

## Позааудиторна самостійна робота № 1

**Тема: Біогенні р-елементи, їх біологічна роль та застосування в медицині**

**Мета:** розглянути біологічну роль р- елементів.

### р-елементи

Біологічна роль р-елементів (таких як С, N, O, P, S, Se та ін.) полягає в їхній здатності формувати органічні сполуки, що становлять основу життя (вуглеводи, білки, жири, нуклеїнові кислоти), брати участь в енергетичних процесах, забезпечувати структурну функцію, регулювати обмін речовин, а також бути компонентами вітамінів та коферментів, виконуючи різноманітні функції від каталізу до транспорту кисню та генної інформації.

**Карбон** — органіген номер один, в організмі його вміст становить 21,5 %. Основа всіх органічних сполук завдяки унікальній здатності утворювати міцні ковалентні зв'язки між собою, а також з атомами інших хімічних елементів, наприклад, гідрогену, кисню, нітрогену, сульфуру, галогенів.

Препарати карбону:

Органічних препаратів безліч. Із неорганічних слід зазначити:

Оксид карбону (IV) разом з киснем застосовують для рефлекторного стимулювання центра подиху при шоці, асфіксії, отруєннях і т.ін. Рідкий CO<sub>2</sub> застосовують для гіпотермії, для заморожування біоматеріалу.

Вугілля активоване, маючи більшу поверхню, добре адсорбує гази, алкалоїди, токсини. Призначається при метеоризмі, харчових інтоксикаціях, отруєннях алкалоїдами, солями важких металів.

Гідрокарбонат натрію див. препарати натрію.

**Силіцій** — мікроелемент (10<sup>-3</sup> %). Вміщується в печінці, наднирниках, волоссях, кришталику ока.

Біогенна роль:

1. Впливає на формування й функціонування епітеліальної й сполучної тканини;
2. Перешкоджає проникненню ліпідів у плазму крові і їхньому відкладенню на стінках судин.

В організм силіцій потрапляє через шлунково-кишковий тракт, а також через легені у вигляді оксиду силіцію (IV).

Препарати силіцію (карбід силіцію, оксид силіцію (IV)) застосовуються в ортопедичній стоматології.

**Станум** (Sn) і **плюмбум** (Pb) — мікроелементи, вміст в організмі, відповідно,  $10^{-4}$  % і  $10^{-6}$  %. Біологічна роль не з'ясована.

**Сполуки станума й, особливо, плюмбума дуже токсичні.**

**Нітроген** — органоген, вміст в організмі 3,1 %. Він є складовою частиною більшості органічних сполук організму: амінокислот, білків, ліпідів, вітамінів, гормонів, ферментів і т.ін. Нітроген утворює досить міцні ковалентні зв'язки з гідрогеном, карбоном. Разом із сульфуром, киснем, фосфором нітроген зміцнює «кістяк» з карбонових ланцюгів, завдяки чому утворюються різноманітні органічні сполуки. Азот - основна складова повітря. Дуже добре, як і кисень, розчиняється в біологічних рідинах, зокрема, у крові. Його присутність у крові може стати причиною кесонної хвороби. Різке падіння тиску (наприклад, при швидкому підйомі водолаза) може привести до виділення азоту (кров «закипає»). Це може привести до паралічу й смерті.

Препарати нітрогену:

Органічних препаратів дуже багато. Із неорганічних слід зазначити:

Азот рідкий використовується для виморожування при захворюваннях шкіри й слизових оболонок. Оксид (I) нітрогену ( $N_2O$ ) застосовується для інгаляційного наркозу.

Розчин аміаку 10 %. Аміак збуджує діяльність ЦНС, при нанесенні на шкіру викликає роздратування й протимікробну дію. Застосовують при непритомності, алкогольному сп'янінні, зовні - як дезінфікуючий засіб.

Нітрит натрію ( $NaNO_2$ ) — коронаророзширюючий засіб, застосовують для профілактики й лікування стенокардії.

**Фосфор** — органоген (0,95 %). Добова потреба організму у фосфорі 1,3 г. Є складовою частиною білків, нуклеїнових кислот, АТФ і інших фізіологічно активних сполук. Велика кількість фосфору вміщується в кістковій і зубній тканині. В них він перебуває у вигляді гідроксиapatіту  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$  і  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3 \cdot H_2O$ .

За умов недостатньої кількості фосфору й вітаміну D не засвоюється кальцій і виникає захворювання рахіт. Значення фосфору полягає в тому, що вуглеводи, жирні кислоти й інші речовини для того, щоб виконати енергетичну функцію, спочатку повинні бути фосфорильовані. Фосфор необхідний для утворення фосфатної буферної системи, що бере участь у підтримці кислотно-основної рівноваги. В АТФ фосфор утворює із киснем макроергічні зв'язки (збагачені енергією).

Препарати:

АТФ - аденозінтрифосфорна кислота застосовується при м'язовій дистрофії, атрофії м'язів, міокардіодистрофії, стенокардії й т.ін.

**Арсен** — мікроелемент ( $10^{-6}$  %). Топографія в організмі: нирки, печінка, селезінка, легені. У волоссях і кістках арсен зберігається довгі роки, що має

значення для судово-медичної експертизи. Найбільша його концентрація спостерігається в мозку й м'язах.

Біологічна роль:

1. Концентрується в еритроцитах і бере участь у синтезі гемоглобіну.
2. Бере участь в окислювально-відновних процесах.
3. Бере участь в обміні нуклеїнових кислот.

У великих дозах сполуки арсену - сильні отрути.

Препарати:

Оксид арсену (III) - білий арсен, некротизує патологічно змінені тканини (шкіряні покриви, пульпу зубів), тому застосовується в дерматології й стоматології, зовнішньо.

За умов приймання усередину стимулює кровотворення, анаболічні процеси, нормалізує функцію нервової системи.

1 %-ний розчин арсенату натрію має аналогічну дію. Застосовується при неврозах, анемії, дистрофіях. У великих дозах - для лікування лейкозу, тому що пригнічує лейкопоез.

**Оксиген** — органоген, загальний вміст в організмі 62,43 %. Бере участь у всіх видах обміну. Кисень необхідний для найважливішого життєвого процесу - подиху.

Всі реакції окислення-відновлення в організмі відбуваються за наявності кисню. Оксиген входить до складу таких біологічно важливих сполук як білки, амінокислоти, вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, вітаміни, гормони й ін. Фагоцитарні функції організму залежать від рівня кисню. Зниження рівня оксигену приводить до зниження захисних функцій організму. Кисень необхідний для розкладання загиблих тварин і рослин (кругообіг речовин у природі).

Кисень разом з оксидом карбону (IV) збуджує дихальний і судинно-рушійний центри. Кисень застосовується для лікування серцево-судинних, інфекційних, пухлинних захворювань (оксигенотерапія й оксигенобаротерапія).

В анестезіології кисень застосовується разом з інгаляційними наркотичними речовинами.

**Озон** O<sub>3</sub> — бактерицидна речовина. Озонотерапія проводиться при лікуванні багатьох захворювань: серця й судин, нирок, органів травлення, туберкульозу й т.ін. У високих концентраціях озон токсичний. Озон затримує шкідливе для життя ультрафіолетове випромінювання Сонця й поглинає інфрачервоне випромінювання Землі, перешкоджає її охолодженню. Тому озоновий пояс Землі має велике значення для забезпечення життя на Землі.

**Сульфур** — органоген (0,16 %). Добова потреба організму в сульфурі 4-5 г. Входить до складу амінокислот, білків, ферментів, гормонів, вітамінів

(вітамін В<sub>1</sub> — тіамін), є складовою частиною сульфгідрильних груп — SH. Великий вміст сульфуру у волоссях, кістках, нервовій тканині. В організмі сульфур окислюється до сульфатної кислоти, що знешкоджує токсичні речовини - продукти обміну (феноли, крезол, скатол, індол).

Препарати:

Сірка очищена - протимікробний й протипаразитарний засіб. Застосовується в дерматології.

Тіосульфат натрію (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) у вигляді 30 % розчину для ін'єкцій - протиотрута при отруєнні солями важких металів. Крім того, застосовується як протипаразитарний, протиалергічний й протизапальний засіб.

**Селен** — мікроелемент. Топографія в організмі: печінка, нирки, серце, гіпофіз, кісткові м'язи. Значна кількість селену вміщується в сітківці ока. Тому він необхідний для процесу зору. Селен необхідний для функції полових залоз, наприклад, для нормального протікання вагітності. Сполуки селену токсичні. Але в мікродозах застосовуються в медицині для лікування й попередження захворювань ока, печінки, підшлункової залози, дистрофій і т.ін.

**Флуор** — мікроелемент (10<sup>-5</sup> %). Топографія в організмі: волосся, зуби, кістки. Добова потреба складає 1-2 мг. Необхідний для формування кісткової тканини, зубної емалі й дентину. Недолік флуору викликає карієс зубів, надлишок — флюороз. Норма F<sup>-</sup> у питній воді 1,5 мг/л. До складу зубної емалі й дентину надходить у вигляді флуорапатиту Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F.

**Хлор** — макроелемент (10<sup>-2</sup> %). Він концентрується в позаклітинній рідині разом з іонами натрію. Добова потреба в Cl<sup>-</sup> — 4-6 г.

Біологічна роль:

1. Регуляція осмотичного тиску;
2. Сприяє відкладенню глікогену в печінці;
3. Бере участь у водно-сольовому обміні;
4. Входить до складу ферментних систем, активує амілазу слини.

Атоми хлору - потужні окислювачі й тому мають дезінфікуючі властивості.

Препарати:

Хлор (Cl<sub>2</sub>), застосовується для дезінфекції води. Хлорорганічні речовини застосовуються як наркотичні й анестезуючі речовини. Соляна кислота (HCl) надходить до складу шлункового соку, застосовується при анацидному і гіпоацидному гастритах, диспепсії.

Хлорне вапно (CaOCl<sub>2</sub>) використовується для дезінфекції приміщень, предметів догляду за хворими й ін.

**Бром** — мікроелемент (10<sup>-4</sup> %). Найбільше бромову вміщується в нирках, щитоподібній залозі, гіпофізі, крові, сечі. Добова потреба - 821 мг.

Біологічна роль:

1. Підсилює процеси гальмування в центральній нервовій системі.
2. Бере участь у біосинтезі тестостерону й регулює функцію полових залоз.

Препарати:

Бромід натрію, бромід калію (NaBr, KBr) показані при захворюваннях нервової системи: епілепсія, неврастенія, істерія, безсоння, перевтома.

**Иод** — мікроелемент ( $10^{-4}$  %). Добова потреба — 0,2 мг. У крові людини концентрація іодид-іонів стала ( $10^{-6}$ - $10^{-5}$  %) і називається «иодним дзеркалом крові». Основна біологічна функція - бере участь у біосинтезі гормону щитоподібної залози - тироксину. При нестачі іоду в організмі розвивається захворювання - ендемічний зоб. Крім того, іод бере участь у водно-сольовому обміні, а також позитивно впливає на імуногенез.

Препарати:

Иодид калію (KI) застосовують при ендемічному зобі, при запальних захворюваннях очей. Иодид калію захищає щитоподібну залозу від дії радіації.

Розчини іоду спиртові (5 % і 10 %) виявляють місцеву антисептичну, дратівну, протизапальну дію

### Методичні рекомендації

Опрацювати теоретичний матеріал і заповнити таблицю:

р- елементи	Вміст в організмі, мг	Продукти харчування, що містять елемент

### Запитання для самоперевірки:

1. Які р-елементи є органогенами?
2. Якв біологічна роль р-елементів?
3. Які препарати р-елементів використовуються в медтцині?

### Позааудиторна самостійна робота № 2

**Тема:** Біогенні d-елементи, їх біологічна роль та застосування в медицині.

**Мета:** розглянути біологічну роль d – елементів.

### План

1. Біологічна роль Феруму в організмі.
2. Роль Купруму і Цинку та їх біосполук у життєдіяльності організму.
3. Біологічна роль Мангану і Кобальту.
4. Важлива роль Молібдену, Хрому та Ніколу у функціонуванні біосистем.
5. Біологічна роль інших важливих біоелементів з родини d – елементів.

## d-елементи

З великої групи d – елементів до біогенних відносять вісім найважливіших елементів, концентрація яких в організмі достовірно встановлена і їх специфічна фізіологічна роль доведена. Ці елементи входять до складу великої кількості метало ферментів, яких нині відомо близько 300, а також деяких вітамінів. Високу каталітичну активність виявляють d – елементи і в складі різних біокомплексів. Так, біологічні функції мікроелементів у живих системах тісно пов'язані з процесами комплексоутворення між ними і біолігандами – білками, вітамінами тощо.

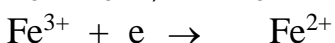
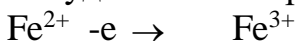
**Ферум.** Йони Феруму (II) і (III) мають важливе значення для життєдіяльності організму людини. Вони необхідні для процесів кровотворення, нормальної діяльності деяких ферментів, перенесення кисню від легень до тканин, а також електронів у ланцюзі дихання.

Загальний вміст Феруму в організмі становить близько 5 г; багато його в печінці (500 – 600 мг), м'язах (400 – 450 мг), кістковому мозку (250 – 300 мг), проте 60 – 70% від його загальної маси міститься в еритроцитах та нервових клітинах. Ферум, що входить до складу біологічних систем, поділяють на гемовий і негемовий. Ферум у вигляді  $Fe^{2+}$ , що входить до складу гемоглобіну, метгемоглобіну, цитохромів, називають *гемовим*, а в складі всіх інших біологічно активних сполук – феритину, гемосидерину, лактоферину, ферумсульфуровмісних білків тощо – називають *негемовим*.

Серед білків, що містять йони Феруму (II) в гемах, найбільше значення мають гемоглобін і метгемоглобін. Гемоглобін (*Hb*), як дуже важливий компонент еритроцитів крові, забезпечує зв'язування і перенесення кисню від легень до всіх органів, а міоглобін – збереження запасів кисню в м'язах.

В одному літрі крові людини міститься в середньому  $4,5 \cdot 10^{12}$  еритроцитів і в кожному з них є близько 400 млн молекул гемоглобіну. Тому 1 л крові за температури  $20^{\circ}C$  і нормального тиску вбирає  $\approx 200 \text{ см}^3$  кисню, а вода за таких самих умов – всього  $6,6 \text{ см}^3$ . В організмі людини масою 70 кг міститься в середньому 5,0 – 5,5 л крові, отже з наведених даних видно, який великий об'єм кисню може переносити оксигемоглобін крові.

Ферум входить до складу інших біологічно активних сполук, зокрема цитохромів, які є носіями електронів у ланцюгу дихання. Функції цитохромів і гемоглобіну суттєво відрізняються, оскільки фізіологічна дія цитохромів побудована на принципі зміни ступеня окиснення Феруму:



Необхідно зазначити, що еритроцити крові через певний час (80 – 120 днів) руйнуються і замінюються новими, але після їх розкладання Ферум не виводиться з організму, а сполучається з іншими білками, утворюючи біокомплекс – феритин, який регенерується кровотворними органами і знову перетворюється на гемоглобін.

Йони Феруму (III) входять до складу і таких важливих ферментів як каталаза і пероксид аза. Каталаза захищає клітини від токсичної дії гідроген

пероксиду, а пероксид аза каталізує процеси окиснення різних органічних субстратів гідроген пероксидом.

Ферум має велике значення для організму людини, добова потреба в ньому становить 20 – 30 мг. Цей біоелемент у достатній кількості міститься в різноманітних продуктах харчування.

#### **Вміст Феруму в продуктах харчування (у мг/кг маси)**

Назва продукту	Вміст	Назва продукту	Вміст
Легені	92	Хліб пшеничний	22
Печінка	84	Шпинат	22
Крупа вівсяна	42	Яйця	21
Крупа рисова	41	Крупа гречана	18

Найчастіше дефіцит Феруму в організмі виникає не внаслідок недостатнього надходження його з продуктами харчування, а як результат порушення функції всмоктування та засвоєння його організмом. При нестачі в організмі сполук Феруму розвиваються різні хвороби крові, так звані залізодефіцитні анемії, внаслідок яких зменшується загальна кількість еритроцитів та вміст в них гемоглобіну. У надмірних дозах Ферум викликає дезактивацію ферментів циклу Кребса, що призводить до нагромадження органічних кислот в крові, а при хронічній інтоксикації – сидероз.

**Купрум.** Відомо більше 30 різних білків і ферментів, у складі яких виявлено йони Купруму (I) або (II), які, подібно до Феруму, виконують функцію перенесення кисню та електронів в окисно – відновних процесах. Так, у крові безхребетних міститься спеціальний білок – гемоціанін, який за біологічною функцією є аналогом гемоглобіну, проте в ньому йони Феруму (II) заміщені на йони Купруму (II). Через це кров у таких істот не червона, а блакитна. Цей елемент входить і до складу деяких ферментів із групи оксидаз, що каналізують в організмі перебіг окремих ОВР. Наприклад, у сироватці крові виявлено білок церулоплазмін (з вмістом до 0,3% Cu), що каталізує процес окиснення іонів  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  та сприяє перенесенню електронів. Інша складна сполука, що містить у своїй молекулі 2 атоми Купруму, - цероброкупреїн. Він запасає і переносить кисень у мозковій тканині

Отже, йони Купруму беруть участь у процесах дихання тканин, росту та кровотворення, сприяють синтезу гемоглобіну в організмі. Вони посилюють дію інсуліну та гормонів гіпофізу, впливаючи на обмін цукрів та жирів. Крім того, йони Купруму регулюють водно – електrolітний обмін, оскільки сприяють виведенню з організму води, затримують Кальцій та фосфати, але не впливають на виведення хлоридів.

Дефіцит цього біоелемента може викликати анемію, патологічний ріст кісток, дефекти сполучної тканини, захворювання шкіри.

У незначних кількостях Купрум міститься у клітинах майже всіх органів людини, проте переважно концентрується в печінці та головному мозку. Рівень цього мікроелемента змінюється при інфекційних захворюваннях мозку (зокрема енцефаліті) та внаслідок деяких інших порушень функцій головного мозку, зокрема шизофренії та епілепсії. Сполуки Купруму використовують для зниження збудження ЦНС при психічних захворюваннях.

Загальна потреба дорослої людини в цьому біоелементі становить 2-3 мг на добу. Вміст Купруму поповнюється за рахунок харчових продуктів, особливо круп, гороху, хліба, грибів, м'яса та ін. Та все ж „рекордсменом” серед рослин є столовий буряк, 100 г якого у сирому вигляді містять 0,14 г елемента № 29. Дещо менший вміст Купруму у часнику (0,13 г на 100 г сирової маси). З лікарських трав, багатих на Купрум, можна назвати материнку, мелісу, деревій, звіробій, полин тощо.

Уже давно помічено, що сполуки Купруму вбивають грибки та деякі респіраторні віруси. Під час холерних епідемій ця страшна хвороба обминала робітників мідеплавиленів та лудильників мідяного посуду. Новітні дослідження підтвердили, що сполуки Купруму пригнічують і знищують збудників не лише холери, а й правцю, дифтерії та інших інфекційних хвороб.

При надлишку Купруму в організмі він нагромаджується в тканинах і викликає токсикоз (хворобу Вільямса). У тварин спостерігають переродження клітин печінки, виникнення цирозів та панкреатитів.

**Цинк** – один з найпоширеніших мікроелементів організму, оскільки займає друге місце після Феруму. Нині відомо понад 40 різноманітних ферментів, які містять в структурі активних центрів цей хімічний елемент.

Найкраще вивченим ферментом, що вміщує Цинк, є карбоксипептидаза, що каталізує реакцію розкладання білків до амінокислот. Інший фермент – карбоангідраза – міститься в червонокривцях і прискорює виділення карбонатної кислоти з крові в легенях, а також пертворює частину  $\text{CO}_2$  в йони  $\text{HCO}_3^-$ , що дуже важливо для обміну речовин. Слід зазначити, що одні ферменти Цинк активує, а інші – інгібує. Біологічна роль цього елемента пов'язана з залозами внутрішньої секреції, в яких він і концентрується. Вважають, що простата добре функціонує за достатньої кількості Цинку в організмі. Ось чому чоловіки потребують Цинку у 6 – 8 раз більше, ніж жінки. Брак Цинку в дитячому раціоні погіршує пам'ять, пригнічує ріст кісткової тканини, а також послаблює імунітет.

Цинк відіграє важливу роль у функціонуванні клітин головного мозку, тому його й використовують для лікування психічних захворювань. Оскільки він сприяє загоєнню ран, то цинкові мазі здавна застосовують у дерматології.

Механізм впливу Цинку на цукрознижуючу дію інсуліну остаточно ще не з'ясований. Здатність Цинку підвищувати загальний енергетичний рівень біохімічних процесів та посилювати захисні реакції організму відкриває нові перспективи застосування його як стимулятора багатьох фізіологічних процесів. Проте, деякі дослідження вказують на взаємозв'язок між підвищеним рівнем Цинку в організмі та ймовірністю виникнення злоякісних пухлин. Хронічне отруєння сполуками Цинку призводить до гіпертонії, атеросклерозу, захворювання судин.

З усіх овочів найбільше Цинку містить часник (1,025 г на 100г сирової маси), що у 5-6 раз перевищує його вміст у огірках, редисці, помідорах та у 2,5 рази – у капусті та моркві. Багато Цинку, хоч і менше, ніж часник, містить цибуля. Поширена лікарська рослина подорожник містить його 0,02%, а фіалка – 0,06%. Чимало Цинку і в грибах. До того ж він активно стимулює розвиток

різних грибів (зокрема, дріжджових). Чимало Цинку міститься і в отруті кобр і гадюк.

**Манган** – важливий мікроелемент для життєдіяльності організму. Він впливає на ріст людини, необхідний для утворення кісток, збереження репродуктивної функції організму, метаболізму глюкози та ліпідів. Особливо цей мікроелемент необхідний для активування ферментів, які каналізують складні процеси клітинного дихання, посилюють обмін вуглеводів та жирів, сприяють синтезу вітаміну С та обміну вітамінів групи В та Е. В організмі цей елемент перебуває у вигляді катіонів  $Mn^{2+}$  і  $Mn^{3+}$ . Йони Мангану входять до складу 12 ферментів і стимулюють утворення антитіл, які знешкоджують згубну дію хвороботворних бактерій, зокрема збудників правцю та дизентерії.

В організмі людини міститься приблизно 20 мг Мангану, причому в кістках – 43%, а решта – в тканинах і мозку. Він входить до складу продуктів харчування – найбільше його в крупах, борошні (8 – 12 мг/кг), часнику (0,81 г на 100 г сиріої маси), малині, смородині, журавлині (4 – 6 мг/кг), капусті, горосі, шпинаті (2,6 – 2,3 мг/кг).

При дефіциті цього мікроелемента порушується фосфорно – кальцієвий обмін, що призводить до виникнення рахіту, як і при нестачі в організмі вітаміну D. Манган прискорює процес утворення антитіл, які знешкоджують чужі для організму білки (віруси, бактерії), посилює синтез гормонів щитоподібної залози (тироксину, трийодтироніну), позитивно впливає на засвоєння йоду, тому рівень Мангану в крові пов'язують з виникненням ендемічного зобу.

Враховуючи багатогранну фізіологічну дію Мангану, його сполуки використовують в медичній практиці при невритах (у комплексі з полівітамінами) і в разі захворювання кровотворних органів (разом зі сполуками Кобальту і Купруму).

**Кобальт.** Вміст йонів Кобальту в організмі становить  $4 \cdot 10^{-6}$  % маси тіла, його добова потреба 0,3 мг. Як незамінний мікроелемент, він входить до складу еритроцитів та метало протеїнів, що є компонентами тканини внутрішніх органів – печінки, нирок, підшлункової залоз.

Його біологічна роль тісно пов'язана з функціонуванням ряду ферментів та гормонів, зокрема Кобальт бере участь у синтезі гормонів щитоподібної залози – тироксину і трийодтироніну, активує такі ферменти як карбоангідразу та карбопепсидазу.

Встановлено позитивний вплив йонів Кобальту на білковий, вуглеводний, ліпідний та мінеральний обміни, а також на обмін аскорбінової кислоти та синтез вітаміну РР (ніацину).

Залежно від вмісту в біосистемах, Кобальт може виступати як активатор, так і інгібітор тих ферментних систем, в основі функціонування яких лежать окисно – відновні процеси.

Йон  $Co^{2+}$  входить до складу біокомплексу ціанокобаламіну (вітаміну  $B_{12}$ ), який є ефективним проти анемічним засобом, оскільки він істотно впливає на утворення еритроцитів та синтез гемоглобіну крові (гемопоез). У достатній кількості цей вітамін надходить в організм з м'ясними та молочними продуктами (добова потреба 2 мг). Внаслідок порушення його всмоктування

виникає мегалобластична ( $V_{12}$  – дефіцитна) анемія. Ознаки цього захворювання зв'язані з недокрів'ям, ураженням нервової системи та травного каналу. Вперше в історії будову цього вітаміну встановила британська дослідниця Д. Кроуфорд – Ходжкін. Її робота тривала аж 8 років і була відзначена в 1964 р. Нобелівською премією в галузі хімії. 11 років титанічної праці віддав лауреат Нобелівської премії 1965 р. Американець Р. Бернс Вудворд синтезу вітаміну  $V_{12}$  в лабораторії.

Надлишок кобальту в організмі також шкідливий, оскільки йони Кобальту сповільнюють адсорбцію йонів  $Fe^{2+}$ , блокуючи його транспортні системи. Внаслідок цього виникає поліцитемія – захворювання крові, що характеризується збільшенням кількості еритроцитів та гемоглобіну.

Кобальт ефективно діє на біосистеми на наявності в організмі достатніх запасів Феруму та Купруму. Під впливом Кобальту підвищується всмоктування Феруму і використання його в процесах утворення гемоглобіну. Справжньою коморою біометалу Кобальту, крім тваринної печінки, з якої вилучають вітамін  $V_{12}$ , є столовий буряк, морква, морська капуста, вишні, чорниці, шипшина, суниця, чорна смородина і шовковиця. І все ж за вмістом Кобальту ніщо не може замінити цибулю, яка через це, а також високий вміст Феруму найкраще поліпшує процеси кровотворення.

**Молібден** є одним із важких металів, виявлених в організмі людини. Відповідно до електронної конфігурації  $[Kr]4d^55s^1$ , він виявляє вісім різних ступенів окиснення, проте в біосистемах міститься у вигляді йонів  $Mo^{+5}$ ,  $Mo^{+6}$  і рідше  $Mo^{+3}$  та  $Mo^{+4}$ . Різноманітність форм існування Молібдену є причиною того, що такий важкий елемент використовується для побудови деяких структур живого організму.

Основна біологічна функція, яку виконує цей мікроелемент, полягає у зв'язуванні неорганічного азоту. Зв'язаний азот використовується в процесах біосинтезу білків, нуклеїнових кислот, ферментів та інших нітрогеновмісних органічних сполук.

Молібден входить до складу деяких ферментів та ензимів, що беруть участь у засвоєнні азоту. Одним з таких ферментів є ксантинооксидаза, яку вперше відкрив у 1889 – 1891 рр. Український біохімік І. Я. Горбачевський. Ксантинооксидаза – складний білок з молекулярною масою близько 300 000. Активна група згаданого ферменту містить 8 атомів Феруму і 2 атоми Молібдену. Цей фермент прискорює нітрогеновий обмін у живих організмах і, насамперед, пуриновий обмін, а саме: окиснення в молоці та печінці пуринових основ – гіпоксантину. Ксантину, аденіну, гуаніну, які утворюються при ферментативному гідролізі нуклеїнових кислот. В результаті окиснення пуринів формується сечова кислота, яка й виводиться з організму. Якщо цієї кислоти утворюється багато, особливо в разі зловживання чаєм, кавою, шоколадом, м'ясом птиці, а також у старечому віці, то нирки не встигають її виводити і тоді вона, а також її нерозчинні солі – уреати – відкладаються в суглобах і сухожиллях, що й спричинює подагру. Слід зазначити, що в малих дозах Молібден позитивно впливає на синтез гемоглобіну та сприяє нагромадженню в організмі вітамінів С і  $V_{12}$ .

Дуже важливим чинником є баланс Молибдену в організмі. У мікро дозах його сполуки, підсилюючи фагоцитарну активність крові, впливають на імунний захист організму. При підвищенні рівня Молибдену порушується пуриновий обмін і розвивається ендемічна подагра, яка зв'язана з утворенням і відкладенням сечової кислоти в тканинах, що призводить до деформування суглобів.

Добова потреба організму в Молибдені менша порівняно з іншими біметалами і становить приблизно 0,1 – 0,3 мг.

Доведено, що біологічна роль Молибдену тісно пов'язана з вмістом в організмі купру му. Ці елементи є **антагоністами**, оскільки надлишок Молибдену викликає зменшення концентрації Купруму. Антагонізм мікроелементів, зокрема Мо – Си, використовують у терапевтичній практиці. Для зменшення токсичної дії Молибдену в організм вводять розчинні солі Купруму, що призводить до утворення малорозчинної солі купрум молибдату  $\text{SiMoO}_4$  і виведення останнього з організму.

Чимало Молибдену виявили в бобових культурах (горосі, сої, квасолі. Бобах).

**Хром.** Цей біоелемент, що за вмістом в організмі належить до мікроелементів, відіграє важливу роль у функціонуванні біосистем. Він впливає на обмін вуглеводів, ліпідів та нуклеїнових кислот, активує дію інсуліну, входить до складу ферментів – трипсину і трансферину.

Доведено, що вміст Хрому в крові знижується при старінні або виснаженні організму. Поліпшуючи загальний обмін речовин, його сполуки сповільнюють процес старіння організму. Це було доведено дослідями на тваринах; тварини, яким до кормів додавали сполуки тривалентного Хрому, жили довше, ніж тварини контрольних груп.

У медичній практиці для лікування діабету використовують хром піколінат, який додають до комплексних препаратів з мікроелементами та вітамінами.

Серед відомих сполук Хрому найменш токсичними є сполуки Хрому (III), сполуки шестивалентного Хрому – хромати ( $\text{Me}_2\text{CrO}_4$ ) та дихромати ( $\text{Me}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) є токсичними. У великих дозах Хром (III) теж токсичний, спостерігаються захворювання шкіри і слизових оболонок, хронічні катари верхніх дихальних шляхів, емфізема, а іноді рак легень.

Добова потреба Хрому становить 0,05 – 2,5 мг. Багаті на Хром такі продукти харчування, як чай, шпинат, оселедці, вівсяна крупа, печінка, яловичина.

Надлишок цього елемента в організмі викликає пошкодження легеневої тканини та розвиток злоякісних пухлин.

**Нікол.** Найбільший вміст цього біоелемента виявлено у підшлунковій залозі, печінці, шкірі та рогівці ока. Загальний вміст Ніколу в організмі становить приблизно  $2 \cdot 10^{-6}\%$  мас.

Біологічна роль цього мікроелемента була встановлена нещодавно, коли його вперше виявили у складі ферменту уреазу, що каталізує розкладання сечовини на амоніак і вуглекислий газ. Крім того, Нікол виступає активатором таких ферментів, як ангідраза, карбоксилаза, трипсин. Він прискорює регенерацію білків, поліпшує процес пігментації шкіри, впливає на

обмін вуглеводів та морфологію крові, оскільки нормалізує в ній вміст гемоглобіну.

Вміст Ніколу у крові людини зменшується з віком і при анеміях. Проте його рівень майже вдвоє підвищується при інфаркті міокарда, що може бути додатковим діагностичним критерієм цього захворювання.

**Ванадій** – ще недостатньо вивчений елемент. В організмі дорослої людини міститься приблизно 10 – 25 мг Ванадію, що відповідає масовій частці  $5 \cdot 10^{-5}\%$ . Більша частина Ванадію входить до складу кісток, зубів та жирової тканини.

Виділено металопротеїн – гемованадин, який містить цей хімічний елемент. Гемованадин може виконувати функцію зв'язування кисню, причому в ролі групи, що приєднує кисень, виступає йон Ванадію.

Дослідження на тваринах показали, що при додаванні до їх раціону солей Ванадію поліпшується мінералізація кісток і зубів, знижується відсоток захворювання карієсом зубів.

Ванадій виступає каталізатором деяких окисно – відновних процесів, що відбуваються в організмі. Він підвищує активність пероксидази, каталази, карбоангідрази та ряду ферментів, що регулюють процес дихання тканин. Є відомості про його позитивний вплив на обмін вуглеводів та жирів. Ванадій гальмує синтез холестерину та пригнічує ріст мікобактерій туберкульозу в організмі. Він прискорює процес регенерації еритроцитів та посилює дію Феруму при анемії, тобто в даному разі виявляється **синергізм біоелементів**. Цей процес полягає у збільшенні активності одного металічного елемента (у даному разі Феруму) за наявності іншого (Ванадію).

Крім того, Ванадій є важливим біоелементом для життя тварин. При дефіциті цього елемента сповільнюється ріст тварин і виживання потомства.

Металічний ванадій широко використовують для виготовлення сплавів, які застосовують у зубопротезній техніці.

**Титан** постійно міститься у тканинах (загальний вміст в організмі  $10^{-6}\%$ ) і концентрується переважно в печінці та залозах внутрішньої секреції (щитоподібній залозі, наднирниках).

Цей мікроелемент, як і Ванадій, бере участь у формуванні кісток, впливає на збільшення кількості еритроцитів у крові, активує процес синтезу гемоглобіну, проте його біологічна роль до кінця ще не з'ясована.

У вигляді простої речовини титан входить до складу хромонікелевих сплавів і використовується в зубопротезній практиці для виготовлення коронок.

**Кадмій** міститься в організмі в малих кількостях, переважно концентрується в нирках і печінці. Він входить до складу деяких ферментів і активує дію деяких з них, проте дію більшості ферментних систем Кадмій гальмує.

У більших дозах Кадмій отруйний, оскільки пошкоджує клітини нирок та печінки, викликає утворення злжкісних пухлин. Віднесення його до біогенних елементів є сумнівним.

**Меркурій** – це слідовий елемент, його біологічна роль не вивчена, проте сполуки цього елемента є дуже токсичними. Утворення навіть при кімнатній температурі парів ртуті може викликати важкі отруєння. При цьому найбільш виражені симптоми ураження дихальних шляхів, спостерігається токсичний набряк легенів.

При пероральному отруєнні вражаються шлунково – кишковий тракт і нирки. Дуже отруйні і сполуки Меркурію, наприклад сулема:  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ .

Засоби першої допомоги – молоко, слизові відвари, але без кухонної солі, яка може взаємодіяти зі сполуками Меркурію і переводити їх у добре розчинну сулему, ускладнюючи отруєння.

Отже, дослідження біологічної ролі хімічних елементів, з'ясування їх структури та механізму дії має велике значення для одержання нових ефективних лікарських засобів. Опрацювання сучасних методів лікування та створення наукових рекомендацій щодо здорового способу життя людини. Для підтримання нормальної життєдіяльності організму потрібна не тільки вода як розчинник, продукти харчування (білки, жири, вуглеводи), різноманітні вітаміни, але й певний набір макро- і мікроелементів, які беруть участь у функціонуванні численних біосистем.

#### **Застосування сполук d – елементів у медицині.**

- *Ферум (II) сульфат гептагідрат*  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , *ферум лактат тригідрат*  $(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO})_2\text{Fe} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , *ферум аскорбінат* застосовують для лікування ферумдефіцитних анемій.
- *Цинк сульфат*  $\text{ZnSO}_4$  використовують у вигляді розчинів з масовою часткою 0,1 – 0,25% для лікування очних хвороб. Ця сполука входить до складу деяких стоматологічних цементів типу «Дентин», «Вікасол» та препарату *цинктерал*, який використовують у дерматології. Цинк оксид  $\text{ZnO}$  застосовують у дерматологічній практиці у вигляді мазей, паст і присипок. Суспензію *цинк інсулін*, що складається з цинк хлориду та інсуліну, використовують для ін'єкцій при цукровому діабеті. Вітамін С- Плюс (вітамін С з Цинком) рекомендують для посилення імунітету, нормалізації кровотворення.
- *Хром піколінат* (50 – 100 мкг) використовують у разі порушень вуглеводного та жириного обміну *хром (III) оксид*  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  входить до складу деяких стоматологічних паст.
- *Амоній або натрій молібдат*  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) у мікродозах вводять до складу різних вітамінних комплексів («Дуовіт»), враховуючи той факт, що Молібден підвищує фагоцитарну функцію крові.
- *Манган (II) сульфат та хлорид*  $\text{MnSO}_4 + \text{MnCl}_2$  як мінеральні добавки входять до складу різних полівітамінів, наприклад, «Кальцеміну», «Теравіту». Калій перманганат  $\text{KMnO}_4$  у вигляді розведених розчинів застосовують як протимікробний препарат.
- *Вітамін B<sub>12</sub>* (ціанокобаламін) використовують для лікування мегалобластичної анемії, дистрофії та при захворюваннях печінки.
- *Радіоактивний нуклід Кобальту*  $^{60}\text{Co}$  застосовують для лікування злоякісних пухлин радіоактивним випромінюванням (так звані «кобальтові гармати»)
- *Купрум (II) сульфат* у вигляді розведених розчинів для внутрішнього застосування; 5% - вий розчин – для повязок при опіках білим фосфором, а 2% – вий розчин – внутрішньо при отруєнні білим фосфором.
- *Аргентум (I) нітрат* має в'яжучу, підсушуючу та протизапальну дію. Зовнішньо він використовується у вигляді 1 -10% розчинів або мазей, а внутрішньо – 0,05%-вий розчин при виразці шлунку та гастритах.

