

Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

**Ю.А. Горяйнова**

# **ХАРЧОВА ХІМІЯ**

Навчальний посібник

Кривий Ріг  
2020

**УДК 54-029:641\* 4(075.8)**

**Г 71**

Рекомендовано до видання Вченою радою Донецького національного університету економіки та торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (протокол № 2 від 29.10.2020 р.)

**Рецензенти:**

**Г. М. Розанцев**, доктор хімічних наук, професор

**О.М. Швед**, доктор хімічних наук, професор

**Т.І. Юдіна**, доктор технічних наук, професор

**Горяйнова Ю.А.**

**Г 71** Харчова хімія [Текст]: навч. посіб. / Ю.А. Горяйнова. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 100 с.

Навчальний посібник підготовлено відповідно до робочої програми дисципліни „Харчова хімія”. Мета навчального посібника - надання методичної допомоги студентам в процесі самостійного вивчення цієї дисципліни.

Матеріал навчального посібника охоплює дванадцять основних тем, серед яких мінеральні речовини, розчини, методи дослідження харчових систем, білки, жири, вуглеводи, вітаміни. З кожної теми стисло наведено основний теоретичний матеріал, приклади розв’язання типових задач, завдання для самостійної роботи.

Список літератури, що рекомендована студентам, містить 16 джерел.

**УДК 54-029:641\* 4(075.8)**

© Ю.А.Горяйнова, 2020

## З М І С Т

<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1. МІНЕРАЛЬНІ ТА БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ.</b>	
<b>ФЕРМЕНТИ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Основні хімічні поняття і закони.....	6
1.2 Будова атома. Мінеральні речовини. Макро- та мікроелементи.....	11
1.3 Основи хімічної кінетики. Ферменти.....	26
1.4 Основи аналізу та дослідження харчових систем.....	31
1.5 Вода. Фізичні та хімічні властивості. Розчини.....	43
1.6 Будова та номенклатура органічних сполук.....	51
1.7 Будова та властивості сполук, що містять атоми Оксигену...	56
1.8 Сполуки, що містять атоми Нітрогену. Білкові речовини.....	61
<b>РОЗДІЛ 2. ХАРЧОВІ КИСЛОТИ. ЖИРИ. ВУГЛЕВОДИ. ВІТАМІНИ.....</b>	<b>67</b>
2.1 Харчові кислоти.....	67
2.2 Ліпіди.....	71
2.3 Вуглеводи.....	72
2.4 Вітаміни.....	75
<b>РОЗДІЛ 3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>78</b>
<b>АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....</b>	<b>98</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>99</b>

## ВСТУП

Серед основних проблем, що стоять перед суспільством в наш час, найголовнішою є забезпечення населення продуктами харчування.

Харчування, починаючи з моменту народження і до останнього дня життя людини, впливає на її організм. Інгредієнти продуктів харчування поступають до організму людини з їжею і перетворюються в структурні елементи клітин, забезпечуючи організм пластичним матеріалом та енергією, створюючи необхідну фізіологічну та розумову працездатність, визначаючи здоров'я, активність і тривалість життя людини, його здатність до відтворення.

**Харчова хімія** – це один з розділів хімічної науки. Це наука, яка вивчає хімічний склад харчових систем (а саме – сировини, напівпродуктів, готових харчових продуктів), його зміни в процесі технологічного процесу під впливом різних факторів (фізичних, хімічних, біохімічних тощо). Харчова хімія вивчає взаємозв'язок структури і властивостей харчових речовин.

Дисципліна “Харчова хімія” є вихідною, вона передує вивченню дисциплін “Технологія продукції ресторанного господарства”, “Управління якістю продукції та послуг в готельно-ресторанному господарстві”, «Технологія спеціальних продуктів».

Дисципліна “Харчова хімія” поділена на два змістових модулі.

### ***Змістовий модуль 1. Мінеральні та білкові речовини. Ферменти.***

Теоретичні основи хімії. Сучасне поняття моля і еквівалента. Закон еквівалентів. Основні поняття про будову атома. Хімія елементів. Мінеральні речовини. Макро- та мікроелементи. Швидкість хімічних реакцій. Ферменти. Будова, механізм дії. Роль ферментів у перетвореннях основних компонентів харчової сировини. Розчини. Способи визначення вмісту речовин в розчині. Регулювання рН харчових систем. Окисно-відновні реакції. Процеси, що відбуваються при зберіганні та переробці харчової сировини. Псування продуктів харчування. Поняття про хімічні та фізико-хімічні методи аналізу. Структура живих організмів. Теорія Бутлерова О.М. Класи органічних сполук. Амінокислоти, класифікація, властивості. Білкові речовини. Білки харчової сировини. Склад, будова, властивості, біологічні функції. Характеристика основних представників. Поширеність у природі. Роль білків у харчуванні. Взаємодія білків з іншими компонентами сировини. Методи виділення білків. Білки харчової сировини (м'яса, олійних, картоплі, інших рослин тощо).

### ***Змістовий модуль 2. Харчові кислоти. Жири. Вуглеводи. Вітаміни.***

Органічні кислоти, властивості, фізико-хімічні властивості харчових кислот. Естери. Ліпіди (жири і масла), їх склад, будова, основні кислоти ліпідів, властивості, біологічні функції. Класифікація ліпідів. Характеристика

основних представників. Поширеність у природі. Обмін ліпідів. Хімічні перетворення ліпідів при зберіганні та переробці харчових продуктів.

Класифікація. Прості і складні вуглеводи. Їх будова. Фізичні та хімічні властивості, знаходження в продуктах харчування. Дисахариди, будова, полісахариди, будова. Добування вуглеводів. Функції вуглеводів в організмі людини. Вуглеводи, що засвоюються і не засвоюються. Харчові тканини. Їх значення. Обмін вуглеводів.

Вітаміни. Поняття про гетероциклічні сполуки.

Вивчаючи цю дисципліну, студент повинен навчитися користуватися навчальною, довідковою, спеціальною та періодичною літературою.

**Мета** посібника полягає у наданні методичної допомоги студентам в процесі вивчення дисципліни “Харчова хімія” і виконання ними індивідуальних завдань.

Вивчення дисципліни повинно обов’язково супроводжуватися виконанням вправ і рішенням певних задач. Розв’язання задач та ситуаційних завдань – один з найкращих методів засвоєння предмету, перевірки та закріплення вивченого матеріалу.

Після засвоєння теоретичного матеріалу студент повинен приступити до виконання завдань для самостійної роботи, а потім пройти за результатами їх виконання усну співбесіду з викладачем.

Вирішування задач і відповіді на запитання необхідно обґрунтовувати з використанням основних теоретичних положень. При вирішенні числових задач необхідно наводити весь хід рішення і математичного перетворення.

Завдання для самостійної роботи виконуються студентом в окремому учнівському зошиті. Номера і умови задач студент повинен переписати у тому порядку, який вказаний в даному навчальному посібнику відповідно до умов пошуку індивідуального варіанта.

# РОЗДІЛ 1

## МІНЕРАЛЬНІ ТА БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ. ФЕРМЕНТИ

### 1.1 Основні хімічні поняття і закони

Усі речовини навколишнього світу поділяються на прості та складні. Вони побудовані з хімічних елементів, які в свою чергу складаються з атомів.

**Хімічний елемент** – сукупність атомів з однаковим позитивним зарядом ядра.

**Прості речовини** – речовини, що складаються з атомів одного елемента або з атомів одного виду. Наприклад:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Zn}$  та інші.

**Складні речовини** – речовини, що складаються з атомів різних елементів. Наприклад:  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$  та інші.

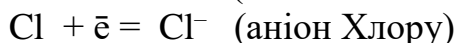
**Атом** – найменша хімічно неділима частинка хімічного елемента і простої речовини, що зберігає всі його хімічні властивості.

При хімічному сполученні атомів утворюються молекули.

**Молекула** – хімічна комбінація декількох атомів.

**Молекула** – найменша хімічно ділима частинка речовини, що зберігає всі її хімічні властивості.

**Іон** – атом (або молекула), що набули електричний заряд у результаті віддачі або приєднання електронів.



**Ступінь окиснення** - формальний заряд на атомі в молекулі в припущенні, що всі зв'язки в ній іонного типу.

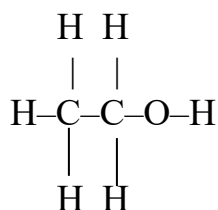
Молекула характеризується якісним і кількісним складом, хімічною будовою і масою. На письмі молекулу можна зобразити за допомогою молекулярної та структурної формул.

**Молекулярна формула** – хімічна формула, що вказує дійсну кількість атомів кожного сорту в молекулі. Наприклад, формула  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  показує, що наведена молекула складається з двох атомів Карбону, шести атомів Гідрогену і одного атома Оксигену.

**Структурна формула** – молекулярна формула, що враховує взаємне розташування атомів у молекулі і їхню валентність.

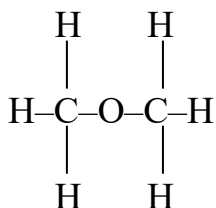
В таких формулах за допомогою рисочок позначають одинарний хімічний зв'язок між атомами.

Наприклад, молекула  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  може мати таку структурну формулу:



Ця будова відповідає речовині – етиловий спирт з певними властивостями.

Наведеній молекулярній формулі  $C_2H_6O$  може відповідати і інша структурна формула, яка показує, що існують інші варіанти сполучення атомів між собою (зі збереженням тих же валентностей атомів):



Це означає, що існує інша речовина, диметилловий етер, з таким же складом, як і етиловий спирт, але з іншою просторовою будовою і з іншими властивостями.

**Емпірична (найпростіша) формула** – хімічна формула, що вказує типи атомів у молекулі і їх кількісне співвідношення.

Так, речовина глюкоза має молекулярну формулу  $C_6H_{12}O_6$ , але їй відповідає емпірична формула  $CH_2O$ , яка показує, що в цій сполуці елементи Карбон, Гідроген і Оксиген знаходяться в співвідношенні 1:2:1.

**Хімічне рівняння** – відображення реакції у вигляді рівняння, в якому в обох частинах знаходиться однакова кількість атомів кожного елемента. Якщо в рівнянні присутні іони, то суми зарядів у лівій і правій частинах однакові.

Атоми, молекули, іони дуже маленькі частинки, їх абсолютними масами незручно користуватися, тому вводять поняття відносних мас. Маси атомів і молекул вимірюють відносно атомної одиниці маси.

**Атомна одиниця маси (а.о.м.)** –  $\frac{1}{12}$  частина маси атома Карбону  $^{12}C$ , що дорівнює  $1,66 \cdot 10^{-24}$  г.

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

**Атомна маса** – середня маса атомів елемента нормального ізотопного складу, що виражається в а.о.м. Більш повне визначення формулюється так:

**Відносна атомна маса елемента або просто атомна маса елемента  $Ar(X)$**  – це відношення середньої маси атомів природної суміші ізотопів певного елемента до  $\frac{1}{12}$  частини маси атома Карбону  $^{12}C$ .

Відносна атомна маса показує, у скільки разів маса атома даного елемента більше  $\frac{1}{12}$  маси атома Карбону. Відносна атомна маса – це безрозмірна величина.  $Ar(H) = 1,01$  тому, що маса атома Гідрогену приблизно дорівнює масі  $\frac{1}{12}$  частини атома Карбону.  $Ar(Fe) = 55,85$ . Це означає, що атом Феруму майже у 56 разів важче за  $\frac{1}{12}$  частину атома Карбону і у 56 разів важче атома Гідрогену.

Формульна маса – маса сукупності атомів у хімічній формулі, виражена в а.о.м. Якщо хімічна формула – молекулярна, то формульна маса збігається з відносною молекулярною масою.

**Відносна молекулярна маса** – маса молекули речовини, що виражена в а.о.м.

**Відносна молекулярна маса  $Mr(A_xB_y)$**  – це відношення маси молекули  $A_xB_y$  до  $1/12$  частини маси атома Карбону  $^{12}C$ .

Відносна молекулярна маса складається з відносних мас атомів, що входять до складу молекули.

$$Mr(A_xB_y) = Ar(A) \cdot x + Ar(B) \cdot y$$

Наприклад, відносна молекулярна маса фосфатної кислоти дорівнює:

$$Mr(H_3PO_4) = Ar(H) \cdot 3 + Ar(P) + Ar(O) \cdot 4 = 3 + 31 + 16 \cdot 4 = 98.$$

Це означає, що молекула фосфатної кислоти у 98 раз важче, ніж  $1/12$  частина атома Карбону.

Зверніть увагу на те, що молекулярна маса подвійних солей або кристалогідратів складається з молекулярних мас їх складових, як в прикладі із сіллю Мора. Маси усіх елементів такої складної сполуки складаються, а не перемножуються. Не треба крапки в цих формулах вважати знаком множення. Молекулярна маса солі Мора:

$$\begin{aligned} Mr((NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 5H_2O) &= Mr((NH_4)_2SO_4) + M(FeSO_4) + M(H_2O) \cdot 5 = \\ &= 14 \cdot 2 + 8 + 32 + 16 \cdot 4 + 56 + 32 + 16 \cdot 4 + 18 \cdot 5 = 374 \end{aligned}$$

У практичній діяльності оперують не окремими атомами і молекулами, а значно більшими кількостями речовини. Тому було введено поняття “кількість речовини”.

**Кількість речовини ( $n$  або  $\nu$ )** – фізичне поняття, що пов’язане з певним числом структурних одиниць речовини, виражається в молях (моль).

**Моль** – це така кількість речовини, яка містить стільки ж структурних одиниць (молекул, атомів, іонів, електронів тощо), скільки атомів міститься в 0,012 кг ізотопу Карбону  $^{12}C$ .

В 0,012 кг Карбону міститься  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомів  $^{12}C$ . 1 моль будь-якої речовини містить таку ж кількість структурних одиниць. Це число називають **числом Авогадро** і позначають  $N_A$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Наприклад, 1 моль води містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул  $H_2O$ ,

2 моль іонів  $PO_4^{3-}$  –  $12,04 \cdot 10^{23}$  іонів  $PO_4^{3-}$ ,

0,5 моль заліза –  $3,01 \cdot 10^{23}$  атомів Fe.

**Молярна маса речовини ( $M$ )** – маса одного моль речовини, що виражена в грамах. Чисельні значення молярної  $M$  (г/моль) і молекулярної  $Mr$  мас збігаються.

**Молярна маса** речовини  $X$  дорівнює відношенню маси речовини до кількості речовини

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$$

Відповідно, кількість моль речовини можна розрахувати за формулою:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$



У хімії усі розрахунки базуються на основі числа елементарних частинок. Елементарні частинки бувають реальні (атоми, молекули, іони, електрони тощо) і умовні. Елементарним об'єктом, що умовно виділений, є еквівалент.

**Еквівалент** – така формальна частинка (реальна або умовна – частина атома, частина молекули, частина іону, наприклад,  $\frac{1}{2} \text{Zn}$ ,  $\frac{1}{2} \text{Cl}$ ,  $\frac{1}{6} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\frac{1}{3} \text{Al}^{3+}$ ), яка рівноцінна за хімічною дією одному атому Гідрогену в кислотно-основній реакції, одному електрону ( $e$ ) в окисно-відновній реакції.

Усі названі частинки еквівалентні тому що усі вони, як і атом Гідрогену, в реакціях можуть прийняти або віддати тільки один електрон. Іншими словами, **еквівалентом** називається така реальна або умовна частинка, яка може приєднувати, визволяти або якимось іншим чином може бути еквівалентна одному атому Гідрогену у даній реакції, (одному іону Гідрогену ( $\text{H}^+$ ) – у кислотно-основних реакціях, або одному електрону ( $e$ ) – в окисно-відновних реакціях).

**Еквівалент елемента X** має символ  $\frac{1}{Z} X$ , де  $Z$  – валентність елемента або заряд його іона. Наприклад, еквівалент цинку позначається –  $\frac{1}{2} \text{Zn}$ , еквівалент алюмінію –  $\frac{1}{3} \text{Al}$ , еквівалент сульфат-іону –  $\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$  тощо. Основною одиницею кількості речовини є **моль**. Моль відноситься до любых видів елементарних частинок, з яких побудована речовина. Оскільки еквівалент є реальною або умовною частинкою, то одиницею його кількості також є моль. Для показання кількості моля еквівалентів застосовується символ  $n$ . Наприклад,  $n(\frac{1}{2} \text{Zn}) = 0,1$  моль,  $n(\frac{1}{3} \text{Al}^{3+}) = 0,05$  моль тощо.

Маса моль еквівалента називається **молярною масою еквівалента**. Так, наприклад, маса моль еквівалента цинку дорівнює 32,68 г, еквівалента алюмінію – 9 г. Молярна маса моль еквівалента записується таким чином:  $M(\frac{1}{2} \text{Zn}) = 32,68$  г/моль,  $M(\frac{1}{3} \text{Al}) = 9$  г/моль тощо. У загальному вигляді для елемента  $X$ , валентність якого  $Z$ , молярна маса еквівалента  $M(\frac{1}{Z} X) = A/Z$  г/моль, де  $A$  – атомна маса елемента. Таким чином, кількість еквівалентів вимірюється у молях, а молярна маса еквівалентів – у г/моль.

Закон еквівалентів є одним з основних законів хімії:

**речовини взаємодіють між собою в кількостях, що пропорційні їх еквівалентам або молярним масам еквівалентів:**

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{M(\frac{1}{z} A)}{M(\frac{1}{z} B)}, \quad \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z} A)} = \frac{m(B)}{M(\frac{1}{z} B)}, \quad n(\frac{1}{z} A) = n(\frac{1}{z} B)$$

Молярна маса еквівалента складної речовини може мати різні значення і залежить від того, до якої реакції вступає ця речовина.

**Молярна маса еквівалента кислоти  $M(\frac{1}{z} \text{H}_x\text{An})$**  дорівнює молярній масі кислоти, що ділиться на її основність у даній реакції, тобто на кількість атомів водню ( $z$ ), що прореагували у даній реакції.

$$M(1/z H_xAn) = \frac{M(H_xAn)}{z}$$

Наприклад, для реакції  $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 = CaSO_4 + 2H_2O$

$$M(1/z H_2SO_4) = \frac{M(H_2SO_4)}{\text{основність}} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/моль}, Z = 2$$

**Молярна маса еквівалента гідроксиду (основи)  $M(1/z Me(OH)_x)$**  дорівнює молярній масі основи, що поділена на її кислотність, тобто кількість груп  $OH^-$ , що з'єднуються з іонами Гідрогену у реакції нейтралізації.

$$M(1/z Me(OH)_x) = \frac{M(Me(OH)_x)}{z}$$

Наприклад, для наведеної вище реакції

$$M(1/z Ca(OH)_2) = \frac{M(Ca(OH)_2)}{\text{кислотність}} = \frac{74}{2} = 37 \text{ г/моль}, Z = 2$$

А для реакції  $HCl + Ca(OH)_2 = Ca(OH)Cl + H_2O$  кислотність луку  $Ca(OH)_2$  - 1 тому, що тут кислоти взято недостатньо і прореагувала тільки одна група  $OH^-$ , з реакції також видно, що один іон  $H^+$  є еквівалентним одній молекулі  $Ca(OH)_2$ , це означає:

$$M(1/z Ca(OH)_2) = \frac{M(Ca(OH)_2)}{\text{кислотність}} = \frac{74}{1} = 74 \text{ г/моль}, z = 1.$$

**Молярна маса еквівалента солі  $M(1/z Me_nAn_m)$**  дорівнює молярній масі солі, що поділена на добуток числа іонів (металу або аніона) та їх заряд за модулем.

$$M(1/z Me_nAn_m) = \frac{M(Me_nAn_m)}{n \cdot m}, \quad \text{де } z = n \cdot m$$

Наприклад:

$$M(1/z Cr_2(SO_4)_3) = \frac{M(Cr_2(SO_4)_3)}{n \times m} = \frac{392}{2 \times 3} = 65,3 \text{ г/моль}, Z = 6,$$

де:  $n$  - число атомів металу,  
 $m$  - валентність металу

**Молярна маса еквівалента оксиду  $M(1/z Me_nO_m)$**  дорівнює сумі молярних мас еквівалентів Оксигену і елемента (або молярній масі оксиду, що поділена на подвоєне число атомів Оксигену в даній сполуці):

$$M(1/z Me_nO_m) = \frac{M(Me_nO_m)}{2 \cdot m}, \quad \text{де } z = 2 \cdot m$$

Наприклад:

$$M\left(\frac{1}{z} CuO\right) = M\left(\frac{1}{z} Cu\right) + M\left(\frac{1}{z} O\right) = \frac{63,54}{2} + 8 = 31,77 + 8 = 39,77 \text{ г/моль}$$

$$M\left(\frac{1}{z} SO_2\right) = \frac{M(SO_2)}{2 \cdot \text{кілк.ат. Оксигену}} = \frac{64}{4} = 16 \text{ г/моль}, \quad z = 2.$$

Молярну масу еквівалента будь-якої складної речовини можна також розрахувати як суму молярних мас еквівалентів складових частин цієї речовини.

## 1.2 Будова атома. Мінеральні речовини. Макро- та мікроелементи

При вивченні цього розділу необхідно звернути увагу на сучасну квантово-механічну уяву про будову атома.

При всіх хімічних процесах змінюється не ядро атомів, а тільки електронні оболонки. Хімічна енергія, таким чином, сполучена з енергією електронів. **Електрон** ( $e^-$ ) – частинка, що має елементарний негативний заряд ( $1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл). Маса покою електрону мала і становить  $1/1837,14$  маси протону.

За законами квантової механіки електрон поряд зі властивостями речовини (частинки) володіє і властивостями електромагнітного поля. Таким чином, у властивостях електрона, в законах його руху виявляється нерозривність двох якісно різних форм існування матерії: речовини і поля. Електрону, як і любому мікрооб'єкту, притаманна **двоїста корпускулярно-хвильова природа**.

Рух електрона в атомі носить ймовірно-хвильовий характер. Простір навколо ядра, в якому з найбільшою ймовірністю може знаходитися електрон, називають **атомною орбіталлю (АО)**. Атомна орбіталь, як люба геометрична фігура, характеризується трьома параметрами (координатами), що одержали назву квантових чисел ( $n, l, m_l$ ). Вони визначають розмір ( $n$ ), форму ( $l$ ) і орієнтацію ( $m_l$ ) атомної орбіталі у просторі. Займаючи ту чи іншу атомну орбіталь, електрон утворює електронну хмару (електронну орбіталь). Форми електронних хмар аналогічні атомним орбіталям (рис.1). Електронна хмара характеризується чотирма квантовими числами ( $n, l, m_l, m_s$ ).

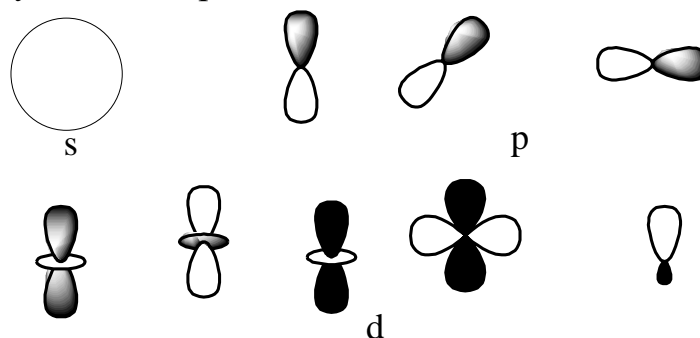


Рис.1. Форми і просторова орієнтація s-, p-, d-орбіталей

Набором цих чисел можна повністю охарактеризувати стан любого електрону в атомі. **Головне квантове число  $n$**  визначає основну характеристику електрону в атомі – його енергію та енергетичний рівень. Воно визначає також розміри атомних орбіталей. Для електронів, що знаходяться у станах, що не збуджені,  $n$  приймає значення від 1 до 7 (відповідно номеру періоду в періодичній системі елементів Д.І.Менделєєва). Сукупність електронів в атомі, що мають однакове значення  $n$ , називають **електронним шаром**. Ці шари позначають:

$n$	1	2	3	4	5	6	7
	K	L	M	N	O	P	Q

**Орбітальне квантове число  $l$**  вказує на різницю в енергії зв'язку електронів, що знаходяться у межах одного енергетичного рівня. Електрони даного енергетичного рівня групуються у підрівні. Орбітальне квантове число визначає форму електронних орбіталей атому (див. рис.1),  $l$  приймає значення цілих чисел від 0 до  $n - 1$ . Для  $n=1$   $l=0$ ; для  $n=2$   $l=0,1$ ; для  $n=3$   $l=0,1,2$ ; для  $n=4$   $l=0,1,2,3$ . Число підрівнів у кожному енергетичному рівні дорівнює його головному квантовому числу. Більше чотирьох підрівнів не заповнюється, тому що значення  $l=0,1,2,3$  описують електрони в атомах усіх відомих елементів. Атомні орбіталі, для яких  $l=0,1,2,3$ , відповідно називають s- p-, d- та f-орбіталями, а електрони, що займають ці орбіталі, - відповідно s-, p-, d- та f-електронами.

**Магнітне квантове число  $m_l$**  характеризує магнітний момент і просторове розташування електронних хмар (див. рис.1) Число можливих значень магнітного квантового числа при заданому  $l$  дорівнює  $2l+1$ , при цьому  $m_l$  змінюється від  $-l$  через 0 до  $+l$ . Так, якщо  $l=3$ , то  $m_l$  має 7 значень ( $2 \times 3 + 1 = 7$ ):  $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ .

**Спінове квантове число  $m_s$**  характеризує рух електрону навколо своєї вісі. Воно має значення  $+1/2$  та  $-1/2$ .

Енергетичний стан електрону схематично позначають у вигляді квантових (енергетичних) комірок , електрони у цих комірках позначають стрілками ↑↓

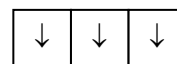
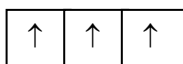
Розподіл електронів у атомах елементів в атомних орбіталях визначається принципом Паулі, принципом найменшої енергії та правилом Хунда.

1. **Принцип Паулі:** в атомі не може бути двох або більше електронів, що мають однаковий набір усіх чотирьох квантових чисел. Через те, що атомна орбіталь характеризується трьома квантовими числами:  $n, l, m_l$ , то в ній можуть знаходитися не більш, ніж два електрони з протилежними спінами. Згідно з принципом Паулі максимальне число електронів на рівні  $N=2n^2$ .

2. **Принцип найменшої енергії. Правило Клечковського:** послідовність розміщення електронів по атомних орбіталях у незбудженому стані повинна відповідати найбільшому зв'язку з ядром, тобто електрон повинен володіти найменшою енергією. Згідно з цим правилом електрони

заповнюють рівні та підрівні у такій послідовності (шкала енергій):  $1s^2 \rightarrow 2s^2 \rightarrow 2p^6 \rightarrow 3s^2 \rightarrow 3p^6 \rightarrow 4s^2 \rightarrow 3d^{10} \rightarrow 4p^6 \rightarrow 5s^2 \rightarrow 4d^{10} \rightarrow 5p^6 \rightarrow 6s^2 \rightarrow 5d^1 \rightarrow 4f^{14} \rightarrow 5d^{2-10} \rightarrow 6p^6 \rightarrow 7s^2 \rightarrow 6d^1 \rightarrow 5f^{14} \rightarrow 6d^{2-10} \rightarrow 7p^6$ , де s, p, d, f - енергетичні підрівні, цифри попереду літер означають енергетичний рівень, у якому знаходяться електрони, а індекс зверху справа показує число електронів на даному підрівні. Додержуючись шкали енергій, спочатку заповнюється 4s-підрівень, а потім 3d; 5s-підрівень, а потім 4d. Така послідовність заповнення рівнів та підрівнів обумовлена принципом найменшої енергії та правилом Клечковського: тому, що енергія електрону в основному визначається значеннями головного квантового числа n та орбітального l, то спочатку заповнюються ті підрівні, для яких сума значень  $n + l$  є меншою; якщо суми значень  $n + l$  рівні, то спочатку йде заповнення підрівня з більшим значенням l. Звідси витікає, що після 3p-підрівня заповнюється 4s-підрівень ( $n+1 = 4 + 0 = 4$ ), потім 3d-підрівень ( $n + 1 = 3 + 2 = 5$ ) і 5s-підрівень ( $n + 1 = 5 + 0 = 5$ ).

3. **Правило Хунда:** орбіталі у межах даного підрівня заповнюються спочатку по одному, тобто кожний електрон розташовується в окремій квантовій комірці у вигляді неспареного електрону. Іншими словами, за даним значенням l електрони розташовуються так, що сумарне спінове число їх ( $\Sigma m_s$ ) максимальне. Сумарний спін спарених електронів дорівнює нулю. Наприклад, якщо три p-орбіталі ( $p_x, p_y, p_z$ ) необхідно заповнити трьома p-електронами, то вони повинні розподілитися по одному у кожній окремій орбіталі (ячейці). Схематично розподіл електронів у квантових ячейках буде таким:



$$\Sigma m_s = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = +\frac{3}{2}$$

$$\Sigma m_s = -\frac{1}{2} + (-\frac{1}{2}) + (-\frac{1}{2}) = -\frac{3}{2}$$

Будова електронних оболонок тісно зв'язана з періодичною системою елементів Д.І. Менделєєва. Номер періоду дорівнює кількості енергетичних рівнів (електронна оболонка атомів елементів 2-го періоду має два енергетичних рівня, 3-го періоду – три, 4-го періоду – чотири тощо). Усього 7 енергетичних рівнів та відповідно 7 періодів. Довжина періодів визначається максимальною ємністю рівнів; 2, 8, 18, 32 електрони. У першому періоді 2 елементи, у другому та третьому – 8 елементів; у четвертому та п'ятому – 18 елементів; у шостому – 32 елемента; сьомий період не закінчений.

У залежності від того, на який енергетичний підрівень в атомі поступає останній електрон, елементи поділяються на s, p, d, f –елементи.

При цьому **s-елементи** складають I та II головні підгрупи періодичної системи (а також H та He); **p-елементи** складають III, IV, V, VI, VII, VIII головні підгрупи періодичної системи елементів; **d-елементи** складають побічні підгрупи періодичної системи.



Останній, 23-й електрон атома Ванадію займає d-орбіталь, таким чином, Ванадій відноситься до d-електронного сімейства.

