



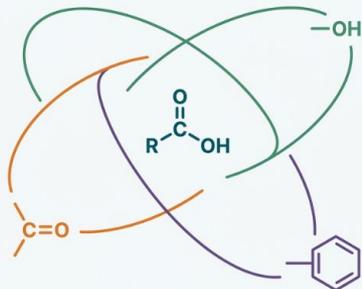
НАЦІОНАЛЬНИЙ
МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ



Навчальний посібник

Біоорганічна хімія:

основні терміни та поняття



Київ 2025

Зміст

- Розділ 1 Біоорганічна та медична хімія як наука. Хімічний склад організму людини. Органогени.
- Розділ 2. Явище гібридизації. Природа хімічного зв'язку в біомолекулах.
- Розділ 3. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук.
- Розділ 4. Будова, класифікація та властивості вуглеводнів як передумова вивчення біоорганічних сполук.
- Розділ 5. Типи хімічних реакцій. Реакційна здатність біомолекул.
- Розділ 6. Водні розчини електролітів та неелектролітів. Кислотно-основна рівновага та pH біологічних рідин. Буферні системи.
- Розділ 7. Будова, класифікація та властивості спиртів, фенолів та оксисполук (альдегідів, кетонів).
- Розділ 8. Будова, класифікація та властивості карбонових кислот.
- Розділ 9. Будова та властивості функціональних похідних карбонових кислот (гідрокси- окси-, фенолоксилот).
- Розділ 10. Будова, властивості та біологічне значення вищих жирних кислот та триацилгліцеролів.
- Розділ 11. Будова, властивості та біологічне значення фосфоліпідів і сфінголіпідів. Біологічно важливі стероїди.
- Розділ 12. Класифікація, номенклатура, будова та властивості амінокислот організму людини. Утворення пептидів.
- Розділ 13. Структурна організація та фізико-хімічні властивості протеїнів. Роль протеїнів в організмі людини.
- Розділ 14. Класифікація вуглеводів. Моносахариди: будова, хімічні властивості та біологічне значення.
- Розділ 15. Будова, властивості та біологічне значення ди- та полісахаридів.
- Розділ 16. Будова гетероциклічних сполук та їх біологічне значення для організму людини.
- Розділ 17. Нуклеозиди, нуклеотиди, нуклеїнові кислоти – будова та біологічні функції.



ВСТУП

Сучасна медицина та лабораторна діагностика базуються на глибокому розумінні процесів, що відбуваються на молекулярному рівні. Дисципліна «Біоорганічна хімія» є фундаментальною базою для вивчення біохімії, фізіології, фармакології та клінічної лабораторної діагностики. Саме хімічні властивості біомолекул визначають функціонування клітин, механізми розвитку патологій та принципи дії лікарських засобів.

Цей посібник розроблено з метою систематизації знань про будову, реакційну здатність та біологічне значення органічних сполук, що входять до складу організму людини. Особливу увагу приділено зв'язку між хімічною структурою молекул та їхньою біологічною функцією, що є критично важливим для майбутніх фахівців з лабораторної діагностики та інших медичних спеціальностей.

Видання розроблено відповідно до освітньо-професійної програми «Лабораторна діагностика» зі спеціальності І6 «Технології медичної діагностики та лікування». Також посібник рекомендовано для здобувачів вищої освіти за спеціальностями: І1 «Стоматологія», І2 «Медицина», І3 «Педіатрія», І4 «Медична психологія», І5 «Медсестринство», І7 «Терапія та реабілітація», І9 «Громадське здоров'я».

Кожен розділ посібника спрямований на формування у здобувачів вищої освіти цілісної картини хімічних реакцій, що є підґрунтям для подальшого опанування клінічних дисциплін. Розуміння принципів, викладених у посібнику, дозволить майбутнім медикам професійно інтерпретувати результати лабораторних досліджень та розуміти молекулярні механізми життєдіяльності організму.

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Протокол 8 від 29 січня 2026 р.

Розглянуто та схвалено до друку на засідання Циклової методичної комісії з природничих дисциплін Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Протокол 4 від 28 січня 2026 р.

Розглянуто та схвалено до друку на навчально-методичному засіданні кафедри медичної біохімії та молекулярної біології Навчально-наукового інституту медицини Національного медичного університету імені О.О.Богомольця. Протокол №13 від 05 січня 2026 р.

Колектив авторів:

Яніцька Л.В. - зав. кафедри медичної біохімії та молекулярної біології, к.біол.н., доцентка;

Прадій Т.П. - ст. викладачка кафедри медичної біохімії та молекулярної біології;

Малишевська Г.І. - ст. викладачка кафедри медичної біохімії та молекулярної біології, к.хім.н.;

Єжель І.М. - ст. викладачка кафедри медичної біохімії та молекулярної біології, к.біол.н.;

Рецензенти:

Прибора Н.А. - доцентка кафедри хімії Українського державного університету імені Михайла Драгоманова, к.пед.н, доцентка;

Зайцева Г.М. - завідувачка кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії НМУ імені О.О. Богомольця, к.хім.н, доцентка.

Розділ 1 Біоорганічна та медична хімія як наука. Хімічний склад організму людини. Органогени.

Біоорганічна хімія

Наука, яка вивчає хімічну структуру і властивості органічних сполук Карбону, що входять до складу живих організмів, і є основою будови і функції живих клітин. Біоорганічна хімія розглядає закономірності будови і реакцій основних класів сполук Карбону у зв'язку з їх біологічними функціями та впливом на процеси, що відбуваються в біологічних системах.

Органогени (біоелементи)

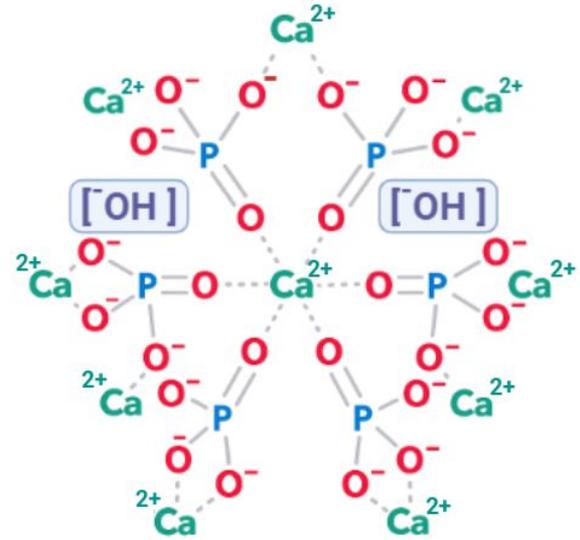
Хімічні елементи, що входять до складу біомолекул. до них належать С, О, Н, N, P, S. В живих організмах ці елементи складають 99% елементного складу.

Макроелементи

Елементи, вміст яких перевищує 0,001 % від маси тіла. Представники макроелементів: Кальцій, Калій, Натрій, Магній, Ферум та інші.

Мікроелементи

Елементи, вміст яких менше 0,001 % від маси тіла. Представники мікроелементів: Бор, Купрум, Цинк, Кобальт, Нікель та інші.



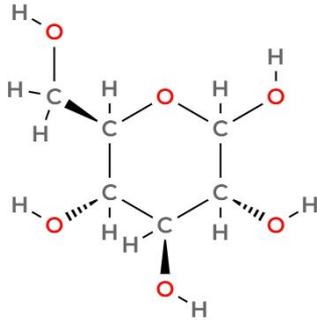
Гідроксиапатит - сполука, що забезпечує міцність кісток, містить **органогени С, О, Н, Р** та **макроелемент Са**

Біомолекули

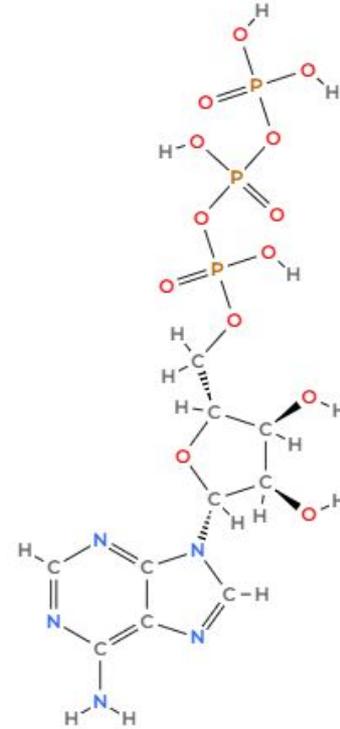
Біоорганічні сполуки, що входять до складу живих організмів, спеціалізовані для утворення клітинних структур та участі в біохімічних реакціях, які становлять суть обміну речовин та фізіологічних функцій живих клітин.

Функції біомолекул

1. Участь у реакціях обміну
2. Участь у реакціях катаболізму
3. Участь у реакціях анаболізму
4. Участь у регуляції процесів



Глюкоза - біомолекула, яка забезпечує організм енергією



Аденозин трифосфат (АТФ) - біомолекула, яка акумулює запаси енергії

Розділ 2. Явище гібридизації. Природа хімічного зв'язку в біомолекулах.

Атом

Електронейтральна частинка речовини, яка складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів, що рухаються навколо ядра.

Порядковий номер елемента відповідає кількості електронів та протонів.

Електрон

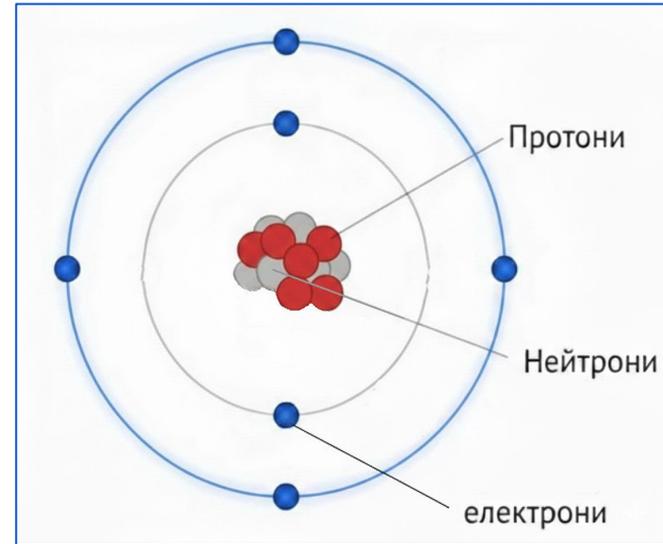
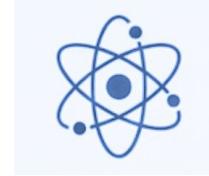
Негативно заряджена субатомна частинка, яка виявляється за межами атомного ядра. Електрон має масу, що приблизно дорівнює $1/1835$ маси протона.

Електронна конфігурація

Конкретний розподіл електронів на орбіталях.

Йони

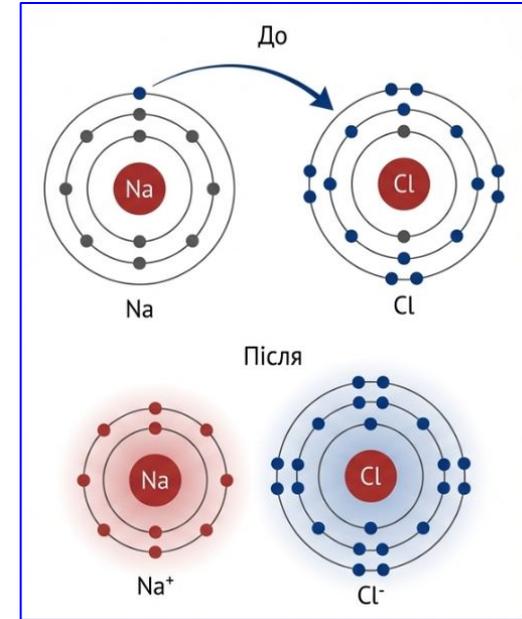
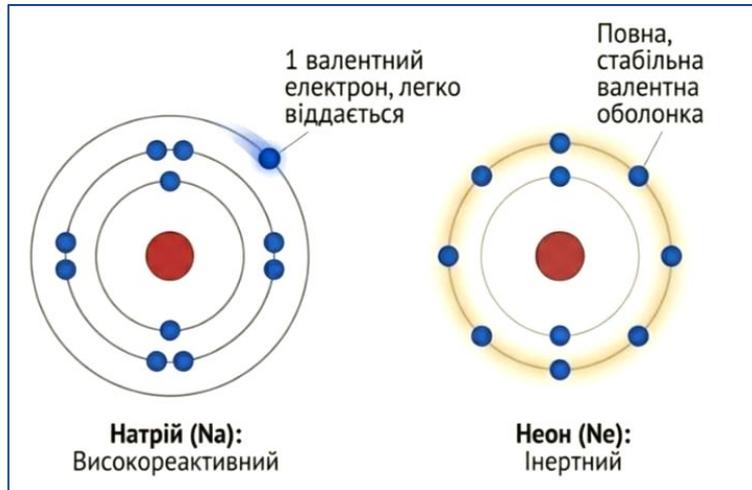
Електрично заряджені атоми або групи атомів. Йони мають позитивний або негативний заряд залежно від того, переважають в них протони над сумарною кількістю електронів (позитивні йони: K^+ , NH_4^+), чи електронів більше за протони (негативні йони: Cl^- , OH^-).



Атом

Хімічний зв'язок — це наслідок взаємодії електронів і ядер атомів, що призводить до зменшення енергії системи.

Найсильнішими є електронні оболонки, у яких усі електрони спарені.



Йонний зв'язок утворюється у разі повного перенесення електронів до більш електронегативного атома, який стає в результаті цього негативним іоном — аніоном із зарядом, що дорівнює кількості перенесених електронів. Менш електронегативний атом втрачає відповідну кількість електронів і стає позитивним іоном — катіоном.

Аніон

Негативно заряджений іон (OH^- , SO_4^{2-}). В електричному полі аніон переміщується до позитивного електроду – анода.



Катіон

Позитивно заряджений йон (NH_4^+ , H^+ , Na^+). В електричному полі катіон переміщується до негативного електроду – катоду.



Структурна формула

Формула, що відображає не лише якісний і кількісний склад молекули, а й порядок сполучення атомів у ній.



Гібридизація

Взаємодія (змішування) різних за типом, але близьких за енергією атомних орбіталей одного атома з утворенням гібридних орбіталей однакової форми й енергії.



п-зв'язок

Ковалентний зв'язок, в якому електронна густина зосереджена вище чи нижче від лінії, яка з'єднує сполучені атоми. Утворюється завдяки перекриванню негібридизованих орбіталей.

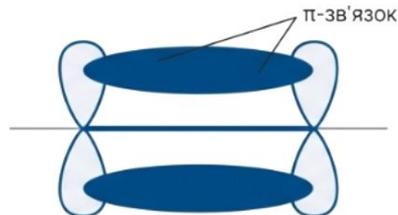
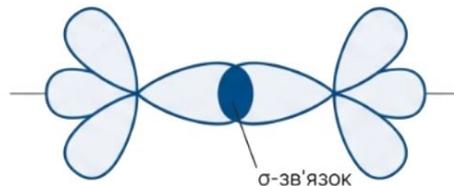
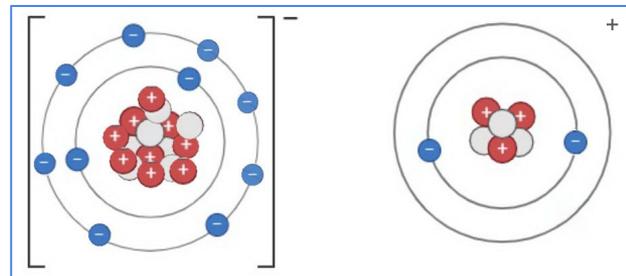


σ-зв'язок

Ковалентний зв'язок, у якому електронна густина зосереджена вздовж між'ядерної осі. Утворюється за рахунок перекривання гібридизованих атомних орбіталей.

Аніон

Катіон



Ковалентний зв'язок

Хімічний зв'язок, що утворюється між двома атомами за рахунок спільної пари електронів, що обертаються у полі ядер обох атомів. *Існує два механізми утворення ковалентного зв'язку: обмінний і донорно-акцепторний.*

Обмінний механізм

Електрони залишаються на атомних орбіталях, але отримують можливість частину часу проводити біля іншого атома (одного або кількох).

Донорно-акцепторний механізм

Ковалентний зв'язок, який утворюється за допомогою вільної орбіталі, яка належить одному атому і пари електронів, що належить іншому атому.

Акцептор

Атом (йон) або група атомів, що приймає електрони і утворює хімічний зв'язок за рахунок вільної орбіталі та неподіленої пари електронів донора.

Донор

Атом (йон) або група атомів, що надають неподілену електронну пару.

Одинарний зв'язок

Ковалентний зв'язок з утворенням однієї спільної електронної пари.

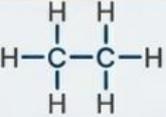
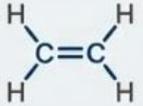
Подвійний зв'язок

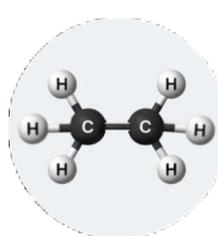
Ковалентний зв'язок, в якому беруть участь дві електронні пари.

Потрійний зв'язок

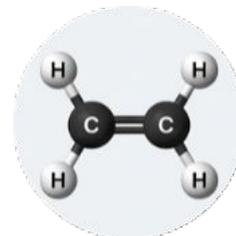
Ковалентний зв'язок, в якому беруть участь три електронні пари

Типи зв'язку

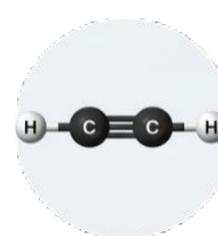
Одинарний	Один σ -зв'язок	
Подвійний	Один σ -зв'язок + один π -зв'язок	
Потрійний	Один σ -зв'язок + два π -зв'язки	



Етан

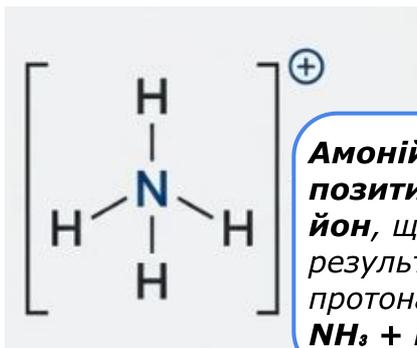
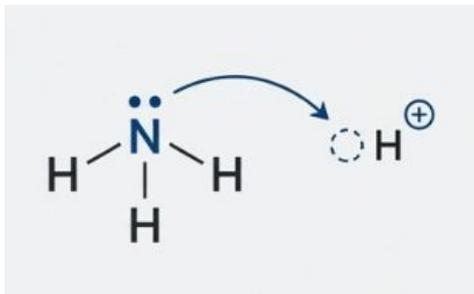


Етен

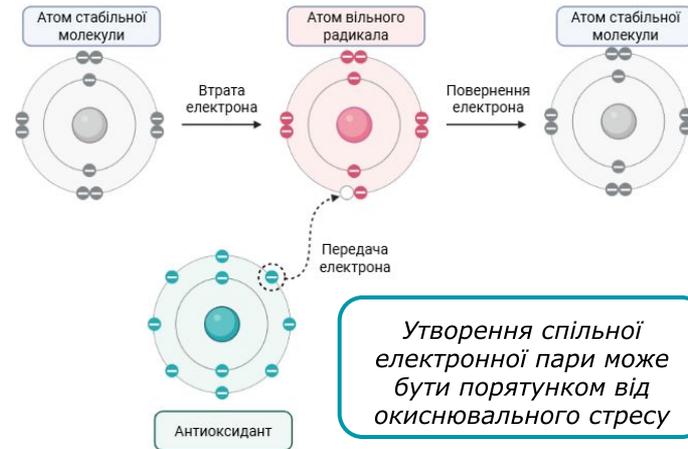


Етин

Донорно-акцепторний механізм



Амоній (NH_4^+) — це **позитивно заряджений йон**, що утворюється в результаті приєднання протона до амоніаку:
 $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$

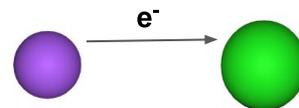


Утворення спільної електронної пари може бути порятунком від окиснювального стресу

Електрон (e^-) - частинка атома, що має негативний заряд.

