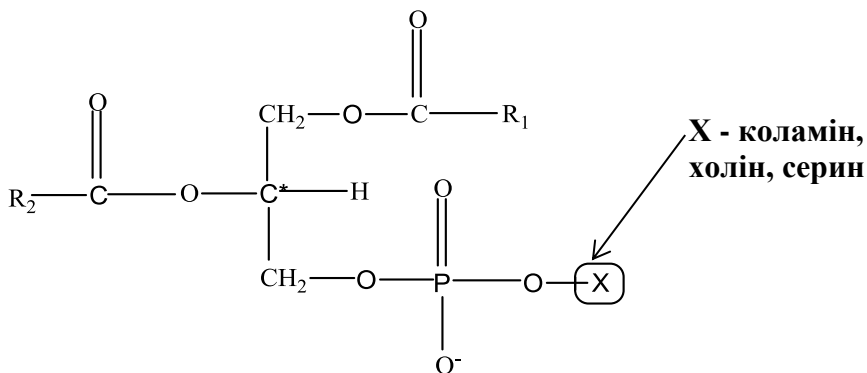
L-гліцеро-3-фосфат

L-фосфатидові кислоти – L-гліцеро-3-фосфат, естерифікований жирними кислотами по спиртовим групам.

Залишки жирних карбонових кислот

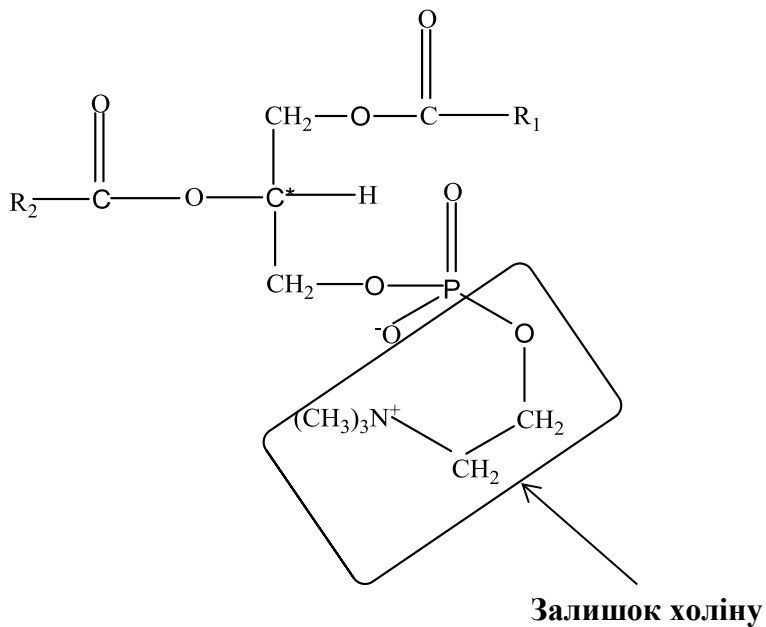


Фосфатиди – естерні похідні L-фосфатидових кислот.

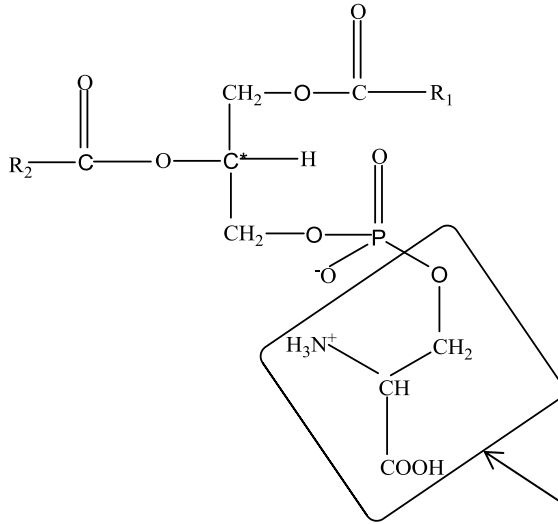


Як правило, \mathbf{R}_1 – залишок насиченої жирної кислоти,
 \mathbf{R}_2 – залишок ненасиченої жирної кислоти.

**X - холін \Rightarrow фосфатидилхоліни
(лецитини)**

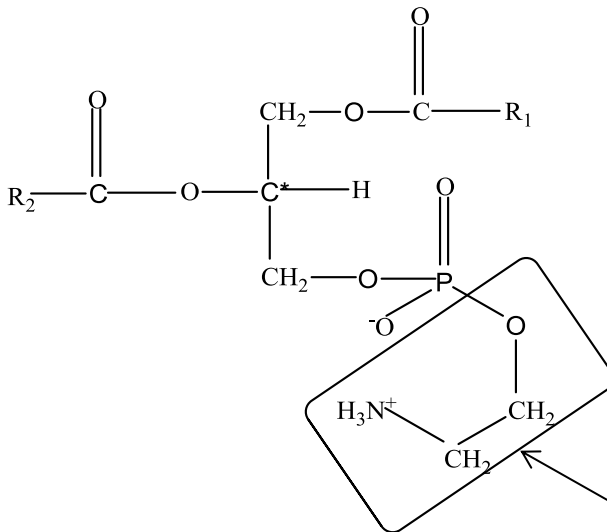


X - серин \Rightarrow **фосфатидилсерини**
(серинкефаліни)



Залишок серину

X – коламін (етаноламін) \Rightarrow **фосфатидилетаноламіни**
(коламінкефаліни)

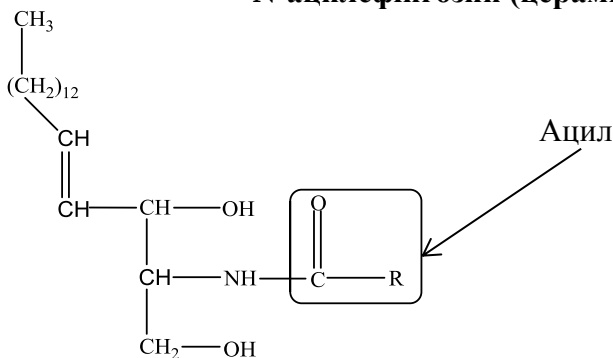


Залишок коламіну

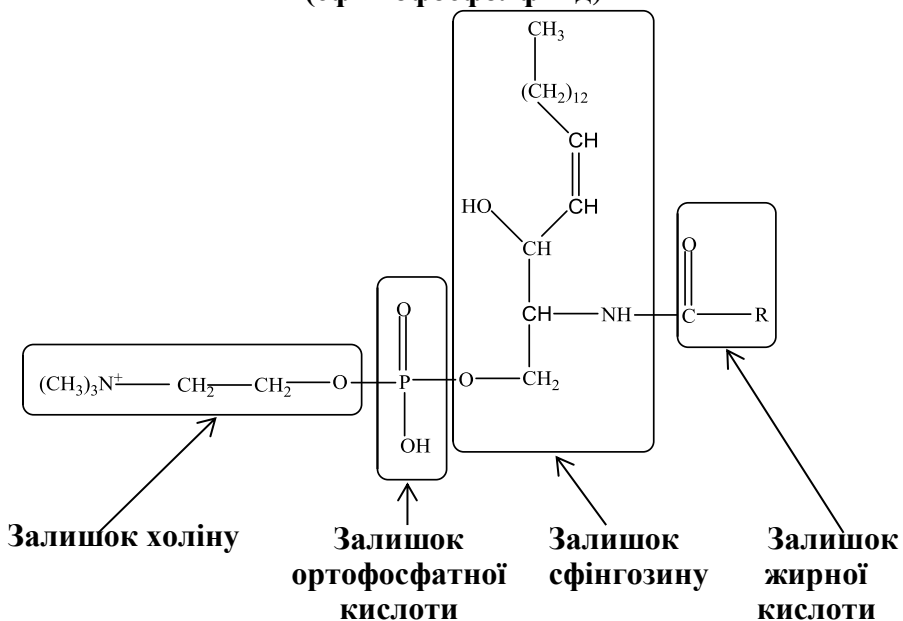
Сфінгофосфоліпіди – естери сфінгозину та вищих жирних кислот, що також можуть містити залишки холіну, ортофосфатної кислоти.

Цераміди – N-ацильні похідні сфінгозину та жирних кислот.

N-ацилсфінгозин (церамід)

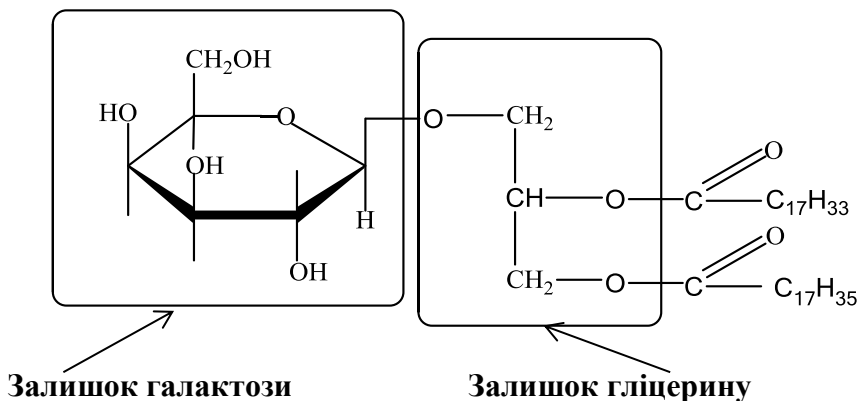


N-ацил-сфінгеніл-фосфохолін – сфінгомієлін (сфінгофосфоліпід)



Гліколіпіди – естери вищих жирних кислот, гліцерину (глікозилгліцериди) або сфінгозину (глікосфінголіпіди), що також містять у своєму складі вуглеводний компонент (глюкозу, галактозу тощо).

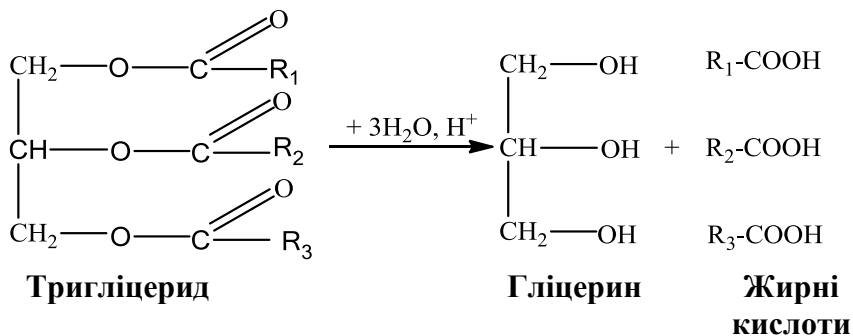
Моногалактозилдіацилгліцерин (глікозилгліцерид)



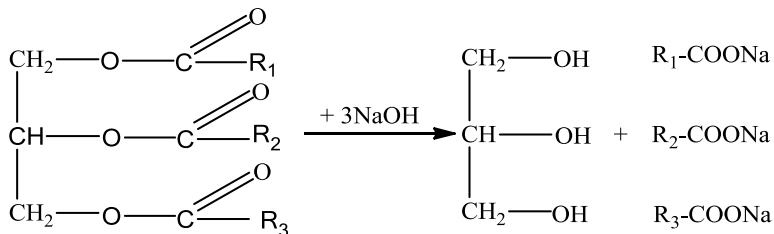
Хімічні властивості тригліцеридів (жирів)

Гідроліз (*in vitro*):

а) кислотний



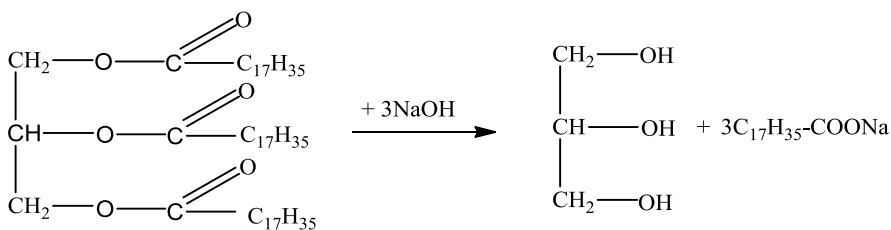
б) лужний (омилення)



Тригліцерид

Гліцерин

**Солі
жирних
кислот**



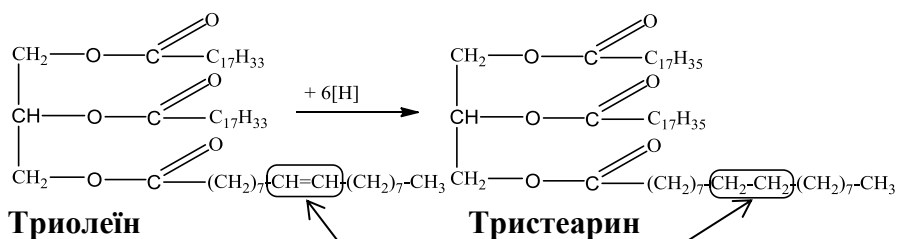
Тристеарин

Гліцерин

**Натрій
стеарат
(мило)**

Реакції приєднання:

а) гідрування (гідрогенізація)

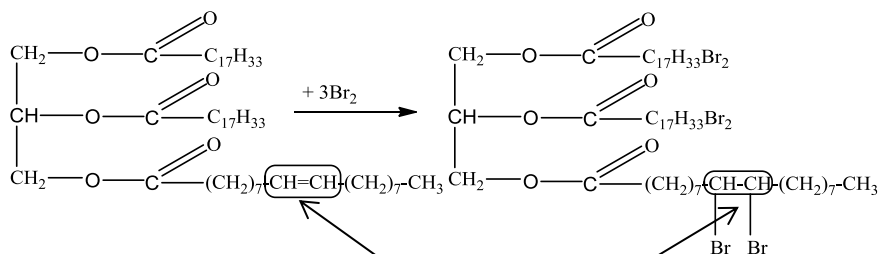


Триолеїн

Тристеарин

Місце приєднання

б) галогенування



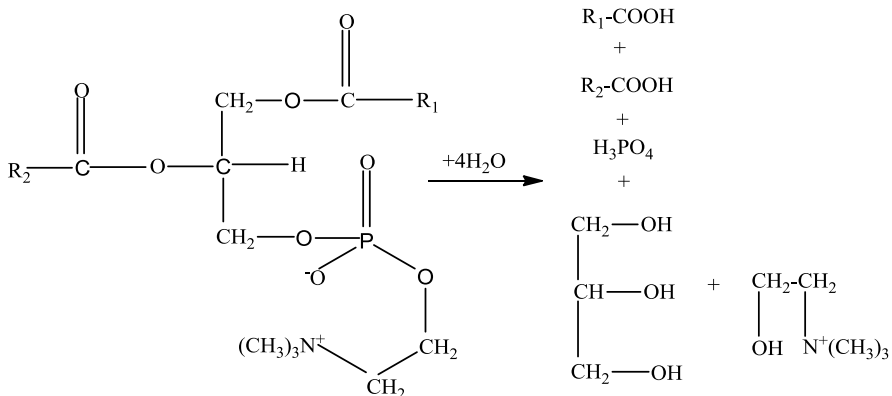
Триолеїн

Місце приєднання

Таблиця 8 - Кількісні характеристики тригліцеридів

Назва характеристики	Визначення
Кислотне число	Кількість міліграмів КОН, яка витрачається на нейтралізацію 1 г негідролізованого жиру. Характеризує свіжість жиру, теоретично кислотне число свіжого жиру дорівнює нулю
Число омилення	Кількість міліграмів КОН, яка витрачається на взаємодію з 1 г гідролізованого жиру. Чим більше значення числа омилення, тим більше вміст кислот з високою молекулярною масою (масляної, капрової тощо)
Йодне число	Кількість грамів I ₂ , яке може приєднатися до 100 г жиру. Характеризує вміст ненасичених жирних кислот у складі жиру: чим більше значення йодного числа, тим більший вміст ненасичених жирних кислот

Приклад гідролізу складних ліпідів



Фосфатидилхолін

$\text{R}_1 - \text{COOH}$ та $\text{R}_2 - \text{COOH}$ -
жирні кислоти;

H_3PO_4 - **ортофосфатна кислота;**

$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$ - **гліцерол;**

$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \end{array}$ - **холін**

Неомилювані ліпіди

Стероїди

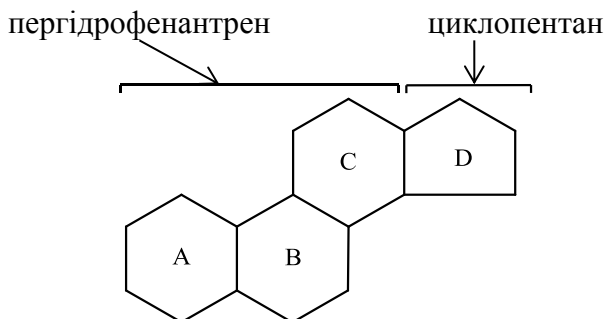
похідні стерану (циклопентанпергідрофенантрону)

Стерини

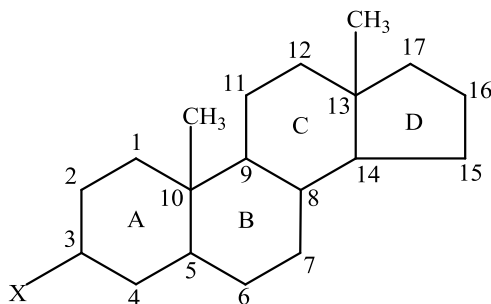
Жовчні
кислоти

Стероїдні
гормони

Сердцеві
глікозиди

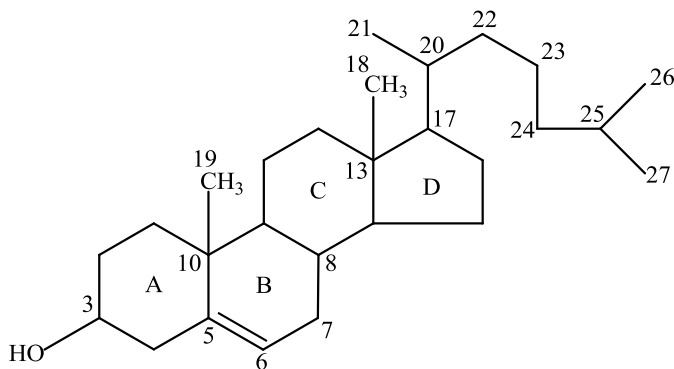


Стеран (циклопентанпергідрофенантрен)

