

Самостійні роботи з медичної хімії для спеціальності «Сестринська справа»

1	Хімічні властивості s – елементів
2	d- Елементи – метали життя
3	Окисно – відновні реакції
4	Ізомерія комплексних сполук.
5	Способи вираження кількісного складу розчину
6	Сильні та слабкі електроліти
7	Біологічна роль Карбону
8	Гідроліз солей.
9	Ферменти як біологічні каталізатори. Механізм дії ферментів
10	Термохімічні розрахунки для оцінювання енергетичної цінності харчування.
11	Біологічна роль дифузійних та мембранних потенціалів. Потенціал спокою. Потенціал дії.
12	Проведення електрофорезу в дослідницькій та клініко – діагностичній лабораторії. Електрофореграми.
13	Фізико - хімічні основи адсорбційної терапії: гемосорбція, плазмосорбція, лімфосорбція, ентеросорбція, аплікаційна терапія.
14	Аерозолі: методи одержання, властивості, руйнування. Застосування аерозолів у клінічній практиці. Токсична дія деяких аерозолів.
15	Хроматографія та її застосування в біології та медицині
16	Просторова будова органічних сполук.
17	Хімічний зв'язок в органічних молекулах та взаємний вплив атомів.
18	Будова галогенопохідних вуглеводів та їх медико – біологічне значення.
19	Орієнтувальна дія замісників у монозаміщених бензенах.
20	Функціональні похідні карбонових кислот.
21	Ліпіди прості та складні.
22	Структурна організація білків.
23	Структура вуглеводів.

Позааудиторна самостійна робота № 1

Тема: Хімічні властивості s - елементів

План

1. Поняття про активність металів.

2. Взаємодія лужних та лужноземельних металів з простими та складними речовинами.

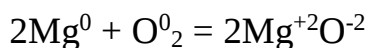
Час виконання: 2 години

Мета роботи: узагальнити знання про хімічні властивості s – елементів.

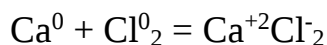
Хімічні властивості металів зумовлені здатністю їх атомів легко віддавати електрони з зовнішнього енергетичного рівня, перетворюючись на позитивно заряджені йони. Таким чином в хімічних реакціях метали проявляють себе енергійними відновниками. Це є їх головною загальною хімічною властивістю. Здатність віддавати електрони в атомів окремих металічних елементів є різною. Чим легше метал віддає свої електрони, тим він активніший, і тим енергійніше реагує з іншими речовинами. На основі досліджень всі метали були розташовані в ряд по зменшенню їх активності. Цей ряд вперше запропонував видатний вчений М. М. Бекетов. Такий ряд активності металів називають ще *витискувальним рядом металів або електрохімічним рядом напруг металів*. Він має наступний вигляд:

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H₂, Cu, Hg, Ag, Pt, Au

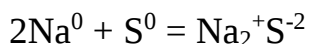
За допомогою цього ряду можна виявити який метал є активнішим за інший. У цьому ряді присутній водень, який не є металом. Його відновні властивості прийняті для порівняння за своєрідний нуль. Як бачимо, найактивнішими металами є метали головних підгруп I та II груп, тобто s – елементи. До цих елементів належать лужні метали (I група) та лужноземельні (Магній, Кальцій, Стронцій та Барій). Маючи властивості відновників, метали реагують з різними окисниками, насамперед з неметалами. З киснем метали реагують за нормальних умов або при нагріванні з утворенням оксидів, наприклад:



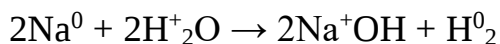
Активно відбуваються реакції s - елементів з галогенами, наприклад, згоряння кальцію у хлорі:



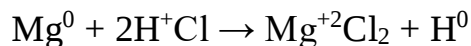
Реакції з сіркою:



Активні метали, що знаходяться в ряду активності металів до Mg, реагують з водою з утворенням лугів та водню:

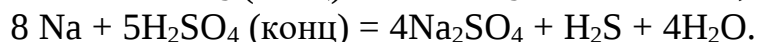
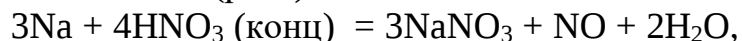


Лужні та лужноземельні метали витісняють (відновлюють) водень із розведених кислот:



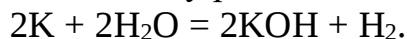
Атоми металів у цих реакціях є відновниками, а йони Гідрогену — окисниками.

Розглянемо відношення лужних металів до кислот-окисників на прикладі натрію:



Як видно з рівнянь реакцій натрій відновлює Нітроген (+5) у концентрованій HNO_3 до ступеня окиснення +2, а в розведеній - аж до -3. Сульфур (+6) в концентрованій H_2SO_4 теж відновлюється максимально - до найнижчого ступеня окиснення -2.

Відношення до солей. Лужні метали, які розміщуються на самому початку ряду напруг, належать до найбільш активних відновників, тому при внесенні їх у водні розчини солей малоактивних металів вступають у взаємодію не з самою сіллю, а з водою, що міститься у розчині, наприклад:



Отже, метали здатні реагувати з неметалами, водою, кислотами. У всіх цих випадках метали окиснюються і є відновниками. Для прогнозування перебігу хімічних реакцій за участю металів слід використовувати витискувальний ряд металів.

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання скласти опорний конспект і звернути увагу на положення s - елементів у витискувальному ряду.
2. Розглядаючи друге питання, скласти рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості лужних та лужноземельних металів на прикладі калію та кальцію.

Завдання для самоконтролю:

1. Який з лужних металів – калій чи натрій буде більш активним? Чому?
2. Чому лужні метали не витісняють менш активні метали з розчинів їх солей?

Тести для самоконтролю:

Рівень I

1. Вказати металічний елемент, який належить до s – елементів:
а) Ферум; б) Купрум; в) Гідроген; г) Цезій.
2. Вказати продукти реакції, які утворюються при взаємодії натрію з водою:
а) натрій гідроксид і вода; б) натрій гідроксид і водень;
в) натрій оксид і вода; г) натрій оксид і водень.

3. Вказати властивості, які у хімічних реакціях проявляють оксиди s – елементів:

- а) основні оксиди; б) кислотні оксиди;
в) кислотні оксиди; г) несолетворні оксиди.

Рівень II

4. Хімічний елемент з конфігурацією енергетичного рівня $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ належить до:

- а) s – елементів; б) p- елементів; в) d – елементів; г) f – елементів.

5. У скільки разів маса атома Барію більша за масу атома Натрію:

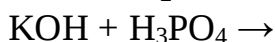
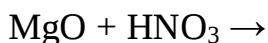
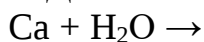
- а) у 3 рази

6. Розташувати метали K, Ca, Na, Mg у порядку збільшення їх хімічної активності:

- а) K, Ca, Na, Mg; б) Na, Mg, Na, K; в) Mg, Na, Ca, K; г) Ca, Na, Mg, K.