NaCl — натрій хлорид, більш відомий як кухонна сіль. Це йонна сполука, що складається з йонів натрію (Na^+) та хлорид-аніонів (Cl^-) у співвідношенні 1:1.

Йонний зв'язок



Водневий зв'язок

Утворюються між електронегативним атомом (Оксигену, Нітрогену, Флуору) і атомом Гідрогену ковалентно сполученим з іншим електронегативним атомом у тій самій або іншій молекулі. Водневі зв'язки неміцні.

Дисульфідний зв'язок

Різновид ковалентного зв'язку. Виникає внаслідок взаємодії двох сульфгідрильних (тіольних) груп, наприклад, залишків цистеїну, кожен з яких має вільну -SH групу. Відіграє значення у формуванні гормону інсулін, який має три дисульфідні зв'язки.

Полярний ковалентний зв'язок

Різновид ковалентного зв'язку, в якому електрони усупільнені нерівномірно.

Йонний зв'язок

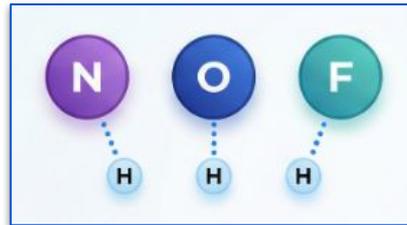
Йонним називається зв'язок, що виникає внаслідок електростатичного притягання різнойменно заряджених частинок. Катіони – позитивно заряджені йони. Аніони – негативно заряджені йони

Гідрофобна взаємодія

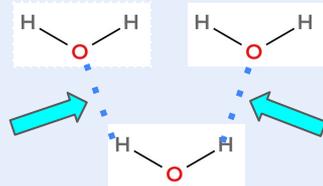
Взаємодія між залишками амінокислот за рахунок їх зближення завдяки відштовхуванню їх від молекул води.

Водневий зв'язок

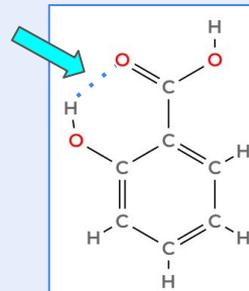
виникає між атомом Гідрогену та іншим електронегативним атомом



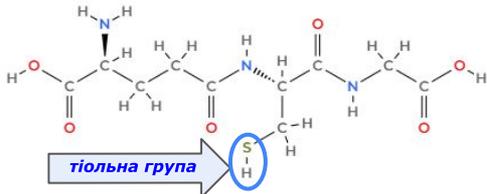
міжмолекулярні



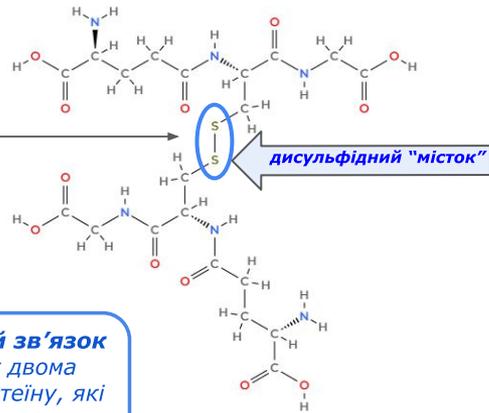
внутрішньомолекулярні



Дисульфідний зв'язок



Глутатіон - потужний антиоксидант завдяки здатності віддавати Гідроген з тіольної групи -SH цистеїну, який входить до його складу



Дисульфідний зв'язок виникає між двома залишками цистеїну, які входять до складу молекул глутатіону

Ковалентний зв'язок

неполярний

у **простих** речовинах між **однаковими** хімічними елементами



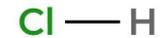
водень



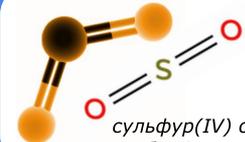
кисень

полярний

у **складних** речовинах між **різними** хімічними елементами



хлоридна, або соляна, кислота



сульфур(IV) оксид, або сірчистий газ

Розділ 3. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук

Ізомери

Органічні сполуки, молекули яких мають однаковий загальний атомний склад, але різну хімічну або просторову структуру.

Структурна ізомерія

Перебування органічних сполук, що мають однаковий якісний і кількісний склад, в різних молекулярних формах, які відрізняються між собою порядком сполучення атомів в молекулі і, як наслідок цього, різними фізичними та хімічними властивостями.

Різновиди структурної ізомерії

1. Ізомерія карбонового скелету.
2. Ізомерія положення функціональних груп.
3. Ізомерія положення кратних зв'язків.

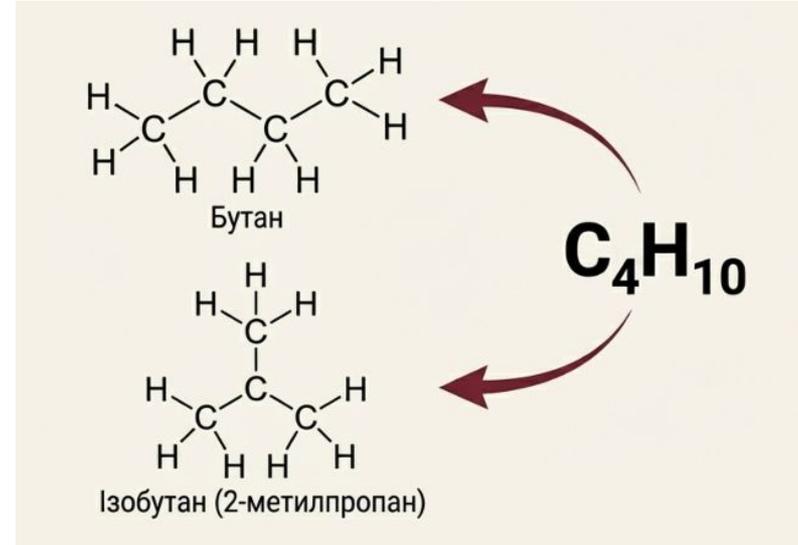
Стереοізомери

Сполуки, що мають однакові формули та однакову напрямленість зв'язків, але відрізняються одна від одної просторовим розташуванням атомів.

Оптичні ізомери

Стереοізомери, що є несумісним дзеркальним відображенням один одного

Ізомерія карбонового скелету



Бутан та **ізобутан** є ізомерами, оскільки вони мають однакову молекулярну формулу C_4H_{10} , але їхні структурні формули відображають відмінності в розташуванні атомів

Конфігураційні ізомери

Молекули, які відрізняються одна від одної різним просторовим розміщенням атомів та атомних груп (енантіомери, діастереоізомери). Такі ізомери часто називають оптичними, оскільки їх розчини обертають площину поляризації плоскополяризованого світла, яке пропускають крізь них, у різні боки відносно напрямку обертання годинникової стрілки.

Хіральна молекула

Молекула, несумісна із своїм дзеркальним відображенням

Діастереоізомери

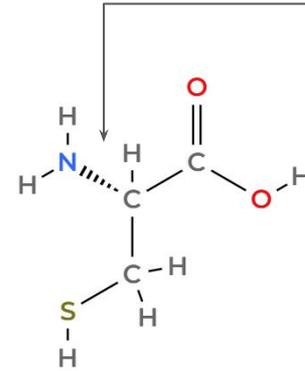
Просторові ізомери, які відрізняються конфігурацією частини розміщених в них хіральних елементів і не є дзеркальним відображенням один одного.

Енантіомери

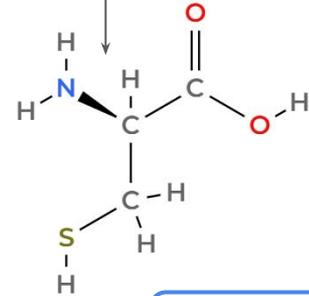
Дві молекули хіральної речовини, що є взаємними дзеркальними відображеннями, які неможливо повністю сумістити одна з одною.

Рацемічна суміш

Суміш еквімолярних кількостей органічних сполук, що є енантіомерами; рацемат не має оптичної активності (наприклад, L і D-амінокислот)



L-цистеїн



D-цистеїн

Геометричні ізомери

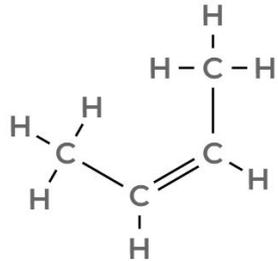
Сполуки, які мають однакові молекулярні формули і функціональні групи, але різняться геометричним розташуванням атомів. Наприклад, *цис*- і *транс*- бут-2-ен.

Кето-енольна таутомерія

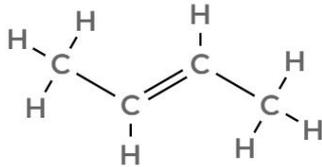
Існування однієї сполуки в двох формах: оксо- та енольній. Наприклад, піруват, ацетоацетат.

Конфігурації

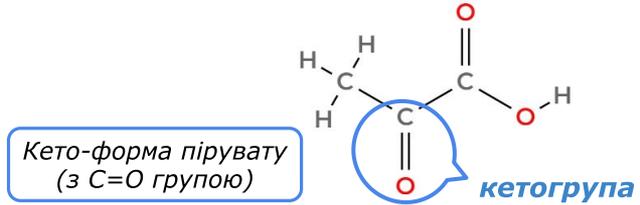
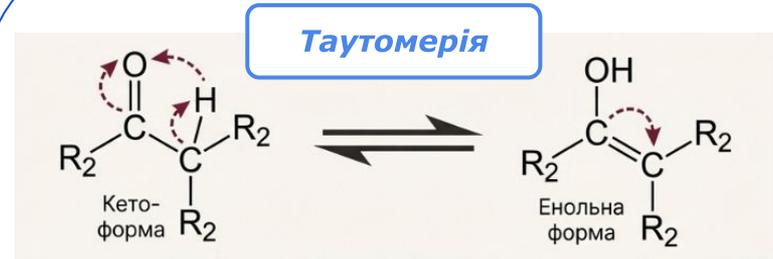
Просторове розміщення атомів або атомних угруповань у молекулі. Наприклад, вторинна структура протеїнів це α -спіраль або β -складчастий лист.



Цис-бут-2-ен



Транс-бут-2-ен



Таутомери **пірувату** $C_3H_4O_3$ мають однакову кількість атомів, але різне поєднання цих атомів. Це дає їм можливість утворити дві форми сполуки.

Розділ 4. Будова, класифікація та властивості вуглеводнів як передумова вивчення біоорганічних сполук

Вуглеводень

Сполука Карбону (вуглецю) з Гідрогеном (воднем). Заміщені вуглеводні можуть містити характеристичні (функціональні) групи, в які крім Карбону і Гідрогену входять атоми інших елементів.

Ациклічні сполуки

Органічні сполуки, в яких атоми, що беруть участь у структурі, утворюють ланцюги і не містять кілець.

Карбоциклічні сполуки

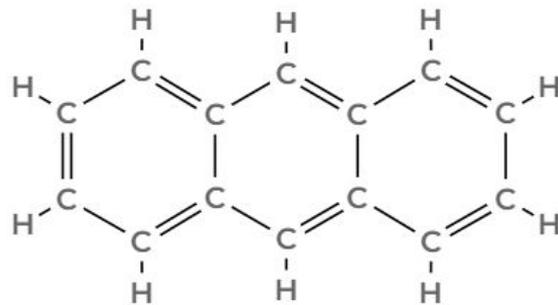
Циклічні органічні сполуки побудовані лише з атомів Карбону.

Аліциклічні сполуки

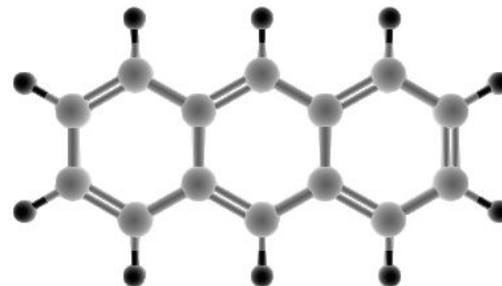
Органічні сполуки, в молекулах яких є циклічні неароматичні системи з атомів Карбону. Разом з ароматичними сполуками відносять до карбоциклічних сполук

Ароматичні сполуки

Сполуки, молекули яких мають плоский замкнутий цикл та єдину спряжену p -електронну систему, що охоплює всі атоми циклу і містить $(4n+2)$ p -електронів (правило Хюккеля), n -ряд цілих чисел (1,2,3...)



Молекула **антрацену** складається з трьох бензольних кілець, з'єднаних між собою (конденсованих ядер)



Гетероциклічні сполуки

Циклічні сполуки та їх похідні, до складу циклів яких крім атомів Карбону входять один або кілька гетероатомів (Нітроген, Оксиген, Сульфур)

Алкани

Сполуки Карбону і Гідрогену, що містять лише прості Карбон-Карбонові зв'язки.

Гомологічний ряд

Послідовний ряд молекул вуглеводнів або їх похідних, у якому молекули відрізняються на одну чи декілька груп $-CH_2$. Члени одного гомологічного ряду описуються однією загальною формулою. Наприклад, насичені одноатомні спирти мають загальну формулу $C_nH_{2n+1}OH$.

Циклоалкани

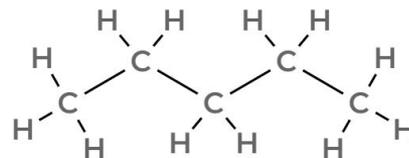
Насичені вуглеводні із загальною формулою C_nH_{2n} , у молекулах яких ланцюг атомів Карбону утворює замкнене кільце (цикл).

Алкени

Вуглеводні, що містять один подвійний Карбон-Карбоновий зв'язок.

Алкіни

Вуглеводні, що містять один потрійний Карбон-Карбоновий зв'язок.

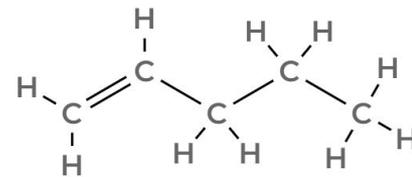


Алкан

Пентан C_5H_{12}

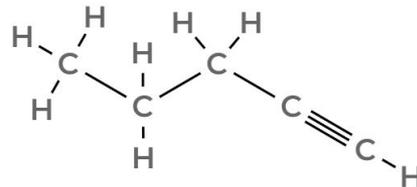
Алкен

Пентен C_5H_{10}



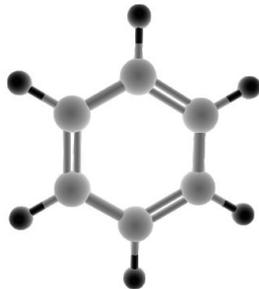
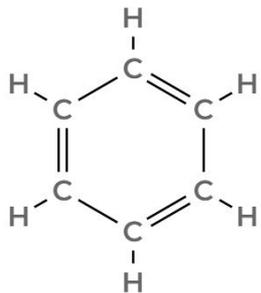
Алкін

Пентин C_5H_8

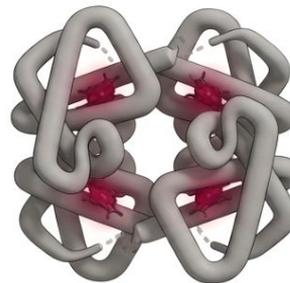
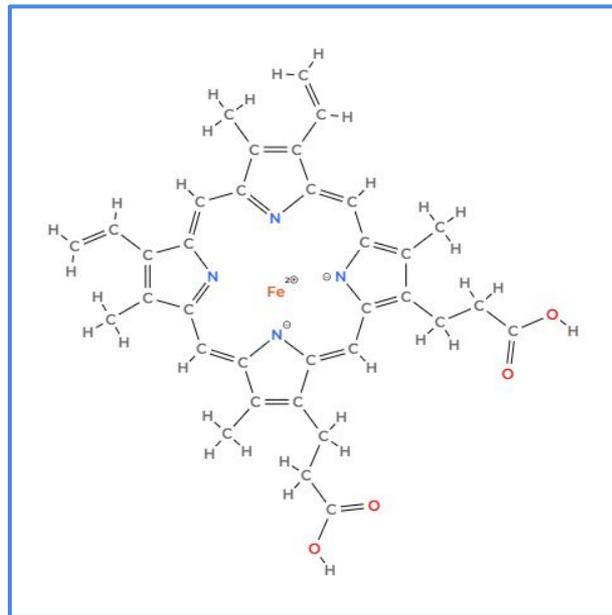


Ароматичні вуглеводні

Сполуки Карбону і Гідрогену, що містять плоскі циклічні структури з атомів Карбону, сполучених між собою одночасно п та δ зв'язками. Найпростішим представником є бензен.



Бензен (або бензол) є найпростішим представником ароматичних вуглеводнів



Молекула **гему** містить чотири пірольні гетероцикли, які оточують Fe²⁺

Номенклатура органічних сполук

Тривіальна

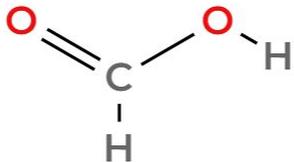
Перші назви, які давали органічним сполукам, найчастіше відображали способи добування речовин. Наприклад, мурашина кислота, деревний спирт.