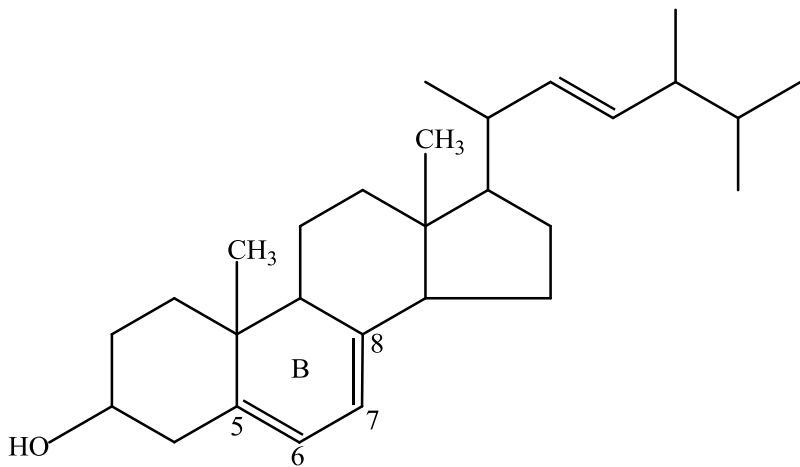


Загальний скелет стероїдів
(X-OH, -OR, -O=)

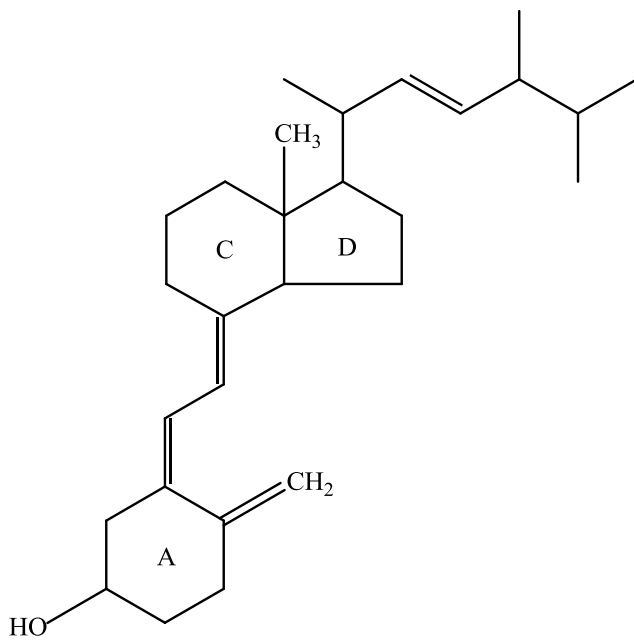
Стерини – похідні стероїдів, у яких у положенні С-3–ОН, а в положенні С-17-аліфатичний замісник, що містить 8 атомів Карбону



Холестерин

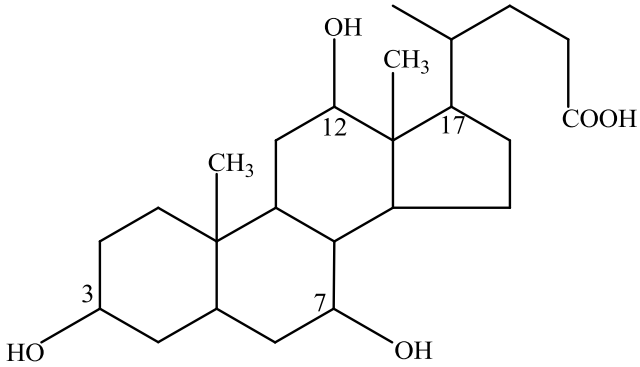


Ергостерин



Кальциферол (вітамін Д₂)

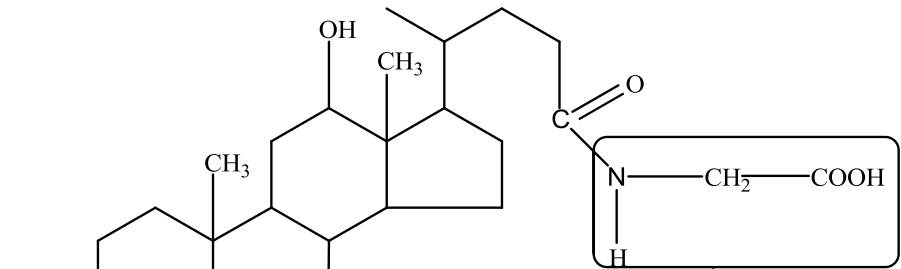
Жовчні кислоти - похідні холестерину, в яких у положенні С-17-аліфатичний замісник містить 5 атомів Карбону та кінцеву -COOH групу



Холева кислота

Дезоксихолева (відсутність OH у положенні C₇)

Літохолева (відсутність OH у положеннях C-7 та C-12)

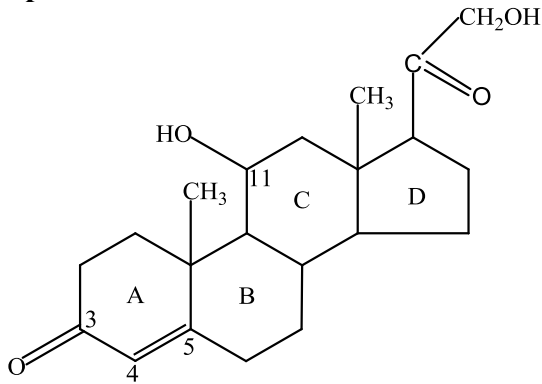


Залишок гліцину

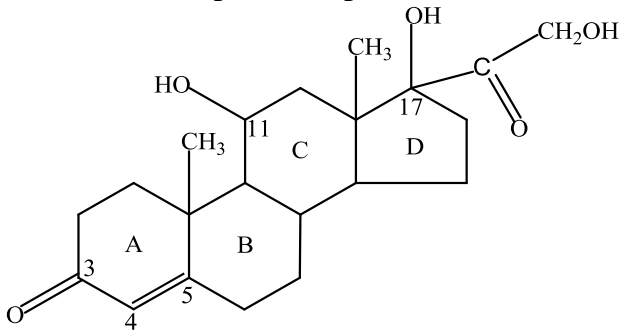
Глікохолева кислота

Стероїдні гормони

Кортикостероїди

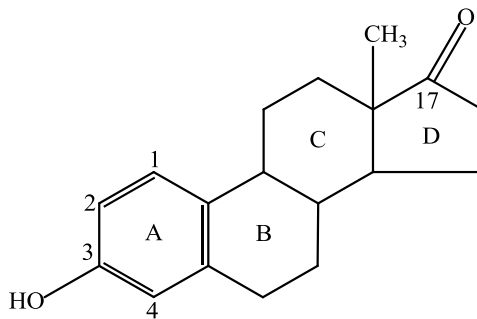


Кортикостерон



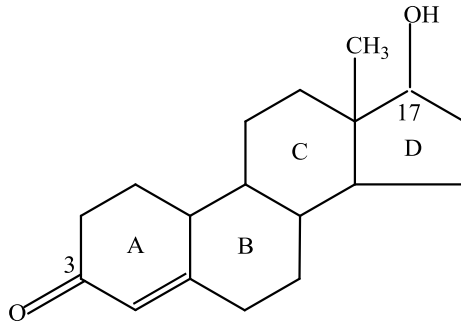
Преднізалон

Статеві гормони



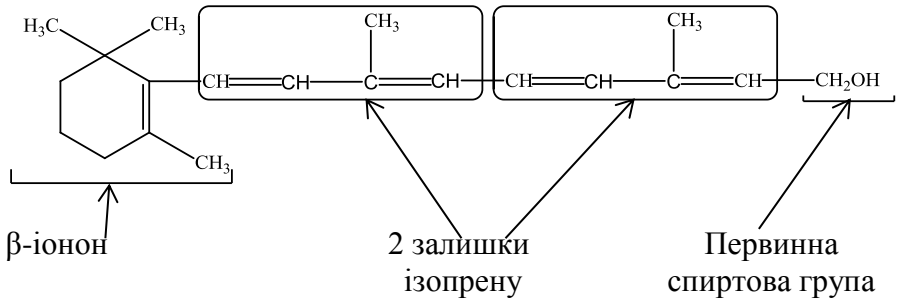
Естрогени:

Естрон

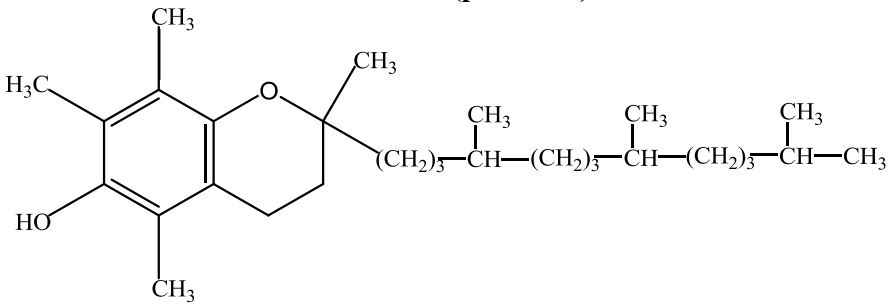


Андрогени: Тестостерон

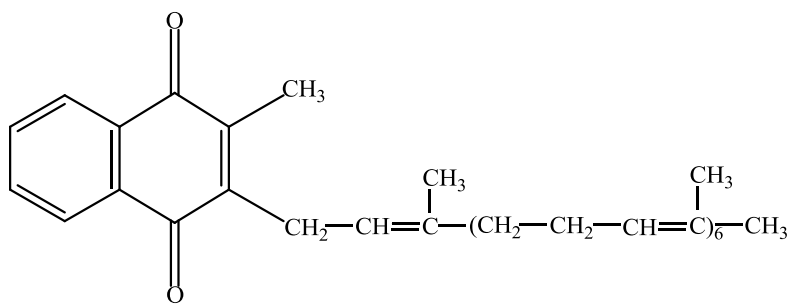
Терпени (ізопреноїди) – сполуки, побудовані із фрагментів ізопрену.



Вітамін А (ретинол)



Вітамін Е (α-токоферол)

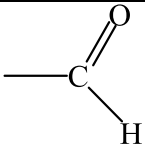
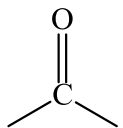


Вітамін К₂ (менахінон)

ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ

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

Таблиця 9 - Найпоширеніші класи гетерофункціональних сполук

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

Гідроксикислоти

Таблиця 10 - Основні поняття стереоізомерії

1	2
Стереοізомерія	вчення про просторову будову молекул
Конформаційні ізомери	стереοізомери, відмінність між якими зумовлена поворотом окремих частин молекули навколо одинарних зв'язків
Конфігураційні ізомери	стереοізомери з різним просторовим розміщенням атомів або груп атомів у просторі без урахування конформацій

Продовження табл. 10

1	2
Енантіомери (оптичні ізомери)	стереоізомери з однаковими фізичними (за винятком знаку обертання) та хімічними властивостями, які відносяться один до одного як предмет до свого віддзеркалення
Діастереомери	конфігураційні стереоізомери, які не є віддзеркаленням одне одного і мають різні фізичні та хімічні властивості
Хіральні молекули	<p>молекули, які не можуть бути суміщені зі своїм віддзеркаленням, наприклад, ліва і права рука</p>  <p>The illustration shows four pairs of objects separated by a vertical dashed line, representing mirror images. From left to right: 1. Two hands, one palm facing forward and one palm facing back. 2. Two green gloves, one for the left hand and one for the right hand. 3. A screw and its mirror image, which is a reverse-threaded screw. 4. A pair of green sneakers, one left shoe and one right shoe.</p>
Асиметричний (хіральний) атом	атом, у якого повністю відсутня симетрія. Асиметричний атом Карбону – такий, що утворює чотири зв'язки з різними замісниками (позначається C*)
Оптична активність	здатність відхиляти площину поляризованого світла вліво чи вправо, енантіомери мають однакове значення кута обертання $[\alpha]$, але протилежний напрямок: один - лівообертальний (+), інший – правообертальний(-)
Рацемат	суміш рівних кількостей енантіомерів.

Проекційні формули Фішера
Конфігураційний стандарт (гідроксикислотний ключ)
(М. А. Розанов 1906 р.) гліцериновий альдегід



споріднені **D-гліцериновому** альдегіду сполуки з конфігурацією хірального центра, коли група **ОН** у проекції Фішера розташована **справа** від вертикальної лінії, належать до **D-стереохімічного ряду**

споріднені **L-гліцериновому** альдегіду сполуки з конфігурацією хірального центра, коли група **ОН** у проекції Фішера розташована **зліва** від вертикальної лінії, належать до **L-стереохімічного ряду**



У живих організмах функціонують

Вуглеводи D-стереохімічного ряду	Молочна кислота, амінокислоти, фосфоліпиди L-стереохімічного ряду
---	--



утворюється при молочнокислому бродінні вуглеводів (скисання молока).

$$[\alpha] = -2,6^{\circ}$$

Конфігурація і знак обертання у молочної кислоти не збігаються.

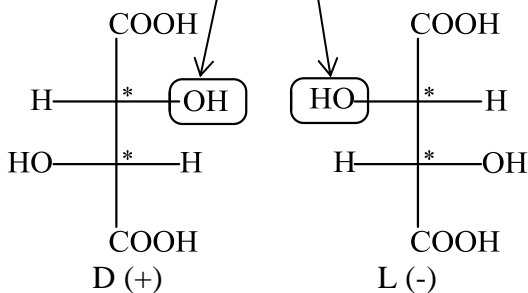
утворюється при анаеробному окисненні вуглеводів, міститься у м'язах.

$$[\alpha] = +2,6^{\circ}$$

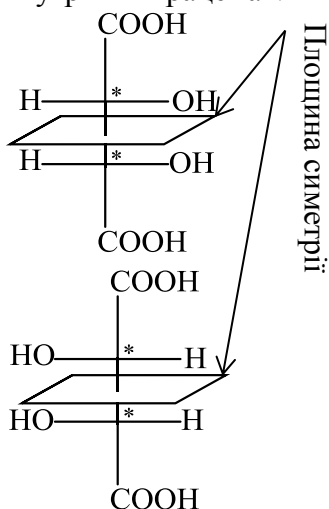
Сtereoізомери з декількома центрами хіральності

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

Винна кислота (енантіомери)
гідроксикислотний ключ.



Мезовинна кислота – ахіральна (оптично неактивна) внаслідок наявності площини симетрії в молекулі, утворює внутрішній рацемат.



Виноградна кислота – рацемічна суміш D та L- винних кислот σ –діастереомери – D-винна і мезовинна, L-винна і мезовинна, вони різняться за фізичними та хімічними властивостями.

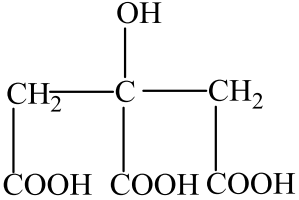
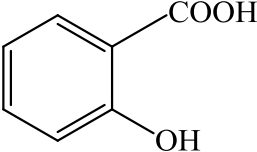
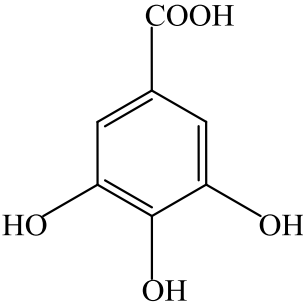
Таблиця 11- Класифікація гідроксикислот

Ознака класифікації	Назва класу	
	Будова карбонового радикалу	Аліфатичні
Атомність (кількість –ОН груп, враховуючи у складі –СООН груп) та основність(кількість –СООН груп)	Одноосновні двохатомні	Одноосновні двохатомні
	Двохосновні трьохатомні	
	Двохосновні чотирьохатомні	Одноосновні чотирьохатомні
	Трьохосновні чотирьохатомні	
Взаємне розміщення –ОН та –СООН груп	α-гідроксикислоти	
	β-гідроксикислоти	
	γ-гідроксикислоти	

Таблиця 12 - Приклади найважливіших гідроксикислот

Назва	Формула
1	2
Гліколева кислота (2-гідроксіетанова)	$\text{СНОН} - \text{СООН}$
Молочна кислота (2-гідроксипропанова)	$\text{СН}_3 - \text{СНОН} - \text{СООН}$
Яблучна кислота (2-гідроксибутандіова)	$\text{НООС} - \text{СНОН} - \text{СН}_2 - \text{СООН}$
Винні кислоти (2, 3-дигідроксибутандіова)	$\text{НООС} - \text{СНОН} - \text{СНОН} - \text{СООН}$

Продовження табл. 12

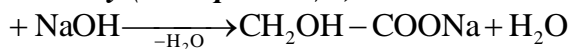
1	2
Лимонна кислота (2-гідроксипропан-1,2,3-трикарбонова)	
Саліцилова кислота (2-гідроксибензойна)	
Галова кислота (3,4,5 –тригідроксибензойна)	

Хімічні властивості аліфатичних гідроксикислот

Загальні (на прикладі гліколевої кислоти)

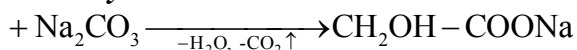
Реакції за групою -COOH

1 обміну (нейтралізація)



Натрій гліколят

2 обміну



Натрій гліколят

CH₂OH-COOH

3 естерифікація



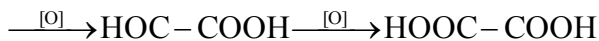
Метилловий естер
гліколевої кислоти

4 утворення амідів



Амід гліколевої кислоти

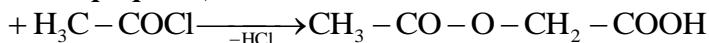
5 окиснення



Глюксалева кислота Щавлева кислота

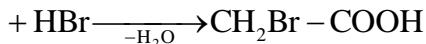
Реакції за групою -ОН

1 естерифікація



Естер гліколевої кислоти з оцтовою

2 заміщення

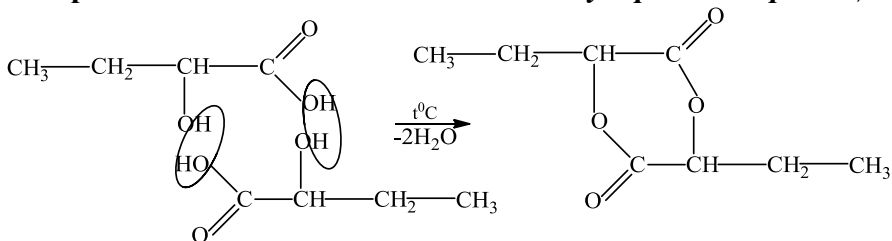


Бромооцтова кислота

Специфічні властивості

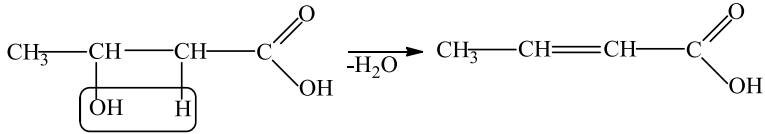
1. Відношення до нагрівання

α -гідроксикислоти підлягають міжмолекулярній дегідратації



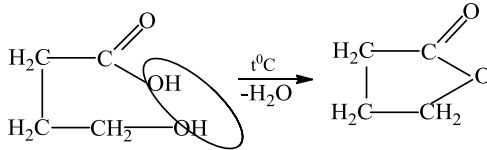
Лактид (циклічний
складний ефір)