Рівень III

7. Дописати рівняння практично здійснюваних реакцій:



8. Яка маса солі утвориться при взаємодії сульфатної кислоти з 400 г 2% - го розчину натрій гідроксиду?

Позааудиторна самостійна робота № 2

Тема: Біологічна роль Карбону

План

1. Особливості будови атома Карбону.
2. Ступені окиснення атому Карбону у сполуках.
3. Властивості неорганічних сполук Карбону.
4. Біологічна роль сполук Карбону.

Час виконання - 2 години.

Мета роботи: ознайомитися з біологічною роллю Карбону та його неорганічних сполук.

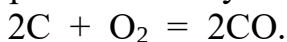
Карбону належить головна роль в утворенні біосистем. Атоми Карбону, завдяки особливій будові верхнього енергетичного рівня (чотири валентні електрони в збудженому стані розміщені на $2s^1 2p^3$ орбіталях, здатних до sp^3 -, sp^2 - і sp -гібридизації), утворюють міцні зв'язки – прості, подвійні або потрійні. Вони сполучаються між собою у лінійні, розгалужені та циклічні структури, причому можуть замикатися в цикли як між собою, так і за участю гетероатомів (N, P, O, S), утворюючи карбоциклічні та гетероциклічні сполуки.

У хімічних сполуках Карбон може виявляти різні ступені окиснення: -4 (CH_4 , SiC), -1 (CaC_2 , Ag_2C_2), 0 ($\text{C}_{\text{графіт}}$, $\text{C}_{\text{алмаз}}$), +2 (CO, HCN), +4 (CO_2 , H_2CO_3), причому в складі однієї молекули можуть знаходитися атоми з різними

ступенями окиснення. Це також є причиною багатоманітності сполук даного елемента.

Неорганічними сполуками Карбону є його бінарні сполуки з металами (карбіди – CaC_2 , Al_4C_3 та ін.) та неметалами (CS_2 , CF_4 , SiC), оксиди (CO і CO_2), карбонатна кислота та її солі (карбонати і гідрогенкарбонати), ціанідна і тіоціанатна кислоти та солі цих кислот – ціаніди, тіоціанати (роданіди) та ін.

Карбон (II) оксид, або чадний газ CO – це безбарвний, *дуже отруйний газ*, який одержують при неповному згорянні різних видів палива



У хімічному відношенні це несолетворний оксид, який за звичайних умов не реагує з водою, кислотами, лугами. Тільки при пропусканні його крізь розплав лугів утворюються солі метанової кислоти:



З гемвмісними білками, зокрема гемоглобіном крові, карбон (II) оксид утворює карбоксигемоглобін – стійку комплексну сполуку, яка на відміну від гемоглобіну не може зв'язувати і переносити кисень від легень до тканин. Тому вже при незначній концентрації CO в повітрі (0,07 % об.) настає отруєння людини. Для захисту організму від чадного газу використовують спеціальні протигази, обладнані гопкалітовим патроном. Цей патрон заповнюють сумішшю оксидів MnO_2 і CuO , які можуть реагувати з карбон (II) оксидом. Антидотом при отруєннях чадним газом є кисень, надлишкову концентрацію якого створюють у спеціальній барокамері (метод оксигенобаротерапії).

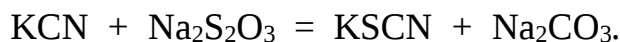
Гідроген ціанід HCN (стара назва – ціаністий водень) за звичайних умов існує у вигляді рідини, яка добре змішується з водою, утворюючи ціанідну або синильну кислоту. Ця кислота та її солі (ціаніди) – *дуже отруйні сполуки*. Навіть у мізерних дозах (ГДК – $0,01 \text{ мг/м}^3$) вони смертельно діють на організм, що пояснюється їх високою здатністю до комплексоутворення, особливо з d – елементами. Ціанід – йони легко зв'язуються з катіонами Феруму (II), що входять до складу цитохромів – групи ферментів ланцюга дихання. Оскільки вміст цитохромів в організмі менший, ніж гемоглобіну, то стає зрозумілою причина більшої токсичності синильної кислоти порівняно з чадним газом (смертельна доза – 0,05 г).

Проте у мікрокількостях ціанід – йони утворюються в організмі і використовуються ним для побудови деяких біоструктур, зокрема ціанокобаламіну (вітаміну B_{12}). У молекулі цього вітаміну ціанід – йони виконують роль лігандів у складі хелатного комплексу.

Ціанідна кислота та її солі як продукти обміну виділяються з організму з повітрям та сечею у вигляді неотруйного роданід – йона SCN^- , який утворюється за реакцією:

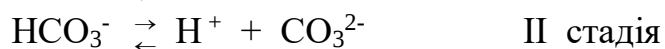


При отруєнні ціанідами застосовують кисень, метгемоглобіноутворювачі (амілінітрат, натрію нітрит) або натрію тіосульфат, який реагує з калій ціанідом за рівнянням:



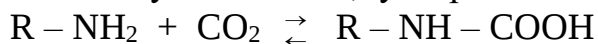
Важливою сполукою Карбону (IV) є діоксид карбону CO_2 (вуглекислий газ), який є кінцевим продуктом біологічного окиснення в клітинах різних біосубстратів – глюкози, ліпідів та, меншою мірою, білків.

У хімічному відношенні CO_2 - кислотний оксид, який відповідає карбонатній кислоті H_2CO_3 . Це слабка кислота, яка утворює середні та кислі солі – відповідно карбонати та гідрогенкарбонати. У розчині вона дисоціює ступінчасто:



Процес дисоціації практично відбувається за першою стадією, тому в плазмі крові присутні гідрогенкарбонат – йони HCO_3^- , які в суміші з карбонатною кислотою утворюють карбонатну буферну систему крові.

Отже, одна частина вуглекислого газу зв'язується (гідратується), а інша – виділяється з організму шляхом дифузії. З клітин CO_2 спочатку дифундує в міжклітинну рідину, а потім у плазму, де частково розчиняється у воді. Решта його проникає в еритроцити, в яких CO_2 зв'язується з білковою частиною молекули гемоглобіну – глобіном, утворюючи нестійкий карбамін



Зв'язаний вуглекислий газ виноситься еритроцитами до альвеол легень, де він виділяється з повітрям, яке ми видихаємо.

Вміст вуглекислого газу в атмосфері становить близько 0,03 % за об'ємом. Він відіграє важливу роль у підтриманні певного температурного режиму на поверхні Землі, оскільки молекули вуглекислого газу здатні вбирати УФ – випромінювання, запобігаючи витоку тепла за її межі. Проте, через активну виробничу діяльність людства спостерігається постійне збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що призводить до глобальних кліматичних змін („парникового ефекту”).