Раціональна

При складанні назви речовини, враховують положення та кількість замісників. Наприклад, тетраметилметан

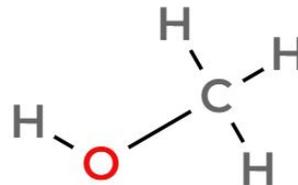
Систематична

Метою сучасної систематичної хімічної номенклатури є опис складу та, по можливості, будови речовин



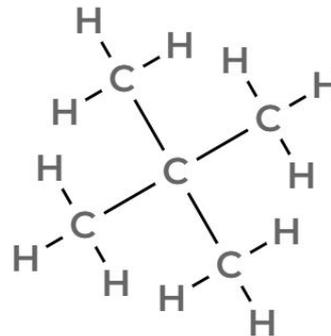
Тривіальна:
мурашина кислота

Систематична:
метанова кислота



Тривіальна:
деревний спирт

Систематична:
метанол



Тривіальна:
тетраметилметан,
неопентан

Систематична:
2,2-диметилпропан

Розділ 5. Типи хімічних реакцій. Реакційна здатність біомолекул

Реакційна здатність

Здатність органічних сполук вступати в різноманітні реакції.

Динамічна рівновага

Стан рівноваги, за якого протилежно напрямлені процеси відбуваються з однаковою швидкістю.

Механізм хімічної реакції

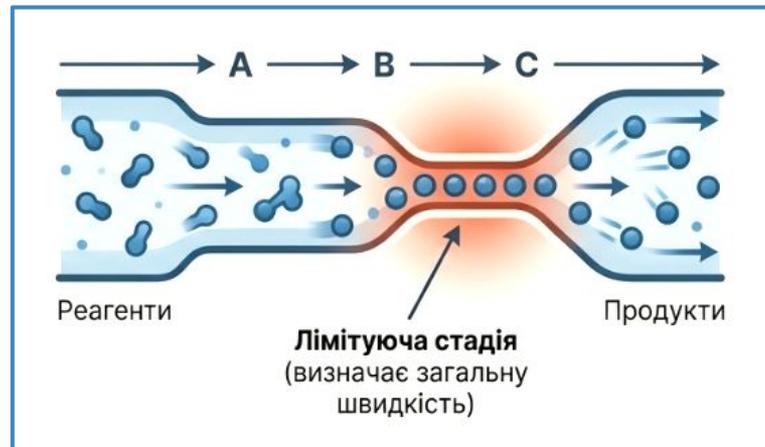
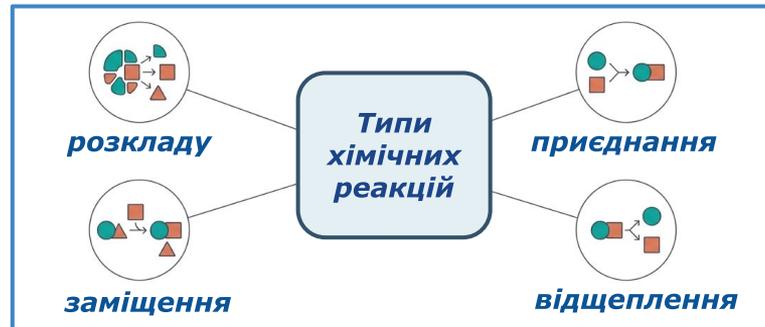
Детальна картина або модель перебігу реакції; іншими словами, це послідовність розриву і утворення зв'язків, а також змін у відносному розташуванні атомів під час перебігу реакції.

Елементарна реакція

Одностадійна мономолекулярна, бімолекулярна або тримолекулярна реакція. Багатостадійний механізм включає дві або кілька таких реакцій.

Лімітуюча стадія хімічної реакції

Найповільніша стадія реакції, що відбувається через ряд послідовних елементарних стадій від реагентів до продуктів реакції.



Швидкість хімічної реакції

Визначається за зменшенням концентрації будь-якого реагенту або за збільшенням концентрації будь-якого продукту реакції з часом. Її можна виразити як середню швидкість за деякий проміжок часу або як миттєву швидкість у певний момент часу.

Ензими (ферменти)

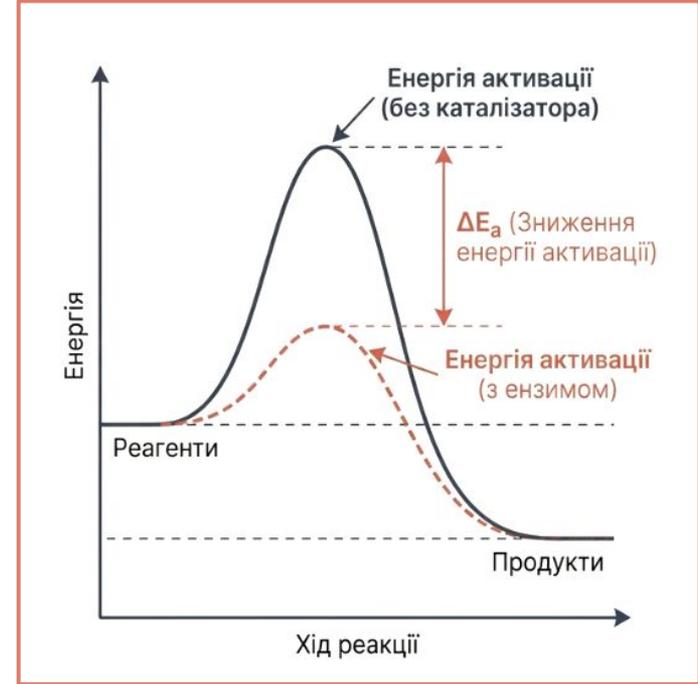
Біологічні каталізатори протеїнової природи, що забезпечують перебіг біохімічних реакцій, які складають обмін речовин (метаболізм). Залежно від типу реакції, що каталізується, розрізняють сім класів ензимів: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази, лігази, транслокази.

Каталітичні реакції

Реакції за участю каталізатора. Можуть бути гомогенні та гетерогенно-каталітичними. У першому випадку реагент і каталізатор утворюють гетерогенну систему без межі поділу, в другому – гетерогенну систему і відокремлені один від одного межею поділу.

Каталізатор

Речовина, яка підвищує швидкість хімічної реакції за рахунок зниження енергії активації, однак сама не зазнає кінцевого хімічного перетворення.



Завдяки **каталізатору** на здійснення реакції вдається витратити менше енергії

Характеристичні (функціональні) групи

Атоми або групи атомів некарбонového характеру, які є замісниками у вуглеводневому ланцюзі і визначають хімічні властивості класу органічних сполук.

Метаболіт

Біоорганічна молекула, що є проміжним учасником біохімічних реакцій перетворення біомолекул в організмі (обміну речовин, або метаболізму)

Приєднання

Реакція, в якій один з реагентів приєднується до атомів Карбону, що утворюють кратний Карбон-Карбонівий зв'язок у молекулах вуглеводнів.

Заміщення

Реакція, в якій атом або функціональна група молекули заміщується на інший атом або функціональну групу

Вільнорадикальні реакції

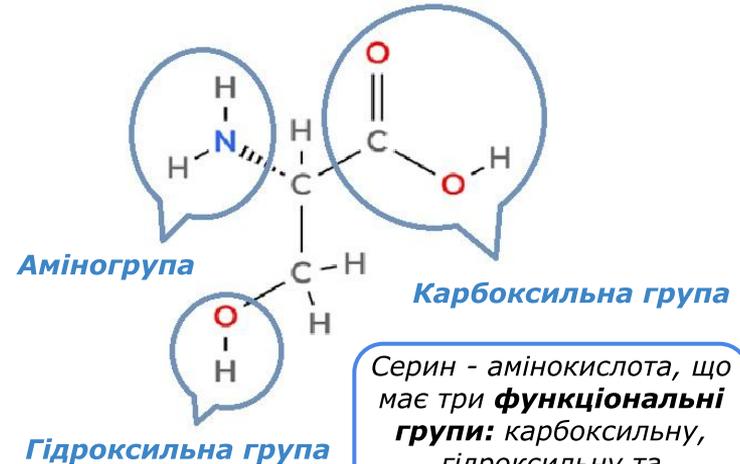
Клас хімічних реакцій, перебіг яких визначається участю в них вільних радикалів.

Відщеплення (елімування)

Реакція, в якій від органічної сполуки відщеплюється два атоми або група атомів.



Етанол належить до класу спиртів, оскільки має **гідроксильну групу -ОН.**



Серин - амінокислота, що має три **функціональні групи:** карбоксильну, гідроксильну та аміногрупу

Реакція розкладу

Поняття реакції розкладу є протилежним поняттю реакції сполучення. Реакції розкладу характерні для складних речовин.

Наприклад, за нагрівання двоосновні карбонові кислоти (оксалат, малонат) розкладаються на CO_2 та одноосновні кислоти.

Електрофільна частинка

Будь-яка хімічна частинка, здатна взаємодіяти з електронною парою (протон H^+ , NH_4^+)

Нуклеофільна частинка

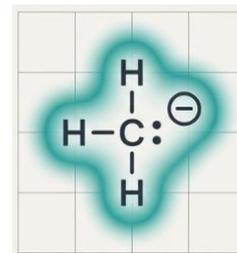
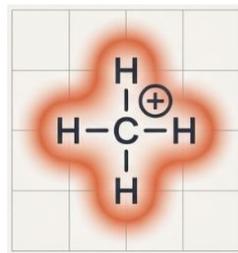
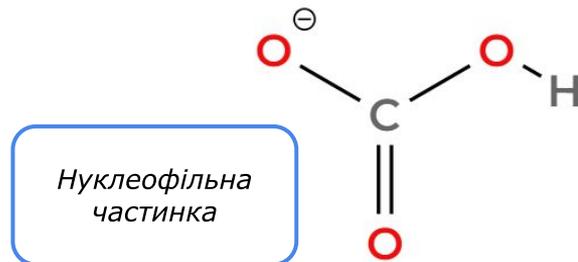
Будь-яка хімічна частинка, яка є негативно зарядженою (OH^- , HCO_3^-).

Карбокатиони та карбаніони

Органічні йони з переважною локалізацією позитивного або негативного заряду на атомі Карбону. Утворюються як проміжні сполуки в багатьох реакціях біоорганічної хімії.

Вільний радикал

Електронейтральна частинка, з вільними (неспареними) електронами на зовнішніх атомних чи молекулярних орбіталях, що здатна до самостійного існування.



Розділ 6. Водні розчини електролітів та неелектролітів. Кисотно-основна рівновага та рН біологічних рідин. Буферні системи.

Розчини

Гомогенна система, що складається з двох чи більшої кількості компонентів та продуктів їх взаємодії.

Один із компонентів – розчинник, інші – розчинені речовини.

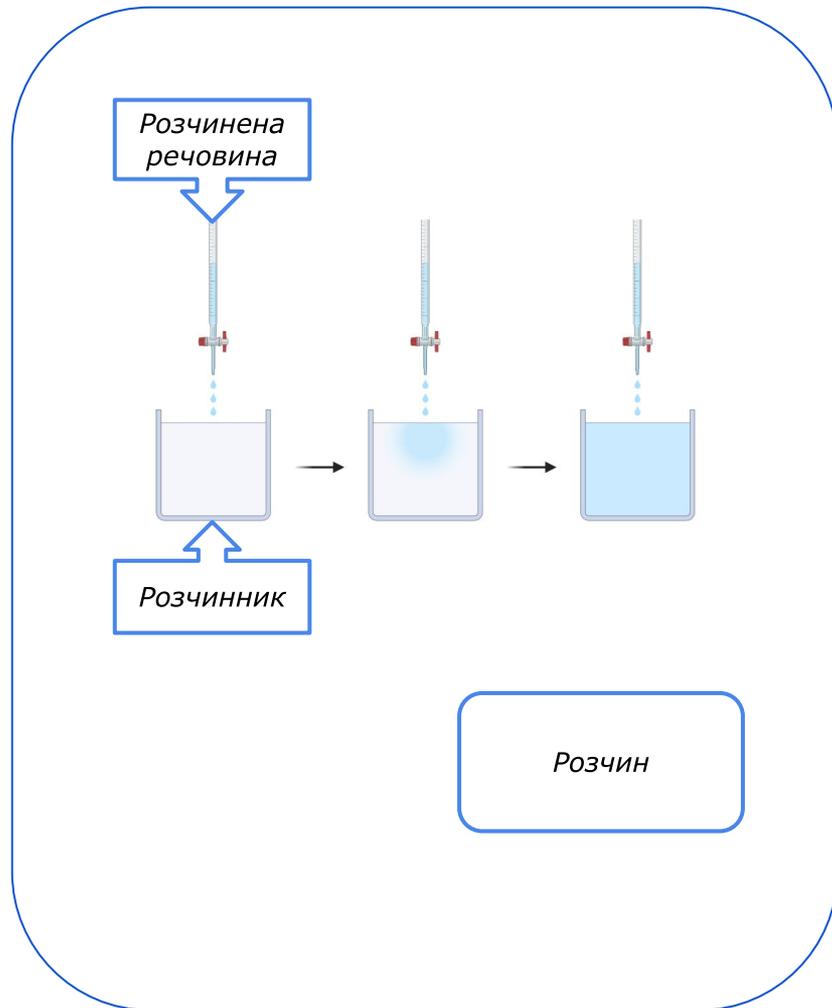
Розчинником вважають ту речовину, кількість якої переважає в системі. Співвідношення між ними можуть змінюватись.

Розчинена речовина

Речовина, яка розчиняється в розчиннику, якщо мова про водні розчини. Щодо електролітів в розчинах, то їх завжди розглядають як розчинені речовини незалежно від їх кількості. Наприклад, розчин містить 96% сульфатної кислоти та 4% води. такий розчин називають концентрованим розчином сульфатної кислоти у воді.

Класифікація розчинів за різними ознаками

- 1) агрегатний стан (рідкі, тверді, газоподібні)
- 2) типом розчинника (водні та неводні)
- 3) типом розчиненої речовини (розбавлені, концентровані)
- 4) насиченістю розчину розчиненої речовини (насичені, ненасичені та пересичені)



Насичений розчин

Розчин, який перебуває у рівновазі з речовиною, що розчиняється.

Ненасичений розчин

Розчин, у якому за певної температури дана речовина ще може розчинитися.

Концентрований розчин

Розчин, у якому переважає розчинена речовина.

Розбавлений розчин

Розчин, у якому переважає розчинник.

Кристалогідрати

Кристалічні речовини, які містять молекули води у кристалічних ґратках.

Вода, що входить до їх складу, називається кристалізаційною водою.

Наприклад, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

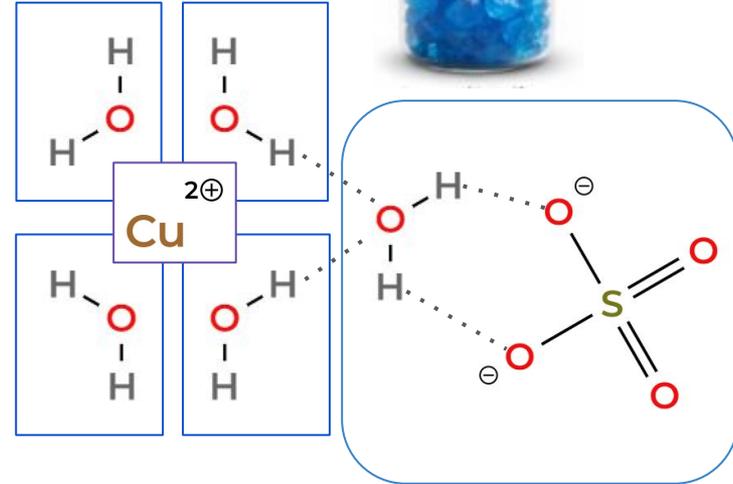
Гідратація

Процес приєднання речовиною молекул води. Продукти взаємодії мають назву гідрати.

Масова частка розчиненої речовини

Відношення маси розчиненої речовини до маси розчину.

Виражається у відсотках, позначається ω .



$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — купрум(II) сульфат пентагідрат, або мідний купорос, — блакитна кристалічна сіль, яка використовується для боротьби з грибковими захворюваннями рослин

Молярна концентрація розчиненої речовини

Відношення кількості розчиненої речовини до загального об'єму розчину. Позначається C , одиниці вимірювання моль/л.

Розчинність

Розчинність речовини — здатність речовини розчинитись у воді або будь якому іншому розчиннику.

Розчинність визначається масою речовини, яка може розчинитись у 100 г розчинника.

Якщо у 100 г води розчиняється менше за 0,001 г речовини, таку речовину називають нерозчинною (У «Таблиці розчинності» позначена літерою «н»);

Якщо розчинність речовини від 0,001 г до 1 г, таку речовину вважають малорозчинною.

Якщо розчинність речовини понад 1 г, таку речовину вважають розчинною («р»).

Буферні системи (розчини)

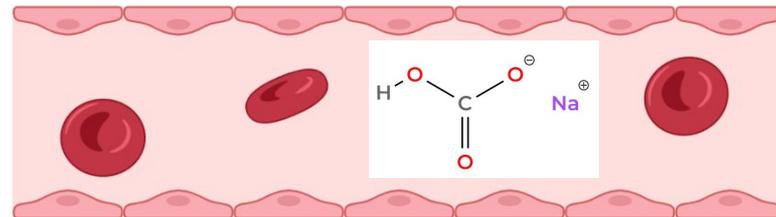
Називаються системи (розчини), що складаються зі слабкої кислоти/основи та її солі, рН яких практично не змінюється від додавання невеликої кількості сильних кислот або лугів, а також під час розбавлення.

Бікарбонатна (гідрогенкарбонатна)

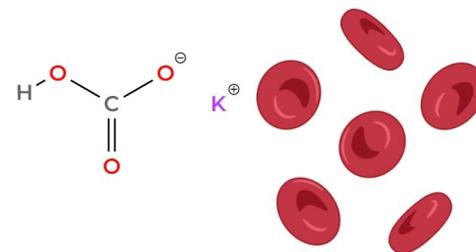
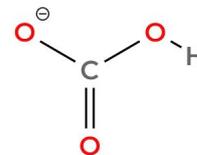
pH = 7,36

$\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO}_2$, HCO_3^- , на її частку припадає 10% всієї буферної ємності крові.

Складається з вільної карбонатної кислоти, що розчинена у плазмі та еритроцитах, та розчинених бікарбонатів – натрію в плазмі NaHCO_3 , калію в еритроцитах KHCO_3 .



Бікарбонатна
буферна система



Запас бікарбонатів отримав назву **лужного резерву крові** і є важливим компонентом буферної системи, оскільки запобігає зсувам рН крові та накопиченню кислих кінцевих метаболітів обміну, наприклад 10-кратного зростанню вмісту молочної кислоти за інтенсивної роботи м'язів.