β-гідроксикислоти підлягають *внутрішньомолекулярній дегідратації*



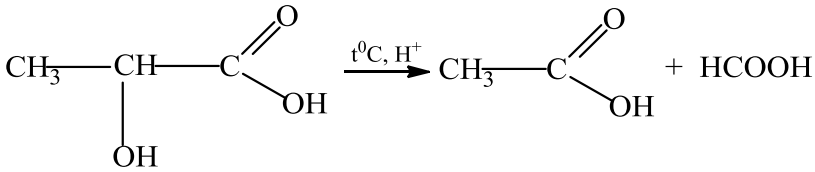
Ненасичена карбонова кислота

γ-гідроксикислоти підлягають *внутрішньомолекулярній дегідратації*



Лактон (γ-бутиролактон)

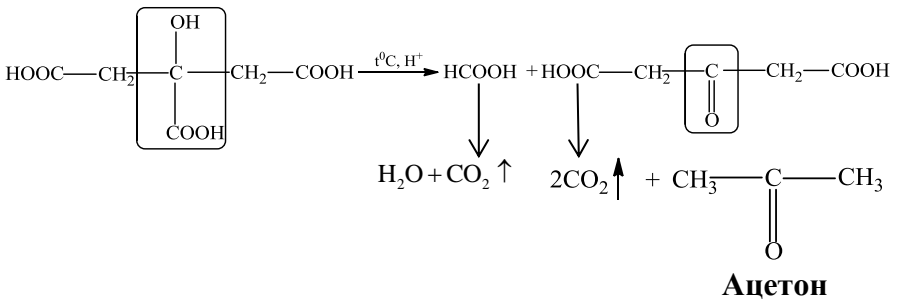
2.Відношення α-гідроксикислот до нагрівання в присутності мінеральних кислот (одним з продуктів реакції завжди є мурашина кислота)



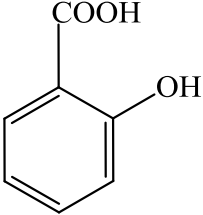
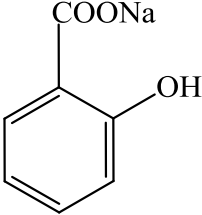
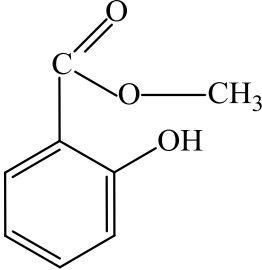
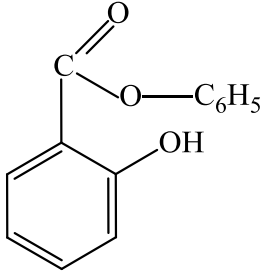
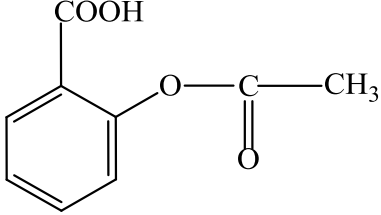
Молочна кислота

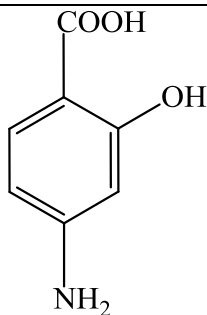
Оцтовий альдегід

Мурашина кислота



Саліцилова кислота(фенолокислота) та її похідні

	$\xrightarrow[\text{-CO}_2\uparrow, \text{-H}_2\text{O}]{\text{Na}_2\text{CO}_3}$	 <p style="text-align: center;">Натрій саліцилат</p>
	$\xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{\text{CH}_3\text{OH}; \text{H}^+}$	 <p style="text-align: center;">Метилсаліцилат</p>
	$\xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}; \text{H}^+}$	 <p style="text-align: center;">Фенілсаліцилат (салол)</p>
	$\xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{\text{CH}_3 - \text{COOH}}$	 <p style="text-align: center;">Ацетилсаліцилат (аспірін)</p>



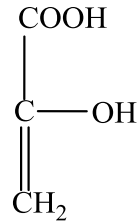
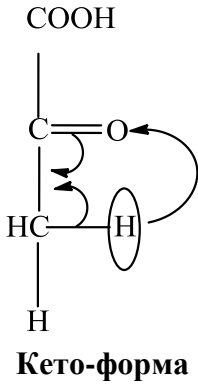
p-аміносаліцилова кислота (ПАСК)

Саліцилова кислота та її похідні з фенольним гідроксидом дають якісну реакцію при взаємодії з FeCl_3 , ознакою якої є поява синьо-фіолетового забарвлення.

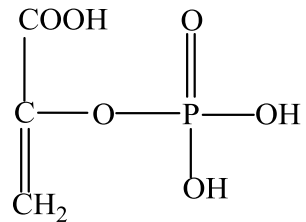
Таблиця 13 - Приклади найважливіших оксокислот

Назва	Формула
Піровиноградна кислота (ПВК) (2-оксопропанова)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{COOH} \end{array}$
Ацетооцтова кислота (2-оксобутанова)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$
Щавлевооцтова кислота (ЩОК) (2-оксобутандіова)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HOOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$
α -кетоглутарова кислота (2-оксопентандіова)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HOOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$

Таутомерні форми ПВК



↓



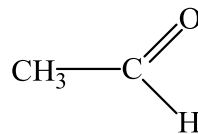
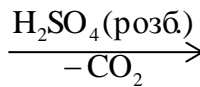
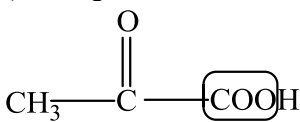
Фосфоенолпіруват

Хімічні властивості ПВК

1 Бере участь у типових реакціях кетонів (за рахунок карбонільної групи) та карбонових кислот (за рахунок карбоксильної групи)

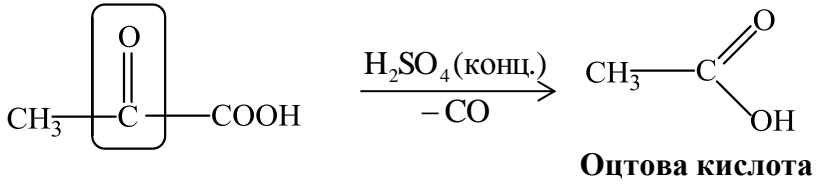
2 Типові реакції α -кетокислот

a) декарбоксілювання

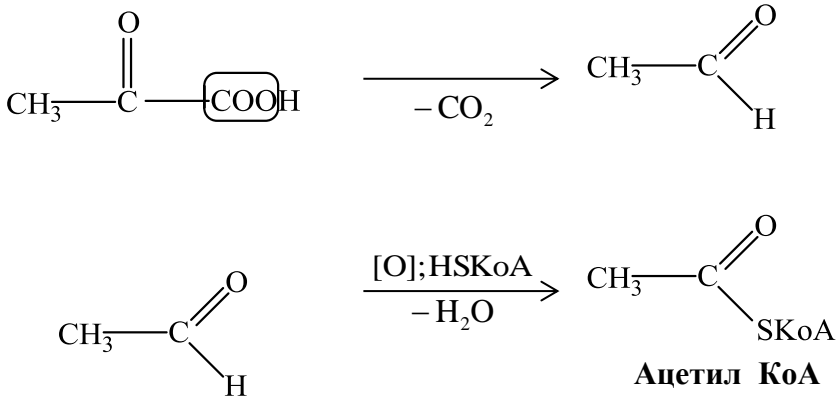


Оцтовий альдегід

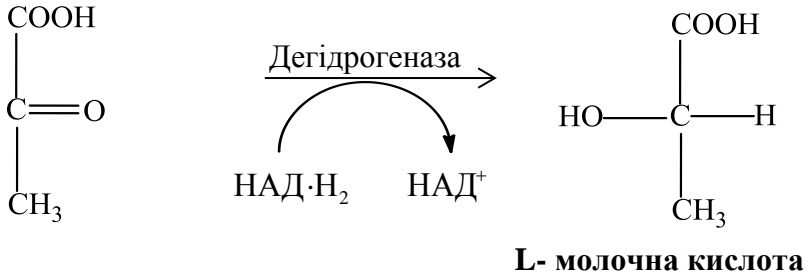
б) декарбонілування



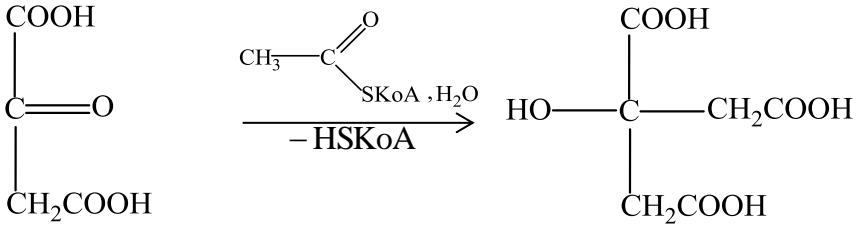
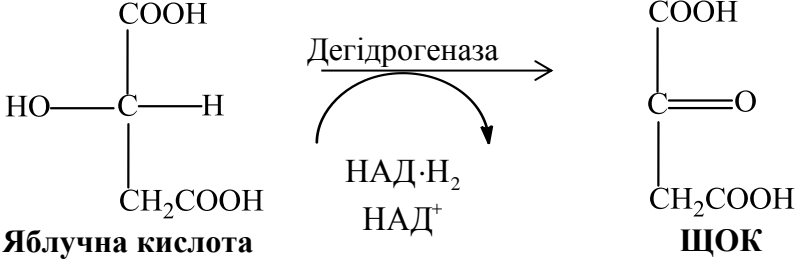
в) декарбоксилювання (*in vivo*) в присутності декарбоксилазиз подальшим окисненням і перетворенням в ацетилкоензим А



г) відновлення (*in vivo*)



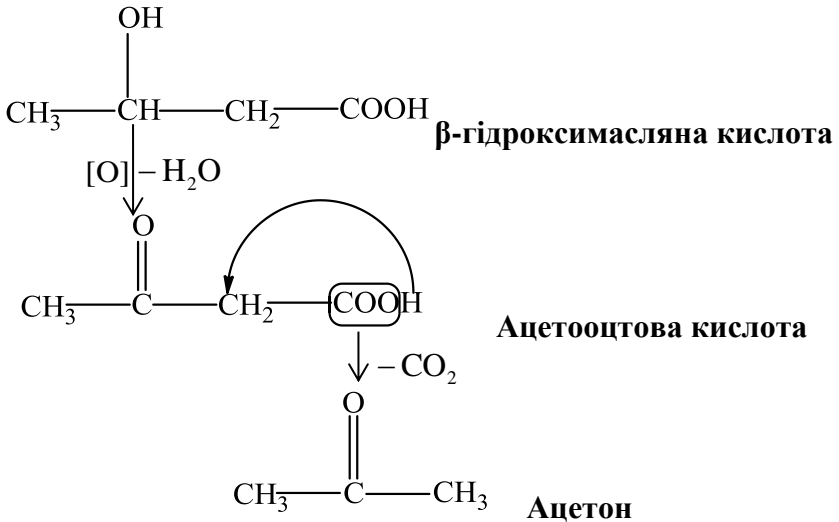
Щавлевооцтова кислота (ЩОК- α і β -кислота)



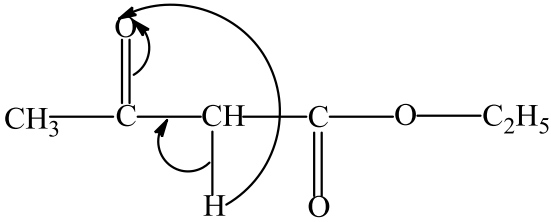
Перший етап в циклі Кребса

Ацетооцтова кислота (β -кислота)

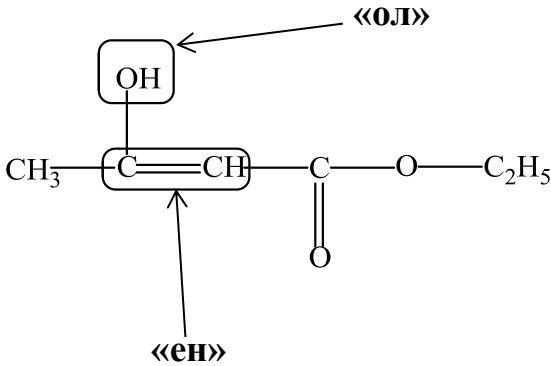
Ацетонові (кетонові) тіла



Ацетооцтовий ефір

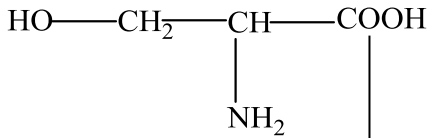


Кето-форма
(92,5 %)



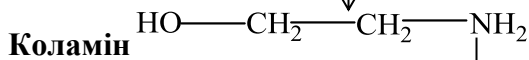
Енольна форма
(7,5 %)

Аміноспирти



Серин

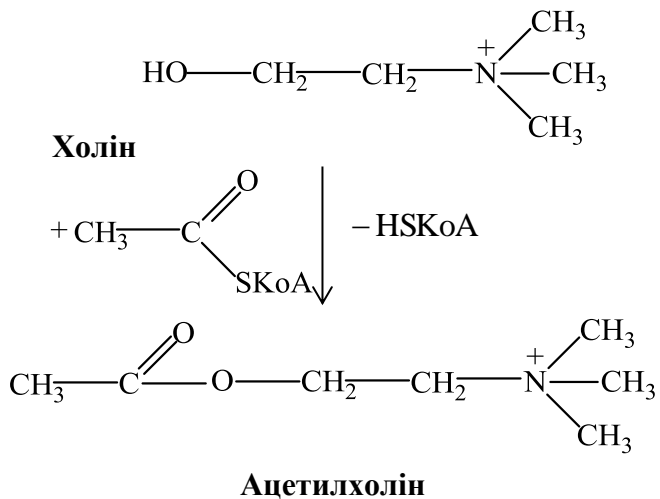
↓
-CO₂



Коламін

↓
метилування





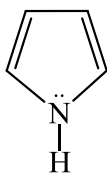
ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ

Гетероциклічні сполуки – циклічні органічні сполуки, цикли яких окрім атомів Карбону містять один або декілька атомів інших хімічних елементів (гетеро атомів), наприклад O, N, S.

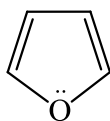
Таблиця 14 - Класифікація гетероциклічних сполук

Ознака класифікації	Класифікаційна група					
Розмір циклу	П'ятичленні гетероцикли		Шестичленні гетероцикли		Конденсовані системи	
Кількість гетероатомів	3 одним гетероатомом	3 двома гетероатомами	3 одним гетероатомом	3 двома гетероатомами	Містить гетероцикли	Містить ароматичні ядра
Представники	Піролол, тіофен, фуран	Піразол, імідазол, тіазол	Піридин	Піримідин	Пурин	Індол, хінолін, ізохінолін, акридин

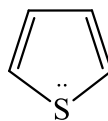
П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом



Пірол
N



Фуран
O



Тіофен
S

Електронегативність гетероатома зменшується,
ароматичні властивості зростають

Правило Хюккеля

- 1 плоска циклічна система
- 2 безперервний ланцюг спряження
- 3 містить $(4n+2)$ π -усупільнених електронів, де n - кількість циклів



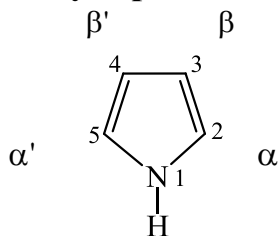
ароматичні
гетероцикли

всі атоми циклів знаходяться в sp^2 -гібридному стані, у спряжену систему атоми Карбону надають по одному електрону, а гетероатоми електронну пару, отже шестиелектронна π -хмарина делокалізована на 5 атомах циклу



π -**надлишкові**
гетероцикли

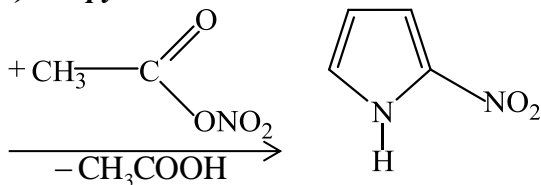
Нумерація атомів



Хімічні властивості

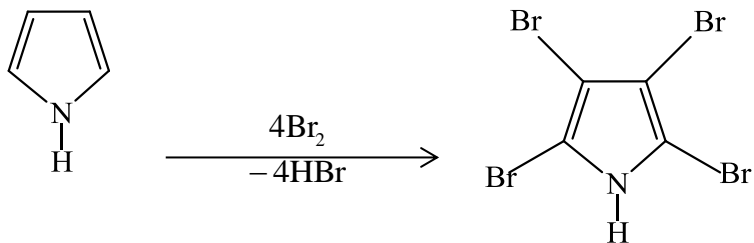
1 Реакції електрофільного заміщення (переважно в положенні 2(α-положенні):

а) нітрування



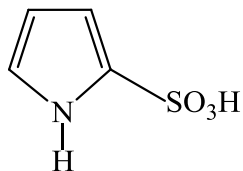
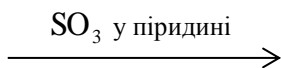
2-нітропірол

б) галогенування



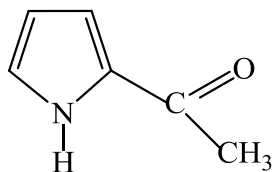
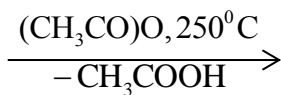
2,3,4,5-тетрабромопірол

в) сульфування



Пірол-2-сульфо кислота

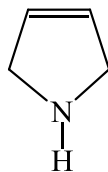
г) ацилування



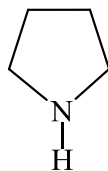
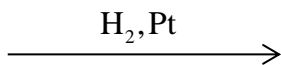
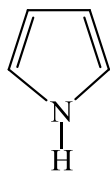
2-ацетилпірол