Властивості елементів тісно пов'язані з будовою їх атомів. **Періодична повторюваність властивостей елементів обумовлена періодичним повторюванням схожих електронних угруповань атомів.** Наприклад, усі атоми головної підгрупи першої групи H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr мають на зовнішньому рівні по одному s-електрону; усі атоми елементів головної підгрупи другої групи Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra – по два s-електрони (це s-елементи); атоми елементів головної підгрупи третьої групи B, Al, Ga, In, Tl – два s-електрони і один p-електрон; атоми елементів головної підгрупи четвертої групи C, Si, Ge, Sn, Pb – два s-електрони і два p-електрони (тобто зовнішній енергетичний рівень цих атомів має однакову конфігурацію  $s^2p^2$ ). Конфігурація зовнішнього енергетичного рівня атомів елементів головної підгрупи п'ятої групи –  $s^2p^3$ , головної підгрупи шостої групи –  $s^2p^4$ , головної підгрупи сьомої –  $s^2p^5$ , головної підгрупи восьмої –  $s^2p^6$ . Відповідно елементи головних підгруп III- VIII груп називаються p-елементами і належать до p-електронного сімейства. Елементи побічних підгруп належать до d-електронного сімейства. Елементи, що йдуть за Лантаном (лантаноїди) і за Актинієм (актиноїди), належать до f-електронного сімейства.

Хімічна природа елемента обумовлюється здатністю його атома губити і здобувати електрони. Ця здатність може бути кількісно оцінена **енергією іонізації атома і енергією спорідненості до електрона.**

**Енергією іонізації** називають кількість енергії, що необхідна для відриву електрона від атома, який знаходиться в незбудженому стані. **Спорідненістю до електрона** називають енергетичний ефект процесу приєднання електрона до нейтрального атома з перетворенням його у негативно заряджений іон. Енергія іонізації є мірою металічних і у першому наближенні відновних властивостей елементів. Енергія спорідненості до електрона є мірою неметалічних і непрямих окиснювальних властивостей елементів. Найбільш повну характеристику металічних і неметалічних властивостей елементів, а також здатності атома даного елемента до відтягування на себе електронної густини у порівнянні до других елементів сполуки дає величина, що називається **електронегативністю (ЕН)**. Електронегативність атома може визначатися як арифметична напівсума його енергії іонізації та спорідненості до електрона. Чим більше ця величина, тим у більшій ступені елемент проявляє неметалічні властивості. Електронегативність має розмірність енергії. Користуватися її абсолютними значеннями незручно. Якщо прийняти електронегативність Літію за одиницю і порівняти з нею електронегативність інших елементів, то можна отримати прості і зручні для співставлення величини (таблиця 1).

У межах головних підгруп зверху донизу енергія іонізації, енергія спорідненості до електрона та електронегативність зменшуються, таким чином, у головних підгрупах зверху вниз збільшуються металічні властивості

елементів, основні властивості гідроксидів і відновні властивості відповідних сполук.

Таблиця 1

*Відносні електронегативності елементів*

H 2,1						
Li 0,98	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,07	O 3,50	F 4,0
Na 0,93	Mg 1,2	Al 1,6	Si 1,8	P 2,2	S 2,6	Cl 3,0
K 0,91	Ca 1,04	Ga 1,8	Ge 1,8	As 2,1	Se 2,5	Br 2,8
Rb 0,89	Sr 0,99	In 1,5	Sn 1,8	Sb 1,8	Te 2,1	I 2,6

У періодах зліва направо енергія іонізації, енергія спорідненості до електрона і електронегативність збільшується. У періодах зліва направо відбувається поступове зменшення металічних і зростання неметалічних властивостей.

Найактивніший неметал – Флуор, він є найбільш сильним окисником; найактивніші метали – Рубідій, Цезій, Францій, вони є найбільш сильними відновниками, а їх гідроксиди – найсильніші основи.

Номер групи, в якій знаходиться елемент, дорівнює значенню вищого ступеня оксидації його атома. Такого ступеня оксидації можуть досягати не всі елементи даної групи (наприклад, Оксиген, Флуор). Для деяких елементів (Купрум, Аргентум, Аурум) відомі сполуки, в яких вони проявляють ступінь оксидації більший, ніж номер групи. Для неметалів нижча ступінь оксидації відповідає числу електронів, які атому необхідно приєднати для утворення стійкої восьмиелектронної конфігурації. Так, для р-елементів VII, VI, V і IV груп вона дорівнює відповідно -1, - 2, - 3, - 4.

Форма і властивості сполук, що утворені даним елементом, визначає ступінь оксидації його атомів. Так, наприклад, формула селенової кислоти  $H_2SeO_4$  аналогічна формулі сульфатної кислоти  $H_2SO_4$ . Властивості оксидів і гідроксидів залежать від ступеня оксидації елементів, що їх утворюють. Якщо даний елемент проявляє змінну ступінь окиснення, то із збільшенням ступеня оксидації властивості останніх змінюються від основних через амфотерні до кислотних.



## s-Елементи

*s-Елементами* називають елементи періодичної системи, які мають будову зовнішнього енергетичного рівня  $ns^{1-2}$ , де  $n$  – головне квантове число. Вони об'єднуються у s-електронне сімейство, яке поділяють на  $ns^1$  – (підгрупа ІА) та  $ns^2$  – елементи (підгрупа ІІА). Гідроген і Гелій відрізняються від типових s-елементів і більш близькі до p-елементів VII та VIII підгруп, тому їх властивості звичайно розглядають при огляді властивостей елементів цих підгруп.

s-Елементи ІА-підгрупи називають *лужними металами*. Вони мають на зовнішньому рівні один електрон і віддають його при хімічних реакціях, таким чином, вони є активними відновниками. При збільшенні порядкового номера елемента відбувається збільшення атомного радіусу і зменшення енергії іонізації, відновлювальна активність лужних металів зростає зверху донизу в головних підгрупах періодичної системи Д.І.Менделєєва.

При взаємодії з киснем повітря тільки літій утворює оксид  $Li_2O$ ; натрій – пероксид  $Na_2O_2$ ; останні лужні метали – супероксиди  $MO_2$ , оксиди добувають непрямим шляхом. Лужні метали з водою утворюють гідроксиди (луги) і водень. Усі гідроксиди лужних металів є сильними основами і добре розчиняються у воді.

Елементи ІІА-підгрупи на зовнішньому енергетичному рівні мають два спарених електрони, один з яких при збудженні переходить на p-орбіталь, таким чином, валентність атомів досягає 2. Радіуси атомів ІІА-підгрупи менше, ніж у лужних металів, а енергія іонізації відповідно більше, відновлювальні властивості також, як у лужних металів, збільшуються зверху донизу у періодичній системі Д.І.Менделєєва.

Перші два елементи підгрупи – Берилій і Магній – відрізняються за своїми властивостями від інших елементів. Берилій за властивостями наближується до Алюмінію, оксид і гідроксид Берилію амфотерні. Берилій окиснюється киснем лише з поверхні, не реагує з водою. Магній взаємодіє з водою лише при нагріванні, його гідроксид є основою середньої сили. Останні елементи ІІА-підгрупи при взаємодії з киснем утворюють оксиди  $MO$ , які при розчиненні у воді утворюють луги, у зв'язку з чим метали ІІА-підгрупи, починаючи з Кальцію, називають *лужно-земельними*. Розчинність і основні властивості гідроксидів лужно-земельних металів зростають зверху донизу в групі у періодичній системі Д.І.Менделєєва.

Багато елементів у вигляді мінеральних солей, іонів, комплексних сполук і органічних речовин входять до складу живої матерії і є незамінними нутрієнтами, які повинні щоденно застосовуватися з їжею. Роль мінеральних речовин в організмі різноманітна.

Мінеральні речовини поруч з білками, вуглеводами і вітамінами є життєво важливими для побудови хімічних структур живих тканин, для біохімічних і фізіологічних процесів, що лежать в основі життєдіяльності організму. З ними пов'язані процеси кровотворення і зсідання крові. Крім

того, вони входять до складу або активізують дію ферментів, гормонів, вітамінів і, таким чином, приймають участь в усіх видах обміну речовин.

Терміновий дефіцит або, навпроти, надлишок мінеральних речовин веде до порушення обміну речовин і захворювання живого організму.

В залежності від кількості мінеральних речовин в організмі людини і продуктах харчування їх поділяють на **макро- та мікроелементи**. Так, якщо масова частка елемента в організмі перевищує  $10^{-2}\%$ , то його слід вважати **макроелементом**. Частка **мікроелементів** в організмі становить  $10^{-3} - 10^{-5}\%$ . Якщо вміст елемента нижче ніж  $10^{-5}\%$ , його вважають **ультрамікроелементом**.

Серед s-елементів до макроелементів відносять атоми Калію, Натрію, Кальцію, Магнію. Серед s-елементів до мікроелементів відносять атоми Стронцію, Літію, Барію та ін..

Атоми **Літію** зменшують вміст холестерину в крові, знижують артеріальний тиск. Недостатня кількість атомів Літію сприяє розвитку психозів, шизофренії. Солі Літію викликають деяке збільшення хронічної коронарної недостатності, при церозі і первинному ракові печінки.

**Натрій** – це важливий міжклітинний і внутрішньоклітинний елемент, атоми якого приймають участь у створенні необхідної стабільності крові, вони регулюють кров'яний тиск, водний обмін, активізують травні ферменти, регулюють діяльність нервових і м'язових тканин. Потреба людини – 4 – 6 г Натрію на добу, що відповідає 10 – 15 г кухонної солі. Харчові продукти раціону не забезпечують потребу людини в атомах Натрію, тому їжу підсолюють. Найбільше атомів Натрію міститься (мг/100 г) в житньому хлібі – 701, в сирах – 606, в яйцях – 143, в молоці – 51. Надлишок атомів Натрію перевантажує нирки, серце, підвищує кров'яний тиск, тому не слід вживати його більше 4 г на добу.

**Калій** – іони виявляють сечогінні властивості. Атоми Калію регулюють кислотно-лужну рівновагу в крові. Вони приймають участь в системі нервових імпульсів, активізують роботу деяких ферментів. Вважається, що атоми Калію мають захисні властивості проти небажаної дії надлишку атомів Натрію і нормалізують тиск крові.

Атоми **Калію** – підвищують тонус м'язів серця, регулюють виділення води з організму, збуджують органи кровообігу. Добова потреба людини – 2 – 3 г атомів Калію. Багато атомів Калію міститься (мг/100 г) в сушених абрикосах (курага) – 1780, в квасолі – 1144, в картоплі – 429, в м'ясі воловому – 338, в яблуках – 248.

Атоми **Кальцію** утворюють структурну основу костного скелету, впливають на проникність клітинних мембран, стискають стінки судин, приймають участь в процесах згортання крові. Вони впливають на нервово-м'язову збудженість, кислотно-основну рівновагу, функцію ендокринних залоз, активізують ряд ферментів, сприяють протизапальній дії. Добова потреба дорослої людини становить 800 мг атомів Кальцію. Найбільше

атомів Кальцію містять (мг/100 г) кисломолочні сири – 140, молоко – 118, крупи вівсяні – 65.

Атоми **Магнію** є активними каталізаторами ферментативних процесів, приймають участь у вуглеводному обміні, побудові кісток та зубів, регулюють нормальну збудливість нервової системи. В організмі вони тісно пов'язані з обміном атомів Кальцію і Фосфору. Частина атомів Магнію міститься в кістках, а друга – у вигляді іонів усередині клітин. Добова потреба людини – 400 мг. Надлишок атомів Магнію знижує засвоюваність атомів Кальцію. Оптимальним між атомами Кальцію і Магнію є співвідношення 1:0,5. Джерелом атомів Магнію для людини є хліб та круп'яні вироби. Значну кількість атомів Магнію містять горіхи та овочі.

### **p-Елементи**

До **p-сімейства** відносять елементи, в яких останній валентний електрон займає p-підрівень зовнішнього рівня. Тобто, елементи, що стоять у головних підгрупах III-VIII груп періодичної системи Д.І.Менделєєва, є p-елементами і загальна електронна формула їх  $ns^2np^{1-6}$ , де n – головне квантове число.

Найважливіші властивості елементів – валентність, окисно-відновна здатність, металічний і неметалічний характер – обумовлюються будовою їх атомів. Із збільшенням порядкового номеру елемента в періоді зростає енергія іонізації, енергія спорідненості до електрону і електронегативність у p-елементів. У підгрупах p-елементів зверху донизу константи зменшуються, тому що із збільшенням числа електронних шарів розміри атомів, як правило, збільшуються, і зовнішні валентні електрони знаходяться далі від позитивного ядра.

Валентні електрони p-елементів розташовані на зовнішньому енергетичному рівні, при цьому максимальна валентність дорівнює сумі зовнішніх s- і p-електронів і визначає номер групи елемента (виключення – атоми Нітрогена, Флуору, Оксигену).

Більшість p-елементів відноситься до неметалів, тому що на зовнішньому рівні у них знаходиться три і більше електронів. Такі елементи, як Al, Ge, Pb, Sb, Bi та ін. умовно розглядають як металічні, хоч вони зберігають багато властивостей неметалів.

Валентність p-елементів при утворенні гідрогенових сполук відповідає числу електронів, які необхідно приєднати до атому для завершення стійкої 8-електронної зовнішньої оболонки.

При зростанні порядкового номера p-елементів у межах групи зверху донизу неметалічні властивості зменшуються, а металічні зростають, отже, основні властивості оксидів і гідроксидів посилюються, а кислотні зменшуються. Якщо p-елемент проявляє змінний ступінь оксидації, то із зростанням ступеня оксидації збільшуються кислотні властивості його оксидів і гідроксидів.

Атоми р-елементів виявляють змінну валентність, при цьому для атомів, що належать до парних груп періодичної системи Д.І.Менделєєва, вона - парна, а у непарних групах – непарна. Це явище пояснюється розпарюванням р-електронів при збудженні. На відміну від елементів s- (крім Гідрогену), d-сімейств, що проявляють здебільшого відновні властивості, р-елементи можуть виявляти окисно-відновну двоїстість, тому що вони мають на зовнішньому рівні від трьох до восьми електронів. У зв'язку з цим більшість р-елементів схильна до реакції диспропорціювання, де один і той же елемент є окисником і відновником. Для кислот, утворених р-елементами, у проміжному ступені окисації також характерна реакція диспропорціювання.

Серед р-елементів до макроелементів відносять атоми Карбону, Нітрогену, Фосфору, Хлору, Оксигену, Сульфур. Серед р-елементів до мікроелементів відносять атоми Кремнію, Йоду, Броду, Фтору, Алюмінію, Селену.

Атоми **Карбону** входять до складу усіх тканин і клітин у формі білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, гормонів.

Атоми **Нітрогену** – складова частина амінокислот, білків, вітамінів, гормонів.

Атоми **Фосфору** відіграють значну роль в обміні речовин, бере участь у побудові кісткової тканини, зубів, входить до складу нуклеїнових кислот, коферментів, фосфоліпідів, які є основними компонентами клітинних мембран. Додова потреба становить приблизно 1200 мг фосфору. Основним джерелом Фосфору є молоко та хліб. Атоми Фосфору містить сир голландський – 544 мг/100 г, квасоля - 541мг/100 г, крупа вівсяна – 360 мг/100 г, печінка волова – 342 мг/100 г. Багато Фосфору міститься в рибі, м'ясі, квасолі, горосі. Треба мати на увазі, що надлишок атомів Фосфору в організмі призводить до втрати кістками атомів Кальцію, а надлишок атомів Кальцію – призводить до сечокам'яної хвороби. Оптимальним між атомом Кальцію і атомом Фосфору є співвідношення 1:1,5.

Атоми **Алюмінію** впливають на ферментативні процеси, розвиток тканин, на обмін атомів Фосфору.

**Оксиген** належить до числа найважливіших елементів, становить основу живих систем. Окиснення оксигеном поживних речовин – вуглеводів, білків, жирів є основою джерела енергії, необхідної для роботи органів і тканин живих організмів.

**Сульфур** життєво необхідний макроелемент, входить до складу багатьох біологічних молекул – білків, амінокислот, гормонів, вітамінів. Людині на добу потрібно 1 г атомів Сульфур, що задовольняється білоквмісними харчовими продуктами (м'ясо, риба, яйця).

Атоми **Селену** в комплексі з якою - небудь кислотою входять до складу активних центрів декількох ферментів, які можуть захищати клітини від руйнівної дії органічних пероксидів та  $H_2O_2$ .

Галогени у вигляді різних сполук входять до складу тканин людини і тварини. Атоми Хлору та Йоду є незамінними елементами, вони є постійними складовими частинами тканин.

**Хлор** – макроелемент, разом з атомами Натрію забезпечує утворення хлоридної кислоти соку шлунку, регулює тиск крові. Добова потреба людини – 2 г, але з сіллю його надходить 6 – 9 г, що шкодить організму. Тому в багатьох випадках рекомендують використовувати кухонну сіль в обмеженій кількості. Порівняно багато атомів Хлору міститься (мг/100 г) в сирах – 880, в яйцях – 106, в молоці – 106, в м'ясі воловому - 76.

**Флуор** – це мікроелемент, необхідний для формування зубів. Брак атомів Фтору викликає їх карієс, а надлишок – плямистість емалі і дистрофію. Людина отримує на добу з водою 1 – 1,5 мг атомів Флуору, з їжею – 0,23 – 0,35 мг Там, де вміст атомів Фтору в воді становить 0,7 і менше мг/дм<sup>3</sup>, – поширюється хвороба зубів – так званий карієс. Вивчаючи хімічний склад здорових та уражених зубів, вчені помітили, що при карієсі майже наполовину менше атомів Флуору в зубах. Людина отримує на добу з водою 1 – 1,5 мг атомів Флуору, з їжею – 0,23 – 0,35 мг.

Атоми **Йоду** – беруть участь в утворенні гормону щитовидної залози. При їх нестачі розвивається зобна хвороба. Добова потреба людини – 100 – 260 мкг. Атоми Йоду містяться в рослинних і тваринних продуктах морських районів. На кількість атомів Йоду в продуктах впливає їх вміст у ґрунті території, з якої збирався урожай. У випадку продуктів, що бідні на атоми Йоду, щоб попередити захворювання на зоб, застосовують йодовану сіль.

Земна поверхня містить  $3 \cdot 10^{-3}$  процентів атомів **Брому**. А на поверхні в ґрунтах його трохи менше –  $2 \cdot 10^{-4}$  процентів. У повітрі атомів Брому більше порівняно з іншими мікроелементами. Рослини мають здатність вбирати атоми Брому із зовнішнього середовища, тому концентрація цього мікроелемента в наземних рослинах на півпорядка вища, ніж у ґрунтах, а в морських водоростях майже на півтора порядки більше, ніж у морській воді. В організм людини атоми Брому надходять переважно з харчовими продуктами тваринного походження, які містять його більше, ніж продукти рослинного походження.

Організм дорослої людини потребує цього елемента 2,0 – 3,0 мг на добу.

При різних патологічних станах організму, коли порушується нормальне співвідношення між процесами збудження та гальмування в корі мозку, атоми Брому нормалізують діяльність кори і нервової системи в цілому.

**Плюмбум, Станум** – ультрамікроелементи. В продукти харчування ці елементи потрапляють з різних джерел, наприклад, атоми Плюмбуму – від посуду, припоїв, обладнання, газів автотранспорту; атоми Стануму – від полуди металевих банок. Атоми Плюмбуму і Стануму містяться в деяких продуктах переважно тваринного походження в кількості: Атоми Плюмбуму –

0,05 – 0,1 мг/кг, атоми Стануму – в тих же продуктах в кількості 0,003 - 0,006 мг/кг. У таких пропорціях вони не шкодять організму людини.

### **d –Елементи**

Загальна електронна формула елементів d-сімейства  $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$ , де n - головне квантове число. **d-Елементи** складають побічні підгрупи періодичної системи Д.І.Менделєєва, їх називають **перехідними**. Усі 32 елементи цього сімейства є метали, тому що їх атоми на зовнішньому енергетичному рівні містять один або два електрони (за виключенням Паладію). Внаслідок цього атоми перехідних елементів мають порівняно невисокі потенціали іонізації і у сполуках, як і s-елементи, виявляють тільки позитивні ступені оксидації. Однак між металами головних і побічних підгруп є і суттєва різниця: для утворення хімічних зв'язків атоми перехідних елементів можуть використовувати не тільки зовнішній електронний шар (як s-елементи), але також й d-електрони і вільні d-орбіталі передостаннього шару. Тому для більшості d-елементів характерний цілий ряд ступенів оксидації, кислотно-основних і окисно-відновних властивостей.

Серед d-елементів до мікроелементів відносять атоми Феруму, Кобальту, Купруму, Хрому, Цинку, Молібдену, Мангану, Ніколю.

Атоми **Хрома** входять до складу рослинних і тваринних організмів. Атоми **Молібдена** входять до складу різних ферментів. Атоми **Мангану** входять до складу неорганічних сполук організму. Атоми **Ферума** містяться у тканинах рослин і тварин. Атоми **Кобальта** входять до складу вітаміну B<sub>12</sub>. **Купрум** – необхідний мікроелемент живих організмів.

Основна кількість атомів **Феруму** надходить в організм людини з продуктами рослинного походження. Добова потреба дорослої людини становить 13 – 15 мг, а під час росту організму та при вагітності підвищується. Неорганічні солі двовалентного Феруму при надходженні в шлунково-кишковий тракт добре вбираються, а атоми Феруму, що входять в органічні комплекси, проникають через стінки кишечника тільки після їх руйнування. Участь атомів Феруму в обміні речовин надзвичайно різноманітна. Включаючись у молекулу складного органічного комплексу, що носить назву порфірину, Ферум перетворює його у високоактивну в фізіологічному відношенні сполуку-гем. Вступаючи у зв'язок з білком-глобіном, він утворює дихальний пігмент крові – гемоглобін, який забезпечує постачання кисню для всіх клітин організму. За добу в організмі людини синтезується 8 г гемоглобіну. Атоми Феруму входять до складу таких ферментів як каталаза і пероксидаза, що каталізують процес розкладу токсичного для клітин організму гідроген пероксиду, який утворюється в процесі обміну речовин в тканинах організму.

Якщо в організм надходить недостатня кількість атомів Феруму, то розвивається так звана аліментарна (харчова) ферумодефіцитна анемія. Ознаками цієї хвороби є зниження вмісту червоних кров'яних тілець (еритроцитів) та гемоглобіну в крові. Хвороба легко піддається лікуванню.

Досить ввести в організм хворого солі Феруму – і людина видужує. В таблиці 2 наведена кількість атомів Феруму в різних продуктах.

**Таблиця 2**

**Кількість атомів Феруму в продуктах**  
(мг% в сирій сировині)

Хліб пшеничний	0,9	Салат	0,5
Хліб житній	1,6	Яблука	0,4
Квасоля	7,9	Груші	0,3
Горох	5,7	Чорнослив сухий	2,5
Картопля	0,7	Виноград	0,7
Капуста	0,9	Ізюм	2,8
Морква	0,5	Суниці	7,8

**Кобальт** входить до складу вітаміну В<sub>12</sub>, який стимулює процеси утворення крові в організмі людини і тварин. У зв'язку з чим вітамін В<sub>12</sub> називають антианемічним вітаміном. В його молекулі є 4 – 4,5 % Кобальту. Більшість цього мікроелементу знаходиться в інших тканинах організму. Атоми Кобальту містяться у більшості харчових продуктів у різній кількості. З рослинних продуктів багаті на цей мікроелемент буряки, капуста, морква, червоний перець, зелень, цибуля, редиска, смородина. Особливо багато цього мікроелемента в горосі, трохи менше у вівсяних крупах та квасолі. Найбільше атомів Кобальту міститься в печінці тварин (у яловичій – 19,53 мкг%, в свинячій – 11,45 мкг%) та нирках. У рибі найбільше атомів Кобальту міститься в трісці і кеті. Вміст атомів Кобальту в молоці коливається від 0,88 до 1,67 мкг %.

Встановлено, що лише 70 – 80% атомів Кобальту, який надходить з харчовим раціоном, засвоюється організмом здорової людини. При нормальному харчуванні організм одержує 40 – 50 г атомів Кобальту на добу.

Атом **Мангану** необхідний для нормального перебігу різноманітних фізіологічних процесів у організмі людини. Атоми Мангану є складовою частиною ферментативних систем, складовою частиною всіх тканин організму. Впливають на білковий та вуглеводний обмін, на окисно-відновні процеси в організмі. Атоми Мангану підвищують обмін жирів і цим захищають печінку від відкладання жиру, беруть участь в процесі кровотворення, містяться в продуктах рослинного і тваринного походження (табл. 3).

**Таблиця 3**

**Кількість атомів Мангану в продуктах**  
(мг % в сирій сировині)

Рисові висівки	6,0
Рис неполірований	0,78

Рис полірований	0,1
Печінка (волова)	0,298
Печінка (свиняча)	0,265

Найбільше атомів Мангану в кукурудзі, яблуках, чорній смородині, грушах та малині. В продуктах тваринного походження атомів Мангану небагато.

Атоми **Купруму** є необхідним елементом в метаболізмі людини, приймають участь в утворенні еритроцитів, визволенні атомів Феруму тканин і розвитку скелету, центральної нервової системи і з'єднувальної тканини. Під час довготривалого харчування лише молочними продуктами може розвинутих недокрів'я. Але якщо додати до їжі мікроконцентрацій солей Купруму, воно швидко минає.

Атоми Купруму активують утворення цитохромів і входять до складу цитохромоксидази. Іони Купруму та різні органічні комплекси атомів Купруму беруть участь у регуляції обміну речовин. Атоми Купруму каталізують процес утворення гемоглобіну, який входить до складу еритроцитів і прискорює транспортування кисню до клітин організму.

Атоми **Цинку**, входячи до складу певних білкових молекул, надають їм властивості ферментних систем, здатних каталізувати перебіг певних біохімічних перетворень та біохімічних процесів. Значно більша група ферментів активізується атомами Цинку. Активність їх може істотно змінюватися від концентрації атомів Цинку в тканинах організму.

Загальна кількість атомів **Молибдену** в організмі дорослої людини складає близько 7 мг. Вміст Молибдену у крові складає білизько 0,5 мкг на 100 см<sup>3</sup>. Більш високі концентрації цього елемента були встановлені у людей, що проживають в регіонах, де ґрунт найбільш багатий сполуками цього металу.

Молибден є складовою частиною ряду ферментів, таких як ксантинооксидаза, альдегідоксидаза, сульфатоксидаза. Відомо, що Молибден гальмує розвиток карієсу.

Денна потреба в Молибдені складає 2 мкг на 1 кг ваги тіла.

Найбільш багаті Молибденом різні види овочів (наприклад бобові) та внутрішні органи тварин (табл. 4).

**Таблиця 4**

**Кількість атомів Молибдену в продуктах**  
(мг % в сирій сировині)

Пшениця	68,5	Яблука	4,5
Картопля	25,3	Груші	13,5
Квасоля	108,4	Полуниці	10,0
Горох	76,3	Печінка (волова)	79,7
Малина	11,0	М'ясо (волове)	34,2
Капуста	15,7	Селезінка (волова)	34,1



Буряк	14,1	Яйце (куряче)	55,2
Суниці	8,1	Молоко (коров'яче)	8,3

В таблиці 5 наведено кількість макро- та мікроелементів, що необхідна для організму дорослої людини та дітей відповідно добових фізіологічних потреб встановлених для середньостатистичної людини та дитячого організму.

**Таблиця 5**

*Добове надходження елементів до організму людини (в мг)*

Елемент	Дорослі	Діти
K	2000 – 5500	530
Na	1100 – 3300	260
Ca	800 – 1200	420
Mg	300 – 400	60
Zn	15	5
Fe	10 – 15	7
Mn	2,0 – 5,0	1,3
Cu	1,5 – 3,0	1
Mo	0,075 – 0,250	0,06
Cr	0,05 – 0,2	0,04
Co	близько 0,2 (вітамін B <sub>12</sub> )	0,001
Cl	3200	470
I	0,15	0,07
F	1,5 – 4,0	0,6
Se	0,05 – 0,07	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	800 – 1200	210
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10	-

**Приклад.** В якому періоді і в якій групі знаходяться елементи, атоми яких мають таку будову зовнішнього та передостаннього електронних шарів: а)  $2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ; б)  $3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$ ? До якого електронного сімейства відносяться ці елементи? Назвіть найвищий ступінь окисації. Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі?

**Розв'язання.** Кількість енергетичних рівнів у атомі дорівнює номера періоду, в якому знаходиться даний елемент.

а) Електрони атома розташовані на трьох енергетичних рівнях, таким чином, цей елемент знаходиться у третьому періоді. Загальне число електронів s- і p-підрівнів останнього (зовнішнього) електронного шару дорівнює трьом, це означає, що елемент розташований у третій групі, головній підгрупі. У 3-му періоді, третій групі головної підгрупи знаходиться Алюміній. У атома Алюмінію останній електрон розташований на p-підрівні,

отже, елемент належить до р-електронного сімейства. Віддаючи три електрони із зовнішнього рівня, атом Алюмінію перетворюється в іон зі ступенем оксидації +3. Формула оксиду –  $Al_2O_3$ . Атоми Алюмінію впливають на ферментативні процеси, розвиток тканин, на обмін атомів Фосфору.

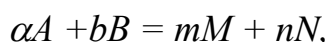
б) Електрони атома розташовані на чотирьох квантових рівнях, отже, даний елемент знаходиться у четвертому періоді. Загальне число s-електронів зовнішнього рівня і незавершеного d-підрівня дорівнює семи, отже, елемент розташований у сьомій групі, побічній підгрупі. У четвертому періоді, VII групі побічній підгрупі знаходиться Манган. Останній електрон займає d-підрівень, Манган – d-елемент. Вищий ступінь оксидації +7. Формула оксиду, що відповідає такому ступеню оксидації,  $Mn_2O_7$ . Атом Мангану необхідний для нормального перебігу різноманітних фізіологічних процесів у організмі людини. Атоми Мангану є складовою частиною ферментативних систем, складовою частиною всіх тканин організму, впливають на білковий та вуглеводний обмін, на окисно-відновні процеси в організмі. Атоми Мангану підвищують обмін жирів і цим захищають печінку від відкладання жиру, беруть участь в процесі кровотворення, містяться в продуктах рослинного і тваринного походження.