Крім того, широко використовуються полівітамінні комплексні препарати з мінеральними добавками : «Мульти – табс», «Юнікап», «Вітрум», «Активан», «Дуовіт», краплі «Береш Плюс»

### **Методичні рекомендації**

Опрацювати теоретичний матеріал і заповнити таблицю:

d - елементи	Вміст в організмі, мг	Продукти харчування, що містять елемент

### **Запитання для самоперевірки:**

1. Які наслідки зниження рівня Феруму в крові людини? Яким чином можна цьому запобігти?
2. Описати біологічну роль Купруму, вказати біокомплекси, що містять цей елемент і зазначити, які захворювання виникають за дефіциту і надлишку в організмі цього мікроелемента.
3. На якій підставі до біогенних елементів відносять Манган, Молібден, Хром? Які добові потреби цих елементів?
4. До складу яких важливих ферментів входить Цинк і яку функцію він виконує?
5. З якими процесами в організмі пов'язана біологічна роль Кобальту? Як він впливає на засвоєння організмом Феруму та у вигляді яких сполук застосовується в медицині?
6. Як змінюється вміст Хрому в крові при старінні і виснаженні організму та рівень Ніколу при інфаркті міокарда?

### **Тести для самоконтролю:**

#### **I рівень**

1. Вказати d – елемент, який міститься у VIII групі періодичної системи:  
а) Кобальт;                      б) Хром;                      в) Ванадій;                      г) Купрум.
2. При недостатці якого з елементів розвиваються анемії:  
а) Цинку;                      б) Феруму;                      в) Молібдену;                      г) Кадмію.
3. Які з мікроелементів беруть участь у формуванні кісткової тканини:  
а) Манган;                      б) Титан;                      в) Ферум;                      г) Цинк.

#### **II рівень**

1. Які з пар d – елементів є антагоністами?  
а) Cr – Mn;                      б) Cu – Fe;                      в) Mo – Cu;                      г) Zn – V.
5. Підвищений рівень яких елементів може викликати виникнення злоякісних пухлин?  
а) Цинку;                      б) Кадмію;                      в) Титану;                      г) Феруму.
6. Які з пар елементів є синергістами?  
а) V – Fe;                      б) Cu – Fe;                      в) Zn – Mo;                      г) Co – Mo.

#### **III рівень**

1. Дія якого мікроелемента спричинює порушення фосфорно – кальцієвого обміну?

- а) Молібдену;    б) Магнію;    в) Феруму;    г) Ванадію.

## Позааудиторна самостійна робота № 3

### Актуальність теми:

Актуальність теми комплексних сполук надзвичайно висока, оскільки вони є основою багатьох **біологічно активних речовин** (гемоглобін, хлорофіл), мають **широке застосування** (ліки, стабілізатори, хелатори для виведення токсинів) та **ключові в науці й промисловості**, зокрема в каталізі та створенні нових матеріалів; їхня унікальна структура та властивості роблять їх незамінними для медицини, екології, хімії та технологій, що підтверджується постійним інтересом до досліджень у цій галузі.

### Комплексні сполуки

**Комплексними сполуками** називають складні речовини, які містять комплексоутворювач, який має здатність координувати довкола себе частинки, що називаються лігандами, утворюючи при цьому координаційну сферу.

Такі комплексні сполуки були відомі давно, як речовини, які по своїм фізико-хімічним властивостям не могли бути описані відомими теоріями утворення хімічного зв'язку: йонного чи ковалентного.

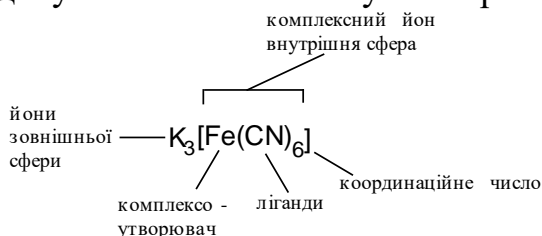
**Першою теорією**, що пояснювала будову комплексних сполук була теорія швейцарського хіміка А.Вернера (1893 р.) про наявність у таких сполуках центрального атома, який він назвав комплекснотвірним і який, крім головних валентностей, має ще побічні, найчастіше вдвічі більші ніж основні, за рахунок яких і утворює з частинками, які він назвав лігандами, додаткові зв'язки.

**Сучасна теорія комплексних сполук** вважає що комплексоутворювачами є елементи (найчастіше d-підрівнів), які мають незайняті електронні оболонки на які вони можуть прийняти частинки(аніони, чи полярні молекули), що містять надлишок електронної густини, зв'язки при цьому називають донорно-акцепторними. Крім цього важливе значення має просторова структура таких сполук. Вони можуть мати симетричну плоску чи просторову будову у вигляді тетраєдрів чи октаєдрів.

Комплексна сполука містить *комплексний йон*, який складається з центрального атома – *комплексоутворювача* та розміщених навколо нього *лігандів*. Лігандами є нейтральні молекули або йони. Число лігандів перевищує число зв'язків, які може утворити центральний атом своїми неспареними електронами. *Загальне число зв'язків* комплексоутворювача з лігандами, незалежно від їх механізму, називають його *координаційним числом*.

Центральний атом та ліганди, що його оточують, складають *внутрішню сферу комплексу* або *комплексний йон*. При зображенні комплексної сполуки внутрішню сферу комплексу обмежують квадратними дужками. Наприклад,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  або  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ . За межею комплексного йона розміщені йони зовнішньої сфери. Зовнішню сферу комплексу утворюють катіони чи аніони. Найчастіше це катіони лужних, лужноземельних металів і катіон амонію або аніони безкисневих, кисневмісних кислот і гідроксид-йони. Існують комплексні сполуки, які не мають йонів зовнішньої сфери. Заряд їх комплексного йона дорівнює нулю. Наприклад,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$  тощо.

Будову комплексної сполуки зображають схемою:



На основі будови комплексних сполук сформульовано їх сучасне визначення: комплексними сполуками називають складні сполуки, які містять комплексний йон, що складається з комплексоутворювача та координованих навколо нього лігандів, здатний самостійно існувати у розчині та розплаві.

Комплексоутворювачами можуть бути атоми практично всіх елементів періодичної системи Д.І. Мендєєва або їх йони. Однак лужні та лужноземельні метали та їх катіони утворюють дуже нестійкі комплекси. Необхідною умовою комплексоутворювача є наявність вільних, енергетично вигідних атомних орбіталей. Тому найбільш типовими комплексоутворювачами є d- і f-елементи та їх катіони. Атоми та катіони цих елементів мають малий атомний радіус та великий заряд ядра, тому вони легко поляризують аніони та молекули лігандів, утворюючи при цьому комплексні йони. Типовими комплексоутворювачами є атоми елементів Cr, Co, Ni, Fe, Mn та катіони  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pt}^{2+}$ ,  $\text{Pt}^{4+}$  тощо.

Катіони s- та p-елементів також здатні бути комплексоутворювачами. Це катіони металів  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Pt}^{2+}$  та атоми неметалів Si, B, P, N у певному ступені окиснення. Наприклад, Силіцій у  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ , Бор у  $\text{H}[\text{B}(\text{OH})_4]$  та  $\text{Na}[\text{BF}_4]$ , Фосфор у  $\text{K}[\text{PF}_6]$ , Нітроген у  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Слід зазначити, що хлорид амонію вважають комплексною сполукою умовно. Він є перехідною речовиною між звичайними та комплексними сполуками.

Лігандами можуть бути нейтральні молекули або аніони кислот.

## Класифікація та номенклатура комплексних сполук

### I. Неорганічні комплекси

Залежно від заряду комплексного йона комплексні сполуки поділяють на катіонні  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ , аніонні  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  та нейтральні  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$  комплекси. Якщо заряд комплексної сфери комплексу позитивний, як у випадку  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , комплекс називають *катіонним*. Відповідно негативний заряд комплексного йону  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  зумовлює появу *аніонного комплексу*. Комплексну сполуку, яка не має йонів зовнішньої сфери і заряд її комплексного йона дорівнює нулю, називають нейтральним комплексом.

Нейтральними є комплекси карбонілів металів  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ ,  $[\text{CO}_2(\text{CO})_8]$ , деякі комплекси Платини  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ , Кобальту  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_2]$  та інших d-елементів.

При класифікації комплексних сполук велику увагу приділяють природі лігандів. За природою лігандів розрізняють такі типи комплексних сполук:

*Аквакомплекси* – сполуки, у яких лігандами є молекули води:  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ . У водному розчині всі катіони d-елементів утворюють стійкі аквакомплекси.

Аміакати містять комплексні йони, лігандами яких є молекули аміаку або амінів: метиламіну  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , етиламіну  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ , етилендіаміну  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ . Аміакати  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  є сильними основами.

*Ацидокомплекси* містять ліганди, які є кислотними залишками. Наприклад,  $\text{K}[\text{BiI}_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{NiCl}_4]$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ ,  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$

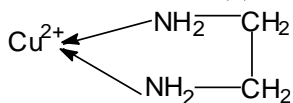
*Гідроксокомплекси* – сполуки, лігандами яких є гідроксид-йони. Наприклад,  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ .

*Полігалогеніди* як ліганди містять нейтральні молекули галогенів. Комплексоутворювачем у таких сполуках є негативно заряджений йон галогену. Наприклад  $\text{K}[\text{I}(\text{I}^0)_2]$ ,  $\text{Cs}[\text{I}(\text{I}^0)_2]_2$ ,  $\text{Rb}[\text{I}(\text{I}^0)_4]$ . Для зручності ці сполуки записують так:  $\text{KI}_3$ ,  $\text{CsI}_5$ ,  $\text{RbI}_9$ .

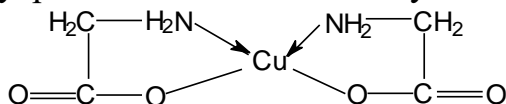
Комплекси сполуки змішаного типу містять різні ліганди: як йони, так і нейтральні молекули. Наприклад,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_4\text{Cl}]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ .

## **II. Органічні комплекси (хелати)**

*Циклічні або хелатні* (клевшеподібні) комплекси містять ді- та полідентантні ліганди, які утворюють з центральним атомом декілька зв'язків. Конфігурація такого комплексного йона нагадує клеvню рака, тому їх називають клеvшеподібними:



У халатних сполуках центральний атом входить до складу циклу. У внутрішньоконплекcних сполуках конплекcоутворювач зв'язаний з лігандами ковалентним зв'язком як донорно-акцепторним, так і за обмінним механізмом. Конплекcні сполуки такого типу характерні для амінокарбонових кислот. Так, аміноацетатна кислота  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  (глiцин) утворює з катіонами  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pt}^{2+}$  внутрішньоконплекcні сполуки:



До внутрішньоконплекcних сполук відносять гемоглобін і хлорофіл.

**Номенклатура конплекcних сполук.** Для назви конплекcних сполук застосовують номенклатуру, створену Міжнародним союзом по чистій (теоретичній) та прикладній хiмiї – IUPAC.

Конплекcні сполуки читають справа наліво, тобто першим називають аніон, а потім катіон.

У конплекcних йонах першими справа наліво називають ліганди у тому порядку, як вони записані, незалежно від їх заряду. Аніонним лігандам дають

закінчення –о, нейтральні ліганди називають як відповідні молекули, за винятком  $H_2O$  – аква,  $NH_3$  – амін,  $CO$  – карбоніл,  $NO$  – нітрозил. Нижче наведені назви деяких лігандів:

Аніонні ліганди	Назва	Аніонні ліганди	Назва
$F^-$	фторо-	$SCN^-$	тіоціанато-
$Cl^-$	хлоро-	$NO_2^-$	нітро-
$Br^-$	бромо-	$S_2O_3^{2-}$	тіосульфато-
$I^-$	йодо-	$CO_3^{2-}$	карбонато-
$S^{2-}$	сульфідо-	$C_2O_4^{2-}$	оксалато-
$OH^-$	гідроксо-	$NO_3^-$	нітрато-
$CN^-$	ціано-	$SO_4^{2-}$	сульфато-

Число лігандів кожного виду вказують числовими префіксами: *ди-*, *три-*, *тетра-*, *гекса-*, *гепта-*, *окта-*, *нона-*, *дека-*. Якщо ліганди складні і їх назви уже містять приставки *ди-*, *три-* тощо, то для позначення їх числа 2, 3, 4, використовують префікси *біс-*, *трис-*, *тетракис-*. Назву складного ліганда інколи заключають у круглі дужки. Наприклад, комплекс  $[Co(NH_2C_2H_4NH_2)_2Cl_2]NO_3$  називають нітрат дихлоробіс (етилендіамін) кобальту (III).

У нейтральних комплексах спочатку називають ліганди, а потім комплексоутворювач. Записують назву такої координаційної сполуки у називному відмінку одним словом. Наприклад,  $[Pt(NH_2)_2Cl_2]$  – дихлородіамінплатина,  $[Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$  – тринітротриамінкобальт.

Якщо координаційна сполука є катіонним комплексом, то спочатку називають у називному відмінку називають аніон, потім у родовому – комплексний катіон. Комплексний катіон називають справа наліво, вказуючи ліганди та їх число. Останнім називають комплексоутворювач, для якого у круглих дужках римськими цифрами вказують його ступінь окиснення. Назву аніона та катіона записують окремо. Наприклад, катіонний комплекс  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$  називають – хлорид хлоропентаамінкобальта (III).

Якщо комплексна сполука є аніонним комплексом, то спочатку називають у називному відмінку комплексний аніон, потім у родовому – катіон зовнішньої сфери. Комплексоутворювач називають, додаючи до кореня латинської назви елемента суфікс –*ат*. Ступінь окиснення центрального атома вказують у дужках римськими цифрами. Наприклад, аніонні комплекси називають:  $K[AuCl_4]$  - тетрахлороаурат (III) калію.

$K_4[Fe(CN)_6]$  – гексаціаноферат(II) калію

$K_3[Fe(CN)_6]$  - гексаціаноферат(III) калію

### **Хімічний зв'язок у комплексних сполуках**

У наш час для пояснення механізму утворення, будови та властивостей комплексних сполук використовують три теорії: *метод валентних зв'язків (ВЗ)*, *теорію кристалічного поля (ТКП)* та *метод молекулярних орбіталей (МО)*.

Відповідно з *методом ВЗ* ліганди та комплексоутворювач з'єднані у комплексних сполуках двоелектронним ковалентним зв'язком, який здійснюється за донорно-акцепторним механізмом. Донором електронних пар

є ліганди, а акцептором – комплексоутворювач, який має вільні атомні орбіталі. Ковалентний зв'язок виникає внаслідок перекривання заселених електронною парою атомних орбіталей центрального атома. Зв'язок здійснюється гібридними атомними орбіталями комплексоутворювача.

Метод валентних зв'язків пояснює утворення карбонілів металів, магнітні властивості речовин, значення координаційних чисел, геометричну будову комплексних іонів. Головною перевагою методу є його наукова обґрунтованість: кожній валентності відповідає двоелектронний зв'язок. Однак метод має недоліки, оскільки не всі зв'язки у комплексах двоелектронні, також він не надає інформації про оптичні властивості комплексних сполук, їх забарвлення, спектри поглинання. Тому для пояснення властивостей хімічного зв'язку в комплексних сполуках часто використовують ще один метод – *теорію кристалічного поля*.

Згідно з *теорією кристалічного поля зв'язок між лігандами та комплексоутворювач – іонний*. Він виникає внаслідок електростатичної взаємодії різнойменно заряджених комплексоутворювача і лігандів. При взаємодії центрального атома та лігандів внаслідок впливу електростатичного поля лігандів змінюється енергія атомних орбіталей комплексоутворювача.

Таким чином, теорія кристалічного поля пояснює магнітні, оптичні, енергетичні властивості комплексних іонів. Разом з тим, оскільки в теорії кристалічного поля враховується лише електростатична дія лігандів на електрони комплексоутворювача, а ліганди вважають незмінними частинками, її використання обмежене описанням лише іонного зв'язку. Тому, користуючись теорією кристалічного поля, неможливо пояснити будову та властивості багатьох комплексних сполук.

## Тести:

### 1. Що собою являє комплексоутворювач згідно із координаційною теорією А.Вернера?

- А) атом всередині молекули комплексної сполуки
- Б) центральний атом (йон), який за рахунок координаційної валентності оточений певною кількістю йонів або нейтральних молекул
- В) йон, що знаходиться поза внутрішньою сферою
- Г) нейтральні молекули чи йони у складі комплексного йона

### 2. Нейтральні молекули або йони, які безпосередньо сполучаються з центральним атомом, називаються

- А) комплексоутворювачем
- Б) внутрішньою сферою
- В) протийоном
- Г) лігандами

### 3. Як визначається заряд комплексного йона?

- А) ступенем окиснення комплексоутворювачем

Б) сумою ступенів окиснення комплексоутворювача і сумарним зарядом усіх лігандів

В) сумою зарядів усіх лігандів

**4. До катіонних комплексів належать сполуки:**

А)  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6\text{Cl}_3$ ,

Б)  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ,

В)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

Г)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;

**5. Вкажіть формулу комплексної сполуки назва якої –тетраамінокупрум (II) хлорид**

А)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Б)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$

В)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{PO}_4$

Г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]_4\text{Cl}_{12}$

**6. До якого типу, за природою ліганд, належать комплексні сполуки  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$   $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{PO}_4$**

А) аквакомплекси

Б) ацидокомплекси

В) гіроксокомплекси

Г) аміакати

**7. Вкажіть нейтральний комплекс:**

А)  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ,

Б)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ;

В)  $\text{Na}[\text{AgI}_2]$ ,

Г)  $[\text{PtCl}_4(\text{NH}_3)_2]$ ;

**8. Ліганди представлені**

А) будь-яким елементом або його іоном

Б) полярними нейтральними сполуками або іонами з протилежним комплексоутворювачу зарядом.

В) складним іоном, які під час запису формули координаційної сполуки виділяють квадратними дужками

**9. Зазначте комплексоутворювач у комплексній сполуці  $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$**

А)  $\text{K}^+$

Б)  $\text{Zn}^{2+}$

В)  $\text{SO}_4^{2-}$

Г)  $\text{H}_2\text{O}$

**10. Чому дорівнює координаційне число в комплексній сполуці  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**

А) 3

- Б) 6
- В) 9
- Г)

**11.Комплексні сполуки - це:**

- А) Сполуки утворені в результаті координації іонів чи нейтральних молекул атомом або іоном хімічного елементу
- Б) Сполуки, склад яких постійний і не залежить від способу їх одержання
- В) Сполуки, склад яких залежить від способу їх одержання
- Г) Сполуки, склад яких змінний і залежить від способу їх одержання
- Д) Сполуки, які практично не можливо одержати

**12.Центральний атом комплексних сполук називають:**

- А)Аніоном
- Б) Лігандом
- В) Зовнішньою сферою
- Г) Комплексоутворювачем
- Д) Меридіаном

## Позааудиторна самостійна робота № 4

**Тема: Фізіологічні розчини, їхній склад і застосування.**

**Актуальність теми:**

**Основні аспекти актуальності:** Фізрозчини є основою для підтримки гомеостазу в медицині (заміщення рідини, розчинення ліків), ключовим елементом у біохімії (плазма крові, лімфа) та універсальним засобом для очищення ран, оскільки не подразнюють тканини, підтримують рН і запобігають інфекціям, що робить їх незамінними в хірургії, педіатрії та загальній медичній практиці.

1. [Відновлення рідинного балансу](#): У критичних станах (зневоднення, шок) порушується водно-електролітний баланс (ВЕО) та кислотно-основний стан (КОС), і фізрозчини швидко їх корегують.
2. [Очищення та догляд за ранами](#): Стерильний фізрозчин вимиває бруд та мікроорганізми, створює сприятливе середовище для загоєння, не викликає печіння чи алергії, що ідеально для дітей
3. [Розчинник для лікарських засобів](#): Використовується для інгаляцій, внутрішньовенних вливань, розведення інших препаратів.
4. [Біологічна роль](#): Фізіологічні рідини організму (кров, лімфа, міжклітинна рідина) — це розчини солей та органічних речовин, що підтримують життєдіяльність. Вивчення їхніх властивостей (як-от буферні системи) є фундаментальним.

5. **Доступність та універсальність:** Навіть 0,9% розчин NaCl легко приготувати вдома, що робить його важливим і в побуті (промивання носа, очей).

Таким чином, фізіологічні розчини залишаються **невід'ємною частиною сучасної медицини та біології**, актуальними для лікування, догляду та розуміння життєвих процесів.

### **Зміст теми:**

**Фізіологічні розчини** — це штучно приготовані водно-сольові розчини, які за своїм осмотичним тиском та хімічним складом максимально наближені до плазми крові та тканинних рідин організму. Станом на 2026 рік у медичній практиці та наукових дослідженнях використовують кілька основних видів таких розчинів.

### **Основні види та їхній склад**

1. **Натрію хлорид 0,9% (найпоширеніший)**

**Склад:** 9 г чистої кухонної солі (NaCl) на 1 л дистильованої води.

**Особливість:** Містить лише іони натрію та хлору, що в певних дозах може відрізнятися від складного іонного балансу крові.

2. **Розчин Рінгера**

**Склад:** Окрім хлориду натрію, містить іони калію та кальцію.

**Особливість:** Краще імітує електролітний склад позаклітинної рідини.

3. **Розчин Рінгера-Локка**

**Склад:** Містить солі (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub>) та глюкозу.

**Особливість:** Забезпечує тканини не лише електролітами, а й енергетичним субстратом (глюкозою).

4. **Складні збалансовані розчини (наприклад, Рінгера лактат, Плазма-Лайт)**

**Склад:** Містять органічні аніони (лактат, малат або ацетат).

**Особливість:** Допмагають підтримувати кислотно-лужний баланс (pH) та запобігають ацидозу.



IV Solutions Cheat Sheet	
Isotonic Solutions	
<b>Normal Saline (0.9% NaCl)</b>	<p><b>Indications:</b> Fluid resuscitation, maintenance fluid, electrolyte replacement.</p> <p><b>Contraindications:</b> None.</p> <p><b>Warnings:</b> None.</p> <p><b>Precautions:</b> None.</p> <p><b>Adverse Effects:</b> None.</p> <p><b>Storage:</b> Store at room temperature.</p> <p><b>Compatibility:</b> Compatible with most IV medications.</p>
<b>Lactated Ringers (LR)</b>	<p><b>Indications:</b> Fluid resuscitation, maintenance fluid, electrolyte replacement.</p> <p><b>Contraindications:</b> None.</p> <p><b>Warnings:</b> None.</p> <p><b>Precautions:</b> None.</p> <p><b>Adverse Effects:</b> None.</p> <p><b>Storage:</b> Store at room temperature.</p> <p><b>Compatibility:</b> Compatible with most IV medications.</p>
<b>D5W (5% Dextrose in Water)</b>	<p><b>Indications:</b> Fluid resuscitation, maintenance fluid, electrolyte replacement.</p> <p><b>Contraindications:</b> None.</p> <p><b>Warnings:</b> None.</p> <p><b>Precautions:</b> None.</p> <p><b>Adverse Effects:</b> None.</p> <p><b>Storage:</b> Store at room temperature.</p> <p><b>Compatibility:</b> Compatible with most IV medications.</p>

## Застосування

Фізіологічні розчини залишаються базовим засобом у медицині для:

- **Регідратації:** Відновлення водного-сольового балансу при зневодненні (діарея, блювання, опіки).
- **Розведення ліків:** Використовується як розчинник для внутрішньовенних та внутрішньом'язових ін'єкцій.
- **Детоксикації:** Промивання організму при отруєннях для прискорення виведення токсинів.
- **Місцевого використання:** Промивання ран, слизових оболонок носа та очей.
- **Підтримки життєдіяльності тканин:** В експериментальній біології для збереження ізольованих органів та клітин поза організмом.

**Важливо:** Незважаючи на назву, 0,9% розчин NaCl не є повністю «фізіологічним» через надлишок хлору, тому для масивних інфузій лікарі часто віддають перевагу збалансованим електролітним розчинам.

## Тести:

1. Який розчин називають «фізіологічним» (ізотонічним) розчином натрію хлориду?

- А. 0,09% розчин NaCl
- Б. 0,9% розчин NaCl
- В. 9% розчин NaCl
- Г. 5% розчин NaCl

2. Що станеться з еритроцитами при їх поміщенні в гіпертонічний розчин (наприклад, 10% NaCl)?

- А. Гемоліз (руйнування)
- Б. Набрякання
- В. Плазмоліз (зморщування)
- Г. Жодних змін не відбудеться

3. Який із наведених розчинів є багатокомпонентним сольовим розчином, що за складом близький до плазми крові?

- А. Розчин Рінгера-Локка
- Б. 5% розчин глюкози
- В. 40% розчин глюкози
- Г. Дистильована вода

4. Який розчин використовується для швидкого поповнення дефіциту енергії в організмі?

- А. 0,9% натрію хлориду
- Б. Розчин Рінгера
- В. 5% або 10% розчин глюкози
- Г. Розчин магнію сульфату

5. Яке явище спостерігається при потраплянні еритроцитів у гіпотонічне середовище (наприклад, воду)?

- А. Осмотичний гемоліз
- Б. Аглютинація
- В. Коагуляція
- Г. Осадження

---

Відповіді для самоперевірки:

1. Б (0,9% NaCl)..
  2. В (Зморщування через вихід води з клітини за градієнтом концентрації).
  3. А (Розчин Рінгера-Локка містить NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub> та глюкозу).
  4. В (Глюкоза є основним енергетичним субстратом).
  5. А (Вода входить всередину клітини, що призводить до її розриву).
-

## Позааудиторна самостійна робота № 5

### Тема: Водно-електролітний баланс в організмі людини

Значення рН для різних рідин людського організму в нормі та при патології. Теорії кислот і основ. Типи протолітичних реакцій: нейтралізації, гідролізу та йонізації. Роль гідролізу в біохімічних процесах.

### Водно-електролітний баланс в організмі людини

Основна роль *водно-електролітного балансу* в організмі людини полягає у підтримці сталості внутрішнього середовища – *гомеостазу*.

Всі біохімічні процеси, що відбуваються в організмі, протікають у водному середовищі рідин внутрішнього середовища. Так, 40–45% води від загальної кількості знаходиться у внутрішньо клітинній рідині; 20-23% - у позаклітинній.

**! Поясніть, чому кількість води в організмі людини похилого віку менша, ніж у молодій людини.**

Добова потреба у воді для дорослої людини складає 40 г/кг маси тіла. Вода, що міститься в організмі, надходить, переважно, з продуктами харчування та напоями (екзогенна вода). Ендогенна вода в організмі людини утворюється в результаті окиснення білків, жирів, вуглеводів тощо, і складає 10-15% від загальної кількості.

Основними йонами, що підтримують *водно-електролітний баланс* є йони Натрію  $\text{Na}^+$ . Баланс йонів  $\text{Na}^+$  тісно пов'язаний з обміном йонів Калію, тому процеси регуляції співвідношення концентрації йонів  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$  в організмі людини взаємозалежні.

**! Згадайте, які біогенні елементи відносять до мікро- та мікроелементів.**

Основна маса макроелементів в організмі міститься у формі йонів та мінеральних солей. Мікроелементи в організмі знаходяться здебільшого у складі комплексних сполук, білків та інших органічних молекулах. Стан *водно-електролітного* обміну значною мірою залежить від рівня вживання мінеральних солей та рідин. Порушення *водно-електролітного* обміну в організмі виявляють при багатьох захворюваннях і патологічних станах (недостатність кровообігу, артеріальна гіпертензія, гіпофункція кори надниркової залози, гіпофункція задньої частки гіпофізу, кишкові інфекції, інтоксикації, перегрівання тощо). Так, зменшення об'єму рідини в організмі спричиняє синдром *дегідратації*, в свою чергу, збільшення об'єму рідини – *гіпергідратацію*. Такі процеси призводять до порушення *гомеостазу*. Зазначимо, що організм людини легше переносить гіпергідратацію, ніж дегідратацію. Дегідратація проявляється в різноманітних формах, та має декілька класифікацій. Так, до першого типу, так званого істинного, гіпертонічного чи клітинного, відносяться дегідратації, в основі якої лежить нестача води без значних втрат електролітів. Інший вид – позаклітинна дегідратація – називається гіпотонічною. Вона зумовлена значними втратами електролітів, особливо, йонів Калію. Причинами позаклітинної гіпергідратації може бути надмірне надходження води в організм та її затримка внаслідок порушення виділення рідини та солей нирками (ниркова недостатність чи порушення ниркової регуляції). Контроль водно-електролітного балансу в організмі здійснюється системою вгамовування спраги та гормоном вазопресином. Якщо в організмі зростає об'єм рідини і зменшується осмотичний тиск позаклітинної рідини, то вазопресину виділяється менше і надлишок води виводиться із сечею. Зміна осмотичного тиску рідин організму найчастіше пов'язана з кількістю йонів Натрію в організмі та їх засвоєнням. У відновленні натрієвої рівноваги важливу роль відіграє гормон альдостерон. Наприклад, після споживання солоної їжі концентрація йонів Натрію у крові підвищується, що автоматично спричинює зменшення виділення альдостерону і, як результат, відбувається виділення надлишку йонів Натрію із сечею. І навпаки, якщо в організмі виникає нестача йонів Натрію (наприклад, при інтенсивному потовиділенні), то виділення альдостерону зростає. Внаслідок цього відбувається зворотне всмоктування йонів Натрію. У кінцевому результаті концентрація йонів Натрію нормалізується.

Кальцієвий обмін підлягає складному гормональному регулюванню, у якому беруть участь такі гормони як паратгормон, кальцитонін і вітамін D<sub>3</sub>. Нестача Кальцію в організмі людини може бути спричинена неправильним харчуванням, гіповітамінозом, зменшенням паратгормону або надлишком кальцитоніну.

Таким чином, обмін води та електролітів є складним процесом взаємодії майже всіх систем організму. Порушення водно-сольового обміну викликають значні зрушення у роботі всіх органів та систем, тому вивчення даного питання на сьогодні є актуальною медико-біологічною проблемою.

## **Значення рН для різних рідин людського організму в нормі та при патології.**

Кисотно-лужний баланс організму людини — це рівень кислот і лугів у крові, при якому тіло людини функціонує найкраще. Організм людини створений так, щоб природним чином підтримувати здоровий баланс кислотності та лужності. У цьому процесі ключову роль відіграють легені і нирки. Нормальний рівень рН крові становить 7,40 за шкалою від 0 до 14 рН та може дещо змінюватися в будь-який бік.

Якщо легені або нирки працюють неправильно, рівень рН може стати незбалансованим. Порушення кислотно-лужного балансу може призвести до захворювань, відомих як ацидоз та алкалоз. Обидва стани вимагають лікування під наглядом лікаря, а не просто зміни харчування або дотримання якоїсь дієти.

Легені контролюють баланс рН вашого тіла, вивільняючи вуглекислий газ з організму. Вуглекислий газ є слабокислою сполукою. Це також відходить, що виробляються клітинами організму, коли вони використовують кисень. Клітини викидають його в кров, і він потрапляє в легені. Коли Ви видихаєте, видаляється вуглекислий газ, процес, який також допомагає регулювати рН-баланс вашого тіла за рахунок зниження кислотності. Кількість вуглекислого газу, який ви видихаєте, залежить від того, наскільки глибоко ви вдихаєте або видихуєте. Ваш мозок постійно контролює це, щоб підтримувати належний баланс рН у вашому тілі.

Нирки допомагають легеням підтримувати кислотно-лужний баланс, виводячи кислоти або основи через сечу. Вплив нирок на кислотність організму значно повільніша, ніж легенів.



**Які показники рН сечі норма?**

Сеча містить воду, солі та продукти життєдіяльності нирок. Баланс цих сполук може вплинути на рівень кислотності сечі, який фахівці вимірюють за показником рН. Рівень рН — це вимірювання того, наскільки кисла або лужна сеча людини. Лікарі часто перевіряють рівень рН сечі, та інші діагностичні тести, коли у людини є симптоми, які можуть бути пов'язані з проблемою в сечовивідних шляхах.

Середнє значення рН сечі становить 6,0 рН, але воно може коливатися від 4,5 до 8,0. У різних лабораторіях можуть бути різні діапазони «нормальних» рівнів рН. Лабораторний звіт пояснює нормальні та аномальні рівні для конкретної лабораторії. Лікар зазвичай пояснює ці результати пацієнту.

Одним з основних факторів, що впливають на рН сечі — це їжа, яку вживає людина. Якщо у людини високий рН сечі, тобто вона більш лужна, це може сигналізувати про такі захворювання, як: камені в нирках, інфекції сечовивідних шляхів, розлади, пов'язані з нирками.

Кисла сеча також може створити середовище, де можуть утворюватися камені в нирках. Якщо у людини низький рН сечі, тобто вона більш кисла, це може свідчити про такі захворювання, як: діабетичний кетоацидоз, який є ускладненням цукрового діабету, діареї, голодування.

### **Які показники рН слини норма?**

Нормальний діапазон рН для слини становить від 6,2 до 7,6 рН. Їжа та напої змінюють рівень рН слини. Наприклад, бактерії у роті розщеплюють їжу, яку ви споживаєте, вивільняючи різні кислоти, які знижують рівень рН вашої слини. Тіло людини приблизно на 60 % складається з води і для підтримки його життя йому потрібен рН, близький до води.

Якщо в крові занадто багато кислоти (низький рівень рН крові), виникає метаболічний ацидоз. Це пов'язано з високим кров'яним тиском, захворюваннями нирок, діабетом та іншими хворобами, що впливають на зниження рН слини.

А якщо в крові занадто багато лугу (високий рівень рН), виникає метаболічний алкалоз. Це пов'язано із захворюваннями надниркових залоз і зловживанням алкоголем та призводить до підвищення рівня рН слини.

РН вашої слини може мати серйозні наслідки для здоров'я ваших зубів. Хоча зубна емаль є найтвердішою речовиною в організмі, її може пошкодити кисла слина. Коли рН вашої слини падає нижче 5,5, ваша зубна емаль починає руйнуватися. На жаль, оскільки зубна емаль не може відновлюватись, це пошкодження є постійним. Якщо кислоти роз'їли емаль, ваші зуби можуть бути чутливими. Ви також можете помітити дискомфорт під час вживання гарячих, холодних або солодких напоїв. Жовтуватий колір зубів є ще однією тривожною ознакою ерозії емалі.

### **Які показники рН крові норма?**

Важливою властивістю крові є її ступінь кислотності або лужності. Кислотність або лужність будь-якого розчину, включаючи кров, визначається за шкалою рН. Кров, як правило, злегка основна, з нормальним діапазоном рН приблизно від 7,35 до 7,45. Зазвичай організм підтримує рН крові близько 7,40.

Лікар оцінює кислотно-лужний баланс людини, вимірюючи рН і рівні вуглекислого газу (кислоти) і бікарбонату (основи) в крові.

Кислотність крові підвищується, коли людина споживає речовини, що містять або виробляють кислоту, або коли легені не виділяють достатньо вуглекислого газу. Люди з метаболічним ацидозом часто відчувають нудоту, блювоту та втому і можуть дихати швидше і глибше, ніж зазвичай. Люди з респіраторним ацидозом часто відчувають головний біль і сплутаність свідомості, а дихання може бути поверхневим, повільним або і те, і інше.

### Як визначити рівень кислотності організму?

Рівень рН можна виміряти за допомогою рН-метра та звичайних індикаторних смужок, які перевіряють кислотність біологічних рідин організму. Смужки рН дуже прості та зрозумілі у використанні, але не дають достовірних результатів вимірювання, а тільки приблизні. Різні люди по різному можуть зчитувати результати вимірювання таких смужок бо розрізняють кольори по різному. Для отримання точних результатів вимірювання краще скористатися рН-метром. Ці пристрої мають високу точність вимірювання навіть до 0,001 рН. Проводити тестування набагато зручніше та швидше.

**Теорії кислот і основ. Типи протолітичних реакцій: нейтралізації, гідролізу та йонізації. Роль гідролізу в біохімічних процесах.**

### Протолітична теорія кислот і основ

Погляд на кислоти і основи з точки зору теорії електролітичної дисоціації С. Арреніуса, справедливий лише для їх водних розчинів.

Використовують декілька узагальнених теорій кислот і основ: протолітична теорія (Бренстед, Лоурі), теорія сольватосистем (Кеді, Франклін, США) і електронна теорія (Льюїс, США).

Згідно з цими теоріями визначення кислот і основ пов'язане із їх здатністю:

- віддавати йон  $H^+$  (кислоти) та йон  $OH^-$  (основи) – Арреніус;
- віддавати йони  $H^+$  (кислоти) та приєднувати йони  $H^+$  (основи) – Брендстед, Лоурі (рисунок 6.2 а);
- приймати електронні пари (кислоти) та віддавати електронні пари (основи) – Льюїс (рисунок 6.2 б).

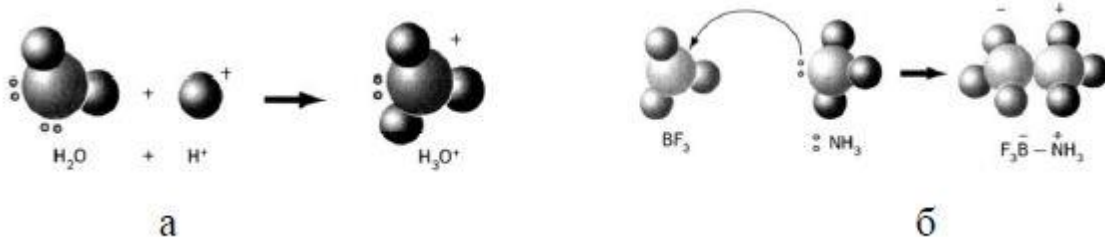
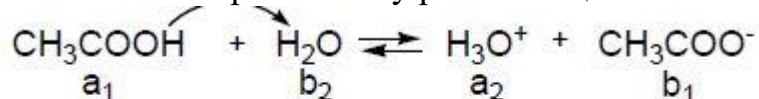


Рисунок 6.2 – Донори і акцептори протонів

Згідно із протолітичною (протонною) теорією кислот і основ: **кислота** (acidum) – це донор протонів; **основа** (basicum) – акцептор протонів.