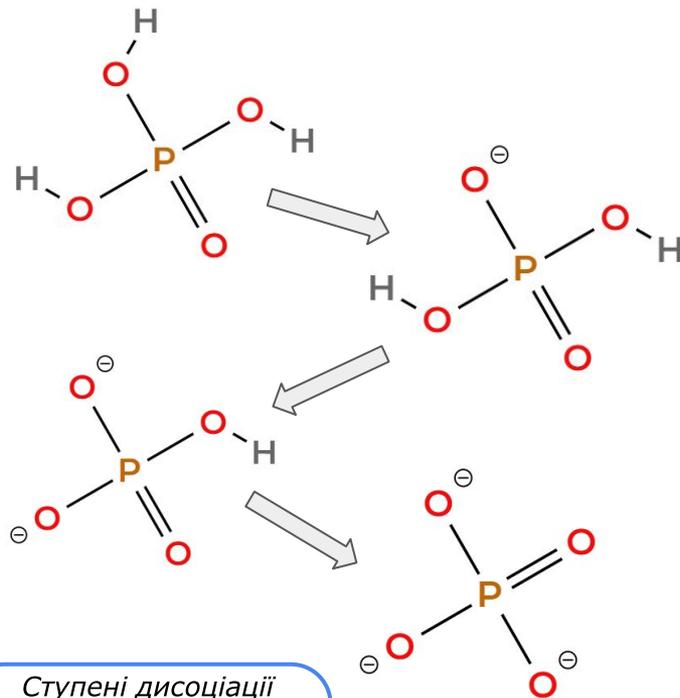
Фосфатна буферна система

рН 6,1-7,7

Складає лише 1% буферної ємності крові. Вміст фосфатів в крові незначний. Але в тканинах ця система є однією з основних, оскільки відіграє важливу роль у підтримці сталості рН внутрішньоклітинної рідини, що перебуває в межах 6,9-7,4.

Протеїнова буферна система

Її функціонування здійснюється завдяки наявності йоногенних залишків амінокислот. Оскільки протеїни плазми містять достатню кількість кислих та основних замісників, то буферні властивості в основному пов'язані зі вмістом в поліпептидних ланцюгах залишків амінокислот, які активно йонізуються, моноамінодикарбонових та діаміномонокарбонових. Буферні системи крові є основним фактором захисту внутрішнього середовища організму від зміни рН. Додаткові можливості забезпечують діяльність легень та нирок, які усувають з організму CO_2 , кислі та лужні продукти.

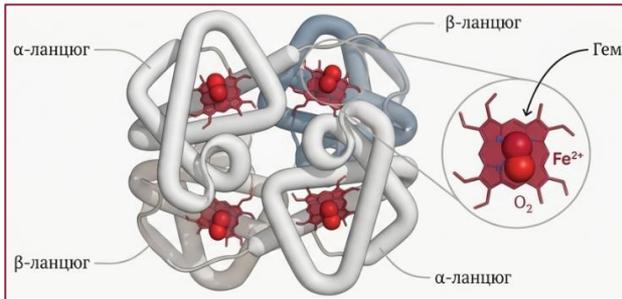
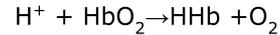
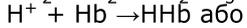


Ступені дисоціації ортофосфатної кислоти H_3PO_4 дають можливості для функціонування фосфатної буферної системи

Буферна система гемоглобіну

Найпотужніша серед інших буферних систем крові – в 9 разів сильніша, ніж бікарбонатний буфер, на її частку припадає 75% всієї буферної ємності крові.

Гемоглобінова буферна система складається з оксигемоглобіну (кислої та основної форми) і дезоксигемоглобіну (кислої і основної форми). У капілярах тканини підвищена концентрація йонів H^+ , викликана дифузією та гідратацією CO_2 , нейтралізується завдяки утворенню кислої форми дезоксигемоглобіну.

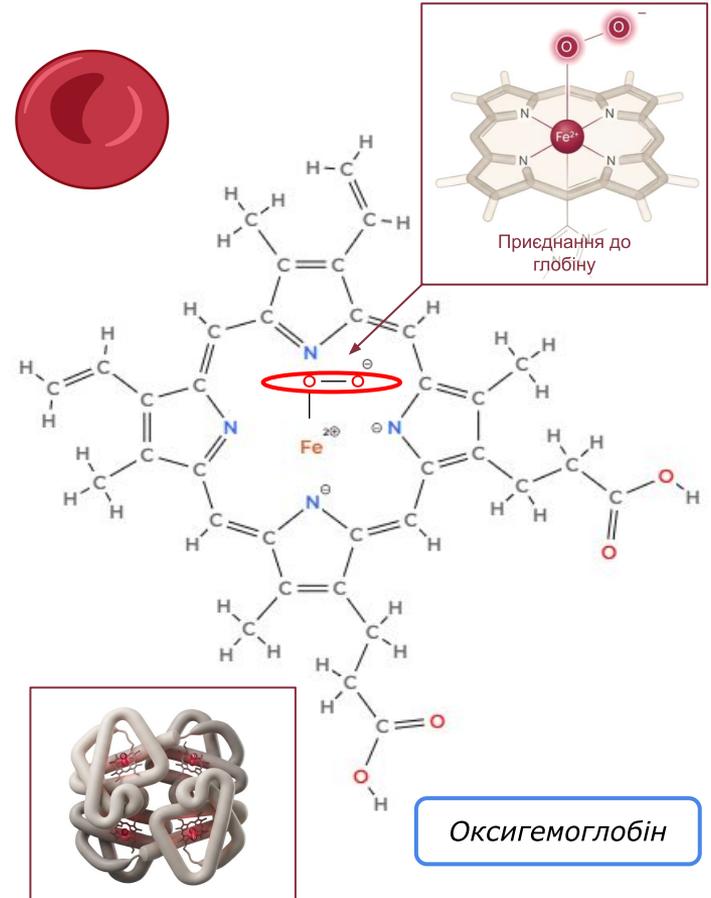


Алкалоз

Накопичення лужних сполук, рН крові росте. Межа верхнього рН сумісного з життям – рН=8.

Ацидоз

Накопичення в організмі кислих сполук, рН крові зменшується. При рН менше 6,8 настає смерть.



Розділ 7. Будова, класифікація та властивості спиртів, фенолів та оксосполук (альдегідів, кетонів).

Спирти

Продукти заміщення атома Гідрогену у вуглеводнях гідроксильною групою, мають загальну формулу R-OH; залежно від кількості гідроксильних груп розрізняють одноатомні та багатоатомні спирти. В біоорганічній хімії важливі спирти, що використовуються для утворення ліпідів: гліцерол, холестерол, сфінгозин. Спирти вступають в реакції електрофільного заміщення, відщеплення, окиснення.

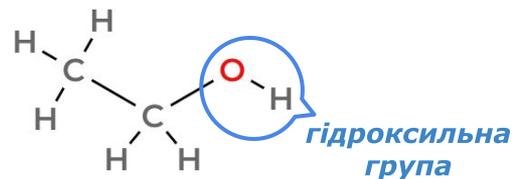
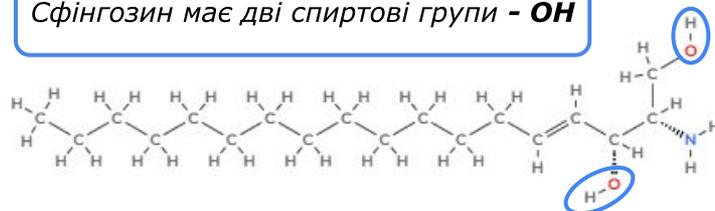
Феноли

Ароматичні сполуки, до складу молекул яких входить гідроксильна група, яка зв'язана з ароматичним ядром. Наприклад, фенол (бензенол), крезол, резорцин, пікринова кислота. Для фенолів характерні реакції електрофільного заміщення.

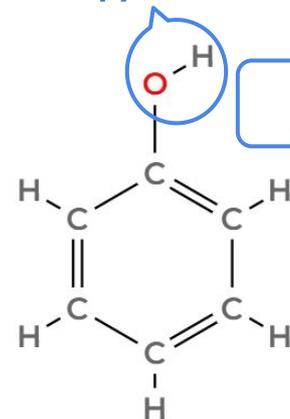
Етанол

Одноатомний спирт, молекулярна формула C_2H_5OH . Етанол для організму людини не є повною мірою "ксенобіотиком" — чужорідною речовиною. Ендогенний етанол утворюється в клітинах під час обміну вуглеводів або в травному каналі завдяки процесам бродіння. Етанол — це розчинник для багатьох органічних речовин; добре розчиняється у воді й жирах, тому є незамінним чинником метаболізму.

Сфінгозин має дві спиртові групи - OH



Етанол



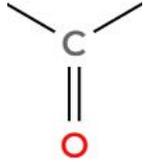
Фенол

Гліцерол

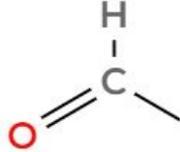
Багатоатомний спирт. Є структурним компонентом триацилгліцеролів (ТАГ) та гліцерофосфоліпідів, які беруть участь в побудові клітинних мембран.

Карбонільні сполуки (оксосполуки)

Похідні вуглеводнів, що мають характеристичну (функціональну) карбонільну (оксо-) групу $C=O$; поділяються на альдегіди, кетони.



Карбонільна (оксо-, або кето-) група



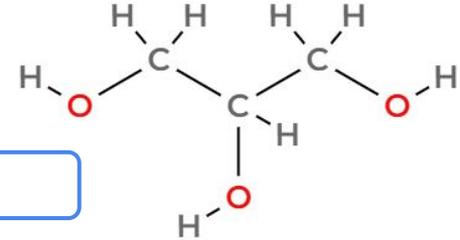
Альдегідна група

Ацетон

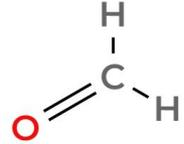
Представник кетонів, в незначній кількості утворюється з ацетоацетату. З організму виділяється легенями; значне збільшення вмісту ацетону у видихуваному повітрі спостерігається в умовах декомпенсованого цукрового діабету, довготривалого голодування, фізичного навантаження.

Формальдегід (метаналь, мурашиний альдегід)

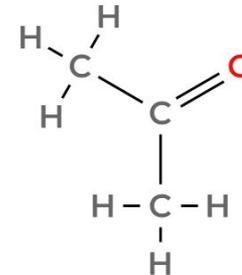
Представник альдегідів, утворює лінійний полімер параформ. водний розчин формальдегіду називають формаліном.



Гліцерол



Метаналь



Ацетон

Розділ 8. Будова, класифікація та властивості карбонових кислот.

Карбонові кислоти

Клас органічних речовин, похідні вуглеводнів, що має функціональну карбоксильну групу. Вступають в реакції нуклеофільного заміщення.

Одноосновні карбонові кислоти

Представники класу карбонових кислот, у складі яких одна карбоксильна група.

Наприклад, етанова кислота, бутанова.

Двохосновні карбонові кислоти

Представники класу карбонових кислот, у складі яких дві карбоксильні групи.

Наприклад, оксалат, малонат, сукцинат.

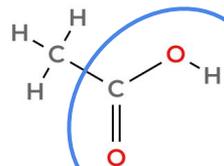
Трикарбонові кислоти

Представники класу карбонових кислот, у складі яких три карбоксильні групи.

Наприклад, цитратна (лимонна) кислота.

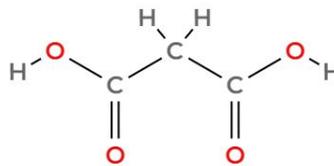
Цитратна (лимонна) кислота

Представник класу трикарбонових кислот, є інтермедіат ЦТК, транспортна форма Кальцію в плазмі крові.

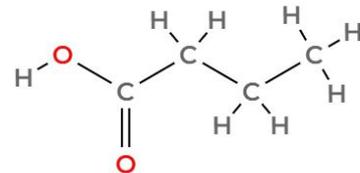


Ацетатна (етанова) кислота

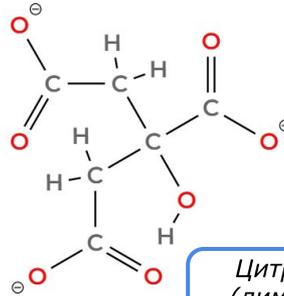
Карбоксильна група,
що надає кислотних властивостей



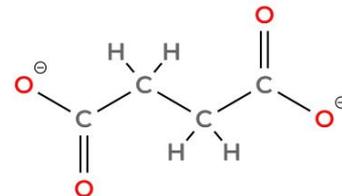
Малонова (пропандіова) кислота



Масляна (бутанова) кислота



Цитратна (лимонна) кислота



Сукцинатна (бурштинова) кислота

Реакція естерифікації

Взаємодія карбонових кислот зі спиртами. Продуктами естерифікації є естери.

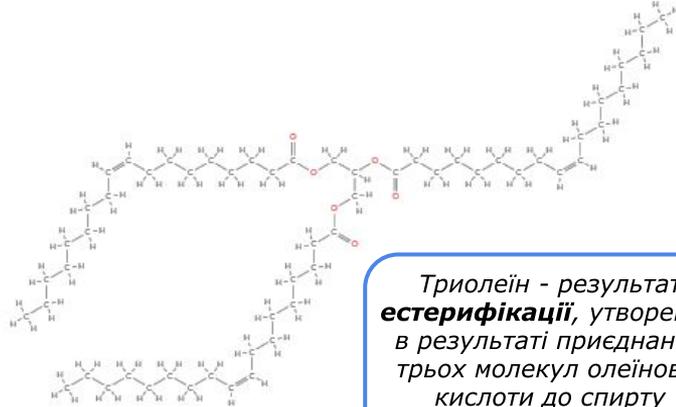
Прикладами естерів є нейтральні жири - ТАГ, етилетаноат.

Амідування

Взаємодія карбонових кислот з амоніаком. Наприклад: утворення глютаміну та аспарагіну, що є транспортними формами амоніаку в організмі людини.

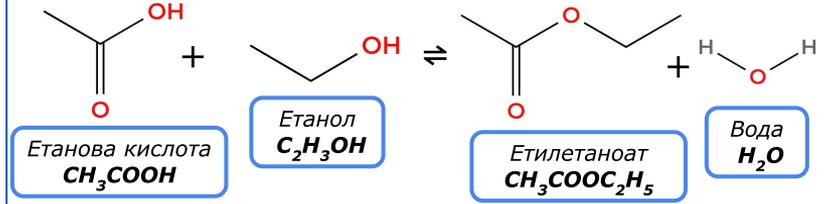
Галогенування

Реакція заміщення атомів Гідрогену атомами галогену. Наприклад: трихлороетанова (трихлорооцтова) кислота (використовується для осадження протеїнів).

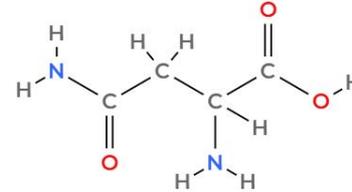


Триолеїн - результат естерифікації, утворений в результаті приєднання трьох молекул олеїнової кислоти до спирту гліцеролу

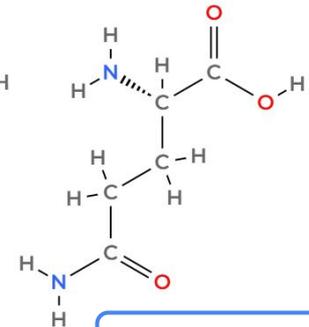
Утворення етилетаноату (етилацетату) відбувається шляхом реакції **естерифікації** між етановою (оцтовою) кислотою і етанолом



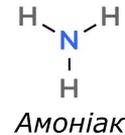
Транспортні форми амоніаку: аспарагін та глютамін



Аспарагін



Глютамін



Амоніак

Розділ 9. Будова та властивості функціональних похідних карбонових кислот (гідрокси, окси, фенолокислот).

Гетерофункціональні сполуки

Органічні речовини, в молекулах яких містяться різні функціональні групи: аміно-, гідрокси-, оксо-.

Аміноспирти

Похідні вуглеводнів, у яких атоми Гідрогену заміщені аміногрупою і спиртовим гідроксидом.

Етаноламін, холін

Аміноспирти, які є у складі фосфоліпідів.

Катехоламіни

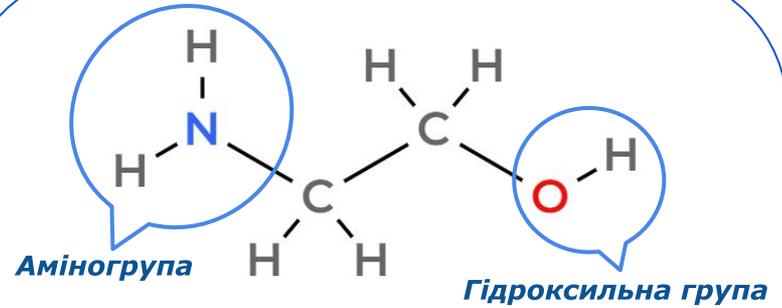
Дофамін, норадреналін, які є нейромедіаторами.

Гідроксикислоти

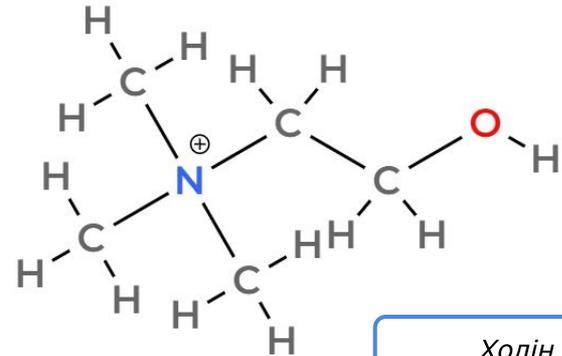
Похідні карбонових кислот, у складі яких крім карбоксильної групи присутня гідроксигрупа. Наприклад, яблучна кислота (малат)

Лактатна (молочна) кислота

2-гідроксипропанова кислота, кінцевий продукт анаеробного гліколізу.



Етаноламін



Холін

Кетокислоти

Похідні карбонових кислот, у складі яких крім карбоксильної групи присутня оксогрупа.

Кето-енольна таутомерія

Існування однієї сполуки в двох формах: оксо- та енольній.

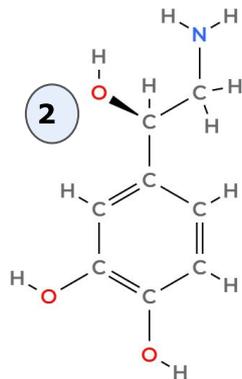
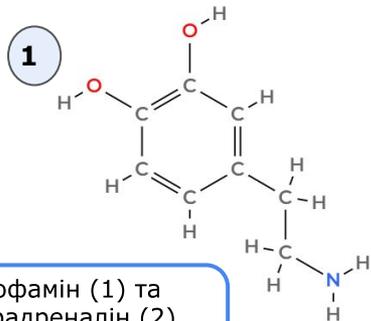
Наприклад, піруват, ацетоацетат.

Піровиноградна кислота

2-оксопропанова кислота, піруват. Є продуктом першого етапу аеробного окиснення глюкози.