### 1.3 Основи хімічної кінетики. Ферменти

**Кінетика** – вчення про швидкість різних процесів, в тому числі хімічних реакцій (хімічних перетворень). **Хімічний стрибок** – це якісний стрибок, при якому зникають одні речовини і утворюються інші. При хімічних перетвореннях зустрічається таке поняття як система. **Система** – це речовина або сукупність речовин, що реально або умовно відокремлена від навколишнього середовища. Систему, яка не взаємодіє з навколишнім середовищем, не обмінюється з ним ні речовиною, ні енергією, називають **ізолюваною**. Систему, що обмінюється з навколишнім середовищем і речовиною, і енергією, називають **відкритою**. **Фаза** – це частина системи, відокремлена від інших її частин поверхнею поділу. Система, що складається з однієї фази, називається **гомогенною**. Система, що складається з декількох фаз, називається **гетерогенною**.

Швидкість хімічної реакції кількісно характеризується зміною концентрацій реагуючих речовин в одиницю часу. Швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин в ступені їх стехіометричних коефіцієнтів.

В загальному випадку для швидкості прямої реакції, що протікає за рівнянням:



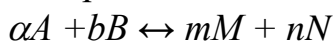
буде дійсним рівняння:  $v_l = \kappa_l[A]^\alpha[B]^b$ , а для зворотної

$v_2 = \kappa_2[M]^m[N]^n$ , де  $\kappa_1$  називають **константою швидкості** прямої, а  $\kappa_2$  – зворотної реакції.

Хімічні реакції є оборотними. Це означає, що не тільки вихідні речовини в прямій реакції перетворюються в кінцеві продукти, а й кінцеві, взаємодіючи один з одним, перетворюються у вихідні, тобто одночасно з прямою протікає й зворотня реакція.

Під час перебігу прямої реакції її швидкість падає, тому що концентрації вихідних речовин зменшуються; швидкість зворотної реакції, навпаки, зростає, внаслідок зростання концентрацій продуктів реакції. Коли швидкість прямої і зворотної реакцій стають рівними одна одній, настає **хімічна рівновага**. Концентрації усіх речовин перестають змінюватися (досягають рівноважних значень), хоч обидві реакції фактично продовжують протікати. Хімічна рівновага, таким чином, має динамічний характер.

Таку реакцію можна означити рівнянням:



$$v_1 = v_2,$$

$$\kappa_1[A]^\alpha[B]^b = \kappa_2[M]^m[N]^n.$$

Звідси

$$K_p = \frac{\kappa_1}{\kappa_2} = \frac{[M]^m \cdot [N]^n}{[A]^\alpha \cdot [B]^b},$$

$K_p$  називають **константою рівноваги**.

Значна кількість реакцій відбувається в присутності каталізаторів. **Каталізаторами** називають речовини, які при введенні до реакційної системи різко змінюють швидкість реакції і залишаються при цьому в хімічно незмінному вигляді.

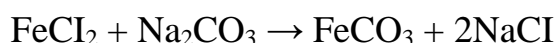
Живий організм являє собою типову відкриту систему, що безперервно обмінюється з навколишнім середовищем і речовинами і енергією.

Усі біохімічні процеси, що відбуваються в клітинах живих організмів, протікають в умовах сталості температури і тиску.

Основним джерелом енергії для людини є хімічна енергія, що заключена в харчових продуктах, частина якої (за мінусом енергії, що виводиться з організму разом з продуктами життєдіяльності) витрачається на: 1) виконання роботи в організмі, що пов'язана з диханням, кровообміном, секрецією соків тощо; 2) нагрівання повітря, що вдихається, а також необхідної води та їжі; 3) покриття втрати теплоти в навколишнє середовище при випаровуванні вологи з поверхні тіла; 4) виконання зовнішньої роботи, що пов'язана з усіма переміщеннями людини в його трудовій діяльності.

Усі хімічні реакції можна поділити на дві великі групи:

1) **обмінні реакції**, в яких відбувається лише рекомбінація атомів або іонів, але не відбувається зміна їх ступенів окиснення, наприклад:



2) **окисно-відновні реакції**, при яких відбувається частковий або повний перехід електронів від одних атомів або іонів до інших з відповідною зміною ступенів окиснення цих атомів або іонів, наприклад:



В першому випадку жоден з атомів, що приймав участь в реакції, не змінив початкового ступеня окиснення ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{C}^{+4}$ ,  $\text{O}^{-2}$ ), у другому випадку ступінь окиснення іонів Феруму змінюється від +2 до +3, атомів Хлору – від 0 до -1.

Окисно-відновні реакції відіграють виключну роль в обміні речовин та енергії, що відбувається в організмі людини та тварин. Цей обмін має дві сторони: 1) пластичну, що призводить до синтезу складних органічних речовин, необхідних для оновлення тканин та клітин, з речовин, які поступають до організму головним чином з їжею (анаболічні процеси, або процеси асиміляції); 2) енергетичну, що призводить до розкладання (окиснення) складних високомолекулярних речовин, які відіграють роль біологічного палива, до більш простих речовин –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  тощо (процеси дисиміляції).

Прикладом протікання окисно-відновних реакцій є окиснювальне та біохімічне згіркнення ліпідів. Так, в рослинних оліях, які містять значну кількість ненасичених жирних кислот, відбуваються, головним чином, процеси автоокиснення киснем повітря. Кращими умовами зберігання ліпідів в спеціальних баках – резервуарах є: температура 4-6 °C, відносна вологість повітря – 75%. В побуті їх слід зберігати в закритій скляній тарі в темряві, залишаючи мінімальним повітряний простір. Тваринні жири (яловичий, свинячий, бараній) за своїм жирнокислотним складом (незначний вміст високоненасичених жирних кислот) повинні були б володіти високою стійкістю при зберіганні. Найбільш нестійкими є вершкове масло, маргарини, комбіновані олії. Висока вологість, наявність білкових та мінеральних речовин сприяє розвитку мікрофлори, і як наслідок, інтенсифікації процесів біохімічного згіркнення.

В клітинах живих організмів здійснюються сотні хімічних реакцій, що ведуть до перетворення органічних сполук. Хімічні реакції в біологічних системах йдуть в присутності каталізаторів, роль яких виконують специфічні речовини, які називаються **ферментами**.

### Хімічна природа ферментів

**Ферменти** (ензими) – це біологічні каталізатори, що синтезуються в живих клітинах і здатні значною мірою прискорювати різні хімічні реакції без помітної витрати їх самих. За своєю природою вони – високомолекулярні сполуки і відносяться або до простих білків – **протеїнів**, або до складних –

**протеїдів.** Ферменти, що відносяться до протеїдів, складаються з білка і небілкової частини - **простетичної групи.** Білкова частина ферменту називається **апоферментом,** а **простетична група – коферментом.** Коферментами в молекулах ферментів можуть бути вітаміни, атоми Феруму, що зв'язані з певними органічними речовинами, атоми Купруму, Цинку, Мангану та інших елементів.

**Ферменти** відрізняються від хімічних каталізаторів, а саме:

1) Це надзвичайно сильні каталізатори: ферментативна реакція протікає в  $10^6 - 10^{12}$  разів швидше, ніж спонтанна у водному розчині, що не каталізується.

2) В живих організмах в присутності ферментів за секунди, а іноді й за частки секунд, здійснюються складні послідовні реакції, для проведення яких в хімічній лабораторії необхідно було б дні, тижні, а часто й місяці роботи.

3) Реакції, що каталізуються ферментами, на відміну від хімічних реакцій органічних речовин, що відбуваються в лабораторних умовах, йдуть без утворення побічних продуктів, майже зі 100%-ним виходом.

Ферменти забезпечують одну з основних властивостей біологічних процесів – ступінчастість. Завдяки цьому обмін речовин регулюється на рівні проміжних продуктів реакцій, при цьому енергія вивільняється невеликими порціями й легше протікає синтез біополімерів.

Ферменти мають велике практичне значення: на використанні різних ферментативних процесів засновано багато галузей харчової промисловості – виробництво хліба, виготовлення сирів, виробництво м'ясних та молочних продуктів, чаю, органічних кислот, амінокислот, антибіотиків тощо. Наприклад, за додавання ферментів до пшеничного борошна скорочується процес хлібопечення і поліпшується смак та аромат хліба. За допомогою ферментів можна прискорити процес освітлювання фруктових соків. Застосування пектолітичних ферментів, глюкооксидази і каталази дозволяє на 25-30% збільшити вихід соку із слив, абрикосів, персиків і чорної смородини. Використання ферментних препаратів у пивоварінні економить 165кг ячменю для виробництва одного декалітра пива. Обробка м'яса ферментними препаратами папаїну, фіцину, бромеліну, панкреатину та іншими прискорює його дозрівання, покращує його смак, сприяє розм'якшенню м'якоті.

Фермент глюкооксидаза, що виділяється з деяких видів цвілі, запобігає псуванню м'яса, риби, жирів, майонезу, сиру, сухого молока, пива, соків і інших харчових продуктів, і тому використовуються для їх зберігання. Цей фермент разом з киснем окиснює глюкозу, перетворюючи її на глюконову кислоту і гідроген пероксид, зв'язуючи таким чином кисень.

Ферменти, що виділяють мікроорганізми, призводять до псування харчових продуктів: почорніння очищеної картоплі, потемніння грибів і яблук, руйнування вітаміну С, прокисання, бродіння і гниття продуктів. Для зниження активності ферментів швидкопсувні продукти під час зберігання

поміщають в камери з низькою температурою або вживають заходи щодо інактивації ферментів.

## Властивості ферментів

**Ферменти** мають *термолабільний* характер. Активність ферментів збільшується за температури від 0<sup>0</sup> до 40-50<sup>0</sup>С. При подальшому підвищенні температури від 50<sup>0</sup> до 70<sup>0</sup>С активність ферментів падає; за температури вище 80<sup>0</sup>С багато ферментів втрачають свою активність. Дуже сильно падає активність ферментів за температури нижче 0<sup>0</sup>С. Усі ферменти здатні працювати у відносно м'яких умовах, за температури 25 – 40<sup>0</sup>С.

Усі ферменти чутливі по відношенню до середовища. Більшість ферментів виявляють активність у слабко лужному середовищі, за винятком пепсину, який має активність в кислому середовищі.

**Ферменти** – специфічні каталізатори. Білкова природа ферментів обумовлює одну з найважливіших властивостей ферментів – їх високу специфічність. Вона полягає в тому, що кожний фермент каталізує певну хімічну реакцію або тип хімічної реакції. На відміну від неорганічних каталізаторів чи каталізаторів із простою молекулярною будовою, ферменти мають високу субстратну специфічність, тобто специфічні до певного субстрату або групи близьких за хімічною будовою субстратів. Субстратна специфічність значною мірою визначає координацію деяких хімічних перетворень в обміні речовин. Завдяки своїй високій специфічності ферменти обирають із ряду термодинамічно можливих хімічних реакцій лише деякі й тому не тільки прискорюють біохімічні перетворення, а й часто визначають загальний напрямок метаболічних процесів. Наприклад, сахараза розщеплює сахарозу, лактаза – лактозу, пепсин розщеплює білки до пептонів.

Речовини, які підвищують активність ферментів, називаються **активаторами**, а ті, що пригнічують дію ферментів, - **інгібіторами**, або паралізаторами.

## Класифікація ферментів

Сучасна наукова система класифікації та нумерації (індексації) ферментів, а також номенклатура ферментів засновані на природі хімічного перетворення, яке характеризується сумарним рівнянням ферментативної реакції.

За цією ознакою всі відомі нині ферменти поділяються на шість головних класів:

### **1. Оксидоредуктази**

Ферменти, що приймають участь в окисно-відновних реакціях, що протікають в тканинах. Серед оксидоредуктаз розрізняють нікотинамідні дегідрогенази, флавонові ферменти, оксидази, оксигенази, гідроксидази, цитохроми тощо.

## **2. Трансферази.**

Ферменти, що сприяють перенесенню окремих атомів або груп атомів з однієї молекули на іншу або в межах самих молекул. У залежності від того, перенесення якої групи вони здійснюють, розрізняють фосфо-, метил-, карбоксил-, аміно-, форміл-глікозилтрансферази та ін.

## **3. Гідролази.**

Каталізують розщеплення складних речовин на прості, що супроводжується приєднанням води, і прискорюють синтези речовин, що пов'язані з виділенням води. Ці реакції називають гідролітичними (зв'язки між атомами Карбону та Оксигену в жирах, вуглеводах, а також між атомами Карбону і Нітрогену в білкових речовинах). Гідролази поділяються на *естерази* – розщеплення жирів та естерів; *глюкозидази* – розщеплення глюкозидних зв'язків в вуглеводах; *пептидази* – каталізують розщеплення пептидних зв'язків в білках та в продуктах їх розкладання.

## **4. Ліази.**

Ферменти, які сприяють розриву зв'язків між атомами Карбону не гідролітичним шляхом. Багато ліаз приймають участь в процесах обміну.

## **5. Ізомерази.**

Ферменти, що сприяють різним ізомерним перетворенням.

## **6. Лігази, або синтетази.**

Прискорюють реакції синтезу, що відбуваються за рахунок розщеплення багатих енергією речовин.

Кожний клас ферментів поділяється на підкласи. Оксидоредуктази класифікуються за природою хімічних груп, які окиснюються в молекулі донора (наприклад окиснюється спиртова група, альдегідна або кетонна, аміногрупа тощо). Трансферази класифікуються за типом залишків, які транспортуються (ацильні, альдегідні, глікозильні, групи, що містять атоми Сульфуру, Фосфору тощо). Гідролази поділяють за типом зв'язків, які гідролізуються (глікозильні, альдегідні, амідні тощо). Ліази класифікуються за природою зв'язків, які розриваються (C–C-ліази, C–O-ліази, C–N-ліази, C–S-ліази тощо); ізомерази – за типом реакції ізомеризації (рацемізація, цис-транс-ізомеризація, внутрішньомолекулярне переміщення груп); лігази – за природою зв'язків, що заново утворюються (C–C-зв'язки, C–O-зв'язки, C–N-зв'язки, C–S-зв'язки).

## **1.4 Основи аналізу та дослідження харчових систем**

Виникнення і становлення хімії як науки взаємопов'язано з методами аналізу речовин.

Методи аналізу можна поділити на три групи: 1) хімічні; 2) фізичні; 3) фізико - хімічні. Першим етапом визначення складу речовин за хімічним та фізико-хімічним методами є проведення хімічної реакції. Кінцевий етап визначення полягає в спостереженні зовнішнього ефекту хімічної реакції

(якісний аналіз) або кількісному вимірюванню однієї з фізичних властивостей продукту реакції (маси, інтенсивності забарвлення, об'єму тощо).

У загальному випадку хімічний аналіз складається з таких етапів: 1) переведення досліджуваної речовини у розчин; 2) відокремлення елементів, що визначаються, від інших та їх концентрування; 3) якісне виявлення і кількісне визначення. Для відокремлення, концентрування і визначення елементів застосовуються хімічні реакції різних типів.

В основі методів розділення і концентрування елементів лежать реакції осадження, комплексоутворення та окиснення - відновлення. Так, розділення іонів на окремі групи ґрунтується на реакціях осадження. До методів розділення належить хроматографічний аналіз, який полягає у тому, що компоненти суміші по-різному адсорбуються твердою речовиною-адсорбентом.

Харчові системи аналізуються за допомогою різних методів: хімічних, фізико-хімічних, фізичних.

Хімічний аналіз поділяється на:

1. Якісний
2. Кількісний
3. Структурний
4. Системний.

**Якісний** призначається для якісного виявлення речовин. **Кількісний** встановлює кількість елементів. **Структурний** - для дослідження структур речовин. **Системний** - для визначення складних хімічних систем.

Також методи аналізу поділяються за **способом проведення реакції** на:

"Мокрий" метод - реакції проходять між розчинами (наприклад, отримання барій сульфату);

"Сухий" метод - пірохімічний метод (наприклад, забарвлення полум'я пальника солями в певний колір) і метод розтирання (розтирають дві сухі солі, наприклад, натрій ацетат та натрій гідросульфат - відчувається запах оцту).

Для хімічного аналізу речовин беруть різні кількості досліджуваного розчину і відповідно до цього — різну кількість реактивів. Метод аналізу, в якому використовують 0,1 — 1 г речовини, називається **макрометодом**, якщо використовують менше 0,01 г речовини — **мікрометодом**. Проміжний метод аналізу називається **напівмікрометодом**. У більшості випадків користуються напівмікрометодом. Існує і ультрамікрометод, коли для аналізу беруть дуже малу кількість речовини, а зовнішній ефект реакції спостерігають під мікроскопом.

Для проведення реакції можна використовувати одну або кілька крапель розчинів досліджуваної речовини на смужках фільтрувального паперу або на годинниковому скельці. Такий метод називається **краплинним**.

Для відкриття того чи іншого іона можна використовувати реакції, в результаті яких утворюються кристали певної форми. Такий метод



називається *мікрокристалоскопічним*. Спостерігають за формою кристалів за допомогою мікроскопа або лупи.

### Якісний аналіз

*Предмет якісного аналізу* - розвиток теоретичних основ, розробка нових і вдосконалення існуючих методів, визначення елементного складу речовини.

*Задача якісного аналізу* - визначення якості речовини, визначення окремих елементів або іонів, що входять до складу речовини, що досліджується, ідентифікація речовини (встановлення аналогії з певними еталонами - стандартами).

У більшості випадків речовину переводять спочатку в розчин, а потім визначають у ньому наявність окремих компонентів - іонів або молекул. Аналіз у розчинах раніше називали «мокрим» методом на відміну від «сухого», за яким усі операції аналізу проводяться із сухими речовинами.

Під час аналізу речовини користуються реакціями, характерними для того чи іншого іона за наявності сторонніх іонів. У тих випадках, коли для якогось іона немає відповідних характерних реакцій, застосовують попереднє розділення іонів.

Якісний аналіз мокрим способом зводиться до виявлення катіонів і аніонів у розчинах солей, основ і кислот. Якісне виявлення іонів у розчині можна виконувати *дробним* (кожний іон виявляють характерними реакціями за наявності інших іонів) і *систематичним* (складну суміш іонів розділяють на окремі групи, в межах яких виявляють окремі іони) методами аналізу.

Розділення іонів на групи в систематичному ході аналізу застосовується тільки при виявленні катіонів. Аналіз аніонів проводиться за іншою схемою.

### Розподіл катіонів на аналітичні групи за кислотно – лужною класифікацією

Для зручності проведення аналізу катіони поділяють на окремі аналітичні групи. *Аналітична група* — це група катіонів, яка з певним реактивом (за певних умов) дає подібні аналітичні реакції. Відомі дві класифікації: *сульфідна та кислотно-лужна*.

*Сульфідна класифікація* ґрунтується на неоднаковій розчинності карбонатів і сульфідів металів.

*За кислотно-лужною класифікацією* катіони розподіляються на групи щодо їх відношення до сульфатної, хлоридної кислот, їдких лугів та до амоніаку (табл. 6).

Аналіз катіонів із застосуванням сірководню (за сульфідною класифікацією) має ряд недоліків, найголовнішим з яких є робота із сірководнем, що шкідливо для здоров'я; роботу треба виконувати в

лабораторії, устаткованій доброю витяжною системою. Виходячи з цього, краще аналіз катіонів проводити за кислотно-лужною класифікацією.

**Перша група катіонів** ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ) не має групового реактиву; катіони цієї групи не осаджуються ні мінеральними кислотами, ні лугами.

**Катіони другої групи** ( $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $[Hg_2]^{2+}$ ) осаджуються хлоридною кислотою.

**Катіони третьої групи** ( $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) осаджуються сульфатною кислотою.

**Четверту групу** утворюють катіони ( $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn(IV)$ ,  $As(III)$ ,  $As(V)$ ), які не випадають в осад при додаванні надлишку лугу.

**Катіони п'ятої групи** ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb(III)$ ,  $Sb(V)$ ) осаджуються розчином лугу.

**Шосту групу** утворюють катіони ( $Hg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ), що утворюють гідроксиди, розчинні в надлишку розчину амоніаку ( $\omega=25\%$ ) (утворюються амоніакати).

Таблиця 6

**Розподіл катіонів за кислотно-лужною класифікацією**

Група	Катіони	Груповий реактив	Сполуки, що утворюються	Групова характеристика
1	$K^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$	Немає		Хлориди, сульфати і гідроксиди розчиняються у воді
2	$Ag^+$ , $Pb^{2+}$ , $[Hg_2]^{2+}$	2 н розчин HCl	Осади $AgCl$ , $PbCl_2$ , $Hg_2Cl_2$	Хлориди нерозчинні у воді
3	$Ba^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Sr^{2+}$	2 н розчин $H_2SO_4$	Осади $BaSO_4$ , $CaSO_4$ , $SrSO_4$	Сульфати нерозчинні (або погано розчинні) у воді і кислотах
4	$Zn^{2+}$ , $Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Sn^{2+}$ , $Sn(IV)$ , $As(III)$ , $As(V)$	Надлишок 4 н розчину NaOH або KOH	Розчин $ZnO_2^{2-}$ , $AlO_2^-$ , $CrO_2^-$ , $SnO_2^{2-}$ , $SnO_3^{2-}$ , $AsO_3^{3-}$ , $AsO_4^{3-}$	Гідроксиди розчинні у надлишку NaOH або KOH
5	$Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Mn^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $Bi^{3+}$ , $Sb(III)$ , $Sb(V)$	Надлишок розчину $NH_4OH$ ( $\omega=25\%$ )	Осади $Fe(OH)_2$ , $Fe(OH)_3$ , $Mn(OH)_2$ , $Bi(OH)_3$ , $Sb(OH)_3$ , $H[Sb(OH)_6]$ , $Mg(OH)_2$ ,	Гідроксиди нерозчинні у надлишку NaOH або KOH

6	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$	Надлишок $\text{NH}_4\text{OH}$ ( $\omega=25\%$ )	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	Гідроксиди розчинні у надлишку розчину амоніаку з утворенням амоніакатів
---	---	---	---	--

### Розподіл аніонів на аналітичні групи

Аніони поділяють на аналітичні групи. Групові реактиви використовуються не для відокремлення груп аніонів, а для того, щоб зробити висновок: чи варто далі проводити реакції для виявлення кожного з іонів даної групи.

В основу класифікації аніонів покладена різна розчинність солей Барію і Аргентуму. Усі аніони можна поділити на три аналітичні групи (табл.7).

Таблиця 7

### Розподіл аніонів на аналітичні групи

<i>Група</i>	<i>Аніони</i>	<i>Груповий реагент</i>	<i>Характеристика групи</i>
1	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{SiO}_3^{2-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{MnO}_4^-$ тощо	Барій хлорид в нейтральному або слабколужному середовищі	Соли Барію, що мало розчиняються у воді
2	$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{SCN}^-$ тощо	Аргентум нітрат в присутності нітратної кислоти	Соли Аргентуму, що не розчиняються у воді та розведеної нітратній кислоті
3	$\text{NO}_3^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{NO}_2^-$	Групового реагента немає.	Соли Барію і Аргентуму розчинні у воді

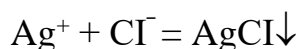
До *першої аналітичної групи* аніонів відносяться аніони:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$  тощо. Ці аніони утворюють з катіоном  $\text{Ba}^{2+}$  солі, що мало розчиняються у воді, але за виключенням Барій сульфату, добре розчиняються у розведених мінеральних кислотах. Тому виділяти аніони цієї групи у вигляді осадів груповим реагентом – Барій хлоридом – можна тільки в нейтральному або слабколужному середовищі. Аніони першої аналітичної групи утворюють з катіонами Аргентуму солі, що розчиняються у розведеної нітратній кислоті, а Аргентум сульфат розчиняється навіть у воді.

До *другої аналітичної групи* аніонів відносяться іони:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$  тощо. Ці аніони утворюють з катіонами  $\text{Ag}^+$  солі, що не розчиняються у воді та розведеної нітратній кислоті. Груповим реагентом другої групи аніонів є Аргентум нітрат в присутності нітратної кислоти (в цих умовах аніони першої групи не дають осаду з аніонами  $\text{Ag}^+$ ). Барій хлорид з аніонами другої групи осадів не утворює.

До *третьої групи* аніонів відносяться іони  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  тощо. Катіони  $\text{Ba}^{2+}$  і  $\text{Ag}^+$  з аніонами даної групи не утворюють осадів, групового реагента на іони третьої групи немає.

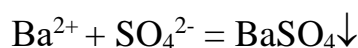
**Приклад.** Як можна розділити і підтвердити наявність в розчині іонів:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ? Наведіть можливі рівняння реакцій в іонному вигляді.

**Розв'язання.** Катіон  $\text{Ag}^+$  за кислотно-лужною класифікацією відноситься до другої групи катіонів, груповим реагентом якої є хлоридна кислота (2н). Тому дією цим розчином на вихідний розчин утворюється осад білого кольору ( $\text{AgCl}$ ):



Цей осад розчиняється в надлишку розчину амоніаку ( $\omega = 25\%$ ) з утворенням у воді комплексної сполуки  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . Таким чином, переведенням катіону  $\text{Ag}^+$  в осад у вигляді Аргентум хлориду і відокремленням цього осаду можна розділити катіон  $\text{Ag}^+$  від інших іонів.

В розчині, що залишився після відокремлення осаду  $\text{AgCl}$ , можна підтвердити наявність катіону  $\text{Ba}^{2+}$ , тому що Барій хлорид розчинний у воді і в осад не випадає. Катіон  $\text{Ba}^{2+}$  відноситься до катіонів третьої аналітичної групи і дією групового реагента  $\text{H}_2\text{SO}_4$  можна перевести  $\text{Ba}^{2+}$  в осад у вигляді  $\text{BaSO}_4$  – осаду, що не розчиняється у воді і кислотах:



У розчині, що залишається після відокремлення осаду  $\text{BaSO}_4$ , підтверджуємо наявність  $\text{NO}_3^-$  - аніону третьої аналітичної групи аніонів, яка не має групового реагента (Аргентум і Барій нітрати розчинні у воді) дією дифеніламіном в присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц). Поява інтенсивного синього забарвлення свідчить про наявність аніону  $\text{NO}_3^-$  в розчині.

Таким чином, нами доведено, що у досліджуваному розчині знаходилися катіони  $\text{Ag}^+$  та  $\text{Ba}^{2+}$  і аніон  $\text{NO}_3^-$ .

Методи *кількісного аналізу* також поділяються на хімічні, фізичні і фізико-хімічні.

До хімічних методів аналізу відносяться гравіметричний (ваговий), титриметричний (об'ємний) і газовий аналізи.

## Гравіметричний (ваговий) аналіз

**Гравіметричний (ваговий) аналіз** базується на вимірюванні маси елемента, що визначається. Для цього ту складову частину, що визначають, виділяють або в чистому вигляді (наприклад, відганяють  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  тощо), або у вигляді певної сполуки (осаджують у вигляді важкорозчинної сполуки).

В основі гравіметричного аналізу лежать **закони**:

- сталості складу, відповідно до якого відношення маси елементів, що входять до складу речовини, завжди однакове;
- закон еквівалентів, за яким маси елементів, що приймають участь в реакції, завжди проявляють постійне і незмінне відношення один до одного;
- закон збереження маси речовин тощо.

В гравіметричному аналізі можна виділити три типи гравіметричних досліджень визначень: **відгонка, виділення, осадження**.

В методах **відгонки** компонент, що визначається, кількісно відганяють у вигляді легкої речовини. Відокремлення частини, яка визначається, здійснюють шляхом нагрівання аналізуємої речовини або дією відповідних реагентів, що супроводжується виділенням легких продуктів. Методи відгонки бувають прямі і непрямі.

В загальному вигляді при розрахунках процентного вмісту компонента, що визначається прямим методом відгонки, використовують формулу:

$$X = \frac{g}{a} \cdot 100\%,$$

де  $g$  – маса речовини, яка визначається за збільшенням маси приладу, що поглинає, г;  $a$  – наважка зразку речовини, що аналізується, г.

Процентний вміст легкого компонента при непрямому визначенні розраховують за формулою:

$$X = \frac{(a - a_1)}{a} \cdot 100\%,$$

де  $a$  – наважка зразку речовини, що аналізується, г;  $a_1$  – маса речовини після видалення легких компонентів, що визначаються, г.

В методах **виділення** компонент, що визначають, кількісно виділяють у вільному стані з аналізуємої речовини і зважують на аналітичних терезах. Розрахунки результатів визначення за методом виділення:

$$X = \frac{g}{a} \cdot 100\%,$$

де  $g$  – маса компонента, що визначається г;  $a$  – наважка зразка речовини, що аналізується, г.

В методах **осадження** компонент, що визначається, кількісно осаджують хімічним способом у вигляді малорозчинної сполуки суворо постійного складу. Осад, що утворився, промивають, висушують, прожарюють. При цьому осад перетворюється в речовину точно відомого складу, яку і зважують на аналітичних терезах.

## Основні операції гравіметричного аналізу:

- відбір середньої проби;
- узяття наважки;
- розчинення наважки;
- осадження;
- перевірка на повноту осадження;
- фільтрування;
- перевірка на повноту відмивання;
- висушування;
- прожарювання;
- зважування осаду;
- розрахунок.

В гравіметричному аналізі розрізняють: *форму осадження*, тобто форму, у вигляді якої осаджують речовину, що визначається, і *гравіметричну(вагову) форму*, тобто форму, у вигляді якої речовину, що визначається, зважують. Форма осадження і вагова форма повинні відповідати певним вимогам.

### Вимоги, яким повинна відповідати форма осадження:

- осад повинен бути малорозчинним (розчинність не більше  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  моль/дм<sup>3</sup>);
- осад повинен бути крупнокристалічним;
- необхідно, щоб форма осадження достатньо легко перетворювалась в вагову форму.

### Вимоги, яким повинна відповідати гравіметрична форма:

- точна відповідність складу хімічній формулі;
- достатня хімічна стійкість (не взаємодіяти з повітрям, вуглекислим газом тощо);
- вміст компоненту, що визначається, в ваговій формі повинен бути як можна меншим.