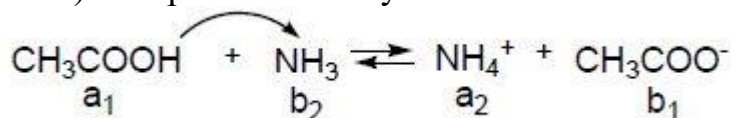
Отже, всі протолітичні реакції полягають у перенесенні протона від молекули кислоти до молекули основи. Вони є оборотними. Наприклад, кислотно-основна рівновага у розчині оцтової кислоти:



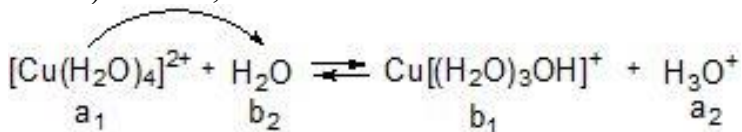
де  $a_1 \rightarrow b_1$  і  $b_2 \rightarrow a_2$  – кислотно-основні пари.

За теорією Бренстеда-Лоурі кислотою чи основою може бути:

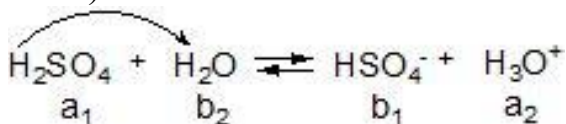
а) нейтральна молекула



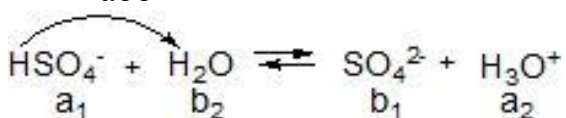
б) катіон;



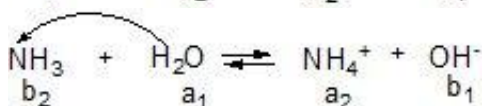
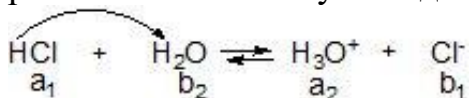
в) аніон



або



Реакції кислота-основа частіше за все відбуваються за участю молекул розчинника. Молекули води є амфолітами:



Для кислотно-основних пар існує таке загальне правило: кислота реагує в першу чергу з найбільш сильною у даних умовах основою, а основа – з найбільш сильною кислотою. Розрізняють:

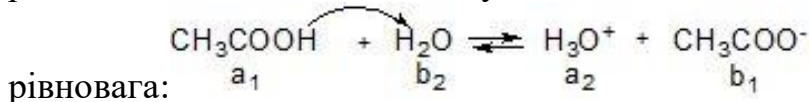
а) речовини, які легко віддають протони – протогенні:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; вони є кислотами;

б) речовини, які легко приєднують протон – прототільні:  $\text{NH}_3$ , аміни та ін.; вони є основами (як розчинники називаються прототільними розчинниками);

в) речовини, які не проявляють ні основних, ні кислотних властивостей (не здатні ні приєднувати, ні віддавати протони), вони називаються апротонними розчинниками (бензен, толуен та ін.).

### Константа дисоціації спряженої кислоти і основи

Якщо спряжена пара кислота-основа знаходиться у розчині з будь-яким розчинником, то у такій системі встановлюється



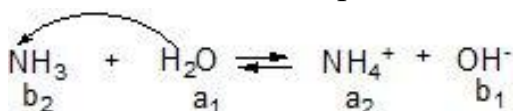
рівновага:

Здатність кислоти донувати протон молекулі води (відносна сила кислоти як донора протона) характеризується константою дисоціації кислоти (константа йонізації):

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

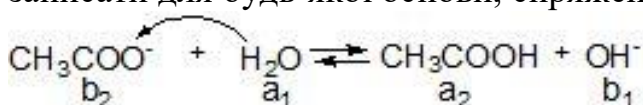
яка показує силу оцтової кислоти у водному розчині.

Аналогічно, для реакції основи з водою:



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]},$$

де  $K_b$  – константа йонізації основи. Константу йонізації основи можна записати для будь-якої основи, спряженої з кислотою. Наприклад:



Тоді:

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Добуток  $K_a \cdot K_b$  (констант йонізації кислоти і основи) дорівнює йонному добутку розчинника. Для води:

$$K_a \cdot K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \times \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

Таким чином, добуток  $K_a \cdot K_b$  - це функція дисоціації розчинника, яка не залежить від індивідуальних властивостей супряженої пари  $a_1 \rightarrow b_1$ .

$K_b$  легко обчислити за величиною  $K_a$ . Наприклад:  $K_a$  для  $\text{NH}_4^+ = 5,5 \cdot 10^{-10}$   
 10 Визначити  $K_b$ . Оскільки  $K_a \cdot K_b = K_w$ , то:

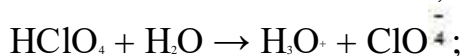
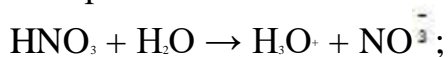
$$K_b = K_w / K_a = 10^{-14} / 5,5 \cdot 10^{-10} = 1,8 \cdot 10^{-5}, \text{ або, як показано вище:}$$

$$pK_b = -\lg K_b \text{ звідки } pK_b = 14 - pK_a$$

Так, якщо  $K_b$  для аміаку (водного розчину) дорівнює  $1,8 \cdot 10^{-5}$ , то

$$pK_b = -\lg K_b = -\lg 1,8 \cdot 10^{-5}; pK_b = 4,75$$

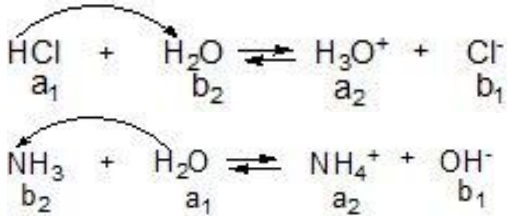
Якщо ввести у водне середовище молекулу (йон) з більшою здатністю до віддачі протона, ніж у  $\text{H}_3\text{O}^+$ , то вона (він) прореагує з молекулами води необоротно:



### Типи протолітичних реакцій: нейтралізації, гідролізу та йонізації.

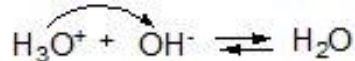
Протолітичними реакціями є: а) дисоціація (йонізація), б) нейтралізація і в) гідроліз.

**Реакції дисоціації** – згідно із протонною теорією під час дисоціації молекулярних кислот і основ молекули розчинника відіграють значну роль, виконуючи функції акцептора або донора протонів. Наприклад:

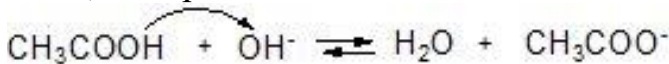


Для реакцій нейтралізації (за теорією Бренстеда-Лоурі) характерні такі випадки:

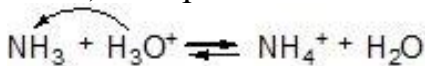
1) нейтралізація сильної кислоти сильною основою:



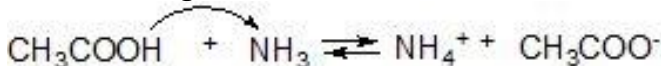
2) нейтралізація слабкої кислоти сильною основою:



3) нейтралізація сильної кислоти слабкою основою:



4) нейтралізація слабкої кислоти слабкою основою:



Різниця між реакціями дисоціації і нейтралізації полягає в тому, що при дисоціації нейтральні молекули розчинника приймають участь у реакції як реагенти, а при нейтралізації – вони є продуктами реакції (виняток випадок 4)

**Гідроліз** – це взаємодія речовин з водою (солі, вуглеводи, білки, естери, жири та ін.)

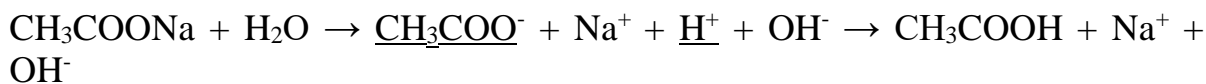
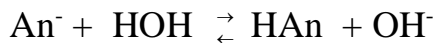
Гідроліз солей – це окремий випадок протолітичних реакцій. Його розглядають залежно від участі катіону чи аніону в цьому процесі.

З процесами гідролізу і розчинення пов'язано підтримання на постійному рівні кислотності крові та інших фізіологічних рідин. Дія медичних препаратів, що належать до солей, теж зумовлена їх кислотно – основними властивостями, здатністю до гідролізу за умов фізіологічного середовища організму. Гідролітичні процеси слід враховувати і при зберіганні медикаментів та їх призначенні у комплексі з іншими лікарськими засобами.

Будь – яку сіль можна уявити як продукт взаємодії кислоти і основи. Наприклад, амоній хлорид  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – слабкою основою  $\text{NH}_4\text{OH}$  і сильною кислотою  $\text{HCl}$ , а натрій нітрат  $\text{NaNO}_3$  – сильною основою  $\text{NaOH}$  і сильною кислотою  $\text{HNO}_3$ .

Для визначення рН середовища середньої солі необхідно враховувати, за яким йоном відбувається гідроліз даної солі. За величинами констант гідролізу можна обчислити рН розчинів солей, якщо відома концентрація солі. Розглянемо кілька прикладів:

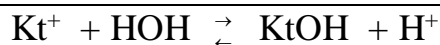
*1. Гідроліз солі, утвореної сильною основою і слабкою кислотою, відбувається за аніоном:*



Середовище лужне,  $\text{pH} > 7$

---

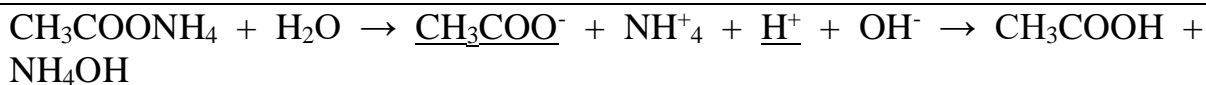
2. Гідроліз солі, утвореної слабкою основою і сильною кислотою, відбувається за катіоном:



Середовище кисле,  $\text{pH} < 7$

---

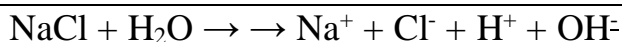
3. Гідроліз солі, утвореної слабкою основою і слабкою кислотою, відбувається і за катіоном, і за аніоном. Гідроліз солей, утворених слабкими багатоосновними кислотами або слабкими багатокислотними основами відбувається ступінчасто. У першому випадку продуктами гідролізу є кислі солі, у другому – основні солі.



Середовище нейтральне,  $\text{pH} = 7$

---

4. Гідроліз солі, утвореної сильною кислотою і сильною основою не відбувається:



Середовище нейтральне,  $\text{pH} = 7$

---

Для кількісного оцінювання оборотного процесу гідролізу солей використовують поняття *ступінь гідролізу h*:

$$h = \frac{h_{\text{гдр}}}{h_{\text{заг}}} \cdot 100\%$$

---

Ступінь гідролізу зростає зі зменшенням концентрації розчину солі, підвищенням температури. Він також залежить від природи солі. Чим слабкішою є кислота (чи основа), що утворюється внаслідок гідролізу, тим більшою мірою гідролізує сіль.

---

### Запитання для самоперевірки:

1. Яке значення має гідроліз солей у медицині?
2. Що таке ступінь гідролізу? Від яких чинників він залежить?
3. Що є продуктом гідролізу солі, утвореної слабкою багатокислотою основою та слабкою кислотою?

4. Яке значення рН матимуть розчини солей, які гідролізують за катіоном? за аніоном?

### **Багатоваріантна самостійна робота**

<b>Варіант</b>	<b>Скласти рівняння реакцій гідролізу слідуєчих солей, вказати реакцію середовища у їх розчинах</b>
1	Цинк сульфід, натрій сульфат, амоній нітрат, ферум (II) хлорид
2	Натрій силікат, калій карбонат, хром (III) хлорид, аргентум (I) нітрат
3	Калій фосфат, магній бромід, купрум (II) сульфат, кальцій ацетат
4	Барій нітрат, магній сульфат, натрій карбонат, ферум (III) хлорид
5	Меркурій (II) хлорид, алюміній нітрат, калій сульфід, натрій фосфат
6	Цинк сульфат, кальцій йодид, купрум (II) хлорид, барій ацетат
7	Амоній фосфат, нікол (II) хлорид, магній бромід, алюміній йодид
8	Калій йодид, алюміній ацетат, натрій силікат, барій сульфід
9	Плюмбум (II) ацетат, купрум (II) бромід, алюміній бромід, калій ацетат
10	Магній йодид, хром (III) хлорид, натрій фосфат, калій сульфід
11	Натрій сульфід, алюміній нітрат, ферум (II) ацетат, цинк хлорид
12	Купрум (II) бромід, калій силікат, кальцій нітрат, хром (III) йодид
13	Алюміній сульфат, нікол (II) нітрат, магній ацетат, калій сульфід
14	Станум (II) нітрат, калій сульфід, барій сульфід, натрій йодид
15	Цинк сульфід, хром (III) сульфат, манган (II) нітрат, натрій сульфат
16	Кальцій бромід, амоній хлорид, калій ацетат, станум (II) сульфат
17	Амоній сульфід, меркурій (II) сульфат, калій силікат, цинк йодид
18	Амоній нітрат, аргентум (I) ацетат, натрій фосфат, ферум (II) сульфат

### **Позааудиторна самостійна робота № 6**

#### **Тема: Буферні системи організму. Кислотно-основний стан крові**

**Кислотно-основний баланс** — частина гомеостазу організму, що полягає у підтриманні сталості водневого показника (рН) у рідинах тіла. В людини він становить: близько 7,4 в артеріальній крові, 7,35 у венозній крові і тканинній рідині, приблизно 7,0 у цитозолі клітин. Точна регуляція кислотно-основного балансу необхідна у зв'язку із тим, що концентрація іонів  $H_+$  впливає на функції більшості білків організму, зокрема ферментів, гемоглобіну, цитохромів тощо. Підвищення рН крові (тобто зміщення реакції в сторону лужної) відносно норми називають алкалозом, зниження (зміщення в сторону більш кислої реакції) — ацидозом.

Невеликі кількості лугів, і, особливо, кислот постійно утворюються в організмі. Наприклад продуктом білкового катаболізму є аміак, який підвищує рН позаклітинної рідини. Розщеплення багатьох фосфоровмісних сполук призводить до утворення ортофосфатної кислоти; продуктом анаеробного окиснення глюкози є молочна кислота; метаболізм жирних кислот призводить до вивільнення у кров кетонових тіл; вуглекислий газ, що переноситься кров'ю, взаємодіє із водою з утворенням карбонатної кислоти. Щоб протистояти суттєвій зміні водневого показника рідин тіла організм має кілька пристосувальних механізмів:

1. хімічні буфери,
2. регуляція частоти і глибини дихання центрами у стовбурі мозку,
3. регуляція кислотно-основної рівноваги нирками.

Буферні системи є першою ланкою захисту організму від порушення кислотно-основного гомеостазу, вони спрацьовують за частки секунди по зміщенню рН від нормального значення. Дихальні центри реагують за 1—3 хвилини, в той час як видільній системі необхідні години і дні для здійснення впливу на водневий показник. Проте цей останній механізм є найбільш потужним.

## 1 Буферні системи організму

### 1.1 Бікарбонатна буферна система

### 1.2 Фосфатна буферна система

### 1.3 Білкова буферна система

#### 1.3.1 Гемоглобінова буферна система

Буферні системи організму[

Хімічні буферні системи — це розчини хімічних сполук, які протидіють зміні водневого показника, завдяки наявності донорів іонів  $H^+$ , що спрацьовують в разі підвищення рН, та їх акцепторів, які приєднують зайві протони в разі зниження рН. У рідинах організму працюють три основні буферні системи:

- бікарбонатна;
- фосфатна;
- білкова.

**Бікарбонатна буферна система**[

#### Бікарбонатна буферна система

Бікарбонатна буферна система досить потужна і найбільш мобільна, серед буферних систем позаклітинних рідин вона є найважливішою. Ця система складається із карбонатної кислоти ( $H_2CO_3$ ) і гідрокарбонат (чи бікарбонат)

іону ( $\text{HCO}_3^-$ ). Коли у кров надходить кислота, наприклад, молочна, бікарбонат приєднує зайві іони  $\text{H}^+$  і перетворюється карбонатну кислоту .

У випадку надходження у кров основи відбувається зворотний процес — дисоціація карбонатної кислоти, що супроводжується вивільненням іонів  $\text{H}^+$ . Концентрація бікарбонату, який є частиною лужного резерву, у крові становить 24—25 мМ, в той час як концентрація карбонатної кислоти всього лише 1 мМ. Незважаючи на низький вміст кислоти, бікарбонатна буферна система може ефективно протистояти зсуву рН у сторону лужної реакції, завдяки постійному контакту із повітрям легень. Повітря містить вуглекислий газ, який може розчинятись у плазмі і перетворюватись у карбонатну кислоту, через це її запас є фактично безмежним. Однією із причин ефективності бікарбонатної буферної системи є те, що її може регулювати зміна частоти і глибини дихання. Чим краще відбувається вентиляція легень, тим більше карбонатної кислоти розкладається до вуглекислого газу, якого видихає через легені організм. Таким чином людина може спровокувати у себе легкий ацидоз затримкою дихання або легкий алкалоз гіпервентиляцією легень.

### **Фосфатна буферна система**

Фосфатна буферна система працює схоже до карбонатної: донором протонів у ній виступає дигідрогенфосфат, акцептором — моногідрогенфосфат. Перший запобігає підвищенню рН, а другий — його зниженню:

У тканинній рідині, крові та лімфі концентрація фосфатів порівняно невисока (приблизно шоста частина від концентрації карбонатів), через це фосфатна буферна система має відносно невелику роль у підтриманні кислотно-основної рівноваги цих рідин. Зокрема, вона становить близько 5% буферної ємності крові. Проте у цитоплазмі клітин і сечі, де вміст фосфатів значно вищий, ця буферна система працює дуже ефективно.

### **Білкова буферна система**

Білки плазми крові і внутрішньоклітинні білки становлять найбільшу та найпотужнішу буферну систему організму. Приблизно три четверті всієї буферної ємності рідин організму зосереджені всередині клітин, і забезпечують її переважно внутрішньоклітинні білки, вони також відповідають приблизно за 7% буферної ємності крові.

Білки є амфотерними сполуками, тобто в залежності від реакції середовища вони можуть поводитись як основи або як кислоти, завдяки наявності у бічних ланцюгах амінокислот карбоксильних і аміногруп:

Таким чином білкові молекули можуть ефективно виконувати роль буферних агентів.

### **Гемоглобінова буферна система**

Одним із прикладів білків, що виконують роль буферних агентів у плазмі крові є гемоглобін. Буферні властивості гемоглобіну обумовлені співвідношеннями відновленого гемоглобіну і його калієвої солі. У слабколужному розчині, яким є кров, гемоглобін і оксигемоглобін мають властивості кислот. Ця система

може функціонувати самостійно, але в організмі вона тісно зв'язана з бікарбонатною БС. Коли кров перебуває у тканинних [капілярах](#), звідки надходять кислі продукти, гемоглобін виконує функції основи. У легенях [гемоглобін](#), навпаки, поводить себе як кислота, що запобігає збільшенню рН крові після виведення карбонатної кислоти у формі вуглекислого газу. Оксигемоглобін — сильніша кислота, ніж дезоксигемоглобін. Гемоглобін, що звільняється у тканинах від кисню, набуває здатності до зв'язування протонів, унаслідок чого венозна кров може накопичувати вуглекислий газ без істотного зсуву рН.

### **Кислотно-основний стан (КОС) крові**

Кислотно-основний стан (КОС) крові – це баланс між кислотами та основами, що підтримується в вузькому діапазоні рН 7,35–7,45; порушення, відомі як ацидоз (знижений рН) або [алкалоз](#) (підвищений рН), вказують на проблеми з легенями, нирками чи метаболізмом, і регулюються буферними системами, диханням та нирками.

Нормальний стан

- **Нормальний діапазон рН:** 7,35–7,45.
- Артеріальна кров: ~7,4.
- Венозна кров: ~7,35.

Порушення

**Ацидоз:** рН < 7,35 (кров стає кислою).

Причини: діабет, ниркова/дихальна недостатність, накопичення молочної кислоти, кетонівих тіл.

**Алкалоз:** рН > 7,45 (кров стає лужною).

Причини: порушення дихання (гіпервентиляція), блювота, гормональні збої.

Системи регуляції

**Буферні системи:**

Бікарбонатна, фосфатна, білкова (миттєва реакція).

**Легені:** Регулюють виведення CO<sub>2</sub>(вуглекислої кислоти) зміною частоти дихання (від хвилин до годин).

**Нирки:** Виділяють/затримують кислоти та основи, відновлюють бікарбонат (найповільніший механізм: години-дні).

Діагностика: Вимірюється рівень рН, рСО<sub>2</sub>(парціальний тиск вуглекислого газу), НСО<sub>3</sub>(бікарбонати).

Це робиться для визначення причини (респіраторна чи метаболічна) дисбалансу.

## *Пошаудиторна самостійна робота № 7*

### **Тема: Термохімічні розрахунки для визначення енергетичної цінності харчування.**

#### **План**

1. Живі організми – відкриті термодинамічні системи.
2. Ознайомлення з алгоритмом проведення розрахунків енергетичної цінності харчування.
3. Складання термохімічних розрахунків для визначення енергетичної цінності власного харчового раціону та відповідності його критеріям раціонального харчування

**Час виконання:** 3 години

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою розрахунків енергетичної цінності харчування.

Живий організм є відкритою системою, що безперервно обмінюється з навколишнім середовищем як речовинами, так і енергією. Організм отримує з навколишнього середовища поживні речовини та кисень, а натомість виділяє вуглекислий газ і продукти обміну.

Функціонування органів і систем організму потребує енергетичних затрат. Основним джерелом енергії в організмі є окиснення і розкладання поживних речовин. Окисне перетворення охоплює всі види поживних речовин – вуглеводи, білки, жири; при цьому одночасно з виділенням енергії утворюється значна кількість проміжних сполук, що беруть участь у різних реакціях біосинтезу.

Кількісна та якісна потреби людини в їжі залежать від віку, статі, маси тіла, фізіологічного стану, енерговитрат, пов'язаних з трудовою діяльністю, а також від побутових процесів, які зумовлюють сумарні добові енерговитрати.

Оптимальне співвідношення маси білків, жирів і вуглеводів для звичайних умов становить 1:1:4, а при підвищеному фізичному та психологічному навантаженні - 1:1:5-6.

*Таблиця 1*

#### **Фізіологічні норми добової потреби студентів у споживаних речовинах та калорійності раціону**

Вік	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Калорійність, ккал
14-17 (хлопці)	106	106	422	3150
14 – 17 (дівчата)	93	93	367	2750

## *Хід роботи*

1. Розглянути фізіологічні норми добової потреби студентів відповідно до віку та статі.
2. Заповнити таблицю «Індивідуальний харчовий раціон» (колонки 2 та 3), зазначити всі продукти, та їх кількість (у г) у тій послідовності, у якій ви споживали їх протягом попередньої доби.
3. Користуючись таблицею 3, підрахувати кількість білків, жирів, вуглеводів та калорійність вживаних вами продуктів за попередню добу. Дані занести у таблицю ( колонки 4 – 7).
4. Підрахувати загальну кількість білків, жирів, вуглеводів та калорійність їжі окремо за сніданок, обід, полуденок та вечерю. Отримані результати занести у відповідні рядки таблиці 2.
5. Обчислити сумарну кількість отриманих за добу білків, жирів, вуглеводів та калорій. Отримані дані занести у таблицю 2.
6. Визначити, чи відповідає споживання вами їжі вимогам добового розподілу стосовно критерію раціонального харчування (сніданок 25%, обід – 35%, полуденок – 20%, вечеря – 20% від добового раціону). Для цього сумарну кількість калорій прийняти за 100, а відсоток добового раціону за сніданок становитиме кількість усіх калорій, прийнятих вами за сніданок , та відповідатиме певному відсотку, який ви визначите, склавши пропорцію:

*Сумарна кількість калорій* *– 100%*

*Загальна кількість калорій, отриманих за сніданок –  $X_{\text{снід}}$ , %.*

Аналогічно вирахувати відсоток добового раціону за обід –  $X_{\text{обід}}$ , полуденок –

$X_{\text{пол.}}$ , вечерю –  $X_{\text{веч}}$  %. Порівняти, чи відповідають отримані результати даним вимогам.

*Таблиця 2*

### *Індивідуальний добовий харчовий раціон*

Режим харчування	Назви продуктів	Маса продуктів	Склад у продуктах			Калорійність, ккал	Відсоток добового раціону за нормами	Відсоток вашого добового раціону
			білків	жирів	вуглеводів			
Сніданок						25		
Загальна кількість								

Обід							35	
Загальна кількість								
полуденок							20	
Загальна кількість								
вечеря							20	
Загальна кількість								
Сумарна кількість							100	

Кількість білків, жирів, вуглеводів та енергетична цінність харчових продуктів наведені в таблиці 3 .

Таблиця 3

**Дані про хімічний склад та енергетичну цінність харчових продуктів**

N з/п	Продукти	Вміст у 100 г засвоюваної частини продукту (нетто)			
		Білки	Жири	Вуглеводи	Енергетична цінність, ккал
1	2	3	4	5	6
<b>I. Хліб та мукомольно-круп'яна продукція</b>					
1.	Хліб житній з обдирного борошна	6,6	1,2	34,2	181
2.	Хліб пшеничний з обдирного борошна	8,2	1,4	38,1	195
3.	Хліб пшеничний з борошна 1-го гатунку	7,6	0,9	46,7	231
4.	Хліб пшеничний з борошна 2-го гатунку	8,1	1,3	42,8	221
5.	Хліб із суміші борошна житнього обдирного і 1-го гатунку - пшеничного	7,3	1,3	35,5	189
6.	Батони прості з борошна пшеничного 1-го гатунку	8,0	0,9	48,9	235
7.	Сухарі армійські пшеничні (з обдирного борошна)	13,2	2,3	58,2	316
8.	Борошно пшеничне 2-го гатунку	11,7	1,8	63,7	324
9.	Крупа гречана ("ядриця")	12,6	3,3	62,1	335

10.	Крупа гречана ("проділ")	9,5	2,3	65,9	330
11.	Рис	7,0	1,0	71,4	330
12.	Крупа пшоняна шліфована	11,5	3,3	66,5	348
13.	Крупа вівсяна	11,0	6,1	49,7	303
14.	Крупа перлова	9,3	1,1	66,5	320
15.	Крупа ячна	10,0	1,3	66,3	324
16.	Крупа пшенична "Полтавська"	11,5	1,3	63,1	316
17.	Крупа пшенична "Артек"	11,0	1,2	68,3	335
18.	Крупа манна	10,3	1,0	67,7	328
19.	Горох лущений	23,0	1,6	50,8	314
20.	Квасоля продовольча	21,0	2,0	46,6	292
21.	Макаронні вироби 1-го гатунку	10,7	1,3	68,4	335
<b>II. М'ясо та м'ясні продукти</b>					
1.	М'ясо, яловичина I категорії	18,6	16	-	218
2.	М'ясо, яловичина II категорії	20,0	9,8	-	168
3.	М'ясо, свинина (жирна)	11,7	49,3	-	491
4.	М'ясо, свинина (м'ясна)	14,3	33,3	-	357
5.	Конятина I категорії	19,5	9,9	-	167
6.	Конятина II категорії	20,9	4,1	-	121
7.	Баранина I категорії	15,6	16,3	-	209
8.	Баранина II категорії	19,8	9,6	-	166
9.	Печінка яловича	17,9	3,7	-	105
10.	Печінка свиняча	18,8	3,8	-	109
11.	Нирки яловичі	15,2	2,8	-	86
12.	Нирки свинячі	15,0	3,6	-	92
13.	Консерви тушкованого м'яса:				
	- яловичі	16,8	17,0	-	220
	- з баранини	17,3	17,0	-	222
	- зі свинини	14,9	32,2	-	349
<b>III. Риба та рибні продукти</b>					
1.	Тріска охолоджена або морожена	16,0	0,6	-	69

2.	Тріска солона	23,1	0,6	-	98
3.	Окунь морський охолоджений або морожений	18,2	3,3	-	103
4.	Минтай охолоджений або морожений	15,9	0,9	-	72
5.	Скумбрія атлантична охолоджена або морожена	18	13,2	-	191
6.	Ставрида океанічна охолоджена або морожена	18,5	4,5	-	114
7.	Хек охолоджений або морожений	16,6	2,2	-	86
8.	Судак охолоджений або морожений	18,4	1,1	-	84
9.	Мойва охолоджена або морожена, виловлена повесні	13,1	7,1	-	116
10.	Мойва охолоджена або морожена, виловлена восени	13,6	18,1	-	217
11.	Салака весняна або морожена	17,5	3	-	97
12.	Салака осіння або морожена	17,0	8,3	-	143
13.	Оселедець івасі спецпосолу	17,5	11,4	-	173
14.	Оселедець атлантичний середнього соління	17,0	8,5	-	145
15.	Консерви рибні натуральні:				
	- скумбрія атлантична	16,4	21,4	-	258
16.	Консерви рибні в олії:				
	- ставрида атлантична обсмажена	15,6	27,4	-	309
	- скумбрія атлантична	13,1	25,1	-	278
	- сардини атлантичні	17,9	19,7	-	249
17.	Консерви рибні в томатному соусі:				
	- ставрида атлантична	14,8	2,3	7,3	110
<b>IV. Жири</b>					
1.	Жир баранячий топлений	0	99,7	0	897
2.	Жир яловичий топлений	0	99,7	0	897
3.	Жир свинячий топлений	0	99,7	0	897
4.	Жир харчовий кулінарний	0	99,7	0	897
5.	Олія рослинна (соняшникова)	0	99,9	0	899

6.	Масло вершкове несолоне	0,5	82,5	0,8	748
7.	Сало-шпик	1,4	92,8	-	841
<b>V. Молоко і молочні продукти</b>					
1.	Молоко (2,5 %)	2,82	2,5	4,73	52
2.	Кефір, кисле молоко	2,8	3,2	4,1	56
3.	Сметана 20 %	2,8	20,0	3,2	206
4.	Сир напівжирний	16,7	9,0	2,0	159
5.	Сир нежирний	18,0	0,6	1,8	88
6.	Консерви молочні:				
	- молоко незбиране згущене з цукром	7,2	8,5	56,6	320
7.	Молоко коров'яче незбиране сухе	26	25	37,5	476
8.	Тверді сири:				
	- костромський	25,2	26,3	-	345
	- пошехонський	26,0	26,5	-	350
	- російський	23	29	-	360
	- естонський	26	26,4	-	350
<b>VI. Яйця курячі</b>					
1.	Яйця курячі I категорії	12,7	11,5	0,7	157
<b>VII. Цукор</b>					
1.	Цукор-пісок	0	0	99,8	379
2.	Цукор-рафінад	0	0	99,9	379
<b>VIII. Плодоовочеві продукти</b>					
1.	Картопля свіжа	2,0	0,4	16,3	80
2.	Картопля сушена	6,6	0,3	74	331
3.	Капуста свіжа	1,8	0,1	4,7	27
4.	Капуста квашена	1,8	-	2,2	19
5.	Буряк свіжий	1,5	0,1	9,1	42
6.	Буряк консервований	1,3	0	6,0	32
7.	Цибуля-ріпка свіжа	1,4	-	9,1	41
8.	Цибуля-ріпка сушена	8,4	2,8	42,6	208
9.	Морква свіжа	1,3	0,1	7,2	34

10.	Морква консервована	1,0	0,1	6,2	29
11.	Морква сушена	7,9	0,6	49,2	226
12.	Огірки свіжі (тепличні), з ґрунту	0,7	0,1	1,9	11
13.	Огірки, соління	0,8	0,1	1,6	13
14.	Томати свіжі	1,1	0,2	3,8	23
15.	Томати солоні, консервовані	1,1	0,1	1,6	16
16.	Кабачки свіжі	0,6	0,3	4,9	23
17.	Редис	1,2	0,1	3,8	21
18.	Часник	6,5	-	5,2	46
19.	Томат-паста	4,8	-	19	99
20.	Томат-пюре	3,6	-	11,8	65
21.	Фрукти, ягоди сушені				
	Яблука	2,2	-	48	199
	Груші	2,3	-	49	201
	Сливи	2,3	-	58,4	242
	суміш із сухофруктів	3,0	-	56,2	232
22.	Концентрати киселю на плодових та ягідних екстрактах	0,3	-	85,9	353
23.	Соки				
	Яблучний	0,5	-	9,1	38
	Виноградний	0,3	-	13,8	54
	Томатний	1,0	-	3,5	19
	Сливовий	0,3	-	16,1	66
24.	Повидло яблучне	0,4	-	65,3	250
<b>ІХ. Смакові та інші продукти</b>					
1.	Чай байховий 2-го сорту	20	5,1	4	109
2.	Крохмаль картопляний	0,1	-	79,6	327
3.	Крохмаль кукурудзяний	1,0	0,6	85,2	359
4.	Сіль харчова	0	0	0	0
5.	Гірчичний порошок	37,1	11,1	5,9	271
<b>Х. Консервовані і концентровані обідні страви та м'ясо-рослинні консерви</b>					

1.	Консерви м'ясо-рослинні				
	каша з м'ясом	9,6	7,7	18,9	190
	горох з м'ясом	11,5	7,6	15,2	182
	каша пшенична з м'ясом	16,0	12,7	55,9	410
	каша перлова з м'ясом	14,0	12,9	57,4	409
	м'ясо з крупою і овочами	9,0	7,2	17,2	176
2.	Харчові концентрати спеціального призначення з 2 % жиру:				
	Борщ	6,6	1,9	48,0	243
	суп гороховий з овочами	11,3	3,2	49,8	282
	суп картопляний	5,1	1,9	64,1	302
	суп перловий з овочами	5,4	2,6	61,3	299
	горох відварений	14,9	3,8	48,7	299
	каша гречана	8,5	4,0	61,4	325
	каша перлова	6,0	2,9	65,9	323

### **Методичні рекомендації**

1. При вивченні першого питання, скласти опорний конспект опрацьованого матеріалу.

2. При розгляді другого питання ознайомитися із алгоритмом аналізу харчового раціону за добу та аналізом його відповідності критеріям раціонального харчування

2. Розглядаючи третє питання, заповнити таблицю 2 і провести необхідні розрахунки. При цьому скористатися таблицею 3. Зробити висновок відповідності нормам співвідношення органічних речовин та калорійності вашого добового раціону.

### **Завдання для самоконтролю:**

1. Яким є оптимальне співвідношення білків, жирів та вуглеводів у харчуванні?

3. Скласти денне меню для студентки вашого віку з урахуванням оптимального співвідношення білків, жирів та вуглеводів і обчислити його енергетичну цінність.

### **Тести для самоконтролю**

#### **І рівень**

1. Вказати добову потребу для хлопця віком 16 років у білках:

а) 88 г;                      б) 422 г;                      в) 93 г;                      г) 106 г.

2. Вказати добову потребу для дівчини віком 17 років у жирах:

а) 88 г;                      б) 422 г;                      в) 93 г;                      г) 106 г.

3. Вказати раціональне співвідношення необхідної кількості білків, жирів та вуглеводів для студента вашого віку:

- а) 1 : 1 : 4 ;      б) 1 : 1,5 : 4 ;      в ) 1 : 2 : 5 ;      г) 2 : 3 : 4 .

### ***II рівень***

4. Вказати відсоток добового раціону, який припадає на обід згідно критеріїв раціонального харчування:

- а) 30% ;      б) 25% ;      в ) 35% ;      г) 50%.

5. При споживанні 200 г відвареної картоплі в організм надходить така маса білків:

- а) 2 г;      б) 4 г;      в ) 16 г;      г) 80 г.

### ***III рівень***

6. Вказати продукт харчування, при споживанні 100 г якого в організм надійде найбільша маса білків:

- а) житній хліб;      б) сир нежирний;  
в ) оселедець івасі;      г) яловичина II категорії.

7. Вказати продукт харчування, при споживанні 100 г якого в організм надійде найбільша маса вуглеводів:

- а) повидло яблучне;      б) сік яблучний;  
в ) крупа вівсяна;      г) житній хліб.

### ***Позааудиторна самостійна робота № 8***

**Тема: Ферменти як біологічні каталізатори. Механізм дії ферментів**

План

1. Ферменти, їх будова .
2. Механізм дії ферментів.
3. Застосування ферментних препаратів у медицині.

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** ознайомитися з механізмом дії ферментів та застосуванням ферментних препаратів у медицині.

Усі хімічні процеси в умовах фізіологічного середовища організму можуть відбуватися тільки за участю каталізаторів, які називають ферментами ( від лат. fermentum - закваска ), або ензимами.

**Ферменти** - це речовини білкової природи, які виробляються клітинами тих організмів і значно збільшують швидкість біохімічних процесів.

Нині відомо кілька тисяч таких речовин, дуже багато з яких виділено у чи-ому вигляді. Вважають, що в клітині міститься близько 10 тис. молекул різних ферментів, які прискорюють понад 2 тис. реакцій. Четверта частина всіх вивчених ферментів містять йони різних металів, тому їх називають металоферментами.