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання скласти опорний конспект.
2. Розглядаючи друге питання, виписати всі можливі для атома Карбону ступені окиснення і спрогнозувати, у яких ступенях окиснення атом Карбону проявляє лише окислювальні і лише відновлювальні властивості.
3. При вивченні третього питання звернути увагу на токсичні неорганічні сполуки Карбону.
4. При опрацюванні четвертого питання скласти опорний конспект, у якому зазначити біологічну роль сполук Карбону.

Запитання для самоконтролю:

1. Чому атом Карбону утворює таку велику кількість хімічних сполук?
2. Які типи гібридизації характерні для нього?
3. Навести приклади неорганічних сполук Карбону, у яких він виявляє ступінь окиснення +4.
4. Чим пояснюють те, що карбон (II) оксид і ціаніди є сильними отрутами? На яких властивостях ґрунтується їх дія на організм?

Тести для самоконтролю:

Рівень I

1. У періодичній системі хімічних елементів Д. І. Менделєєва Карбон розташований у ...

а) 1 періоді; б) 2 періоді; в) 3 періоді; г) 4 періоді.

2. Серед наведених сполук вказати солі карбонатної кислоти:

а) KHCO_3 ; б) CH_3COOH ; в) CaCO_3 ; г) HCOOK .

3. Ціанідна кислота та її солі виділяються з організму у вигляді йону SCN^- з:

а) калом; б) сечею; в) через шкіру; г) повітрям.

Рівень II

4. Серед наведених сполук Карбону вказати несолетвірний оксид:

а) CO ; б) CO_2 ; в) CaC_2 ; г) CS_2 .

5. Ціанід – йони використовуються організмом в мікрокількостях для:

а) побудови кісткової тканини; б) побудови вітаміну B_{12} ;

в) утворення карбоксигемоглобіну; г) інша відповідь.

7. Вказати вірну формулу магній ціаніду:

а) MgCN ; б) MgSCN ; в) $\text{Mg}(\text{CN})_2$; г) $\text{Mg}(\text{CN})_3$.

Рівень III

8. У яких випадках карбон (IV) оксид буде вступати у взаємодію:

а) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} =$

б) $\text{CO}_2 + \text{NaOH} =$

в) $\text{CO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5 =$

8. Який об'єм вуглекислого газу (н. у.) міститься у 100 м^3 повітря?

Позааудиторна самостійна робота № 3

Тема: „d – Елементи – метали життя”

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.

Час виконання: 2 години.

Мета роботи: розглянути біологічну роль біметалів з родини d – елементів.

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.

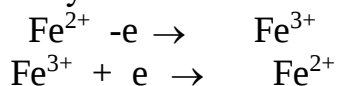
Загальний вміст Феруму в організмі становить близько 5 г; багато його в печінці (500 – 600 мг), м'язах (400 – 450 мг), кістковому мозку (250 – 300 мг),

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°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 йонів 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 – електролітний 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 біоеlementі 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 сирої 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 мідеплавлень 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 містяться 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 перетворює частину CO_2 в йони 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 сирої 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 сирої 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 металопротеїнів, 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 PP (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 (B_{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 B_{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 B_{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 ксантиноксидаза, яку вперше відкрив у 1889 – 1891 рр. Український біохімік І. Я. Горбачевський. Ксантиноксидаза – 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 – урати – 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 B_{12} .

Дуже важливим чинником є баланс Молібдену в організмі. У мікро дозах його сполуки, підсилюючи фагоцитарну активність крові, впливають на імунний захист організму. При підвищенні рівня Молібдену 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 Молібдені менша порівняно з іншими біометалами і становить приблизно 0,1 – 0,3 мг.

Доведено, що біологічна роль Молібдену тісно пов'язана з вмістом в організмі купруму. Ці елементи є **антагоністами**, оскільки надлишок Молібдену викликає зменшення концентрації Купруму. Антагонізм мікроелементів, зокрема $Mo - Cu$, використовують у терапевтичній практиці. Для зменшення токсичної дії Молібдену в організм вводять розчинні солі Купруму, що призводить до утворення малорозчинної солі купрум молібдату $CuMoO_4$ і виведення останнього з організму.

Чимало Молібдену 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 (Me_2CrO_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 уреазы, 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 металопротейн – 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 злоякісних 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: Hg_2Cl_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* 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 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 жирового обмінів) *хром (III) оксид* Cr_2O_3 входить до складу деяких стоматологічних паст.
 - *Амоній або натрій молибдат* $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (Na_2MoO_4) у мікродозах вводять до складу різних вітамінних комплексів («Дуовіт»), враховуючи той факт, що Молибден 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 KMnO_4 у вигляді розведених розчинів застосовують як протимікробний препарат.
 - *Вітамін B₁₂* (ціанокобаламін) використовують для лікування мегалобластичної анемії, дистрофії та при захворюваннях печінки.
 - *Радіоактивний нуклід Кобальту* ^{60}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

1. При вивченні першого питання звернути увагу на поділ сполук Феруму, що міститься у біосистемах.
2. Розглядаючи друге питання, звернути увагу на біологічну роль Цинку та Купруму.
3. При опрацюванні третього питання скласти опорний конспект , у якому зазначити біологічну роль та патологічні стани, що виникають при надлишку та недостатці Мангану та Кобальту.
4. При вивченні четвертого питання звернути увагу на синергізм та антагонізм біоелементів.

5.Опрацювати теоретичний матеріал, що висвітлює п'ять питань і заповнити таблицю:

d - елемент	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

7. Дія якого мікроелемента спричинює порушення фосфорно – кальцієвого обміну?
а) Молібдену; б) Магнію; в) Феруму; г) Ванадію.

Позааудиторна самостійна робота № 4

Тема: „Ізомерія комплексних сполук”

План

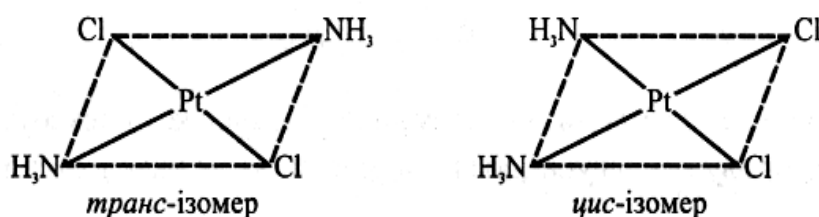
1. Види ізомерії комплексних сполук.
2. Номенклатура комплексних сполук.

Час виконання: 2 години

Мета роботи: ознайомитися з видами ізомерії КС; навчитися називати КС згідно систематичної номенклатури.