Гравіметричний аналіз застосовується при визначенні вологи та золи в сировині та продуктах харчування, мінерального складу, для визначення загального вмісту харчових волокон, пектину тощо.

## Титриметричний (об'ємний) аналіз

*Титриметричний (об'ємний) аналіз* базується на точному вимірюванні об'єму розчину, в якому міститься певна сполука, та об'єму, що витрачається на реакцію з нею реактиву, для якого відома точна концентрація (молярна концентрація еквівалента або титр).

Розчин, титр якого встановлено з високою точністю, називають *робочим титрованим або стандартним розчином*.

Процес поступового додавання робочого титрованого (стандартного) розчину до розчину, що аналізується, до встановлення моменту, коли витрачена кількість стандарту еквівалента кількості речовини, що аналізується, або, як кажуть, до досягнення **точки еквівалентності**, називають **титруванням**. Точка еквівалентності визначається на основі кривих титрування. Для фіксування точки еквівалентності часто застосовують індикатори – речовини, що близько точки еквівалентності змінюють свій колір.

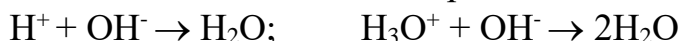
У титриметричному аналізі важливе значення мають поняття еквівалента, молярної маси еквівалента складних речовин, молярної концентрації еквівалента (нормальної концентрації).

Для виконання дослідів користуються хімічним посудом і приладами. Дуже важливо вміти вибрати посуд і правильно користуватися ним. Для проведення хімічних реакцій використовують звичайно тонкостінний хімічно стійкий скляний або рідше фарфоровий посуд. В окремих випадках користуються також посудом з кварцового скла, графіту, пластмас і деяких металів.

Методи титриметричного аналізу поділяють на чотири групи в залежності від типу хімічної реакції, що лежить в основі визначення:

1) **методи кислотно-основного титрування (нейтралізації).**

В основі цих методів лежать такі реакції:



При використанні методів кислотно-основного титрування точка еквівалентності визначається за допомогою індикаторів, які змінюють свій колір в залежності від реакції середовища (величини рН). Цими методами визначають концентрації кислот, лугів і солей, що гідролізують в водних розчинах.

2) **методи окиснення-відновлення (редоксиметрія).** Дана група методів базується на реакціях окиснення-відновлення, які протікають між робочим розчином і речовиною, що визначається. До цієї групи відносяться:

- **перманганатометрія** – робочий розчин  $\text{KMnO}_4$  – окисник, за допомогою якого визначають  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CNS}^-$  тощо;

- **йодометрія**, де як окисник використовують  $\text{I}_2$ , а як відновник  $\text{I}^-$ . Цим методом визначають Калій перманганат, Манган(IV) оксид, хлор, Натрій сульфід тощо;

- **хроматометрія** – як окисник застосовують робочий розчин Калій дихромату;

- **а також броматометрія, ванадометрія, цериметрія.**

3) **методи осадження**, які ґрунтуються на реакціях обміну, при яких елемент (іон), що визначають, переходить в осад. Точку еквівалентності встановлюють різними способами. В залежності від того, який реагент використовують як робочий розчин, існують: **аргентометрія, роданометрія, меркурометрія тощо.**

**4) методи комплексонометрії** дають можливість визначати цілий ряд катіонів та аніонів, що мають здатність утворювати малодисоційовані комплексні іони. Особливий інтерес являють комплекси, які широко використовуються в якісному аналізі, – комплексон III (трилон Б).

Хімічні реакції в об'ємному аналізі мають відповідати певним вимогам:

- реакції повинні відбуватися стехіометрично, тобто згідно з рівнянням;
- робочий розчин реактиву повинен реагувати тільки з речовиною, яку визначають, тобто не повинно відбуватися побічних реакцій;
- реакції між робочим розчином і розчином речовини, яку визначають, мають відбуватися швидко.

### Способи приготування розчинів

Титровані розчини можна приготувати такими способами:

**1) метод взяття наважки.** Якщо взяти точну наважку потрібної речовини ( $m$ , г), кількісно перенести її до мірної колби, розчинити і долити дистильованої води до мітки, а потім закрити пробкою і перемішати, то одержимо розчин необхідної концентрації, титр якого можна визначити за формулою

$$T = \frac{m}{V}$$

Титровані розчини, що приготовлені таким способом, називають **стандартними розчинами або розчинами з приготовленим титром**. Однак далеко не всі речовини можуть бути використані для приготування таких розчинів. Наприклад, Калій гідроксид, хлороводень та ін. не придатні для приготування таких розчинів, тому що в процесі взяття наважки їхня концентрація буде мінятися – Калій гідроксид буде вступати в реакцію з Карбон(IV) оксидом і парами води, що знаходяться у повітрі, хлороводень є летким тощо.

Речовини, які можуть бути використані для отримання розчинів з приготовленим титром, називають **вихідними (стандартними) речовинами**. Вони повинні задовольняти таким вимогам:

- речовини повинні бути хімічно чистими, їхній склад повинен строго відповідати хімічній формулі;
- вони повинні бути стійкими в розчині і при зберіганні в твердому стані;
- для підвищення точності концентрації розчину величина їх молярної маси еквівалента повинна бути як можна найбільшою.

Приготування титрованих розчинів з вихідних речовин проводять таким же чином. Наважку  $m$  речовини А, необхідну для отримання певного об'єму розчину  $V$  потрібної концентрації  $C^{(1/zA)}$ , розраховують за формулою:



$$m = \frac{C\left(\frac{1}{Z} A\right) \cdot M\left(\frac{1}{Z} A\right) \cdot V}{1000},$$

де  $M\left(\frac{1}{Z} A\right)$  - молярна маса еквівалента речовини А.

**2) метод приготування розчину з концентрованого.** Багато розчинів, що використовуються як робочі, приготувати цим способом неможливо з-за нестійкості реактиву або розчину в процесі приготування. Тоді готують розчин приблизної концентрації, а точну концентрацію встановлюють титруванням ним розчину наважки стандартної речовини (або навпаки). Такі стандартні розчини називають **встановленими**. Так готують, наприклад, робочі розчини лугів, хлоридної, сульфатної кислот.

**3) метод приготування з фіксаналів (стандарт-розчинів).** Стандарт-титр – це точна наважка сухої речовини (або точно відміряна кількість розчину речовини відомої концентрації), яка вміщена в запаяну скляну ампулу і розрахована для виготовлення 1 літру (частіше за все) 0,1 н розчину. Існують фіксанали не тільки вихідних речовин, а й інших. Для виготовлення робочого розчину ампулу розбивають і кількісно переносять речовину у мірну колбу місткістю 1 літр.

За своїм призначенням титровані розчини поділяють на **робочі і вихідні**. За допомогою робочих розчинів проводять титриметричні визначення, встановлюють кількість речовин, що визначають в розчинах. За допомогою цих же вихідних розчинів визначають титр і молярну концентрацію еквіваленту робочих розчинів.

Точну концентрацію розчинів встановлюють титруванням. Титрування при виконанні титриметричних визначень проводять двома способами:

**1) спосіб окремих наважок**, при якому беруть декілька (2-3) близьких за величиною наважок вихідної речовини, поміщають кожен в окрему колбу для титрування, розчиняють в невеликій кількості дистильованої води і отримані розчини титрують. Розрахунки ведуть за наступною формулою:

$$\frac{m(A)}{M\left(\frac{1}{Z} A\right)} = \frac{C\left(\frac{1}{Z} B\right) \cdot V(B)}{1000},$$

**2) спосіб піпетування** – в цьому способі наважку речовини, що аналізується, переносять до мірної колби, розчиняють в дистильованій воді, доводять розчин до мітки і ретельно перемішують. Потім піпеткою беруть певну (аліквотну) частину розчину і титрують її. Титрування повторюють 3-4 рази. Розрахунки ведуть за наступною формулою:

$$C\left(\frac{1}{z}A\right) \cdot V(A) = C\left(\frac{1}{z}B\right) \cdot V(B)$$

Спосіб окремих наважок дає більш точні результати, тому що вимірювання об'єму буде виконуватися тільки один раз за бюреткою. Але спосіб піпетування характеризується зручністю і швидкістю визначень.

Титриметричний аналіз застосовується, наприклад, для визначення кислотності та лужності харчових продуктів, кислотного та йодного чисел жирів тощо.

### Фізико-хімічні (інструментальні) методи дослідження

В *інструментальних* методах аналізу передбачається застосування спеціальних інструментів.

*Інструмент* – пристрій, який використовується для спостереження, вимірювання або повідомлення відомостей про якісний стан, що замінює, збільшує або облагороджує дії людини, або доповнює їх.

Як інструменти використовують різного типу аналітичні прилади, які призначені для проведення головних процедур аналізу та реєстрації його результатів. В інструментальних методах використовують фізичні та фізико-хімічні властивості речовин, що фіксуються спеціальною апаратурою. Інструментальні методи аналізу широко використовують як в кількісному аналізі, так і для виявлення речовин.

Інструментальні методи кількісного аналізу поділяють на *фізичні* – визначення речовин за їх фізичними властивостями і *фізико-хімічні* – проведення хімічної реакції з речовинами та їх визначення або за фізичними властивостями продукту реакції, або за допомогою фізичної індикації точки еквівалентності реакції.

Точку еквівалентності фіксують за допомогою індикаторів інструментального типу. Як інструментальні індикатори використовують прилади, що фіксують рН розчинів, окисно-відновний потенціал, електропровідність або інші властивості середовища.

Методи, в яких використовують інструментальні індикатори, називають *інструментальним або фізико-хімічним титруванням* і відносять до групи інструментальних методів аналізу.

Частіше за все використовують потенціометричне, кондуктометричне, фотометричне та амперометричне титрування.

Інструментальні методи класифікують відповідно з властивостями речовин. Розрізняють наступні групи інструментальних методів аналізу:

- 1) *електрохімічні* – вимірюють електричні параметри розчинів речовин;
- 2) *оптичні* – базуються на вимірюванні оптичних властивостей речовин та їх розчинів;
- 3) *термічні* – вимірюють теплові ефекти, які супроводжують нагрівання, титрування, висушування тощо;

- 4) **хроматографічні** – застосовуються для поділу речовин, в основі – розподілення компонентів між двома фазами (рухомій та нерухомій);
- 5) **радіометричні** – кількість речовин вимірюють або за їх радіоактивністю, або за допомогою радіоактивних індикаторів тощо.

### 1.5 Вода. Фізичні та хімічні властивості. Розчини

Вода не є харчовою речовиною, але життєво необхідна як стабілізатор температури тіла, переносник нутрієнтів (харчувальних речовин), реагент і реакційне середовище.

Вода – важлива складова продуктів харчування.

Вода входить до складу харчових продуктів в різних кількостях. Так, у свіжих плодах і овочах міститься 70 – 95% води, в горіхах – 10 – 14% , в хлібі – 23 – 48 %, в борошні – 1- 15%, в м'ясі – 52 – 78 %, в молоці – 78 – 90%, в тваринних топлених жирах – 0,2 – 0,5%, в цукрі – 0,15 – 0,40%.

Кількість води в харчових продуктах впливає на їх калорійність, товарний вигляд, смак, запах, здатність до зберігання та інші властивості.

Продукти з високим вмістом вологи мають низьку калорійність, поживність, як правило, менший термін зберігання, бо нестійкі при зберіганні. В них швидко розвиваються мікроорганізми, активно відбуваються біохімічні процеси. Тому молоко, молочні продукти, м'ясо, риба, деякі плоди (ягоди) і овочі (салатно-шпинатні) є товарами, що швидко і надто швидко псуються.

Так, м'ясо, риба швидко уражаються бактеріями, а плоди й овочі – пліснявими грибами. Зерно з високою вологістю при зберіганні скоро зігрівається, проростає. Продукти, що містять мало вологи, навпаки, містять більше харчових речовин, є більш калорійними, здатні до тривалого зберігання. Також довго зберігається борошно, крупи, сухі плоди. З втратою частини води продукти, особливо хлібобулочні вироби, сири, свіжі плоди і овочі, втрачають смак, товарний вигляд – всихаються, зморщуються, в'януть.

Властивості харчових продуктів залежать як від масової частки води в них, так і від форми зв'язку її з окремими компонентами. В залежності від цього розрізняють хімічно зв'язану, адсорбційно зв'язану, осмотично поглинену та капілярну воду.

**Вільною** вважається вода змочування, яка здебільшого є на поверхні продукту, її кількість коливається в межах 0,5 - 2,5%. Вміст вологи в продукті виражається сумарним вмістом в ньому води всіх видів зв'язку, крім хімічно-зв'язаної. При висушуванні вона не виділяється з продукту.

**Хімічно зв'язана вода** знаходиться у складі кристалогідратів. Кристалогідрати неорганічних сполук поширені у природі. Атом Оксигену гідроксильної групи сполучений з атомами інших елементів за допомогою міцного ковалентного зв'язку. Міцність зв'язку між речовиною і

кристалізаційною водою у кристалогідратах різна. Багато з них втрачають кристалізаційну воду вже при кімнатній температурі. Так, прозорі кристали соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), якщо залишити їх лежати на повітрі, швидко втрачають воду і перетворюються у порошок. Щоб зневоднити деякі інші кристалогідрати, необхідне нагрівання до температури вище  $100^\circ\text{C}$  (прожарювання).

В харчових продуктах, складовими компонентами яких є органічні сполуки, вода у вигляді кристалогідратів зустрічається рідко. При їх прожарюванні вода може виділитися за рахунок відщеплення гідроксильних груп ( $-\text{OH}$ ) від молекул окремих сполук.

**Адсорбційно зв'язана вода** виникає в результаті концентрування молекул води у поверхневому шарі колоїдних частинок продукту. Ця вода входить до складу міцел різних гідрофільних колоїдних розчинів, наприклад, розчинів білків.

Процес сполучення за допомогою адсорбційних сил молекул води з молекулами речовини називається **гідратацією**, а сама вода – **гідратаційною**. Гідратація супроводжується виділенням тепла (екзотермічний процес). Залежно від природи речовини механізм дії адсорбційних сил різний. Так, у випадку речовини з іонною структурою (наприклад, солі) молекули води утримуються біля іону речовини силами іон-дипольної взаємодії. У речовин із молекулярною структурою (наприклад, білки, вуглеводи) молекули води з'єднуються з речовиною за рахунок диполь-дипольної взаємодії. Полярні молекули води орієнтуються відносно полярних, які входять до складу молекул, наприклад, високомолекулярних сполук. Орієнтація виникає також внаслідок утворення водневих зв'язків.

У гідратному шарі молекули води залишаються хімічно не зв'язаними з молекулами речовини, але властивості води у цьому шарі змінюються: активність знижується, меншими стають пружність пари (тиск насиченої пари) і діелектрична стала, більшою стає густина тощо. Гідратаційна вода кристалізується при значно нижчій температурі, ніж звичайна. Тому гідратаційна вода у насінні рослин і спорах мікроорганізмів при низьких температурах не утворює кристалів льоду, що можуть пошкодити структуру клітин, і вони здатні витримувати низькі температури.

Адсорбційно зв'язану воду містять і мікрогетерогенні системи, до яких належать порошки крохмалю, розмір часточок яких 6 – 150 мк, борошна – 50 – 800 мк тощо. Її кількість залежить від розміру часточок і питомої поверхні (поверхні 1 г речовини). Чим менші часточки і більша питома поверхня, тим більшу кількість адсорбційно зв'язаної води вони можуть містити. При нагріванні така адсорбційно зв'язана вода легко переходить у пару.

**Осмотично поглинена вода.** Деякі продукти можуть перебувати у желеподібному стані, наприклад, драглі. Еластичні гелі або драглі утворюються фібрилярними (волокнистими) молекулами білків та іншими волокнистими структурами, між якими виникають зв'язки. При цьому утворюється тривимірна просторова сітка, ячейки (комірки) якої

заповнюються молекулами води. Вода, що знаходиться у просторі цієї структурної сітки, називається осмотично поглиненою водою. Вона може легко проникати всередину структурної сітки, так як всередині концентрація розчиненої фракції речовини більша, ніж зовні. Осмотично поглинена вода при висушуванні продуктів видаляється раніше ніж адсорбційна вода. До еластичних гелів належать волокна м'язових тканин, шкіра, колаген тощо.

**Капілярна вода** – знаходиться в капілярах, радіус яких може бути більший  $10^{-5}$  см (макрокапіляри) і менший  $10^{-4}$  см (мікрокапіляри).

Воду в капілярах можна вважати вільною. Вона переміщується по капілярах у вигляді рідини або пари. Утримується капілярна вода в проміжках структурно-капілярної системи продуктів за рахунок капілярних сил. При механічному пошкодженні цієї системи у продуктах, наприклад, при нарізанні м'яса, риби, овочів частково втрачається їх клітинний сік.

Капілярна й осмотично зв'язана вода у свіжих плодах і овочах складає до 95%, у м'язах тварин і риб знаходиться 45 – 55% осмотично зв'язаної води, 40 – 45% – капілярної і 6,7 – 7,5 % – адсорбційної.

Різні стани води у харчових продуктах пов'язані між собою, між ними не спостерігається чіткої межі. При переробці й зберіганні продуктів вода може переходити із однієї форми в іншу.

Вода – одна з найважливіших складових усіх організмів. Вона міститься усередині та ззовні клітин і в замкнутих порожнинах. Біологічні рідини організмів, – кров, лімфа, різні соки, це розчини різних речовин у воді. Вода складає основу рідких **дисперсних систем** організму. До **дисперсних** належать системи, які складаються з подрібнених часточок однієї речовини, рівномірно розподілених у масі другої речовини. Подрібнену речовину називають **дисперсною фазою**. Речовина, в якій розподілені часточки дисперсної фази, називається **дисперсійним середовищем**. У більшості дисперсних систем організмів вода є дисперсійним середовищем. За ступенем подрібнення (розміром часточок дисперсної фази) розрізняють істинні розчини, колоїдні розчини та зависі (таблиця 8).

**Таблиця 8**

**Класифікація дисперсних систем**

Назва системи	Розмір часточок дисперсної фази	Приклад системи
Істинні розчини: іонні, молекулярні	Менше $10^{-7}$ см	Розчини кислот, основ, солей. Розчини моносахаридів, спиртів, естерів, етерів
Колоїдні розчини: ліофільні – рідкі (золі) та желеподібні (драглі), ліофобні – рідкі (золі)	$10^{-7}$ см – $10^{-5}$ см	Розчини полісахаридів та білків. Золі металів.

Зависі: суспензії, емульсії	Більше $10^{-5}$ см	Завись еритроцитів у плазмі крові. Молоко, завись жирових крапель у воді
--------------------------------	---------------------	---

**Істинні розчини** гомогенні, прозорі, між часточками дисперсної фази і дисперсійним середовищем відсутня поверхня розділу. Дисперсною фазою в істинних розчинах є окремі молекули, або іони низькомолекулярних сполук, які проходять через паперові фільтри та тваринні (напівпроникні) мембрани.

**Колоїдні системи** належать до гетерогенних систем. Часточки дисперсної фази проходять через паперові фільтри, але не проходять через тваринні мембрани. Колоїдний розчин розсіює світло. При бічному освітленні колоїдного розчину на шляху проходження променів спостерігається конус із яскравим світінням (конус Тіндаля).

Найбільш важливий вид розчинів – рідкі розчини. Вони мають важливе значення у практичній діяльності людини. Так, процеси засвоєння їжі людиною і тваринами пов'язані з переводом поживних речовин у розчин. Розчинами є найважливіші фізіологічні рідини (кров, лімфа). Багато різних виробництв пов'язано з використанням розчинів.

Однією з характеристик любого розчину є його **концентрація**.

**Концентрацією розчину** називають вміст розчиненої речовини у певній масовій або об'ємній кількості розчину або розчиннику. Існують такі способи вираження концентрації розчинів: **масова частка, молярна, моляльна, молярна концентрація еквівалента, титр**.

**1. Масова частка розчиненої речовини** – це без розміру фізична величина, що дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до загальної маси розчину, тобто

$$\omega = \frac{m_{\text{речовини}}}{m_{\text{розчину}}} 100\%,$$

де  $\omega$  – масова частка розчиненої речовини;  $m_{\text{речовини}}$  – маса розчиненої речовини;  $m_{\text{розчину}}$  – загальна маса розчину.

Масову частку звичайно виражають у частках одиниці або у відсотках. Масова частка у відсотках показує число грамів (одиниць маси) речовини, що міститься у 100 г (одиниць маси) розчину. Наприклад, масова частка розчиненої речовини – сульфатної кислоти – у воді дорівнює 5%. Це означає, що у розчині сульфатної кислоти масою 100 г міститься сульфатна кислота масою 5 г і вода масою 95 г.

**2. Молярна концентрація  $C(X)$**  – відношення кількості розчиненої речовини у молях  $n(X)$ , що міститься у розчині, до об'єму ( $V$ ) розчину, тобто

$$C(X) = \frac{n(X)}{V}, \text{ або } C(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V},$$

де  $C(X)$  – молярна концентрація частинок  $X$ ;  $n(X)$  – кількість речовини частинок  $X$ , що міститься у розчині;  $V$  – об'єм розчину,  $m(X)$  – маса речовини  $X$ ,  $M(X)$  – молярна маса речовини. Основною одиницею вимірювання є моль/дм<sup>3</sup>. Приклади запису молярної концентрації:  $C(\text{HCl}) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>,  $C(\text{H}^+) = 1 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Розчин, у 1 дм<sup>3</sup> (літрі) якого міститься 1 моль розчиненої речовини, називають **молярним**. Якщо у 1 дм<sup>3</sup> (літрі) розчину міститься 0,1 моль розчиненої речовини, то він називається децимолярним, 0,01 моль – сантимольним, 0,001 – мілімолярним. Молярна концентрація після чисельного значення звичайно позначається літерою  $M$ . Наприклад, 1М NaOH – молярний розчин натрій гідроксиду, 1 дм<sup>3</sup> такого розчину містить 1 моль речовини або 40г/моль = 40 г NaOH.

**3. Моляльна концентрація  $v(X)$**  – відношення кількості розчиненої речовини у молях  $n(X)$  до маси розчинника  $m$ .

$$v(X) = \frac{n(X)}{m},$$

де  $v(X)$  – моляльна концентрація частинок  $X$ ;  $n(X)$  – кількість речовини розчинених частинок  $X$ , моль;  $m$  – маса розчинника, кг.

**4. Молярна концентрація еквівалента  $C(1/zX)$**  – відношення кількості розчиненої речовини еквівалента  $n(1/zX)$  у розчині до об'єму  $V$  розчину, одиниця вимірювання – моль/дм<sup>3</sup>.

$$C\left(\frac{1}{z} X\right) = \frac{n\left(\frac{1}{z} X\right)}{V},$$

де:  $C(1/z X)$  - молярна концентрація еквівалента;

$n(1/z X)$  – кількість речовини еквівалента;

$V$ - об'єм розчину, дм<sup>3</sup>.

Розчин, в 1 дм<sup>3</sup> якого міститься 1 моль еквівалента розчиненої речовини, називають **нормальним**. Після чисельного значення звичайно застосовують скорочення "н". Наприклад, 1н.Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Молярна маса еквівалента кислоти, основи, солі не є постійною речовиною і залежить від реакції, в якій приймає участь кислота, основа, сіль.

**5. Титр** – це число грамів розчиненої речовини  $A$ , що міститься в 1 см<sup>3</sup> (мл) розчину:

$$T_A = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3 \quad \text{або} \quad T_A = \frac{C\left(\frac{1}{z} A\right) \cdot M\left(\frac{1}{z} A\right)}{1000}, \text{ г/см}^3,$$

де  $T_A$  – титр;  $m$  – число грамів речовини  $A$ ;  $V$  – об'єм розчину (см<sup>3</sup>).

При розв'язанні задач необхідно пам'ятати закон еквівалентів, який можна представити такою формулою:

$$C\left(\frac{1}{z}A\right) \cdot V(A) = C\left(\frac{1}{z}B\right) \cdot V(B)$$

**Приклад.** Обчислити масову частку у відсотках, молярну концентрацію, молярну концентрацію еквівалента розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , що отримали при розчиненні 18 г кислоти  $\text{H}_3\text{PO}_4$  у  $282 \text{ см}^3$  води, якщо густина розчину  $1,031 \text{ г/см}^3$ . Чому дорівнює титр цього розчину?

**Роз'язання.** а) Масова частка показує число грамів речовини, що міститься у 100 г розчину ( у відсотках). Маса  $282 \text{ см}^3$  можна прийняти за 282 г, тоді маса розчину, що отримали, становить  $18 + 282 = 300 \text{ г}$ , а  $\omega = 18 \cdot 100/300 = 6 \%$ ;

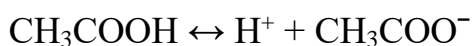
б) Молярна концентрація показує число молей розчиненої речовини, що міститься в  $1 \text{ дм}^3$ . Маса  $1 \text{ дм}^3$  розчину становить 1031 г. Маса кислоти в  $1 \text{ дм}^3$  дорівнює:  $x = 1031 \cdot 18/300 = 61,86 \text{ г}$ , кількість речовини –  $61,86/97,99 = 0,63 \text{ моль}$  ( $M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 97,99 \text{ г/моль}$ ), молярна концентрація – 0,63 М;

в) Молярна концентрація еквівалента показує число моль еквівалентів, що міститься в  $1 \text{ дм}^3$ .  $M\left(\frac{1}{z} \text{H}_3\text{PO}_4\right) = M(\text{H}_3\text{PO}_4)/3 = 97,99/3 = 32,66 \text{ г/моль}$ ,  $C\left(\frac{1}{z} \text{H}_3\text{PO}_4\right) = 61,86/32,66 = 1,89 \text{ н.}$ ;

г) Титр – кількість грамів розчиненої речовини, що міститься в  $1 \text{ см}^3$  розчину.  $T = 61,86/1000 = 0,06186 \text{ г/см}^3$ .

При вивченні теми “Розчини” необхідно згадати основні положення теорії електролітичної дисоціації, поняття про сильні та слабкі електроліти, форми запису рівнянь електролітичної дисоціації у молекулярній та іонній формі.

До рівноваги, що встановлюється в розчині слабого електроліту між молекулами та іонами, можна застосувати закони хімічної рівноваги і записати вираз константи рівноваги. Наприклад, для електролітичної дисоціації оцтової кислоти



константа рівноваги має вигляд:

$$K_q = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Константа рівноваги, що відповідає дисоціації слабого електроліту, називається **константою дисоціації**. Величина  $K_q$  залежить від природи розчинника, а також від температури, але не залежить від концентрації розчину. Вона характеризує здатність даної кислоти або даної основи розкладатися на іони: чим вище значення  $K$ , тим легше електроліт дисоціює.

Якщо позначити концентрацію електроліту, що розпадається на два іони, через  $C$ , а ступінь електролітичної дисоціації в даному розчині через  $\alpha$ ,



то концентрація кожного з іонів буде  $C\alpha$ , а концентрація молекул, що не продисоціювали  $C(1-\alpha)$ . Тоді рівняння константи дисоціації може прийняти вигляд:

$$Kq = \alpha^2 C / (1-\alpha).$$

Це рівняння дає можливість обчислювати ступінь електролітичної дисоціації при різних концентраціях електроліту, якщо відома його константа дисоціації. Користуючись цим рівнянням, можна також визначати константу дисоціації електроліту, знаючи ступінь дисоціації за тією чи іншою концентрацією.

Для розчинів, у яких дисоціація електроліту дуже мала, рівняння спрощується:  $K \approx \alpha^2 C$ , або  $\alpha \approx \sqrt{K/C}$ , оскільки за таких умов  $\alpha \leq 1$ .

Константа дисоціації кислоти є мірою сили цієї кислоти. Для таких кислот як хлоридна, яка практично повністю дисоціює у водному розчині, константа дисоціації має дуже велику величину. І навпаки, для слабких кислот константа дисоціації має надзвичайно мале значення. Тому для зіставлення сили кислот зручніше користуватися замість їх констант дисоціації величинами  $pKq$ , які визначаються такою формулою:  $pKq = -\lg Kq$ .

Багатоосновні кислоти та основи двох- і більше валентних металів дисоціюють ступінчасто.  $pKq$  приймає значення в інтервалі від 1 до 14. Сильні кислоти мають низькі значення  $pKq$ , а слабкі кислоти – високі значення. Багатоосновні кислоти, наприклад, фосфатна, характеризуються декількома константами дисоціації. Вони називаються першою, другою та третьою константами дисоціації і позначаються відповідно  $Kq_1$ ,  $Kq_2$ ,  $Kq_3$ .

Електроліти відіграють колосальну роль в життєдіяльності організмів, зокрема в організмі людини. Наявність у фізіологічних рідинах електролітів помітно впливає на розчинність білків, амінокислот та інших органічних сполук, особливо низькомолекулярних з полярним характером молекул. Здатність електролітів утримувати воду у вигляді гідратів перешкоджає зневодненню організму.

Зневоднення організму при нестачі в ньому електролітів не може бути усунути повною мірою тільки посиленням прийняттям води. Дефіцит електролітів і втрата організмом води, що зв'язана з цим, призводить перш за все до згущення крові, це несприятливо впливає на всю динаміку кровообертання.

Загальний вміст води в організмі людини в розрахунку на середню масу 70 кг становить 42 кг, або 60% від усієї маси. При цьому  $2/3$  від усієї кількості зосереджено у внутрішньоклітинних рідинах (еритроцитах, клітинах м'язової тканини тощо), а  $1/3$  - у позаклітинних (плазмі крові, тканинній рідині, лімфі тощо). В плазмі крові знаходиться  $\sim 3,5$  кг води.

У водному середовищі відбуваються різні хімічні та фізико-хімічні процеси. За участю води відбуваються реакції гідролізу складних органічних сполук, із водою різні речовини надходять у клітини і виводяться з них як

продукти обміну. Частина води в організмі утворюється як продукт окиснення органічних сполук і називається ендогенною водою.

За нормальних умов з організму людини за добу виділяється приблизно 2,5 дм<sup>3</sup> води. Стільки ж води за добу людині необхідно вжити (таблиця 9).