2 реакції приєднання

гідрування

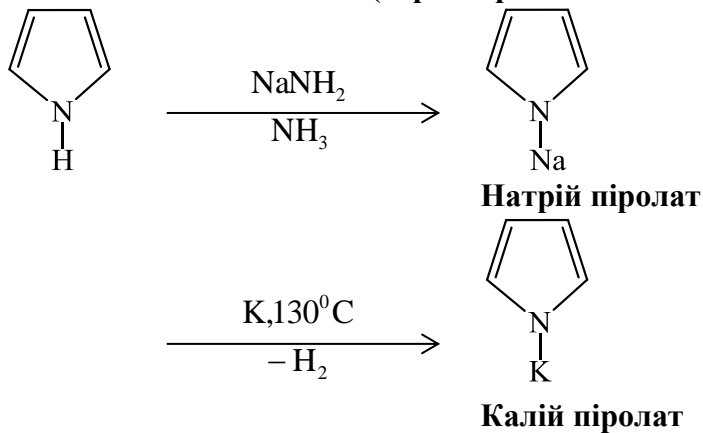


**3-піролін
(2,5-дигідропірол)**



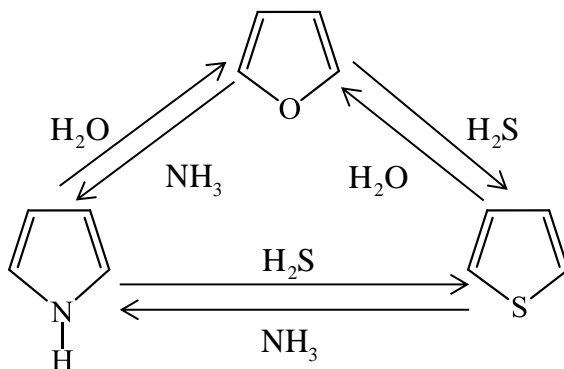
**Піролідін
(тетрагідропірол)**

Кислотні властивості (характерні тільки для піролу)



Взаємоперетворення п'ятичленних гетероциклів (реакція Юр'єва)

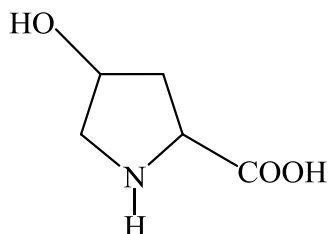
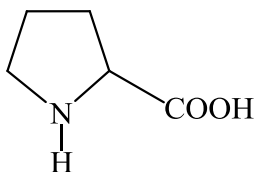
за наявності каталізатора Al_2O_3 і температури 350°C



Біологічно важливі похідні п'ятичленних гетероциклів

Піролу

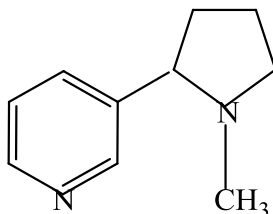
Похідні
піролідину



Імінокислоти

Пролін

Алкалоїд

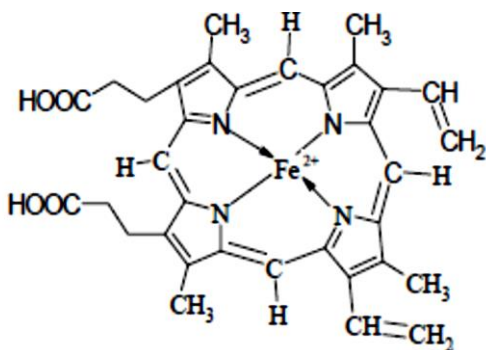


Гідроксипролін

Нікотин

Тетрапірольні
сполуки

Пірол → порфін → протопорфін → гем

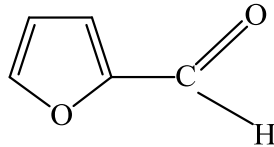


Гем

Гем містить атом Fe^{2+} , сполучений з порфірином (простетична група гемоглобіну). Гем також входить до складу ферментів **цитохромів**, **каталази**, **пероксидази**. Комплекс порфі-

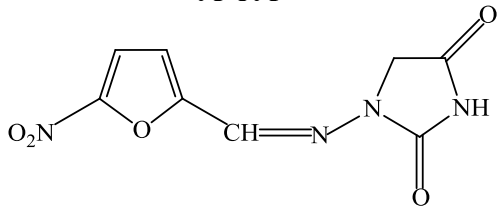
рину з Mg - основа **хлорофілу**. Пірольні цикли, сполучені з Co входять до складу **вітаміну B₁₂**

Фурану

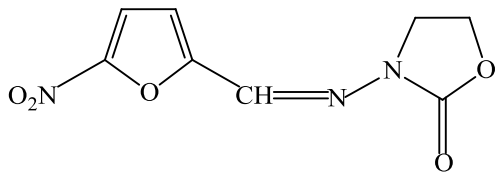


**Лікарські препарати
нітрофуранового ряду**

Фурафурол

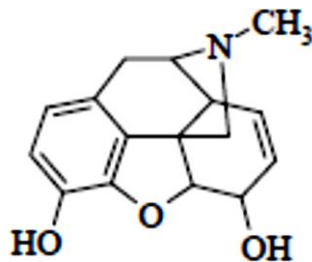


Фурадонін



Фуразолідон

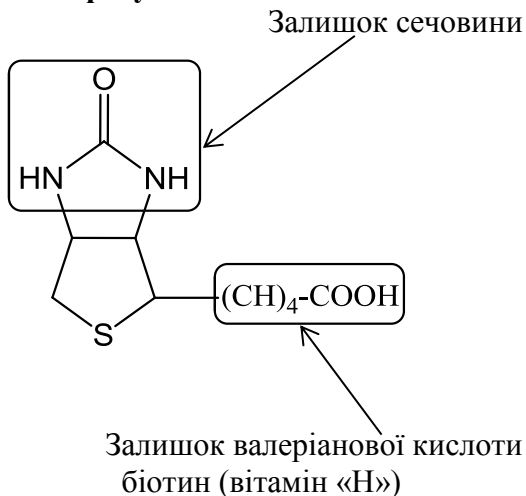
**Наркотичні речовини
– морфін, героїн, коде-
їн та ін.**



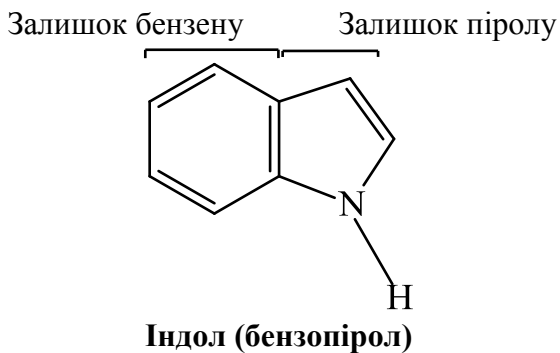
Морфін

Похідні
тетрагідротіофену

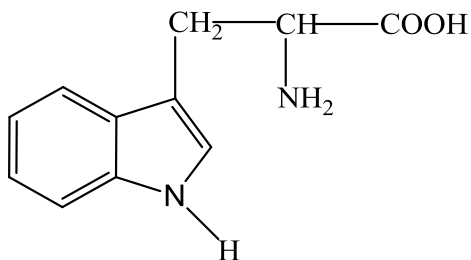
Тіофену



**Індол як представник конденсованої
гетероциклічної сполуки та його похідні**

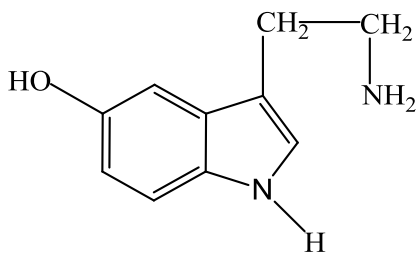


Амінокислота



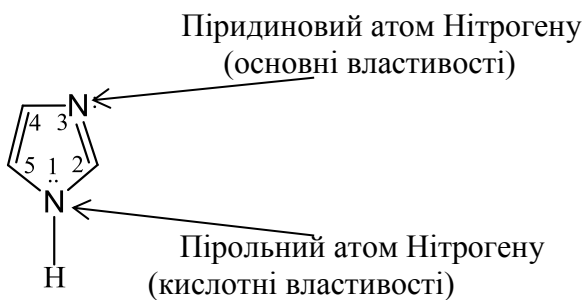
Триптофан

**Медіатор голо-
вного мозку**

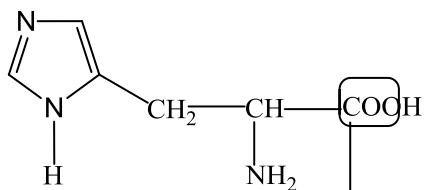


Серотонін

**Імідазол як представник п'ятичленних
гетероциклів з двома гетероатомами
та його похідні**

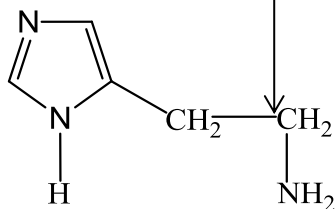


**Амінокислота
гістидин
(α -аміно-
 β -імідазолпропіонова кис-
лота)**

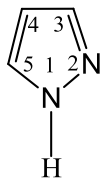


Декарбоксилаза

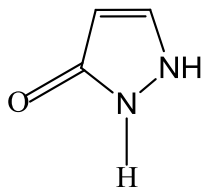
**Біогенний амін
Гістамін**



Ізомер імідазола

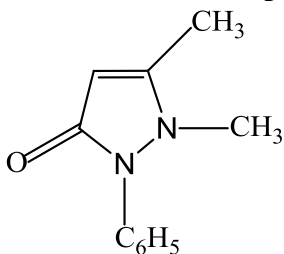


Піразол

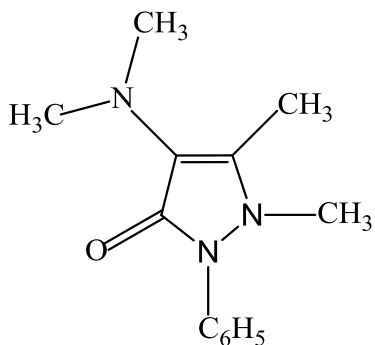


Піразалон-5

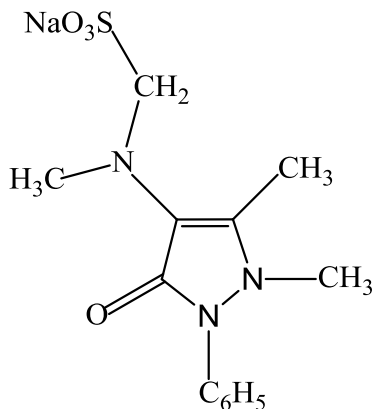
**Лікарські препарати
піразалонного ряду**



**Антіпірін (2,3-диметил-
фенілпіразалон-5)**



Амідопірін
(2,3-диметил—феніл-4-
диметиламінопіразолон-5)

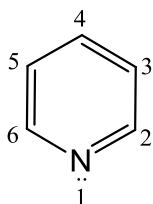


Анальгін

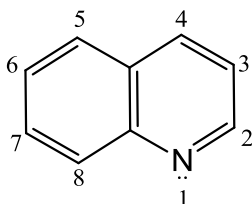
П'ятичленні гетероцикли з двома різними гетеро атомами

<p>Оксазол</p>	<p>Тіазол</p>	<p>Тіазолідін</p>
<p>Тіазол входить до складу вітаміну В1(тіаміну), кофермента кокарбоксилази та деяких лікарських препаратів, зокрема норсульфазолу</p>		
<p>Фрагмент білого стрептоциду</p>	<p>Тіазол</p>	
<p>Норсульфазол</p>		

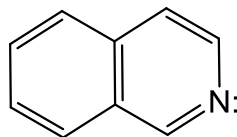
Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом



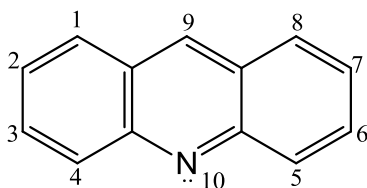
Піридин



Хінолін



Ізохінолін



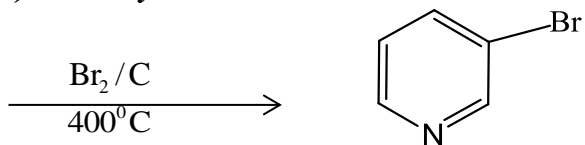
Акрідін

Хімічні властивості піридину

1 Реакції електрофільного заміщення (переважно в положенні 3 (β-положенні):

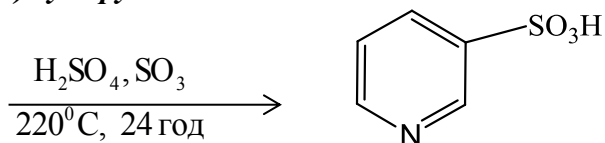


б) галогенування



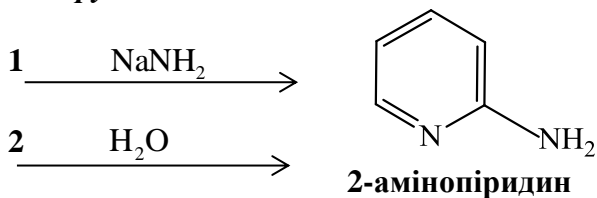
3-бромопіридин

в) сульфування

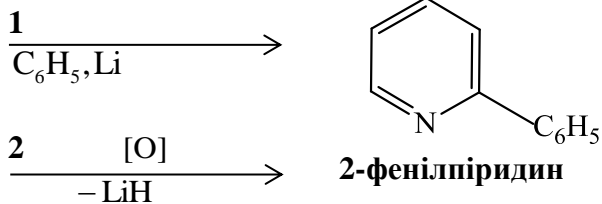
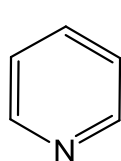


Піридин-3-сульфо кислота

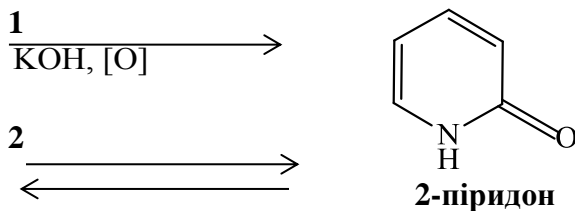
2 Реакції нуклеофільного заміщення гідратування



2-амінопіридин

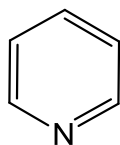


2-фенілпіридин

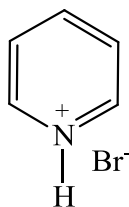
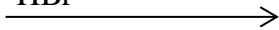


2-піридон

3 Основні властивості

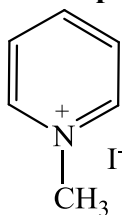
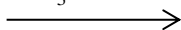


HBr



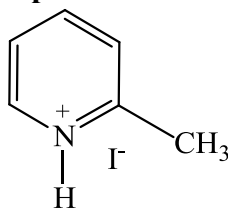
Піридиній бромід

CH₃I



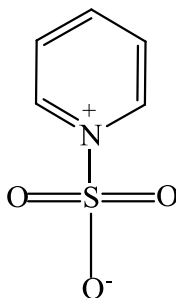
1-метилпіридиній йодид

t⁰



2-метилпіридиній йодид

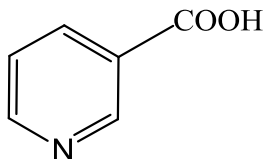
SO₃



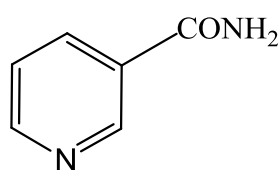
Піридинсульфотриоксид

Похідні піридину

Вітамін PP

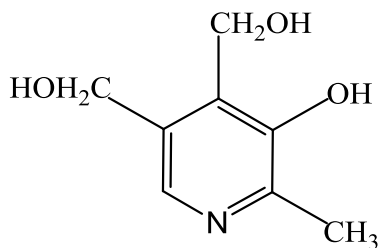


Нікотинова кислота

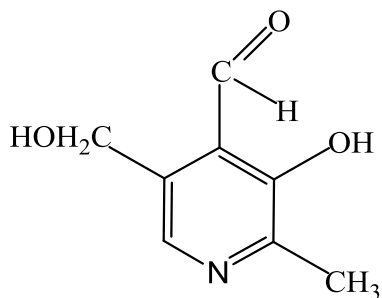


Нікотинамід

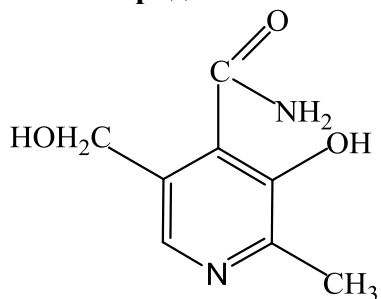
Вітаміни
B₆



Піридоксин

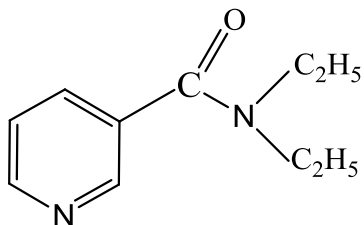


Піридоксаль



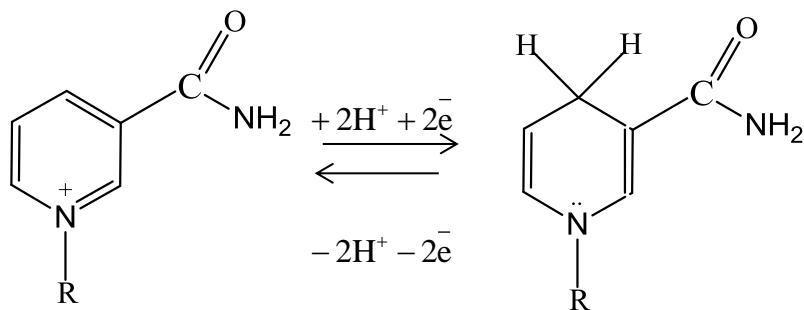
Піридоксамін

Стимуля-
тор ЦНС



Кордіамін (діетиламін нікотинової кислоти)

**Схема участі НАД
(нікотинамідаденіндинуклеотида)
в окисно-відновних процесах організму**



НАД⁺

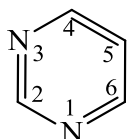
окиснена форма

НАД·H₂

відновлена форма

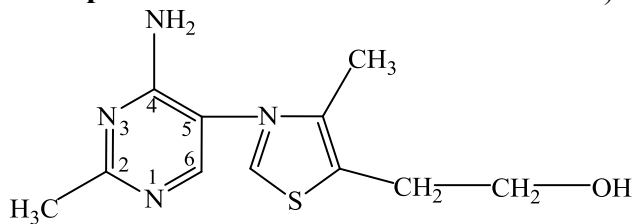
НАД-залежні дегідрогенази здійснюють процеси окиснення шляхом дегідрування