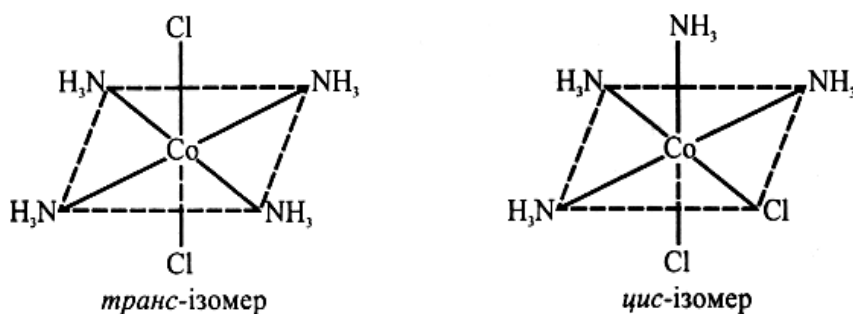
Комплексні сполуки мають сталий склад і певне розташування лігандів навколо центрального атома. Для багатьох з них характерне явище **ізомерії**, тобто існування кількох сполук, однакових за якісним і кількісним складом, але різних за будовою та властивостями. Є різні види ізомерії комплексних сполук, проте для КС з біолігандами важливими є такі: просторова, оптична та гідратна.

Просторова, або геометрична, ізомерія зумовлена різним розміщенням неоднорідних лігандів у внутрішній координаційній сфері комплексу. Наприклад, для електронейтральної комплексної сполуки $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$, яка має площинну будову у формі квадрата, існують два **геометричні ізомери** (**цис-** і **транс-** ізомери). (Цис (cis) означає по один бік, поряд; Транс (trans) – по обидва боки, через).

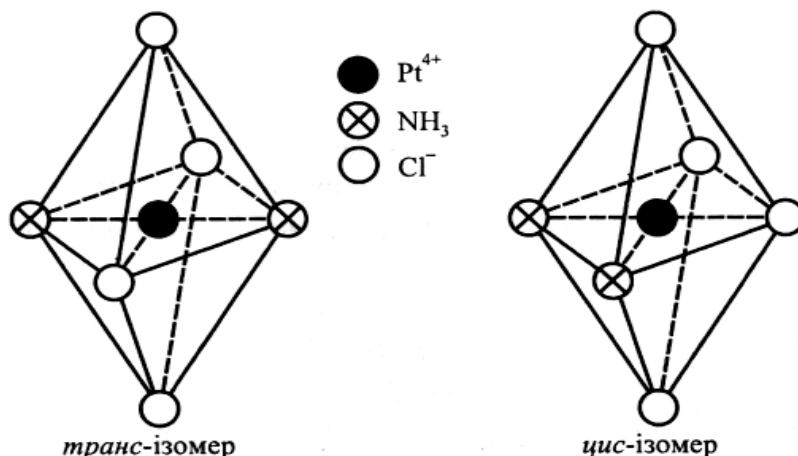


Вони відрізняються забарвленням та реакційною здатністю.

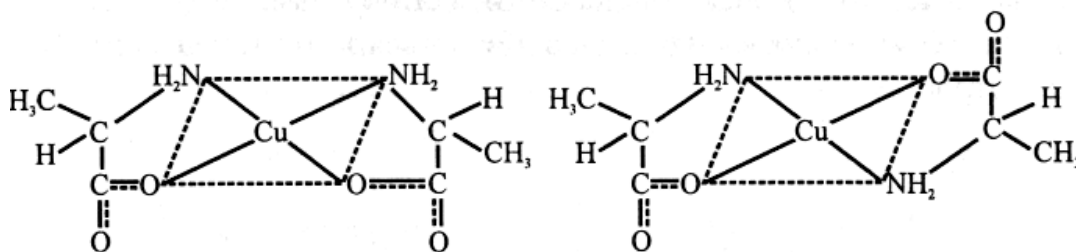
Для сполуки $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ з координаційним числом 6 октаедричної будови геометричні ізомери схематично зображають так:



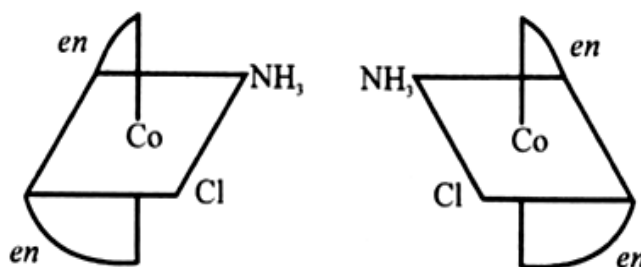
Просторову будову геометричних ізомерів октаедричної форми можна показати на прикладі сполуки $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4$:



Геометричну ізомерію за участю хелатних циклів показано на прикладі *цис- і транс-*форм комплексної сполуки Купрум (II) біс(аланіну):



Оптичні ізомери виникають у тому випадку, якщо молекула та її дзеркальне відображення несумісні одне з одним. Оптично активні форми мають асиметричну структуру і по-різному повертають площину поляризованого світла: один вправо (L – ізомер), а другий – вліво (D – ізомер). Цей факт має особливе значення для біологічних систем, оскільки живий організм складається тільки з L – ізомерних амінокислот. Оптичні ізомери координаційної сполуки $[\text{Co}(\text{en})_2\text{NH}_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ представлені на наступному малюнку:



Структурні ізомери утворюються в результаті ізомерії зв'язків за наявності альтернативних способів координації одного і того самого ліганду. Наприклад, існують структурні ізомери монодентантних лігандів, що містять по два донорні атоми:

Me – CN – ціано-

Me – NC – ізоціано-

Me – ONO – нітрито-

Me – NOO – нітро-

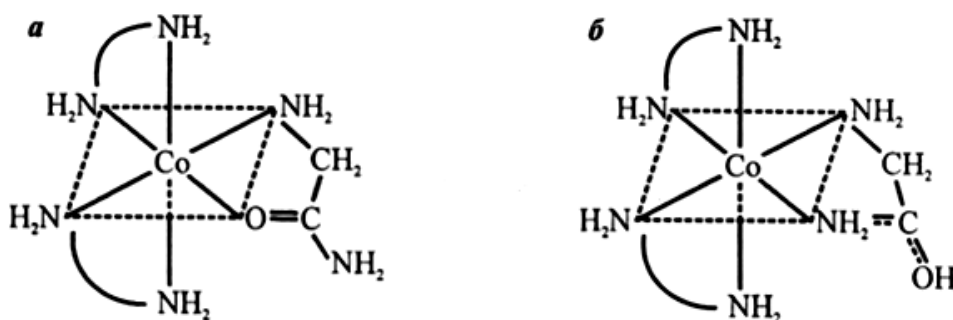
Me – OCN – ціанато-

Me – NCO – ізоціанато-

Me – SCN – тіоціанато-

Me – NCS – ізотіоціанато-

Структурні ізомери за участю бідентантних лігандів видно на прикладі хелатних комплексів йона Co (III) з етилендіаміном (*en*) і амідом гліцину (Gly), в яких координація відбувається за атомом Оксигену (а) або Нітрогену (б):



Ізомерію, зумовлену неоднаковим розподілом молекул води та йонів зовнішньої сфери між внутрішньою та зовнішньою сферами

комплексних сполук, називають *гідратною*. Наприклад, кристалогідрату $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ відповідають чотири ізомери – $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ (I), $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (II), $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (III), $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (IV), які відрізняються забарвленням.