**Таблиця 9**

**Приблизний водний обмін людини**

Надходження води		Виділення води	
Джерело	Кількість, дм <sup>3</sup>	Виділення води	Кількість, дм <sup>3</sup>
Рідина та рідка їжа	1,2	Нирки (сеча)	1,4 – 1,5
Тверді харчові продукти	1,0	Шкіра	0,5
Ендогенна вода	0,3	Легені	0,5

У здорової людини в організмі має місце водна рівновага. В організмі людини нестача води призводить до підвищення в'язкості крові, а надлишок – вимивання з організму солей, навантаження на серце, нирки тощо. Втрата приблизно  $\frac{1}{3}$  від усієї кількості води, що знаходиться у внутрішньоклітинних рідинах, небезпечна, а втрата  $\frac{2}{3}$  вже є смертельною.

Тому порушення нормального електролітного балансу організму може мати дуже неприємні наслідки. Необхідно, щоб постійна втрата електролітів поповнювалася з їжею та питною водою.

Порушення обміну катіонів в організмі призводить до адинамії – м'язової слабкості, до припинення або різкого послаблення рушійної активності. Серед катіонів, виключаючи Н<sup>+</sup>, найбільше значення мають Na<sup>+</sup> і К<sup>+</sup>, що виявляються практично в усіх тканинах і рідинах.

При нормальному стані організму вміст еквівалентів катіонів в плазмі крові становить в середньому 154 ммоль/дм<sup>3</sup> і приходиться в основному на долю іонів Натрію, Калію, Кальцію та Магнію. Серед аніонів, загальний вміст яких в плазмі крові становить теж  $\sim 154$  ммоль/дм<sup>3</sup>, значна частка приходиться на хлорид- та гідрокарбонат – іони, а також багатозарядні макроіони білків. За вмістом окремих катіонів і аніонів дуже близька до плазми крові так звана проміжна (інтерстиціальна) рідина. Ці дві позаклітинні рідини істотно відрізняються за своїм складом від внутрішньоклітинних рідин (таблиця 10).

Таблиця 10

## Вміст окремих іонів в рідинах організму людини

Іони	Позаклітинні рідини		Внутрішньо-клітинні рідини
	Плазма крові	Інтерстиціальна рідина	
Натрій Na <sup>+</sup>	142	147	35
Калій K <sup>+</sup>	5	4	115
Кальцій Ca <sup>2+</sup>	5	2,5	5
Магній Mg <sup>2+</sup>	2	2	27
Усього катіонів	154	155,5	182
Хлорид-іони Cl <sup>-</sup>	103	114	25
Гідрокарбонат-іони HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27	30	10
Макроіони білку	16	1	47
Аніони органічних кислот	5	7,5	–
Гідрофосфат-дигідрофосфат-іони	2	2	80
Сульфат-іони	1	1	20
Усього аніонів	154	155,5	182

Існують різноманітні методи визначення вологи в харчових продуктах.

Так, для визначення загального вмісту вологи використовують висушування до постійної маси або титрування за модифікованим методом Карла Фішера. В першому випадку вміст вологи розраховують за різницею маси зразка до і після висушування в сушильній шафі за температури 100-105°C. Це стандартний метод визначення вологи в техно-хімічному контролі харчових продуктів. Метод потребує багато часу. Другий метод заснований на використанні реакції окиснення-відновлення за участю йода та Сульфур(IV) оксиду, яка відбувається в присутності води. Вміст вологи в продуктах розраховується за кількістю йода, який витрачається на титрування. Метод дуже точний та швидкий.

Для визначення вільної та зв'язаної вологи використовують, наприклад, такі методи як диференційована скануюча калориметрія, термогравиметрія, діелектричні вимірювання, вимірювання теплоємності, ядерний магнітний резонанс.

### 1.6 Будова та номенклатура органічних сполук

**Органічна хімія** – це наука, що займається вивченням органічних речовин. Інакше її можна назвати як хімію сполук Карбону, тому що в сучасній науці органічними речовинами називають такі сполуки або речовини, до складу яких входить елемент Карбон.

Джерелом органічних сполук є тваринні та рослинні організми.

Так, з нафти та природних газів добувають різні вуглеводні, з рослин добувають клітковину та духмяні речовини, з кам'яного вугілля та сланців – ароматичні вуглеводні, феноли тощо. З тваринних організмів добувають жири, білки, лікарські речовини тощо.

У природі органічні речовини, як правило, перебувають у суміші з іншими речовинами. Щоб використати речовину з тою чи іншою метою, треба знати її властивості. Сталі властивості має тільки чиста речовина. Суміші ж речовин, у яких немає сталого складу, мають змінні властивості, і тому їх не можна використовувати.

Органічні сполуки відіграють важливу роль у різних сферах нашого життя. Органічна хімія посідає провідне місце в природознавстві завдяки тому, що людина одержала для своїх потреб паливо, гуму, фарби, клеї, миючі засоби, ліки, одяг, взуття, їжу, речі побуту, праці, відпочинку тощо.

Органічні сполуки містяться в усіх живих організмах. Є багато сучасних продуктів та матеріалів, без яких людина не може обходитися, які також належать до органічних сполук.

#### **Деякі органічні сполуки**

№	Природні речовини	Синтетичні речовини
1	Вуглеводи	Пластмаси
2	Білки	Багато лікарських препаратів
3	Жири та масла	Інсектициди
4	Вітаміни	Багато барвників

Причина такого явища, що атоми Карбону здатні утворювати таку велику кількість різноманітних природних і синтетичних сполук, полягає в унікальній здатності карбону до утворення зв'язків між атомами, що приводить до виникнення різноманітних розгалужених та циклічних структур. Крім того, атоми Карбону здатні утворювати прості, подвійні і потрійні зв'язки один з одним.

#### **Номенклатура**

Існує декілька способів найменування органічних сполук: тривіальні (історичні) назви (т.); раціональна (р.), радикально-функціональна (замісникова) (з.) та систематична (с.) номенклатури.

**Тривіальні** назви звичайно пов'язані з джерелами, першими способами добування речовин, іменами вчених або є випадковими.

**Раціональна** номенклатура розглядає сполуку як похідну від найбільш простого представника даного гомологічного ряду, що утворений заміною атомів Гідрогену на інші групи. Вона знайшла застосування для найменування відносно простих органічних сполук.

Найбільш зручною номенклатурою, що дає можливість називати любі сполуки, є **систематична** номенклатура органічних сполук. Найчастіше систематичні назви ґрунтуються на принципі заміщення, тобто будь-яка сполука розглядається як нерозгалужений вуглеводень - ациклічний чи циклічний, в молекулі якого один або декілька атомів Гідрогену заміщені іншими атомами і групами, в тому числі вуглеводневими залишками. З розвитком органічної хімії систематична номенклатура постійно вдосконалюється і доповнюється; за цим слідкує комісія з номенклатури Міжнародної спілки теоретичної і прикладної хімії (Internation Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC).

Німецький хімік-органік назвав органічну хімію хімією вуглеводнів та їх похідних.

Основні функціональні групи, які позначаються префіксами та суфіксами, в порядку зменшення їх старшинства

Назва класу сполуки та його загальна формула	Функціональна група	Префікс	Суфікс
Карбонові кислоти $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	Карбоксильна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	карбокси-	-карбонова кислота
Сульфонові кислоти $R-S \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	Сульфоокислотна $-S \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	сульфо-	-сульфонова кислота
Солі карбонових кислот $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O^- \end{matrix}$	Карбоксилат $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O^- \end{matrix}$	-	-оат
Складні ефіри (естери) $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-R' \end{matrix}$	Алкілкарбоксилатна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-R' \end{matrix}$	карбоалкокси-	алкіл...оат
Аміди $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$	Амідна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$	карбомоїл-	-амід
Нітрили $R-C \equiv N$	Нітрильна $-C \equiv N$	ціано-	-нітрил
Альдегіди $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	Альдегідна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	оксо-	-аль
Кетони $R-C \begin{matrix} \nearrow R' \\ \searrow O \end{matrix}$	Карбонільна $-C \begin{matrix} \nearrow \\ \searrow O \end{matrix}$	оксо-	-он
Спирти $R-OH$	Гідрокси $-OH$	(гідр)окси-	-ол
Тіоли $R-SH$	Меркапто $-SH$	меркапто-	-тіол
Аміни $R-NH_2, NHR_2, NR_3$	$-NH_2, -NHR, -NR_2$	аміно-	-амін
Алкіни $C_nH_{2n-2}$	$-C \equiv C -$	-	-ин (-ін)
Алкени $C_nH_{2n}$	$-C = C -$	-	-ен
Алкани $C_nH_{2n+2}$	-	-	-ан

Заміщуючи атоми Гідрогену у вуглеводнях різними атомами або групами атомів, можна вивести різні похідні вуглеводнів. Наприклад, з етану можна вивести такий ряд:

Вуглеводень	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	
Галогенпохідні	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	
Спирти	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
Тіоспирти	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$	
Нітросполуки	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$	
Аміни	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	
Альдегіди	$\text{CH}_3\text{CHO}$	
Кислоти	$\text{CH}_3\text{COOH}$	
Сульфокислоти	$\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$	тощо.

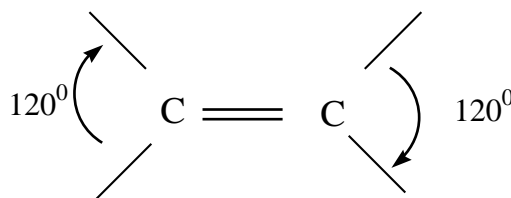
### Вуглеводні

Це прості за складом органічні сполуки. Їх молекули побудовані з атомів тільки двох елементів – Карбону та Гідрогену. Загальна формула  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Вони відрізняються будовою карбонового скелета і характером зв'язків між атомами Карбону.

**Алканами** або насиченими вуглеводнями називають вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені один з одним простими (ординарними) зв'язками, а всі валентності карбонових атомів, які не приймають участі в їх взаємному сполученні, утворюють зв'язки з атомами Гідрогену.

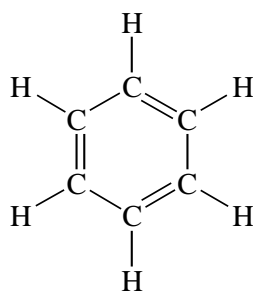
Алкани утворюють гомологічний ряд сполук, що відповідають загальній формулі  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

**Алкени** (етиленові вуглеводні або олефіни) мають на два атоми Гідрогену менше, ніж алкани, і завдяки цьому називаються ненасиченими (загальна формула гомологічного ряду  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ). Подвійний зв'язок перетворює два атоми Карбону в плоску структуру з валентними кутами між сусідніми зв'язками по  $120^\circ$ :

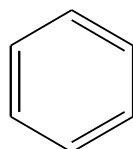


**Алкіни** – це ненасичені аліфатичні вуглеводні, що мають один або декілька потрійних карбон-карбонових зв'язків. Алкіни з одним потрійним зв'язком утворюють гомологічний ряд, що має загальну формулу  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

**Арени або ароматичні вуглеводні** - сполуки, що містять в молекулі особливе циклічне угруповання з шести атомів Карбону, яке називають бензеновим ядром. Циклічну структуру бензену вперше запропонував **Ф. Кекуле**:



Схематично молекулу бензену можна зображати так (не показують атомів Гідрогену):



При вивченні цієї теми слід засвоїти принцип будови гомологічних рядів насичених вуглеводнів (алканів), ненасичених вуглеводнів (алкенів, алкадієнів, алкінів), циклічних аліфатичних вуглеводнів, аренів, поняття про гомологічну різницю; види ізомерії, що характерні для представників кожного гомологічного ряду, номенклатуру. Зверніть увагу на те, що будова органічної сполуки впливає на її фізичні та хімічні властивості. Алкани, наприклад, не здатні до реакцій приєднання, тому, що в їх молекулах усі зв'язки насичені. У молекулі метану, як і у інших представників його гомологічного ряду, атом Карбону знаходиться в стані  $sp^3$ -гібридизації, тобто атоми Карбону зв'язані між собою та з атомами Гідрогену ординарним зв'язком ( $\sigma$ -зв'язок).

Хімічні властивості ненасичених вуглеводнів визначаються наявністю подвійного або потрійного зв'язків ( $sp^2$ - та  $sp$ -гібридизації). Тому для таких сполук характерні реакції приєднання.

**Приклад.** Напишіть структурні формули ізомерів складу  $C_6H_{12}$ , назвіть їх.

**Розв'язання.** При складанні формул ізомерів даної речовини слід виходити з формули вуглеводню, що має нерозгалужений ланцюг для заданої сполуки. Змінюючи положення функціональних груп або кратних зв'язків, можна отримати формули полімерів:

1.  $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$  1-гексен.
2.  $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$  2-гексен.
3.  $CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_3$  3-гексен.

Потім слід укорочувати ланцюг на одну групу –  $CH_3$  і провести усі можливі перестановки цієї групи та кратного зв'язку:

4.  $CH_2 = C - CH_2 - CH_2 - CH_3$  2-метил-1-пентен.



5.  $\text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  2-метил-2-пентен.



6.  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3$  4-метил-2-пентен.



7.  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3$  4-метил-1-пентен.



8.  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  3-метил-1-пентен.



9.  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  3-метил-2-пентен.

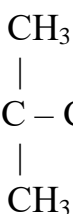


Нарешті, слід скоротити ланцюг ще на одну групу  $\text{CH}_3$  і зробити всі можливі перестановки групи  $\text{CH}_3$  і подвійного зв'язку, а саме:

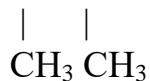
10.  $\text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3$  2,3-диметил-1-бутен.



11.  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} - \text{CH}_3$  3,3-диметил-1-бутен.



12.  $\text{CH}_3 - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_3$  2,3-диметил-2-бутен.



## 1.7 Будова та властивості сполук, що містять атоми Оксигену.

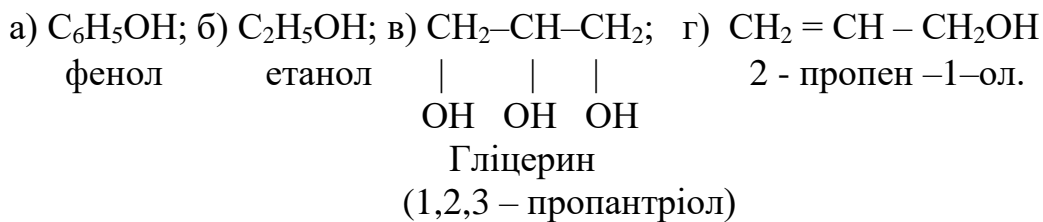
### Гідроксисполуки

До *гідроксисполук* відносяться сполуки, що містять одну або декілька гідроксильних груп (-ОН). Ця група є функціональною для спиртів і фенолів. У фенолах вона пов'язана безпосередньо з атомом Карбону ароматичного ядра, а у спиртах – з іншим атомом Карбону.

У залежності від вуглеводневого залишку спирти бувають *насиченими*, *ненасиченими*, *циклічними*, *ароматичними*. У залежності від кількості



гідроксильних груп спирти та феноли поділяються на **одноатомні, двоатомні, триатомні, багатоатомні**, наприклад,



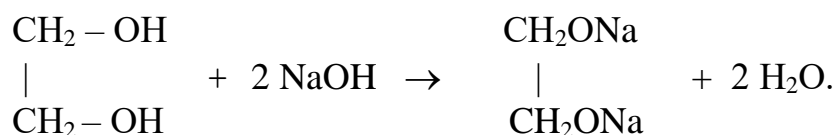
Залежно від характеру атома Карбону, з яким сполучена гідроксигрупа, спирти поділяються на **первинні**, якщо гідроксильна група розміщена біля первинного атома Карбону, **вторинні**, якщо гідроксильна група розміщена біля вторинного атома Карбону, і **третинні**, якщо гідроксильна група розміщена біля третинного атома Карбону.

Насичені одноатомні спирти утворюють гомологічний ряд із загальною формулою  **$C_nH_{2n+1}OH$** .

Багатоатомні спирти — оксисполуки, які в своїх молекулах мають дві та більше гідроксильні групи: двоатомні (діоли); триатомні (триоли) тощо.

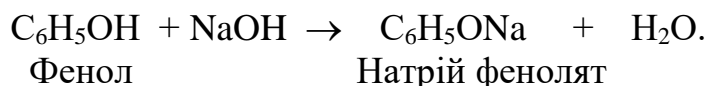
**Приклад.** Проаналізуйте відношення до дії розчину  $NaOH$  етанолу, 1,2-етандіолу, фенолу. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

**Розв'язання.** Одноатомні спирти – мають дуже слабкі кислотно-основні властивості ( $pK_a \approx 18$ , для води  $pK_a = 16$ ). Тому з водними розчинами лугів не взаємодіють. У реакціях багатоатомних спиртів є особливості, зумовлені одночасною наявністю в молекулі кількох гідроксильних груп: маючи негативний індукційний ефект, один гідроксил відтягує електронну густину від іншого, посилюючи кислотно-основні властивості багатоатомних спиртів порівняно з одноатомними. Тому 1,2-етандіол, як багатоатомний спирт, реагуватиме з водним розчином лугу:



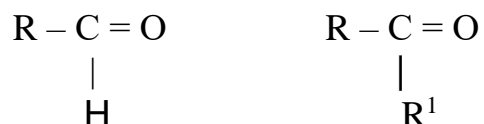
Феноли мають більш сильні кислотні властивості, ніж спирти ( $pK_a = 9,7$ ), тому легко вступають у реакції з лугами. Це пов'язано з тим, що вільні пари *p*-електронів атома Оксигену гідроксильної групи взаємодіють з  $\pi$ -електронами бензенового кільця, внаслідок чого утворюється спільна (кон'югована) електронна орбіталь, що охоплює і бензенове кільце, й атом Оксигену (*p*- $\pi$ -кон'югація). Гідроксильна група виявляє *+M*-ефект, який є значно сильнішим від її *-I*-ефекту, тому внаслідок *p*- $\pi$ -кон'югації електронна густина зсувається від атома Оксигену в бік ароматичного кільця, а Оксиген, у свою чергу, відтягує до себе електронну хмару від атома Гідрогену (але значно сильніше, ніж в аліфатичних спиртах), останній протонується, тобто стає рухливішим. У результаті кислотні властивості фенолів значно

посилюються порівняно зі спиртами. Тому феноли реагують не тільки з лужними металами (як спирти), а й з водними розчинами лугів:



### Оксосполуки (альдегіди і кетони)

**Альдегідами і кетонами** називають сполуки, що містять у молекулі оксо- або карбонільну групу  $>\text{C}=\text{O}$ . Звідси й назва цих сполук – карбонільні сполуки. Альдегіди та кетони відрізняються за характером атомів, що оточують карбонільну групу: у альдегідів хоча б одна з валентностей Карбону карбонільної групи витрачається на зв'язок з атомом Гідрогену. У кетонів обидві валентності карбонільної групи витрачаються на зв'язок з вуглеводневими залишками:



Відрізняють моно-, ди- та полікарбонільні сполуки. Монокарбонільні сполуки підрозділяють на насичені та ненасичені. Відмінність у будові альдегідів і кетонів незначна. Тому й хімічні властивості цих сполук відрізняються мало.

При вивченні цього розділу зверніть увагу на номенклатуру оксосполук, на їх фізичні та хімічні властивості, способи добування. З'ясуйте різницю у хімічних властивостях альдегідів та кетонів. Оксосполукам властива висока реакційна здатність, зумовлена полярністю та легкою поляризованістю карбонільної групи внаслідок помітної різниці електронегативностей Карбону й Оксигену.

Альдегіди більш реакційноздатні, ніж кетони, оскільки у кетонах компенсація позитивного заряду на карбонільному атомі Карбону вагомніша за рахунок позитивних індукційних ефектів двох радикалів. Тому й полярність карбонільної групи у кетонів менша. Вплив індукційного ефекту виявляється у тому, що реакційна здатність формальдегіду вища, ніж у його гомологів. Зверніть увагу на відношення оксосполук до дії окисників і умов протікання реакцій з ними.

### Окремі представники

**Формальдегід, метаналь** – газ з різким запахом. Добре розчинний у воді. Водний розчин ( $\omega = 40\%$ ) називають **формаліном**. Він має сильні дезінфікуючі властивості. Формальдегід – важливий продукт органічного синтезу. Використовується для добування бакелітової смоли.

**Оцтовий альдегід, етаналь** – летка речовина з характерним запахом, використовується для добування оцтової кислоти та її похідних, тримеру і тетрамеру.

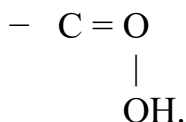
**Ацетон, пропанон** – рідина з характерним запахом, це один з важливих органічних розчинників, використовується для добування плексигласу; використовується як розчинник для нітрату клітковини, етаноату клітковини.

**Бензальдегід** – рідина з характерним запахом гіркою мигдалю, використовується як добавка в харчовій промисловості.

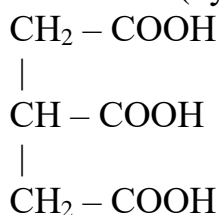
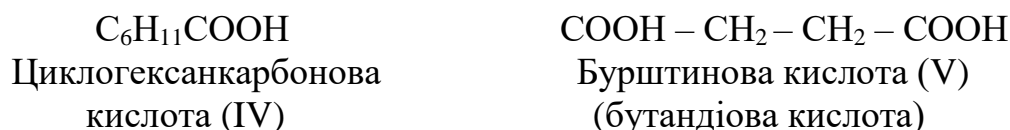
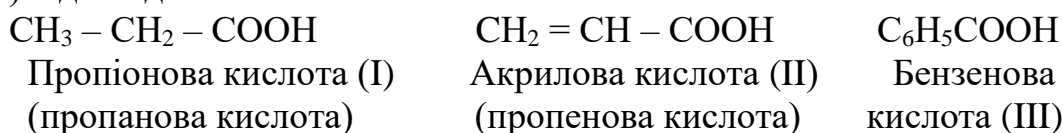
**Ванілін**, (4-гідрокси-3-метоксибензальдегід) як ароматизатор застосовується у виробництві кондитерських виробів, безалкогольних напоїв.

## Карбонові кислоти

**Карбоновими кислотами** називають сполуки, що містять у своєму складі карбоксильну групу



Карбоксильна група визначає **основність** кислоти, а тому залежно від кількості карбоксильних груп розрізняють **одноосновні** (I, II, III, IV), **двоосновні** (V) і **багатоосновні** (VI) кислоти. За будовою вуглеводневого залишку розрізняють **аліфатичні (жирні) насичені і ненасичені карбонові кислоти, кислоти ряду циклоalkanів та ароматичні кислоти** (I, II, IV, III) відповідно.



1,2,3 –Пропантрикарбонова кислота (VI).

Зверніть увагу на номенклатуру карбонових кислот, ізомерію, характерну для кожного виду карбонових кислот, способи добування, фізичні та хімічні властивості. Хімічні властивості карбонових кислот зумовлені наявністю карбоксильної групи і будовою вуглеводневого залишку. Зверніть увагу на взаємний вплив бензенового ядра і замісників, цим можна пояснити

деяку різницю у властивостях ароматичних і аліфатичних кислот. Необхідно знати, що карбоксильна група – найбільш “окиснена” функціональна група.

У класі карбонових кислот розглядають також функціональні похідні, тобто похідні карбоксильної групи, а саме: ацилгалогеніди, ангідриди, аміди, нітрили тощо.

Гідроксикарбоновими, або гідроксикислотами, називають похідні вуглеводнів, які мають у молекулі два види функціональних груп: гідроксильні – OH та карбоксильні – COOH. Тому гідроксикислоти можна розглядати як гідроксильні похідні відповідних карбонових кислот.

В таблиці 11 наведені основні карбонові кислоти, які входять до складу масел і жирів.

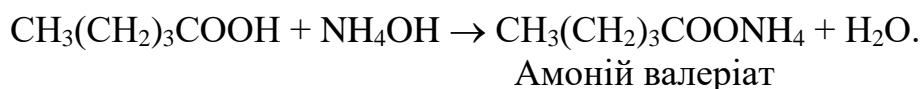
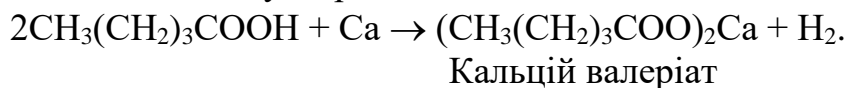
**Таблиця 11**

*Основні карбонові кислоти, які входять до складу масел і жирів*

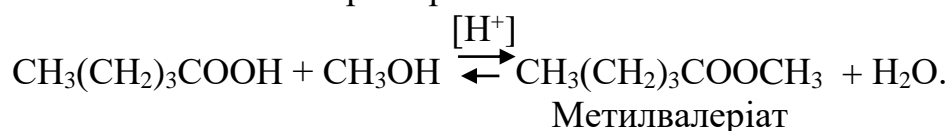
Назва кислоти (тривіальна, систематична)	Формула	Умовне позначення (символ)*
<i>Насичені кислоти</i>		
Масляна (бутанова)	$CH_3-(CH_2)_2-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_4^o$
Капронова (гексанова)	$CH_3-(CH_2)_4-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_6^o$
Каприлова (октанова)	$CH_3-(CH_2)_6-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_8^o$
Капринова (деканова)	$CH_3-(CH_2)_8-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{10}^o$
Лауринова (додеканова)	$CH_3-(CH_2)_{10}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{12}^o$
Міристинова (тетрадеканова)	$CH_3-(CH_2)_{12}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{14}^o$
Пальмітинова (гексадеканова)	$CH_3-(CH_2)_{14}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{16}^o$
Стеаринова (октадеканова)	$CH_3-(CH_2)_{16}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{18}^o$
Арахінова (ейкозанова)	$CH_3-(CH_2)_{18}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{20}^o$
Бегенова	$CH_3-(CH_2)_{20}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{22}^o$
Церотинова	$CH_3-(CH_2)_{24}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{26}^o$
Монтанова	$CH_3-(CH_2)_{26}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{28}^o$
Мелісинова	$CH_3-(CH_2)_{28}-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$C_{30}^o$

**Приклад.** З якими сполуками: а)  $\text{H}_2$  (Ni); б) Ca; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ); г)  $\text{NH}_4\text{OH}$  взаємодіє пентанова кислота? Напишіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти цих реакцій.

**Розв'язання.** а) Пентанова кислота  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$  містить у своєму складі залишок насиченого вуглеводню, тому така кислота не може приєднувати атоми Гідрогену; б), г) Карбонові кислоти взаємодіють з металами і амоніаком з утворенням солей:

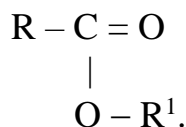


в) Спирти за наявності сильних мінеральних кислот утворюють з карбоновими кислотами естери карбонових кислот:



### Естери

**Естери** можна розглядати як похідні карбонових кислот, в яких гідроксил карбонільної групи заміщений на алкоксильну групу  $\text{—OR}^1$ , або як продукти ацилювання спиртів:



В залежності від того, якими кислотами та якими спиртами утворені естери, їх поділяють на три групи:

1) **Есенції** – естери низько- та середньомолекулярних кислот і спиртів, безбарвні речовини з приємним запахом.

2) **Жири** – естери карбонових кислот і триатомного спирту гліцерину. Жири, у свою чергу, є основною складовою частиною природних речовин, названих ліпідами.

3) **Воски** – це естери вищих карбонових кислот і вищих одноатомних спиртів. Вони бувають рослинного і тваринного походження.

## 1.8 Сполуки, що містять атоми Нітрогену.

### Білкові речовини

Органічні сполуки, що містять у молекулі атоми Нітрогену, широко представлені у природі. До них відносяться **аміни**, **амінокислоти**, **білки**, багато фізіологічно активних сполук тощо.

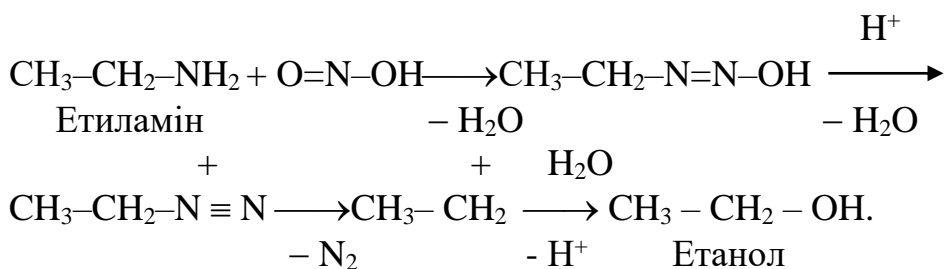
В молекулах **аліфатичних амінів** атом Нітрогену є  $\text{sp}^3$ -гібридизованим, тобто молекули мають конфігурацію сплющеної піраміди

(значення валентного кута атома Нітрогену становить  $\sim 110^\circ$ ), у кутах основи якої розміщені вуглеводневі залишки, а у вершині має бути неподілена електронна пара атома Нітрогену. Однак зафіксувати наявність дзеркальних ізомерів третинних амінів, що мають три різні залишки, не вдається, оскільки енергетичний бар'єр переходу від однієї до другої пірамідальної конфігурації досить невеликий, і такий перехід відбувається вже за кімнатної температури.

На відміну від аліфатичних, у молекулах **ароматичних амінів** атом Нітрогену перебуває в  $sp^2$ -гібридизованому стані (валентні кути становлять  $\sim 120^\circ$ ). Отже, використовуючи дві гібридизовані орбіталі на утворення зв'язків з атомами Гідрогену аміногрупи (або з атомами Карбону залишків алкіл- або діалкіламіногрупи), а третю – на зв'язок з атомом Карбону ароматичного кільця, атом Нітрогену має ще неподілену електронну пару. При цьому завдяки плоскій конфігурації аміногрупи стає можливою  $p$ - $\pi$ -кон'югація вільного електрона Нітрогену з  $\pi$ -електронною системою ароматичного кільця. В ароматичних амінах на аміногрупу значною мірою впливає ароматичне кільце, а саме наявність у ньому електронодонорних або електроноакцепторних замісників, особливо в *орто*- і *пара*-положеннях. Перерозподіл електронної густини на атомі Нітрогену найбільше впливає на основні властивості амінів. Необхідно засвоїти ізомерію, номенклатуру, фізичні, хімічні властивості та способи добування амінів, особлива увага звертається на відмінність властивостей первинних, вторинних та третинних амінів.