Піримідин як шестичленний гетероцикл з двома гетероатомами Нітрогену та його похідні



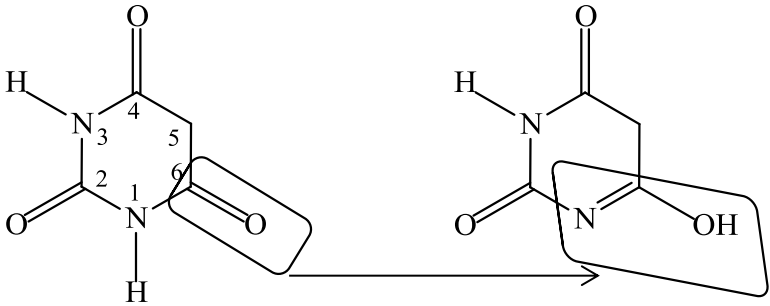
Піримідин

Гідрокси- та амінопохідні піримідину: урацил, тимін, цитозин (розглянуто в розділі «Нуклеїнові кислоти»)



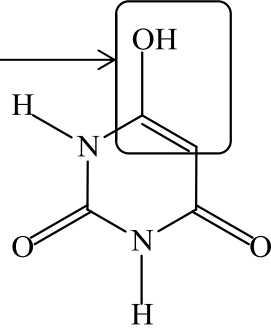
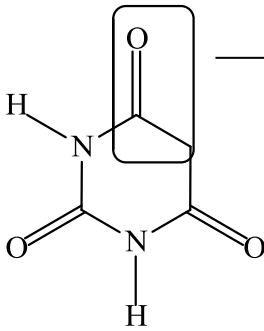
Тіамін (вітамін В₁)

Барбітурова кислота



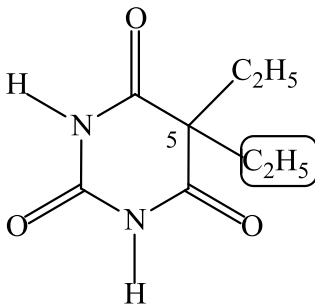
Лактамна форма

Лактимна форма

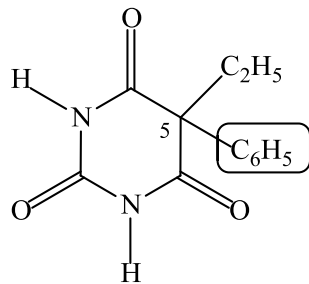


Кетонна форма

Енольна форма



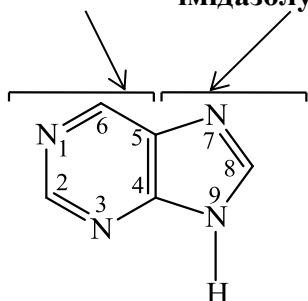
Барбітал (веронал)



**Фенобарбітал
(люмінал)**

Пурин та його похідні

Ядро піримідину Ядро
 імідазолу

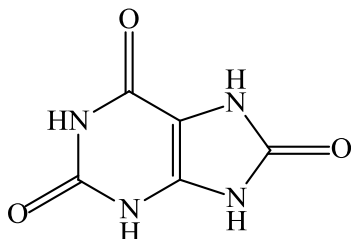


Пурин

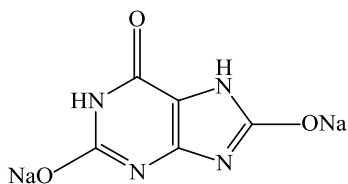
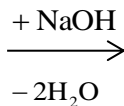
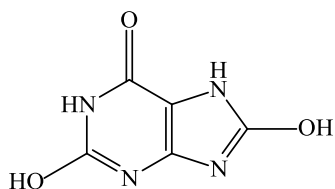
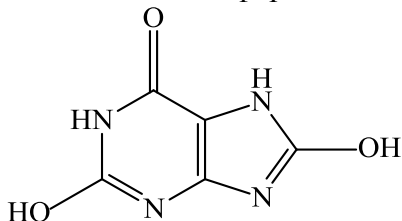
Гідрокси- та амінопохідні пурину: аденін, гуанін (розглянуто в розділі «Нуклеїнові кислоти»)

Сечова кислота(2,6,8-триоксипурин)

Лактамна форма



Лактимна форма



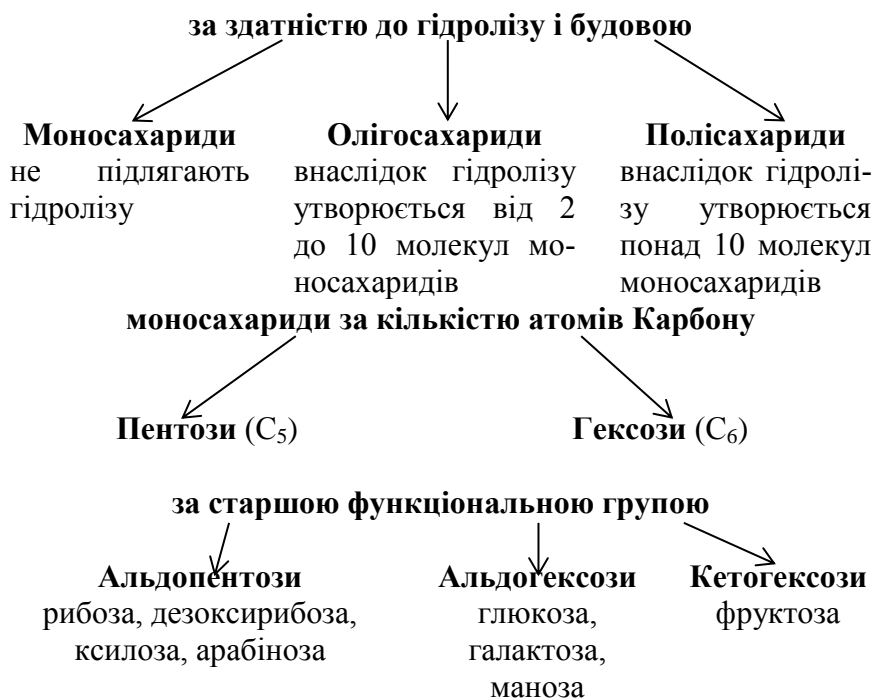
**Сечова кислота - двохо-
сновна кислота**

**Динатрієва сіль
сечової кислоти**

ВУГЛЕВОДИ

Вуглеводи – альдегіди або кетони багатоатомних спиртів або продукти їхньої конденсації.

Класифікація

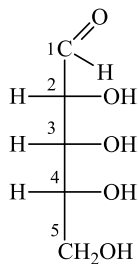


Моносахариди

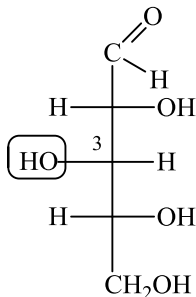
Формули Коллі-Толенса або Фішера:

- карбоний ланцюг записують вертикально;
- старшу функціональну групу записують першою зверху (альдози) або найближче до верху (кетони).

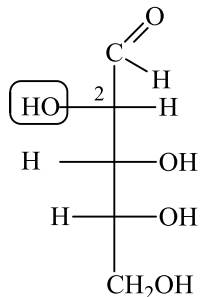
Пентози $C_5H_{10}O_5$



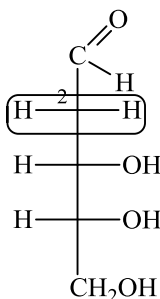
Рибоза



Ксилоза



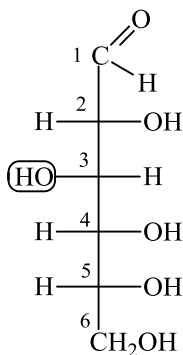
Арабіноза



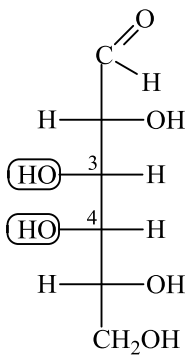
Дезоксирибоза

(у C_2 не має $-OH$ групи, молекулярна формула $C_5H_{10}O_4$)

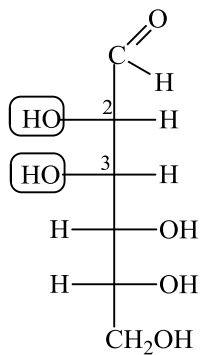
Гексози $C_6H_{12}O_6$



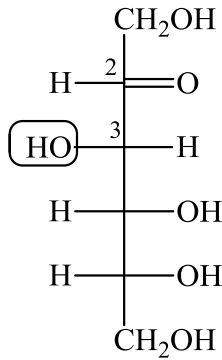
Глюкоза



Галактоза

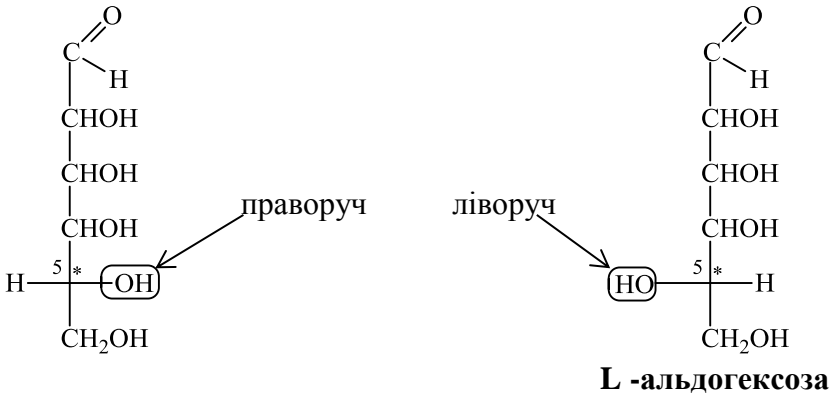


Маноза



Фруктоза

Належність моносахаридів до D або L-ряду визначається за «гліцериним ключем» (М. А. Розанов), з яким порівнюється конфігурація найбільш віддаленого від старшої функціональної групи хірального центру (у пентоз – С-4, у гексоз – С-5).



D -альдогексоза

Переважає більшість природних моносахаридів належить до D - ряду.

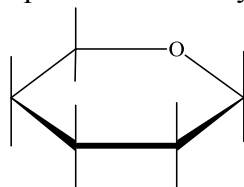
Цикло-оксотаутомерія на прикладі глюкози

Формули Фішера

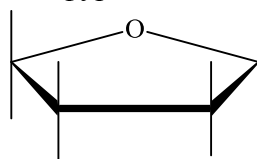
зображуються у вигляді вертикальних структур

Формули Хеурса

зображуються у вигляді плоских циклічних структур - піранозного циклу



або фуранозного циклу



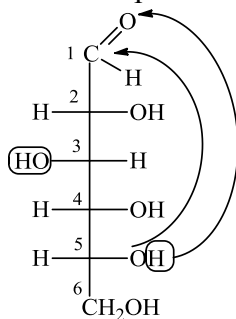
замісники, які розташовані праворуч → розміщені під площиною циклу

замісники, які розташовані ліворуч → розміщені над площиною циклу

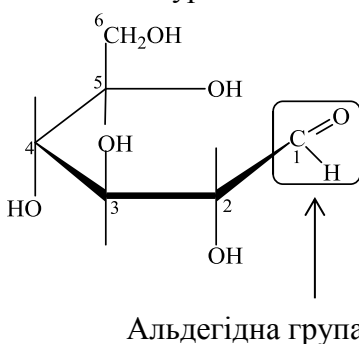
Ізомери глюкози відкрита форма глюкози

Назва
D-глюкоза

Фішера

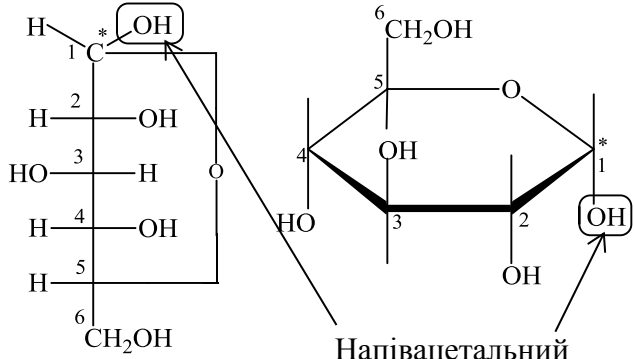


Хеурса



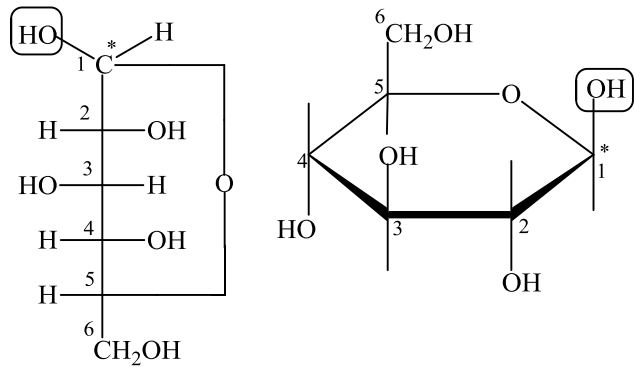
Циклічні форми глюкози
напівацетальний
(глікозидний) гідроксил

**α -D-
глюкопірано-
за**

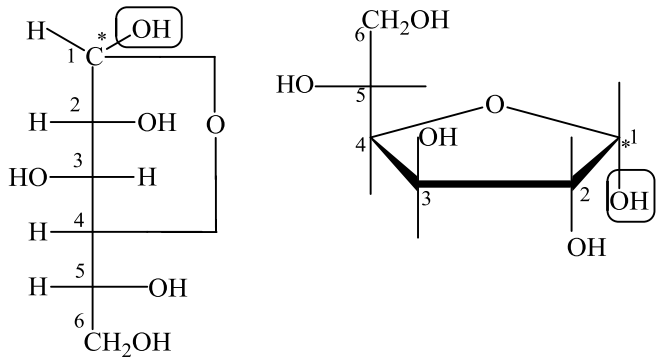


Напівацетальний
(аномерний) гідроксил

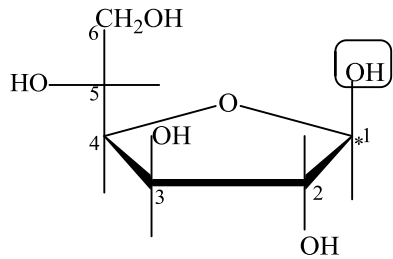
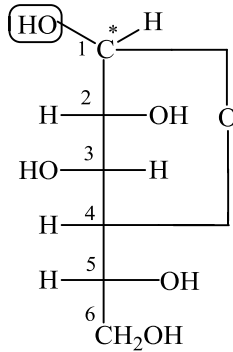
**β -D-
глюкопірано-
за**



**α -D-
глюкофура-
ноза**



**β-D-
глюкофура-
ноза**



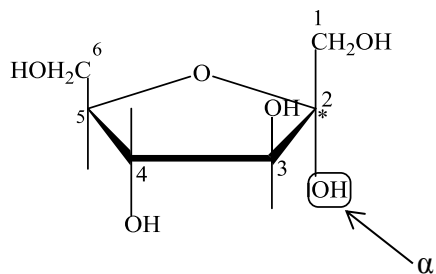
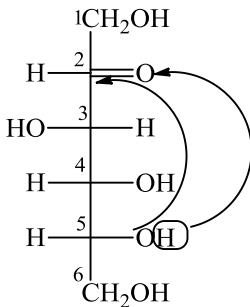
Мутаротація глюкози – зміна кута обертання свіжовиготовленого її розчину при зберіганні зі $+112^0$ (α -форма) або $+19^0$ (β -форма) до $+52,5^0$, тобто до встановлення динамічної рівноваги між цими формами.

Епімери та аномери – частий випадок діастереомерів.

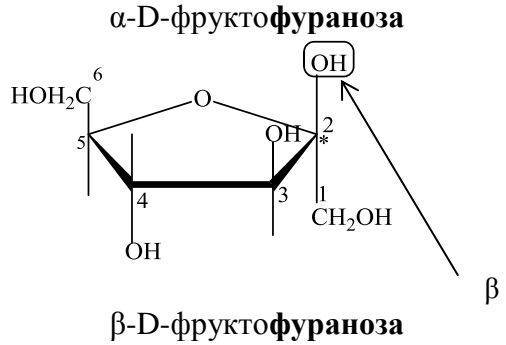
Епімери – моносахариди, які розрізняються конфігурацією тільки одного хірального центру, наприклад, D-глюкоза і D-галактоза розрізняються положенням тільки у C-4, а D-глюкоза і D-маноза розрізняються положенням тільки у C-2.

Аномери – моносахариди, які розрізняються конфігурацією тільки одного хірального центру, а саме аномерного атому Карбону (α - та β -форми).