Іонізаційні ізомери утворюються при різному розподілі кислотних залишків між внутрішньою і зовнішньою сферами комплексної сполуки. Так, для комплексної сполуки складу $\text{CoBrSO}_4 \cdot 5\text{NH}_3$ відомо два йонізаційних ізомери: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$ і $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$.

Координаційна ізомерія можлива в тому випадку, якщо сполука складається з двох або більше комплексів, причому комплексоутворювачі обмінюються своїми лігандами. Наприклад, сполуки $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6] \cdot [\text{Cr}(\text{CN})_6]$ та $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6] \cdot [\text{Co}(\text{CN})_6]$ є координаційними ізомерами.

Координаційні сполуки за *систематичною номенклатурою* називають за певними правилами:

Назви комплексних сполук за систематичною номенклатурою

КС з комплексним катіоном	КС з комплексним аніоном	Електронейтральні комплекси
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ тетраамінкупрум (II) сульфат	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ Калій гексаціаноферат (III)	$\text{Fe}(\text{CO})_5$ Пентакарбоніл феруму
$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ гексаакваферум (III) хлорид	$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ Натрій гексагідроксоалюмінат	$\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Br}_2$ Діаміндибромплатина
$[\text{Cr}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}(\text{NH}_3)_3]\text{Br}$ акватриаміндігідроксохром (III) бромід	$\text{Cs}_2[\text{Pt}(\text{CN})_4\text{F}_2]$ Цезій дифлуоротетраціаноплатинат (IV)	$\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{NCS})_3$ Триамінтритіоціанат хрому

Ці назви утворюють слідувачим чином. Спочатку в називному відмінку називають катіон (простий або комплексний), потім аніон (простий або комплексний). Назви катіонних комплексів не мають спеціального закінчення, а аніонні мають суфікс *-ат*, що додається до кореня назви центрального атома.

Ліганди, що входять до складу комплексу, перелічують в алфавітному порядку, вказуючи їх число у вигляді префіксу (ди-, три-, тетра-, гекса- і т. п.), а потім називають центральний атом і в дужках римськими цифрами зазначають ступінь його окиснення.

Методичні рекомендації

1. Перед опрацюванням матеріалу посібника повторити основні положення координаційної теорії будови КС. Розглядаючи перше питання, скласти опорний конспект, у якому зазначити види ізомерії комплексних сполук.

2. При розгляді другого питання звернути увагу на послідовність вказування назв аніонних і нейтральних лігандів.

Питання для самоперевірки:

1. Визначити ступінь окиснення центрального атома у координаційних сполуках і назвати їх за систематичною номенклатурою:
 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$.
2. Скласти формули комплексних сполук:
 - а) пентаамінтіоціанатокобальт (III) нітрату;
 - б) калій дигідроксотетрахлороплатинату (IV);
 - в) натрій дитіосульфатоаргентату.
3. Які види ізомерії характерні для комплексних сполук?
4. Комплексний йон $[\text{Ni}(\text{CN})_2\text{Br}_2]^{2-}$ має квадратно – площинну будову. Зобразити структуру його геометричних ізомерів.

Тести для самоконтролю:

I рівень

1. Які види ізомерії характерні для комплексних сполук:
 - а) просторова; б) таутомерія; в) оптична; г) гідратна.
2. Суфікс -ат до назви комплексоутворювача додається у:
 - а) катіонній КС; б) аніонній КС; в) електронейтральній КС.
3. Координаційному числу 6 відповідає суфікс:
 - а) тетра- ; б) три -; в) гекса -; г) окта-.

II рівень

3. Різне розміщення неоднорідних лігандів у внутрішній сфері КС зумовлює:
 - а) координаційну ізомерію; б) оптичну ізомерію; в) просторову ізомерію.
4. Назви тетраамінцинка сульфат відповідає формула КС:
 - а) $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$; б) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$; в) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]$

III рівень

5. Вказати формулу катіонної КС:
 - а) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; б) $[\text{Mo}_6\text{Cl}_8]\text{Cl}_4$; в) $\text{K}[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)]$
6. Ступінь окиснення центрального атома у КС $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$ дорівнює:
 - а) +3; б) +2; в) +6.

Позааудиторна самостійна робота № 5

Тема: Окисно – відновні реакції

План

1. Поняття про окисно – відновні реакції та ступінь окиснення.
2. Окиснення і відновлення – дві сторони єдиного окисно – відновного процесу.
3. Класифікація окисно – відновних реакцій.
4. Зрівнювання рівнянь ОВР методом електронного балансу.

Час виконання: 2 години.

Мета роботи: вміти класифікувати ОВР та урівнювати рівняння ОВР методом електронного балансу.

Окисно – відновні реакції (ОВР) відносять до найпоширеніших хімічних процесів у природі. Це згоряння різноманітних видів палива, корозія металів, добування металів із руд, електроліз тощо. Вони лежать в основі колообігу хімічних елементів у природі, багатьох виробничих процесів, наприклад: добування амоніаку, лугів, мінеральних кислот, пластмас, лікарських засобів

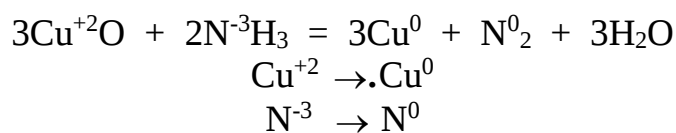
тощо. Окисно – відновні процеси є основою життєдіяльності, оскільки з ними пов'язані обмін речовин і дихання, гниття та бродіння органічних сполук, засвоєння вуглекислого газу зеленими листками (фотосинтез).

Процеси окиснення – відновлення – це джерело енергії в ланцюзі дихання, за рахунок чого організм отримує майже 99% усієї енергії. Вони лежать в основі синтезу життєво необхідних органічних сполук – незамінних амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, гормонів.

Розглянемо основні положення теорії ОВР, оскільки вони є дуже важливими для вивчення хімії біогенних елементів, певних розділів фізичної та колоїдної хімії.

Значний внесок у розвиток теорії процесів окиснення – відновлення зробив французький хімік Л. Лавуазьє. Встановивши склад повітря. Він уперше пояснив процеси горіння і дихання організмів взаємодією речовин з киснем. Сучасна теорія ОВР ґрунтується на електронних уявленнях. Її розробляли такі українські й російські вчені, як Л. Писаржевський, М. Шилов, С. Даїн, Я. Михайленко та ін. Вони сформулювали теорію, за якою окисно – відновними реакціями вважають процеси, пов'язані з перенесенням електронів від одних атомів до інших.