**Приклад.** В одній пробірці знаходиться розчини аніліну (амінобензену), в другій – аміноетану. Якими реакціями можна довести, де знаходиться кожний розчин? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

**Розв'язання.** Характерною реакцією на аміни є взаємодія з нітритною кислотою, що дає змогу розрізнити первинні, вторинні і третинні аміни. (Нітритна кислота у вільному стані не існує, тому її добувають безпосередньо в реакційній суміші під дією деякого надлишку мінеральної кислоти). Аміноетан відноситься до первинних аліфатичних амінів. Як первинний аліфатичний амін аміноетан утворює на холоді нестійке похідне алкілдіазонію, що розщеплюється з виділенням азоту та утворенням суміші продуктів, серед яких є етанол:



Анілін відноситься до первинних ароматичних амінів. Вони на холоді з нітритною кислотою утворюють високореакційні солі арилдіазонію:



**Амінокислотами** називають гетерофункціональні сполуки, які містять у молекулах одночасно амінні й карбоксильні групи.

### Класифікація амінокислот

1. Залежно від кількості функціональних груп розрізняють а) моноаміномонокарбонові кислоти (одна група  $\text{NH}_2$ , одна група  $\text{COOH}$ ), або **нейтральні** амінокислоти; б) діаміномонокарбонові ( дві групи  $\text{NH}_2$ , одна  $\text{COOH}$ ), або **основні** амінокислоти; в) моноамінодикарбонові (одна група  $\text{NH}_2$ , дві групи  $-\text{COOH}$ ), або **кислі** амінокислоти; г) діамінодикарбонові кислоти (дві групи

$-\text{NH}_2$ , дві групи  $-\text{COOH}$ ) тощо.

2. Залежно від характеру вуглеводневого залишку амінокислоти поділяють на аліфатичні, ароматичні, гетероциклічні.

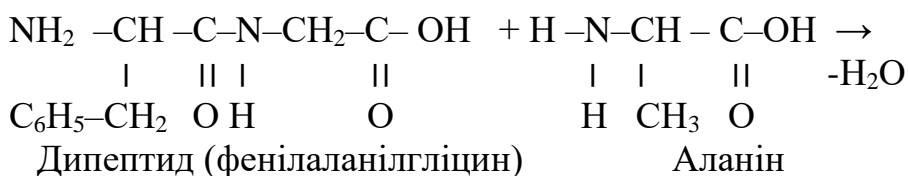
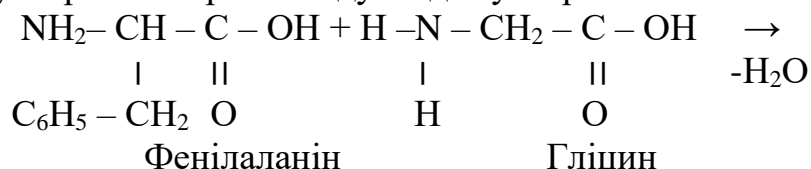
3. Залежно від розміщення аміногрупи відносно карбоксильної групи в головному ланцюгу розрізняють  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - і т.д. до  $\omega$ -амінокислот (у молекулах  $\omega$ -амінокислот карбоксильна і аміногрупа розміщені на протилежних кінцях карбонового ланцюга).

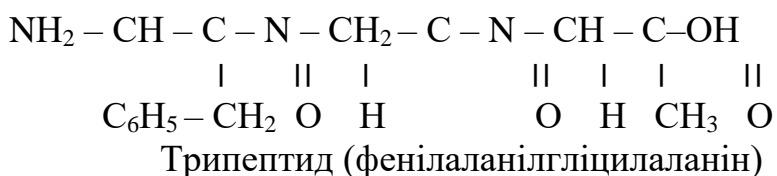
4. Особливо виділяються амінокислоти, що містять у своїх молекулах крім  $-\text{NH}_2$  і  $-\text{COOH}$  інші функціональні групи: гідрокси  $-\text{OH}$ , тиольну групу  $-\text{SH}$  та алкіловану  $-\text{SR}$  (сульфуровмісні), амідну групу  $-\text{CONH}_2$  тощо.

5. Оскільки амінокислоти відіграють виключно важливу роль у процесах життєдіяльності, їх поділяють на синтетичні і природні.

Зараз відомо більше як 150 природних амінокислот, з них 26 виявлено в складі білків, 8 з них є незамінними.

Необхідно знати ізомерію і номенклатуру амінокислот, їхні фізичні та хімічні властивості, особливо властивості  $\alpha$ -амінокислот, їхню здатність утворювати поліпептиди. З двох молекул  $\alpha$ -амінокислот утворюється дипептид, далі дипептид взаємодіє з третьою молекулою  $\alpha$ -амінокислоти з утворенням трипептиду і т.д. з утворенням поліпептиду:





Назва поліпептидів складається з назв  $\alpha$ -амінокислот, які входять до його складу, і перераховуються послідовно від N-кінцевого до C-кінцевого залишку. При цьому в тривіальних назвах амінокислот суфікс -ин (-ін) замінюється суфіксом -ил (-іл), а C-кінцева  $\alpha$ -амінокислота зберігає звою назву.

**Білки або протеїни** – це високомолекулярні органічні сполуки, що побудовані із залишків  $\alpha$ -амінокислот.

### Хімічний склад білків

**Білки** – органічні сполуки, що мають такий елементний склад: атоми Карбону – 52 – 55%; атоми Оксигену – 21 – 23%; атоми Гідрогену – 6,6 – 7,3%; атоми Нітрогену – 15 – 18%; Атоми Сульфуру – 0,3 – 2,%. До складу деяких білків входять також атоми Фосфору (0,2 – 2,0%), атоми Феруму та інші елементи.

За хімічною природою білки є гетерополімерами, побудованими з амінокислот.

Дисиміляція білків в організмі людини починається з їхнього гідролітичного розщеплення за участю протеолітичних ферментів. В результаті утворюються вільні амінокислоти та пептиди з більш короткими ланцюгами, ніж у вихідних білків. Кінцевими продуктами окиснення вуглеводневої частини амінокислот є  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Однак кінцевим продуктом обміна нітрогеновмісних сполук є не вільний азот, а такі продукти неповного згоряння, як сечовина, амонійні солі, сечова кислота, аспарагін та деякі інші, що виводяться з організму з сечею і потом. Тим не менш калорійність білків звичайно прирівнюється до теплоти їх згоряння до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{N}_2$  і вважають, що вона знаходиться приблизно на такому же рівні, як і вуглеводів 16,5 – 17,2 кДж/г (4,0 – 4,1 ккал/г).

При нормальній трудовій діяльності енергетичні втрати людини переक्रиваються за рахунок білків на 15 – 20%.

Не дивлячись на те, що білки в енергетичному балансі людини відіграють відносно меншу роль, їх значення як основного будівельного матеріалу клітин дуже велике. Унікальна роль білків складається в тому, що їх дефіцит в організмі практично не поповнюється за рахунок інших компонентів їжі. Норма добового вживання білків для дорослої людини 80 – 100 г (при важкій фізичній праці 130 – 140 г), систематичне порушення її виявляється вельми хворобливо на життєдіяльності організму.

Вивчаючи клас білків, зверніть увагу на їхні фізичні і хімічні властивості, просторову структуру, ідентифікацію.



## Фізіологічна роль пептидів

Білки або протеїни – це високомолекулярні органічні сполуки, до складу яких входять атоми Нітрогену, що побудовані із залишків  $\alpha$ -амінокислот.

В природі існує приблизно від  $10^{10}$  до  $10^{12}$  різних білків, що складають основу  $1,2 \cdot 10^6$  видів живих організмів, починаючи від вірусів та закінчуючи людиною.

Така різноманітність білків обумовлена здатністю 20 протеїногенних  $\alpha$ -амінокислот взаємодіяти одна з одною з утворенням полімерних молекул.

Кожний вид живих організмів характеризується індивідуальним набором білків, що визначається інформацією нащадків, що закодовані в ДНК.

Розташування білків в просторі визначає їх *біологічні функції*, головними з яких є:

- структурна (кератин волосся, колаген з'єднувальної тканини, еластин);
- каталітична (ферменти), транспортна (гемоглобін, міоглобін, альбуміни сироватки);
- захисна (антитела, фібриноген крові);
- гормональна (інсулін підшлункової залози, гормон росту, гастрин шлунку);
- резервна (овальбумін яйця, казеїн молока, феритин селезінки).

Білкові речовини приймають участь у здійсненні багатьох найважливіших процесів в організмі, таких як збудженість, координація руху, диференціювання клітин.

У організмі тварин білки становлять близько 50% сухої маси. У більшості рослинних клітин вміст білка незначний, однак функціональна роль їх дуже велика.

Білки мають важливе значення як основний і незамінний продукт харчування людини та корм для сільськогосподарських тварин.

Білки в харчуванні людини займають особливе місце. Вони виконують цілий ряд специфічних функцій, які властиві тільки живій матерії. Білкові речовини наділяють організм пластичними властивостями, що полягають у побудові структур субклітинних включень, і забезпечують обмін речовин між організмом і навколишнім середовищем. В обміні речовин приймають участь як структурні білки клітин і тканин, так і ферментні і гормональні системи. Білки координують і регулюють все те різноманіття хімічних перетворень в організмі, яке забезпечує функціонування його як єдиного цілого.

## Структура білків

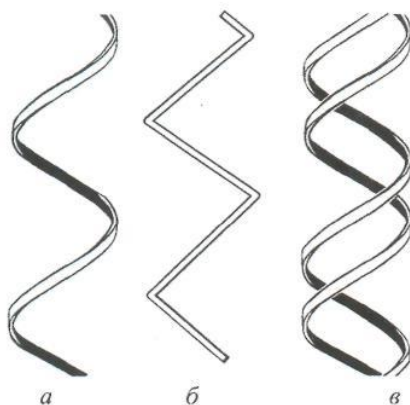
*Хімічні зв'язки в білковій молекулі.*  $\alpha$ -амінокислоти є мономерними структурними одиницями білкової молекули. В процесі біосинтезу білка залишки окремих амінокислот з'єднуються один з одним у лінійну послідовність, а також формується просторова структура за допомогою

різних типів зв'язків. У цілому білкова молекула характеризується наявністю міцних ковалентних і відносно слабких нековалентних зв'язків. Таке поєднання зв'язків забезпечує білковій молекулі міцність і динамічність у процесі функціонування.

**Рівні структурної організації білка.** Функціональні властивості білків визначаються послідовністю амінокислот і конфігурацією, тобто їх структурною організацією, або просторовою структурою. Виділяють чотири рівні організації молекули білка: первинна, вторинна, третинна та четвертинна.

**Первинна структура** характеризує якісний і кількісний склад амінокислот, послідовність їх розміщення в поліпептидних ланцюгах білкової молекули. Основу первинної структури складають пептидні зв'язки. Пептидний, або кислотнамідний зв'язок ( $-\text{CO} = \text{NH}-$ ), є типовим ковалентним зв'язком, за допомогою якого амінокислотні залишки з'єднуються один з одним, утворюючи стержень білкової молекули. Є.Фішер вперше висунув поліпептидну теорію структури молекули білка. Згідно з цією теорією молекули білка складаються з великої кількості амінокислотних залишків, з'єднаних між собою пептидними зв'язками.

**Вторинна структура** визначає просторову конфігурацію поліпептидного ланцюга. Відомо три види вторинної структури:  $\alpha$ -спіральна,  $\beta$ -складчаста і колагенова спіраль.



**$\alpha$ -Спіраль** – це правий гвинт, де на один виток припадає 3 – 6 амінокислотних залишків (а).  **$\beta$ -Складчаста структура** – це система паралельно й антипаралельно розміщених фрагментів. Складки виникають тому, що площини двох сусідніх зв'язків утворюють певний кут (б). **Колагенова спіраль** складається з трьох спіральних ланцюгів, які закручуються (“зчеплюються”) один навколо одного й утворюють суперспіраль (в).

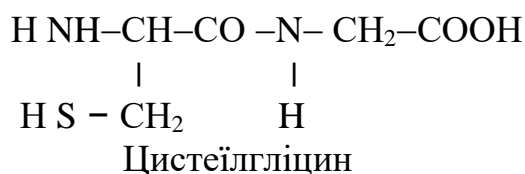
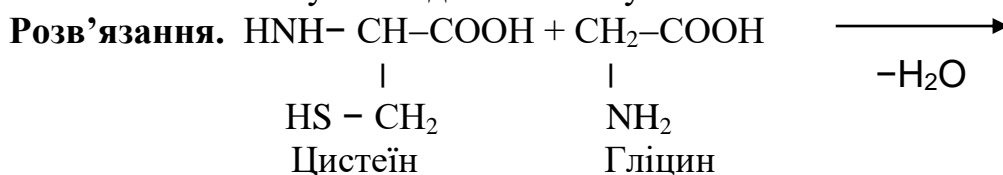
Вторинна структура стабілізується водневими зв'язками, які виникають між атомом Гідрогену, що сполучений з електронегативним атомом Нітрогену одного пептидного зв'язку, і карбонільним атомом

Оксигену видаленої від нього, якщо рахувати вздовж пептидного ланцюга, але наближеної у просторі амінокислоти.

Спіралі вторинної структури можуть різними способами згибатися та складуватися, утворюючи клубки. Таким чином утворюється **третинна структура білка**. Вона стабілізується різними зв'язками: водневими, дисульфідними, амідними.

Багато білків володіють **четвертинною структурою**. Вона являє собою комбінацію субодиниць з однаковою або різною первинною, вторинною та третинною структурою. Субодиниці пов'язані друг з другом за допомогою слабких нековалентних зв'язків.

**Приклад.** Напишіть структурну формулу пептиду з цистеїну та гліцину. Назвіть продукт реакції. Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення в ньому пептидного зв'язку?



Обробка сильнолужного розчину білка кількома краплями насиченого розчину Купрум(II) сульфату призводить до появи фіолетового або синьо-фіолетового забарвлення. Ця реакція (**біуретова**) є характерною для пептидів та білків і застосовується для виявлення пептидних зв'язків.

## РОЗДІЛ 2

### Харчові кислоти. Жири. Вуглеводи. Вітаміни

#### 2.1 Харчові кислоти

**Харчові кислоти** являють собою різноманітну за своїми властивостями групу речовин органічної і неорганічної природи.

Склад і особливості хімічної будови харчових кислот різноманітні і залежать від специфіки об'єкта харчування, а також від природи кислотоутворення.

В значній кількості рослинних об'єктів виявлені нелеткі моно- та трикарбонові кислоти, насичені і ненасичені, в тому числі гідрокси- та оксикислоти.

В продуктах переробки плодів, наприклад, в заболоні (мезге) можуть бути виявлені леткі кислоти – мурашина та оцтова.

До групи органічних харчових кислот відносяться також амінокислоти, що входять до складу білків, вищі жирні кислоти, що є структурними компонентами ліпідів.

Основні джерела харчових кислот – рослинна сировина та продукти її переробки. Органічні харчові кислоти містяться в багатьох видах рослинних харчових об'єктів – ягодах, фруктах, овочах, зелених листях. Поруч із вуглеводами і ароматичними сполуками вони формують смак і аромат плодів, і таким чином, продукти їх переробки.

Найбільш типовими у складі різних плодів та ягід є лимонна та яблучна кислоти. З числа інших кислот частіше виявляються хінна, янтарна та щавлева. До поширених також відносяться шикимова, гліколева, фумарова, гліцерінова і винна кислоти. Концентрації їх різні.

Цитрусові плоди містять переважно лимонну кислоту і невелику кількість яблучної. Вміст яблучної кислоти в апельсинах становить 10-25%, в мандаринах – до 20%, в грейпфрутах і лимонах – до 5% по відношенню до загальної кислотності. На відміну від плодів, в шкуринці апельсинів міститься значна (приблизно 0,1%) кількість щавлевої кислоти.

Лимонна кислота міститься в ананасах (до 85%), яблучної в них – близько 10%.

Кісточкові плоди містять від 50 до 90% яблучної кислоти.

Більше 90% кислотності приходить на яблучну, лимонну та хінну кислоти в персиках, абрикосах.

У винограді основною кислотою є винна кислота, (50-65% загальної кислотності), залишок приходить на яблучну (25 – 30%) та лимонну кислоти (до 10%). При дозріванні винограду вміст яблучної кислоти знижується швидше ніж винної.

В більшості плодів переважає лимонна кислота (виняток – виноград, агрус, чорниця та ожина).

Деяка кількість кислот в плодах знаходиться у вигляді солей ( в лимонах до 3%, в деяких сортах груш – 20 – 30%).

Молочну кислоту добувають мікробіологічним шляхом.

Відмінною ознакою томатів є присутність в них неорганічних кислот – фосфатної, сульфатної, хлоридної.

Кислий смак продукту харчування обумовлюють іони Гідрогену, що утворюються в результаті електролітичної дисоціації кислот і солей, що містяться в них. Активність іонів Гідрогену (активна кислотність) характеризується показником рН.

Практично всі харчові кислоти є слабкими і у водних розчинах дисоціюють незначною мірою. Крім того, в харчовій системі можуть знаходитися буферні речовини, в присутності яких активність іонів Гідрогену буде зберігатися приблизно постійною за рахунок її зв'язку з рівноважною дисоціацією слабких електролітів. Прикладом такої системи є молоко.

В зв'язку з цим, сумарна концентрація в харчовому продукті речовин, що мають кислотний характер, визначається показником потенційної,

загальної або кислотності, що титрується (лугом). Для різних продуктів ця величина виражається через різні показники. Наприклад, в соках визначають загальну кислотність в г/дм<sup>3</sup>, в молоці – в градусах Тернера тощо.

Харчові кислоти, що входять до складу сировини та продуктів харчування, виконують різні функції, які пов'язані з якістю об'єктів харчування.

Харчові кислоти приймають участь у формуванні смаку та аромату, які належать до основних показників якості продукту харчування. Саме смак, поруч із запахом та зовнішнім виглядом, найбільш суттєво впливають на вибір споживачем того чи іншого продукту у порівнянні з такими показниками, як склад та харчова цінність. Зміна смаку і аромату часто є ознакою того, що продукт починає псуватися, або в ньому є якісь зайві речовини.

Головне відчуття смаку, що визначено присутністю кислот в складі продукту, - кислий смак, який в загальному випадку пропорціональний концентрації іонів H<sup>+</sup>. Наприклад, порогова концентрація (мінімальна концентрація смакової речовини, що сприймається органами відчуття і дозволяє сприйняти кислий смак), становить для лимонної кислоти 0,017%, для оцтової – 0,03%. У випадку органічних кислот має значення і аніон кислоти. В залежності від його природи виникають комбіновані відчуття смаку, наприклад, лимонна кислота має кисло-солодкий смак, а пікринова – кисло-гіркий. Зміна смакових відчуттів відбувається і в присутності солей органічних кислот. Так, солі амонію надають продукту солений смак.

Формування якості продукту здійснюється на всіх етапах технологічного процесу його одержання. При цьому багато технологічних показників, що створюють високоякісний продукт, залежать від активної кислотності (рН) харчової системи.

Величина рН впливає на такі технологічні параметри:

- утворення компонентів смаку і аромату, характерних для конкретного виду продукту;
- колоїдну стабільність полідисперсної харчової системи (стан білків молока або комплекс білково-дубільних сполук у пиві);
- термічну стабільність харчової системи (білкові речовини в молоці);
- біологічну стійкість (пива, соків);
- активність ферментів;
- умови зростання корисної мікрофлори та її вплив на процеси дозрівання (пива, сирів).

### **Найважливіші харчові кислоти**

**Оцтова кислота** (льодяна) Е 460 є найбільш відомою харчовою кислотою і випускається у вигляді есенції, що містить 70 – 80% власне кислоти. В побуті використовують розведену водою оцтову есенцію, що має назву столовий оцет. Використання оцту для консервування продуктів харчування – один з найстаріших способів консервування. В залежності від

сировини, з якої добувають оцтову кислоту, розрізняють винний, фруктовий, яблучний, спиртовий оцет і синтетичну оцтову кислоту. Як харчові добавки використовують солі цієї кислоти – Калій та Натрій ацетати.

Дія оцтової кислоти полягає у зниженні рН продукту, що консервується, що проявляється за вмістом 0,5% і направлено, головним чином, проти бактерій. Основна галузь застосування оцтової кислоти – овочеві консерви та мариновані продукти. Застосовується в майонезах, соусах, при маринуванні рибної продукції та овочів, ягід та фруктів. Оцтова кислота використовується і як смакова добавка.

**Молочна кислота** випускається в двох формах, що відрізняються концентрацією: розчин ( $\omega = 40\%$ ) та концентрат, що містить не менш, ніж 70% кислоти. Добувають молочнокислим бродінням сахарів Солі та естери цієї кислоти використовуються у виробництві безалкогольних напоїв, карамельних мас, кисломолочних продуктів. Має обмеження в застосуванні в продуктах дитячого харчування.

**Лимонна кислота** – продукт лимоннокислого бродіння вуглеводів. Вона має найбільш м'який смак у порівнянні з іншими харчовими кислотами і не викликає подразнюючої дії на слизові оболонки травного тракту. Солі – цитрати – застосовуються в кондитерській промисловості, при виробництві безалкогольних напоїв та деяких видів рибних консервів.

**Яблучна кислота** має менш кислий смак, ніж лимонна й винна. Для промислового використання цю кислоту добувають синтетичним шляхом з малеїнової кислоти. Застосовується в кондитерському виробництві і при добуванні безалкогольних напоїв.

**Винна кислота** є продуктом переробки відходів у процесі виробництва вина. Вона не має будь-якої подразнюючої дії на слизові оболонки травного тракту і не піддається обмінним перетворенням в кишечнику під впливом бактерій. Винна кислота застосовується у кондитерських виробках

**Янтарна кислота** використовується в харчовій промисловості для регулювання рН харчових систем.

**Адипінова кислота** є харчовою добавкою, що запезпечує кислий смак продуктів, наприклад, безалкогольних напоїв.

**Фумарова кислота** в харчовій промисловості використовується як замітник лимонної та винної кислот. Володіє токсичністю, тому добова потреба з продуктами харчування лімітовано рівнем 6 мг на 1 кг маси тіла.

**Фосфатна кислота** та її солі – (Калій, Натрій, Кальцій фосфати) широко поширені у харчовій сировині та продуктах її переробки. У високих концентраціях фосфати містяться в молочних, м'ясних та рибних продуктах, в деяких злаках та горіхах. Фосфати вводяться в безалкогольні напої та кондитерські вироби. Добова доза, що допускається, в перерахунку на фосфатну кислоту, відповідає 5 – 15 мг на 1 кг маси тіла ( у зв'язку з тим, що надлишок цієї кислоти в організмі може стати причиною дисбалансу кальцію та фосфору.

## 2.2 Ліпіди

*Ліпіди* – складні органічні речовини рослинного та тваринного походження. Ліпіди об'єднують велику групу різних за хімічною природою речовини, які мають деякі спільні фізико-хімічні властивості. До ліпідів належать естери триатомного спирту гліцерину і високомолекулярних жирних кислот – гліцерида, воски, фосфо- і гліколіпіди.

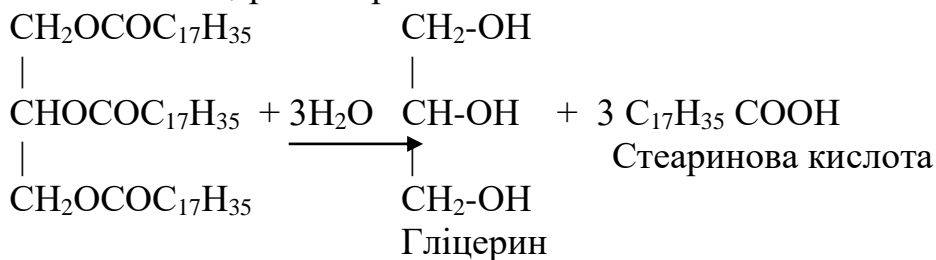
За хімічним складом ліпіди поділяють на дві групи: прості й складні. Прості ліпіди не містять атомів Нітрогену, Фосфору й Сульфуру. До них належать переважно ліпіди, що є похідними вищих жирних кислот, одно-, дво- і багатоатомних спиртів, альдегідів (ацилгліцерини, естери діолів, воски, алкільні ліпіди), а також їх структурні компоненти (спирти, карбонові кислоти). Естери карбонових кислот і триатомного спирту гліцерину називають гліцеридами. Вони входять до складу важливої групи речовин – жирів, які у свою чергу є основною складовою частиною ліпідів.

Ліпіди мають велике значення в харчуванні людини. Так, жири є однією з важливих складових їжі людини та тварин. За походженням жири поділяють на тваринні і рослинні (олії). Тваринні жири добувають із жирових тканин різних тварин, із молока. В основному це тверді жири (яловичий, баранячий, свиняче сало), але зустрічаються і рідкі (риб'ячий жир). Рідкі рослинні жири (олії) добувають із насіння, деяких плодів різних рослин (соняшникова, оливкова, конопляна тощо). Є також тверді рослинні жири, наприклад, кокосове масло, масло какао.

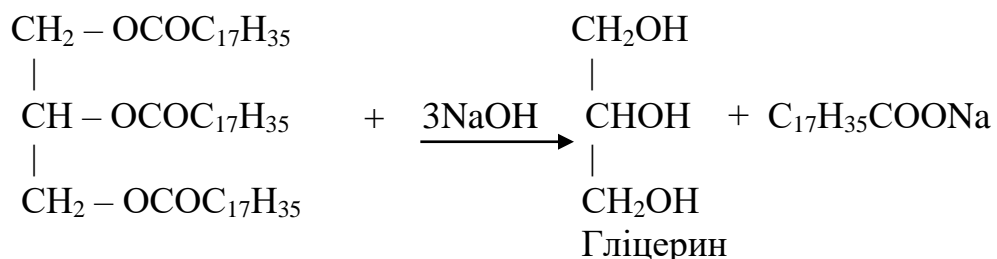
Добова потреба людини в жирах становить 80 – 100 г.

**Приклад.** Як відноситься до дії кислот та лугів 1,2,3-тристеарат гліцерину? Напишіть схеми відповідних рівнянь.

**Розв'язання.** Жири реагують з кислотами, у результаті реакції з жиру вивільнюються гліцерин і карбонові кислоти:



Якщо гідролізуючим реагентом є луг, то крім гліцерину утворюються солі вищих карбонових кислот – мила:



## 2.3 Вуглеводи

**Вуглеводи** – найпоширеніший у природі клас органічних сполук. Це сполуки, що мають у своєму складі різні функціональні групи – карбонільну і декілька гідроксильних.

В процесі засвоєння (дисиміляції) вуглеводів в організмі людини, що відбувається за участю ферментів (сахарази, амілаз, мальтази тощо) і гормонів (адреналіну, інсуліну тощо) оліго- та полісахариди гідролітично розщепляються до моносахаридів, які далі окиснюються до  $\text{CO}_2$  й  $\text{H}_2\text{O}$ . Калорійність вуглеводів, тобто енергія, що виділяється в процесі їх дисиміляції з утворенням  $\text{CO}_2$  й  $\text{H}_2\text{O}$ , становить в середньому 16,5 – 17,2 кДж/г (4,0 – 4,1 ккал/г). При нормальній трудовій діяльності енергетичні втрати людини покриваються за рахунок вуглеводів на 55 – 60%.

### Вміст вуглеводів у деяких харчових продуктах

Найменування продукту	Моно-і дисахариди, %	Крохмаль, %	Клітковина, %
Крупа манна	1,3	70,3	0,2
Крупа рисова	1,1	73,7	0,4
Крупа гречана	2,0	63,7	1,1
Макарони	1,8	68,5	0,1
Хліб житній	3,9	40,1	0,1
Картопля	1,5	18,2	1,0
Цибуля ріпчаста	9,0	-	0,7
Яблука	9,0	8,0	0,6
Дині	9,0	-	0,6
Кавуни	8,7	-	0,5
Морква	6,0	0,2	1,2
Баклажани	4,2	0,9	1,3
Кабачки	4,9	-	0,3
Горошок зелений	6,0	6,8	1,0
Капуста білокачанна	4,6	0,3	0,7
Сметана	2,4	0	0
Сир	2,4	0	0
Карамель леденцова	83,3	12,4	1,1
Шоколад	49,8	3,3	2,1

Вуглеводи витрачаються в організмі в першу чергу. Тільки при різному дефіциті їх у раціоні енергетичні витрати покриваються за рахунок жирів, а далі і білків.

Вуглеводи становлять близько 1% від загальної ваги тіла людини.



Полісахариди у рослинах (целюлоза) і у деяких тварин (хітин) є конструктивним матеріалом.

Вуглеводам також характерна певна пластична роль. У вигляді тваринного крохмалю – глікогену – вони часто відкладаються в печінці, м'язах, нервовій тканині. Глікоген в разі потреби розщеплюється до глюкози, яка надходить у кров і утилізується тканинами.

Деякі вуглеводи (сахароза, крохмаль) є запасними речовинами.

Вуглеводи відіграють певну сенсibiliзуючу роль. Їх надмір у їжі посилює алергічні реакції організму.

Вуглеводи входять до складу нуклеїнових кислот, багатьох ферментів і складних білків. Рибоза, наприклад, міститься в аденозинтрифосфатній (АТФ), гуанозинтрифосфатній (ГТФ) кислотах і інших сполуках, завдяки яким в організмі накопичується, зберігається, трансформується і використовується енергія для різних процесів біосинтезу.

Важливу роль у живих організмах відіграють вуглеводи групи мукополісахаридів, що є складовими компонентами різних слизів, шлункового соку, слини, міжклітинної речовини тощо. Зараз приділяється велика увага глікопротеїнам оболонки клітин людини і вищих тварин. Можливо, ці речовини грають важливу роль у механізмі виникнення злоякісних пухлин, їх правильна структура і функції необхідні для забезпечення людини від захворювань злоякісними пухлинами. Вуглеводи входять до складу групових речовин крові, деяких гормонів, приймають участь у процесах згортання крові (гепарин).

Більшість органічних речовин синтезується з вуглеводів, що утворюються в процесі фотосинтезу.

Проміжні продукти окиснення вуглеводів є вихідними речовинами для синтезу багатьох органічних сполук.

Вуглеводи широко використовують в харчовій промисловості.