Формули ізомерів фруктози



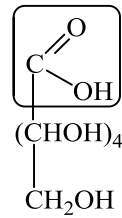
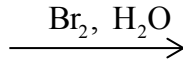
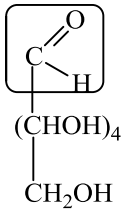
D-фруктоза



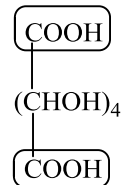
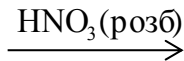
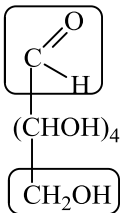
Хімічні властивості глюкози

1 Реакції альдегідної групи

а) окиснення



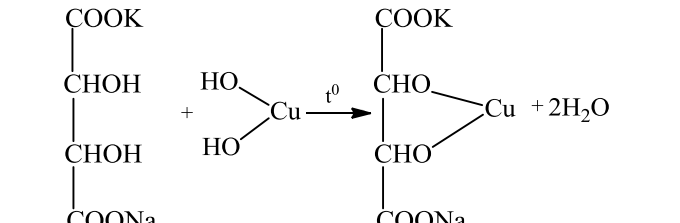
**Глюконова
кислота
альдонова
кислота**



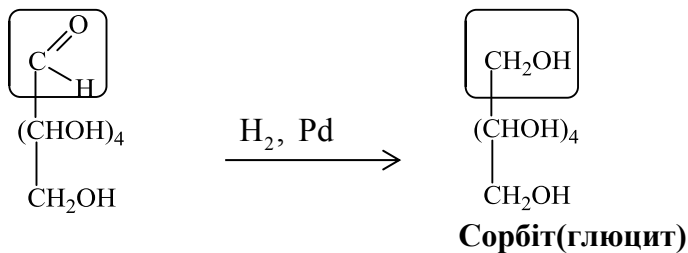
**Глюкарова
кислота
арова кислота**

Реакції окиснення як якісні реакції на альдози

Схема реакції

Назва реакції	Склад реактиву				
Реакція Тромера (мідного дзеркала)	Натрій гідроксид, купрум(II) сульфат	$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{R-COH} + 2\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{t^0} \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + \text{R-COOH} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Альдоза Синій осад Цеглинно-червоний осад Продукти окиснення</p>			
Реакція Фелінга	Натрій гідроксид, купрум(II) сульфат	 <p>Сегнетова сіль (калій-натрій тартрат) Реактив Фелінга</p>			

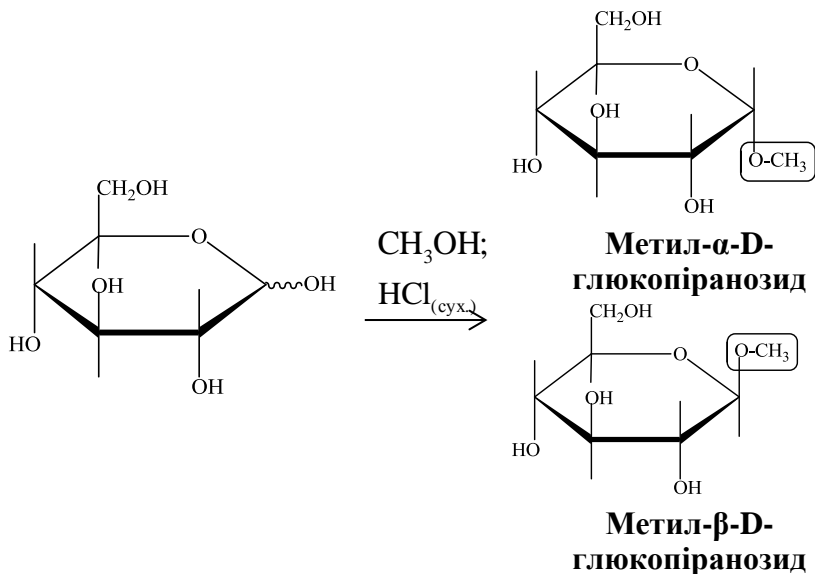
б) відновлення



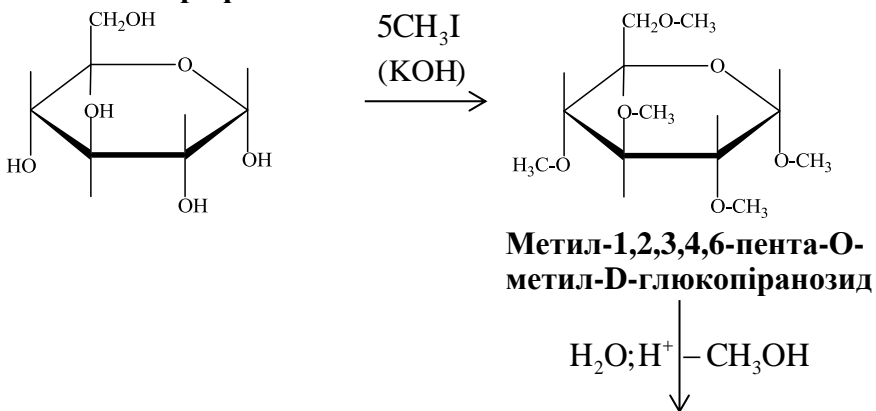
2 Реакції багатоатомних спиртів

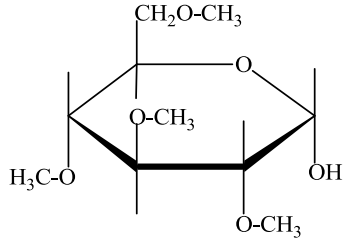
Глюкоза як багатоатомний спирт взаємодіє з купрум (II) гідроксидом (без нагрівання) з утворенням комплексної сполуки, розчини якої темно-синього кольору.

3 Реакції напівацетального (глікозидного) гідроксилу



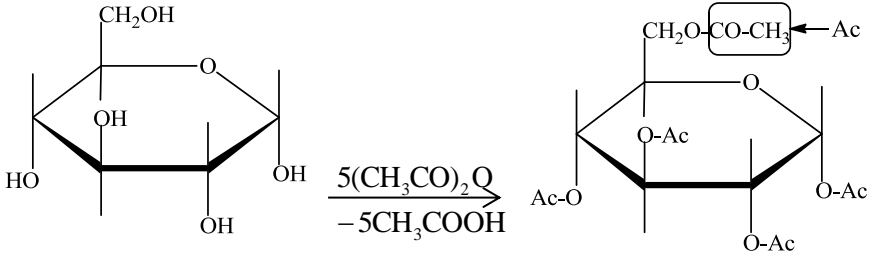
4 Реакції етерифікації



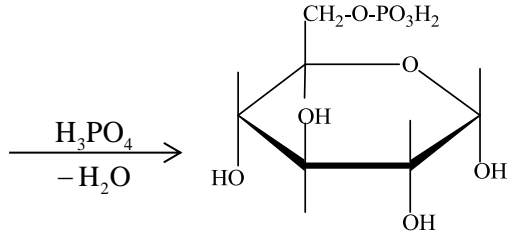


2,3,4,6-тетра-О-метил-D-глюкопіраноза

5 реакції естерифікації



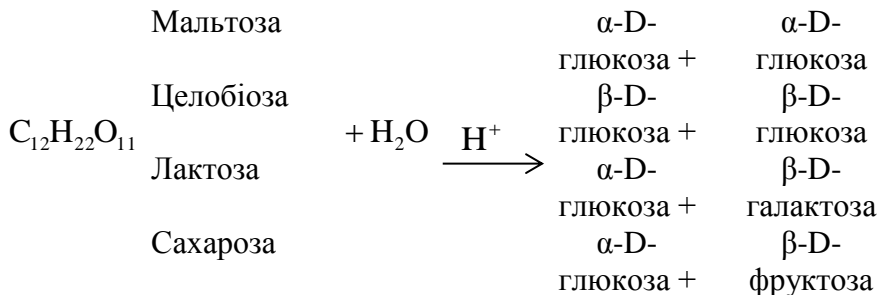
**1,2,3,4,6-пента-О-ацетил-D-глюкопіраноза
(пентаацетилглюкоза)**



**6-фосфат
D-глюкопіранози**

Дисахариди $C_{12}H_{22}O_{11}$

Дисахариди – вуглеводи, які складаються з двох однакових або різних моносахаридів, сполучених О-глікозидним зв'язком.



Відновлювальні

дисахариди

мають вільний напівацетальний гідроксил

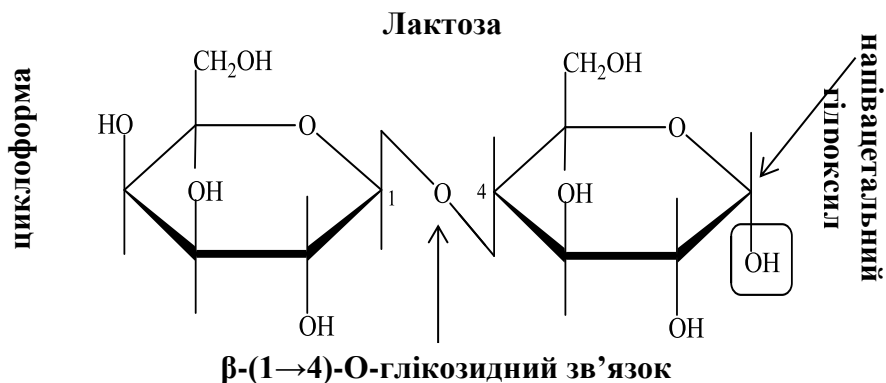
Мальтоза
Целобіоза
Лактоза

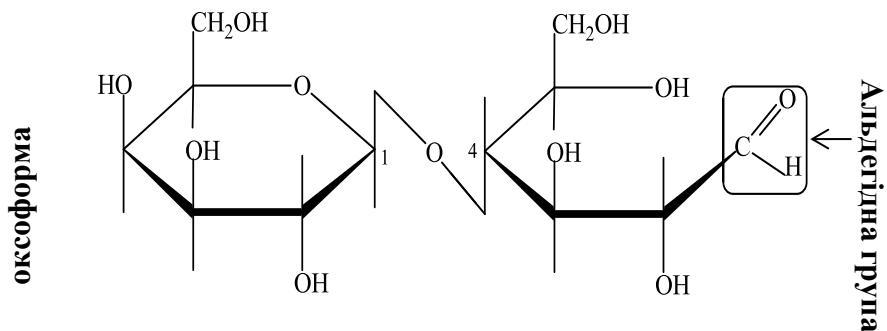
Невідновлювальні

дисахариди

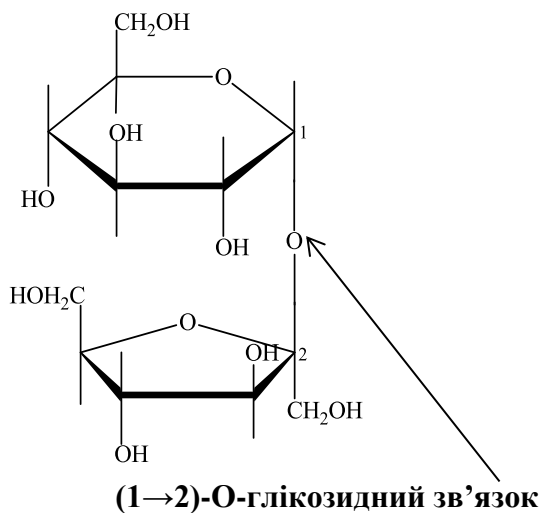
не мають вільного напівацетального гідроксилу

Сахароза





Сахароза



Інверсія сахарози - зміна кута обертання сахароз із D (+) $66,5^{\circ}$ до D (-) 40° після її гідролізу за рахунок значної переваги лівого обертання фруктози D (-) 92° порівняно з глюкозою D (+) $52,2^{\circ}$.

Інвертний цукор – суміш рівних кількостей глюкози і фруктози. Мед - природний інвертний цукор.

Полісахариди

Гомополісахариди

внаслідок гідролізу утворюють однакові моносахариди

крохмаль, глікоген

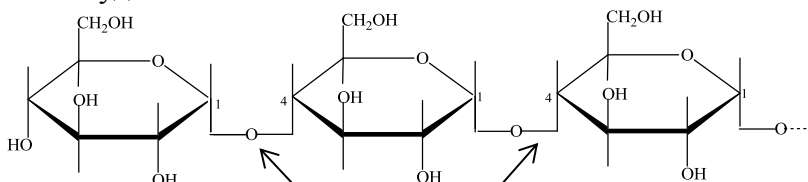
Гетерополісахариди

внаслідок гідролізу утворюють різні компоненти, зокрема уонові кислоти, аміносахариди тощо)

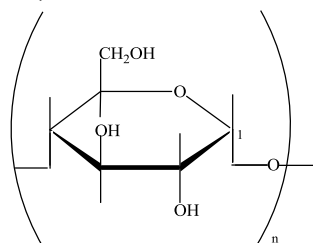
гіалуринова кислота, хондроїтинсульфати, гепарин

Крохмаль - біополімер, який складається з **амілози** **амілопектину**.

Амілоза містить велику кількість залишків α -D-глюкопіраноз, сполучених α -(1 \rightarrow 4)-O-глікозидним зв'язком, є біополімером лінійної будови.



α -(1 \rightarrow 4)-O-глікозидний зв'язок

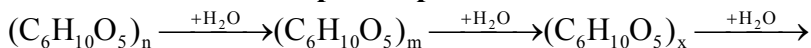


Мономерна ланка

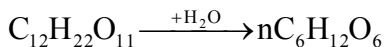
Амілопектин є біополімером розгалуженої будови, оскільки містить також залишків α -D-глюкопіраноз, сполучені як α -(1 \rightarrow 4)-O-глікозидним зв'язком, так і α -(1 \rightarrow 6)-O-глікозидним

зв'язком.

Гідроліз крохмалю



Крохмаль Розчинний крохмаль Декстрини

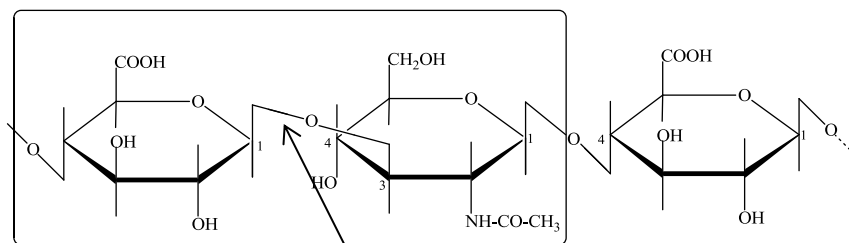


Мальтоза α -D-глюкопіраноза

Якісна реакція на крохмаль – утворення сполуки темно-синього кольору при додаванні розчину йоду.

Глікоген (тваринний крохмаль) є біополімером розгалуженої будови, залишки α -D-глюкопіраноз, сполучені як α -(1→4)-O-глікозидним зв'язком, так і α -(1→6)-O-глікозидним зв'язком.

Гіалуринова кислота (фрагмент) містить β -(1→3)-O-глікозидні зв'язки



β -(1→3)-O-глікозидні зв'язки

Біозний фрагмент складається із залишків D-глюкуронової кислоти та N-ацетил- D-глюкозаміну.

АМІНОКИСЛОТИ. БІЛКИ

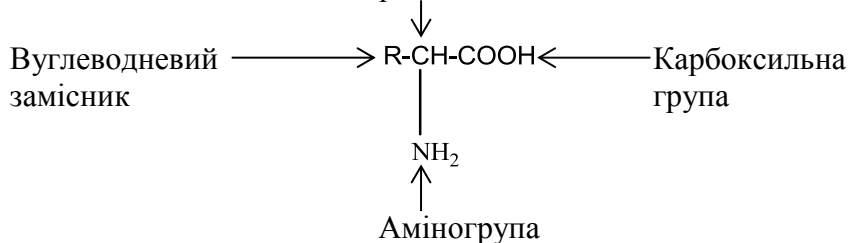
Амінокислоти - гетерофункціональні сполуки, які містять у молекулах одночасно амінні ($-\text{NH}_2$) та карбоксильні ($-\text{COOH}$) групи.

Класифікація амінокислот

- 1 Залежно від кількості функціональних груп.
 - Моноаміномонокарбонові*
(одна $-\text{NH}_2$, одна $-\text{COOH}$)
нейтральні;
діаміномонокарбонові
(дві $-\text{NH}_2$, одна $-\text{COOH}$)
основні;
моноамінодикарбонові
(одна $-\text{NH}_2$, дві $-\text{COOH}$)
кислі;
діамінодикарбонові
(дві $-\text{NH}_2$, дві $-\text{COOH}$) тощо.
- 2 Залежно від характеру вуглеводневого залишку.
 - Аліфатичні,
ароматичні,
гетероциклічні.
- 3 Залежно від розміщення аміногрупи відносно карбоксильної в головному ланцюгу.
 - α -амінокислоти,
 β -амінокислоти,
 γ -амінокислоти
і т. д. до ω -амінокислот
($-\text{NH}_2$ та $-\text{COOH}$ розміщені на протилежних кінцях карбонового ланцюга).
- 4 За наявністю інших функціональних груп.
 - Гідроксивмісні ($-\text{OH}$),
сульфуровмісні ($-\text{SH}$) тощо.
- 5 За біологічним значенням.
 - Замінні,
незамінні.

Загальна формула α -амінокислот

α – карбоновий атом



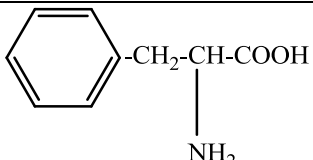
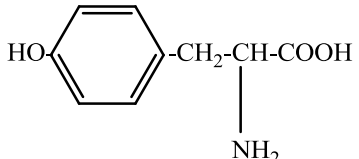
Таблиця 15 - Формули, тривіальні назви і класифікація α -амінокислот

Формула	Тривіальна назва
1	2
1. Аліфатичні	
1.1 Нейтральні	
$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	Гліцин (глі.)
$ \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	Аланін (ала.)
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{CH-CH-COOH} \\ \text{H}_3\text{C} \quad \diagup \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Валін (вал.)*
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{CH-CH}_2\text{-CH-COOH} \\ \text{H}_3\text{C} \quad \diagup \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Лейцин (лей.)*

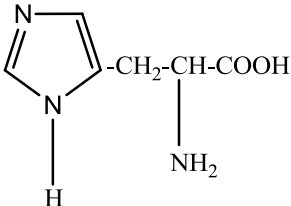
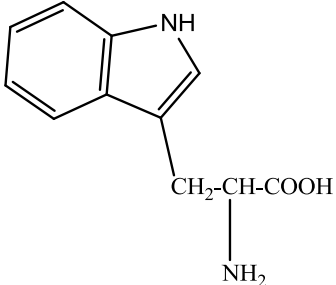
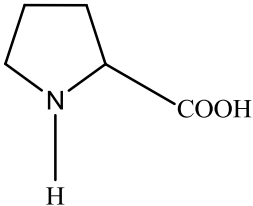
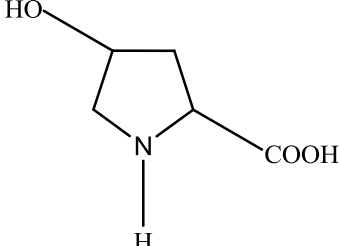
Продовження табл. 15

1	2
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Ізолейцин (іле.)*
1.2 Кислі	
$ \begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Аспарагінова кислота (асп.)
$ \begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Глутамінова кислота (глу.)
1.3 Основні	
$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Орнітин (орн.)
$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Лізін (ліз.)*
$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{NH} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Аргінін (арг.)
Гідроксіамінокислоти	
$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array} $	Серин (сер.)

Продовження табл. 15

1	2
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Треонін (тре.)*
Сульфуровмісні	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Цистеїн (цис.)
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH} \quad \text{CH}-\text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{HOOC} \quad \text{COOH} \end{array}$	Цистин (цис.-S-S-цис.)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{S}-\text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Метіонін (мет.)*
2. Ароматичні	
	Фенілаланін (фен.)*
	Тирозин (тир.)