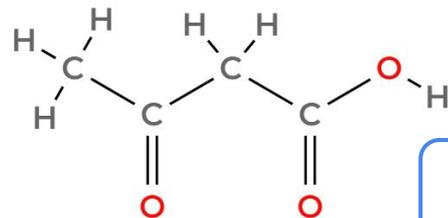
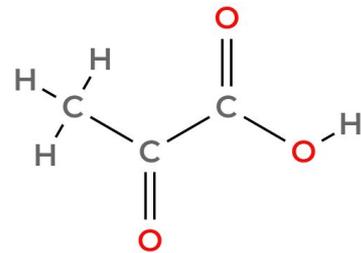
Оксалоацетат

Затравка циклу трикарбонових кислот.



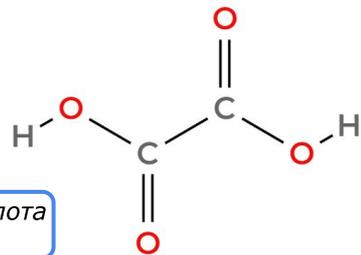
Дофамін (1) та норадреналін (2) належать до групи **катехоламінів**

Піровиноградна кислота (піруват)



Ацетооцтова кислота (ацетоацетат)

Щавлевооцтова кислота (оксалоацетат)



Кетоніві тіла

Молекули альтернативного метаболічного палива, що утворюються під час тривалого голодування, фізичного навантаження, цукрового діабету 1 типу; синтезується з Ацетил-КоА.

Ацетоацетат

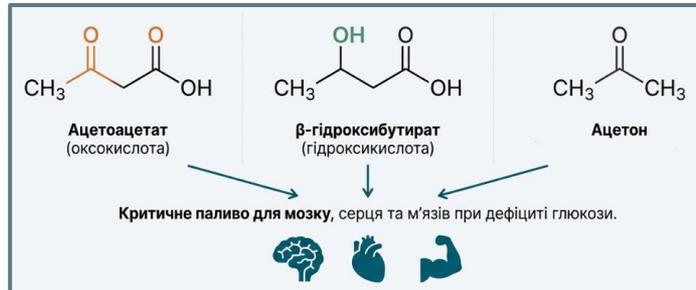
Представник кетонівих тіл, утилізується в головному мозку, міокарді, м'язах.

β -гідроксибутират

Представник кетонівих тіл утворюється з ацетоацетату під дією НАД-залежної дегідрогенази.

Ацетон

Представник кетонівих тіл, в незначній кількості утворюється з ацетоацетату. З організму виділяється легенями; значне збільшення вмісту ацетону у видихуваному повітрі спостерігається в умовах декомпенсованого цукрового діабету, тривалого голодування.



Функціональні групи похідних карбонових кислот

Гідроксиоксокислоти	Карбоксильна (-COOH) & Гідроксильна (-OH)	Молочна кислота (Лактат) <chem>CC(O)C(=O)O</chem>
Оксокислоти	Карбоксильна (-COOH) & Оксо- (C=O)	Піровиноградна кислота (Піруват) (Піруват) <chem>CC(=O)C(=O)O</chem>
Фенолокислоти	Карбоксильна (-COOH) & Фенольна (-OH на бензольному кільці)	Салицилова кислота <chem>O=C(O)c1ccccc1O</chem>

Роль лактату (молочної кислоти) для організму людини



Розділ 10. Будова, властивості та біологічне значення вищих жирних кислот та триацилгліцеролів.

ВЖК

Вищі жирні кислоти, карбоновий скелет яких містить понад 10 атомів Карбону

Насичені ВЖК (пальмітинова, стеаринова)

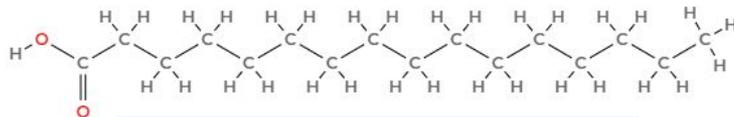
Між атомами Карбону у складі карбонового скелету лише одинарні зв'язки. Ці кислоти синтезуються в нашому організмі, входять до складу ліпідів. Наприклад, пальмітинова та стеаринова кислоти.

Ненасичені ВЖК (олеїнова)

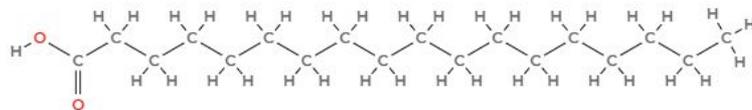
У складі карбонового скелету один подвійний зв'язок. Синтезується олеат (олеїнова кислота) із стеарату (стеаринова кислота) шляхом дегідрування, входить до складу ліпідів. Незамінні поліненасичені ВЖК – лінолева, ліноленова, арахідонова - **Вітамін F**. Входять до складу фосфоліпідів. Арахідонова кислота лежить в основі синтезу гістогормонів (простагландини, простацикліни, тромбосани, лейкотрієни), які утворюються в тканинах за потреби організму.

ТАГ – нейтральні ліпіди

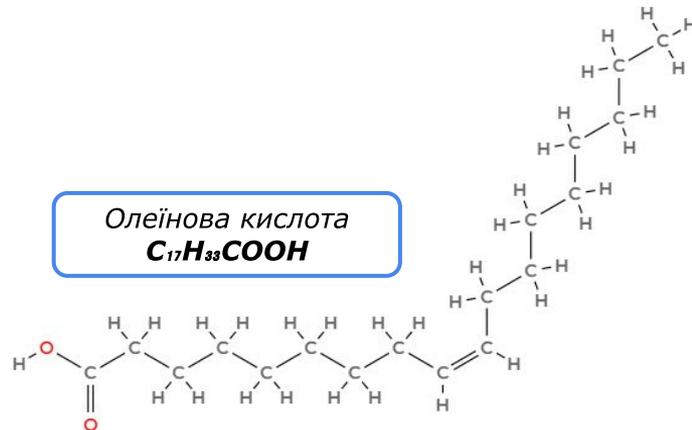
Триацилгліцероли, естери багатоатомного спирту гліцеролу та вищих жирних кислот. В організмі людини виконують енергетичну функцію.



Пальмітинова кислота $C_{16}H_{31}COOH$



Стеаринова кислота $C_{17}H_{35}COOH$



Олеїнова кислота
 $C_{17}H_{33}COOH$

Розділ 11. Будова, властивості та біологічне значення фосфоліпідів і сфінголіпідів. Біологічне важливі стероїди

Гліцерофосфоліпід

Представники класу фосфоліпідів, входять до складу клітинних мембран.

Фосфатидилхолін

Представники класу фосфоліпідів, будують клітинні мембрани. Масова частка фосфатидилхоліну складає 66% від загального відсотка фосфоліпідів.

Фосфатидилетаноламін

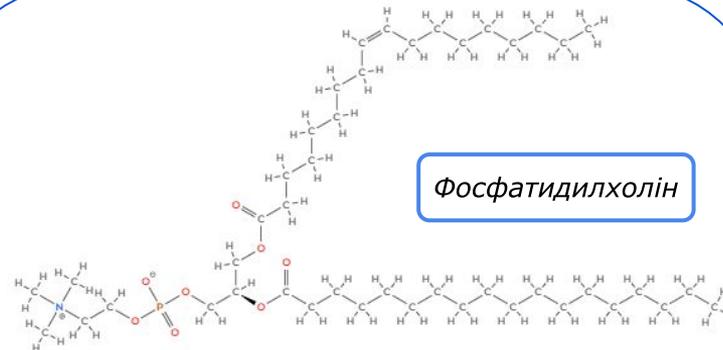
Представники класу фосфоліпідів, будують клітинні мембрани

Фосфатидилсерин

Представники класу фосфоліпідів, будують клітинні мембрани.

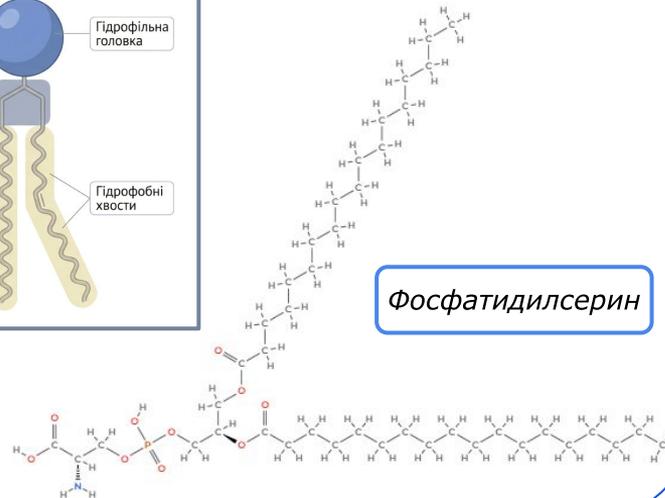
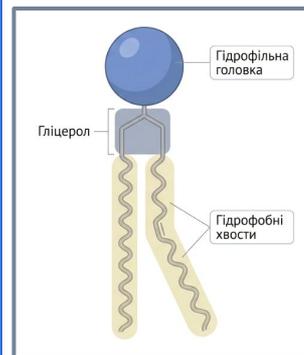
Сфінголіпід

Представники класу складні ліпіди, в основі будови ненасичений аміноспирт сфінгозин. Представником є сфінгомієлін, який утворює мієлінову оболонку ЦНС та периферичної нервової системи.



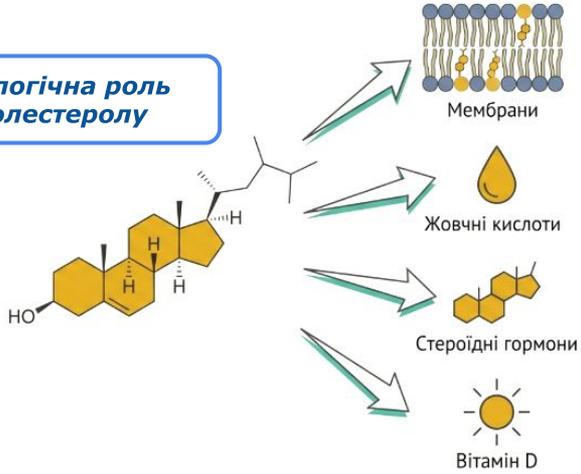
Фосфатидилхолін

Гліцерофосфоліпід мають амфіфільні властивості: і гідрофільні, і гідрофобні одночасно.

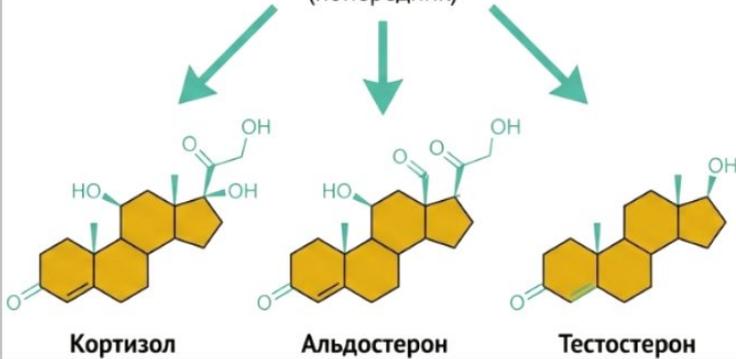


Фосфатидилсерин

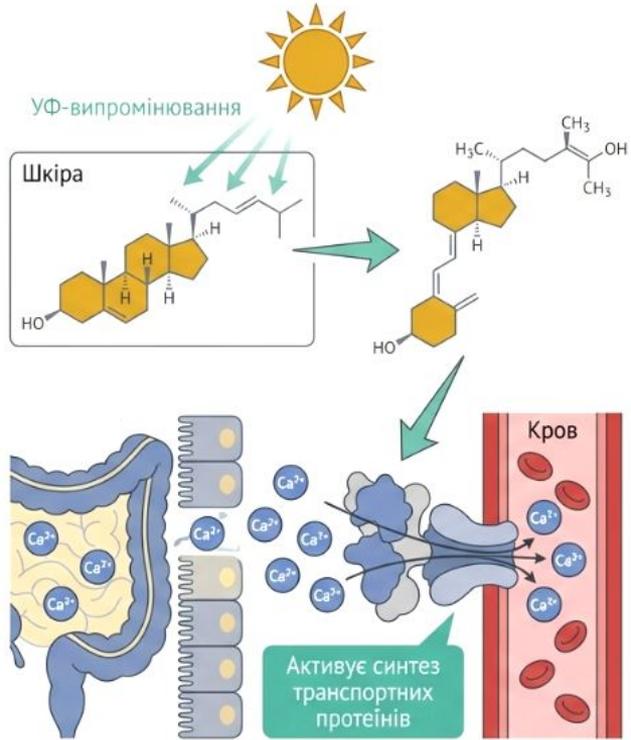
Біологічна роль холестеролу



Холестерол (попередник)



Синтез **вітаміну D** починається з похідних **холестеролу** в шкірі під дією ультрафіолетового випромінювання



Розділ 12. Класифікація, номенклатура, будова та властивості амінокислот організму людини. Утворення пептидів

Амінокислоти

Похідні карбонових кислот, в яких один або два атоми Гідрогену заміщені аміногрупою. До складу природних протеїнів входять амінокислоти L-ряду з наявністю аміногрупи біля α -карбонового атома (протеїногенні амінокислоти).

Цвіттер-іон

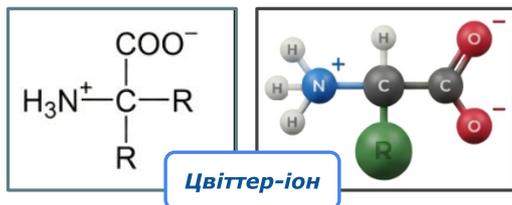
Амінокислоти перебувають у вигляді внутрішніх солей (біполярних йонів)

Пептидна група (зв'язок)

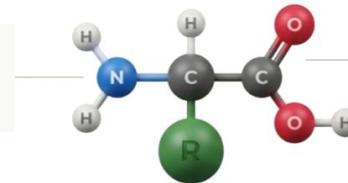
Утворюється в результаті конденсації амінокислот; при взаємодії карбоксильної та аміногрупи. Пептидний зв'язок лежить в одній площині p, π спряження.

Глутатіон

Трипептид, який складається із залишків γ -глутамату, цистеїну та гліцину. Виконує роль природного потужного антиоксиданту.



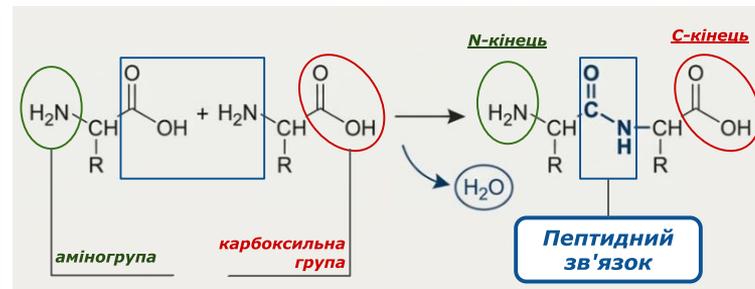
Аміногрупа
надає основних
властивостей



Карбоксильна група надає
кислотних
властивостей

Замісник

визначає ідентичність та функції амінокислоти



Під час утворення одного **пептидного зв'язку** взаємодіють дві амінокислоти, утворюючи одну нову молекулу (дипептид) і одну молекулу води.

У новоутвореній молекулі залишається вільна аміногрупа з одного боку (**N-кінець**) та вільна карбоксильна група з іншого (**C-кінець**), що дозволяє приєднувати нові амінокислоти.

Реакція декарбоксілювання

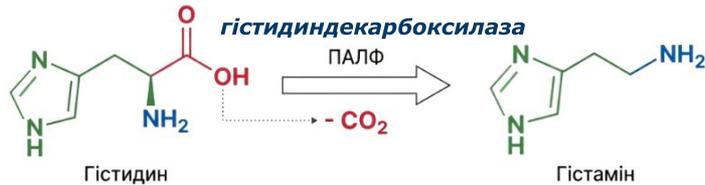
Реакція відщеплення карбоксильної групи у вигляді CO_2 з утворенням біогенних амінів. Ензимом цього процесу є ПАЛФ залежна декарбоксилаза.

Реакція трансамінування

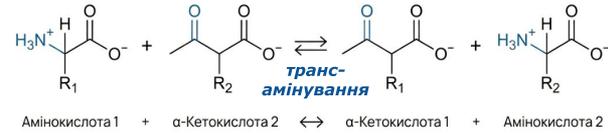
Реакція міжмолекулярного перенесення NH_2 -групи від амінокислоти на альфа-кетокислоту з утворенням нової амінокислоти та нової кетокислоти. Ця реакція супроводжується коферментом піридоксальфосфатом (ПАЛФ), що є похідним вітаміну В6 та ензимом – амінотрансферазами.

Реакція дезамінування

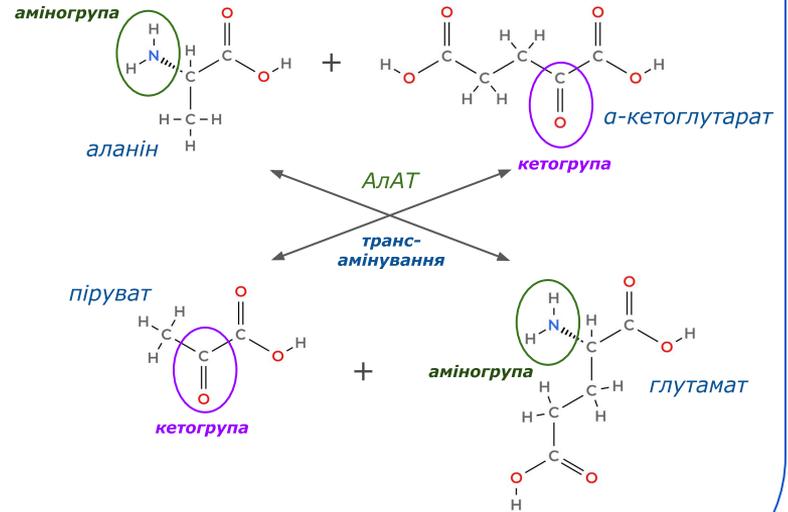
Реакція відщеплення аміногрупи в формі амоніаку з утворенням кетокислоти. Реакція необоротна. Для тваринних організмів переважним типом є окисне дезамінування за участю НАД-залежною глутаматдегідрогенази.