Потрібні організму людини щодня 400 - 500 г вуглеводів (зокрема 50 — 100 г моно- і дисахаридів) є важливим джерелом енергії (1 г дає 15,7 кДж).

Надлишок вуглеводів перетворюється на жир, що відкладається в організмі, а також збільшує рівень холестерину в крові, що сприяє розвитку атеросклерозу. Надлишок цукру знижує травну, захисну і синтетичну функції корисної кишкової мікрофлори.

Щоб забезпечити збалансованість окремих вуглеводів і близьких до них речовин, необхідний достатньо високий рівень пектинових речовин і клітковини (25 г на добу). Пектинові речовини, які є в плодах і овочах, пригнічують розмноження гнільних мікроорганізмів, забезпечуючи кращі умови для життєдіяльності корисної кишкової мікрофлори. Клітковина стимулює перистальтику кишечника, нормалізує життєдіяльність корисної кишкової мікрофлори, сприяє виведенню з організму холестерину. Щоденне включення в раціон харчування овочів і фруктів дозволяє збалансувати окремі вуглеводи (крохмаль - 75, цукор - 20, пектинові речовини - 3,

клітковина - 2% від загальної їх кількості), що має значення для профілактики атеросклерозу.

За змішаної їжі засвоюваність вуглеводів картоплі становить 95, овочів - 85, фруктів - 90, молока і молочних продуктів - 98, цукру - 99%.

### Класифікація вуглеводів

В основі класифікації вуглеводів лежить відношення речовин цього класу органічних сполук до реакції гідролізу. В залежності від цього вуглеводи поділяють на прості і складні. Прості вуглеводи – це речовини, що не здатні вступати в реакцію гідролізу. Більшість цих речовин мають склад, що відповідає формулі  $C_nH_{2n}O_n$ , тобто число атомів Карбону у них дорівнює числу атомів Оксигену. Їх називають **моносахаридами, або монозами**.

**Моносахариди** поділяють на групи в залежності від вмісту в їх молекулах загального числа атомів Карбону. Назва моносахаридів, що вміщують те чи інше число атомів Карбону, складається з назви числівника, що відповідає загальній кількості атомів Карбону (три-, тетра-, пента-, гекса- тощо), і закінчення – оза. Так, моносахариди, що містять у молекулі п'ять атомів Карбону, називають пентозами; моносахариди, що містять шість атомів Карбону, називають гексозами тощо. У молекулах моносахаридів буває від 3 до 10 атомів Карбону. Найбільше практичне значення мають моносахариди, що містять п'ять або шість атомів Карбону, тобто пентози і гексози. Моносахариди є полігетерофункціональними сполуками, у молекулах яких одночасно міститься одна оксогрупа (альдегідна або кетонна) і декілька гідроксильних груп. Такі форми моносахаридів називають гідроксикарбонільними (відкритими, ланцюговими). Для них характерна наявність нерозгалуженого карбонового ланцюга.

**Складні вуглеводи** – це речовини, що здатні вступати до реакції гідролізу з утворенням простих вуглеводів. Їх називають полісахаридами, або поліозами. Загальна формула цих речовин  $C_mH_{2n}O_n$ , тобто число атомів Карбону у них не дорівнює числу атомів Оксигену.

Зверніть увагу, що у кристалічному стані моносахариди існують у вигляді напівацетальної (циклічної) форми, вивчіть стереохімію вуглеводів, включаючи існування  $\alpha$ - і  $\beta$ -ізомерів циклічної молекули моносахаридів та їхні перетворення (мутаротацію). Зверніть увагу на будову дисахаридів відновлюючих і невідновлюючих, а також на будову вищих полісахаридів. Необхідно вивчити реакції моносахаридів у карбонільних та циклічних формах.

Слід відрізнити за хімічними властивостями глюкозу від фруктози, моносахариди від ди- і полісахаридів.

**Приклад.** За допомогою яких реакцій можна відрізнити целобіозу від сахарози? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

**Розв'язання.** Целобіоза – відновлюючий дисахарид, його молекула утворена за рахунок глікозидного гідроксилу однієї молекули *D*-глюкози і

четвертого спиртового гідроксилу другої молекули *D*-глюкози. Тому целобіоза може існувати у двох таутомерних формах – циклічній і альдегідній, що зумовлено наявністю у неї одного глікозидного гідроксилу. За хімічними властивостями такий дисахарид подібний до моносахаридів і може реагувати з амоніачним розчином Аргентум оксиду, фелінговою рідиною:

Сахароза – невідновлюючий дисахарид, його молекула утворена за рахунок глікозидних гідроксилів обох молекул *D*-глюкози. Тому сахароза існує тільки у циклічній формі і не взаємодіє з амоніачним розчином Аргентум оксиду, рідиною Фелінга.

## 2.4 Вітаміни

**Вітаміни** – це органічні речовини різноманітної хімічної природи, які необхідні для нормальної життєдіяльності людей та тварин у невеликих кількостях. Вітаміни та їх похідні є незамінними учасниками обміну речовин і потрібні для забезпечення нормальних функцій і будови організму. Синтезуються вітаміни, в основному, в рослинних організмах, тому в організми людини та тварин вони повинні надходити з продуктами харчування.

Оскільки добова потреба людини у вітамінах вимірюється в міліграмах або навіть мікрограмах, вітаміни можна назвати мікрокомпонентами їжі. На відміну від них, макрокомпоненти – вуглеводи, білки, ліпіди – повинні входити в харчовий раціон людини у великих кількостях, добова потреба в них розраховується сотнями або (щонайменше) десятками грамів.

Майже всі відомі вітаміни є в клітинах усіх тварин, більшості рослин і мікроорганізмів, де виконують одні й ті ж важливі біохімічні функції.

Зараз відомо близько 20 різних вітамінів, які разом з основними харчовими речовинами – білками, вуглеводами та ліпідами – повинні міститися в харчовому раціоні людей і тварин багатьох видів для того, щоб забезпечити нормальний ріст і життєдіяльність організмів.

Джерелами вітамінів для людей є переважно продукти рослинного походження. Але окремі вітаміни містяться лише в організмах тварин (А, D). Людина одержує вітаміни або з рослинною їжею, або з продуктами тваринного походження (наприклад, із молоком, маслом, рибацьким жиром).

Внаслідок нестачі вітамінів у їжі розвивається захворювання **гіповітаміноз**, а через повну відсутність – **авітаміноз**. У разі надлишку вітамінів у їжі або введення дуже великої їх кількості з лікувальною метою може виникнути порушення обміну речовин і функцій організму, що називається **гіпервітамінозом**. Явища авітамінозу та гіпервітамінозу можуть спричинюватися порушеннями обміну речовин під час різних захворювань. Це ендогенні або вторинні види вітамінної недостатності.

Коли хімічна будова та механізм дії вітамінів ще не були відомі, їх позначали літерами латинського алфавіту, наприклад вітамін А, В, С. Зараз в основному використовують раціональні хімічні назви.

За фізико-хімічними властивостями вітаміни поділяють на дві групи: *водорозчинні* (добре розчинні у воді) та *жиророзчинні* (добре розчинні в неполярних розчинниках і жирах).

До водорозчинних вітамінів належать такі, як тіамін (вітамін В<sub>1</sub>), рибофламін (вітамін В<sub>2</sub>), нікотинова кислота (вітамін В<sub>3</sub>, РР), пантотенова кислота (вітамін В<sub>5</sub>), піридоксин (вітамін групи В<sub>12</sub>), аскорбінова кислота (вітамін С). Усі ці вітаміни є коферментами.

#### Вміст вітаміну В<sub>1</sub> в різних продуктах (в мг %)

Різне м'ясо та птахи	0,5 – 0,6
Квасоля	0,5
Горіх	0,8
Крупи	0,4 – 0,5
Дріжджі пивні	5,0
Дріжджі пекарські	2,0
Гречані крупи	0,5
Соя	0,6
Висівки пшеничні	0,8 – 1,5

#### Вміст вітаміну В<sub>2</sub> в різних продуктах (в мг %)

Хліб	0,1
М'ясо	0,1- 0,2
Печінка	2,2
Бобові	0,15
Овочі та фрукти	0,01 –0,06
Сир	0,3 – 0,4
Молоко	0,15
Яйця	0,4

#### Вміст вітаміну В<sub>3</sub> в різних продуктах (в мг %)

Печінка, нирки	2,5 – 9
Гречка	2,6
Рис	1,7 – 2,1
Овес	2,5
Яйця	1,4 – 2,7

#### Вміст вітаміну В<sub>6</sub> в різних продуктах (в мг %)

М'ясні продукти	0,3 - 0,4
Риба	0,1- 0,2
Квасоля та соя	0,9

Крупи	0,4
Пшоно	0,52
Картопля	0,30

**Вміст вітаміну В<sub>9</sub> в різних продуктах (в мкг %)**

Петрушка	110
Салат	48
Квасоля	36
Печінка	240
Шпинат	80
Нирки	56
Хліб	16 – 27
Сир	35 – 40
Молоко	5

**Вміст вітаміну В<sub>12</sub> в різних продуктах (в мкг %)**

Печінка	50 – 100
Риба	1–4
Яловичина	2 – 6
Молоко	0,4
Сир	1 – 2
Нирки	20 – 30

**Вміст вітаміну РР в різних продуктах (в мг %)**

Яловичина	4,7
Свинина	2,6
Баранина	3,2 – 12,0
Субпродукти	0,4
Риба	0,7 – 4,0

**Вміст вітаміну С в різних продуктах (в мг %)**

Свіжа шипшина	300 – 20000
Чорна смородина	200 – 500
Капуста білокачанна	50 – 70
Молода картопля	20 – 30
Цибуля зелена (перо)	60

До жиророзчинних належать вітаміни таких груп: А (каротиноїди), D (кальцифероли), К (філохінони), Е (токофероли).

**Вміст вітаміну А в різних продуктах (мг на 100 г)**

Печінка крупної рогатої худоби	30
Масло вершкове і топлене	1,2
Жовток яєчний	2,8 – 15

Жир печінки палтуса	250 - 1500
Жир печінки морського окуня	до 3750
Жир печінки тріски	6,25 – 27,5

**Вміст вітаміну D в різних продуктах (мг на 100г)**

Молоко коров'яче	0,0000075-0,000095
Масло вершкове	0,001 – 0,008
Жовток курячий	0,00975 – 0,0035
Печінка тварин	0,001 – 0,00125
Жир печінки тунця	100,0 – 150,0
Жир печінки тріски	0,25
Олія лляна та соняшна	0
Олія лляна та соняшна після опромінення ультрафіолетовими променями	0,025 – 0,05

**Вміст вітаміну E в різних продуктах (мг на 100г)**

Горох сухий	8
Салат качанний свіжий	13
Зародок пшениці	30
Печінка	3 –50
Молоко	2
Масло вершкове, яйця	3

**Вміст вітаміну K в різних продуктах (мг на 100г)**

Печінка свиняча	0,8
Мука з риби, що гниє	7,2
Мука із свіжої риби	0,04
Листя каштана	6,4
Капуста, кропива	3,2
Шпинат	4,4

Крім цих, добре відомих вітамінів, існують також інші речовини, необхідні для життєдіяльності живих організмів – вітаміноподібні речовини. До таких сполук належать вітамін P, вітамін U, вітамін B<sub>13</sub> (оротова кислота), вітамін B<sub>15</sub>.

## РОЗДІЛ 3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### Перелік тем завдань для самостійної роботи:

1. Основні хімічні поняття і закони.
2. Будова атома. Мінеральні речовини. Макро- та мікроелементи.
3. Основи хімічної кінетики. Ферменти.
4. Основи аналізу та дослідження харчових систем.
5. Вода. Фізичні та хімічні властивості. Розчини.
6. Будова та номенклатура органічних сполук.
7. Будова та властивості сполук, що містять атоми Оксигену.
8. Сполуки, що містять атоми Нітрогену. Білкові речовини.
9. Харчові кислоти.
10. Ліпіди.
11. Вуглеводи.
12. Вітаміни.

### Вибір завдань для самостійної роботи

Вибір завдань для самостійної роботи визначається за першими п'ятьма літерами прізвища студента, першими чотирма літерами його імені і першими трьома літерами по батькові.

Літери абетки		Перші п'ять літер прізвища					Перші чотири літери імені				Перші три літери по батькові			
		Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
а	н	1	17	33	49	65	81	97	113	129	145	161	177	
б	о	2	18	34	50	66	82	98	114	130	146	162	178	
в	п	3	19	35	51	67	83	99	115	131	147	163	179	
г	р	4	20	36	52	68	84	100	116	132	148	164	180	
д	с	5	21	37	53	69	85	101	117	133	149	165	181	
е	т	6	22	38	54	70	86	102	118	134	150	166	182	
є	у	7	23	39	55	71	87	103	119	135	151	167	183	
ж	ф	8	24	40	56	72	88	104	120	136	152	168	184	
з	х	9	25	41	57	73	89	105	121	137	153	169	185	
и	ц	10	26	42	58	74	90	106	122	138	154	170	186	
і	ч	11	27	43	59	75	91	107	123	139	155	171	187	
ї	ш	12	28	44	60	76	92	108	124	140	156	172	188	
й	щ	13	29	45	61	77	93	109	125	141	157	173	189	
к	ь	14	30	46	62	78	94	110	126	142	158	174	190	
л	ю	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	
м	я	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	

Згідно з першими п'ятьма літерами прізвища обирають відповідні номери завдань колонок цифр №, № 1, 2, 3, 4, 5 таблиці. Потім з колонок №, № 6, 7, 8, 9 за першими чотирма літерами імені обирають ще чотири завдання. Останні три завдання обирають з колонок №, № 10, 11, 12, виходячи з перших трьох літер по батькові.

Наприклад:

Ш	е	в	ч	е	н	к	о	С	е	р	г	і	й	І	в	а	н	о	в	и	ч
12	22	35	59	70				85	102	116	132			155	163	177					

Якщо прізвище містить менше, ніж п'ять літер, то відповідні запитання слід підбирати за першими літерами імені.

### Тема 1.1 «Основні хімічні поняття і закони»

1. Визначте молярну масу еквівалента атомів Фосфору і Силіцію в сполуках:  $P_2O_5$ ,  $SiO_2$ .

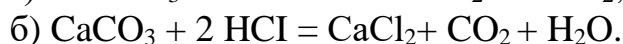
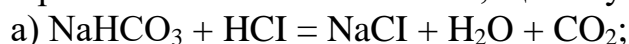
2. Визначте молярні маси еквівалентів сульфатної кислоти в реакціях, що протікають за рівняннями:



3. Визначте масу оксиду двовалентного металу, яка витрачена на реакцію з  $5,6 \text{ дм}^3$  водню (умови нормальні), якщо молярна маса еквівалента металу становить  $39,77 \text{ г/моль}$ .

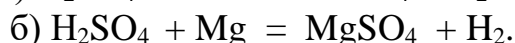
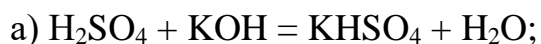
4. Чому дорівнює молярна маса еквівалента металу, якщо  $1,215 \text{ г}$  його витискують  $1,12 \text{ дм}^3$  водню (умови нормальні)?

5. Визначити молярні маси еквівалентів солей, що вступили до реакції:



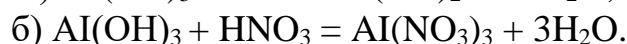
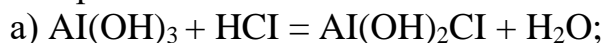
6. З  $3,85 \text{ г}$  нітрату металу добуто  $1,60 \text{ г}$  його гідроксиду. Обчислити молярну масу еквівалента металу.

7. Обчислити молярну масу еквівалента сульфатної кислоти в реакціях, що протікають за рівняннями:



8. Скільки металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює  $12,16 \text{ г/моль}$ , (умови нормальні) взаємодіють з  $310 \text{ см}^3$  кисню?

9. Обчислити молярну масу еквівалента Алюміній гідроксиду в реакціях, що протікають за рівняннями:



10. Визначте молярну масу еквівалента металу, якщо для повного розчинення  $8,16 \text{ г}$  цього металу необхідно  $20 \text{ г}$   $H_2SO_4$ .

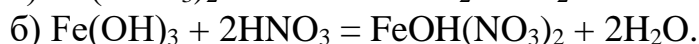
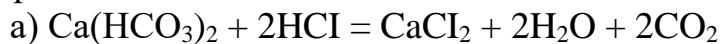
11. При згорянні  $5,00 \text{ г}$  металу утворюється  $9,44 \text{ г}$  метал оксиду. Визначте молярну масу еквівалента цього металу.



12. На відновлення 1,80 г оксиду металу витрачено 883 см<sup>3</sup> водню, який вимірювали за нормальних умов. Обчислити молярні маси еквівалентів оксиду і металу.

13. Деяка кількість металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 27,9 г/моль, витискує з кислоти 700 см<sup>3</sup> водню (умови нормальні). Визначити масу металу.

14. Обчислити молярні маси еквівалентів речовин, що вступили в реакції за такими рівняннями:



15. На нейтралізацію 2,45 г кислоти витратили 2,00 г Натрій гідроксиду. Визначити молярну масу еквівалента кислоти.

16. Маса 1 дм<sup>3</sup> кисню дорівнює 1,4 г. Скільки дм<sup>3</sup> (умови нормальні) кисню витрачається при згорянні 21 г магнію, молярна маса еквівалента якого дорівнює 12 г/моль?

### **Тема 1.2 «Будова атома. Мінеральні речовини. Макро- та мікроелементи»**

17. В якому періоді, групі, підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

18. В якому періоді, групі, підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3s<sup>2</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

19. В якому періоді, групі, підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3d<sup>6</sup>4s<sup>2</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

20. В якому періоді, групі і підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

21. В якому періоді, групі і підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?



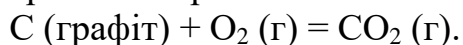
мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

31. В якому періоді, групі, підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

32. В якому періоді, групі, підгрупі періодичної системи елементів знаходиться елемент, електронна формула якого має закінчення ...3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup>? До якого електронного сімейства хімічних елементів він відноситься? Макро- чи мікроелементом він є? Яку функцію виконує цей елемент в живому організмі? В яких харчових продуктах він знаходиться?

### Тема 1.3 «Основи хімічної кінетики. Ферменти»

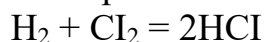
33.а) Хімічна реакція протікає за рівнянням:



Визначте, як зміниться швидкість цієї реакції при збільшенні концентрації кисню в чотири рази.

б) Які речовини називають ферментами? На які групи поділяються ферменти?

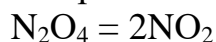
34. а) Визначте зміну швидкості прямої газової реакції



при збільшенні тиску в 2 рази.

б). Поясніть, до яких хімічних сполук відносяться ферменти за хімічною природою.

35. а) Визначте зміну швидкості прямої газової реакції



при збільшенні тиску в 2 рази.

б) Яку роль в живому організмі відіграють ферменти?

36. а) В скільки разів збільшиться швидкість реакції



при збільшенні концентрації CO в чотири рази?

б) Які властивості мають ферменти?

37. Як зміниться швидкість прямої газової реакції



при збільшенні тиску в 2 рази?

б) До якого класу ферментів належить фермент сахароза?

38. а) В системі  $2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2$  рівноважні концентрації речовин  $[\text{CO}] = 0,04$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{O}_2] = 0,06$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{CO}_2] = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup>. Визначте константу рівноваги системи.

б) Яку біологічну функцію виконують ферменти?

39. а) Хімічна реакція протікає за рівнянням:  $2\text{N}_2\text{O} = 2\text{N}_2 + \text{O}_2$ . Визначте, як зміниться швидкість прямої реакції при збільшенні концентрації N<sub>2</sub>O в три рази.

б) На які групи поділяються ферменти?

40. а) Визначте, як зміниться швидкість гетерогенної реакції

$C_2H_5OH (ж.) + 3O_2 (г) = 2CO_2 (г) + 3H_2O(ж)$ , при збільшенні тиску в 2 рази.

б) На які підгрупи поділяються ферменти?

41. а) Визначте, як зміниться швидкість гетерогенної реакції

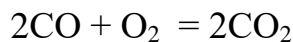
$C (графіт) + 2N_2O (г) = CO_2 (г) + 2N_2(г)$ , при збільшенні концентрації  $N_2O$  в 4 рази.

б) Яка хімічна природа ферментів?

42. а) В системі  $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$  рівноважні концентрації речовин  $[CO] = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[Cl_2] = 0,3$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[COCl_2] = 1,2$  моль/дм<sup>3</sup>. Визначте константу рівноваги системи.

б) До яких хімічних сполук відносяться ферменти за хімічною природою?

43. а) В скільки разів збільшиться швидкість реакції



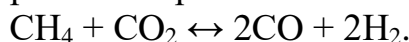
при збільшенні концентрації  $O_2$  в 2 рази?

б) В яких харчових технологіях застосовують ферменти?

44. а) Хімічна реакція протікає за рівнянням:  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ . В якому напрямку відбудеться зміщення рівноваги при зниженні тиску?

б) Що таке активатори ферментів?

45. а) Хімічна реакція протікає за рівнянням:



В якому напрямку відбудеться зміщення рівноваги при зниженні тиску?

б) Які сполуки називаються інгібіторами ферментів?

46. а) В системі  $2NO + Cl_2 \leftrightarrow 2NOCl$  рівноважні концентрації речовин  $[NO] = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[Cl_2] = 0,15$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[NOCl] = 0,6$  моль/дм<sup>3</sup>. Визначте константу рівноваги системи.

б) Що лежить в основі класифікації ферментів?

47. а) Як зміниться швидкість прямої та зворотної реакції в системі:

$2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$ , якщо зменшити об'єм, що займають гази, в 3 рази?

б) Дайте визначення поняттям: апофермент, кофактор, кофермент.

48. а) Хімічна реакція протікає за рівнянням:



Визначте, як зміниться швидкість цієї реакції при збільшенні концентрації водню в три рази.

б) Назвіть основні класи ферментів, охарактеризуйте кожний з них.

#### **Тема 1.4 «Основи аналізу та дослідження харчових систем»**

49. В розчині кухонної солі, що містить іони  $Cl^-$ , хлор було осаджено у вигляді  $AgCl$ , маса якого після висушування становила 0,1562 г. Обчислити ваговий вміст  $Cl^-$  в розчині кухонної солі.

50. Скільки грамів Натрій гідроксиду знаходилося у його розчині, якщо на титрування цього розчину витрачено  $24,35 \text{ см}^3$   $0,1020 \text{ н}$  розчину сульфатної кислоти?

51. На нейтралізацію розчину, що містить  $0,6 \text{ г}$  забрудненого Калій гідроксиду, витрачено  $16,20 \text{ см}^3$   $0,5 \text{ М}$  розчину хлоридної кислоти. Визначити масову частку КОН (у відсотках).

52. У воді розчинили  $25 \text{ г}$  Кальцій гідроксиду. Об'єм розчину став дорівнювати  $2000 \text{ см}^3$ . Обчислити молярну і молярну концентрацію еквівалента розчину  $\text{см}^3$  ( $\rho=1 \text{ г/см}^3$ ).

53. Цукор-пісок, маса якого  $1000 \text{ кг}$ , що зберігався на харчовій базі, поглинув вологу масою  $14 \text{ кг}$ . Зробіть висновок, чи здатний цукор до реалізації, якщо стандарт передбачає масову частку вологи не більше  $14\%$ .

54. Яка масова частка (у відсотках) неорганічного компоненту у харчовому продукті, якщо його наважка масою  $1,0836 \text{ г}$  після прожарювання становила  $0,1662 \text{ г}$ ?

55. Розрахувати вологість пшеничного борошна 1-го гатунку, якщо наважка зразку масою  $9,7651 \text{ г}$  після висушування та зважування становила  $8,0020 \text{ г}$ . Стандартом передбачено вміст вологи не більше  $15\%$ . Зробіть висновок, чи відповідає цей зразок стандартів?

56. При спалюванні наважки  $4,3020 \text{ г}$  глюкози отримано  $13,2000 \text{ г}$  Карбон оксиду (IV). Визначити масову частку Карбону в відсотках у глюкозі.

57. Для печива, виготовленого з борошна вищого гатунку, стандартом передбачено вміст вологи від  $3$  до  $8,5\%$ . Зробіть висновок про якість печива, якщо наважка зразку  $9,9725 \text{ г}$  після висушування у сушильній шафі важила  $8,5110 \text{ г}$ .

58. Для визначення вмісту гігроскопічної вологи в пробі кухонної солі в попередньо зваженому тиглі була взята наважка, яку висушили до постійної ваги. Обчислити вміст гігроскопічної вологи у відсотках за такими даними (у грамах): маса тиглю -  $9,0005$ ; маса тиглю з наважкою кухонної солі -  $9,4211$ ; маса тиглю з наважкою кухонної солі після прожарювання -  $9,4143$ .

59. Який об'єм  $0,5 \text{ М}$  розчину сульфатної кислоти необхідно для повного осадження іонів Барію з  $0,2617 \text{ г}$  солі  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?

60. Скільки грамів осаду утвориться з  $0,2536 \text{ г}$  Плюмбум(II) ацетату при дії на нього невеликого надлишку сульфатної кислоти?

61. Який об'єм  $1 \text{ М}$  розчину амоніаку необхідно для повного осадження іонів Феруму з розчину, що містить  $0,3256 \text{ г}$  Ферум(III) хлориду?

62. Скільки грамів  $\text{H}_2\text{SO}_4$  міститься у  $0,5 \text{ дм}^3$  сульфатної кислоти, якщо дією на  $50 \text{ см}^3$  його розчином Барій хлориду отримали  $0,2126 \text{ г}$  Барій сульфату?

63. Який об'єм розчину  $\text{AgNO}_3$ , у  $1 \text{ дм}^3$  якого міститься  $17 \text{ г}$  солі, необхідно для повного осадження іонів Хлору з  $1 \text{ г}$   $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?

64. Скільки  $\text{cm}^3$  0,25 М розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  необхідно для осадження іонів Кальцію з розчину, що отримали при розчиненні 0,7 г  $\text{CaCO}_3$  у хлоридній кислоті?

### Тема 1.5 «Вода. Фізичні та хімічні властивості. Розчини»

65. Розчин сульфатної кислоти використовується як титрант при визначенні лужності різних харчових продуктів. Обчислити молярну концентрацію та рН розчину сульфатної кислоти, молярна концентрація еквівалента якого дорівнює 0,2 моль/ $\text{dm}^3$ .

66. Добавка Е 509 (кальцій хлорид) належить до категорії «Емульгатори», зараз активно включається до складу продуктів харчування. В основному ця добавка активно використовується при виробництві сиру, творогу і сухого молока. Обчислити молярну концентрацію і молярну концентрацію еквівалента розчину кальцій хлориду ( $\omega=20\%$ ,  $\rho=1,178\text{г}/\text{cm}^3$ ).

67. Розчин  $\text{NaOH}$  використовується як титрант при визначенні кислотності різних харчових продуктів. Чому дорівнює молярна концентрація еквівалента розчину  $\text{NaOH}$  ( $\omega=30\%$ ,  $\rho=1,328\text{ г}/\text{cm}^3$ ) та рН цього розчину?

68. Розчин  $\text{HCl}$  використовується як титрант при визначенні лужності різних харчових продуктів. Який об'єм розчину  $\text{HCl}$  ( $\omega=20\%$ ,  $\rho=1,10\text{ г}/\text{cm}^3$ ) необхідно для приготування 1,5  $\text{dm}^3$  0,2 н розчину?

69. Розчин сульфатної кислоти використовується як титрант при визначенні лужності різних харчових продуктів. Визначте молярну концентрацію еквівалента 2М розчину сульфатної кислоти.

70. Який об'єм 0,2н розчину Натрій гідроксиду необхідно для осадження у вигляді  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  всього Феруму, що міститься в 100  $\text{cm}^3$  0,5н розчину  $\text{FeCl}_3$ ?

71. Визначення потенційної кислотності, що характеризує загальну кількість речовин, які мають кислотний характер, базується на титруванні цих речовин сильними основами (лугами). Визначити кислотність харчового продукту, якщо 12  $\text{cm}^3$  його нейтралізується 30  $\text{cm}^3$  0,1н розчину Натрій гідроксиду.

72. В якому об'ємі 0,1н розчину міститься 8 г  $\text{CuSO}_4$  і яку реакцію має розчин цієї солі (рН <7, =7, >7)? Відповідь обґрунтуйте відповідними молекулярним та іонним рівняннями.

73. Натрій нітрит (Е249) використовують при обробці (посолі) м'яса та м'ясних продуктів для збереження червоного кольору. Знайти масу  $\text{NaNO}_2$ , необхідну для приготування 300  $\text{cm}^3$  0,2М розчину  $\text{NaNO}_2$ , та визначити реакцію такого розчину (рН < 7, =7, >7).

74. Натрій гідрокарбонат (харчова сода) використовується в виробництві різноманітних борошняних кондитерських виробів. Який об'єм 2М розчину  $\text{NaHCO}_3$  необхідно взяти для приготування 1  $\text{dm}^3$  0,25н розчину?

75. Визначення лужності продуктів базується на титруванні речовин, що мають лужний характер, сильними кислотами. На нейтралізацію 40  $\text{cm}^3$

розчину харчової соди витрачено  $24 \text{ см}^3$   $0,5\text{н}$  розчину розчину  $\text{HCl}$ . Чому дорівнює лужність розчину харчової соди?

76. Сульфур(IV) оксид, сульфїтна кислота та її солі, наприклад,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , гальмують ферментативне потемніння свіжих овочів, картоплі, фруктів. В якому об'ємі  $1\text{М}$  розчину та в якому об'ємі  $1\text{н}$  розчину міститься  $42 \text{ г}$   $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ?

77. Який об'єм сульфатної кислоти ( $\omega=10\%$ ,  $\rho=1,07\text{г/см}^3$ ) необхідно для нейтралізації розчину, що містить  $28,0 \text{ г}$   $\text{KOH}$ ?

78. Обчислити  $\text{pH}$   $0,1\text{М}$  розчину  $\text{HOCl}$  ( $K=5 \cdot 10^{-8}$ ). Навести рівняння електролітичної дисоціації цієї кислоти.

79. Константа дисоціації бутиратної кислоти дорівнює  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . Обчислити  $\text{pH}$  цієї кислоти, якщо концентрація розчину становить  $0,005 \text{ М}$ .