Реакції, які відбуваються зі зміною ступеня окиснення атомів, що входять до складу молекул реагуючих речовин, називають окисно – відновними, наприклад:



Ступінь окиснення (с. о.) – це умовний заряд атома в сполучі, обчислений на основі припущення, що ця сполука складається з йонів.

Ступінь окиснення елементів у простих речовинах дорівнює нулю: C^0 , H_2^0 , Ca^0 .

Атоми гідрогену у більшості сполук, крім гідридів складу MeH , мають с. о. +1. Кисень має ступінь окиснення -2, за винятком пероксидів (H_2O_2 , Na_2O_2) та його сполуки з Фтором OF_2 .

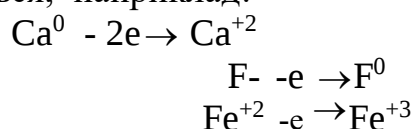
Алгебраїчна сума ступенів окиснення у сполучі дорівнює нулю, а в складному йоні – його заряду.

Як приклад розглянемо обчислення ступеня окиснення атома Нітрогену в нітратній кислоті HNO_3 і атома Фосфору в фосфат – йоні PO_4^{3-} , позначивши с. о. цих елементів за x :

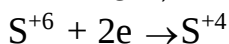
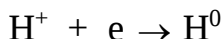
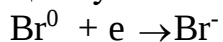
$$\begin{array}{ll} +1 + x + 3(-2) = 0 & x + 4(-2) = -3 \\ x + (-5) = 0 & x = -3 + 8 \\ x = +5 & x = +5 \end{array}$$

Важливо, що в кожній ОВР відбуваються одночасно два взаємозв'язаних процеси – окиснення і відновлення.

Окиснення – це віддача електронів атомом, молекулою або йоном. Ступінь окиснення при цьому зменшується, наприклад:



Відновлення – це процес приєднання електронів атомом, молекулою або іоном. Ступінь окиснення при цьому зменшується, наприклад:

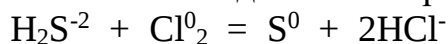


Атоми, молекули або йони, які приєднують електрони, називають *окисниками*, а ті самі частинки, що віддають електрони – *відновниками*. Отже, в окисно – відновному процесі окисник приєднує електрони, відновлюючись при цьому, а відновник віддає електрони, окиснюючись при цьому.



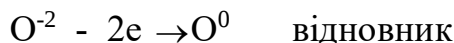
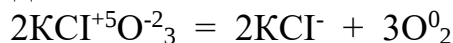
Усі відомі ОВР поділяють на три групи:

а) *міжмолекулярні*, в яких окисник і відновник входять до складу різних речовин, що є учасниками окисно – відновного процесу, наприклад:

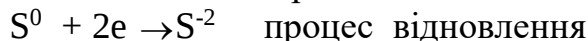
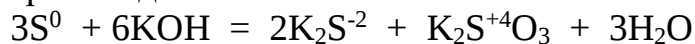


Відновник Окисник

б) *внутрішньо молекулярні*, в яких окисник і відновник входять до складу однієї сполуки, наприклад:

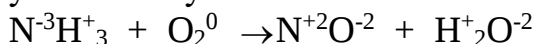


в) *диспропорціонування (самоокиснення – самовідновлення)*, в яких атоми того самого елемента у складі однієї молекули виступають як в ролі окисника, так і в ролі відновника:



Щоб урівняти рівняння ОВР методом електронного балансу, необхідно дотримуватись такого алгоритму:

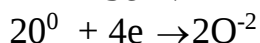
1. Записати молекулярну схему реакції і визначити ступені окиснення елементів, які беруть в ній участь:



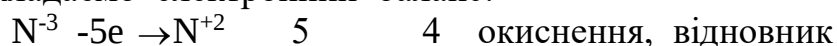
Відновник окисник

В цій реакції змінюють ступені окиснення Нітроген і Оксиген. До реакції нітроген у складі амоніаку мав с.о. -3, а після реакції с.о. підвищився до +2. Атоми Оксигену у складі кисню в лівій частині були електронейтральні (с. о. 0), а після реакції с. о. Оксигену знизився до -2.

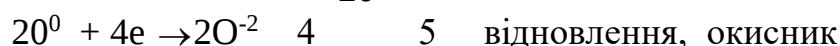
2. Складаємо для Нітрогену і Оксигену схеми електронних переходів:



3. Складаємо електронний баланс:

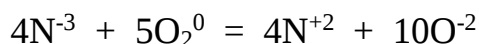


20

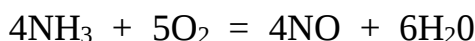


Для цього між кількістю електронів, що їх віддав відновник (5), і кількістю електронів, що їх приєднав окисник (4), відшукаємо найменше спільне кратне. Воно дорівнюватиме 20. Поділимо 20 на 5 і одержимо коефіцієнт в електронному балансі для Нітрогену (4). Поділимо 20 на 4 і одержимо коефіцієнт в електронному балансі для Оксигену (5).

Підсумовуючи ліву та праву частини рівняння з урахуванням множників, отримаємо:



Отримані за електронним балансом коефіцієнти переносимо у схему реакції:



Методичні рекомендації

1. При опрацюванні першого питання звернути увагу на визначення окисника та відновника та записати їх.
2. Розглядаючи друге питання, уяснити суть окисно – відновного процесу.
3. При розгляді третього питання скласти опорний конспект.
3. Розглядаючи четверте питання, вивчити алгоритм зрівнювання рівнянь ОВР методом електронного балансу. Скористатися пам'яткою 3.

Запитання для самоперевірки:

1. Яке значення окисно – відновних процесів у життєдіяльності людини та у промисловості?
2. Які з наведених реакцій відносять до ОВР:
 $\text{K} + \text{H}_2\text{O} = \text{KOH} + \text{H}_2$
 $\text{MgO} + \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al} + \text{N}_2 = \text{AlN}$
 $\text{C} + \text{HNO}_3 = \text{CO}_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3. Що таке ступінь окиснення і як його визначають?
4. Як класифікують окисно – відновні реакції?