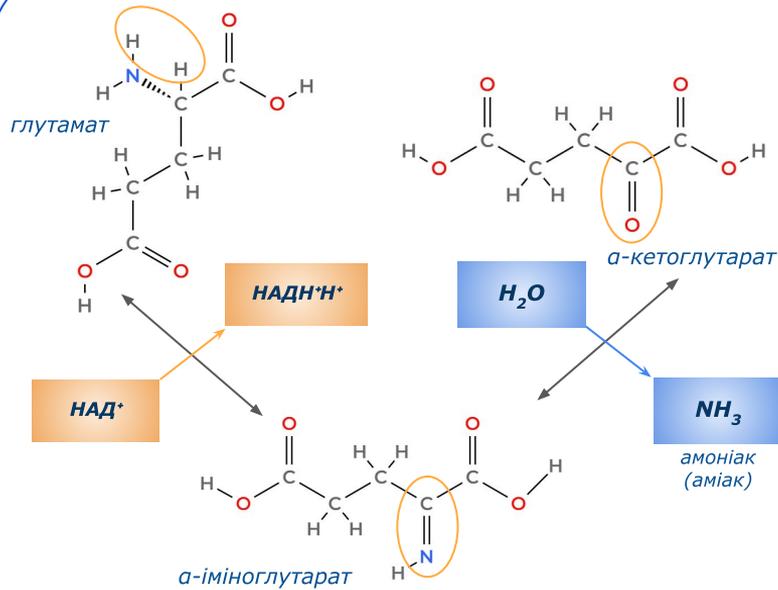


Прикладом реакції декарбоксілювання є реакція отримання гістаміну з гістидину

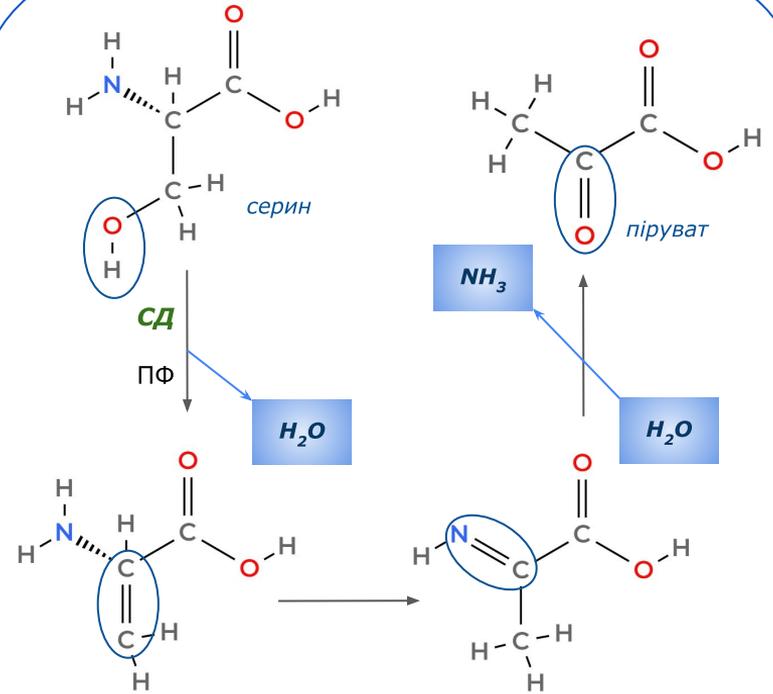


Аланін-кетоглутарат **трансамінування** – це ключова біохімічна реакція, де фермент аланінамінотрансфераза (АЛАТ/АЛТ) переносить аміногрупу з амінокислоти аланіну на α -кетоглутарат, утворюючи піруват та глутамат





Окисне дезамінування глутамінової кислоти: у тканинах за участю глутаматдегідрогенази (кофермент НАД⁺) глутамат у два етапи перетворюється на α-кетоглутарат з утворенням аміаку



Неокисне дезамінування: у гепатоцитах специфічні ферменти забезпечують пряме відщеплення аміногрупи від серину, треоніну та гістидину без стадії окиснення, що приводить до утворення кетокислот та вивільнення аміаку. Сериндегідрогеназа (СД) каталізує неокисне дезамінування серину за участю коензиму піридоксальфосфату (ПФ)

Розділ 13. Структурна організація та фізико-хімічні властивості протеїнів. Роль протеїнів в організмі людини.

Протеїни

Природні високомолекулярні сполуки (біополімери), молекули яких складаються із залишків протеїногенних амінокислот, сполучених кислото-амідним (пептидним) зв'язком.

Функції протеїнів

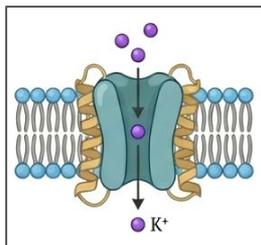
Структурна, каталітична, транспортна, захисна, скорочувальна, регуляторна, рецепторна, енергетична.

Прості протеїни

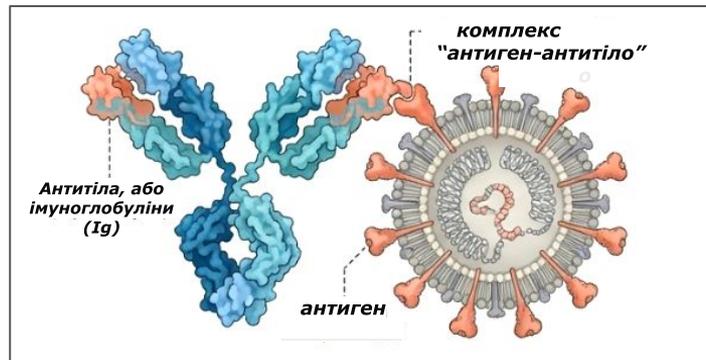
Гістони, протаміни (позитивно заряджені), проламіни (негативно заряджені).

Складні протеїни

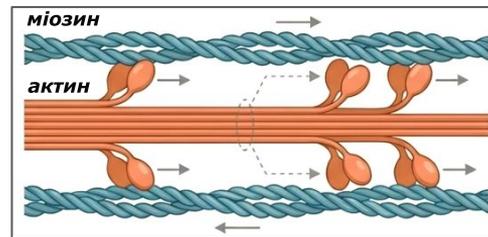
Глікопротеїни, ліпопротеїни, нуклеопроїєни, хромопротеїни, металопротеїни, фосфопротеїни.



Транспортна функція протеїнів. Порини — це трансмембранні протеїни, які утворюють водонаповнені канали в клітинних мембранах для здійснення транспорту молекул.



Захисна функція протеїнів. Антитіла, або імуноглобуліни (Ig) — це спеціалізовані захисні білки (глікопротеїни), які мають Y-подібну форму. На кінцях імуноглобулінів розташовані активні центри, які ідеально підходять до конкретного антигену, як «ключ до замка».



Рухова функція протеїнів актину та міозину є основою біологічного руху на всіх рівнях — від скорочення скелетних м'язів до поділу клітин.

Первинна структура протеїнів

Це певна послідовність амінокислот в поліпептидному ланцюжку. стабілізується пептидним зв'язком.

Вторинна структура протеїнів

Просторова конфігурація протеїну у вигляді α -спіралі чи β -складчастого листа. Стабілізована водневими зв'язками.

Третинна структура протеїнів

Конформація протеїну - просторове розміщення у вигляді глобули чи фібрил. Стабілізована дисульфідними, іонними, гідрофобними, водневими та псевдопептидними зв'язками.

Четвертинна структура протеїнів

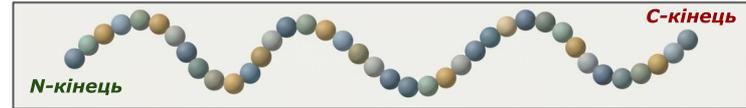
Власива не всім протеїнам. Являє собою сукупність кількох субодиниць (обов'язково парна кількість), стабілізована зв'язками характерними для третинної структури.

Ізоелектрична точка протеїнів (ІЕТ)

ІЕТ - це таке значення рН, за якого заряд протеїну дорівнює нулю, протеїн здатен осаджуватись.

Структура протеїнів

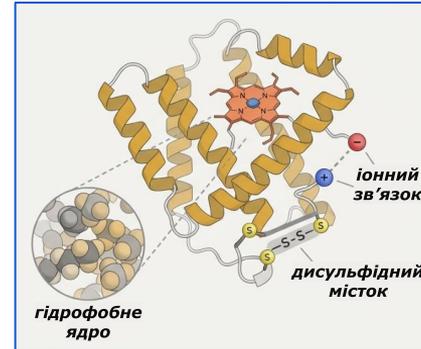
первинна



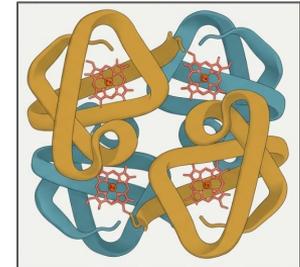
вторинна



третинна



четвертинна



Оптичні властивості

Здатність молекули амінокислот повертати поляризований кут світла праворуч та ліворуч. Природні амінокислоти є хіральними молекулами, які відносяться до L ряду.

Полярність

Амінокислоти залежно від бічних ланцюгів взаємодіють з водою, тобто проявляють гідрофільні чи гідрофобні властивості.

Амфотерність

Здатність амінокислот до утворення кислот-амідних зв'язків. Тобто вступають в реакції поліконденсації.

Денатурація

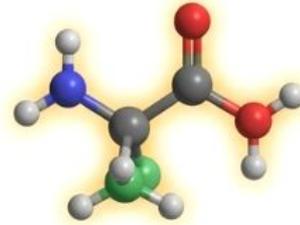
Це руйнування всіх структур окрім первинної. Розрізняють оборотну та необоротну денатурацію. Факторами денатурації є: хімічні речовини (кислоти, луги, солі важких металів), фізичні фактори (УФ, радіація, тиск).

Деструкція

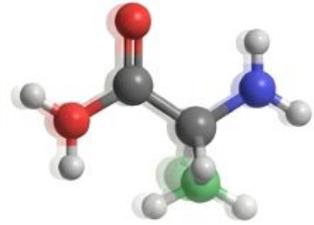
Руйнування первинної структури шляхом гідролізу в кислому середовищі (10 М HCl, 37°C).

Висолювання

Руйнування гідратної оболонки протеїну під дією нейтральних солей.



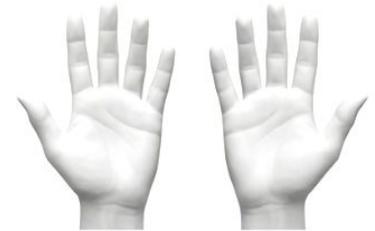
L-аланін



D-аланін

Дві дзеркальні форми молекули називаються **енантіомерами**. Вони позначаються як **L- (лівообертаючі)** та **D- (правообертаючі)** ізомери. Усі протеїни в організмі людини побудовані виключно з L-амінокислот.

Хіральна молекула несумісна зі своїм дзеркальним відображенням. Всі протеїногенні амінокислоти (крім гліцину, у якого R=H), є хіральними.



Несумісні дзеркальні відображення

Розділ 14. Класифікація вуглеводів. Моносахариди: будова, хімічні властивості та біологічне значення.

Вуглеводи

Поліоксиальдегіди та поліоксикетони (моносахариди) та їх полімерні похідні (полісахариди). Дуже поширені в рослинному та тваринному світі як джерела енергії для внутрішньоклітинних біохімічних та фізіологічних процесів (глюкоза, крохмаль, глікоген).

Моносахариди

Прості вуглеводи, що є багатоатомними альдегідо- чи кетоспиртами.

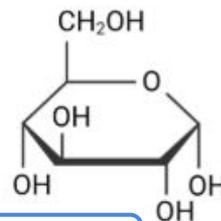
Гексози, альдози: глюкоза, галактоза, маноза.

Гексози, кетози: фруктоза, L-сорбоза.

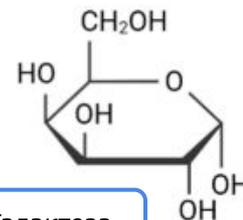
Пентози, альдози: рибоза, дезоксирибоза

Формули Фішера

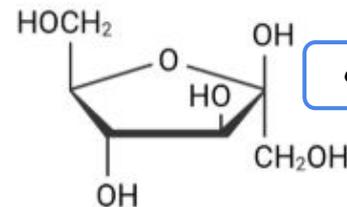
Карбоновий ланцюг моносахаридів виписується вертикально. Кето- чи альдегідна група розташована зверху. Належність до L чи D ряду визначають за розташуванням OH групи найбільш віддаленого асиметричного атома Карбону від альдегідної чи кетогрупи.



Глюкоза



Галактоза



Фруктоза

Формули Колі-Толенса

Шляхом циклізації моносахаридів виникають α та β аномери, які описують формулами Колі-Толенса.

Формули Хеурса

Формули Фішера, Колі-Толенса незручні для зображення, тому частіше використовують формулу Хеурса.

Оксо-окси-таутомерія (циклічно-ланцюгова таутомерія)

Існування моносахаридів в оксоформі та окси- (циклічних формах) у водних розчинах. Наприклад, глюкоза перебуває в 5 формах: оксо, шестичленних – α,β -піранозні, п'ятичленні – α,β -фуранозні. Найбільш стійка форма β -D-глюкопіраноза.

Мутаротація

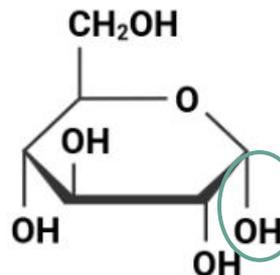
Взаємний перехід у водному розчині моносахариду оптичних кутів обертання, до встановлення динамічної рівноваги між всіма формами. Для глюкози кут обертання встановлюється $+52,5'$.

Піранозна форма

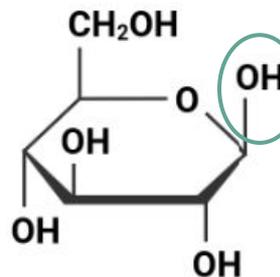
Стійкий шестичленний цикл, який утворюється в розчині при таутомерії.

Фуранозна форма

П'ятичленний цикл, який утворюється в розчині при таутомерії



α -глюкоза



β -глюкоза

Альфа (α) та бета (β) положення **глікозидного гідроксилу** вказують на орієнтацію гідроксильної групи (-OH) біля аномерного атома Карбону в циклічних формах вуглеводів (моносахаридів), визначаючи їх як **аномери**.

Епімеризація

Перехід через ендіольну форму манози в глюкозу, глюкоза-галактоза або навпаки. Такі моносахариди називають епімерами.

Реакція Селіванова

Якісна реакція на виявлення фруктози. Основана на тому, що під час нагрівання розчину фруктози з концентрованою хлоридною кислотою утворюється оксиметилфурфурол, який конденсується з резорцином у продукт, що надає розчину інтенсивного вишнево-червоного забарвлення.

Аміноцукри

Амінопохідні моносахаридів. Найбільш поширені представники – D-глюкозамін (хітозамін), D-галактозамін (хондрозамін).

Відновлення моносахаридів

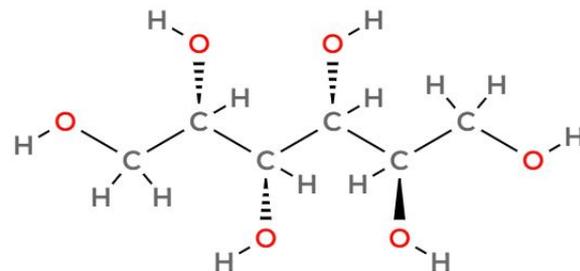
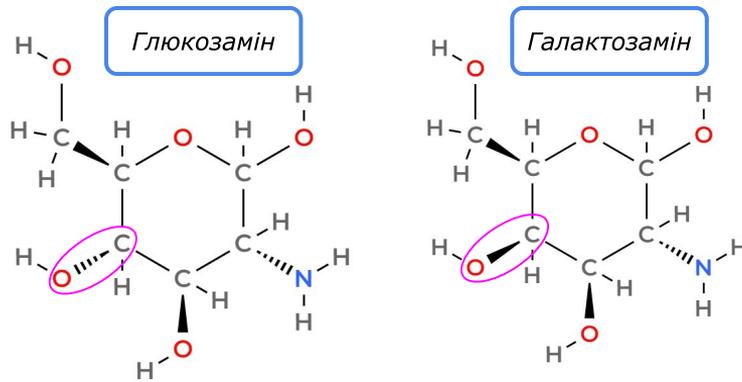
Ксиліт, маніт, сорбіт. Утворюється шляхом відновлення моносахаридів. використовуються як замітники цукру.

Доведення багатоманітності. Проба Троммера

Дія свіжоосадженого купрум(II) гідроксиду, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, з утворення комплексу волошкового кольору.

Доведення наявності оксогрупи

Проба Троммера, Толенса, Фелінга відбувається при нагріванні з утворенням глюконових кислот.



Фосфорні естери моносахаридів

Біологічне значення мають фосфорні естери глюкози, фруктози, галактози, які містяться в живих організмах. Метаболізм вуглеводів, фотосинтез, бродіння та інші біохімічні процеси здійснюються завдяки фосфатів моносахаридів. Утворення фосфатів відбуваються завдяки АТФ.

Утворення та значення О, N-глікозидів

Напівацетальний, чи глікозидний, гідроксил є реакційноздатний.

О-глікозид утворюється при взаємодії напівацетального гідроксила із спиртом чи фенолом.

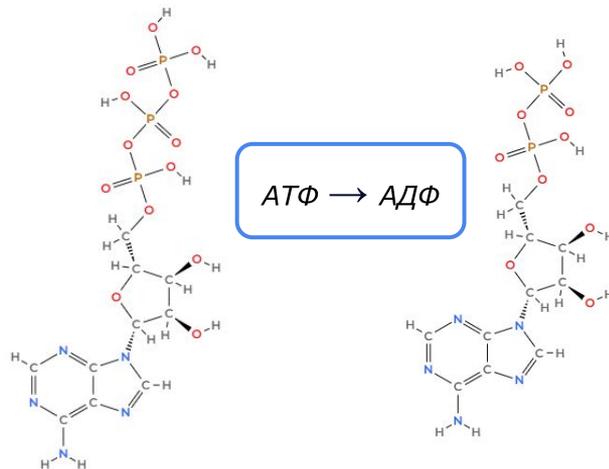
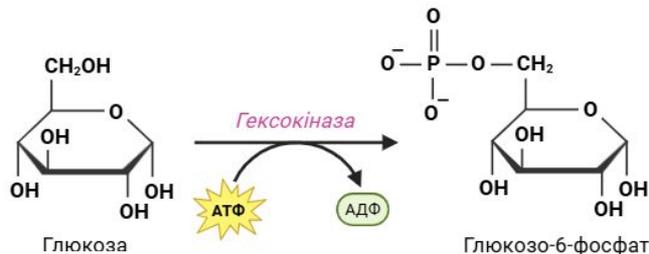
N-глікозиди утворюються при взаємодії з амінами.

Окиснення глюкози в різних умовах

В м'яких умовах (реакції Толенса, Троммера, фелінга) утворюється глюконова кислота.

При дії нітратної кислоти утворюється глюкарова кислота. Після захисту оксогрупи глюкози і дії нітратної кислоти утворюється глюкуронова кислота.