80. Визначення лужності продуктів базується на титруванні речовин, що мають лужний характер, сильними кислотами. На нейтралізацію  $25 \text{ см}^3$  лужного розчину витрачено  $14,5 \text{ см}^3$   $0,1\text{н}$  розчину розчину  $\text{HCl}$ . Яка молярна концентрація еквівалента цього лужного розчину?

### Тема 1.6 «Будова та номенклатура органічних сполук»

81. Напишіть структурні формули ізомерів складу  $\text{C}_4\text{H}_8$ , назвіть їх. Які типи зв'язків існують у цих сполуках? Поясніть поняття “ $\text{sp}^2$ -гібридизація”.

82. Напишіть структурні формули ізомерів складу  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , назвіть їх. Який тип зв'язку існує у цих сполуках? Поясніть поняття “ $\text{sp}^3$ -гібридизація”.

83. Напишіть структурні формули ізомерів складу  $\text{C}_4\text{H}_6$ , назвіть їх. Поясніть поняття “ $\text{sp}$ -гібридизація”.

84. Які сучасні уяви про будову молекули бензену? В якому валентному стані знаходяться атоми Карбону у молекулі бензену?

85. Що загального і чим відрізняються властивості бензену від насичених і ненасичених вуглеводнів? Відповідь мотивуйте відповідними схемами реакцій, назвіть продукти реакцій.

86. Які сучасні уяви про будову молекули метану? В якому валентному стані знаходяться атоми Карбону у молекулі метану?

87. Які сучасні уяви про будову молекули етилену? В якому валентному стані знаходяться атоми Карбону у молекулі етилену?

88. Які сучасні уяви про будову молекули ацетилену? В якому валентному стані знаходяться атоми Карбону у молекулі ацетилену?

89. Проаналізуйте відношення 2-гексену до водного розчину  $\text{KMnO}_4$ , бромної води. Напишіть схеми відповідних реакцій і назвіть продукти реакцій.

90. Якими реакціями можна довести, що до складу етану входять атоми Карбону і Гідрогену? Напишіть схеми відповідних реакцій і назвіть продукти реакцій.

91. Як відрізнити гексан від 2-гексену? Напишіть схеми відповідних реакцій і назвіть продукти реакцій.

92. На основі яких реакцій можна розрізнити етан та етен? Напишіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.

93. На основі яких реакцій можна розрізнити бензен і гексан? Напишіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.

94. Проаналізуйте відношення 1-бутену до водного розчину  $\text{KMnO}_4$ , бромної води. Напишіть схеми відповідних реакцій і назвіть продукти реакцій.

95. Проаналізуйте відношення гексану до водного розчину  $\text{KMnO}_4$ , хлору при освітленні. Напишіть схеми відповідних реакцій і назвіть продукти реакцій.

96. Порівняйте відношення пропану та пропену до наступних реагентів: а)  $\text{Br}_2$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ); б)  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ); в)  $\text{O}_2$ ,  $t^0$ ). Напишіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.

### Тема 1.7 «Будова та властивості сполук, що містять атоми Оксигену»

97. Напишіть структурні формули усіх ізомерів речовини, що має склад  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ , і назвіть їх. З якого з ізомерів можна отримати 2-метилпропаналь? Наведіть схему цієї реакції.

98. Напишіть структурні формули усіх ізомерів речовини, що має склад  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ , і назвіть їх. Який з ізомерів в результаті реакції срібного дзеркала дає 2-метилпропанову кислоту? Напишіть схему цієї реакції.

99. На основі яких реакцій можна розрізнити гліцерин, фенол (гідроксибензен), формалін? Напишіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.

100. На прикладі бензенової (бензойної) кислоти і бензальдегіду покажіть найбільш суттєву відміну властивостей карбонових кислот від альдегідів. Напишіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти.

101. Порівняйте дію на етанол таких речовин: Кальцій оксиду, Купрум(II) гідроксиду, Натрій гідроксиду. Відповідь необхідно підтвердити схемами відповідних реакцій.

102. На основі яких реакцій можна розрізнити гліцерин, етанол, формалін? Наведіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.

103. Як довести, що етанол і фенол (гідроксибензен) мають загальні та відмітні властивості? Відповідь необхідно підтвердити схемами відповідних реакцій.

104. З якими сполуками: а)  $\text{NaHSO}_3$ ; б)  $\text{HCN}$ ; в)  $\text{Mg}$ ; г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ) реагуватиме бутанова кислота? Напишіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти цих реакцій.

105. Напишіть структурні формули ізомерних спиртів, що мають склад  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  і назвіть їх. Який з ізомерів в результаті реакції відновлення утворює 3-метил-2-бутанол? Напишіть схеми цих реакцій і назвіть продукти реакцій.



106. Порівняйте дію на гліцерин таких речовин: Кальцій оксиду, Купрум(II) гідроксиду, Натрій гідроксиду. Відповідь необхідно підтвердити схемами відповідних реакцій.

107. Порівняйте дію на 2-пропанол таких речовин: Барій оксиду, Купрум(II) гідроксиду, Калій гідроксиду. Відповідь необхідно підтвердити схемами відповідних реакцій.

108. Які із сполук: а) фенол (гідроксибензен), б) метанол можуть взаємодіяти: а) з лугом; б) металічним калієм? Напишіть схеми можливих реакцій і назвіть продукти реакцій.

109. На прикладі фенолу (гідроксибензену) наведіть найбільш типові реакції гідроксильної групи і ароматичного кільця. Відповідь необхідно підтвердити рівняннями відповідних реакцій.

110. Порівняйте відношення 1-пропанолу, пропанолу, фенолу (гідроксибензену) до наступних реагентів за вказаними умовами: а) розчин NaOH; б) Фелінгова рідина; в) NaHSO<sub>3</sub>. Наведіть відповідні рівняння реакцій, назвіть продукти реакцій.

111. Якими реакціями можна відрізнити мурашину (метанову) та оцтову (етанову) кислоти? Напишіть рівняння цих реакцій і назвіть продукти.

112. Якими реакціями можна відрізнити пропанову та пропену кислоту? Напишіть рівняння цих реакцій і назвіть продукти.

### **Тема 1.8 «Сполуки, що містять атоми Нітрогену. Білкові речовини»**

113. а) Проаналізуйте відношення амінобензенової кислоти до реагентів: а) хлоридної кислоти; б) розчину NaOH; в) CH<sub>3</sub>I. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Які сполуки називають білками? Що слід розуміти під первинною структурою білка? Як визначається первинна структура білка?

114. а) Напишіть структурні формули усіх ізомерних амінів складу C<sub>3</sub>H<sub>9</sub>N, назвіть їх. Який з них при взаємодії з нітритною кислотою утворює 1-пропанол? Напишіть рівняння цієї реакції.

б) Напишіть структурну формулу трипептиду, при повному гідролізі якого утворюються гліцин, аланін та фенілаланін, а при частковому гідролізі – аланілгліцин і гліцилфенілаланін. Про присутність якого угруповання у цьому трипептиді при обробці його концентрованою нітратною кислотою дає поява жовтого забарвлення?

115. а) З якими із сполук реагуватиме триметиламін: а) HBr; б) CH<sub>3</sub>Br; в) HNO<sub>2</sub>; г) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COCl? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Які сполуки називають білками? Що розуміють під вторинною структурою білка?

116. а) За допомогою яких реакцій можна відрізнити триметиламін (N,N-диметиламінометан) та ізопропіламін (2-амінопропан)? Напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилвалілфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення ароматичного кільця у складі цього трипептиду?

117. а) Проаналізуйте відношення триметиламіну до дії: а) нітритної кислоти; б) лугу; в)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Напишіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Напишіть структурну формулу трипептиду, при повному гідролізі якого утворюються гліцин, лейцин та фенілаланін, а при частковому гідролізі – гліциллейцин і лейцилфенілаланін. Про присутність якого угруповання у цьому трипептиді при обробці його концентрованою нітратною кислотою дає поява жовтого забарвлення?

118. а) У чому полягає амфотерність амінокислот? Поясніть це на прикладі  $\beta$ -амінопропіонової кислоти. Напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти.

б) Напишіть всі ізомери трипептидів складу  $\text{C}_{11}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{O}_4$ , якщо відомо, що при їх гідролізі утворюються гліцин, лейцин та аланін. Дайте назву усім ізомерам.

119. а) Напишіть структурні формули ізомерних амінобензенових кислот, назвіть їх. Як відносяться такі кислоти до дії нітритної кислоти у присутності хлоридної кислоти ( $t=0^\circ\text{C}$ )? Напишіть відповідні рівняння реакцій для одного з ізомерів амінобензенової кислоти.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду валілфенілаланінгліцину? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення у цьому трипептиді ароматичного кільця? Які дипептиди можна очікувати при частковому гідролізі цього трипептиду? Напишіть рівняння реакції гідролізу цього трипептиду.

120. а) Напишіть структурні формули усіх можливих амінів складу  $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$  і назвіть їх. Проаналізуйте відношення цих амінів до нітритної кислоти ( $\text{NaNO}_2 + \text{HCl}$ ), напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилцистеїлфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення в продуктах реакції гідролізу атомів Сульфуру? Які дипептиди можна очікувати при частковому гідролізі цього трипептиду? Напишіть рівняння реакції гідролізу цього трипептиду?

121. а) У двох пробірках знаходяться розчини білка та аміноетану. Якими реакціями можна довести, де знаходиться розчин білка, а де – розчин аміноетану? Наведіть схеми відповідних реакцій.

б) Напишіть структурну формулу трипептиду, при повному гідролізі якого утворюються фенілаланін, гліцин та лізин, а при частковому гідролізі – фенілаланінгліцин і гліциллізин. Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення у цьому трипептиді ароматичної системи?

122. а) Проаналізуйте відношення триметиламіну до дії: а) нітритної кислоти; б) лугу; в)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Напишіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Напишіть структурні формули пептидів: а) гліцилаланіну; б) фенілаланілвалілгліцину. У кожному пептиді назвіть N- і C-кінцеві амінокислоти. Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення в цих сполуках пептидного зв'язку?

123. а) Яка хімічна реакція використовується для кількісного визначення первинних аміногруп  $\alpha$ -амінокислот, що входять до складу білків? Напишіть рівняння цієї реакції.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилцистеїлфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення в продуктах реакції гідролізу атомів Сульфуру?

124. а) Напишіть структурні формули усіх можливих амінів складу  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$  і назвіть їх. Проаналізуйте відношення цих амінів до нітритної кислоти ( $\text{NaNO}_2 + \text{HCl}$ ), хлоридної кислоти. Напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилцистеїлфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення в продуктах реакції гідролізу атомів Сульфуру? Які дипептиди можна очікувати при частковому гідролізі цього трипептиду? Напишіть рівняння реакції гідролізу цього трипептиду.

125. а) З якими із наведених сполук реагуватиме триметиламін: а)  $\text{HBr}$ ; б)  $\text{CH}_3\text{Br}$ ; в)  $\text{HNO}_2$ ; г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COCl}$ ? Напишіть рівняння можливих реакцій.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду валілгліцилфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення у цьому трипептиді ароматичної системи?

126. а) У двох пробірках знаходяться розчини білка та аміноетану. Якими реакціями можна довести, де знаходиться розчин білка, а де – розчин аміноетану? Наведіть схеми відповідних реакцій.

б) Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилвалілфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення у цьому трипептиді ароматичного кільця? Які дипептиди можна очікувати при частковому гідролізі цього трипептиду? Напишіть рівняння реакції гідролізу цього трипептиду.

127. а) За допомогою яких реакцій можна відрізнити триметиламін ( $\text{N,N}$ -диметиламінометан) від ізопропіламіну (2-амінопропану)? Напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Напишіть структурну формулу трипептиду, при повному гідролізі якого утворюються: цистеїн, аланін та лізин, а при частковому гідролізі – аланілцистеїн і цистеїллізин. Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення у цьому трипептиді атомів Сульфуру?

128. а) У двох пробірках знаходяться розчини білка та 2-амінопропану. Якими реакціями можна довести, в якій пробірці знаходиться розчин білка, а в якій – розчин 2-амінопропану? Наведіть схеми відповідних реакцій.

б) Яка хімічна реакція використовується для кількісного визначення первинних аміногруп амінокислот, що входять до складу повноцінних білків? Напишіть рівняння цієї реакції на прикладі триптофану. Наведіть формулу трипептиду, в якому однією з  $\alpha$ -амінокислот є триптофан.

### Тема 2.1 «Харчові кислоти»

129. В якій рослинній сировині зустрічається винна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

130. В якій рослинній сировині зустрічається янтарна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

131. В якій рослинній сировині зустрічається яблучна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

132. В якій рослинній сировині зустрічається щавлева кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

133. В якій рослинній сировині зустрічається гліцеринова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

134. В якій рослинній сировині зустрічається гліколева кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

135. В якій рослинній сировині зустрічається аспарагінова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

136. В якій рослинній сировині зустрічається лимонна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

137. В якій рослинній сировині зустрічається оцтова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на

прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

138. В якій рослинній сировині зустрічається фосфатна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

139. В якій рослинній сировині зустрічається сульфатна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

140. В якій рослинній сировині зустрічається хлоридна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій. В якій рослинній сировині зустрічається ця кислота?

141. В якій рослинній сировині зустрічається бензенова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

142. В якій рослинній сировині зустрічається фумарова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

143. В якій рослинній сировині зустрічається глютамінова кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

144. В якій рослинній сировині зустрічається ізолімонна кислота? Дайте характеристику фізичних і хімічних властивостей харчових кислот на прикладі цієї кислоти. Хімічні властивості підтвердіть відповідними схемами реакцій.

## Тема 2.2 «Ліпіди»

145. Головною складовою частиною рослинних жирів є рідкі ненасичені кислоти, наприклад, олеїнова кислота. Наведіть схему реакції гідрування олеїнової кислоти у складі стеародиолеїна. Назвіть продукт реакції.

146. Арахісова олія містить 79-80% ненасичених жирних карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування ліноленової кислоти у складі арахісової олії. Назвіть продукт реакції.

147. Соняшникова олія містить до 90% ненасичених жирних кислот. Наведіть схему реакції гідрування диолеопальмітину. Назвіть продукт реакції.

147. Оливкова олія містить 82-91% ненасичених карбонових кислот. Напишіть рівняння реакцій, за якими ідентифікують жири, на прикладі

естеру гліцерину, що має три кислотних залишки ліноленової (октадекатрієн-9,12,15-ової) кислоти.

149. Китовий жир містить 78–90% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування диолеопальмітину у складі цього жиру. Назвіть продукт реакції.

150. Свинячий жир містить 48–64% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування лінолевої кислоти у складі цього жиру. Назвіть продукт реакції.

151. Баранячий жир містить 38–48% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування олеодипальмітину. Назвіть продукт реакції.

152. Лляна олія містить 91-94% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування ліноленодіолеїну. Назвіть продукт реакції.

153. Пальмова олія містить 43-56% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування олеодистеарину. Назвіть продукт реакції.

154. Масло какао містить 40-42% ненасичених карбонових кислот. Наведіть схему реакції гідрування дипальмітоолеїну. Назвіть продукт реакції.

155. Кокосова олія містить до 90% насичених кислот. Напишіть рівняння реакції гідролізу пальмітодистеарину, назвіть продукт реакції.

156. Китовий жир містить 10-22% насичених карбонових кислот. Напишіть рівняння реакції омилення дипальмітостеарину, назвіть продукти реакції.

157. Касторова олія містить 94-97% ненасичених карбонових кислот. Напишіть рівняння реакції гідрування 1,2,3-триолеат гліцерину, назвіть продукт реакції.

158. Соєва олія містить 75-86% ненасичених кислот. Напишіть рівняння реакції гідрування диолеолінолеат гліцерину, назвіть продукт реакції.

159. Китовий жир містить 78-90% ненасичених карбонових кислот. Напишіть рівняння реакції гідрування диолеолінолеат гліцерину, назвіть продукт реакції.

160. Визначте поняття «окиснення жирів». Яку роль відіграють антиоксиданти при окисненні жирів?

### Тема 2.3 «Вуглеводи»

161. а) Які властивості D-глюкози (виноградного цукру) виявляються в реакції з амоніачним розчином Аргентум оксиду? Відповідь необхідно підтвердити відповідною схемою реакції. Назвіть продукти реакції.

б) Які монози утворюються при гідролізі целобіози? Напишіть рівняння відповідної реакцій і назвіть ці монози. Якими реакціями можна підтвердити наявність продуктів гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

162. а) За допомогою яких реакцій можна довести, що в молекулі виноградного цукру (D-глюкози) є п'ять гідроксильних груп і одна альдегідна? Напишіть відповідні рівняння реакцій, назвіть продукти.

б) За допомогою яких реакцій можна відрізнити звичайний харчовий цукор (сахарозу) від солодового цукру (мальтози)? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

163. а) Які продукти утворюються при метилуванні D-глюкози (виноградного цукру): а) дією  $\text{CH}_3\text{I}$  та  $\text{Ag}_2\text{O}$ ; б) дією  $\text{CH}_3\text{OH}$  (безводного) у присутності сухого  $\text{HCl}$ ? Напишіть відповідні рівняння реакцій, назвіть продукти.

б) Які монози утворюються при гідролізі мальтози (солодового цукру)? Напишіть рівняння відповідної реакції і назвіть ці монози. Якими реакціями можна підтвердити наявність продуктів гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

164. а) Яка функціональна група D-глюкози (виноградного цукру) виявляє відновні властивості? Відповідь необхідно підтвердити відповідною схемою реакції.

б) Поясніть, чому гідроліз сахарози (тростникового або бурякового цукру) називають інверсією? Відповідь необхідно підтвердити відповідним рівнянням реакції. Назвіть продукти реакції.

165. а) Поясніть, у чому полягає явище мутаротації D-глюкози (виноградного цукру), які його причини. Напишіть схему перетворень, що відбуваються при цьому явищі.

б) Целобіоза, також як і мальтоза (солодовий цукор), має відновлюючі властивості, а при гідролізі дає дві молекули глюкози. У чому полягає різниця між будовою целобіози і мальтози? Напишіть їх перспективні формули і дайте їм назву.

166. а) Як можна відрізнити альдогексозу від кетогексози? Напишіть рівняння відповідних реакцій на прикладі двох моноз, назвіть продукти реакцій.

б) Крохмаль і клітковина побудовані із залишків D-глюкози і мають загальні формули (які?). Покажіть, чим відрізняється будова крохмалю від будови клітковини.

167. а) Яким чином, використовуючи різницю у фізичних і хімічних властивостях, ідентифікувати речовини, що входять до складу сполук: D-глюкози (виноградного цукру) і D-фруктози (плодового цукру)? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Яку будову має крохмаль? Поясніть, яку роль відіграє крохмаль у рослинах?

168. а) У двох пробірках знаходяться: а) розчин глюкози; б) розчин гліцерину. Як за допомогою одного реактиву довести, де яка речовина знаходиться? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Які монози утворюються при гідролізі лактози (молочного цукру)? Напишіть рівняння відповідних реакцій і назвіть ці монози. Якими

реакціями можна підтвердити наявність продуктів гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

169. а) Проаналізуйте відношення до дії реагента  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ : а) D-глюкози (виноградного цукру); б) D-ксилоли, D-фруктози (плодового цукру). Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Які монози утворюються при гідролізі пектинових речовин? Напишіть рівняння відповідних реакцій і назвіть ці монози. Якими реакціями можна підтвердити наявність продуктів гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

170. а) Поясніть, чому алкілування D-глюкози (виноградного цукру) призводить до зникнення властивостей, характерних для альдегідів? Відповідь необхідно підтвердити відповідним рівнянням реакції.

б) Проаналізуйте відношення лактози (молочного цукру) до дії: а) реактиву Фелінга; б) мінеральної кислоти; в) оцтового ангідриду. Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

171. а) У трьох пробірках знаходяться: а) формалін; б) розчин D-глюкози; в) розчин гліцерину. Як за допомогою одного реактиву довести, де яка речовина знаходиться? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

б) Напишіть рівняння реакцій гідролізу крохмалю і клітковини. Назвіть проміжні продукти гідролізу обох речовин. Який моносахарид є кінцевим продуктом гідролізу? Якими реакціями можна підтвердити наявність цього моносахариду?

172. а) Як відноситься  $\beta$ -D-ксилопіраноза до дії: а)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ; б)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$  (HCl)? Наведіть схеми можливих реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) За допомогою яких хімічних реакцій можна розрізнити мальтозу (солодовий цукор) та сахарозу (тростниковий або буряковий цукор)? Наведіть схеми відповідних реакцій, назвіть продукти реакцій.

173. а) Напишіть схеми реакцій D-глюкози зі сполуками: а)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ; б)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$  (HCl), назвіть продукти реакцій.

б) Наведіть рівняння реакцій гідролізу крохмалю і клітковини. Назвіть проміжні продукти гідролізу обох речовин. Який моносахарид є кінцевим продуктом гідролізу? Якими реакціями можна підтвердити наявність цього моносахариду?

174. а) Як відноситься  $\alpha$ -D-рибопіраноза до дії: а)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ; б)  $\text{CH}_3\text{COCl}$ ; в)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (HCl), наведіть схеми можливих реакцій, назвіть продукти реакцій.

б) Поясніть, чому сахароза (тростниковий або буряковий цукор) є невідновлюючим сахаридом. Проаналізуйте відношення сахарози до дії: а) оцтового ангідриду; б) сульфатної кислоти; в) йодистого метилу. Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

175. а) Як можна виявити D-глюкозу (виноградний цукор) в розчині? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти цих реакцій.



б) Яку будову має лактоза (молочний цукор)? Напишіть рівняння реакції гідролізу лактози. Якими реакціями можна підтвердити наявність продуктів реакції гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

176. а) Напишіть схеми реакцій D-галактози зі сполуками: а)  $\text{Br}_2$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ); б)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $\text{HCl}$ ), назвіть продукти реакцій.

б) Проаналізуйте відношення до дії реагента  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ : а) сахарози; б) мальтози; в) клітковини. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

#### Тема 2.4 «Вітаміни»

177. Яке значення для організму має вітамін Н і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

178. Яке значення для організму має вітамін А і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

179. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_1$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

180. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_2$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

181. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_3$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

182. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_6$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

183. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_9$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

184. Яке значення для організму має вітамін D і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

185. Наведіть класифікацію вітамінів, дайте визначення цій групі хімічних сполук.

186. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_{15}$  (пангамова кислота)? Наведіть його основні джерела.

187. Яке значення для організму має вітамін С і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

188. Яке значення для організму має вітамін U і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

189. Яку роль в організмі відіграють жиророзчинні вітаміни?

190. Яке значення для організму має вітамін  $\text{B}_{12}$  і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

191. Яке значення для організму має вітамін К і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

192. Яке значення для організму має вітамін Е і який авітаміноз викликає відсутність цього вітаміну? Наведіть його основні джерела.

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Авітаміноз, 81  
Адипінова кислота, 76  
Адсорбційно зв'язана вода, 48  
Активатори, 34  
Алкани, 59  
Алкени, 59  
Алкіни, 59  
Альдегіди, 63  
Аміни, 67  
Амінокислоти, 67  
Аналітична група, 37  
Апофермент, 32  
Арени, 59  
Атом, 9  
Атомна одиниця маси, 10  
Ацетон, пропанон, 64  
Бензальдегід, 64  
Білки, 67  
Ванілін, 64  
Виділення, 40  
Винна кислота, 76  
Відгонка, 40  
Відносна атомна маса елемента, 10  
Відносна молекулярна маса, 11  
Відносна молекулярна маса, 11  
Вітаміни, 81  
Водорозчинні вітаміни, 82  
Воски, 67  
Вторинна структура білків, 72  
Вуглеводи, 78  
Гідратація, 48  
Гідроксисполуки, 61  
Гідролази, 34  
Гіпервітаміноз, 82  
Гіповітаміноз, 81  
Головне квантове число, 15  
Гравіметричний аналіз, 40  
Гравіметрична(вагова) форма, 42  
Дисперсійне середовище, 49  
Дисперсна система, 49  
Дисперсна фаза, 49  
Еквівалент, 12  
Електрон, 14  
Емпірична формула, 10  
Есенції, 67  
Естери, 67  
Жири, 67  
Жиророзчинні вітаміни, 82  
Закон еквівалентів, 12  
Інгібітори, 34  
Іон, 9  
Істинні розчини, 50  
Йодометрія, 43  
Капілярна вода, 49  
Карбонові кислоти, 64  
Каталізатори, 31  
Кетони, 63  
Кількість речовини, 11  
Кінетика, 29  
Колоїдні системи, 50  
Константа дисоціації, 52  
Константа рівноваги, 30  
Константа швидкості, 30  
Концентрація, 50  
Кофермент, 32  
Лимонна кислота, 76  
Ліази, 34  
Лігази, або синтетази, 34  
Ліпіди, 77  
Магнітне квантове число, 15  
Макро- та мікроелементи, 21  
Масова частка, 50  
Методи кислотно-основного титрування (нейтралізації), 43  
Методи комплексонометрії, 43  
Методи окиснення-відновлення (редоксиметрія), 43  
Методи осадження, 43  
Молекула, 9  
Молекулярна формула, 9  
Молочна кислота, 76  
Моль, 11  
Молярна концентрація, 51  
Молярна концентрація, 50  
Молярна концентрація еквівалента, 51

Молярна маса, 11  
Молярна маса еквівалента  
гідроксиду, 13  
Молярна маса еквівалента кислоти,  
13  
Молярна маса еквівалента оксиду,  
14  
Молярна маса еквівалента солі, 13  
Молярна маса речовини, 11  
Моносахариди або монози, 80  
Оксидоредуктази, 34  
Орбітальне квантове число, 15  
Осадження, 40  
Осмотично поглинена вода, 48  
Оцтова кислота, 75  
Оцтовий альдегід, етаналь, 64  
Первинна структура білків, 72  
Перманганатометрія, 43  
Правило Клечковського, 16  
Правило Хунда, 16  
Принцип Паулі, 16  
Прості речовини, 9  
Раціональна номенклатура, 56  
Робочий титрований або  
стандартний розчин, 42  
Сахароза, 81  
Систематична номенклатура, 57  
Складні вуглеводи, 80  
Складні речовини, 9  
Спінове квантове число, 15  
Структурна формула, 9  
Ступінь окиснення, 9  
Титр, 51  
Титриметричний аналіз, 42  
Титрування, 42  
Точка еквівалентності, 42  
Трансферази, 34  
Третинна структура білка, 73  
Тривіальні назви, 56  
Ферменти (ензими), 32  
Формальдегід, метаналь, 63  
Форма осадження, 42  
Фосфатна кислота, 76  
Фумарова кислота, 76  
Харчові кислоти, 73  
Хімічна рівновага, 30  
Хімічне рівняння, 10  
Хімічний елемент, 9  
Хімічно зв'язана вода, 47  
Целобіоза, 81  
Четвертинна структура, 73  
Яблучна кислота, 76  
Якісний аналіз, 36  
Янтарна кислота, 76

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Скоробогатий Я.П. Харчова хімія: пос. / Я. П Скоробогатий, А. В. Гузій, О. М.Заверуха. Львів: Новий Світ - 2000. 2020. 514 с.
2. Дуленко Л.В. Харчова хімія : навчальний посібник / Л.В. Дуленко, Ю.А. Горяйнова, А.В. Полякова В.Д. Малигіна, І.В. Дітріх, Д.О. Борзенко. К.: Кондор, 2012. 248с.
3. Горяйнова Ю.А. Харчова хімія: курс лекцій / Ю.А. Горяйнова; ДонНУЕТ. Кривий Ріг, 2016. 214 с.
4. Нечаев А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; Под ред. А.П. Нечаева. Издание 4-е, испр. и дополн. СПб.: ГИОРД, 2007. 640 с.
5. Дуденко Н.В. Біологічна хімія: Навчальний посібник / Н.В. Дуденко та ін. – Х.: Прапор, 1999. 320 с.
6. Пасальський Б.К. Хімія харчових продуктів / Б.К. Пасальський. К.: Київ. держ. торг.-екон. ун-т, 2000. 196 с.
7. Бобрівник Л.Д. Органічна хімія / Л.Д. Бобрівник, В.М. Руденко, Г.О. Лезенко. К.; Ірпінь: ВТФ “Перун”, 2002. 544 с.
8. Нечаев А.П. Органическая химия / А.П. Нечаев, Т.В. Еременко. М.: Высш. шк., 1985. 463 с.
9. Скурихин И.М. Всё о пище с точки зрения химика: Справ. Издание / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. М.: Высш. шк., 1991. 288 с.
10. Коренман Я.И. Практикум по аналитической химии. Анализ пищевых продуктов: В 4-х книгах. 2-е изд., перераб. и доп. Книга 1. Титриметрические методы анализа. М.: КолосС, 2005. 239 с.: - ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
11. Ластухін Ю.О. Органічна хімія / Ю.О. Ластухін, С.А. Воронов. Львів: Центр Європи, 2000. 864с.
12. Шубін О.О. Вуглеводи. Навчальний посібник / О.О. Шубін, Л.В. Дуленко, Ю.А. Горяйнова. Донецьк: ДонДУЕТ, 2002. 119 с.
13. Логинов Н.Я. Аналитическая химия / Н.Я. Логинов, А.Г. Воскресенский, И.С. Солодкин. М.: Просвещение, 1979.
14. Кучеренко Н.Е. Биохимия: Учебник / Н.Е. Кучеренко, Ю.Д. Бабенюк, А.Н. Васильев и др. Вища шк., Изд-во при Киев.ун-те, 1988. 432 с.:ил.
15. Скоробогатий Я.П. Хімія і методи дослідження сировини і матеріалів: навч. пос. 2015. Львів: Новий Світ - 2000. 432с.
16. Мітрясова О.П. Органічна хімія: Навч. посіб. / О.П. Мітрясова. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 412 с.

Навчальне видання

*Горайнова Юлія Артурівна*

ХАРЧОВА ХІМІЯ

Навчальний посібник

2-ге видання, перероблене і доповнене

Підписано до друку  
Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 6,25

Донецький національний університет  
економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського  
вул. Курчатова, 13, м. Кривий Ріг, 50042  
ДК № 4929 від 07.07.2015 р.