Багатоваріантна самостійна робота

Варіант	Показати перехід електронів, вказати окисник, відновник, процеси окиснення та відновлення	Урівняти рівняння ОВР методом електронного балансу, вказати тип ОВР
1	$\text{Ca}^0 \rightarrow \text{Ca}^{+2}$ $\text{N}^{-3} \rightarrow \text{N}^0$	$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{Mg}^0 \rightarrow \text{Mg}^{+2}$ $\text{S}^{+4} \rightarrow \text{S}^{+6}$	$\text{FeO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ $\text{Cl}^0 \rightarrow \text{Cl}^-$	$\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
4	$\text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4}$ $\text{S}^0 \rightarrow \text{S}^{-2}$	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{Al}^0 \rightarrow \text{Al}^{+3}$ $\text{P}^{+3} \rightarrow \text{P}^0$	$\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{N}^{-3} \rightarrow \text{N}^{+5}$	$\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$

	$\text{Br}^+ \rightarrow \text{Br}^0$	
7	$\text{H}^+ \rightarrow \text{H}^0$ $\text{Cu}^0 \rightarrow \text{Cu}^{+2}$	$\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$
8	$\text{S}^0 \rightarrow \text{S}^{+6}$ $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$	$\text{KMnO}_4 + \text{HBr} \rightarrow \text{KBr} + \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$
9	$\text{P}^0 \rightarrow \text{P}^{+5}$ $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$	$\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{Cr}^{+2} \rightarrow \text{Cr}^{+3}$ $\text{S}^{+6} \rightarrow \text{S}^{-2}$	$\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{KOH}$
11	$\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^0$ $\text{O}^{-2} \rightarrow \text{O}^0$	$\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
12	$\text{N}^{+3} \rightarrow \text{N}^{+5}$ $\text{Cl}^{+7} \rightarrow \text{Cl}^-$	$\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Cr}^{+3}$ $\text{O}^0 \rightarrow \text{O}^{-2}$	$\text{HClO} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
14	$\text{C}^{+2} \rightarrow \text{C}^{+4}$ $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}^0$	$\text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{Si}^0 \rightarrow \text{Si}^{-4}$ $\text{Pb}^{+2} \rightarrow \text{Pb}^{+4}$	$\text{MnO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
16	$\text{Ca}^0 \rightarrow \text{Ca}^{+2}$ $\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Cr}^0$	$\text{H}_2\text{S} + \text{HClO} \rightarrow \text{S} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$
17	$\text{As}^{+5} \rightarrow \text{As}^{+3}$ $\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}^0$	$\text{C} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
18	$\text{Pb}^{+4} \rightarrow \text{Pb}^{+2}$ $\text{Bi}^{+3} \rightarrow \text{Bi}^{+5}$	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$

Позааудиторна самостійна робота № 6

Тема: Способи вираження кількісного складу розчинів

План

1. Поняття про масову, мольну та об'ємну частку розчиненої речовини.
2. Молярна, моляльна концентрації.
3. Молярна концентрація еквівалента. Фактор еквівалентності та його обчислення.
4. Поняття про титр розчину.
5. Розрахункові формули для переходу від одного способу вираження складу розчину до іншого.
6. Виконання тренувальних вправ і задач.

Час виконання: 3 години

Мета роботи: ознайомитися із способами вираження складу розчинів; навчитися розв'язувати розрахункові задачі по даній темі.

Важливою характеристикою розчину є його кількісний склад, тобто вміст розчиненої речовини у певній кількості розчину або розчинника. Склад розчину можна виразити як часткою розчиненої речовини так і концентрацією розчиненої речовини.

Концентрацією розчиненої речовини (не розчину!) називають відношення кількості або маси розчиненої речовини до об'єму розчину. Концентрація – це відношення неоднотипних фізико – хімічних величин.

Способи вираження концентрації залежать від одиниць виміру кількості розчину, розчиненої речовини (В) і розчинника (А).

1.Масова частка розчиненої речовини ω – це відношення маси розчиненої речовини $m(B)$ до загальної маси розчину m_{p-ny} :

$$\omega = \frac{m_B}{m_{p-ny}} \cdot 100\%$$

2. Мольна частка розчиненої речовини (N_B) – це відношення кількості речовини компонента В (ν_B) до загальної кількості всіх компонентів розчину:

$$N_B = \frac{\nu_B}{\nu_A + \nu_B + \dots}$$

3. Об'ємна частка розчиненої речовини (ϕ_B) – це відношення об'єму розчиненої речовини (V_B) до суми об'ємів всіх компонентів розчину:

$$\phi_B = \frac{V_B}{V_A + V_B + \dots}$$

4.Молярна концентрація (C_M) – це відношення кількості розчиненої речовини ν_B до об'єму розчину V_{p-ny} , вираженого у кубічних дециметрах (літрах):

$$C_M = \frac{\nu_B}{V_{p-ny}} = \frac{m_B}{M_B V_{p-ny}}$$

5. Моляльна концентрація (C_m) – це відношення кількості розчиненої речовини ν_B до маси розчинника m_A , вираженої у кілограмах:

$$C_m = \frac{\nu_B}{m_A} = \frac{m_B}{M_B m_A}$$

6.Молярна концентрація еквівалента ($C_{екв}$) – це відношення кількості речовини еквівалентів розчиненої речовини $\nu_{екв}$ до об'єму розчину V_{p-ny} , вираженого у кубічних дециметрах (літрах):

$$C_{екв} = \frac{\nu_{екв}}{V_{p-ny}} = \frac{m_B}{M_{екв} V_{p-ny}}$$

Молярна маса еквівалента $M_{екв}$ речовини В дорівнює добутку її молярної маси M_B (г/моль) на фактор еквівалентності $f_{екв}$.

Фактор еквівалентності показує, яка частка моля речовини реагує (еквівалентна) з одним молем атомів Гідрогену в певній кислотно – основній реакції або одному електрону в цій або відповідній окисно – відновній реакції. Молярна маса еквівалента кислоти дорівнює її молярній масі, поділеній на основність, тобто на число атомів Гідрогену в молекулі кислоти. Наприклад, молярна маса еквівалента сульфатної кислоти дорівнює $M_{екв}(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль} : 2 = 49 \text{ г/моль}$.

Розчини однакової молярної концентрації еквівалента реагують між собою в однакових об'ємних співвідношеннях. Між об'ємом розчину та його молярною концентрацією еквівалента існує обернено пропорційна залежність:

$$\frac{V(A)}{V(B)} = \frac{C_{екв}(B)}{C_{екв}(A)}$$

7. Титр розчину (Т) виражають масою розчиненої речовини В (у грамах). Що міститься в 1 мл розчину (1 см³):

$$T = \frac{m_B}{V_{p-ny}}$$

Між титром і молярною концентрацією еквівалента є залежність:

$$T = \frac{C_{екв} M_{екв}}{1000}$$

Часто доводиться виконувати перерахунок концентрації розчинів з одних одиниць в інші. Це можна швидко зробити, використовуючи наведені нижче формули.

Рівняння для перерахунку масової частки компонента в молярну концентрацію або молярну концентрацію еквівалента мають такий вигляд:

$$C_M(B) = \frac{10\omega(B)\rho_{p-ny}}{M(B)}$$

$$C_{екв}(B) = \frac{10\omega(B)\rho_{p-ny}}{M_{екв}(B)}$$

Для переходу від молярної концентрації до молярної концентрації еквівалента і навпаки користуються формулами:

$$C_M = C_{екв} \frac{M_{екв}}{M}$$

$$C_{екв} = C_M \frac{M}{M_{екв}}$$

Приклад 1. У воді розчинили 8 г натрій гідроксиду. Об'єм розчину довели до 500 мл. Знайти молярну концентрацію NaOH у розчині.