Утворення **фосфорних естерів глюкози** відбувається з використанням АТФ



Розділ 15. Будова, властивості та біологічне значення ди- та полісахаридів

Відновлювальні олігосахариди

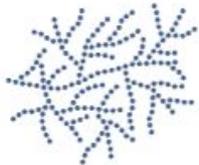
Лактоза, мальтоза, целобіоза. Дають позитивні реакції Толенса, Троммера, Фелінга завдяки вільній напівацетальній гідроксильній групі, яка здатна переходити в альдегідну (оксо-) форму, оскільки два моносахариди поєднуються за рахунок О-глікозного зв'язку. Мають циклічні α - та β -аномерні форми та відкриту альдегідну (оксо-) форму, яка зумовлює відновні властивості.

Невідновлювальні олігосахариди

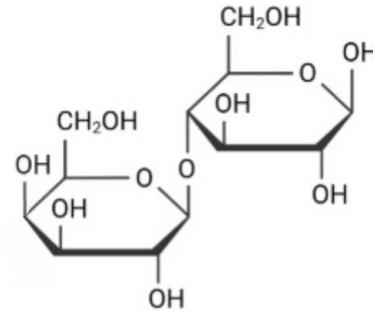
Сахароза. Не дають позитивні реакції Толенса, Троммера, Фелінга завдяки відсутності вільної напівацетальної групи, оскільки ці моносахариди поєднуються за рахунок глікозидо-глікозидного зв'язку. Не мають таутомерних форм.

Гомополісахариди

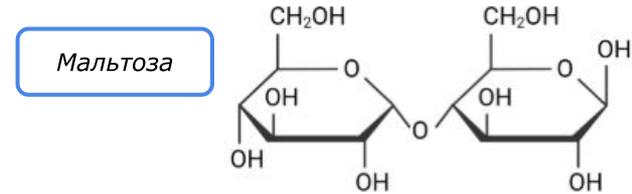
Крохмаль, Глікоген, Целюлоза
Складні вуглеводи, в основі яких лежить один і той же моносахарид.



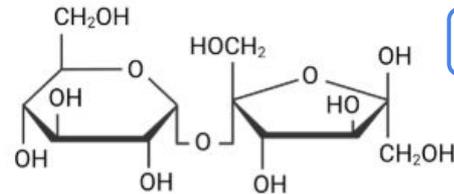
Глікоген



Лактоза



Мальтоза



Сахароза

Крохмаль

Гомополісахарид рослинного походження, надходить в організм людини з продуктами харчування. Травлення починається в ротовій порожнині під впливом ензиму α -амілази слини.

Складається з залишків α -глюкози. Розрізняють амілозу, у складі якої залишки глюкози поєднуються α -1,4-глікозидним зв'язком.

Амілопектин має розгалужену будову завдяки α -1,6-глікозидному зв'язку. Розгалуження відбувається через кожних 20-30 залишків глюкози.

Глікоген

Складається з залишків α -глюкози. Має подібну будову до амілопектину, але розгалуження відбувається через кожні 2-6 глікозидних залишки.

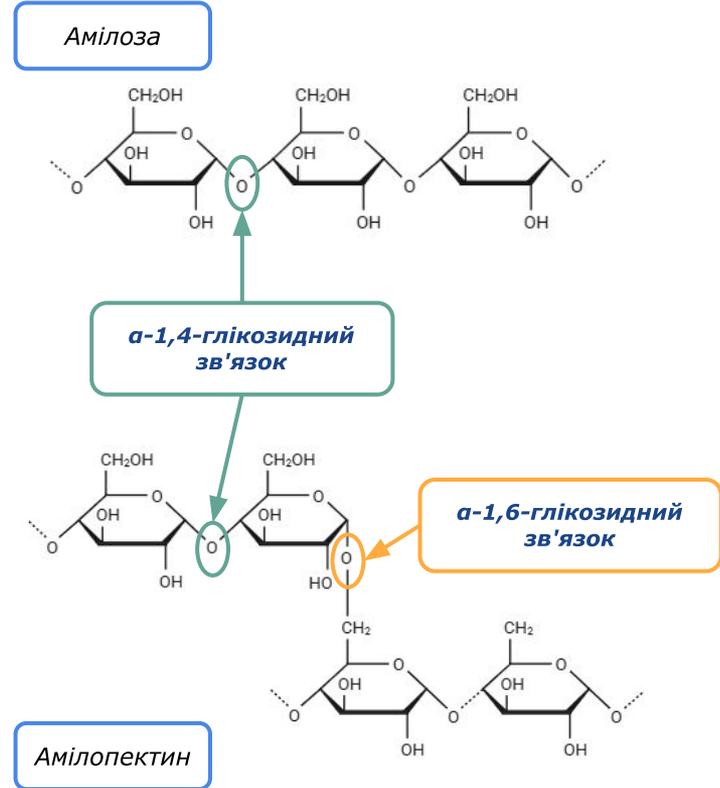
Глікоген синтезується в печінці та м'язах, виконує функцію депо вуглеводів.

Целюлоза, чи клітковина

Молекули клітковини побудовані із залишків глюкози, між якими є β -1,4-глікозидний зв'язок, біозний фрагмент клітковини – целобіоза. Не розчиняється у воді. Основна речовина оболонки рослинних клітин.

Гетерополісахариди

Гіалуронова кислота, хондроїтинсульфат, гепарин
Полімери побудовані з великої кількості різних моносахаридних одиниць та їх похідних. Забезпечують міцність і пружність органів, еластичність їх сполучень.



Гіалуринова кислота

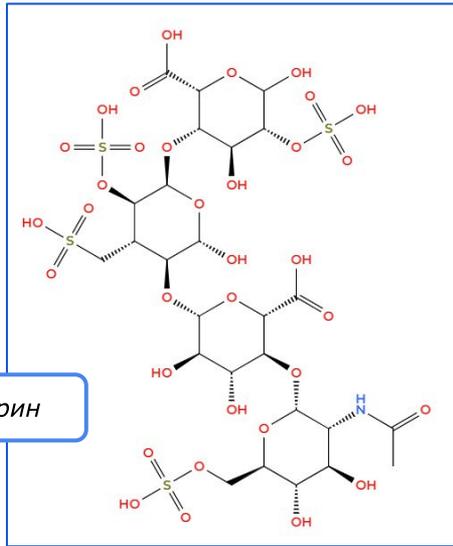
Входить до складу склоподібного тіла ока, хрящів, пуповини.

Хондроїтинсульфат

Входить до складу шкіри, сухожилок, хрящів.

Гепарин

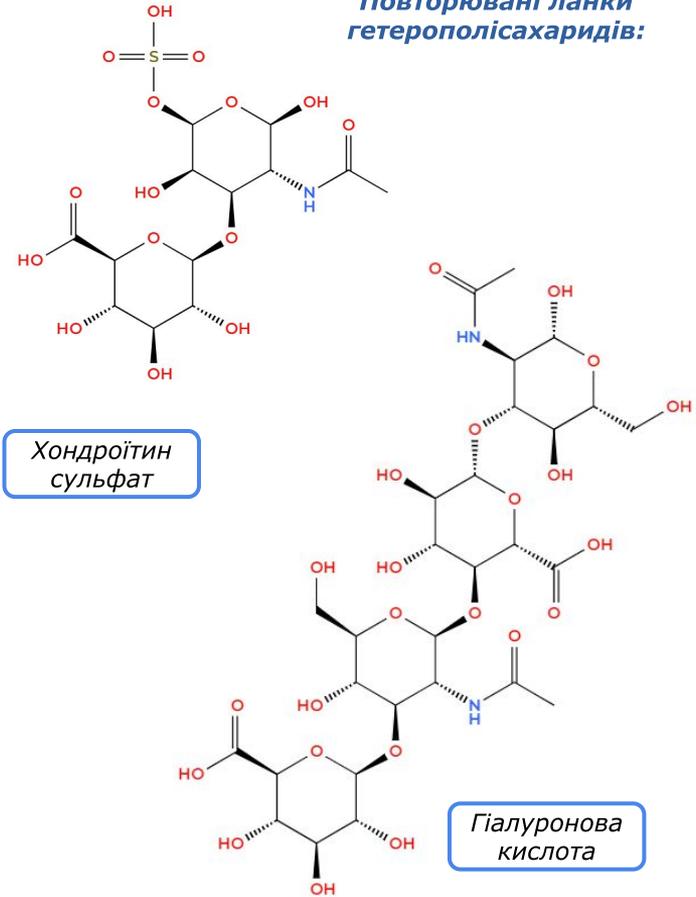
Природний коагулянтний фактор, будує тканини печінки, легенів, м'язів. Запобігає зсіданню крові в кровоносних судинах.



Гепарин

n

Повторювані ланки гетерополісахаридів:



Хондроїтин
сульфат

Гіалуринова
кислота

Розділ 16. Будова гетероциклічних сполук та їх біологічне значення для організму людини.

Гетероциклічні сполуки

Циклічні сполуки, що містять у своїй структурі крім атомів Карбону гетероатоми (Оксиген, Сульфур, Нітроген).

Пірол

П'ятичленний ароматичний гетероцикл, гетероатомом є Нітроген. входить до складу порфіринів, які лежать в основі гемоглобіну, цитохромів. хлорофілу, ензимів каталаза та пероксидаза.

Індол

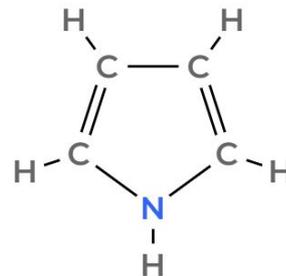
Гетероциклічна сполука, утворюється в товстих кишках під час гниття протеїнів під впливом ензимів мікроорганізмів.

Бензопірол

Основа амінокислоти триптофан, який є попередником утворення нейромедіаторів серотонін та мелатонін.

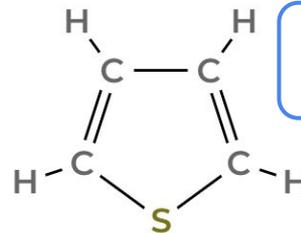
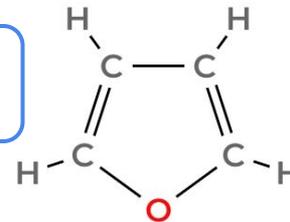
Імідазол

Основа амінокислоти гістидин, яка є попередником біогенного аміну - гістаміну.



Пірол - п'ятичленний гетероцикл, що містить Нітроген

Фуран - п'ятичленний гетероцикл, що містить Оксиген



Тіофен - п'ятичленний гетероцикл, що містить Сульфур

Піридин

Шестичленний цикл з одним гетероатомом Нітрогену.

Нікотинамід

Вітамін РР (B_3). Лежить в основі утворення коензимів НАД, НАДФ, які беруть участь в окисно-відновних реакція та реакція синтезу.

Піридоксин

Вітамін B_6 , утворює коензими ПАЛФ та ПАМФ, бере участь у перетворенні амінокислот та синтезі гему.

Піридоксальфосфат

ПАЛФ, коензимна форма вітаміну B_6

Піримідин

Шестичленний цикл з двома гетероатомами Нітрогену. Похідні піримідину є нітрогеновмісними основами нуклеїнових кислоти, барбітуратів.

Урацил

Нітрогеновмісна основа РНК.

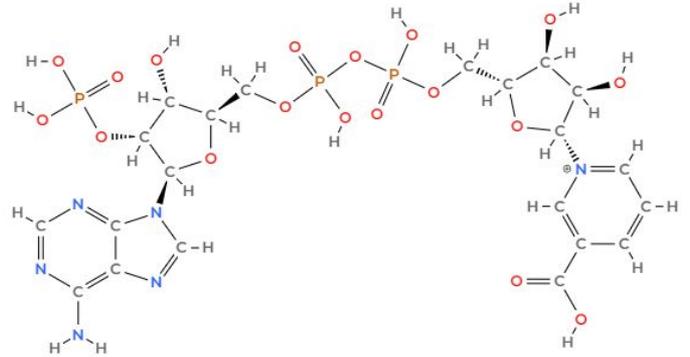
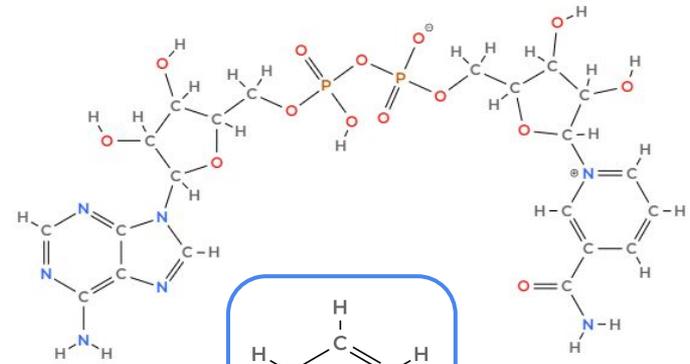
Тимін

Нітрогеновмісна основа ДНК

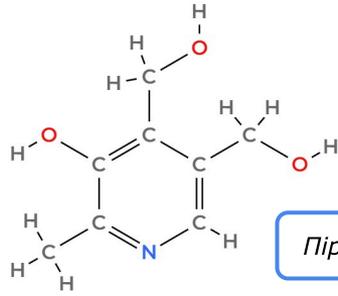
Цитозин

Нітрогеновмісна основа нуклеїнових кислот.

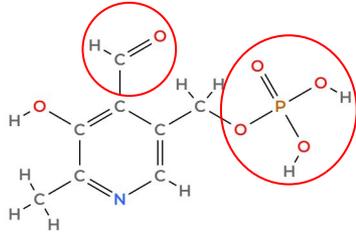
НАД⁺ - нікотинамідаденіндинуклеотид



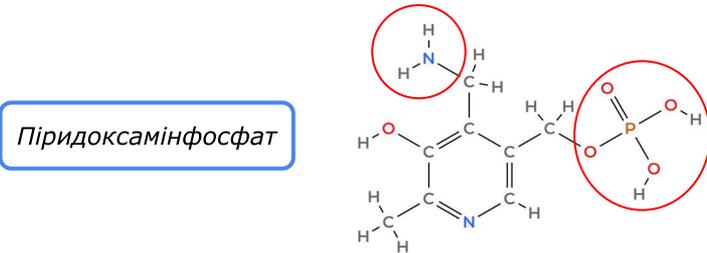
НАДФ⁺ - нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат



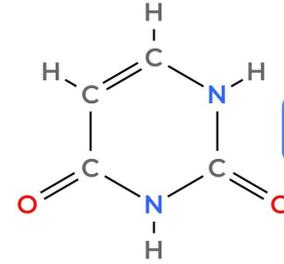
Піридоксин



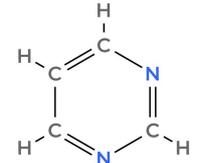
Піридоксальфосфат



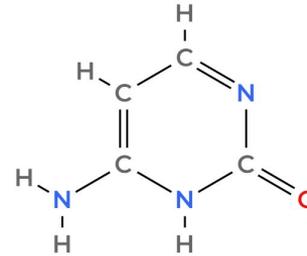
Піридоксамінфосфат



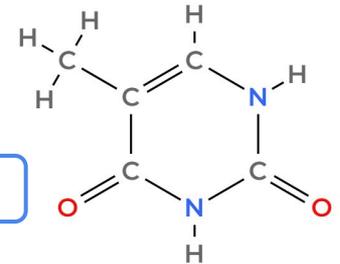
Урацил



Піримідин



Цитозин



Тимін

Пурин

Конденсована гетероциклічна сполука. Похідними пурину є кофеїн, теofilін, теобромін.

Аденін

Нітрогеновісна основа нуклеїнових кислот.

Гуанін

Нітрогеновісна основа нуклеїнових кислот.

Гіпоксантин, ксантин

Продукти катаболізму пуринових нуклеотидів.

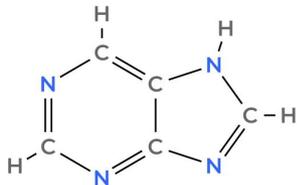
Сечова кислота

Кінцевий продукт катаболізму пуринових нуклеотидів.

Лактим-лактамна таутомерія

Існування сполуки в двох формах – лактамній та лактимній.

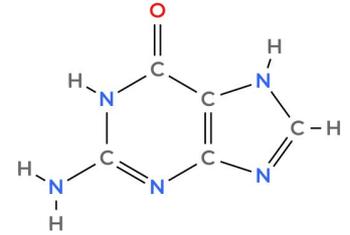
Лактамна форма є більш стабільна. Азотисті основи пуринового та піримідинового ряду, що входять до складу нуклеїнових кислот, перебувають в лактамній формі.



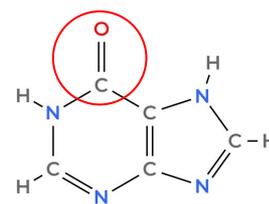
Пурин



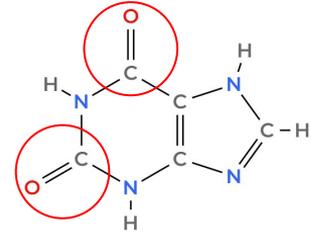
Аденін



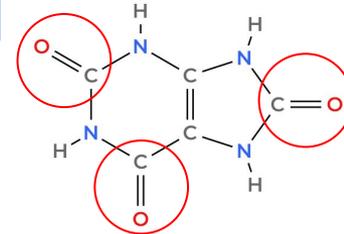
Гуанін



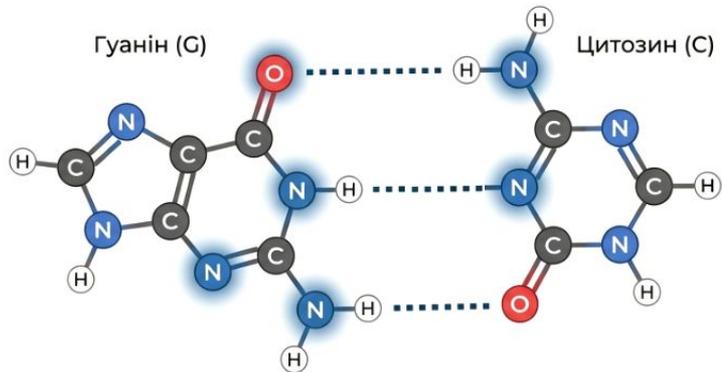
Гіпоксантин



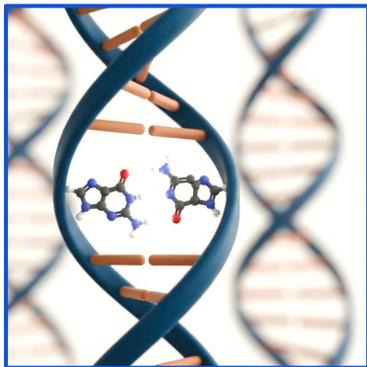
Ксантин



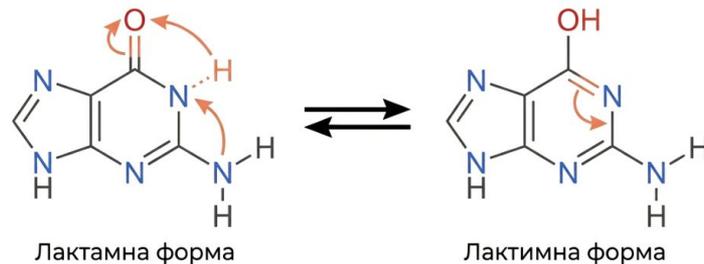
Сечова кислота



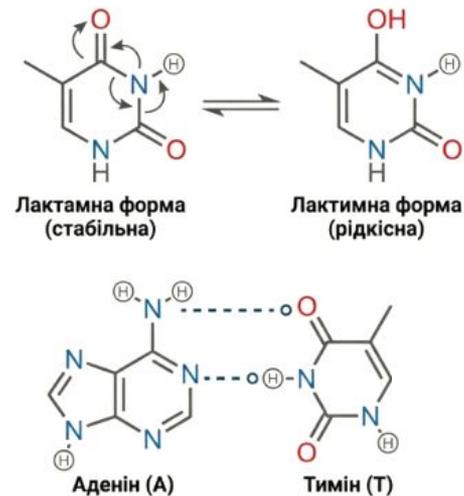
Переважає стабільність **лактамної форми** азотистих основ є фундаментальним хімічним механізмом, що лежить в основі точної реплікації та репарації ДНК, мінімізуючи частоту спонтанних мутацій



Лактим-лактамна таутомерія гуаніну



Лактим-лактамна таутомерія тиміну



Розділ 17. Нуклеозиди, нуклеотиди, нуклеїнові кислоти – будова та біологічні функції.