Дію ферментів довго вважали загадковою, а тому віталісти<sup>2</sup> пояснювали її виявом особливої життєвої сили, яка відрізняє живу і неживу речовини. Нині доведено, що ферменти - це біокаталізатори, дія яких не відрізняється від штучно добутих колоїдних систем. І ферменти, і неорганічні каталізатори підпорядковуються загальним законам каталізу.

**Будова ферментів.** Ферменти складаються з великого числа амінокислот, сполучених між собою пептидними зв'язками (первинна структура). Молекули містять гідрофобний ланцюг (вуглеводневий радикал) і полярні групи: -COOH, -NH<sub>2</sub>, =NH, -OH, -SH. Між окремими ділянками поліпептидного ланцюга за участю цих полярних груп утворюються водневі зв'язки і тому макромолекули ферментів по-різному згинаються, утворюючи нещільні клубки. Виникає чітко визначена й індивідуальна для кожного взятого ферменту вторинна структура. На певній ділянці такої структури утворюється активний каталітичний центр, тобто частина ферменту, яка бере участь у безпосередній взаємодії з субстратом. Активний центр складається лише з кількох залишків амінокислот, а в металоферментах - ще з йонів металу, які надають макромолекулі ферменту чіткої геометричної конфігурації. Тому ферменти характеризуються високою специфічністю, вибірково прискорюючи тільки певні типи біохімічних реакцій. Наприклад, фермент декарбоксилаза відщеплює від амінокислоти карбоксильну групу і не діє на аміногрупу цієї кислоти. Для відщеплення від амінокислоти аміногрупи існує фермент трансаміназа.

Ферменти характеризуються і високою специфічністю відносно певних хімічних сполук, з якими цей фермент взаємодіє. Зокрема, є ферменти, які діють тільки на один з ізомерів хімічної сполуки.

Другою характерною особливістю ферментів, порівняно зі звичайними каталізаторами, є їх висока каталітична активність у досить м'яких умовах (температура, тиск і кислотність середовища). Збільшення швидкості біохімічних перетворень, що досягається під дією ферментів, дуже велике. Так, реакція гідролізу сечовини за наявності ферменту уреазі прискорюється в 1 млрд разів, а процес гідратації вуглекислого газу під дією карбоангідрази - у 10 млн разів. Такої швидкості реакцій за участю звичайних неорганічних каталізаторів досягти неможливо.

Крім того, швидкість ферментативних реакцій прямо пропорційна концентрації ферменту, тоді як для звичайного каталізу такої чіткої залежності немає. Тому якщо в організмі не вистачає якогось ферменту, це призводить до зменшення швидкості метаболізму тієї чи іншої речовини, що негативно впливає на стан здоров'я людини.

Назву ферментів за тривіальною номенклатурою утворюють так. Спочатку називають субстрат, на який діє фермент, потім тип реакції, яку він каталізує, і додають закінчення -аза. Наприклад, назва ферменту, що каталізує процес окиснення спиртів, утворюється так:

**Алкоголь + дегідрогенізація + аза = Алкогольдегідрогеназа.**

Для деяких давно відомих ферментів залишилися раніше вживані традиційні назви, наприклад: пепсин (відкритий у шлунковому соку в 1836 р.), трипсин, каталаза, амілаза та ін.

Назви ферментів за систематичною номенклатурою дещо складніші і розглядаються в курсі біохімії.

Для речовин, що беруть участь у ферментативних реакціях, прийнято такі терміни та їх позначення:

S, субстрат - хімічна речовина або тип речовин, на яку діє фермент;

E, фермент (ензим) - каталітично активна речовина, що прискорює реакцію;

P - продукт реакції;

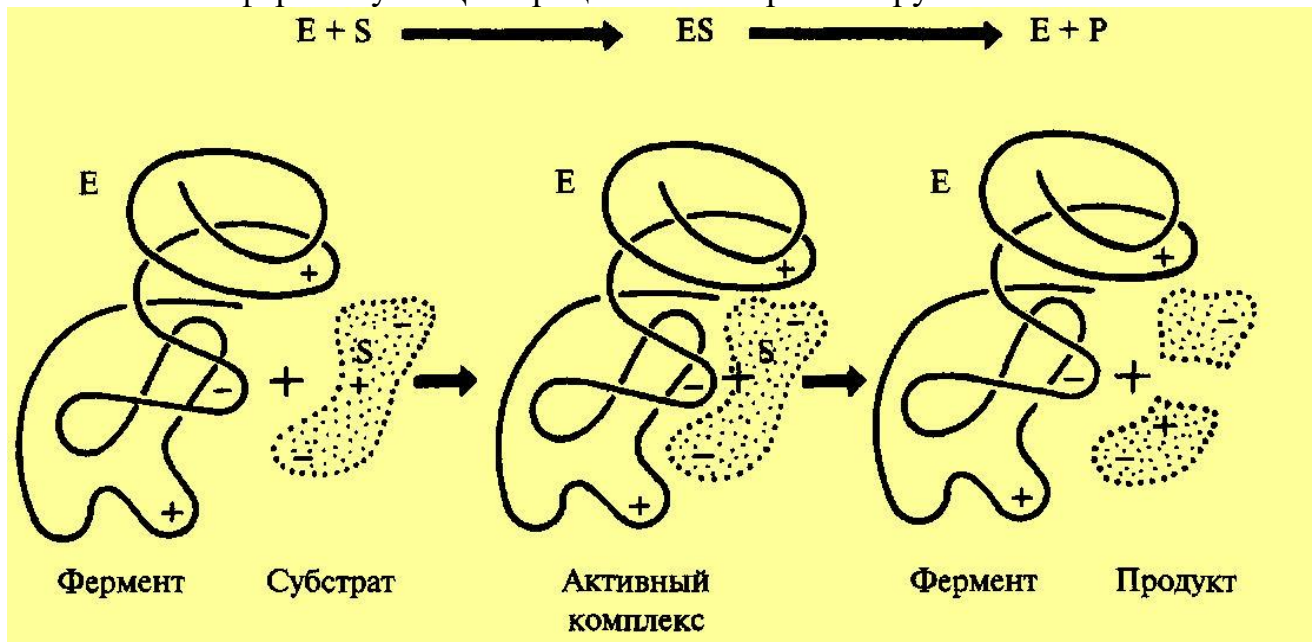
I - інгібітор каталітичної реакції.

Механізм дії ферментів. Як зазначалося вище, ферментативні реакції відбуваються зі швидкостями у 10<sup>8</sup>—10<sup>20</sup> разів більшими, ніж без каталізатора. Таке істотне зростання швидкості пов'язане зі зміною енергії активації біохімічних реакцій. Істотне зменшення енергії активації каталітичних реакцій пов'язане із зміною механізму їх перебігу, який включає утворення однієї або кількох проміжних сполук. На уявленнях про утворення проміжних комплексів ґрунтується сучасна теорія ферментативного каталізу. За теорією Михаеліса – Ментен процес ферментативного каталізу складається з кількох стадій:

а) утворення активних центрів ферменту E з субстратом S, що призводить до утворення фермент – субстратного комплексу ES;

б) розпад проміжного комплексу на вихідний субстрат S і фермент E;

в) розпад проміжного комплексу з утворенням кінцевих продуктів реакції P і вивільненням ферменту E. Цей процес можна проілюструвати так:



За теорією Фішера, утворення проміжного комплексу може настати тільки в тому разі, якщо просторова будова молекули субстрату точно відповідає структурі активного центру ферменту. Якщо субстрат підходить до активного центру ферменту як «ключ до замка», то реакція відбудеться, але якщо субстрат («ключ») дещо інший і не відповідає активному центру («замку»), то реакція не відбудеться. Таким чином, теорія Фішера просто і наочно пояснює специфічність дії ферментів.

Проте подальші дослідження Кошланда показали, що молекула ферменту не є жорсткою, а досить гнучка і еластична. Субстрат часто сам спонукає фермент до утворення відповідного активного центру, тобто конформації ферменту та його активного центру змінюються в процесі приєднання субстрату. Це дає можливість пояснити групову субстратну специфічність ферментів, тобто явище, коли дещо різні за будовою «ключі» (субстрати) підходять до одного «замка» (активного центру ферменту).

Кожен фермент характеризується певною молекулярною активністю. Під молекулярною активністю ферменту розуміють кількість молекул субстрату, що перетворюються впродовж 1 хв на одному активному центрі ферменту за стандартних умов.

Молекулярна активність більшості вивчених ферментів перебуває у межах  $1 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^6 \text{ хв}^{-1}$ . Активність ферментів визначають у медичній практиці для діагностики захворювань (*ензимодіагностика*) і контролю за процесом лікування, оскільки зміна активності ферментів є виявом функціональних змін в організмі. Нині розроблено методики кількісного визначення багатьох поширених ферментів, встановлено рівні їх активності і межі коливань у нормі та при різних патологіях.

Так, за зміною активності ферменту аспартатамінотрансферази у крові можна діагностувати інфаркт міокарда в перші години захворювання з більшою точністю, ніж за допомогою ЕКГ. Збільшення активності ферменту аланін амінотрансферази є надійним діагностичним критерієм гострої стадії гепатиту, а підвищення активності діастази в сечі – ознакою запалення підшлункової залози.

На каталітичну активність впливають температура і рН середовища. Каталітична активність більшості ферментів виявляється у вузькому інтервалі температур - від 10 до 56 °С. За вищих температур руйнується білкова основа ферменту, тобто відбувається процес коагуляції білків, а за нижчих - перебіг і ферментативних процесів сповільнюється, що пов'язано зі зростанням в'язкості внутрішньо- та міжклітинних рідин.

На каталітичну активність ферментів істотно впливає значення рН середовища. При цьому, швидкість ферментативних реакцій при збільшенні рН різко зростає і, досягнувши певного максимуму, знову різко знижується. Концентрація йонів Гідрогену  $\text{H}^+$ , за якої швидкість ферментативної реакції і досягає максимального значення, є оптимальною для функціонування цього і ферменту. Для більшості ферментів оптимальне значення рН перебуває в межах 4-10.

Слід зазначити, що каталітична дія деяких ферментів не підпорядковується наведеним вище закономірностям. Зокрема, рибонуклеаза виявляє активність за температури як понад 60 °С (практично до 100 °С), так і нижче 0 °С. Фермент пепсин є найактивнішим у кислотному середовищі при рН = 1,0—2,2

### ***Застосування ферментних препаратів у медицині***

Біокаталіз відіграє важливу роль в усіх проявах життя. Тому для поліпшення обміну речовин, нормалізації процесів травлення, посилення імунітету, лікування серцево-судинних захворювань, опіків і ран використовують ферментні препарати. Це препарати ензимів і коензимів, різні активатори та інгібітори ферментних систем, які виділяють з тканин тварин, рослинної сировини та деяких мікроорганізмів.

На сьогодні число ензимних препаратів на фармацевтичному ринку досить значне. Залежно від механізму дії їх поділяють на протеолітичні й фібринолітичні препарати та препарати, що поліпшують процеси травлення, тканинне дихання, відновлюють окисні процеси в організмі. Наприклад, при порушенні функцій травлення, пов'язаних з недостатнім виробленням

ферментів, застосовують пепсин, панкреатин, панзинорм, фестал, ензістал, мезим та ін. Для руйнування білкових утворень, що накопичуються в місцях опіків або при гнійних інфекціях, використовують протеолітичні ферментні препарати, які розщеплюють пептиди й білки, зокрема, трипсин, хімотрипсин, хімоксин, лідазу. Плазмін застосовують для лікування інфаркту міокарда, тромбозів судин головного мозку. Такі ферменти, як рибонуклеаза і дезоксирибонуклеаза, виявляють протизапальну дію, затримують розвиток вірусів і аденовірусів, тому їх використовують для лікування деяких вірусних інфекцій.

Для одночасного розщеплення білків, вуглеводів та ліпідів застосовують багатокомпонентні ензимні препарати (комбіцин, лізим, фестал, дигестал та ін.), до складу яких входить по кілька ферментів. За останні роки номенклатура лікарських засобів на основі ензимів істотно поповнилася новими препаратами.

Розділ медицини, що займається застосуванням ферментів як лікарських препаратів, називають ензимотерапією, а новий метод лікування, що ґрунтується на застосуванні в медичній практиці суміші ензимів тваринного і рослинного походження та інших біологічно активних речовин, - системною ензимотерапією. Основними препаратами системної ензимотерапії є вобензим, флогензим та ін. Наприклад, вобензим складається із семи різних ферментів (трипсин, панкреатин, хімотрипсин, амілаза, ліпаза, бромелаїн, папаїн) та вітаміну групи Р - рутину. Отже, це спеціально підібраний комплекс ензимів з протинабряковою, імуномодулювальною та фібринолітичною дією, який одночасно виявляє і протизапальний вплив на організм, поліпшує реологічні властивості крові.

Нині виробництво ферментних препаратів - це важлива і необхідна галузь харчової промисловості, зокрема виробництво таких продуктів, як кефір, різні види сиру, пивних дріжджів, йогуртів тощо.

### **Методичні рекомендації**

1. При вивченні першого питання скласти опорний конспект.
2. При розгляді другого питання звернути увагу на сучасні теорії ферментативного каталізу.
2. Вивчаючи третє питання, заповнити таблицю:

Ензимний препарат	Покази для застосування

### **Завдання для самоконтролю:**

1. Вказати спільні та відмінні риси у сучасних теоріях ферментативного каталізу.
2. Що таке системна ензимотерапія? Які препарати використовуються з цією метою?

### **Тести для самоконтролю:**

#### **Рівень I**

1. Ферменти, до складу яких входять йони металів називаються :  
а) заквасками; б) металоферментами; в) каталізаторами; г) інгібіторами.
2. Вкажіть назву лікарського засобу, що належить до групи ферментних препаратів:

а) седалгін; б) нітрогліцерин; в) фенобарбітал; г) фестал; д) ферум – лек.

3. У якому інтервалі температур виявляється каталітична активність ферментів:

а)  $-10^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$ ; б)  $0^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ ; в)  $10^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ ; г)  $10^{\circ}\text{C} - 36^{\circ}\text{C}$ ; д)  $10^{\circ}\text{C} - 56^{\circ}\text{C}$ .

### ***Рівень II***

4. Визначення активності ферментів для діагностики захворювань називається:

а) ензимотерапією; б) системною ензимотерапією; в) ензимодіагностикою; г) каталітичною активністю.

5. Проміжною стадією ферментативних реакцій є:

а) утворення активного центру ферменту;  
б) утворення фермент – субстратного комплексу;  
в) розпад проміжного комплексу на вихідний субстрат і фермент;  
г) розпад проміжного комплексу з утворенням продуктів реакції і вивільненням ферменту.

6. Вказати вірне твердження:

а) швидкість ферментативних реакцій прямо пропорційна добутку концентрації ферменту та субстрату;  
б) швидкість ферментних реакцій прямо пропорційна концентрації ферменту;  
в) швидкість ферментних реакцій обернено пропорційна концентрації ферменту;  
г) швидкість ферментних реакцій не залежить від концентрації ферменту.

### ***Рівень III***

7. Частина ферменту, яка бере участь у безпосередній взаємодії з субстратом має назву:

а) фермент – субстратний комплекс;  
б) активний проміжний комплекс;  
в) активний каталітичний центр;  
г) активний центр ферменту.

8. Вказати послідовність стадій, за якими відбувається процес ферментативного каталізу за теорією Михаеліса – Ментен:

а) розпад проміжного комплексу на вихідний субстрат і фермент;  
б) розпад проміжного комплексу з утворенням кінцевих продуктів реакції та вивільненням ферменту;  
в) взаємодія активних центрів ферменту із субстратом та утворення фермент – субстратного комплексу.

## **Позааудиторна самостійна на робота № 12**

**Тема: Фізико – хімічні основи адсорбційної терапії: гемосорбція, плазмасорбція, лімфосорбція, ентеросорбція, аплікаційна терапія.**

### **План**

1. Поняття про еферентну медицину та її методи.

2. Класифікація методів сорбційної детоксикації організму, їх суть.

**Час виконання: 3 години**

**Мета роботи:** ознайомитися із фізико – хімічними основами адсорбційної терапії та значенням адсорбційних процесів для медицини

Розвиток цивілізації, насамперед зростання промислового виробництва, хімізація сільського господарства й побуту, інтенсивне використання горючих копалин призвели до появи в довкіллі величезної кількості токсичних для здоров'я людини речовин, таких, що не траплялися в попередні етапи еволюції. До внутрішнього середовища людини нині потрапляють десятки тисяч чужорідних сполук. Ось чому в останні десятиліття в медицині з'явився новий напрямок, що інтенсивно розвивається, а саме **еферентна медицина** (від лат. *еференс* — виводити). На відміну від традиційних методів лікування, заснованих на введенні ліків до організму, еферентна медицина дає змогу за допомогою сорбентів виводити з нього шкідливі й токсичні речовини, отже, захищати внутрішнє середовище організму. Варто зазначити, що за допомогою методів еферентної медицини відбувається очищення не лише від токсичних речовин, що потрапляють із зовнішнього середовища, тобто токсинів *екзогенного* походження, а й токсинів *ендогенного* походження — токсичних речовин, що утворюються і накопичуються в організмі, наприклад при опіках, променевої хвороби, ниркової та печінкової недостатності тощо.

Сучасна фармацевтична промисловість випускає адсорбенти в різних лікарських формах: гранулах, порошках, таблетках, пастах, гелях.

Залежно від основи їх поділяють на такі групи:

- на основі активованого вугілля — карболен, карболонг, ультрасорб, вугілля активоване;
- на основі полівінілпіролідону — ентеродез, ентеросорб;
- на основі силіційорганічних речовин — ентеросгель, полісорб;
- на основі сполук Алюмінію та Магнію — алмагель, гастал, фосфалюгель;
- на основі медичної глини — смекта, неосмектин;
- похідні альгінової кислоти — альгісорб;
- аніонообмінні смоли — колестирамін та колестипол.

Залежно від конкретних цілей сорбційна детоксикація організму здійснюється гемосорбцією, плазмосорбцією, лімфосорбцією, імуносорбцією, ентеросорбцією.

**Ентеросорбція** — метод, що ґрунтується на зв'язуванні й виведенні з організму через травний канал токсинів, мікроорганізмів з лікувальною або профілактичною метою.

Історія методу налічує багато тисяч років. У Єгипті понад 3 тис. років тому використовували деревне вугілля для зовнішнього і внутрішнього застосування. Цілющі властивості ентеросорбентів відзначали лікарі Давньої Греції. На Русі ентеросорбцію відносили до народних методів лікування. За історичною версією призначення знахарем деревного вугілля продовжило після отруєння життя Александру Невському. Деревним вугіллям і порошком присипали рани, товчене вугілля призначали внутрішньо дітям і дорослим при діареях.

Нині метод ентеросорбції знаходить усе ширше застосування в медицині. Найбільший інтерес серед сорбентів становлять препарати на основі лігніну — природного полімеру рослинного походження, продукту переробки деревини.

Уперше лікарський препарат на основі лігніну був розроблений у 1943 р. у Німеччині. Аналогічна російська розробка з'явилася в 70-х роках ХХ ст.

Упродовж останніх десятиліть ученими було розроблено кілька видів ентеросорбентів. Це препарати на основі яблучних і цитрусових пектинів з додаванням різних рослинних екстрактів і корисних бактерій, що мають жовчогінну і загальнооздоровчу дію як на травний канал, так і на весь організм. Серед таких сорбентів можна назвати токсфайтер, поліфепан та ін. Бувають сорбенти й інших видів, на зразок полісорбу, силікагелю тощо.

Основним показником ефективності ентеросорбенту є його здатність створювати поглинальну поверхню. Найпростіші ентеросорбенти, наприклад активоване вугілля («Карболен»), утворюють поглинальну поверхню, що становить 200—300 м<sup>2</sup> на 1 г сорбенту. Є і сильніші сорбенти на основі гранульованого вугілля і вуглеволокнистих матеріалів. Вони мають поглинальну здатність у 1000 й більше квадратних метрів поверхні на грам.

**Гемосорбція (гемоперфузія)**— метод позаниркового очищення крові від токсичних речовин шляхом адсорбції отрути на поверхні сорбенту.

Для гемосорбції використовують сорбенти двох класів: неселективні, що поглинають з крові кілька речовин, і селективні, які поглинають речовини певної структури. До першої групи належать активовані вугілля, на поверхні яких збираються індоли, скатоли, гуанідинові основи, жирні кислоти, білірубін, органічні кислоти тощо. До селективних сорбентів відносять йонообмінні смоли, здатні видаляти з організму йони Калію, амонію, гаптоглобін, білірубін. Розроблено хемосорбенти вибіркової дії для видалення ліпопротеїдів, протеолітичних ферментів.

Під час гемосорбції кров у кількості 1—2 об'єми циркулюючої крові (зазвичай 6—9 л) за допомогою насоса пропускають крізь колонку, що містить сорбент (активоване вугілля, смоли та інші синтетичні речовини). На сорбенті адсорбуються токсини. Таким чином, відбувається так зване «очищення крові». Після гемосорбції кількість токсинів у крові зменшується і тому вони виходять з інших тканин — печінки, легенів, мозку та ін. Там їх концентрація знижується майже вдвічі (зазвичай через 12—24 год після процедури). Саме в цей період проводять другу гемоперфузію. Одну проводити взагалі немає сенсу — отруйні речовини швидко відновлюють свою концентрацію, при цьому деяким пацієнтам потрібно від 2 до 6 сеансів гемосорбції, щоб досягти вираженого детоксикаційного ефекту.

Усе приладдя для гемосорбції випускається стерильним, готовим для негайного використання.

Основними показаннями для проведення гемосорбції є: екзогенні інтоксикації (алкогольна, наркотична, токсична та ін.); ендогенні інтоксикації (печінкова недостатність, ниркова недостатність, панкреатит, жовтяниці різного генезу та ін.); системні й аутоімунні захворювання (ревматоїдний артрит, бронхіальна астма, аутоімунний гепатит, аутоімунний тиреоїдит тощо); гострі отруєння снодійними медикаментами, хлор- і фосфорорганічними сполуками, алкалоїдами, саліцилатами, важкими металами, амітриптиліном; важкі генералізовані форми інфекційних захворювань (черевний тиф, вірусний гепатит, дифтерія та ін.); тяжкі ендотоксикози хірургічного і терапевтичного генезу; псоріаз, нейродерміт, екзема;

харчові та лікарські алергії; маніакальні й депресивні стани при психічних захворюваннях.

Під час гемосорбції можливі ускладнення, зокрема зниження артеріального тиску, виражений озноб (пірогенна реакція), кровоточивість, повітряна емболія, емболія сорбентом.

**Лімфосорбція** — один із способів очищення організму від токсичних речовин, що ґрунтується на видаленні їх із лімфи хворого пропусканням її крізь сорбційні фільтри (різні марки вуглів-сорбентів). За цим методом проводять дренаж грудної лімфатичної протоки, результатом якої є видалення маркерів початкової токсинемії і чинників вторинної токсичної агресії, які потрапляють у лімфу грудної лімфатичної протоки з місць запалень.

При цьому разом з лімфою видаляються токсичні метаболіти. Відновлення втрати лімфи, що досягає 5 л/добу, проводять шляхом внутрішньовенного введення відповідної кількості плазмо-замінних розчинів.

Недоліком методу є те, що разом з токсичними продуктами видаляються цінні для організму речовини: білки, жири, електроліти, ферменти, лімфоцити.

Основними показаннями до лімфосорбції вважають: гострі деструктивні процеси в черевній порожнині з ендогенною інтоксикацією у стадії аутоагресії і гомеостатичної неспроможності (тяжкий деструктивний панкреатит, розлитий гнійний перитоніт); печінкова недостатність з вираженим цитолізом гепатоцитів або значним холестазом; гнійно-деструктивні процеси в лівій легені та плеврі, середостінні; пероральні отруєння припікальними отрутами (оцтова есенція) з подальшим розвитком екзотоксичного шоку; сепсис із місцем запалення в черевній і плевральній порожнинах.

**Плазмосорбція** ґрунтується на здатності деяких токсичних речовин осідати на поверхні активованого вугілля або інших поверхнево-активних структур під час проходження плазми пацієнта через сорбційну колонку. Таким чином, очищена кров повертається хворому, а токсини, що спричинили патологічний процес, залишаються у сорбційній колонці.

Плазмосорбція може бути неселективною (як сорбент використовують активоване вугілля), напівселективною (застосовують йонообмінні смоли) і селективною (застосовують імуносорбенти або афінні сорбенти). З метою активної детоксикації плазмосорбцію зрідка застосовують ізольовано, проте вона часто доповнює плазмафорез. Така комбінація, як плазмафорез + плазмосорбція, доцільна при патологічних станах, пов'язаних з ендотоксикозом.

Основними показаннями до проведення плазмосорбції є тяжкі декомпенсовані стадії ендотоксикозу різного генезу (після поранень, травм, термічних уражень, отруень, радіаційних уражень тощо); тяжкі генералізовані форми інфекційних захворювань; хронічні аутоімунні захворювання (бронхіальна астма, системні захворювання сполучної тканини, гематологічні захворювання та ін.); хронічний ендотоксикоз при захворюваннях печінки, нирок, легенів; незадоволення своїм зовнішнім виглядом (деякі види надмірної маси, стан шкіри).

**Імуносорбція** — це зв'язування й видалення з крові антитіл або антигенів за допомогою імуносорбентів. Реакція зв'язування певних молекул ґрунтується на реакції антиген — антитіло.

Цей метод є одним із найсучасніших і найперспективніших варіантів видалення з крові патологічних молекул. На противагу іншим методам, наприклад, екстракорпоральній гемокорекції, імуносорбція дає змогу не просто видаляти всю виділену з організму плазму, і навіть не всю групу молекул, що мають патогенні властивості, а тільки певний вид молекул, які «розпізнаються» і осідають у пристрої, заповненому специфічним імуносорбентом.

Сорбентом є зв'язані з носієм антитіла (антигени), здатні зв'язуватися з антигенами (антитілами), які циркулюють у крові. Через такий сорбент пропускають кров або плазму, у процесі чого і досягають ефекту очищення від конкретного патологічного агента.

В основному з успіхом застосовують два специфічних адсорбційних методи: метод видалення ліпопротеїнів низької щільності при спадкових формах гіперхолестеринемії (LDL - аферез) і сорбцію з використанням протеїну А при аутоімунних захворюваннях. Метод дає змогу зв'язувати антитіла та імунні комплекси і зумовлювати модифікацію імунної відповіді.

### **Методичні рекомендації**

1. При розгляді першого питання скласти опорний конспект, у якому зазначити всі терміни та групи адсорбентів.

2. Розглядаючи матеріал другого питання, звернути увагу на селективні та неселективні сорбенти і заповнити таблицю:

Метод сорбційної детоксикації	Сорбент	Показання для застосування
Ентеросорбція		
Гемосорбція		
Лімфосорбція		
Плазмосорбція		
Імуносорбція		

### **Запитання для самоперевірки**

1. У чому полягає завдання еферентної медицини?

2. На які групи поділяють адсорбенти?

3. У чому полягає суть ентеросорбції, гемосорбції, плазмосорбції, лімфосорбції, імуносорбції?

### **Тести для самоконтролю**

#### **І рівень**

1. Токсини, які надходять в організм із зовнішнього середовища, називають токсинами ...

- а) еферентного походження;                      б) ендогенного походження;  
в) екзогенного походження;                      г) змішаного походження.

2. Вказати препарат, який належить до групи адсорбентів на основі полівінілпіролідону:

- а) алмагель;      б) альгісорб;      в) карболонг;      г) ентеросорб.

3. Який з препаратів не належить до групи адсорбентів на основі активованого вугілля:

- а) смекта;      б) карболен;      в) карболонг;      г) ультрасорб.

4. Вказати речовину, яка використовувалася як ентеросорбент у давнину:

- а) глина;      б) деревне вугілля;      в) буре вугілля;      г) пісок.

### **II рівень**

5. Вказати ентеросорбент, створений на основі фруктових пектинів:

- а) фестал; б) ентероез; в) поліфепан; г) колестипол.

6. Вказати площу поглинальної поверхні, яку мають сорбенти, створені на основі вуглеволоконистих матеріалів:

- а) 200 м<sup>2</sup>; б) 300 м<sup>2</sup>; в) 500 м<sup>2</sup>; г) 1000 м<sup>2</sup>.

7. Вказати оптимальну кількість сеансів гемосорбції, які необхідно провести пацієнту для досягнення вираженого детоксикаційного ефекту:

- а) 1 – 2; б) 2 – 6; в) 5 – 8; г) більше 8.

### **III рівень**

8. Вказати метод сорбційної терапії, який доцільно використати для лікування реооральних отруєнь припікальними отрутами:

- а) ентеросорбція; б) плазмсорбція; в) імуносорбція; г) лімфосорбція.

9. Яку комбінацію сорбційних методів доцільно проводити при патологічних станах, пов'язаних з ендотоксикозом:

- а) плазмафорез + плазмсорбція; б) електрофорез + гемосорбція;  
в) ентеросорбція + лімфосорбція; г) імуносорбція + ентеросорбція.

## **Позааудиторна самостійна робота № 13**

**Тема: Хроматографія та її застосування в біології та медицині**

### **План**

1. Поняття про хроматографічні методи та їх класифікація.
2. Метод газової хроматографії та його застосування в біології та медицині.
3. Класифікація рідинної хроматографії та її застосування.
4. Паперова та тонкошарова хроматографії, їх переваги.

**Час виконання:** 3 години.

**Мета роботи:** ознайомитися із принципами та застосуванням хроматографічних методів у біології та медицині.

Серед великої кількості хімічних та фізико-хімічних методів розділення, аналізу, дослідження структури і властивостей індивідуальних хімічних сполук та їх складних сумішей одне з провідних місць займає *хроматографія*.

Цей метод був відкритий у 1903 році М. Цветом, який вперше застосував його для розділення рослинних пігментів.

У наш час хроматографію широко використовують у наукових дослідженнях та в практиці контрольної-аналітичних, клінічних та хіміко-токсикологічних лабораторій.

### **Класифікація хроматографічних методів**

*Хроматографія* - це фізико-хімічний метод розділення і аналізу сумішей газів, випарів, рідин або розчинених речовин за допомогою сорбційних процесів. Метод ґрунтується на різному розподілі компонентів суміші між двома фазами - рухомою та нерухомою.

Речовини, що складають нерухому фазу, називають *сорбентами*. Вони можуть бути як у твердому, так і рідкому стані, але переважно це тверді речовини. Як сорбенти використовують силіцій діоксид, силікагель, алюміній оксид тощо.

Рухома фаза - це потік рідини або газу, що фільтрується крізь шар сорбенту. Вона виконує функції *розчинника* і *носія* суміші речовин, які аналізують, і її називають *сорбатом*.

#### **Хроматографічні методи поділяють за такими ознаками:**

- за середовищем, в якому проводиться розділення: *газорідинна* та *рідинна* хроматографія; *газова*,
- за механізмом розділення: *молекулярна*, *гель-фільтраційна*, *йонобмінна*, *осадова*, *розподільна* хроматографія;
- за формою проведення процесу: *колонкова*, *паперова*, *тонкошарова*, *капілярна* хроматографія.

Залежно від способу переміщення досліджуваної суміші вздовж шару сорбенту хроматографічний процес може бути *фронтальним*, *проявниковим* та *витиснювальним*.

Розглянемо найпоширеніші у біології та медицині хроматографічні методи аналізу.

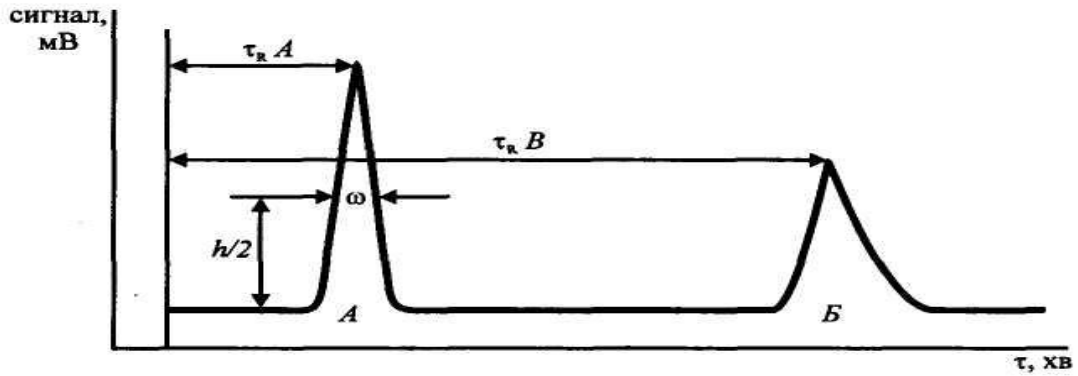
#### **Газова хроматографія**

Для розділення, аналізу і дослідження речовин та їх сумішей, що не розкладаються у газоподібному стані, найбільшого застосування набула газова хроматографія. Залежно від виду сорбенту, яким заповнюють хроматографічну колонку, її поділяють на *газоадсорбційну* та *газорідинну*.

У газовій хроматографії як рухомих фазу (газ - носій) найчастіше використовують інертні гази.

Процес розділення і аналізу речовин проводять за допомогою спеціальних приладів, які називають *газовими хроматографами*. Незважаючи на різні технічні рішення, рівень забезпечення електронними вузлами та основні технічні характеристики, принцип будови хроматографів однаковий. У кожному з них є такі основні вузли: система подачі газу-носія, пристрій для введення досліджуваної суміші, хроматографічна колонка, аналізатор (детектор), прилад для реєстрації та аналізу. Залежно від виду сорбенту, яким заповнюють хроматографічну колонку, реалізується газоадсорбційний або газорідинний варіант хроматографії.

При проходженні досліджуваної суміші крізь хроматографічну колонку її компоненти селективно утримуються нерухомою фазою, а потім виходять із колонки і реєструються детектором, сигнали якого автоматично записуються у вигляді хроматограми (мал.2.).



**Мал. 2. Типова газова хроматограма:** *A*, *B* - піки відповідних компонентів;  $\tau_{R A}$  і  $\tau_{R B}$  - час утримування речовин *A* і *B*;  $h/2$  - піввисота піка *A*;  $\omega$  - ширина піка *A* на його піввисоті

Кожному компоненту суміші на хроматограмі відповідає окремий пік. Положення піка визначається величиною часу утримування ( $\tau_R$ ), тобто часом від початку введення проби до виходу максимального піка, або величиною утримуваного об'єму ( $V_R$ ), який розраховують за формулою:

$$V_R = \tau_R \cdot F,$$

де  $F$  - об'ємна швидкість газу-носія.

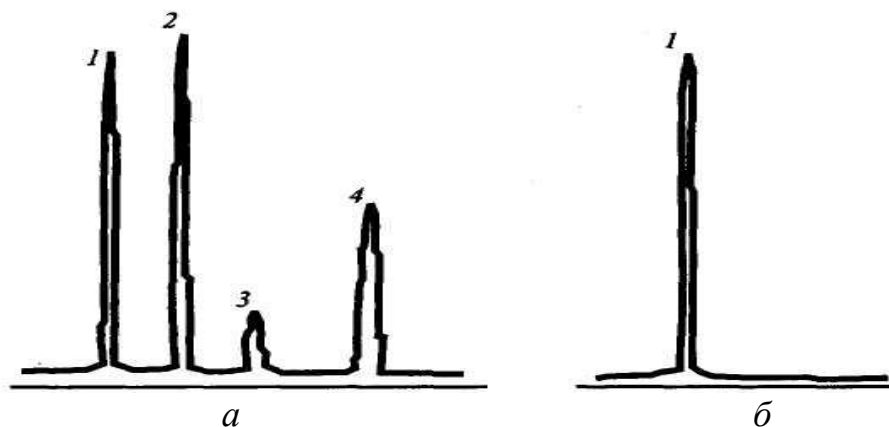
Ідентифікацію компонентів суміші проводять шляхом зіставлення часу утримування відповідного компонента і еталона - речовини аналогічної структури. Час утримування є аналітичною характеристикою речовини. новини. Збіг часу утримування еталона і досліджуваної речовини вказує на їх ідентичність.

Визначення кількісного складу суміші полягає у тому, що інтенсивність піка кожного компонента пропорційна його вмісту у суміші. Є різні способи вимірювання площі  $S$  піків. Найпростішим методом є множення висоти піка  $h$  (рис.24) на його ширину  $w$ , виміряну на половині висоти піка

$$S = hw$$

Метод газохроматографічного аналізу дуже чутливий. Для його проведення достатньо кілька кубічних сантиметрів газу, мікролітрів рідини чи мікрограмів легкої речовини.

Газова хроматографія знайшла широке застосування у медицині для визначення вмісту багатьох лікарських препаратів, продуктів їх метаболізму, рівня жирних кислот, холестерину, стероїдів в організмі хворого тощо. Такі аналізи дають важливу інформацію про стан здоров'я людини, перебіг хвороби, ефективність використання тих чи інших ліків. Як приклад, на мал. 3 наведена газорідинна хроматограма гнійних виділень легень хворого, ураженого анаеробною інфекцією, до і після лікування антибіотиком цефалоспорином.



**Мал. 3. Хроматограма гною з плевральної порожнини при анаеробному сепсисі до - а і після лікування -б: 1 - ацетатна; 2 - пропіонова; 3 - масляна; 4 - ізовалеріанова кислоти (за даними К. Н. Зеленина)**

Після двотижневого лікування усі кислоти, за винятком ацетатної, яка є природним метаболітом, зникли. Таким чином, газорідинна хроматографія стає цінним методом клінічного контролю за перебігом процесу лікування.