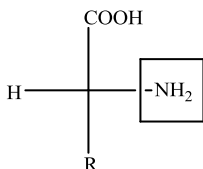
Продовження табл. 15

1	2
3. Гетероциклічні	
	Гістидин (гіс.)
	Триптофан (три.)*
4. Імінокислоти	
	Пролін (про.)
	Гідроксипролін (про.-ОН)

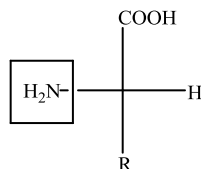
Зірочкою () позначено незамінні амінокислоти (не синтезуються в організмі й повинні обов'язково потрапляти з їжею).*

Енантіомери (оптичні антиподи) α -амінокислот

Хіральний центр (асиметричний атом)

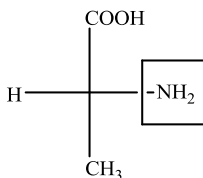


D- α -амінокислота

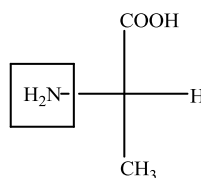


L- α -амінокислота

Хіральний центр (асиметричний атом)



D- α -аланін



L- α -аланін

Білки людини містять залишки лише α -амінокислот L-ряду.

Хімічні властивості α -амінокислот

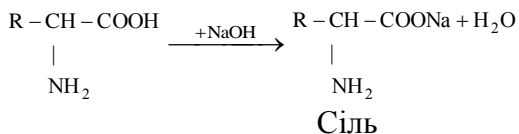


Утворення солей

За рахунок

COOH групи

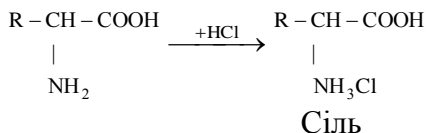
при взаємодії з лугами



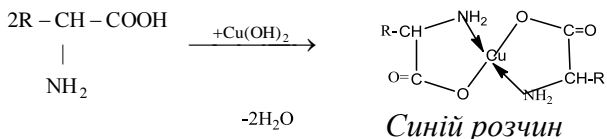
За рахунок NH₂

групи при вза-

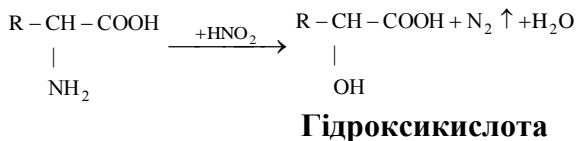
ємодії з кис-
лотами



Внутрішньо-
комплексних
(хелатів)

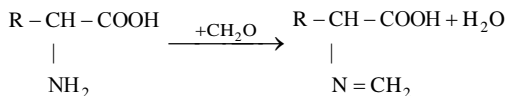


Реакція з нітритною кислотою (реакція Ван-Слайка) покладена в основу газометричного визначення кількості амінокислот



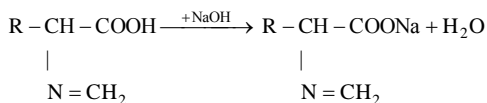
Реакція з формальдегідом (метод Серенса) використовується для кількісного титриметричного визначення амінокислот

1 Блокування
NH₂ групи
формальдегі-
дом

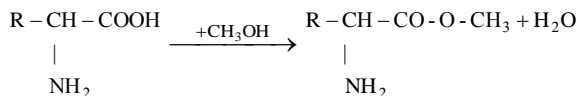


N-метиленове похідне амінокислоти

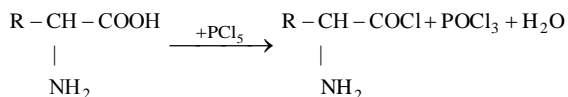
2 Титрування
лугом



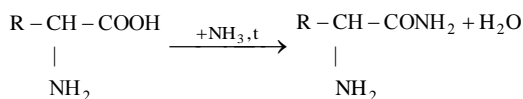
Утворення естерів, галогеноангідридів, амідів



Естер



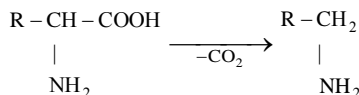
Хлороангідрид



Амід

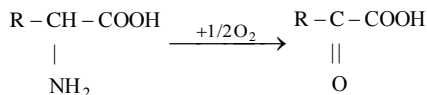
Метаболічні реакції

Декарбоксілювання



Біогенний амін

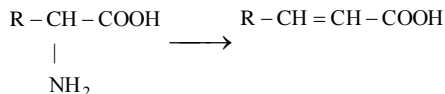
Дезамінування



а) окисне

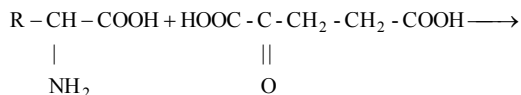
Кетокислота

б) внутрішньо-молекулярне

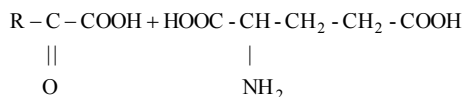


Ненасичена кислота

Трансамінування (вітамін В₆) (обмін функціональними групами)



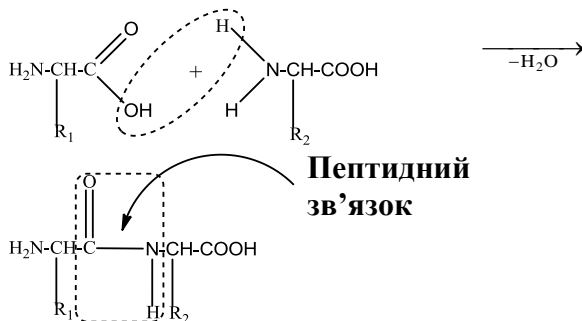
α-кетоглутарова кислота



**Нова Глутамінова кислота
кетокислота**

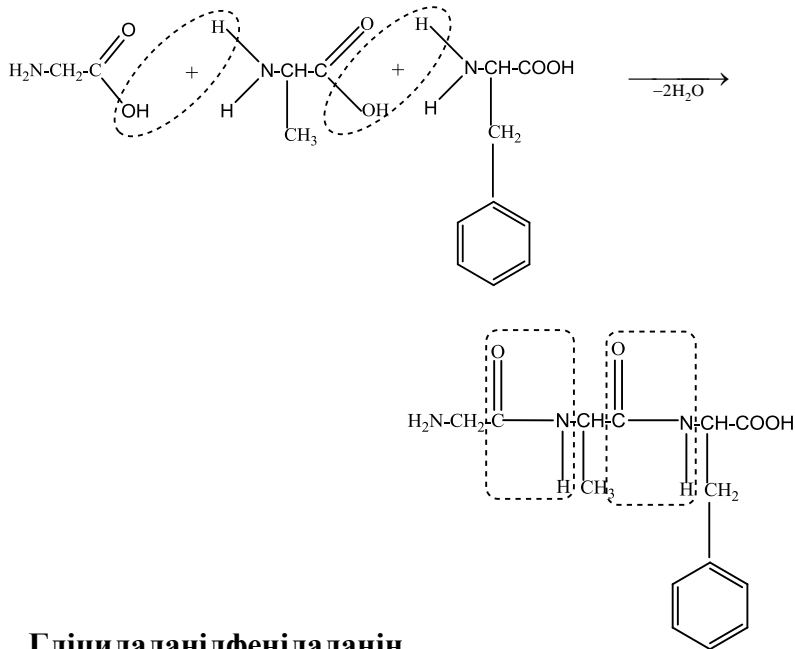
Утворення пептидів

дві α -амінокислоти \rightarrow дипептид + H_2O



три α -амінокислоти \rightarrow трипептид + 2 H_2O

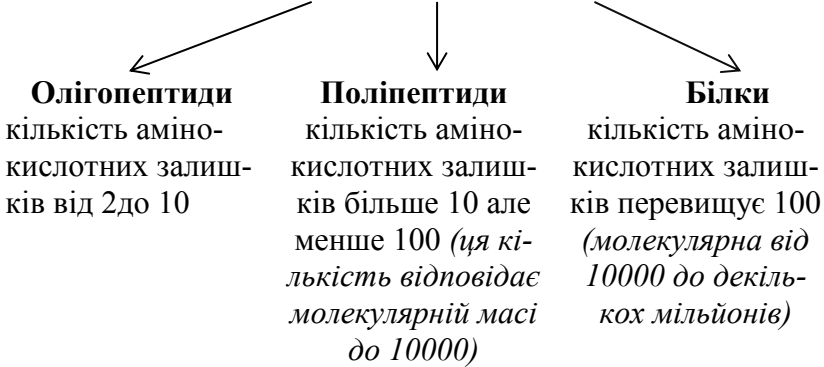
Взаємодія гліцину, аланіну та фенілаланіну



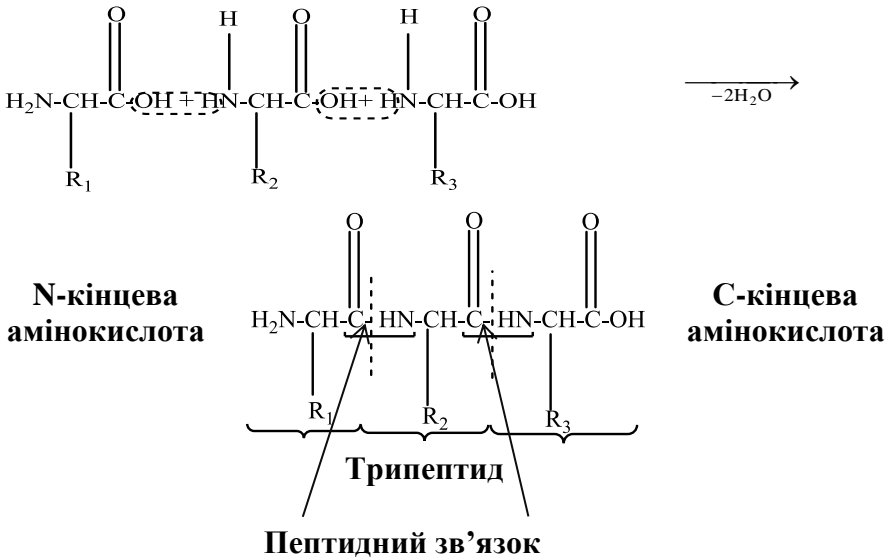
Гліцилаланілфенілаланін

Білки (протеїни) – біополімери, що складаються з залишків α -амінокислот, сполучених пептидними зв'язками.

Класифікація пептидів



Пептидний зв'язок утворюється за рахунок відщеплення гідроксильної (-OH) групи від карбоксильної (-COOH) однієї амінокислоти та атому Гідрогену (H) від аміногрупи (-NH₂) амінокислоти, з виділенням молекули води



Таблиця 16 - Структура білків

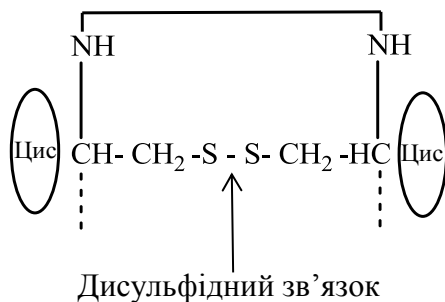
Назва структури	Характеристика зв'язків	Приклад білка
Первинна	Послідовність розміщення α -амінокислот у молекулі, сполучених пептидними зв'язками	
Вторинна	Впорядковане розміщення у просторі основного поліпептидного ланцюга у вигляді α -спіралі або β -структури, фіксування структур здійснюється за рахунок водневих зв'язків	β -кератин (волосся, рогова тканина) β -кератин шовку, міоінозин (м'язова тканина)
Третинна	Компактне тривимірне пакування білкового ланцюга у просторі, у взаємодії бувають участь бічні групи амінокислот	Міоглобін, лізоцим
Четвертинна	Просторове розміщення декількох поліпептидних субодниць, сполучених за рахунок водневих та гідрофобних взаємодій	Гемоглобін

Види зв'язків, що беруть участь у формуванні різних структур білків

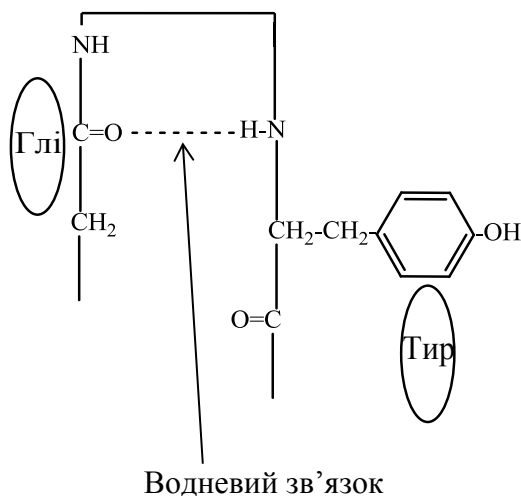
Йонний зв'язок (сольові містки) утворюється внаслідок просторового наближення лізину та аспарагінової або глутамінової кислот.



Дисульфідний зв'язок (дисульфідні містки) утворюється внаслідок просторового наближення двох залишків цистеїну.



Водневий зв'язок утворюється внаслідок просторового наближення атому Гідрогену та електронегативного атому (O-, N-).



Гідрофобні взаємодії відбуваються внаслідок просторового наближення неполярних вуглеводневих замісників (-CH₃,-C₆H₅ та ін.).

Класифікація білків

Прості

Альбуміни, глобуліни, протаміни, гістони

Складні

Нуклеопротейди
(протеїн+нуклеїнова кислота)

Глікопротейни
(протеїн+вуглеводний компонент)

Ліпопротейни
(протеїн+ліпід)

Фосфопротейни
(протеїн+ортофосфатна кислота)

Металопротейни
(протеїн+метал)

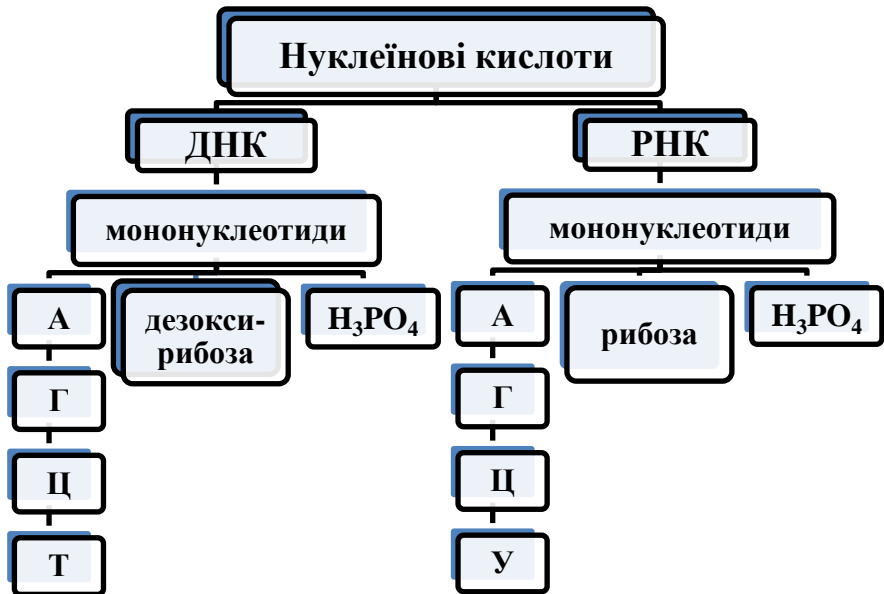
Таблиця 17 - Якісні (кольорові) реакції на білки та амінокислоти

Назва реакції	Реактиви, що використовуються	Характерна ознака
Біуретова (на пептидний зв'язок)	Розчин луку з додаванням декількох крапель розчину купрум(II) сульфату	Поява фіолетового забарвлення
Нінгідрінова (на α -амінокислоти)	Розчин нінгідрину	Поява синьофіолетового забарвлення
Ксантопротейнова (на ароматичні амінокислоти)	Розчин концентрованої нітратної кислоти	Поява жовтого забарвлення при нагріванні
Реакція Фоля (на сульфуровмісні амінокислоти)	У лужному середовищі при додаванні розчину плюмбум(II) ацетату	Поява чорного забарвлення при нагріванні

НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. МОНОНУКЛЕОТИДИ. МОНОНУКЛЕОЗИДИ

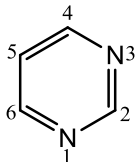
Нуклеїнові кислоти – природні біополімери, які складаються з багатьох мононуклеотидів, сполучених між собою 3', 5'-фосфодіестерними зв'язками.