Нуклеїнові кислоти

Біополімери, що складаються із залишків нуклеотидів, сполучених між собою фосфодієфірними зв'язками. Залежно від складу пуринових і піримідинових основ та типу пентози (D-рибози або D-дезоксирибози) поділяються на дезоксирибонуклеїнові (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК) кислоти

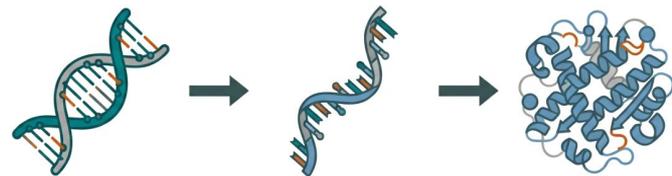
Нуклеозид

Двокомпонентні біоорганічні молекули, що складаються з залишків азотистої основи і вуглеводу (пентози), з'єднаних за рахунок N-глікозидного зв'язку. Наприклад, аденозин, гуанозин, тимідин, цитидин, уридин.

Нуклеотид

Структурні компоненти молекул нуклеїнових кислот ДНК та РНК.

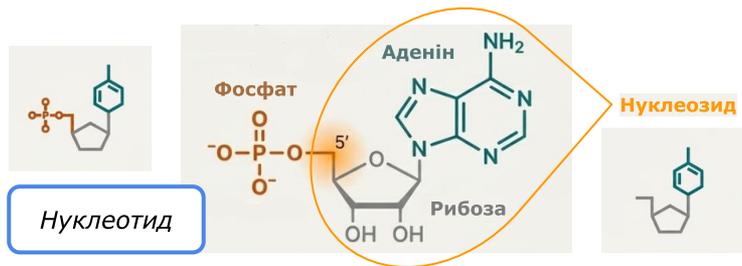
Трикомпонентна система, яка складається з азотистої основи пуринового чи піримідинового ряду, залишків пентоз (рибози і дезоксирибози) та фосфату.



ДНК

РНК

Протеїн

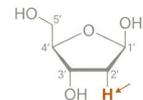


Нуклеотид

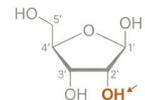
Нуклеозид

ДНК

РНК



дезоксирибоза



рибоза

Первинна структура нуклеїнових кислот

Порядок, послідовність розміщення мононуклеотидів у полінуклеотидному ланцюгу ДНК і РНК. Первинна структура утворюється 3',5'-фосфодієфірними зв'язками між ОН-групами молекул рибози або дезоксирибози сусідніх нуклеотидів.

Вторинна структура нуклеїнових кислот

Структурна організація молекули молекул ДНК Представлена подвійною спіраллю, кожен полінуклеотидний ланцюг складається з вуглеводних і фосфатних груп, азотисті основи одного ланцюга сполучені водневими зв'язками з азотистими основами другого.

Молекули РНК здатні до спіралізації та утворення вищих рівнів структурної організації при взаємодії з ензимами і структурними протеїнами клітини (протеїнами рибосом, цитоплазми, ядра).

Комплементарність

Відповідність азотистих основ.

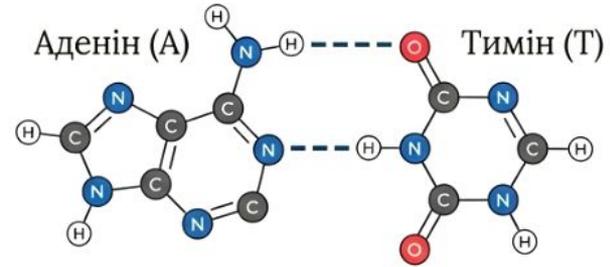
Для молекули ДНК:

А-Т, Г-Ц.

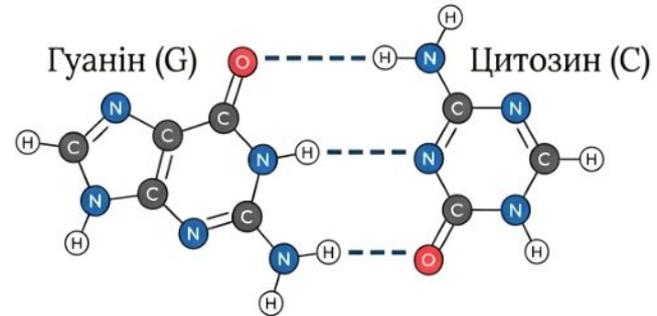
Для молекули РНК:

А-У, Г-Ц.

Комплементарність



Два водневі зв'язки



Три водневі зв'язки

м-РНК

Зчитує та переносить інформацію про майбутній протеїн з ДНК на протеїнсинтезуючу систему.

т-РНК

Транспортує амінокислоти до протеїн-синтезуючої системи.

р-РНК

Виконує роль місця біосинтезу протеїну.

ДНК

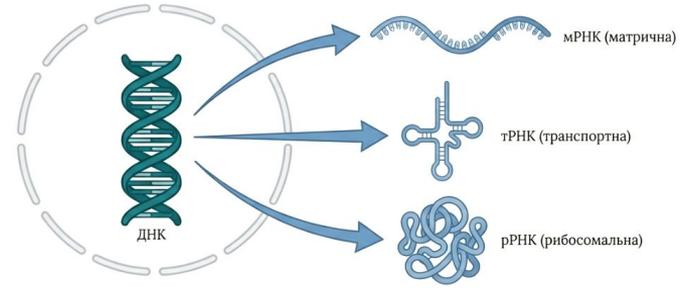
Полінуклеотиди, що утворюються дезоксирибонуклеотидами, називаються дезоксирибонуклеїновими кислотами. Роль ДНК – збереження інформації про протеїн.

3',5'-фосфодієфірний зв'язок

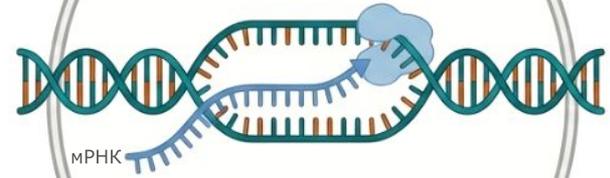
Зв'язок з'єднання нуклеотидів в ДНК та РНК.

3,5-цАМФ

Активатор багатьох внутрішньоклітинних ензимних систем, що дає йому можливість відігравати роль «вторинного посередника» в дії гормонів та інших фізіологічно активних сполук (лікарські засоби, нейромедіатори) на функції клітин.

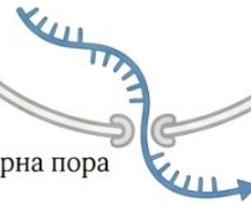


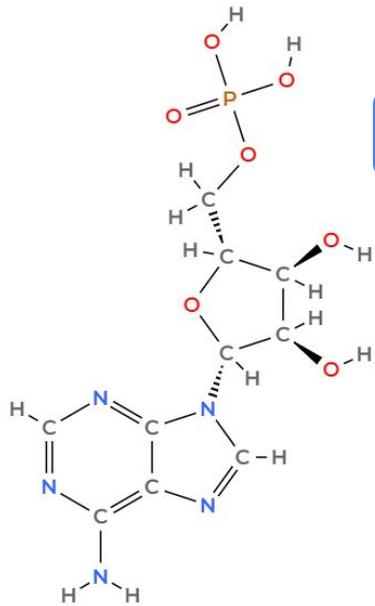
Транскрипція в ядрі



Вихід у цитоплазму

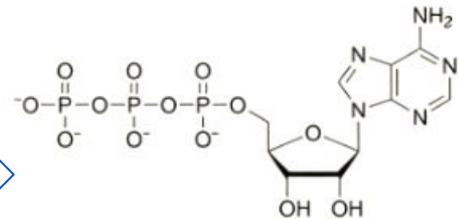
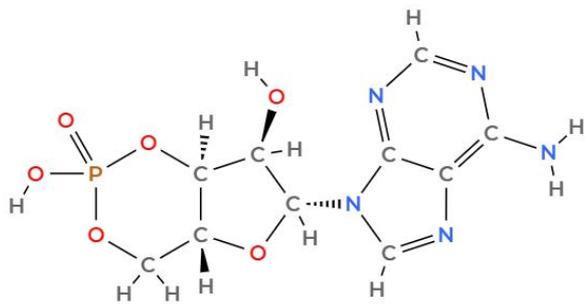
Ядерна пора





Аденозинмонофосфат (АМФ)

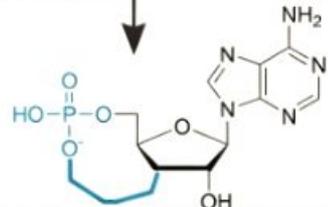
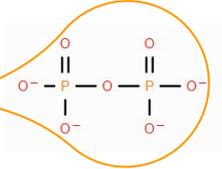
Циклічний аденозинмонофосфат (цАМФ)



Аденозин трифосфат (АТФ)

Аденілатциклаза

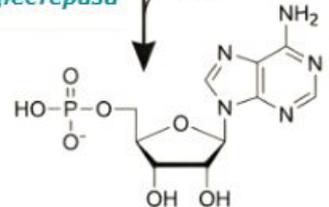
Пірофосфат



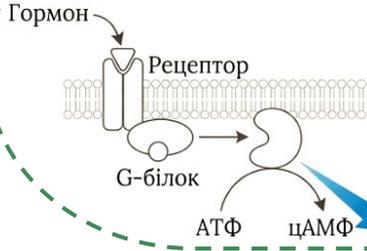
Циклічний аденозин монофосфат (цАМФ)

Фосфодіестераза

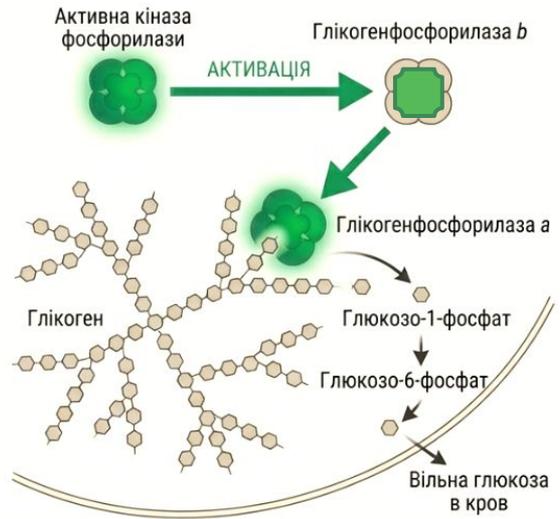
H₂O



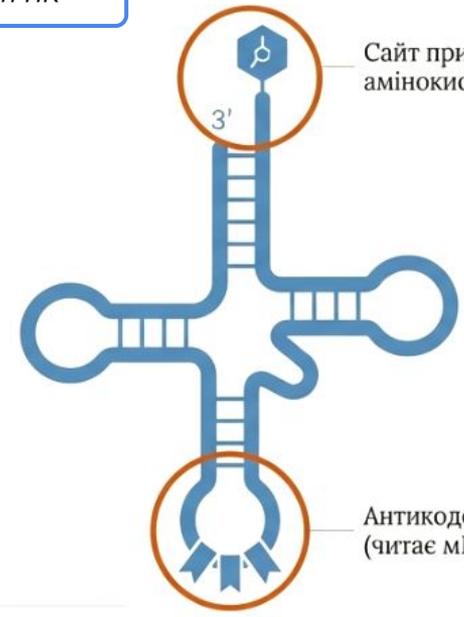
Аденозин монофосфат (5' АМФ)



Циклічний аденозинмонофосфат активує глікогенфосфорилазу через ланцюг сигналізації, що призводить до розщеплення глікогену для отримання глюкози.



tRNA



Використана література

1. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія: підручник. 3-тє вид. Вінниця: Нова Книга, 2019. 416 с.

2. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 книгах. Книга 1. Біоорганічна хімія / Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сірова; за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. 3-є вид. К: ВСВ "Медицина", 2022. 272 с.

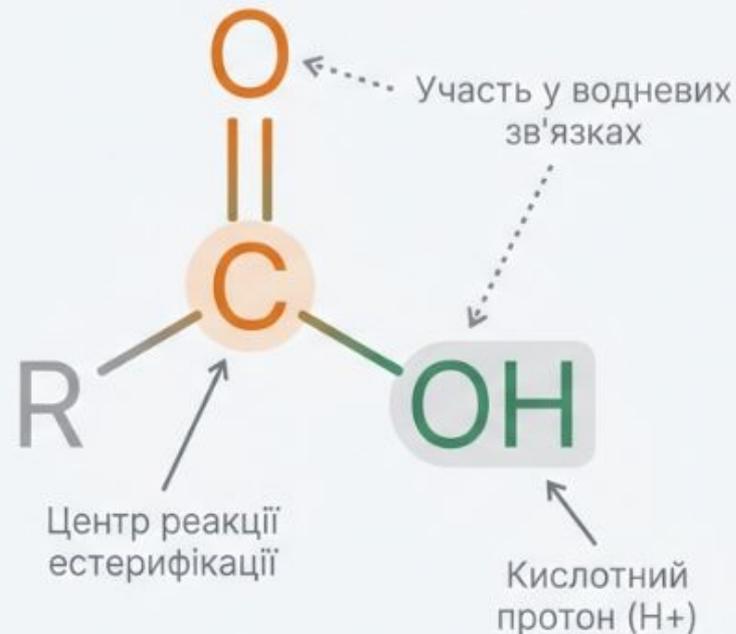
3. Медична хімія: підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін.; за ред. В.О. Калібабчук. 4-є вид. К.: ВСВ "Медицина", 2019. 336 с.

4. Medical chemistry: textbook for students of higher education establishments – medical universities, institutes, and academies / V. O. Kalibabchuk [et al.] ; ed. by V. O. Kalibabchuk. 7th ed. Kyiv : AUS Medicine Publishing, 2020. 224p.

5. Medical Biochemistry : textbook / J. W. Baynes, M. H. Dominiczak. 5th ed. [S.l.] : Elsevier, 2018. 686 p.



Ілюстративні матеріали були підготовлені з використанням онлайн-ресурсів: **BioRender**, **MolView**, **ChemSpider**, **NotebookLM** та **Paint**.



$4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$
 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$
 $\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$

$y = mx + b$
 $a^2 + b^2 = c^2$

$\text{HS-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
 NH_2
 OH

$\text{CH}_3\text{-C(=O)-O}^-$
 H_3N^+

$\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$

$3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

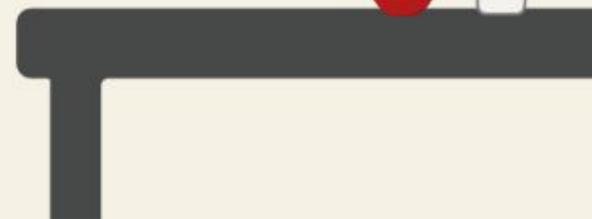
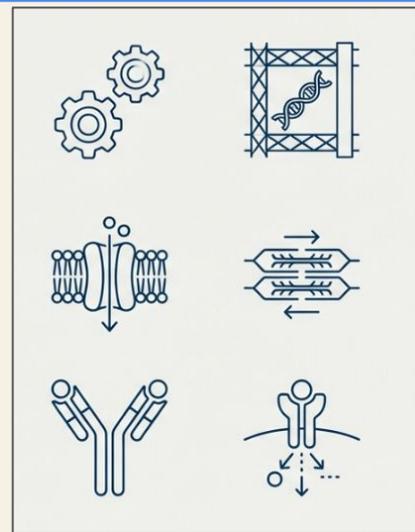
$y = mx + b$

$\text{HS-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
 NH_2
 OH

Volume (ml)
 Volume (ml)

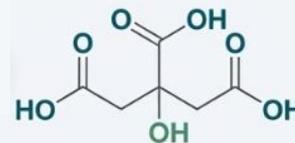
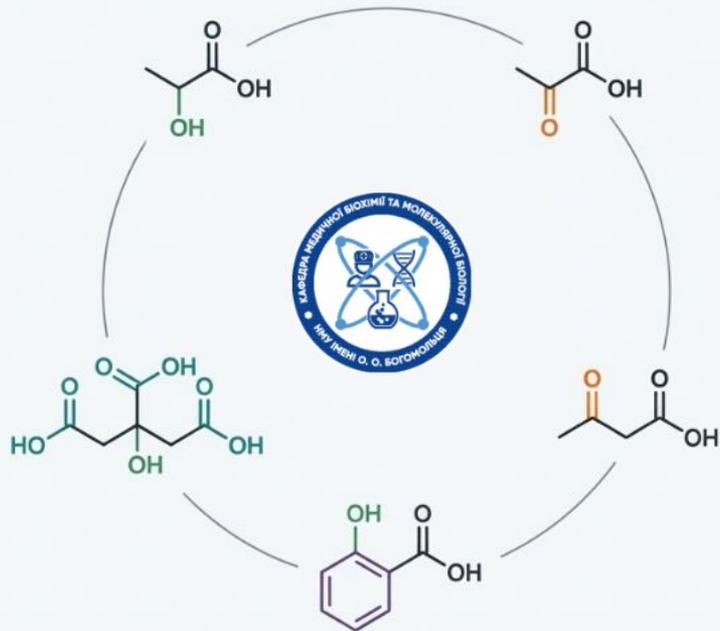


НАЦІОНАЛЬНИЙ
 МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЦЯ





НАЦІОНАЛЬНИЙ
МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ



Лимонна
кислота
(цитрат)



Яблучна
кислота
(малат)