Газову хроматографію з успіхом застосовують у токсикологічній хімії, судовій медицині, криміналістиці та гігієні.

**Рідинна хроматографія.** У методі рідинної хроматографії рухомою фазою є рідина, нерухоною - твердий адсорбент. На відміну від газової, рідинна хроматографія може бути використана для аналізу речовин з молекулярною масою від кількох сотень до кількох мільйонів а.о.м., включаючи складні макромолекули нуклеїнових кислот, білків тощо.

Залежно від характеру взаємодій, що відбуваються у шарі сорбенту, рідинну хроматографію поділяють на дві групи: *молекулярну* та *хемосорбційну*.

До першої групи відносять *гель-фільтраційну (молекулярно-ситову), адсорбційно-рідинну і рідинно-рідинну хроматографії* з відносно слабкою взаємодією в системі сорбат - сорбент - розчинник.

До другої групи належать *йонобмінна, комплексоутворююча, осадова, окисно-відновна і афінна хроматографії* - із сильною взаємодією між сорбатом і сорбентом.

**Молекулярна рідинна хроматографія.** У даному методі довжина колонок значно менша, ніж у газовій хроматографії. Як розчинник застосовують легкі вуглеводні та їх похідні: гексан, бензен, толуен, метанол, етанол, ацетатну кислоту тощо. Їх вибір визначається типом сорбенту, яким може бути силікагель, алюміній оксид, магній оксид, сахароза, полімери.

*Адсорбційно-рідинний та рідинно-рідинний* методи хроматографії тісно пов'язані між собою. їх застосовують для розділення сумішей нуклеотидів, вітамінів, лікарських препаратів та інших складних органічних сполук.

*Гель-фільтраційна* хроматографія ґрунтується на принципі розділення суміші речовин за розмірами їх молекул. Процес відбувається за рахунок того, що в цеоліт (молекулярне сито) або пори гелю дифундують тільки ті речовини, розміри молекул яких не перевищують розміри пор адсорбенту. Внаслідок цього молекули меншого розміру проходять більший шлях і виходять з колонки пізніше, ніж крупніші молекули.

В останній час молекулярно-ситову хроматографію широко використовують для визначення молекулярної маси білків, виділення та очищення біополімерів (білків, пептидів, полісахаридів, нуклеїнових кислот) і навіть для розділення клітин, наприклад, лімфоцитів, еритроцитів тощо.

**Хемосорбційна хроматографія.** У біології та медицині широко застосовують один з її різновидів - *афінну*, або *біоспецифічну хроматографію*. В основі цього методу лежить унікальна властивість висо-комолекулярних біологічно-активних сполук "упізнавати" в будь-якій суміші тільки певні ("свої") речовини і взаємодіяти з ними.

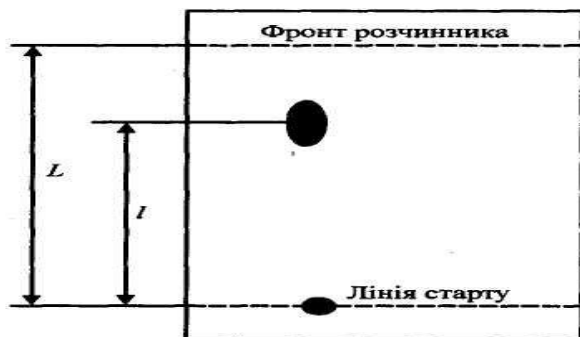
Умовно процес розділення речовин за допомогою афінної хроматографії можна показати таким чином: колонку заповнюють носієм, міцно зв'язаним з певною біологічно-активною речовиною, яку в даному разі називають лігандом, і пропускають крізь колонку досліджувану суміш речовин, до однієї з яких ліганд виявляє біологічну спорідненість. Він вибирає із суміші цю речовину, утворює з нею комплекс, який залишається у колонці, а інші компоненти суміші проходять крізь неї. Підібравши умови, за яких комплекс ліганду з вибраною ним речовиною розкладається, її вимивають відповідним буферним розчином.

**Паперова та тонкошарова хроматографія.** У фармації та медицині широко застосовують *паперову* та *тонкошарову хроматографії*, які відрізняються від інших хроматографічних методів простотою і зручністю у виконанні експерименту. Це, у поєднанні з мікрокількістю досліджуваних речовин, необхідних для аналізу, забезпечило їм широке розповсюдження у хімічному аналізі.

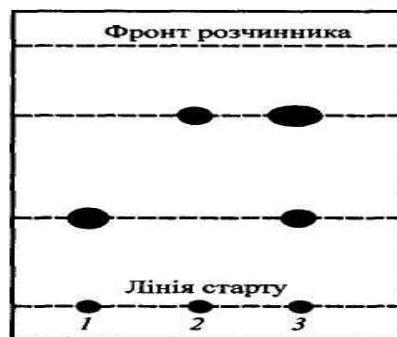
**Паперову хроматографію (ПХ)** поділяють на розподільну, адсорбційну та йонообмінну. У ПХ як нерухому фазу використовують хроматографічний папір або речовини, попередньо нанесені на його волокна. Механізм хроматографії на папері може бути розподільним або адсорбційним.

Для одержання хроматограми розчини чистих речовин (свідків) і суміші, яку необхідно розділити, наносять на хроматографічний папір, нижній кінець якого занурюють у відповідну систему розчинників. Через деякий час суміш розділяється на зони окремих компонентів. Для виявлення зон хроматограму розглядають в УФ-світлі при певній довжині хвилі і відмічають олівцем контури плям. Якщо компоненти дають кольорові реакції, то хроматограму проявляють шляхом її занурення в розчин реактанту або обприскуванням із пульверизатора.

Характеристикою компонентів є величина  $R_a$  - відношення відстані від стартової лінії хроматограми до центра плями цієї речовини ( $l$ ), до відстані, яку пройшов фронт розчинника ( $L$ ) —  $R_f = l/L$ . Типова хроматограма наведена на мал. 4.



Мал. 4. Типова хроматограма.



Мал. 5. Хроматограма розділення двокомпонентної суміші

Величину  $R_f$  використовують для ідентифікації речовин. Ідентичність визначають одночасним хроматографуванням на одному аркуші паперу досліджуваного і автентичного зразка тієї самої речовини. Якщо зразки ідентичні, відповідні їм плями на хроматограмах мають однаковий вигляд і ті самі значення  $R_f$  (мал. 5).

Кількісне визначення полягає у тому, що пляму вирізають і після подрібнення паперу екстрагують досліджувану речовину відповідним розчинником. Вміст речовини визначають будь-яким методом, придатним для визначення малих кількостей (спектрофотометрія, полярографія тощо).

**Тонкошарова хроматографія (ТШХ).** У цьому методі роль носія виконує тонкий шар порошкоподібного сорбенту, нанесений на скляну або металеву пластинку. Як сорбенти застосовують силікагель, алюміній оксид, магній силікат тощо.

Аналіз цим методом в цілому мало чим відрізняється від паперової хроматографії. У той же час ТШХ має перед нею ряд переваг: висока швидкість процесу хроматографування, можливість використання як нерухої фази більшого асортименту сорбентів, застосування кислих та лужних рухомих фаз та обробка хроматограм за підвищених температур.

ПХ та ТШХ займають одне з провідних місць серед методів розділення та аналізу органічних та біоорганічних сполук. Ними можна визначити речовини масою 10-20 мкг, тривалість розділення становить кілька хвилин, тому їх часто застосовують як експрес-методи.

### Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання звернути увагу на ознаки, за якими класифікують хроматографічні методи.
2. Опрацьовуючи друге питання, розглянути малюнки, які ілюструють застосування газової хроматографії.
3. Ознайомившись із третім питанням, скласти схему класифікації методів рідинної хроматографії.
4. При вивченні четвертого питання розглянути переваги паперової та тонкошарової хроматографії.

### Запитання для самоперевірки:

1. Наведіть класифікацію хроматографічних методів.
2. Як проводять ідентифікацію компонентів суміші газовою хроматографією?
3. У чому полягає метод визначення кількісного складу суміші

газовою хроматографією?

4. На чому ґрунтується гель – фільтраційна хроматографія?
5. Яку величину використовують для ідентифікації речовини у паперовій та тонкошаровій хроматографії?

### **Тести для самоконтролю**

#### ***I рівень***

1. Вказати метод хроматографії, який належить до рідинної:  
а) паперова; б) афінна; в) тонкошарова; г) газова.
2. За формою проведення процесу розрізняють ...  
а) колонкову; б) капілярну; в) паперову; г) хемосорбційну хроматографію.
3. Паперову хроматографію поділяють на:  
а) афінну; б) розподільну; в) адсорбційну; г) капілярну.

#### ***II рівень***

4. Як експрес – методи використовують:  
а) молекулярно – ситову; б) паперову; в) осадову; г) тонкошарову хроматографію.
5. Хроматографічний метод базується на дослідженні сумішей за допомогою:  
а) сорбційних процесів; б) осмотичного тиску; в) різниці потенціалів; г) різниці температур.

#### ***III рівень***

6. У паперовій хроматографії як нерухому фазу використовують:  
а) газову колонку; б) скляну пластинку; в) хроматографічний папір; г) металеву пластинку.
7. Молекулярно – ситову хроматографію використовують для:  
а) виділення і очищення полімерів; б) визначення молекулярної маси білка; в) визначення рівня холестерину в крові.

### **Позааудиторна самостійна робота № 14**

**Тема: Проведення електрофорезу в дослідницькій та клініко – діагностичній лабораторії. Електрофореграми**

#### **План**

1. Поняття про електрокінетичні явища, їх класифікація.
2. Причини виникнення електрофорезу та методика його проведення.
3. Застосування електрофорезу в біології та медицині.

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** ознайомитися із застосуванням електрофорезу з дослідницькою та діагностичною метою

**Електрокінетичними** називають явища, які ґрунтуються на взаємозв'язку між електричними та кінетичними властивостями дисперсних систем. Вони полягають у тому, що складові дисперсної системи (дисперсна фаза або дисперсійне середовище) рухаються в електричному полі, або, навпаки, виникає різниця потенціалів під час переміщення частинок або рідини.

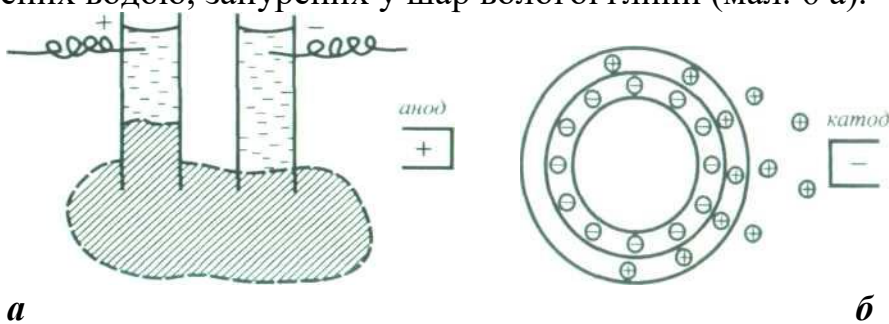
Усі електрокінетичні явища пов'язані з існуванням на межі поділу фаз подвійного електричного шару. Їх класифікують таким чином.

1. *Електрокінетичні явища першого роду*, які пов'язані з переміщенням в електричному полі складових дисперсної системи (дисперсної фази або дисперсійного середовища). До них належать: а) *електрофорез*; б) *електроосмос*.

2. *Електрокінетичні явища другого роду*, які пов'язані з виникненням різниці потенціалів під час переміщення частинок твердої фази (*потенціал седиментації* або *осідання*) або рідкого дисперсійного середовища (*потенціал течії* або *перебігу*). Це процеси, обернені до електрофорезу та електроосмосу. Швидкість руху частинок в електричному полі залежить від величини їх заряду. Тому наведені вище електрокінетичні явища дають змогу виміряти величину  $\xi$ -потенціалу.

Наявність електричного заряду у частинок дисперсних систем і електрокінетичні явища були вперше виявлені професором Московського університету Ф. Рейссом 1808 року.

**Електрофорез** - це спрямоване переміщення частинок дисперсної фази у постійному електричному полі відносно нерухомого дисперсійного середовища. Вивчаючи електроліз води, Ф. Рейсс пропускав постійний електричний струм у приладі, який складався з двох скляних трубок, заповнених водою, занурених у шар вологої глини (мал. 6 а).



**Мал. 6 .Схема досліду Рейсса з електрофорезу (а) і рух частинок під час електрофорезу (б)**

При цьому він спостерігав помутніння рідини в трубці з позитивним електродом, очевидно за рахунок переміщення негативно заряджених частинок дисперсної фази (глини) до анода. Таке явище було назване електрофорезом.

Рухливість частинок в електричному полі зумовлена тим, що за умови накладання зовнішньої різниці потенціалів розривається ПЕШ на межі "ковзання", в результаті чого частинка набуває певного заряду і рухається до електрода, знак заряду якого протилежний до заряду частинки. При цьому протіони дифузного шару переміщуються до протилежно зарядженого електрода (мал. 6 , б).

Швидкість руху частинок дисперсної фази пропорційна величині їх електрокінетичного потенціалу. Тому, спостерігаючи електрофоретичний рух частинок, можна визначити знак заряду частинок дисперсної фази і величину потенціалу.

**За рівнянням Гельмгольца- Смолюховського** , лінійна швидкість руху частинок ( $U_0$ ) прямо пропорційна діелектричній проникності середовища ( $\epsilon$ ), величині  $\xi$  -потенціалу, напруженості електричного поля (градієнта потенціалу) ( $H$ ) і обернено пропорційна в'язкості середовища ( $\eta$ ):

$$U_0 = \varepsilon_0 \frac{\xi dH}{\eta},$$

де  $\varepsilon_0$  - коефіцієнт пропорційності, який дорівнює діелектричній проникності вакууму ( $8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ ).

Оскільки лінійна швидкість змінюється пропорційно до напруженості електричного поля, було введено поняття електрофоретичної рухливості ( $U_{\text{ефр}}$ ) **Електрофоретична рухливість** дорівнює швидкості руху частинок за градієнта потенціалу  $1 \text{ В/м}$ :

$$U_{\text{ефр}} = \frac{U_0}{H}$$

Якщо уявити лінійну швидкість  $U_0$  як відношення лінійного зміщення межі золю ( $S$ ) до часу експерименту ( $\tau$ ):

$$U_0 = S/\tau,$$

а градієнт потенціалу  $H$  як відношення напруги зовнішнього поля ( $E$ ) до відстані між електродами ( $l$ ):

$$H = E/l,$$

то електрофоретичну рухливість в експерименті можна обчислити за такою формулою:

$$U_{\text{ефр}} = \frac{Sl}{\tau E}.$$

З іншого боку,

$$U_{\text{ефр}} = \frac{U_0}{H} = \frac{\varepsilon_0 \xi \varepsilon}{\eta}.$$

Тому

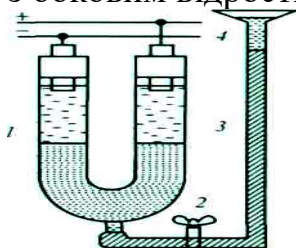
$$\frac{Sl}{\tau E} = \frac{\varepsilon_0 \xi \varepsilon}{\eta}.$$

Звідси одержуємо формулу для обчислення  $\xi$  -потенціалу методом електрофорезу:

$$\xi = \frac{Sl\eta}{\tau E \varepsilon_0 \varepsilon}$$

Рівняння Гельмгольца - Смолуховського можна застосовувати тоді, коли розміри частинок значно перевищують товщину подвійного електричного шару. Тому воно придатне для визначення характеристики еритроцитів, лейкоцитів, мікроорганізмів та інших мікроскопічних біологічних об'єктів. Для білкових молекул і колоїдних частинок, розмір яких співмірний з товщиною ПЕШ, електрофоретична рухливість залежить від їх розмірів та форми.

**Методика проведення електрофорезу.** Експериментально електрофорез проводять у приладі, який є U-подібною градуйованою трубкою з боковим відростком (мал. 7.).



Мал. 7. Схема приладу для проведення електрофорезу:

1 -U-подібна трубка; 2 - кран; 3 - гумовий шланг; 4 скляна лійка

Спочатку в посудину 1 наливають ультрафільтрат допоміжного золю (проміжну рідину) (приблизно 1/3 посудини). Закривають кран 2 і у лійку 4 наливають досліджуваний золь. Обережно відкриваючи кран, випускають забарвлений золь, який займає нижню частину приладу, витісняючи проміжну рідину вгору. Після занурення електродів у рідину кран закривають, вмикають струм і слідкують за переміщенням границі золю  $S(S = h_2 - h_1)$  за певний проміжок часу. Залежно від заряду колоїдних частинок межа золю піднімається до катода чи анода. Обчислюють величину  $\xi$ -потенціалу за наведеною вище формулою.

### **Застосування електрофорезу у медичних дослідженнях.**

Клітини організму мають різний за величиною заряд, причому кожен тип клітин звичайно характеризується певним, досить стабільним значенням потенціалу. Жива протоплазматична поверхня та всі біологічні поверхні мають негативний заряд. Зокрема, у різних ссавців при  $pH = 7,4$  величина  $\xi$  - потенціалу еритроцитів коливається в межах від -7 до -22 мВ. У людини ця величина дорівнює -16,3 мВ.

Низьке значення ізоелектричної точки еритроцитів ( $pH_{\text{іет}} = 1,7$ ), а також їх постійний негативний заряд можна пояснити йонізацією кислотних груп фосфоліпідів на поверхні еритроцитів. Лейкоцити, як і еритроцити, рухаються до анода; їх негативний заряд зумовлений дисоціацією йоногенних груп білків сироватки крові, які адсорбуються на поверхні лейкоцитів.

За електрофоретичною рухливістю клітини крові можна розмістити у такій послідовності: гранулоцити  $0,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$ ; лімфоцити  $0,8 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$ ; еритроцити  $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$ .

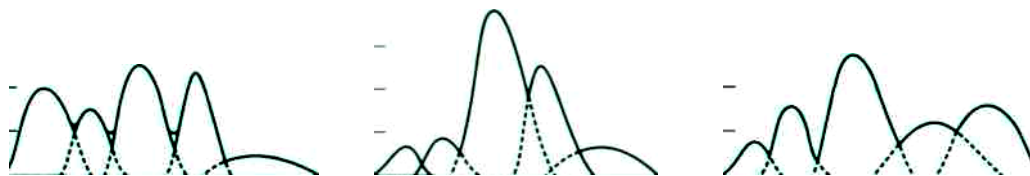
Впровадження електрофорезу у біохімічні дослідження дало змогу розділити складні суміші біологічних рідин і дослідити їх індивідуальні характеристики, зокрема склад білків сироватки крові та шлункового соку. Серед біологічних рідин найкраще досліджена і викликає найбільший інтерес кров (таблиця 3).

### **Склад білків плазми крові людини в нормі**

Таблиця 3.

Білок	Склад, у відсотках
Альбумін	50,0
$\alpha$ -1-глобулін	4,0
$\alpha$ -2-глобулін	12,0
$\beta$ -глобулін	13,0
$\gamma$ -глобулін	13,0
Фібриноген	8,0

В результаті електрофорезу одержують електрофореграми, вигляд яких у нормі і за конкретної патології суттєво відрізняється (мал. 8).



альбумін

а

б

в

**Мал. 8. Електрофореграми:** а - сироватки крові в нормі; б - при інфекційному гепатиті; в - при ліпідному нефрозі

Таким чином, електрофореграми можуть використовуватись як з діагностичною метою, так і для контролю за нормалізацією складу крові у процесі лікування.

Електрофоретичні методи належать до кращих сучасних способів розділення нуклеїнових кислот, амінокислот, антибіотиків, ферментів, стеринів та методів контролю чистоти лікарських речовин. Електрофорез широко застосовують у техніці для нанесення декоративних антикорозійних або електроізоляційних плівок на поверхню металу, при одержанні напівпровідникових плівок. Цей метод лежить в основі роботи електрофільтрів для уловлювання цінних відходів виробництва та очищення виробничих газів.

Електрофорез - один із фізіотерапевтичних методів лікування, що ґрунтується на безпосередньому введенні лікарських препаратів в уражену ділянку організму крізь шкіру або слизові оболонки. З цією метою прокладку активного електрода змочують розчином необхідного лікарського засобу. Речовину вводять з того електрода, заряд якого вона має: аніони вводять з катода, а катіони - з анода.

Серед сучасних видів електрофорезу слід виділити гель-електрофорез, імуноелектрофорез, диск-електрофорез, ізотахофорез тощо. На рис. 30 зображені електрофореграми, одержані методом гель-електрофорезу.

### **Методичні рекомендації**

1. При вивченні першого питання записати визначення всіх термінів.
2. Розглядаючи друге питання, звернути увагу на схему приладу і методику проведення електрофорезу.
3. При вивченні третього питання звернути увагу на застосування електрофорезу і біології та медицині.

### **Завдання для самоконтролю:**

1. Що таке електрокінетичні явища та як вони класифікуються?
2. Як обчислюють швидкість руху частинок дисперсної фази під час електрофорезу?
3. За якою методикою проводять електрофорез?
4. З якою метою використовується електрофорез у біології та медицині?

### **Тести для самоконтролю:**

#### **Рівень I**

1. Вказати електрокінетичне явище першого роду:  
а) електроосмос; б) седиментація; в) коагуляція; г) електродіаліз.

2. Перенесення частинок дисперсної фази відносно нерухомого дисперсійного середовища під впливом зовнішнього постійного електричного поля має назву:  
а) діаліз; б) електродіаліз; в) електроосмос; г) електрофорез.
3. Вказати значення заряду, який мають всі біологічні поверхні:  
а) позитивний; б) негативний; в) нейтральний; г) змінний.

### **Рівень II**

4. Який з йонів при електрофорезі потрібно вводити з аноду:  
а)  $\text{Ca}^{2+}$ ; б)  $\text{Cl}^-$ ; в)  $\text{K}^+$ ; г)  $\text{SO}_4^{2-}$ .
5. Вказати форменні елементи крові, які мають найвищу електрофоретичну рухливість:  
а) лейкоцити; б) еритроцити; в) лімфоцити; г) гранулоцити.

### **Рівень III**

6. Вказати вірне твердження щодо швидкості руху частино дисперсної фази під час електрофорезу:  
а) швидкість пропорційна величині їх заряду;  
б) швидкість пропорційна величині їх електрокінетичного потенціалу;  
в) швидкість пропорційна величині заряду їх гранули;  
г) швидкість пропорційна величині заряду їх ядра
7. Визначити величину дзета – потенціалу (мВ) золю коларголу, якщо під час електрофорезу впродовж 4 хв при градієнті потенціалу  $E/l = 15 \text{ В/м}$  межа золю перемістилась на 1,2 см. Діелектрична проникність середовища – 81, діелектрична проникність вакууму –  $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ , в'язкість середовища –  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

## **Позааудиторна самостійна робота № 15**

**Тема:** *Аерозолі: методи одержання, властивості, руйнування. Застосування аерозолів у клінічній практиці. Токсична дія деяких аерозолів.*

### **План**

1. Поняття про аерозолі, їх класифікація. Способи одержання аерозолів.
2. Оптичні, молекулярно – кінетичні та електричні властивості аерозолів.
3. Коагуляція аерозолів та методи їх руйнування.
4. Значення аерозолів.

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** *ознайомитися із методами одержання аерозолів, їх оптичними, молекулярно – кінетичними та електричними властивостями, корисною та шкідливою дією.*

*Аерозолями називають дисперсні системи, які складаються з газоподібного дисперсійного середовища і твердої або рідкої дисперсної фази, інакше кажучи, це суспензія твердих або рідких частинок у газі.*

Аерозолі класифікують за агрегатним станом дисперсної фази. Якщо це рідина, то їх називають "туманами", якщо тверді частинки, то залежно від ступеня дисперсності - "димами" або "пиллом".

Дисперсність аерозолів значно нижча за ліозолі і знаходиться у межах  $10^7 - 10^4 \text{ м}^{-1}$ , а форма частинок залежить від агрегатного стану речовини

дисперсної фази. У туману краплинки рідини кулясті, у диму форма частинок може бути найрізноманітнішою: голчастою, пластинчастою, зіркоподібною тощо.

За дисперсністю аерозолі з твердою дисперсною фазою поділяють на *дими* з частинками розміром  $10^{-9}$ - $10^{-5}$  м і на *пили*, розмір частинок яких більший за  $10^{-5}$ м. Тумани, як правило, мають досить великі краплини розміром до  $10^{-5}$ м.

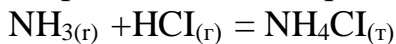
### **Способи одержання аерозолів.**

Аерозолі одержують головним чином двома методами - конденсацією та диспергуванням.

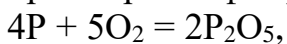
**Конденсаційні методи** одержання аерозолів ґрунтуються на конденсації пересиченої пари, яку одержують під час охолодження системи, або внаслідок перебігу хімічної реакції. Відповідно розрізняють фізичну конденсацію і хімічну (хемоконденсацію).

Охолодження, перенасичення і конденсація пари може відбуватися різними шляхами, наприклад, адіабатичним (без обміну тепла з навколишнім середовищем) розширенням газу, який містить пару якої-небудь рідини. Так утворюються хмари, коли теплі маси повітря піднімаються у вищі шари атмосфери. Фізична конденсація пари відбувається також при її контакті з холодною поверхнею або при змішуванні з холодним газом. Це явище спостерігається при утворенні туману.

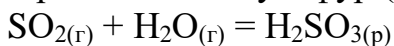
Хімічні реакції, в результаті яких утворюються аерозолі, можуть бути різноманітними. Так, внаслідок окиснення під час згоряння палива виникають димові гази, які містять речовини з досить малим тиском пари. Змішуючись з холодним повітрям, ці продукти конденсуються і утворюють топковий дим. Дим утворюється також при взаємодії газоподібного амоніаку з хлороводнем:



при згорянні фосфору на повітрі:



при взаємодії сульфур (IV) оксиду з парою води:



та під час перебігу інших реакцій.

Таким чином, процеси утворення конденсаційних аерозолів досить поширені в природі і можуть відбуватися як стихійно, так і створюватися штучно.

**Методи диспергування.** На відміну від конденсаційних, диспергаційні аерозолі мають більші за розміром частинки, які менш однорідні за ступенем дисперсності. Їх одержують механічним подрібненням і розпиленням твердих тіл або рідин, при вибухах, тертям твердих тіл тощо. Розглянемо найпоширеніші методи одержання аерозолів з рідкою дисперсною фазою.

**1.Пневморозпилення.** Рідину під тиском подають у форсунку, де вона підхоплюється високошвидкісним потоком газу. Він подрібнює струмів рідини на окремі цівки, які в свою чергу диспергуються на окремі краплинки.

**2.Розпилення рідин стисненим повітрям** проводять за допомогою пульверизаторів різних конструкцій та аерозольних балончиків.

Цей метод застосовують для одержання парфумерно-косметичних аерозолів, аерозолів лікарських препаратів, інсектицидів тощо.

**3. Ультразвукове розпилення.** Джерело ультразвуку занурюють у резервуар з рідиною або вміщують його у насадку, крізь яку пропускають рідину. Ультразвукове розпилення дає змогу одержати аерозолі з високою концентрацією дисперсної фази і розміром краплинок  $(2-5) \cdot 10^{-6}$  м. Цей метод широко застосовують для розпилення лікарських препаратів, наприклад, водних розчинів антибіотиків в інгаляторах.

**4. Електродинамічне розпилення.** Це один із сучасних методів одержання рідких аерозолів, який дає можливість утворити найдрібніші та високозаряджені уніполярні (однакового заряду) краплинки.

Розглянемо суть методу. Якщо до металевого капіляра з таким малим діаметром, що рідина не протікає крізь нього (гідростатичний тиск урівноважується силами поверхневого натягу), прикласти високу напругу (20-30 кВ), то з кінця капіляра вивергатиметься віяло най-дрібніших монодисперсних заряджених краплинок, кожна з яких має радіус менший за  $1 \cdot 10^{-6}$  м і несе до 1000 елементарних зарядів. Зараз промисловість випускає апарати для одержання аерозолів лікарських речовин цим способом.

**5. Механічне розпилення рідин** здійснюють, наприклад, за допомогою механічних насадок та диска, який обертається з великою швидкістю.

Аерозолі з твердою дисперсною фазою одержують розпиленням задалегідь подрібнених твердих тіл - порошоків.

Дуже часто аерозолі утворюються в процесі одночасного перебігу як диспергаційних, так і конденсаційних процесів. Наприклад, якщо на тонку дротинку подати електричний розряд від конденсатора, то вона вибухне яскравим спалахом. При цьому одна частина її речовини випарується з наступною конденсацією, інша - буде диспергована вибухом. Такі явища спостерігають також при дії променя потужного лазера на речовину або під час вибуху атомної бомби. Аерозолі, що утворюються за таких умов, складаються з двох фракцій, а саме: більш диспергової - конденсаційної і менш подрібненої - диспергаційної.

### **Властивості аерозолів**

**Оптичні властивості аерозолів.** Вони підпорядковуються тим самим законам, що й властивості ліозолів. Проте внаслідок великої різниці у густині, а відповідно і в показниках заломлення дисперсної фази та дисперсійного середовища, світлорозсіювання аерозолів інтенсивніше, ніж ліозолів, і тому вони практично не пропускають світла. Через цю властивість аерозолі широко застосовують для створення маскувальних димових завіс. Найкращу здатність розсіювати та відбивати світло має аерозоль фосфор (V) оксиду, тому його маскувальна здатність береться за стандарт. Більшість туманів та димів видаються білими, оскільки хвилі світла різної довжини приблизно однаково розсіюються або відбиваються відносно великими частинками аерозолів.

Зазначимо, що внаслідок сильного світлорозсіювання аерозолі верхніх шарів атмосфери зменшують інтенсивність сонячної радіації, тим самим впливаючи на кліматичні умови Землі.

**Молекулярно-кінетичні властивості.** Аерозолі відрізняються від ліозолів тим, що довжина вільного пробігу молекул дисперсійного середовища (газу) може бути більша за розмір частинок дисперсної фази, тому рівняння Стокса можна застосувати лише для грубодисперсних аерозолів.

Внаслідок меншої в'язкості середовища броунівський рух аерозольних частинок інтенсивніший, ніж їх рух у ліозолях.

Для аерозолів характерні такі специфічні кінетичні явища, як *термофорез* та *термопреципітація*.

*Переміщення аерозольних частинок у полі градієнта температури, тобто їх рух у напрямку зниження температури, називають термофорезом.* Він зумовлений тим, що на частинки з "гарячого боку" діють більш швидкі молекули газу, що призводить до їх зміщення в "холодний бік". Для великих частинок механізм термофорезу складніший, оскільки градієнт температури виникає і в самій частинці. Коли поверхня частинки нагріта нерівномірно, то вздовж неї у напрямку нижчих температур виникає потік газу - так званий *тепловий плин газу*. Цей потік породжує силу, яка діє вздовж поверхні у тому самому напрямку. Тому тепловий плин на поверхні частинки зумовлює її рух у "холодний бік".

**Фотофорез** є окремим випадком термофорезу. Він пов'язаний з рухом частинок аерозолу під час одностороннього освітлення. Частинки дисперсної фази аерозолів, залежно від їх здатності вбирати світлове випромінювання та від тиску газу, можуть рухатися як у напрямку світлового променя, так і назустріч йому, отже, фотофорез може бути як позитивним, так і негативним. Ця обставина має важливе значення для пояснення поведінки аерозолів у стратосфері. У нижній стратосфері, де тиск повітря відносно високий, фотофорез має від'ємний знак, і частинки дисперсної фази рухаються до Сонця. Однак у міру їх підняття та падіння тиску знак фотофорезу змінюється і частинки починають рухатися у протилежному напрямку. Таким чином, вони ніби "замкнені" в тонкому шарі, де відбувається зміна знака фотофорезу. Внаслідок цього в певних ділянках стратосфери формуються стійкі аерозольні шари. Це сприяє накопиченню аерозолів в атмосфері, що впливає на прозорість стратосфери і в кінцевому результаті - на клімат Землі.

Термо- і фотофорез істотно впливають і на процеси утворення хмар, туману та на їх рух в атмосфері.

*Термопреципітація* - це явище осідання частинок аерозолу на холодній поверхні, наприклад, осадження пилу на стінах та стелі навпроти ламп, на поверхні теплих труб тощо. Вона пояснюється зменшенням кінетичної енергії частинок після осідання.

**Електричні властивості.** У частинок аерозолів переважно відсутній подвійний електричний шар, однак за відповідних умов вони можуть набувати певного електричного заряду.

Найчастіше частинки аерозолу заряджаються внаслідок адсорбції на їх поверхні йонів газу, які виникають під дією на нього космічних променів, фону природної радіоактивності або тонізуючого випромінювання.

Для одержання заряджених аерозолів не завжди використовують штучні способи йонізації, оскільки багато процесів утворення аерозолів пов'язані з

розподілом електричних зарядів. Зокрема, при одержанні аерозолів розпиленням порошків відбувається взаємне тертя частинок, що призводить до виникнення на них заряду. Розпилення рідин також супроводжується одержанням заряджених частинок, оскільки рідини майже завжди містять електроліти і тому на поверхні сорбуються йони того чи іншого знаку. Виникнення заряду може також відбуватися внаслідок орієнтації диполів молекул дисперсної фази в частинці.

Аерозолі, частинки яких мають однаковий за знаком заряд, називають *уніполярними*, різні заряди - *біполярними*. Зрозуміло, що уніполярні аерозолі стійкіші, ніж біполярні.

### **Коагуляція аерозолів та методи їх руйнування**

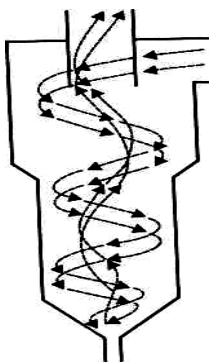
Аерозолі належать до нестійких дисперсних систем. Вони не мають факторів стабілізації, характерних для ліозолів. Тому, володіючи за високої дисперсності достатньою седиментаційною стійкістю, аерозолі є агрегативно нестійкими системами. Цим і пояснюється відносно невелика тривалість "життя" будь-якого аерозолу.

Внаслідок інтенсивного броунівського руху в системах з газовим дисперсійним середовищем, коагуляція аерозолів відбувається значно швидше, ніж ліозолів. На її швидкість впливає також полідисперсність аерозолів, форма частинок та наявність на них протилежних за знаком зарядів (біполярність).

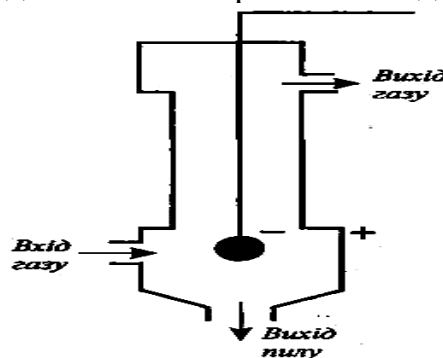
На практиці аерозолі руйнують кількома основними методами: зміною швидкості та напрямку потоку аерозолу, дією ультразвуку, фільтрацією та дією електричного поля.

Виділення дисперсної фази з аерозолу шляхом зміни швидкості та напрямку його руху проводять у спеціальних апаратах - циклонах - циліндричних резервуарах з конічним днищем (мал. 9).

При пропусканні потоку аерозолу крізь циклон у ньому виникають великі відцентрові сили, що примушують тверді частинки втрачати швидкість і



Мал. 9



Мал. 10

осідати на дно апарата. За допомогою циклона вдається осадити частинки з розміром більшим за  $1 \cdot 10^{-6}$  м.

Ультразвуковий метод використовують в основному для руйнування туманів, наприклад сульфатнокислого. Процес коагуляції відбувається дуже швидко, впродовж кількох секунд. Метод малоефективний для руйнування дуже розбавлених аерозолів.

Тонке очищення газів від аерозольних частинок досягається фільтруванням. З цією метою широко застосовують паперові, азбестові та тканинні

фільтри. Дуже дрібні частинки відокремлюють від газової фази за допомогою фільтрів з поруватих керамічних матеріалів.

Аерозолі можна зруйнувати також дією електричного поля високої напруги (до 50000 В), у якому відбувається йонізація молекул дисперсійного середовища (газу). З цією метою на практиці використовують електрофільтри (мал. 10.).

Під час пропускання крізь них аерозолі, частинки дисперсної фази адсорбують йони газу, набувають заряду і під дією електричного поля осідають на протилежно зарядженому електроді.

### **Значення аерозолів**

Практичне значення аерозолів дуже велике, оскільки утворення і переміщення природних аерозолів (хмар і туманів) значною мірою впливає на клімат регіону.

У сільському господарстві аерозолі застосовують для захисту рослин від шкідників та хвороб, а також для знищення бур'янів. Щоб захистити квітучі дерева від весняних приморозків, їх обкурюють - створюють димові завіси, спалюючи димові шашки.

У техніці і побуті аерозолі застосовують для покриття фарбою або лаком деталей машин, стін будинків та інших поверхонь. Порівнянно з іншими способами покриття, аерозольний метод дає значну економію матеріалів та часу.

Зростає значення аерозолів у побуті. У 60-х роках минулого століття з'явилися і швидко набули популярності аерозольні балончики, в яких рідина (розчин, суспензія або емульсія речовини), яку потрібно розпилити, під тиском фреону надходить у клапан-розпилювач і перетворюється на аерозоль, або спрей. Аерозольні балончики застосовують у парфумерії та з гігієнічною метою (дезодоранти), для розпилення лікарських препаратів, інсектицидів, фарб, лаків, емалей, для чищення віконного скла, скляного посуду тощо.