Класифікація і структурні компоненти нуклеїнових кислот



Нуклеїнові (азотисті) основи
Піримідинові (похідні піримідину)

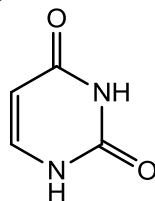
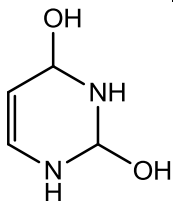
Піримідин



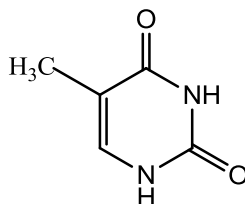
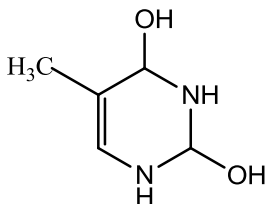
Лактимна форма

Лактамна форма

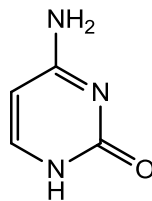
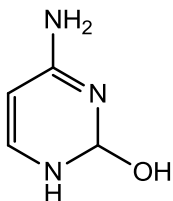
Урацил (2-OH, 4-OH)



Тимін (2-OH, 4-OH, 5-CH₃)

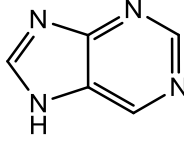


Цитозин (2-OH, 4-NH₂)

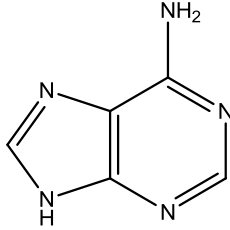


Пуринові (похідні пурину)

Пурін

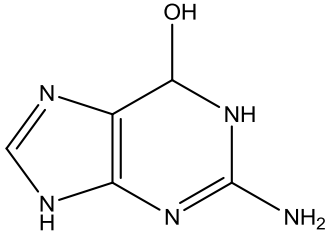


Аденін

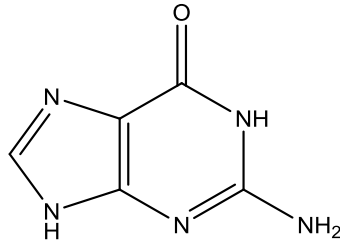


Гуанін

Лактимна форма

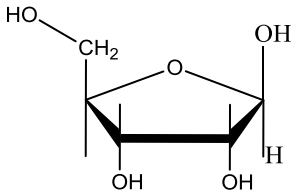


Лактамна форма

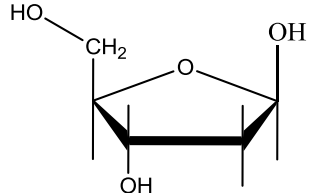


β-пентози

β-рибоза



β-дезоксирибоза

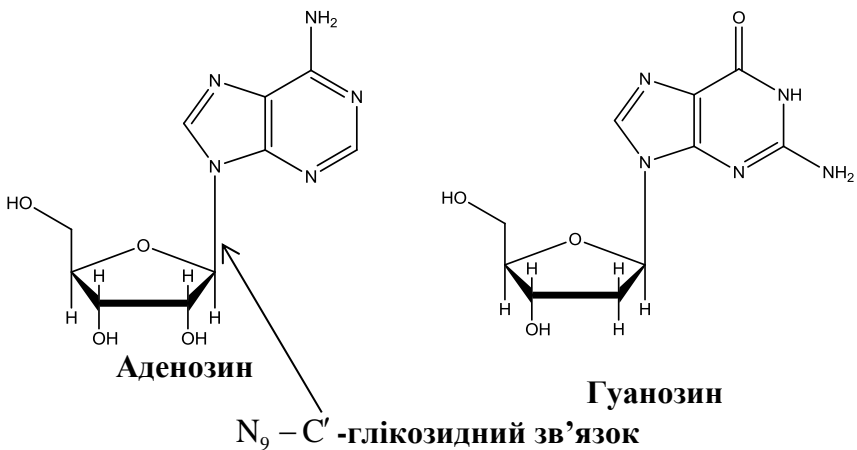
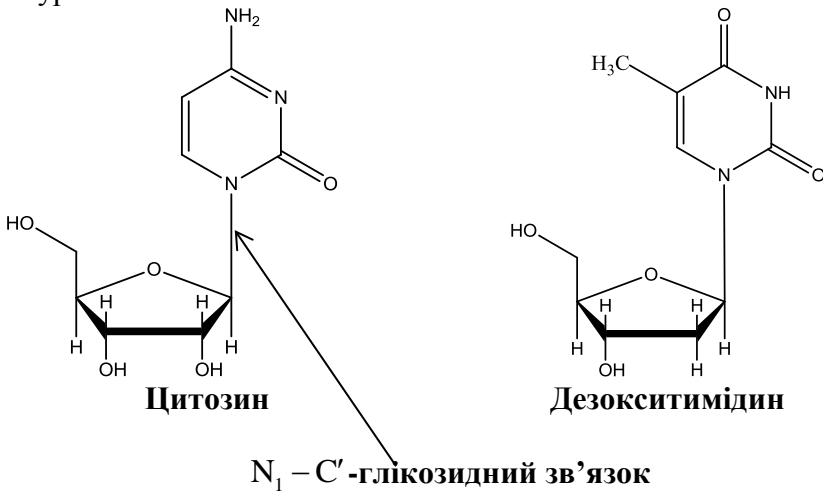


Будова нуклеозидів

Нуклеозиди – N-глікозиди рибози або дезоксирибози та азотистої основи.

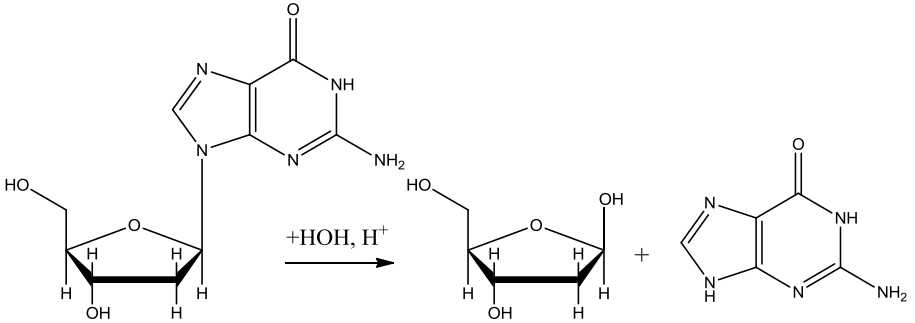
Мононуклеозид = нуклеїнова (азотиста) основа + рибоза або дезоксирибоза.

N-глікозидний зв'язок піримідинові основи утворюють за рахунок C_1' атому β -пентози та N_1 атому піримідинової або N_9 - пуринової азотистих основ.



Гідроліз нуклеозидів

Нуклеозид + H₂O = азотиста основа + β-пентоза

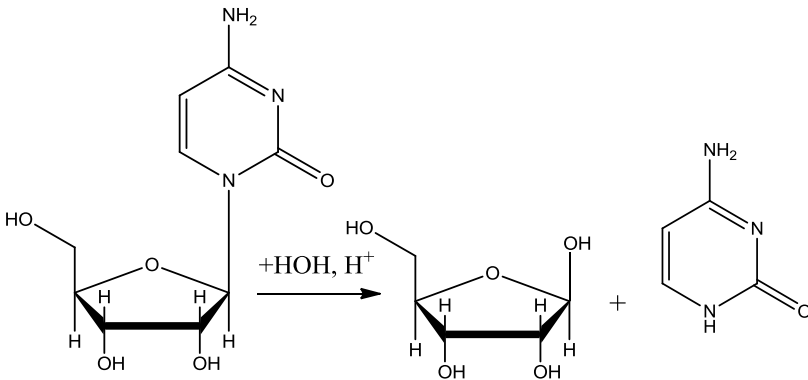


Дезоксигуанозин

Гідроліз

β-D-
деоксирибо-
фураноза

Гуанін



Цитидин

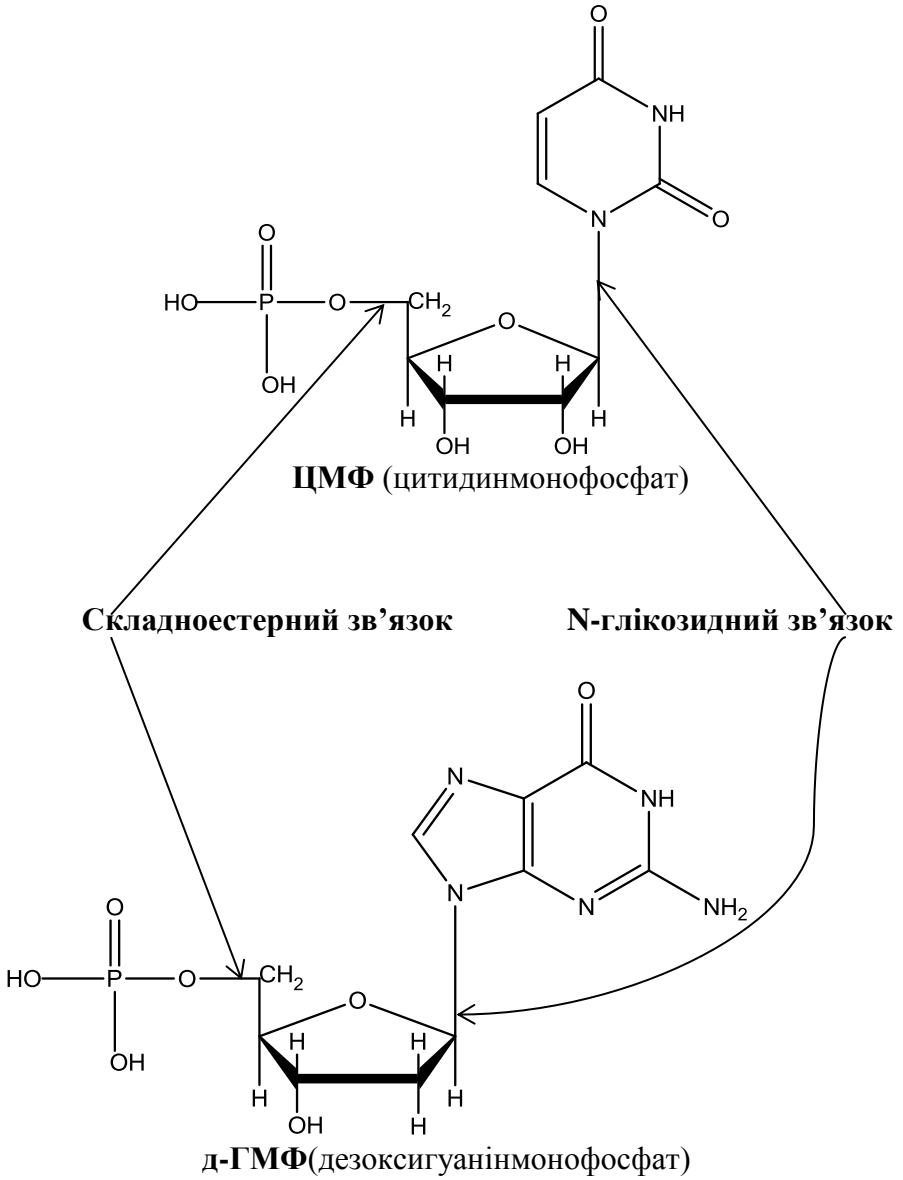
Гідроліз

β-D-
рибофураноза

Цитозин

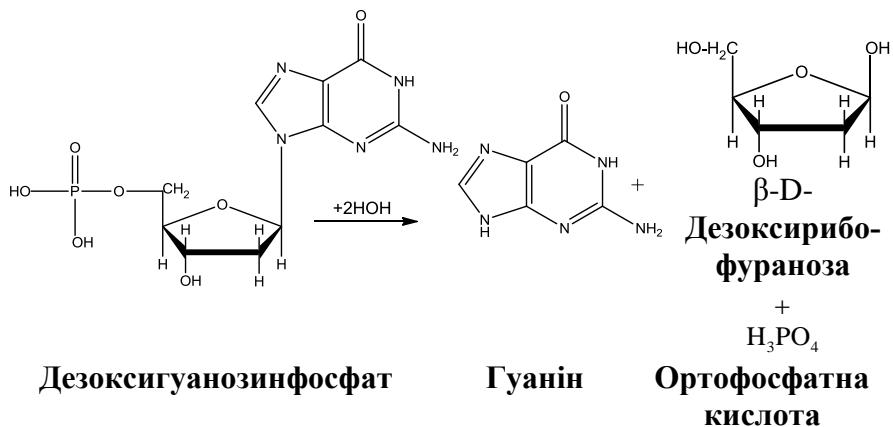
Будова нуклеотидів

Мононуклеотид = мононуклеозид + H_3PO_4



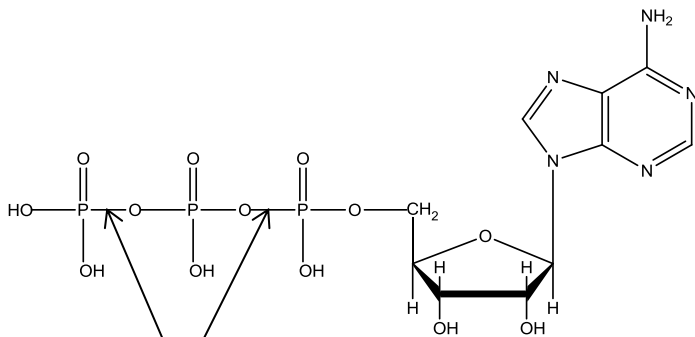
Гідроліз нуклеотидів

Нуклеотид + $2\text{H}_2\text{O}$ = азотиста основа + β -пентоза + H_3PO_4



Будова АТФ

АТФ (аденозинтрифосфатна кислота)

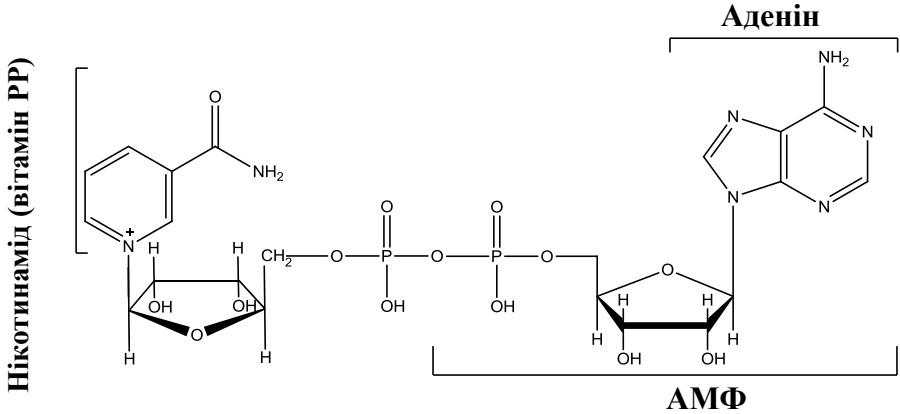


Ангідридні (макроергічні зв'язки)

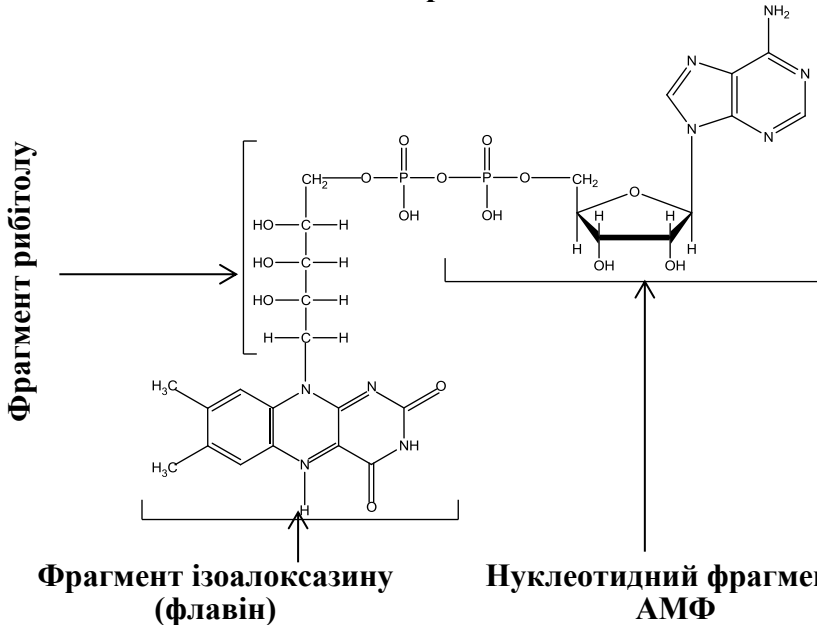
Внаслідок розщеплення макроергічного зв'язку між залишками ортофосфатної кислоти виділяється 32 кДж/моль енергії.

Нуклеотидні коферменти

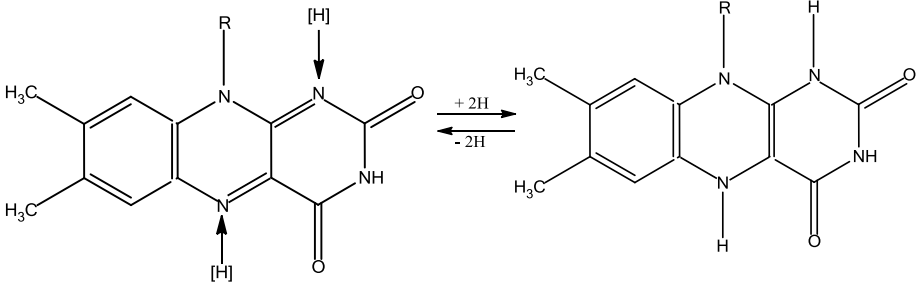
НАД (нікотинамідаденіндинуклеотид)-кофермент НАД-залежних дегідрогеназ



НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат)
ФАД (флавінаденіндинуклеотид) –кофермент ФАД-залежних дегідрогеназ



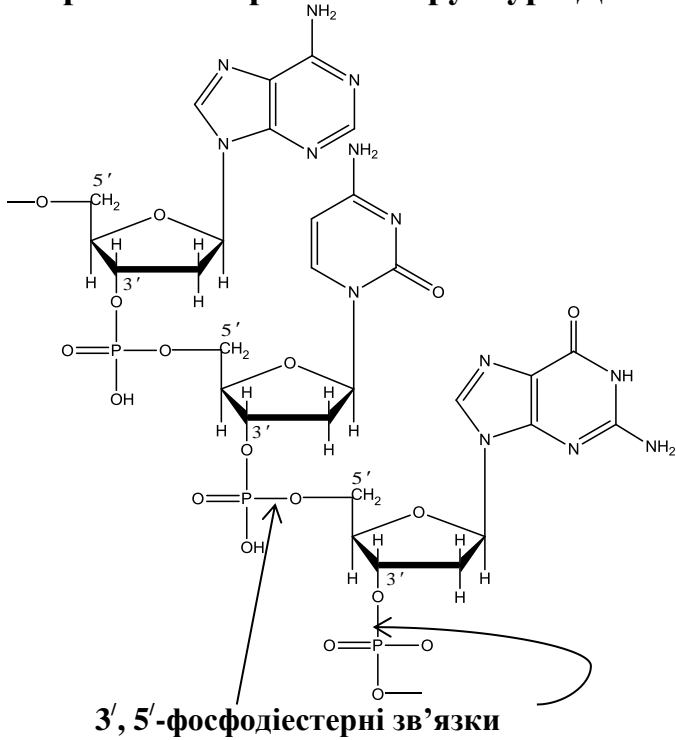
Флавін + В₂ = рибофлавін



**Фрагмент ФАД
(окиснена форма)**

**Фрагмент ФАД·Н₂
(відновлена форма)**

Фрагмент первинної структури ДНК



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Братцева И. А., Гончаров В. И., Боорганическая химия. Учебное пособие. – Ставрополь. Изд.: СГМФ, 2010 г., 196с.
- 2 Органічна хімія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л.Д. Бобрівник, В.М. Руденко, Г. О. Лезенко. –К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. -544с.
- 3 Органічна хімія: Підручник для вищих фармацевтичних закладів освіти. УЗ кн., В. П. Черних, Б.С. Зименковський, І.С. Гриценко. Кн.3. Гетероциклічні та природні сполуки.- Х.: Основа, 1997 – 256с.
- 4 Органическая химия: Учеб. Для вузов: в 2кн. / В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина; Под ред Н.А. Тюкавкиной. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2003. – Кн. 1: Основной курс. – 640с.
- 5 Толмачова В.С., Ковтун О.М., Корнілов М.Ю., Гордієнко О.В., Василенко С.В. Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук: Навчально-методичний посібник для вчителів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів.- Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2008. – 176с.