Аерозолі знайшли застосування у медицині, зокрема, лікування ними виявилось найефективнішим у боротьбі з багатьма захворюваннями верхніх дихальних шляхів. Застосовуючи різноманітні лікарські препарати у вигляді аерозолів (інгаляцій), лікують простудні, інфекційні та алергічні захворювання легенів, бронхів, горла та носа.

Проте необхідно знати і про негативне значення аерозолів для життєдіяльності людини. Промислові аерозолі, які утворюються в процесі видобування руд та вугілля, подрібненні матеріалів, виробництві цементу та спалюванні палива, завдають шкоди природі та загрожують здоров'ю людини.

Прикладом негативного впливу на довкілля є утворення в промислових містах різного типу смогів. Особливо небезпечними є кислотні смоги, бо внаслідок їх взаємодії з хмарами випадають так звані "кислотні дощі". Вони викликають підкислення ґрунту, зменшуючи його родючість, спричиняють засихання лісів, особливо соснових. Ставки та озера перетворюються у розчини кислот, у яких гине вся живність.

Частинки гірських порід, цементного пилу, вугілля, азбесту та деяких інших речовин, особливо канцерогенних, завдають непоправної шкоди здоров'ю людини, викликають важкі професійні хвороби. Попадаючи з



## **Рівень II**

4. Аерозолі належать до дисперсних систем, які характеризуються такими властивостями:

- а) належать до вільнодисперсних систем;
- б) дисперсійним середовищем є газ;
- в) розмір частинок дисперсної фази менше як  $10^{-9}$ м;
- г) містять тверду або рідку дисперсну фазу.

5. Встановити відповідність між процесом та його суттю:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1) термофорез        | а) зменшення дисперсності аерозоліу внаслідок укрупнення частинок дисперсної фази;   |
| 2) фотофорез         | б) осідання частинок аерозоліу на холодній поверхні внаслідок термофорезу;   |
| 3) термопреципітація | в) осідання частинок дисперсної фази внаслідок дії сили тяжіння;   |
| 4) коагуляція        | г) рух частинок аерозоліу при односторонньому освітленні;<br>д) напрямлене переміщення частинок аерозоліу у напрямку ділянки нижчої температури. |

6. Встановити відповідність між типом аерозолів та їх характеристикою:

- |          |   |
|----------|---|
| 1) туман | а) розмір частинок $> 10^{-5}$ м, дисперсна фаза тверда;  |
| 2) дим   | б) розмір частинок $10^{-9}$ - $10^{-5}$ м, дисперсна фаза тверда;  |
| 3) пил   | в) розмір частинок $< 10^{-5}$ м, дисперсна фаза тверда<br>г) розмір частинок $> 10^{-5}$ м, дисперсна фаза рідка |

## **Рівень III**

8. Обчислити середній радіус частинок диму (м), якщо дисперсність цього аерозоліу дорівнює  $6 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$ :

- а)  $6 \cdot 10^{-6}$ ;      б)  $8,3 \cdot 10^{-8}$ ;      в)  $1,67 \cdot 10^{-7}$ ;      г)  $3 \cdot 10^{-6}$ .

## **Позааудиторна самостійна робота № 16**

**Тема: Просторова будова органічних сполук**

### **План**

1. Будова атома Карбону та основні характеристики ковалентного зв'язку.
2. Просторова будова молекул вуглеводнів.
3. Просторова будова молекул деяких оксигеновмісних органічних сполук.

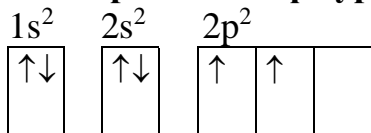
**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** систематизувати знання про просторову будову органічних сполук.

Здатність атомів Карбону сполучатися між собою у довгі ланцюги можна пояснити таким чином. Карбон розташований у другому періоді періодичної системи хімічних елементів, радіус його атома порівняно невеликий. В хімічних реакціях атому Карбону важко повністю віддати 4 валентні електрони або приєднати стільки ж електронів від інших атомів до утворення октету. Цим можна пояснити те, що Карбон легко утворює ковалентні зв'язки. Саме тому для органічних сполук є характерним переважно ковалентний зв'язок.

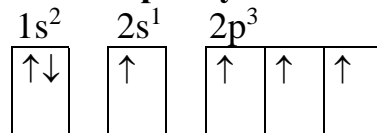
В 1874 році голландський вчений Я. Вант – Гофф висунув ідею про просторову (стереохімічну) будову органічних сполук. Найпростішим прикладом, який відображає таку будову, може служити молекула метану. В атома Карбону 6 електронів, які у звичайному стані розташовані слідуючим чином (мал. 11а). В такому стані він виявляє валентність, яка дорівнює двом. В дійсності, фізичними та хімічними методами було доведено, що в молекулі метану Карбон чотиривалентний. Це можна пояснити тим, що його атом переходить у збуджений стан (1 електрон з орбітали  $2s$  переходить на вакантну  $2p$  – орбіталь ( мал. 11б):

### Електронна конфігурація атома Карбону



**Основний стан**

Мал. 11а

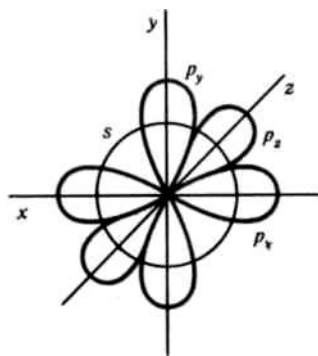


**Збуджений стан**

Мал. 11б

$1s$  і  $3 p$  – орбітали другого рівня гібридизуються (вирівнюються за формою та енергією). Таке вирівнювання орбіталей називається  $sp^3$  – гібридизацією. Експериментально доведено, що всі чотири гібридні орбітали атома Карбону в молекулі метану направлені одна відносно одної під тетраедричними кутами  $109^\circ 28'$ . Така просторова направленість дозволяє їм перебувати на максимальній відстані один від одного. В результаті перекривання гібридних  $sp^3$  – орбіталей і  $s$  – орбіталей чотирьох атомів Гідрогену утворюється молекула з міцними ковалентними зв'язками (мал. 12.)

### Будова молекули метану



$\xrightarrow{sp^3}$  гібридизація

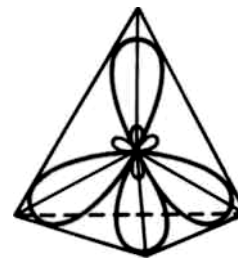
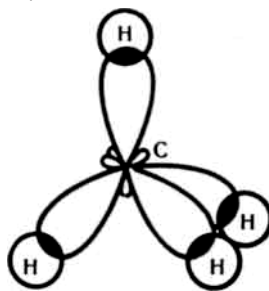
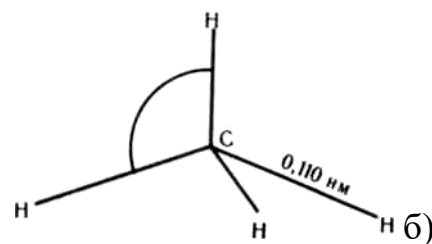


Схема утворення чотирьох гібридних орбіталей атома Карбону

$109^\circ 28'$



а)



Мал. 12.Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків (а); геометрія молекули метану (б)

Як пояснити утворення подвійного зв'язку в молекулі етилену з точки зору електронної теорії? Фізичні методи дослідження показали, що в молекулі етилену всі ядра атомів розташовані в одній площині. Відстань між ядрами атомів Карбону складає 0,134 нм (в алканів 0,154 нм), а валентні кути в молекулі  $120^\circ$ . Ці дані не відповідають уявленням про  $sp^3$ -гібридизацію. Очевидно, що у випадку подвійного зв'язку буде інший тип гібридизації, він називається  $sp^2$ -гібридизацією. При цьому гібридизації піддаються не всі орбіталі збудженого атома Карбону, а тільки три: s – орбіталь і дві p – орбіталі, вони розташовані в одній площині під кутом  $120^\circ$ .

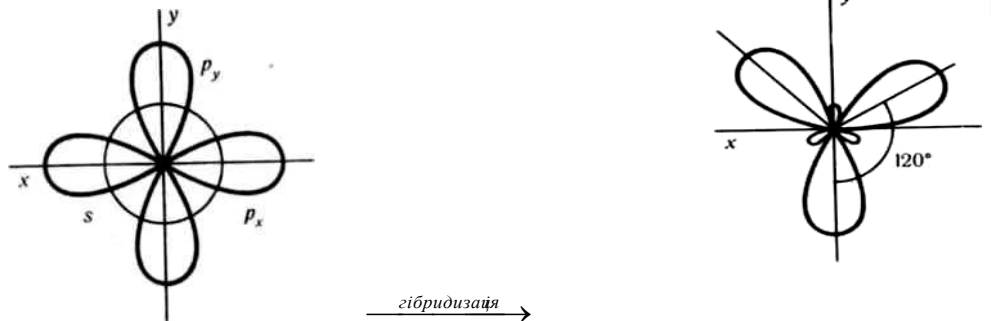


Схема утворення трьох гібридних електронних хмар атома Карбону.

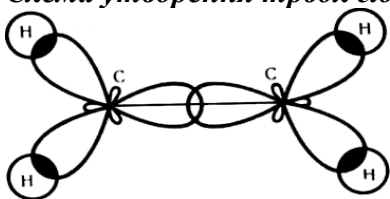
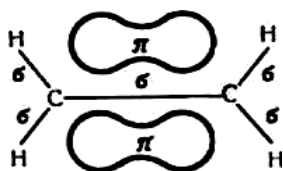


Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків.

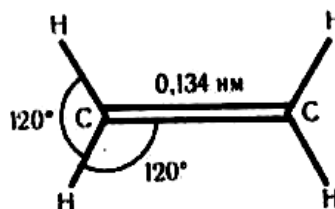
### Мал. 13

В кожного атома Карбону залишилося по одній негібридизованій p – орбіталі і тому її форма не змінилась. Ці орбіталі розташовані паралельно одна до одної і перпендикулярно до площини  $\sigma$ -зв'язків, вони частково перекриваються між собою над і під площиною  $\sigma$ -зв'язків з утворенням нового  $\pi$ -зв'язку. З встановленням  $\pi$ -зв'язку ядра атомів Карбону дещо стягуються, тому довжина подвійного зв'язку дорівнює 0,134 нм. ( мал. 14.):

Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків.



$\pi$ -Електронна хмара зв'язку між атомами Карбону

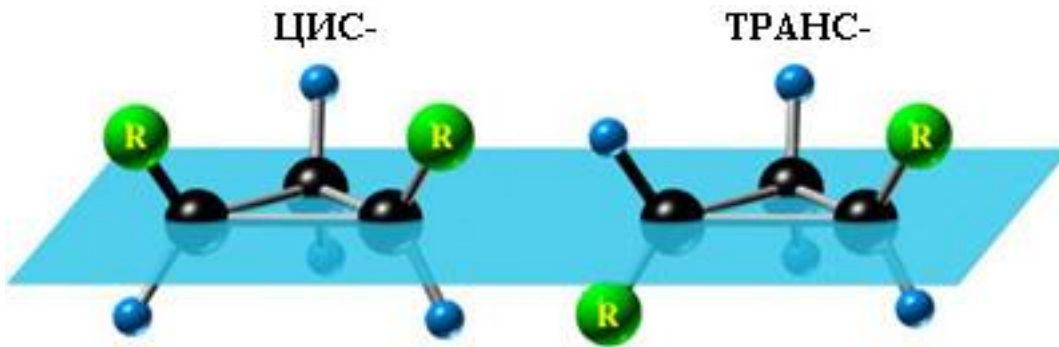


Геометрія молекули етилену

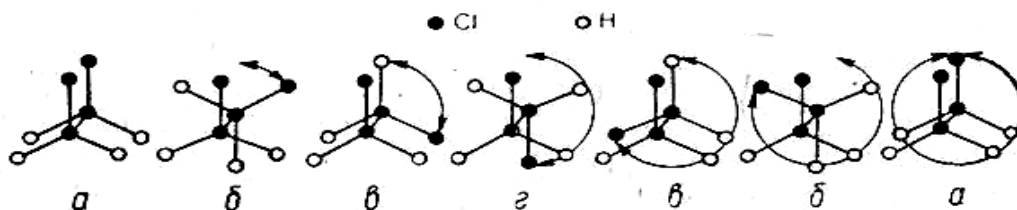
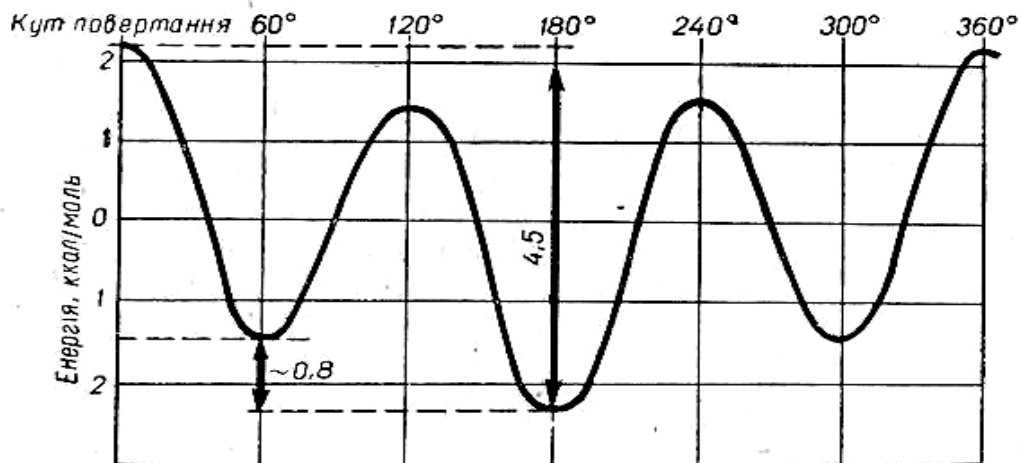
### Мал. 14

У похідних етилену можливе існування геометричної (*цис* – *транс* – ізомерії), яке зумовлене різним розташуванням замісників біля карбонових атомів відносно подвійного зв'язку. Пояснимо це явище на прикладі дихлоретилену  $\text{CHCl} = \text{CHCl}$ , який можна добути у вигляді двох

геометричних ізомерів; ці ізомери мають різні фізичні та хімічні властивості:

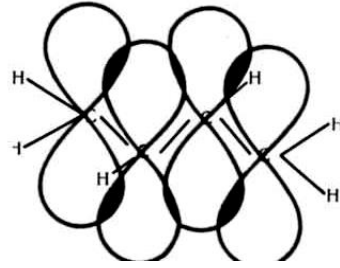
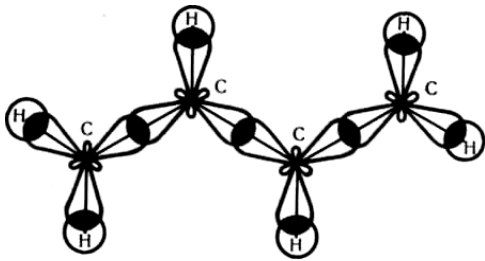


Геометрична ізомерія насичених сполук невідома; наприклад, дихлоретан  $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$  не має ізомерів, зумовлених різним розташуванням обох груп  $\text{CH}_2\text{Cl}$  відносно простого зв'язку  $\text{C}-\text{C}$ , бо навколо нього можливе вільне обертання атомів. Але ретельне вивчення фізичних властивостей різних насичених сполук показує, що внутрішнє обертання навколо простих зв'язків у багатьох випадках загальмоване, а не вільне: воно потребує певної витрати енергії. Ця обставина зумовлює існування молекул у вигляді енергетично нерівноцінних форм, які більш – менш легко можуть переходити одна в одну тільки внаслідок обертання навколо простого зв'язку. Такі форми називають **конформаціями**.



Мал. 15 Крива залежності потенціальної енергії молекули дихлоретану від будови поворотних ізомерів.

Дієнові вуглеводні містять два подвійні зв'язки, тип гібридизації і механізм її утворення аналогічний до алкенів (мал. 16)



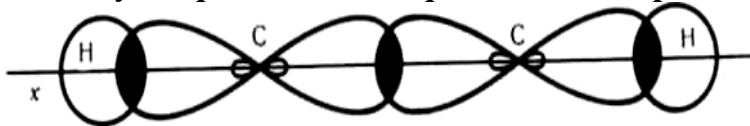
**Мал. 16** Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків у молекулі бутадієну та схема перекривання хмар  $p$ -електронів

У молекулі ацетилену відстань між ядрами атомів Карбону – 0,12 нм, атоми Карбону перебувають у стані  $sp$  – гібридизації.

У випадку потрійного зв'язку в гібридизації беруть участь по одному  $s$  – і  $p$  - електрону. В кожного атома Карбону є дві гібридизовані орбіталі, які максимально віддалені одна від одної (кут  $180^\circ$ ). По одній орбіталі вони витрачають на утворення  $\sigma$  - зв'язку  $C - C$ , інші орбіталі ідуть на утворення зв'язків  $C - H$  ( мал. 17.)

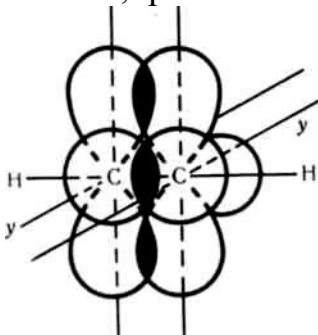


**Схема утворення двох гібридних електронних хмар атома Карбону.**



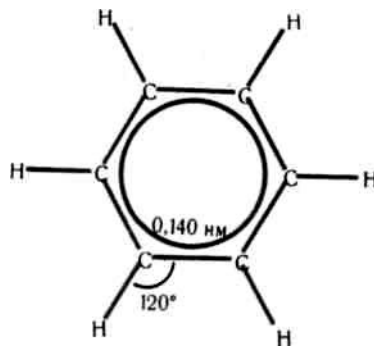
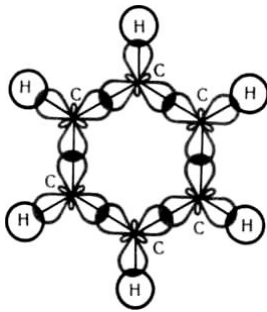
**Мал. 17** Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків у молекулі ацетилену.

Ті дві негібридизовані  $p$ - орбіталі, які залишилися в кожного атома Карбону, взаємно перекриваються, в результаті чого утворюються два  $\pi$  - зв'язки, розташовані взаємно перпендикулярно (мал. 18.)



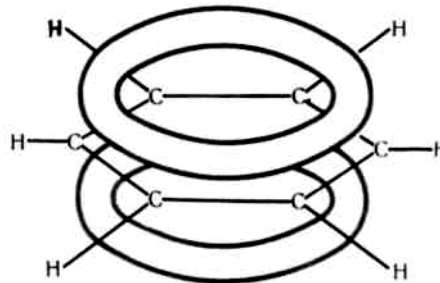
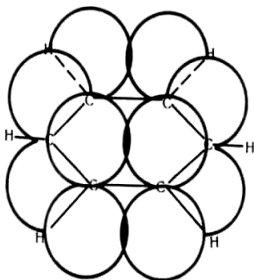
**Мал. 18.** Схема утворення  $\pi$ - зв'язків у молекулі ацетилену

Атоми Карбону в молекулі бензену перебувають у стані  $sp^2$  – гібридизації В кожного атома Карбону три гібридні орбіталі розташовані в одній площині під кутом  $120^\circ$ . З них дві орбіталі перекриваються з такими ж орбіталями сусідніх атомів Карбону з утворенням  $\sigma$  - зв'язків  $C - C$ , а третя орбіталь, перекриваючись з  $s$  – орбітальною атома Гідрогену, утворює ще один  $\sigma$  - зв'язок  $C - H$ . В результаті цих перекривань утворюються  $\sigma$  - зв'язки, розташовані в одній площині (мал. 19)



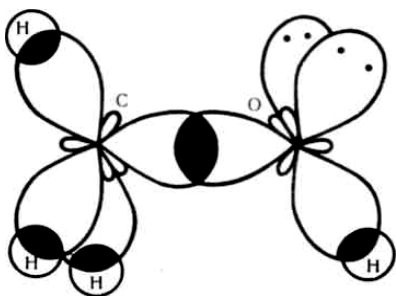
**Мал. 19** *Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків у молекулі бензену і геометрія молекули.*

Але у кожного атома Карбону залишається ще по одній негібридизованій орбіталі у формі симетричної вісімки. Оскільки ці орбіталі розташовані паралельно одна до одної і перпендикулярно до площини  $\sigma$  - зв'язку, вони взаємно перекриваються і утворюється єдина для всієї молекули  $\pi$  - електронна хмара, густина якої симетрично ділиться на дві частини площиною  $\sigma$  - зв'язків ( мал. 20). Під впливом  $\pi$  - електронної системи ядра атомів Карбону зближуються, відстань між ними скорочується до 0,14 нм . Електронна густина в молекулі бензену розподіляється рівномірно, томі зв'язки між атомами Карбону однакові. Таким чином, бензенове ядро - це стійка, міцна система. Хімічний зв'язок у молекулі бензену та його гомологах часто називають ароматичним.



**Мал. 20** *Схема перекривання хмар p-електронів у молекулі бензену та  $\pi$  - електронна хмара*

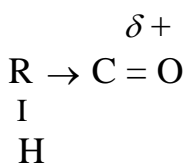
Одноатомні спирти можна розглядати як похідні насичених вуглеводнів, в молекулах яких один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу. У цих молекулах атоми сполучені між собою ковалентними  $\sigma$  - зв'язками. (мал. 21)



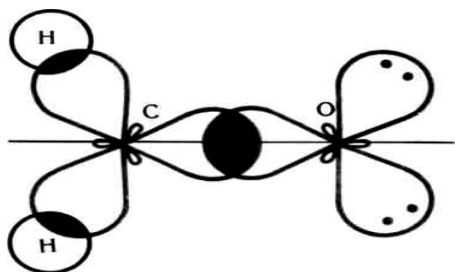
**Мал. 21** *Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків у молекулі метанолу.*

Особливості електронної будови альдегідів і кетонів зумовлені наявністю в їх молекулах карбонільної групи. В карбонільній групі атом Карбону

перебуває в стані  $sp^2$ -гібридації. В формальдегиді три орбіталі атома Карбону витрачаються на утворення  $\sigma$ - зв'язків з двома атомами гідрогену і атомом Оксигену (мал. 22). Ці зв'язки, як і в молекулі етилену, розташовані в одній площині під кутом  $120^\circ$ . Орбіталь негібризованого  $p$ -електрона атома Карбону розташована перпендикулярно до площини  $\sigma$ - зв'язку. Атом Оксигену однією  $p$ -орбіталлю сполучений з атомом Карбону (зв'язок  $C-O$ ), другою  $p$ -орбіталлю, розташованою перпендикулярно до першої, утворює з негібризованою  $p$ -орбіталлю Карбону  $\pi$ - зв'язок. Не дивлячись на певну подібність в електронній будові карбонільної групи і подвійного зв'язку молекули етилену, між ними існує велика різниця: електронна густина в молекулі етилену рівномірно і симетрично розподілена між атомами Карбону; в карбонільній групі електронна густина зміщена від Карбону до Оксигену як до більш електронегативного атома, тобто зв'язок  $C=O$  сильно полярний: на атомі Карбону виникає частковий позитивний заряд, на атомі Оксигену – частковий негативний:



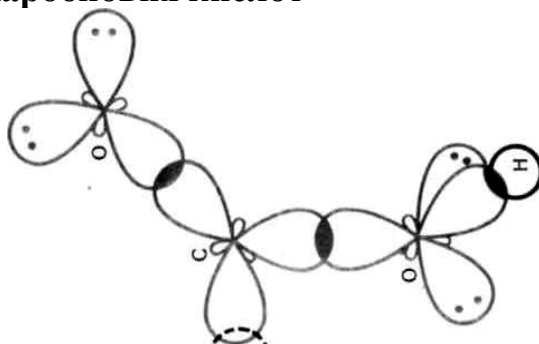
### Будова молекул альдегідів



Мал. 22 *Схема утворення  $\sigma$ -зв'язків у молекулі формальдегиду.*

Карбонові кислоти характеризуються наявністю функціональної групи атомів –  $COOH$ , яка називається карбоксильною. Її можна розглядати як сукупність карбонільної та гідроксильної груп (мал. 23)

### Будова молекул карбонових кислот



Мал. 23 *Схема утворення  $\pi$ -зв'язків у карбоксильній групі.*



2)  $sp^2$  – гібридизація

3)  $sp$  – гібридизація

б) площинна молекула,  $120^\circ$ , 0,143 нм;

в) тетраедрична молекула,  $109,5^\circ$ , 0,154 нм;

г) лінійна молекула,  $180^\circ$ , 0,12 нм;

д) тетраедрична молекула,  $120^\circ$ , 0,154 нм.

7. Встановити відповідність між класом сполук та особливостями будови їх молекул:

1) алкени

а) потрійний зв'язок;

2) алкіни

б) гідроксильна група;

3) арени

в) ароматичний зв'язок;

4) карбонові кислоти

г) карбонільна група;

д) подвійний зв'язок;

е) карбоксильна група.

## Позааудиторна самостійна робота № 17

**Тема: Хімічний зв'язок в органічних молекулах та взаємний вплив атомів**

### План

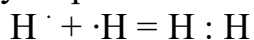
1. Характеристики ковалентного зв'язку.

2. Поняття про індукційний та мезомерний ефекти.

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** ознайомитися з типами хімічного зв'язку в органічних молекулах та взаємним впливом атомів один на одного.

В органічній та біоорганічній хімії найпоширенішим є ковалентний зв'язок. Він виникає в результаті усупільнення пари електронів двох атомів, які утворюють між собою хімічний зв'язок. Наприклад, два атоми Гідрогену утворюють молекулу водню:



Ковалентний зв'язок має певні характеристики. Розглянемо дві з них.

**Довжина** зв'язку – відстань між ядрами сусідніх атомів. Зі збільшенням кратності його довжина зменшується. Так, одинарний зв'язок має довжину 1,54 Å, подвійний – 1,34 Å, потрійний – 1,21 Å.

**Полярність** зв'язку – нерівномірний розподіл електронної густини між двома сусідніми атомами, які значно відрізняються своїми електронегативностями. Усі елементи періодичної системи Д. І. Менделєєва за електронегативністю розміщені в певній послідовності (шкала Полінга). За цією шкалою елементи що утворюють біоорганічні сполуки, розміщені так:

**F** - 4,0; **O** – 3,5; **Cl** – 3,0; **Br** – 2,8; **S** – 2,5; **C** – 2,5; **H** – 2,1.

Найбільшу електронегативність має атом Флуору, найменшу – атом Гідрогену. Якщо хімічний зв'язок утворюють атоми з однаковою електронегативністю, такий зв'язок буде неполярним, якщо атоми з різною електронегативністю – полярним.

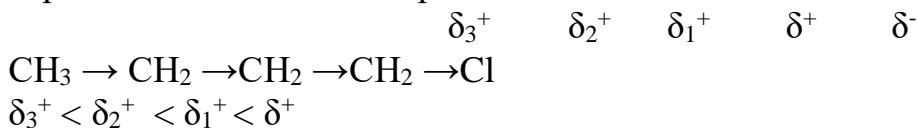
Що більша різниця електронегативностей між сусідніми атомами, то полярніший зв'язок (C – C – неполярний зв'язок, C - N - слабополярний; C – F - сильнополярний).

В органічній хімії розрізняють два типи зміщень електронів:

а) електронні зміщення, що відбуваються у системі  $\sigma$  – зв'язків; б) електронні зміщення, які передаються системою  $\pi$  – зв'язків. У першому випадку має місце так званий індукційний ефект, у другому – мезомерний.

**Індукційний ефект** – це перерозподіл електронної густини. Який виникає в результаті різниці електронегативностей між атомами молекули.

Як вже зазначалося, електронна густина в молекулах зміщена в бік більш електронегативного атома. Це зміщення передається вздовж  $\sigma$  – зв'язків карбонового скелета. Наприклад:



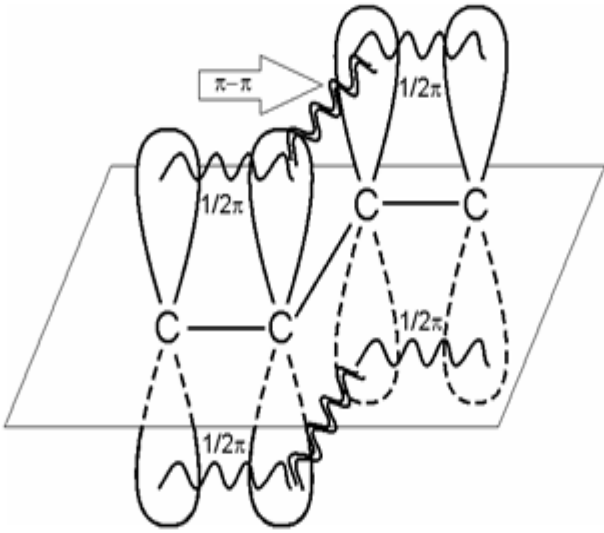
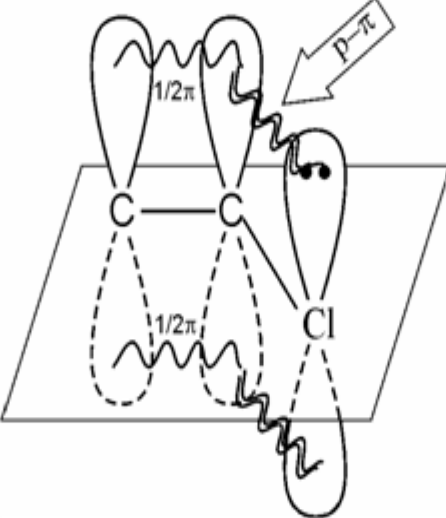
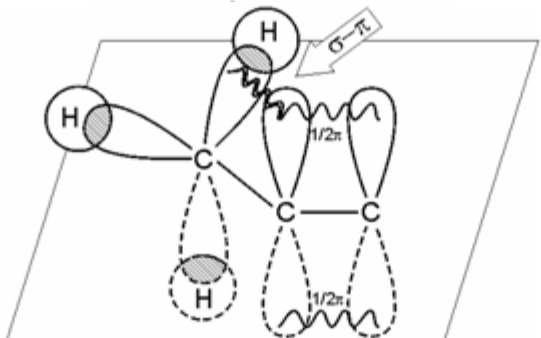
Атоми або групи атомів, що притягують до себе електрони, мають – I ефект, а замісники, які відштовхують від себе електрони, мають +I – ефект. Позитивний індукційний ефект мають алкільні радикали ( $\text{CH}_3$  -,  $\text{C}_2\text{H}_5$  –тощо). Усі інші замісники, сполучені з атомом Карбону, мають негативний індукційний ефект. Індукційний ефект графічно зображають прямою стрілкою.

**Мезомерний ефект** – це перерозподіл електронної густини вздовж системи спряжених  $\pi$  – зв'язків.

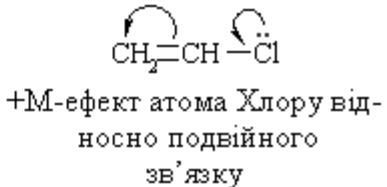
До спряжених систем належать молекули органічних сполук, в яких чергуються подвійні та одинарні зв'язки, або якщо поряд з подвійним зв'язком знаходиться атом, що має на р – орбіталі неподілену пару електронів. У першому випадку має місце  $\pi, \pi$  -, а у другому – р,  $\pi$  – спряження. Спряжені системи бувають з відкритим і замкненим ланцюгом спряження. Прикладом таких сполук є бута – 1.3 – дієн і бензин.

У молекулах цих сполук атоми Карбону перебувають у стані  $sp^2$  – гібридизації, і за рахунок негібридних р – орбіталей утворюються  $\pi$  – зв'язки, які, взаємодіючи між собою, утворюють єдину електронну хмару, тобто спостерігається спряження.

У замкнених спряжених системах делокалізація р – орбіталей виражена ще більше, завдяки чому в молекулі бензену електронна густина розподілена між усіма атомами Карбону

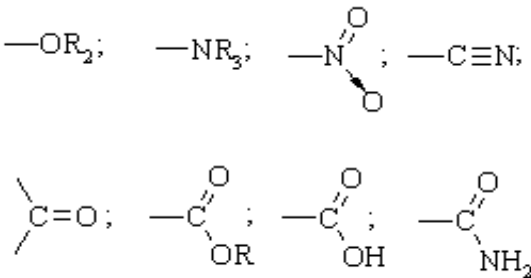

Формула	Орбітальна модель	Особливості супряження
$  \begin{array}{c}  \text{H} & & \text{H} \\  & \backslash & / \\  & \text{C} = \text{C} \\  & / & \backslash \\  \text{H} & & \text{H} \\  \text{1,3-бутадієн}  \end{array}  $		<p><b>π-π-супряження</b> характерне для молекул, в яких одинарні та подвійні зв'язки чергуються (алкадієни, ароматичні сполуки тощо)</p>
$  \begin{array}{c}  \text{H} & & \text{H} \\  & \backslash & / \\  & \text{C} = \text{C} \\  & / & \backslash \\  \text{H} & & \text{Cl} \\  \text{хлористий} \\  \text{вініл}  \end{array}  $		<p><b>р-π-супряження</b> характерне для молекул з подвійними зв'язками, в яких атом Карбону є сусіднім з атомом (в даному випадку це атом Хлору), що має на р-орбіталі неподілену пару електронів.</p>
$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\    \\  \text{H} \\  \text{пропієн}  \end{array}  $		<p><b>σ-π-супряження</b> утворюється за рахунок перекривання електронної орбіталі π-зв'язку та електронної густини орбіталі σ-зв'язку С-Н метильної групи.</p>

Є два види мезомерного ефекту – позитивний мезомерний ефект (+M) і негативний (-M). Позитивний мезомерний ефект виявляють замісники, що надають р – електрони у спряжену систему, а негативний – замісники, що відтягують на себе π – електронну густину зі спряженої системи. При цьому +M-ефект виявляють:

<p>– атоми або групи атомів, які мають на атомі, який безпосередньо сполучений з подвійним зв'язком, одну або декілька неподілених електронних пар: F &gt; Cl &gt; Br &gt; I (порядок наведено в послідовності зменшення +М-ефекту), а також –ОН, –ОСН<sub>3</sub>, –NHСН<sub>3</sub>, –N(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub> групи;</p>	
--	---

– атоми або атомні групи, які мають негативні заряди: O<sup>2-</sup>

Мезомерний ефект називають негативним (–М-ефект), якщо атоми або групи атомів приймають електронну густину від π -зв'язку (тобто являються акцепторами електронів). При цьому –М-ефект виявляють замісники, які приймають („стягують”) на себе електронну густину:

	
--	--

Мезомерний ефект графічно зображають зігнутою стрілкою, яка показує напрямок зміщення електронів.

### Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання скласти опорний конспект опрацьованого матеріалу.
2. Розглядаючи друге питання, звернути увагу на види індукційного та мезомерного ефектів та частинки, що виявляють ці ефекти.

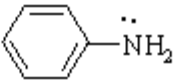
### Завдання для самоконтролю:

1. Заповнити порівняльну таблицю:

Індукційний ефект	Мезомерний ефект

2. Дати визначення поняттям: індукційний ефект (±I) і мезомерний ефект (±M).

3. Дати визначення поняттям: ефект спряження, спряжена система. У формулах сполук а)-г) показати розподіл електронної густини, вказати тип спряження:

а)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$	б)	$\text{CH}_3 - \ddot{\text{O}} - \text{CH} = \text{CH}_2$
в)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$	г)	

### Тести для самоконтролю:

#### Рівень I

- Вказати елемент, що має найменшу електронегативність:  
а) Хлор; б) Гідроген; в) Сульфур; г) Бром; д) Флуор.
- Який з параметрів не є характеристикою ковалентного зв'язку:  
а) довжина; б) полярність; в) геометричність.
- Який із замісників має - I - ефект:  
а) Cl - ; б) CH<sub>3</sub> - ; в) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> - ; г) C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> - ; д) C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> - .

#### Рівень II

- Вказати спряжену систему з замкненим ланцюгом спряження:  
а) пента - 1,3 - дієн; б) бензен; в) бута - 1,3 - дієн; г) гекса - 2, 4 - дієн.
- Який із замісників має - M - ефект:  
а) = C = O; б) Cl - ; в) Br - ; г) F - .

#### Рівень III

- Показати розподіл електронної густини в молекулах:

а)	$\text{O}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	б)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3$   CH <sub>3</sub>	в)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$
	1-нітропропан		3-метил-1-бутен		пропеналь

- У якій з молекул спостерігається σ - π - спряження:  
а) бута - 1,3 - дієн; б) пропілен; в) хлористий вініл; г) алільний карбокатион.

### Позааудиторна самостійна робота № 18

Тема: *Будова галогенопохідних вуглеводнів та їх медико - біологічне значення*

#### План

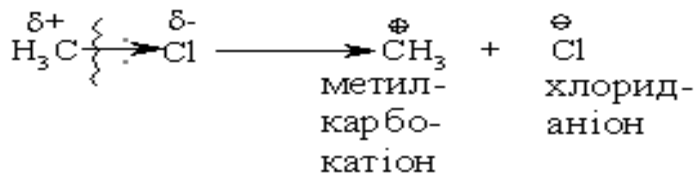
- Поняття про галогенопохідні вуглеводнів, їх класифікація та властивості.
- Медичне застосування окремих представників галогенопохідних алканів.

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** ознайомитися з будовою, властивостями та застосуванням галогенопохідних алканів у медичній практиці.

**Галогенопохідними вуглеводнів** називають похідні, що містять у молекулі один або кілька атомів галогену. Залежно від природи карбоногідрогенового радикала галогенопохідні поділяють на насичені, ненасичені та ароматичні. За кількістю галогенів галогенопохідні вуглеводнів поділяють на моно -, ди - і полі галогенопохідні.

В результаті великої полярності зв'язку C – Hal – електронна хмара зміщена до атома галогену. На сполученому з ним атомі Карбону виникає частковий позитивний заряд, який атакують різні нуклеофільні реагенти:



Таким чином, для галогенопохідних характерні реакції нуклеофільного заміщення ( $S_N$ ).

Окрім того, галогеналкани вступають у реакції відщеплення, або елімінування (E).

Для галогеналканів характерна висока наркотична дія. Тому деякі з них використовують як засоби для анестезії.

**Хлоретан (етилхлорид)  $C_2H_5Cl$**  використовують в медицині для місцевого знеболювання при невралгія, нейроміозитах, невеликих поверхневих порізах. Знеболювальна дія ґрунтується на тому, що в разі потрапляння на шкіру хлоретан швидко випаровується, спричинюючи значне охолодження ділянки шкіри та втрату больової чутливості.

**Хлороформ  $CH_3Cl$  (трихлорметан)** - безбарвна рідина з характерним солодкуватим запахом. ( $t_{\text{кип}}=61,2^0 \text{ C}$ ,  $\rho=1,483 \text{ г/см}^3$ ) Негорюча речовина, змішується з органічними розчинниками, погано розчинна у воді ( $w=0,32\%$ ), добре розчиняє жири, смоли, каучук.. Використовують його для екстрагування (від лат. Extraho – витягаю, вилучаю) речовин з рослинної сировини.

Має сильну наркотичну дію. Раніше його використовували в медицині для посилення дії нітроген (I) оксиду під час комбінованого інгаляційного наркозу, однак нині внаслідок високої токсичності не використовують.

**Йодоформ  $CH_3I$  (трийодметан)** - тверда кристалічна речовина лимонно – жовтого кольору з різким характерним запахом. Йодоформ з давніх часів використовують як антисептичний засіб у стоматології, а також як присипки та мазі для лікування інфікованих ран і виразок.

**Фторотан (2 – бром – 1,1,1 – трифлуор – 2 – бромметан)** – безбарвна рідина, що за запахом нагадує хлороформ. Малорозчинна у воді. Має сильну наркотичну дію і низьку токсичність. Фторотан широко використовують у медичній практиці як засіб для комбінованого інгаляційного наркозу.

**Трихлоретилен ( $Cl_2C = CHCl$ )** . Сильний наркотичний засіб. Використовують найчастіше для короткочасного наркозу.

**Бромметан** ( $t_{\text{кип}}=38,4^0 \text{ C}$ ,  $\rho=1,456 \text{ г/см}^3$ ) розчиняється у спирті, ефірах, ацетоні, бензені, погано – у воді (0,914 г в 100 г при  $20^0 \text{ C}$ ), зі спиртом утворює азеотропну суміш. Подразнює слизові оболонки, має наркотичну та анестезуючу дію, використовується як компонент вогнегасних сумішей.

Крім того, атоми галогенів входять до складу молекул багатьох лікарських препаратів, істотно впливаючи на їх фармакологічну дію. Наприклад, атоми Брому надають сполуці заспокійливої (седативної) дії.

### Методичні рекомендації

1. Після вивчення першого питання скласти формули моно -, ди – і поліхлорпохідного пропану.

2. При розгляді другого питання заповнити таблицю:

Формула галогенопохідного	Застосування в медицині

### Завдання для самоперевірки:

1. За якими ознаками класифікуються галогенопохідні вуглеводнів?
2. Які з галогенопохідних вуглеводнів мають анестезуючу дію?

### Тести для самоконтролю

#### I рівень

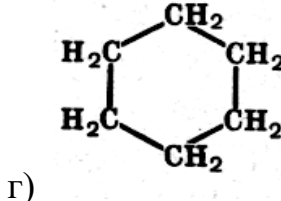
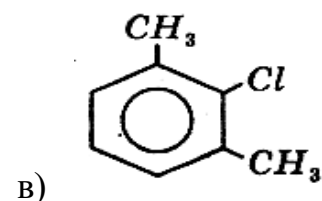
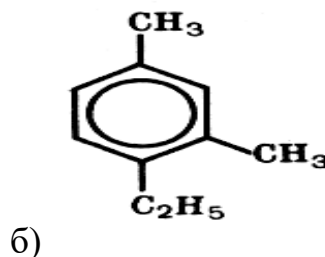
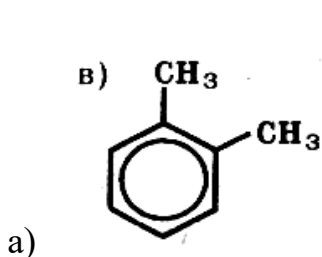
1. Вказати формулу бромметану:

- а)  $\text{CH}_4\text{Br}$  ;      б)  $\text{CH}_3\text{Br}$  ;      в)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$  ;      г)  $\text{CH}_5\text{Br}_2$  .

2. Яка з речовин належить до дигалогенопохідних алканів:

- а)  $\text{CH}_2\text{Br}_2$  ;      б)  $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$  ;      в)  $\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4$  ;      г)  $\text{CBr}_4$  .

3. Вказати формулу галогенопохідного бензену:



#### II рівень

4. Який тип реакції характерний для галогенопохідних вуглеводнів:

- а)  $\text{S}_\text{E}$  ;      б)  $\text{S}_\text{N}$  ;      в)  $\text{S}_\text{R}$  ;      г)  $\text{A}_\text{E}$ .

5. Які з реагентів будуть вступати у реакції нуклеофільного заміщення з галогенопохідними алканів:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$  ;      б)  $\text{NH}_3$  ;      в)  $\text{HNO}_3$  ;      г)  $\text{H}_2$  .

#### III рівень

6. Під дією якої з речовин, формули яких наведено нижче, будуть відбуватися реакції відщеплення у молекулах галогенопохідних:

- а) спиртовий розчин лугу;      б) нітратна кислота;  
в) водний розчин лугу;      г) галоген оводні.

7. Який об'єм хлору (н.у.) необхідно взяти для одержання дихлоропохідного метану, якщо у реакцію вступило 448 л метану?

8. Скласти структурну формулу фторотану.

## Позааудиторна самостійна робота № 19

### Тема: Орієнтувальна дія замісників у монозаміщених бензенах

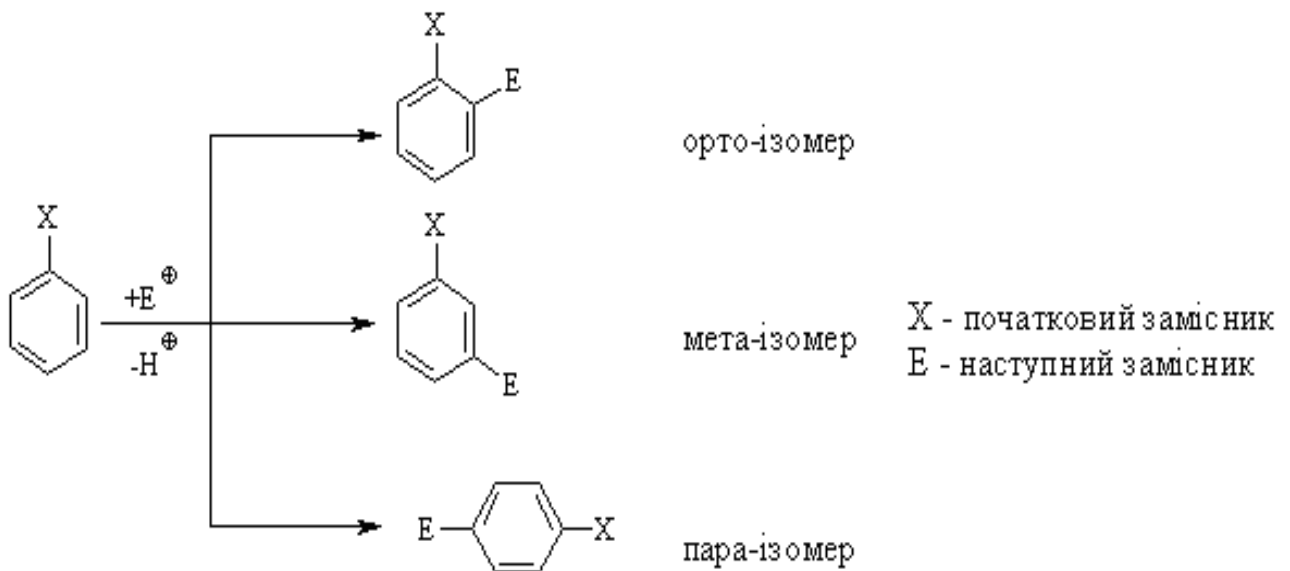
#### План

1. Поняття про замісники першого роду та їх вплив на бензенове ядро.
2. Орієнтувальна дія замісників другого роду

**Час виконання:** 2 години

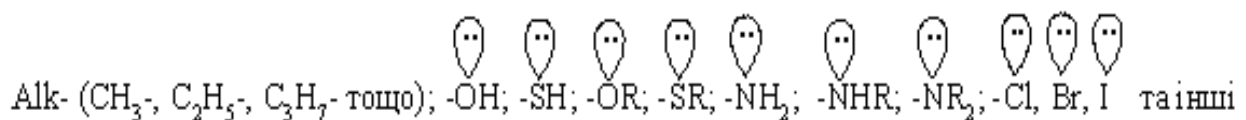
**Мета роботи:** Ознайомитися з класифікацією замісників за їх орієнтувальною дією на бензенове ядро; вдосконалити вміння складати рівняння хімічних реакцій.

Молекула бензену симетрична і тому всі атоми карбону абсолютно рівноцінні при утворенні монозаміщених продуктів реакції. Якщо у бензеновому ядрі уже є замісник і ми вводимо туди ще один, то при цьому можуть утворюватись наступні ізомери:

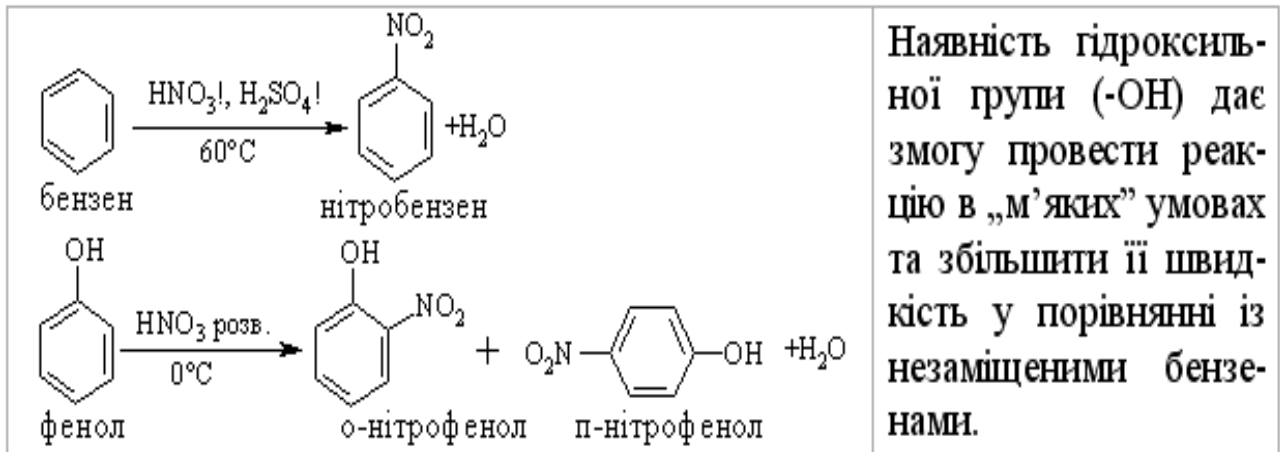


За орієнтувальною дією замісники поділяють на дві групи.

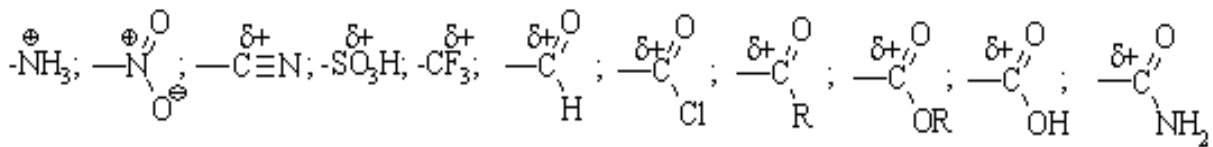
**Замісники I роду (орто- та пара-орієнтанти в реакціях  $S_E$ )** – це атоми або групи атомів, які є донорами електронів. За винятком алкільних радикалів (Alk-) вони мають вільні електронні пари на атомі, що безпосередньо поєднується із ароматичним ядром:



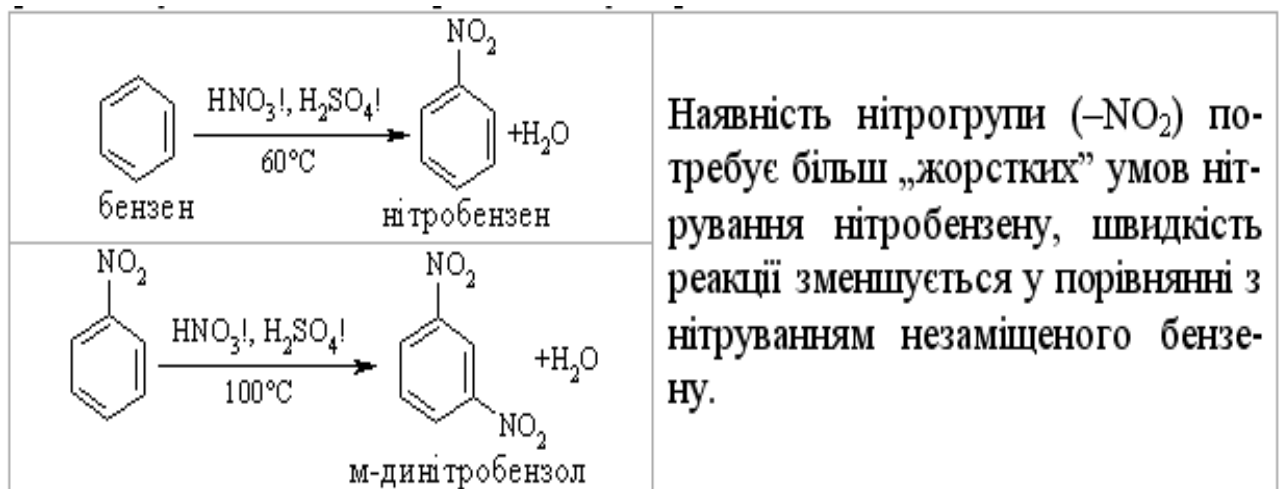
Збагачення ароматичного ядра електронною густиною прискорює реакції електрофільного заміщення ( $S_E$ ):



**Замісники II роду (мета-орієнтанти в реакції  $S_E$ )** – це групи атомів, які є акцепторами електронів. Вони мають цілий або частково позитивний заряд на атомі, що безпосередньо поєднується із ароматичним ядром:



Замісники II роду зменшують електронну густиною в бензеновому ядрі і знижують швидкість реакції  $S_E$  у порівнянні із незаміщеним бензеном:



### Методичні рекомендації

1. При розгляді першого питання скласти опорний конспект опрацьованого матеріалу.
2. Розглядаючи друге питання, ознайомитися замісниками II роду та їх орієнтувальною дією. Виписати замісники II роду.

### Завдання для самоперевірки:

1. Як поділяються замісники за орієнтувальною дією?
2. Як замісники I та II роду впливають на швидкість реакції  $S_E$ ?
3. У яке положення орієнтують електрофіл замісники I та II роду?

### Тести для самоконтролю

#### I рівень

1. Вказати групу атомів, яка є орієтантом першого роду:  
а)  $-\text{OH}$ ;                      б)  $-\text{NH}_2$ ;                      в)  $-\text{CF}_3$ ;                      г)  $\text{CH}_3$  - .
2. Вказати групу атомів, яка є орієтантом другого роду:  
а)  $-\text{C} \equiv \text{N}$ ;                      б)  $\text{CH}_3$  - ;                      в)  $-\text{SR}$ ;                      г)  $-\text{Br}$  - .
3. У яке положення буде орієнтувати електрофіл замісник  $\text{C}_3\text{H}_7$  - :  
а) в *орто* – положення;                      б) в *пара* – положення;  
в) в *орто* – і *пара* - положення;                      г) в *мета* – положення;

#### II рівень

4. При нітруванні толуєну розбавленою нітратною кислотою утвориться суміш:  
а) *м* – і *п* – нітрофенолів;                      б) *м* – і *о* – нітрофенолів;  
в) *о* – і *п* – нітрофенолів;                      г) тільки *м* – нітрофенол  
д) тільки *п* – нітрофенол.
5. Яка з сполук буде нітруватися найшвидше:  
а) бензен;                      б) нітробензен;                      в) динітробензен;                      г) тринітробензен.

#### III рівень

6. Дописати рівняння реакцій:  
а)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{Cl} + \text{HNO}_3 \rightarrow$                       б)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{COOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow$   
в)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$                       г)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$

### Позааудиторна самостійна робота № 20

Тема: „Функціональні похідні карбонових кислот

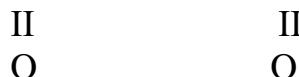
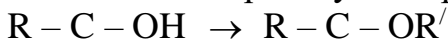
#### План

1. Будова, властивості та застосування естерів. Жири та воски.
2. Будова, властивості та застосування ангідридів карбонових кислот.
3. Поняття про галогенангідриди карбонових кислот.
4. Амідни та нітрили карбонових кислот.

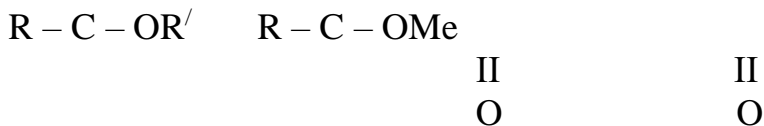
**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи :** ознайомитися з будовою, ізомерією, номенклатурою функціональних похідних карбонових кислот та їх застосуванням у медичній практиці.

**Естерами (складними ефірами)** називають похідні кислот, в молекулах яких атом Гідрогену в карбоксильній групі заміщений радикалом:



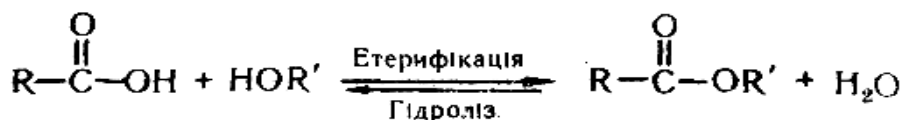
Таким чином, за своєю будовою естери подібні до солей:



*Естер*                      *сіль карбонової кислоти*

Але ця подібність тільки зовнішня: естери зовсім не схожі на солі. Найважливіша відмінність полягає у тому, що в той час, як солі завжди в тій чи іншій мірі дисоціюють на йони, естери зовсім не розпадаються на йони.

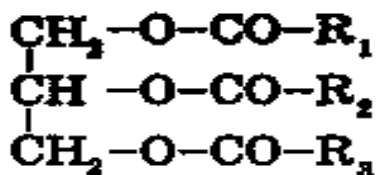
Оскільки одним із найважливіших способів одержання естерів є відщеплення молекули води від молекул кислоти і спирту, естери часто розглядають як *ангідриди кислоти і спирту*:



Естери найпростіших та середніх представників кислот та спиртів – це легші за воду рідини, леткі, у більшості випадків з приємним запахом фруктів, ними в значній мірі і зумовлений аромат фруктів. Більшість естерів погано розчинні у воді, зате в спирті і етері вони добре розчиняються.

**Оцтовоетиловий естер, або етилацетат** має температуру кипіння 78°C, має приємний освіжаючий запах. Значна його кількість іде на виробництво ряду лікарських речовин. Деякі естери бутанової кислоти теж мають приємний запах: етилбутират – абрикосів, бутилбутират – ананасів, етилізопентанат – яблук, хоча ці вихідні кислоти (бутанова та ізопентанова) мають дуже неприємний запах. Ці та цілий ряд інших естерів використовують для виготовлення штучних фруктових есенцій, які широко використовуються для виробництва фруктових вод, кондитерських виробів та в парфумерії. В більшості випадків для надання цим есенціям більш природного запаху і стійкості змішують декілька естерів з іншими речовинами, наприклад, з деякими альдегідами, кислотами та ін. Наприклад, малинова есенція складається з 14 речовин.

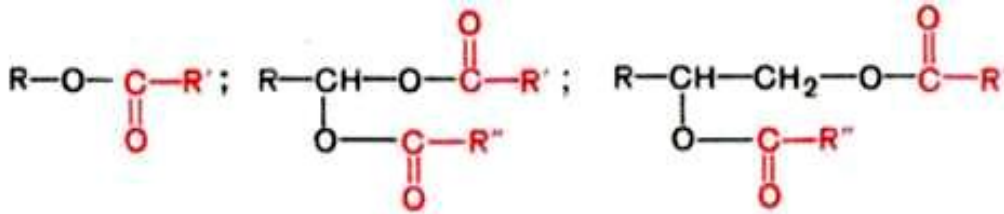
**Гліцеридами** називають естери гліцерину та високомолекулярних карбонових (жирних) кислот. Вони складають основну масу ліпідів (до 95 – 97%). До складу жирів в основному входять триацилгліцерини:



Найбільш розповсюджені в жирах кислоти містять від 12 до 16 атомів Карбону. Природні жири та олії - це суміш гліцеридів, які відрізняються, як правило, сукупністю відносно невеликого числа жирних кислот (гексадеканової, октадеканової, олеїнової, лінолевої та рицинолевої ).

В медицині на основі жирів готують різноманітні мазі, деякі речовини розчиняють у оліях (камфору – в оливковій олії).

**Восками** називають естери високомолекулярних одноосновних кислот і одноатомних високомолекулярних спиртів, загальна формула яких



До складу восків входять головним чином кислоти, які містять 24 – 32 атоми Карбону і спирти, карбоновий ланцюг яких складається з 16 – 24 атомів Карбону. В залежності від походження розрізняють рослинні, тваринні, викопні воски та воски, які виробляються комахами.

Воски широко розповсюджені у природі. В рослинах вони покривають тонким шаром листя, стебла, плоди, захищаючи їх від змочування водою, висихання, дії мікроорганізмів.

З рослинних восків промислове значення мають воски, які покривають листя пальм, воски ліпідів рису та соняшника.

З восків тваринного походження найбільшу роль відіграють спермацет і спермацетове масло, шерстяний жир, з восків комах – бджолиний віск. Перші два продукти виділяють з олієподібної маси, що міститься в голові кашалота і у довгому каналі, який проходить від голови до хвоста. З одного кашалота одержують 3 – 5 т спермацетового жиру. „Шерстяний жир” – жиропіт овечої шерсті, від жовтого до темно – коричневого кольору, з різким неприємним запахом. Після спеціальної обробки з нього одержують слабо забарвлений мазеподібний продукт.

Бджолиний віск складається з естерів кислот  $\text{C}_{26} - \text{C}_{30}$  та спиртів  $\text{C}_{14} - \text{C}_{31}$  і містить до 15% вуглеводнів.

Викопні воски – гірський віск (озокерит), віск бурого вугілля містить до 70% естерів кислот і спиртів з числом атомів Карбону більше 24.

Воски застосовуються як важливий вихідний продукт для одержання різноманітних миючих засобів, використовуються в косметиці для виготовлення кремів та помад.

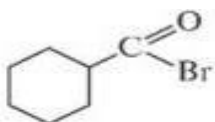
**Ангідриди карбонових кислот**  $\text{R} - \text{CO} - \text{O} - \text{CO} - \text{R}$  добувають відщепленням молекули води від двох молекул карбонової кислоти або взаємодією хлорангідридів з солями цих кислот:



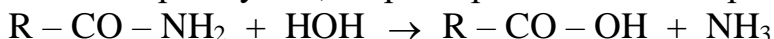
Ангідриди карбонових кислот – це безбарвні рідини або кристалічні речовини. Перші представники гомологічного ряду мають гострий запах, у воді малорозчинні.

**Оцтовий ангідрид**  $(\text{CH}_3 - \text{CO})_2\text{O}$  – безбарвна рідина із гострим запахом, у воді слабо розчинний. Поступово з нею взаємодіє. Його використовують для виробництва ацетилцелюлози, лікарських препаратів.

Замість карбонових кислот частіше використовують їх галогенангідриди:



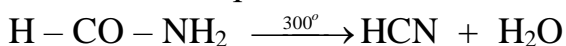
**Аміди карбонових кислот**  $R - CO - NH_2$  – це безбарвні кристалічні речовини або рідини, розчинні у воді й органічних розчинниках. Вони легко гідролізують, перетворюючись на карбонові кислоти:



Аміди також здатні перетворюватись на нітрили карбонових кислот під час нагрівання і під дією сильних водовідбирних речовин:



**Формамід**  $H - CO - NH_2$  – безбарвна гігроскопічна рідина,  $T_{\text{кип}} = 210,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , змішується з водою і спиртами. Його використовують як розчинник, а також для виробництва ціанідної кислоти:



**Сечовина (карбамід)**  $(NH_2)_2CO$  – кристалічна речовина без кольору і запаху, добре розчинна у воді. Вона є одним з важливих продуктів хімічної промисловості. Карбамід використовують для одержання полімерів, як нітратне добриво, для синтезу ліків, для виробництва гербіцидів.

**Нітрилами** називаються продукти заміщення Гідрогену в молекулі ціанідної кислоти  $HCN$  на радикали. Загальна формула  $R - C \equiv N$ . Назва нітрilів утворюється від назви відповідної кислоти і слова нітрil:

$CH_3 - C \equiv N$  – нітрil оцтової кислоти, ацетонітрil. Ацетонітрil використовується як розчинник і в різноманітних синтезах.

### **Методичні рекомендації**

1. При розгляді першого питання вписати означення кожного класу похідних карбонових кислот та їх загальні структурні формули.

Звернути увагу на подібність та відмінність у будові жирів та восків.

2. При розгляді другого питання ознайомитися з будовою та властивостями ангідридів карбонових кислот.

3. Ознайомлюючись з третім питанням, вписати означення галоген ангідридів.

4. Розглядаючи четверте питання, вписати загальні формули амідів та нітрilів карбонових кислот, звернути увагу на характеристичні групи, що входять до їх складу.

### **Запитання для самоперевірки:**

1. Які галузі застосування естерів нижчих карбонових кислот та спиртів вам відомі?

2. Навести формули кислот, які входять до складу жирів.

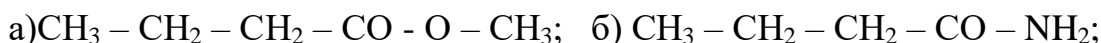
3. Скласти формулу ангідриду бутанової кислоти.

4. Які функціональні групи входять до складу амідів та нітрilів карбонових кислот?

### **Тести для самоконтролю**

#### **I рівень**

1. Вказати формулу речовини, яка належить до класу амідів карбонових кислот:



2. Яка з речовин є воском?



в)  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_3$ ; г)  $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{CO} - \text{O} - \text{C}_3\text{H}_7$ .

3. Спермацетовий жир одержують з :

- а) пальмового листа; б) залози кашалота;  
в) бджолиного воску; г) рослинних олій.

### II рівень

4. Амідом пентанової кислоти є:

- а)  $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{CO} - \text{O} - \text{C}_5\text{H}_{11}$ ; б)  $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{NH}_2$ ;  
в)  $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{CO} - \text{NH}_2$ ; г)  $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{CO} - \text{OH}$ .

5. Яка функціональна група входить до складу нітрилів:

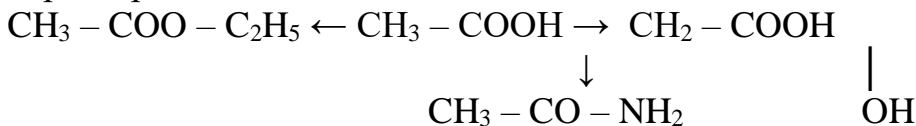
- а)  $-\text{NH}_2$ ; б)  $-\text{N} \equiv \text{N}$   
в)  $=\text{N} = \text{O}$ ; г)  $-\text{C} \equiv \text{N}$ .

### III рівень

6. Встановити відповідність між назвами і формулами речовин:

- 1) амід етанової кислоти а)  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{O} - \text{C}_3\text{H}_7$ ;  
2) нітрил бутанової кислоти б)  $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{C} \equiv \text{N}$ ;  
3) естер етанової кислоти в)  $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{N}$ ;  
г)  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{NH}_2$ .

7. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



## Позааудиторна самостійна робота № 21

### Тема: Ліпіди прості та складні

#### План

1. Поняття про ліпіди та їх класифікація.
2. Прості ліпіди, їх склад, будова та властивості.
3. Складні ліпіди, їх склад, будова та властивості.
4. Неомілювальні ліпіди, їх склад, будова та властивості

**Час виконання:** 2 години

**Мета роботи:** ознайомитися зі складом ліпідів, їх класифікацією та медико – біологічним значенням окремих представників.

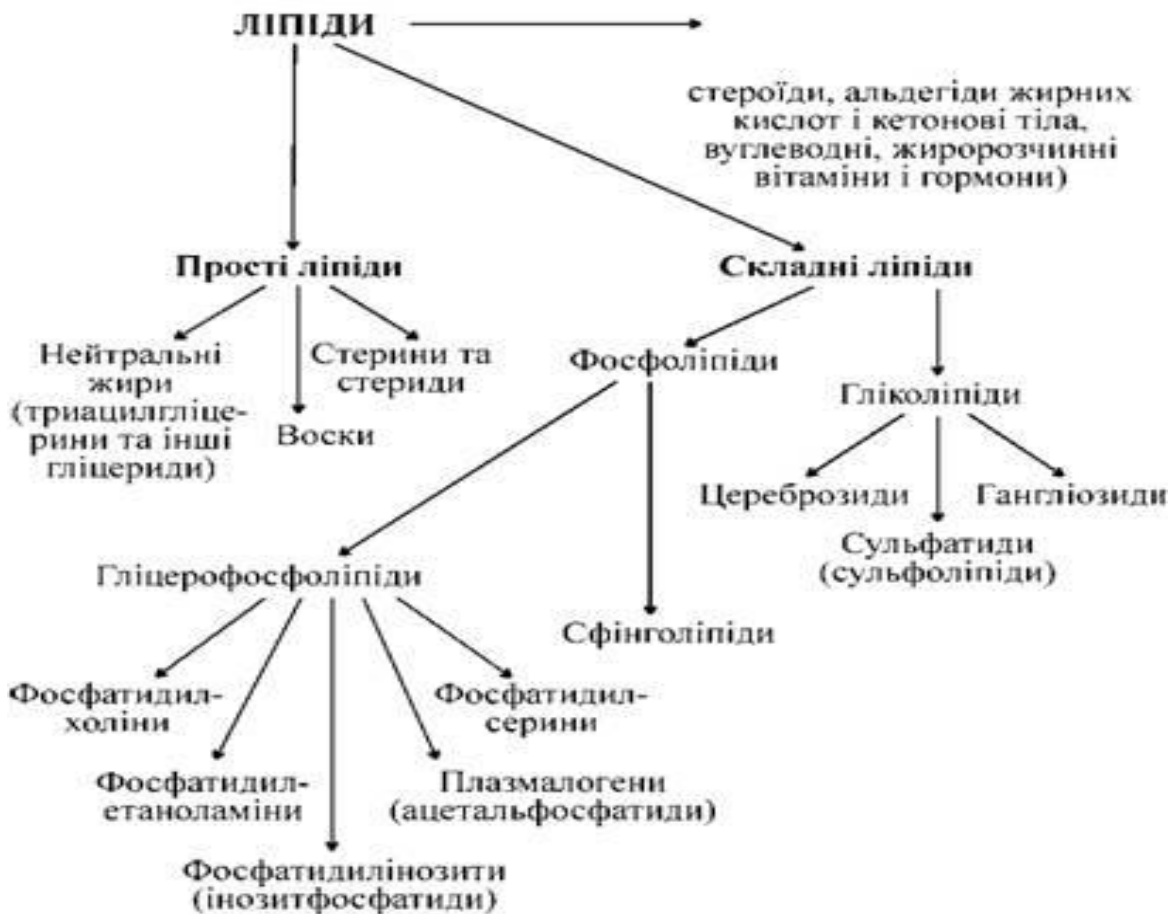
Під назвою ліпіди об'єднують велику й різноманітну групу речовин, що містяться у тваринних і рослинних тканинах. Вони не розчинні у воді, але розчинні в деяких органічних розчинниках (бензин, бензен, ацетон та ін.).

Ліпіди виконують у живих організмах низку важливих функцій. Вони є основним структурними компонентами клітинних мембран, відіграють захисну роль (захищають шкіру від висихання, а внутрішні органи від струсу,

утворюючи свого роду жирову подушку), слугують енергетичним «паливом», виконують функцію запасних поживних речовин і використовуються організмом у разі їх недостатнього надходження з їжею.

Залежно від здатності до гідролізу з утворенням у лужному середовищі солей вищих жирних кислот (мила) ліпіди поділяють на ті, що омилюються, та ті, що не омилюються. В свою чергу омилювальні ліпіди поділяються на прості, складні і похідні ліпідів. Прості ліпіди – це естери спиртів і жирних кислот. Сюди відносять жири, воски, стериди та складні естери вітамінів А і D. Складні ліпіди містять, крім спирту і жирних кислот, ще додаткові компоненти.

У схемі наведено склад простих і складних ліпідів.



Найчастіше прості ліпіди жирні кислоти утворюють із триатомним спиртом гліцерином. Цю групу сполук називають тригліцеридами. Група восків утворюється внаслідок узаємодії жирних кислот з одноатомними спиртами. Крім того, до групи простих ліпідів включають стероїди й терпени, які є похідними ізопренів і не містять у своєму складі жирних кислот.

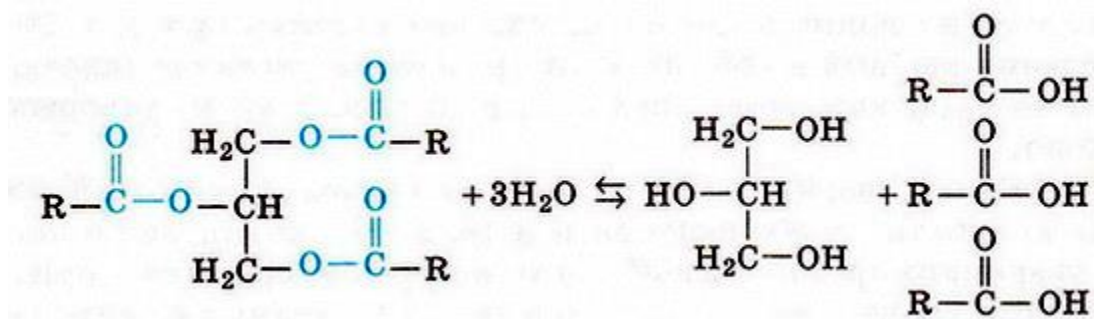
Жири, олії (гліцериди) – це естери гліцерину та вищих жирних кислот. У природі, за рідкісним винятком, трапляються лише повні естери гліцерину – тригліцериди.



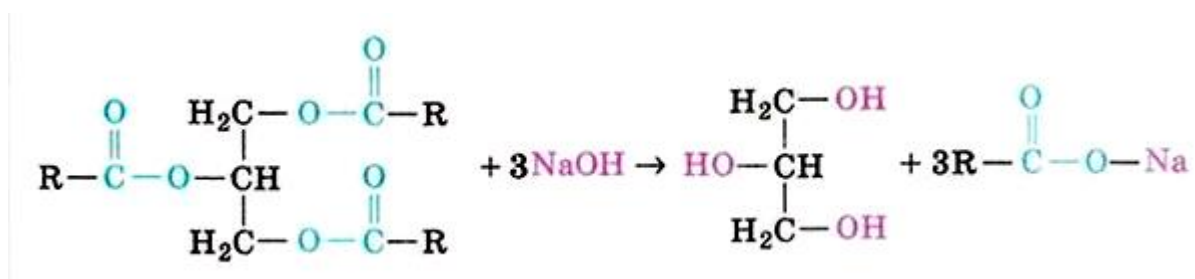
**Гліколіпіди** у своєму складі частіше за все мають галактозу або її похідні, хоча трапляються й інші представники вуглеводів. Їх найважливіша функція в мембранах клітин — утворення рецепторних структур. *Ліпопротеїди* утворюються внаслідок асоціації ліпідів зі специфічними білками. Вони трапляються в біологічних мембранах, мієлінових оболонках нервів, хлоропластах та у вільному вигляді в плазмі крові (де виконують транспортні функції).

### Хімічні властивості омилювальних ліпідів

**1. Гідроліз ліпідів.** Як і всі естери, ліпіди здатні до гідролізу. В організмі гідроліз відбувається під дією ферментів ліпаз:

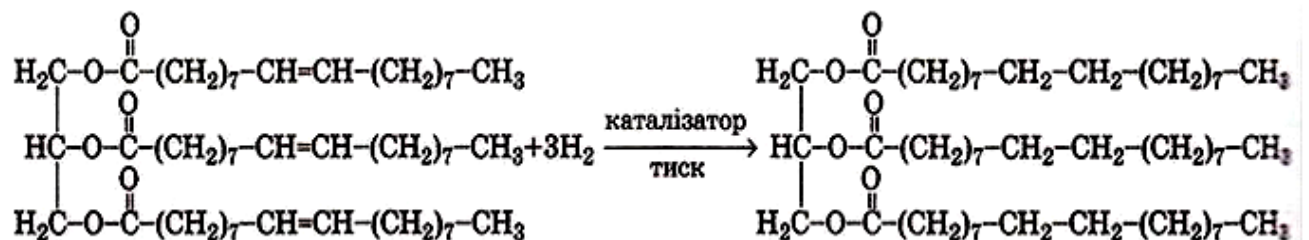


Під час лужного гідролізу (омилення) жирів водними розчинами лугів утворюється суміш гліцерину та солей вищих жирних кислот (мило):



**2. Окиснення ліпідів.** Окисні процеси за участю ліпідів досить різноманітні. Так, окиснення киснем повітря ненасичених жирів під час зберігання призводить до їх згіркнення. Пероксидне окиснення ліпідів – один з найважливіших окисних процесів в організмі. Він є основною причиною руйнування клітинних мембран (наприклад, при променевої хвороби).

**3. Гідрогенізація жирів.** В основі процесу лежить реакція приєднання водню за місцем подвійних зв'язків у залишках ненасичених карбонових кислот:



### Ліпіди, що не омилюються

До ліпідів, що не гідролізуються в лужному або кислому середовищі, належать ізопреноїди – група природних речовин – продуктів пертворення ізопрену. Структуру ізопреноїдів мають деякі лікарські препарати, вітаміни,

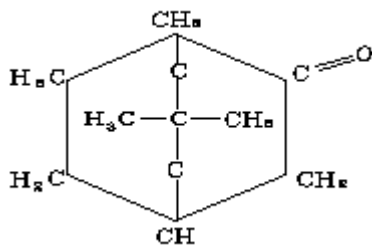
гормони, пахучі речовини тощо. До ізопреноїдів належать терпени, стероїди, каротиноїди.

**Терпенами** називають вуглеводні та їх похідні (спирти, альдегіди й кетони), скелет яких складається з двох, трьох чи більшого числа ланок ізопрену. Терпени можуть мати ациклічну і циклічну будову.

**Ментол** міститься у м'яті, має антисептичну, заспокійливу та знеболювальну дію. Входить до складу мазей. Втирання ментолу в шкіру викликає відчуття холоду, тому його застосовують при головних болях, запаленнях слизових оболонок носа й горла.

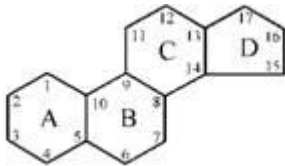
**Валідол** – це розчин ментолу в його естері з ізовалеріановою кислотою. Він заспокійливо діє на ЦНС, має судинорозширювальну дію. Його призначають при стенокардії, неврозах, «морській» та «повітряній» хворобах.

**Камфора** активізує серцеву діяльність, тому її використовують при серцевій недостатності, пригніченні дихання, отруєнні снодійними та наркотичними засобами.

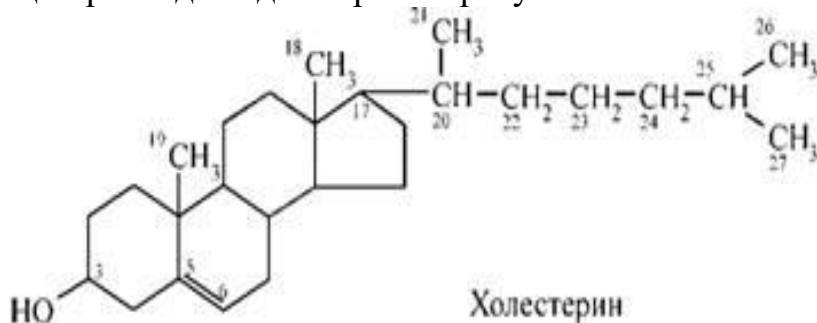


**Бромкамфору** використовують як заспокійливий засіб при захворюваннях ЦНС, для поліпшення серцевої діяльності.

**Стероїдами** називають речовини тваринного й рослинного походження, в основі яких лежить стеран:



**Холестерол (холестерин)** входить до складу клітинних мембран, особливо в нервовій тканині, виконує захисну функцію. При порушенні холестеринового обміну він відкладається на стінках кровоносних судин, що призводить до атеросклерозу.



**Жовчні кислоти** містяться в жовчі тварин і людини. Вони виробляються печінкою з холестерину. Необхідні для процесу травлення, емульгують жири і тим самим полегшують їх перетравлення та всмоктування.



4. Навести будову та біологічну роль складних ліпідів.
5. Що таке терпени? Навести приклади терпенів, що мають медико – біологічне значення?
6. Що таке стероїди? Навести приклади стероїдів та зазначити їх біологічну роль.
7. Що таке каротиноїди? У чому полягає їх біологічне значення?

**Тести для самоконтролю:**

**Рівень I**

1. Вказати вид ліпідів, що належить до групи простих ліпідів:  
а) гліцериди ; б) гліколіпіди; в) фосфоліпіди; г) ліпопротеїди; д) стероїди.
2. Вказати вітамін, що має стероїдну будову:  
а) вітамін А; б) вітамін В; в) вітамін С; г) вітамін РР; д) вітамін D.
3. Вказати ліпід, накопичення якого в організмі призводить до атеросклерозу:  
а) холестерол ; б) жовчні кислоти ; в) кортикостероїди ;  
г) глюкокортикоїди ; д) каротин.

**Рівень II**

4. Вказати вид ліпідів, різновидами якого є гліцерофосфоліпіди та сфінгомієліни :  
а) тригліцериди; б) гліколіпіди; в) фосфоліпіди;  
г) ліпопротеїди; д) стероїди.
5. Вказати, які ліпіди утворюють подвійний ліпідний шар у клітинній мембрані:  
а) тригліцериди; б) гліколіпіди; в) фосфоліпіди;  
г) ліпопротеїди; д) стероїди.

**Рівень III**

6. Вказати тип хімічної реакції, характерної для ліпідів, що омилуються:  
а) етерифікація; б) полімеризація; в) гідроліз;  
г) відновлення; д) заміщення.
7. При гідролізі жирів утворюються:  
а) етанол і вищі жирні кислоти;  
б) гліцерин і фосфатна кислота;  
в) гліцерин і вищі жирні кислоти;  
г) гліцерин, сфінгозин і вищі жирні кислоти;  
д) гліцерин і фосфатидна кислота.
8. Який об'єм водню (н. у.) витратиться на гідрування рідкого жиру масою 300 г, що містить три залишки олеїнової кислоти?

**Позааудиторна самостійна робота № 22**

**Тема: Структурна організація білків**

**План**

1. Типи зв'язків у білкових молекулах.
2. Рівні структурної організації білових молекул.

**Час виконання: 1 година**

**Мета роботи :** систематизувати знання про структурну організацію білків.

Дослідити хімічний склад білкових молекул, їх будову допомогло вивчення продуктів їх гідролізу. Як встановив німецький дослідник Е. Фішер, в результаті гідролізу одержується суміш різних  $\alpha$  - амінокислот. Найбільш часто у складі білків зустрічаються 20 амінокислот, які мають різну будову карбонового скелета; крім карбоксильних і аміногруп, до складу амінокислот можуть входити і інші групи (- OH, - SH).

В кінці XIX століття український біохімік О. Данилевський висловив припущення про присутність амідних груп в білковій молекулі. На початку XX століття Е. Фішер висунув поліпептидну теорію, згідно якої в молекулах білків велика кількість залишків амінокислот сполучені пептидним зв'язком.

Усі білки та пептиди мають унікальну тримірну просторову організацію (конформацію), що є структурною основою їх специфічної біологічної функції. Високовпорядковані конформації білкових молекул створюються на основі поліпептидних ланцюгів, що мають ковалентну структуру та стабілізуються за рахунок утворення між амінокислотними залишками певних пептидних ділянок слабких фізико – хімічних зв'язків і взаємодій.

### Типи зв'язків у білкових молекулах

#### 1. Ковалентні зв'язки

1. Пептидні зв'язки – (- CO – NH -) виникають внаслідок взаємодії карбоксильних та  $\alpha$  - аміногруп амінокислот, що утворюють пептидний ланцюг.

2. Дисульфідні зв'язки (- S – S -) – утворюються між залишками молекул цистеїну, що входять до одного або різних пептидних ланцюгів.

**2. Нековалентні зв'язки та слабкі взаємодії** – фізико – хімічні зв'язки, що беруть участь у взаємодії як певних частин одного пептидного ланцюга, так і різних, близько розташованих ланцюгів, утворюючи вищі рівні конформації білкових молекул.

1. Водневі зв'язки – виникають між двома електронегативними атомами за рахунок атома Гідрогену, ковалентно зв'язаного з одним із електронегативних атомів. Вони найчастіше утворюються між Гідрогеном, що входить до складу груп = NH, - OH, - SH та сусіднім атомом Оксигену, наприклад:



2. Йонні зв'язки – зв'язують між собою йонізовані амінні та карбоксильні групи.

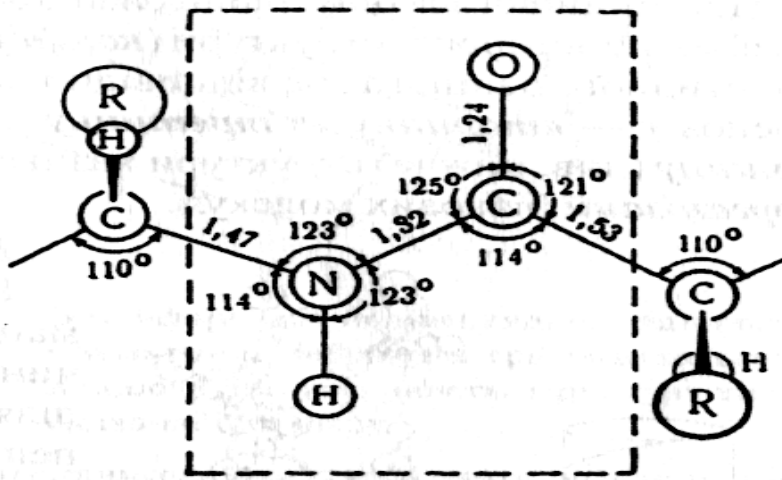
3. Дипольні зв'язки – електростатичні взаємодії постійних чи індукованих диполів, які можуть виникати між радикалами полярних амінокислот (серину, цистеїну, тирозину тощо), що входять до складу білкових молекул.

4. Гідрофобні взаємодії – слабкі взаємодії. Що виникають між бічними радикалами таких амінокислот, як валін, лейцин, ізoleyцин тощо за рахунок їх „виштовхування” з полярної (звичайно, водної) фази.

#### Первинна структура білків

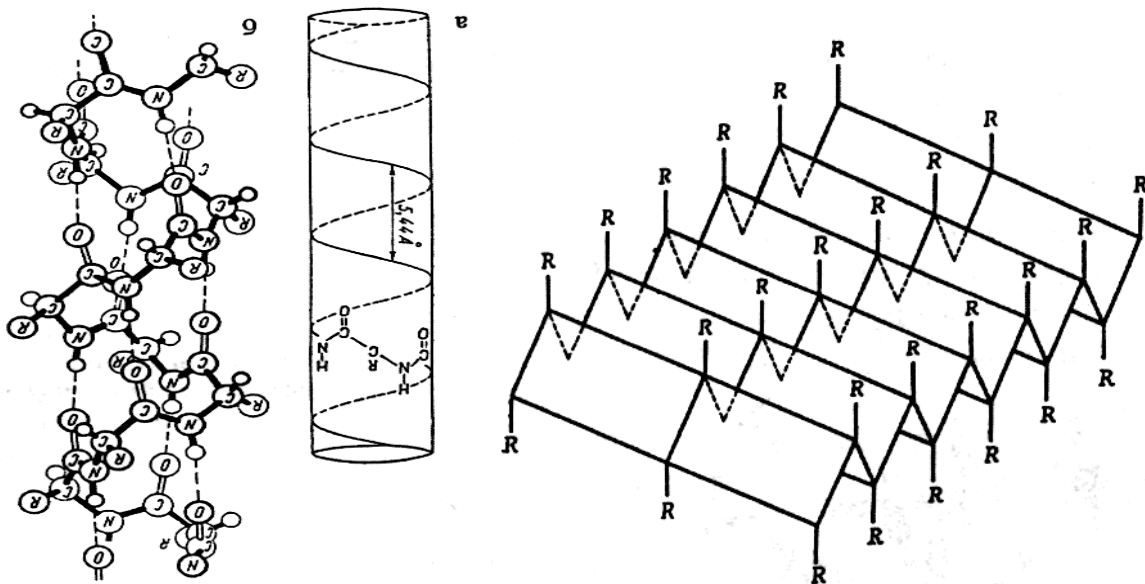
Під первинною структурою білків розуміють послідовність сполучення залишків амінокислот у поліпептидному ланцюгу. У поняття первинної

структури білка або пептиду входять його якісний та кількісний склад та порядок чергування окремих амінокислотних залишків. Порядок хімічного сполучення амінокислотних ланок – найбільш істотна причина різноманітності білків. Наприклад, для білка, в якому міститься лише 10 залишків різних амінокислот, можливе існування 3 628 800 ізомерів, які відрізняються порядком сполучення амінокислотних ланок.



Мал. 25. Параметри структурних елементів поліпептидного ланцюга (розміри подано в ангстремах;  $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ нм}$ )

Вторинна структура білків – це ряд конформацій, утворення яких зумовлено, головним чином, водневими зв'язками між окремими ділянками пептидного ланцюга або різними поліпептидними ланцюгами. Розрізняють два основних типи впорядкованої вторинної структури білкових молекул:  $\alpha$ -спіраль та  $\beta$ -структуру. (Мал. 15.)



Мал. 26. Модель вторинної структури поліпептидного ланцюга у вигляді  $\alpha$ -спіралі (а) і  $\beta$ -конформації

$\alpha$ -Спіраль – конформація, яка утворюється при просторовому скручуванні поліпептидного ланцюга за рахунок водневих зв'язків, що виникають між  $\text{C}=\text{O}$  - та  $\text{NH}$  - групами поліпептидного ланцюга, що віддалені одна від одної на чотири амінокислотних залишки. Водневі зв'язки в  $\alpha$ -спіралі спрямовані паралельно до осі молекули.  $\alpha$ -Спіраль можна уявити собі у

вигляді лінії, що йде по боковій поверхні уявного циліндра. На один оберт  $\alpha$  - спіралі припадає 3,6 амінокислотних залишків. Напрямок обертання поліпептидного ланцюга в природних білках – правий. Декілька білкових молекул із вторинною структурою у вигляді спіралей можуть взаємодіяти одна з одною, утворюючи міжмолекулярні комплекси, що являють собою суперспіралізовані (супервторинні) структури.

$\beta$  - Структура – структура типу складчастого шару, складається із зигзагоподібно розгорнутих поліпептидних ланцюгів, що розташовані поряд (двох або більшої кількості).  $\beta$  - Конформацію мають білки  $\beta$  - кератини, які складаються з зигзагоподібних, антипаралельно орієнтованих поліпептидних ланцюгів. Представником  $\beta$  - кератинів є фіброїн – фібрилярний нерозчинний білок шовку та павутиння.

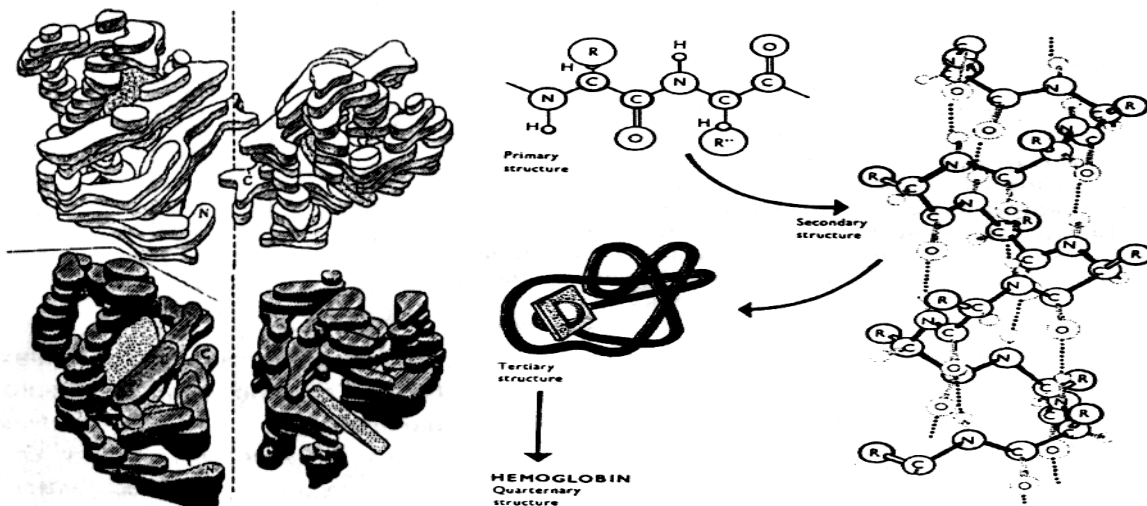
*Третинна структура білків* являє собою спосіб укладання в тримірному просторі поліпептидного ланцюга з певною вторинною структурою. Залежно від форми та особливостей тримірної просторової організації розрізняють глобулярні та фібрилярні білки.

*Глобулярні білки* – білки, що мають округлу (кулеподібну або еліпсоподібну) форму. Це альбумін сироватки крові, міоглобін м'язів, гемоглобін, більшість ферментних білків. Глобулярні білки побудовані з одного або з декількох зв'язаних дисульфідними містками поліпептидних ланцюгів, що згорнуті в щільні кулеподібні форми.

*Фібрилярні білки* – білки, структурною особливістю яких є витягнута форма молекул. Вони схильні до утворення мультимолекулярних ниткоподібних комплексів – фібрил, що складаються з декількох паралельних поліпептидних ланцюгів.

Фібрилярні білки є структурними компонентами сполучної та інших опорних тканин організму. Прикладами структурних фібрилярних білків є колаген – найбільш розповсюджений білок організму людини, що становить до 30% загальної кількості тканинних білків, еластин сполучної тканини,  $\alpha$  - кератин опірних тканин, епідермісу, шкіри, волосся.

*Четвертинна структура білків* утворюється при об'єднанні (агрегації) декількох поліпептидних ланцюгів або протомерів, кожен з яких має свою характерну впорядковану конформацію.



Мал. 27. Четвертинна структура молекули гемоглобіну

Білки з четвертинною структурою можуть включати як однакові протомери (гемоглобін), так і різні. У складі багатьох білків – ферментів містяться різні протомери, що виконують різні біохімічні функції (зокрема каталітичну та регуляторну).

### **Методичні рекомендації**

1. При розгляді першого питання звернути увагу на типи зв'язків у білкових молекулах.

2. Ознайомлюючись із матеріалом другого питання, замалювати структури білка.

### **Запитання для самоперевірки:**

1. Що таке поліпептидний ланцюг? Яка його будова?
2. Які різновиди вторинної структури вам відомі?
3. Як поділяються білки за своєю третинною структурою?
4. Як утворюється четвертинна структура білкової молекули?

### **Тести для самоконтролю**

#### ***I рівень***

1. Вказати пептидний (амідний) тип зв'язку:

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| а) - C – O – O – R; | в) - S – S - ; |
| б) – C – N – ;      | г) - N = N - . |
| П  І                |                |
| О  Н                |                |

2. Яка із структур є вторинною:

- |             |                          |
|-------------|--------------------------|
| а) глобула; | в) $\alpha$ - структура; |
| б) фібрила; | г) поліпептид.           |

3. Вказати найбільш розповсюджений білок людського організму:

- |                |             |
|----------------|-------------|
| а) гемоглобін; | в) еластин; |
| б) кератин;    | г) колаген. |

#### ***II рівень***

4. Який зв'язок належить до ковалентних:

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| а) дисульфідний; | в) дипольний; |
| б) водневий;     | г) йонний.    |

5. Поліпептидний зв'язок утворюється між C = O та NH – групами, які віддалені одна від одної на:

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| а) 3,6 амінокислотних залишки; | в) 3 амінокислотних залишки; |
| б) 2 амінокислотних залишки;   | г) 6 амінокислотних залишки. |

#### ***III рівень***

6. Скласти формулу тетрапептиду, який побудований із залишків аланіну.

### **Позааудиторна самостійна робота № 23**

#### **Тема: Структура вуглеводів**

#### **План**

1. Класифікація вуглеводів.
2. Розгляд структури моносахаридів на прикладі гексоз.
3. Структура олігосахаридів.
4. Структура полісахаридів.

**Час виконання: 1 година**

**Мета роботи:** систематизувати знання про структуру вуглеводів.

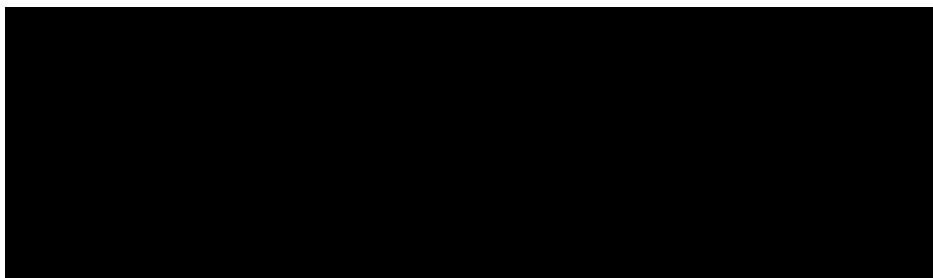
Вуглеводи – біоорганічні сполуки, що за своєю хімічною будовою є альдегідо – та кетопохідними багатоатомних спиртів, або поліоксіальдегідами та поліоксикетонами.

Вуглеводи, що відповідають зазначеним хімічним структурам і не підлягають гідролізу (тобто розщепленню водою на більш прості сполуки), є простими вуглеводами, або *моносахаридами*. Вуглеводи, що гідролізуються до моносахаридів, мають назву складних вуглеводів – *олігосахаридів* та *полісахаридів*.

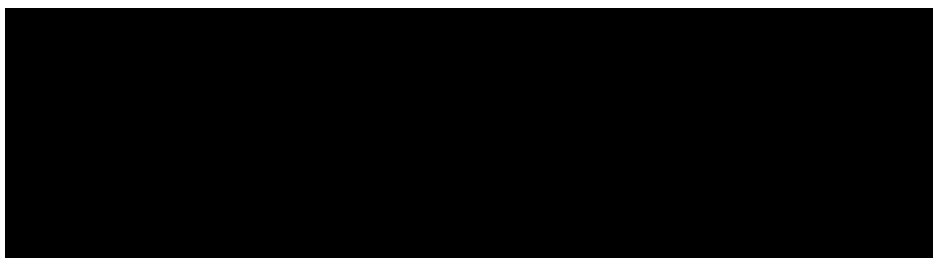
Залежно від кількості атомів Карбону, моносахариди поділяються на тріози, тетрози, пентози, гексози, гептози і т. і. Найбільш поширеними в тваринних організмах є гексози і пентози.

Гексози поділяються на *альдогексози*, до яких належать D - глюкоза та її ізомери галактоза, D - маноза, D - фукоза і *кетогексози*, представником яких є D - фруктоза.

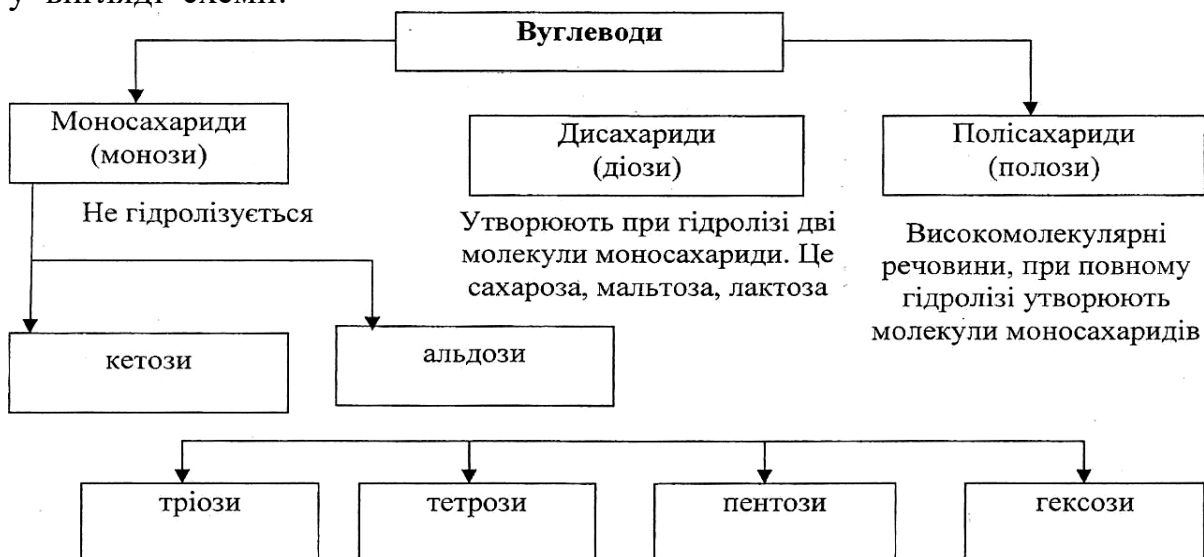
Найбільш поширеними серед пентоз є рибоза  $C_5H_{10}O_5$ :



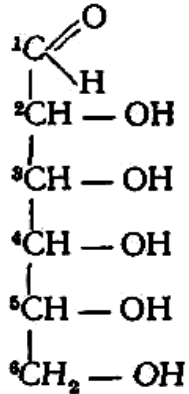
і дезоксирибоза  $C_5H_{10}O_4$ :



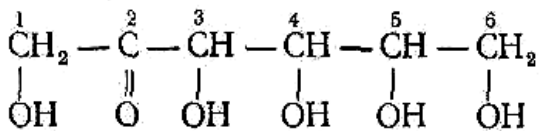
В загальному класифікацію вуглеводів за їх структурою можна зобразити у вигляді схеми:



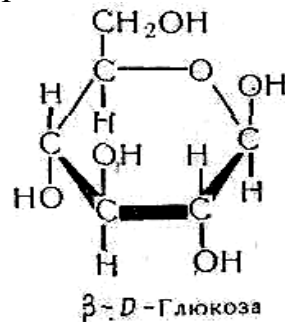
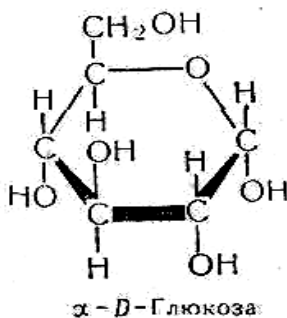
За молекулярною формулою глюкози можна скласти слідуючу структурну формулу:



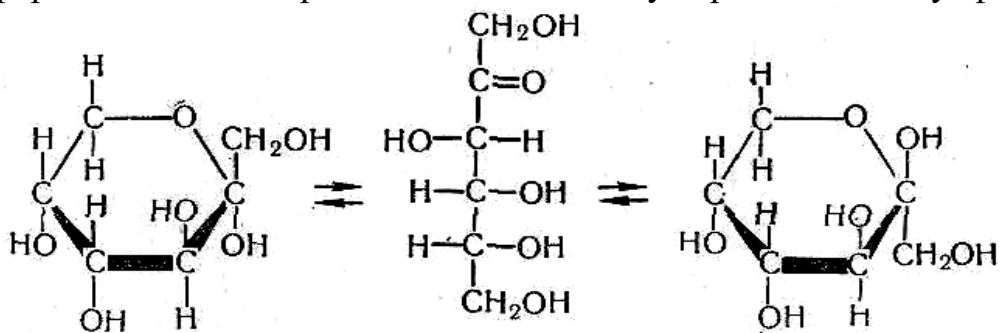
Для глюкози структурним ізомером є фруктоза:



Проте, при вивченні властивостей глюкози було виявлено такі властивості, які не узгоджуються з її будовою. Таким чином встановлено перетворення її лінійної молекули в циклічну. Циклічна формула показує не тільки порядок сполучення атомів, але й їх просторове розміщення. Одні атоми або групи атомів розміщені над площиною кільця, інші – під площиною. Над і під площиною кільця спостерігається чергування Н - і ОН - груп, тобто, можливі дві циклічні форми:

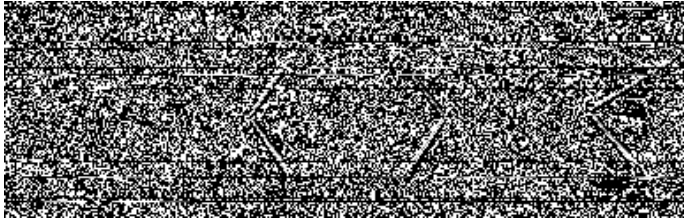


$\alpha$ - і  $\beta$ - форми глюкози переходять одна в одну через альдегідну форму

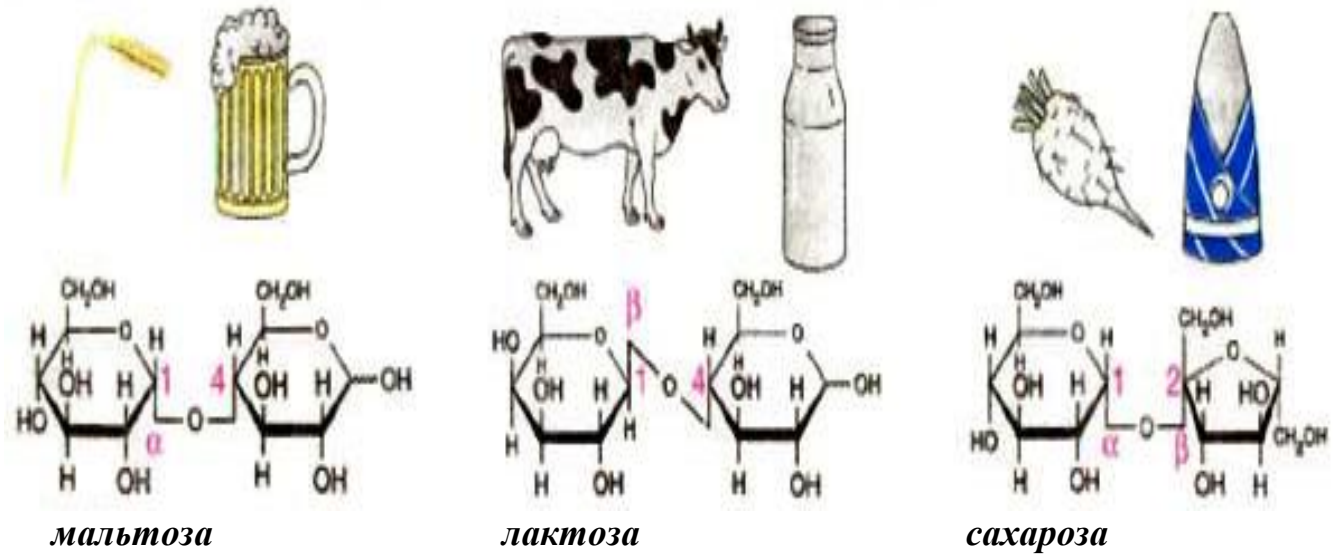


До *олігосахаридів* належать вуглеводи, при гідролізі яких утворюються від 2 до 8 молекул моносахаридів. Найбільше практичне значення мають дисахариди – сахароза  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  та її ізомери – мальтоза та лактоза.

Молекула сахарози складається із залишків  $\alpha$ -глюкози і  $\beta$ -фруктози:

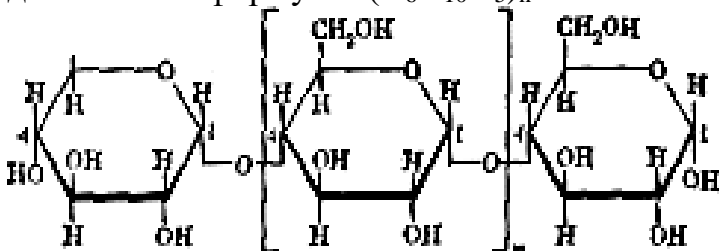


Молекула мальтози складається із залишків  $\alpha$ -глюкози.  
 При гідролізі лактоза розщеплюється на  $\beta$ -глюкозу і галактозу.

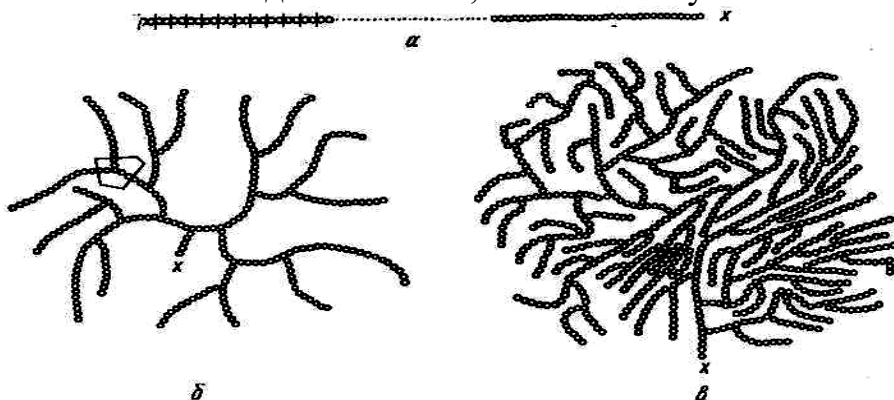


**Мал. 28. Найважливіші дисахариди – мальтоза, лактоза і сахароза**

Найважливішими гомополісахаридами, які складаються із залишків глюкози є крохмаль, глікоген і целюлоза. Їх склад можна виразити за допомогою формули  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .



Крохмаль складається із залишків  $\alpha$ -глюкози, а целюлоза із залишків  $\beta$ -глюкози. Крім того, молекули крохмалю відрізняються не тільки числом структурних ланок, а й структурою: одні з них мають лінійну структуру і молекулярну масу в декілька сот тисяч – це амілоза; інші – розгалужену з молекулярною масою в декілька мільйонів - це амілопектин. В крохмалі частка амілози складає 10 – 20%, амілопектину – 80 – 90%.



**Мал. 29. Будова амілози (а), амілопектину (б) і глікогену (в).**





3. Знайдіть у словнику значення нових термінів, незрозумілих слів, випишіть їх у зошит.
4. Читаючи текст вдруге, ведіть записи основних думок автора. Записи робіть своїми словами, не переписуючи текст дослівно.
5. Користуйтеся правилами запису текстів.
6. Прочитайте конспект ще раз, допрацюйте його.

#### ***Правила запису тексту конспекту:***

1. Запис має бути компактним, щоб на сторінці вмістилося якнайбільше тексту,- це покращить його огляд.
2. У тексті необхідно використовувати виділення та розмежування:
  - *підкреслення* (для заголовка, підзаголовка, висновків);
  - *відокремлення* однієї тези від іншої. У процесі первинного запису виділення краще робити робочим кольором; у процесі вторинного опрацювання виділення можна робити іншим кольором (при цьому не перетворюйте текст на яскраві малюнки);
  - *відступи* (для позначення абзаців, пунктів плану);
  - *пропуски* (для відокремлення однієї думки від іншої);
  - *нумерацію*;
  - *виділення тексту за допомогою рамки* (визначення, терміни, правила, формули, закони).
3. Записуючи текст, необхідно робити скорочення, умовні позначення. Із часом ви виробите свою систему ведення записів, зручну для вас.

Пам'ятка 4.

#### **Як розв'язувати розрахункові задачі**

1. Прочитайте уважно текст задачі і подумайте, до якого типу вона відноситься.
2. Виділіть дані відомі та невідомі величини.
3. Який хімічний (фізичний і т. д.) закон або поняття лежить в основі розв'язку задачі?
4. Виберіть найбільш раціональний шлях розв'язку задачі.
5. Складіть план розв'язку задачі.
6. Напишіть хімічну (фізичну, математичну) формулу або рівняння реакції, які необхідні для розв'язку задачі.
7. Запишіть у логічній послідовності хід розв'язку задачі, правильно виконайте обчислення. Запишіть одержану відповідь.
8. Чи можна цю задачу розв'язати іншим способом? Запропонуйте його.

## Зміст

Передмова.....	
Тематичний план.....	
Хімічні властивості s – елементів.....	
Біологічна роль Карбону.....	
d – Елементи – метали життя.....	
Ізомерія комплексних сполук.....	
Окисно – відновні реакції.....	
Способи вираження кількісного складу розчинів.....	
Сильні і слабкі електроліти.....	
Гідроліз солей.....	
Термохімічні розрахунки для визначення енергетичної цінності продуктів харчування.....	
Ферменти як біологічні каталізatori.Механізм дії ферментів.....	
Біологічна роль дифузійних та мембранних потенціалів.Потенціал дії та потенціал спокою.....	
Фізико – хімічні основи адсорбційної терапії: гемосорбція, плазмосорбція, лімфосорбція, ентеросорбція, аплікаційна терапія.....	
Хроматографія та її застосування в біології та медицині.....	
Проведення електрофорезу в дослідницькій та клініко - діагностичній лабораторії.Електрофореграми.....	
Аерозолі: методи одержання, властивості, руйнування.Застосування аерозолів у клінічній практиці.Токсична дія деяких аерозолів.....	
Просторова будова органічних сполук.....	
Хімічний зв'язок в органічних молекулах та взаємний вплив атомів.....	
Будова галогенопохідних вуглеводнів та їх медико – біологічне значення.....	
Орієнтувальна дія замісників у монозаміщених бензенах.....	
Функціональні похідні карбонових кислот.....	
Ліпіди.прості та складні.....	
Структурна організація білків.....	
Структура вуглеводів.....	