Дано:

$$m(\text{NaOH}) = 8 \text{ г};$$

Яка молярна концентрація NaOH?

$$V(p-ny) = 500 \text{ мл} . \quad C_M = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{8}{40 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ моль/л}$$

Знайти:

$$C_M(\text{NaOH}) - ? \quad \text{Відповідь: розчин } 0,4 \text{ M}$$

Приклад 2. Знайти молярну концентрацію сульфатної кислоти в розчині масою 150 г, з масовою часткою H₂SO₄ 20% і густиною 1,139 г/мл

Дано:

$$m(p-ny) = 150 \text{ г}; \quad 1. \text{Скільки грамів H}_2\text{SO}_4 \text{ міститься у розчині?}$$

$$W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%; \quad m_{p.p.} = \frac{W \cdot m_p}{100\%} = \frac{20\% \cdot 150}{100\%} = 30 \text{ г}$$

$$\rho = 1,139 \text{ г/мл} \quad 2. \text{Який об'єм займе розчин?}$$

$$\text{Знайти:} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{150}{1,139} = 131,7 \text{ мл} = 0,1317 \text{ л.}$$

$C_M(H_2SO_4)$ - ? 3. Яка молярна концентрація розчину?

$$M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль} \quad C_M = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{30}{98 \cdot 0,1317} = 2,325 \text{ моль/л}$$

Відповідь: C_M розчину дорівнює 2,325 М.

Приклад 3. Обчислити молярну концентрацію еквівалента 500 г 10 % розчину натрій карбонату. Густина розчину 1,115 г/мл.

Дано:

$m(p - \text{ну}) = 500 \text{ г};$ 1. Знаходимо молярну масу еквіваленту Na_2CO_3 :

$$W(Na_2CO_3) = 10\%; \quad M_{\text{екв}} = \frac{106}{2} = 53 \text{ г/моль}$$

$\rho = 1,115 \text{ г/мл}$ 2. Яка маса Na_2CO_3 міститься у 500 г розчину?

Знайти: $m_{p.p.} = \frac{10\% \cdot 500}{100\%} = 50 \text{ г}$

$C_{\text{екв}}(Na_2CO_3)$ - ? 3. Який об'єм займе розчин?

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{500}{1,115} = 448 \text{ мл} = 0,448 \text{ л}$$

4. Яка молярна концентрація еквівалента розчину?

$$C_{\text{екв}} = \frac{50}{53 \cdot 0,448} = 2,1 \text{ г/л}$$

Відповідь: $C_{\text{екв}}(Na_2CO_3) = 2,1 \text{ н.}$

Методичні рекомендації

1. При розгляді першого питання записати визначення способів вираження концентрації.
2. При розгляді другого питання, скласти опорний конспект, у якому зазначити формули, які використовують для розрахунку молярної та моляльної концентрацій.
3. Вивчаючи третє питання, звернути увагу на обчислення фактору еквівалентності для кислот, основ та солей.
4. При опрацюванні четвертого питання, записати означення титру розчину та формули, які використовуються при його обчисленні.
5. При розгляді п'ятого питання записати розрахункові формули, які використовуються при розв'язуванні задач.
6. При вивченні шостого питання розглянути приклади розв'язування типових розрахункових задач по темі. Скористатися пам'яткою 4.

Завдання для самоконтролю:

1. Якими способами виражають кількісний склад розчинів?
2. Що таке концентрація розчину і якими способами її виражають?

Тести для самоконтролю:

Рівень I

1. Кількість розчиненої речовини (моль), що міститься в 1000 г розчинника, виражають:

- | | |
|---------------------|----------------------|
| а) молярністю; | б) полярністю; |
| в) масовою часткою; | г) об'ємною часткою. |

2. Встановити відповідність між масою води і калій гідроксиду у розчинах а – г та масовою часткою КОН у них:

- | | |
|---------------------------|--------|
| а) 45 г води та 5 г КОН; | 1) 2% |
| б) 98 г води та 2 г КОН; | 2) 25% |
| в) 85 г води та 15 г КОН; | 3) 15% |
| г) 15 г води та 5 г КОН; | 4) 10% |
| | 5) 4% |

Рівень II

3. Визначити співвідношення мас солі та води для утворення розчину з масовою часткою розчиненої речовини 10%:

- а) 10 г солі у 100 г води;
 б) 10 г солі у 110 г води;
 в) 5 г солі у 50 г води;
 г) 10 г солі у 200 г води;
 д) 10 г солі у 90 г води;

4. Вказати масову частку розчиненої речовини в 400 г розчину, що містить 40 г розчиненої речовини:

- а) 40% ; б) 10% ; в) 20% ; г) 30% ; д) 25%.

Рівень III

5. У шлунковому соку міститься 9 г HCl у 1 л розчину. Яка масова частка хлоридної кислоти (%) у цьому розчині та його молярна концентрація, якщо густина цього розчину становить 1,003 г/мл? Відповідь підтвердити розрахунками.

- а) 0,9%; 0,25; б) 9% ; 0,5; в) 0,45%; 0,24; г) 0,09%; 0,25.

Багатоваріантна самостійна робота

Взявши за основу умови задач трьох прикладів, поданих у матеріалі теми, і підставивши чисельні дані для кожного варіанту, розв'язати задачі:

Варіант	Задача 1	Задача 2	Задача 3
1	4,9 г H_3PO_4 в 300 мл розчину	400 г 15% розчину KNO_3 , $\rho = 1,03$ г/мл	200 г 2% розчину KCl, $\rho = 1,03$ г/мл
2	25,2 г HNO_3 в 600 мл розчину	150 г 5% розчину FeCl_3 , $\rho = 1,1$ г/мл	400 г 0,5% розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\rho = 1,01$ г/мл
3	14,6 г HCl в 150 мл розчину	700 г 25% розчину Na_3PO_4 , $\rho = 1,1$ г/мл	40 г 5% розчину FeSO_4 , $\rho = 1,15$ г/мл
4	40 г CuSO_4 в 1200 мл розчину	50 г 2% розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\rho = 1,12$ г/мл	75 г 15% розчину CaCl_2 , $\rho = 1,07$ г/мл
5	66,75 г AlCl_3 в 450 мл розчину	300 г 1% розчину MgCl_2 , $\rho = 1,012$ г/мл	80 г 30% розчину Na_2SO_3 , $\rho = 1,005$ г/мл
6	35,5 г Na_2SO_4 в 700 мл розчину	600 г 4% розчину NH_4OH , $\rho = 1,13$ г/мл	150 г 5% розчину FeCl_3 , $\rho = 1,1$ г/мл
7	20,2 г KNO_3 в 250	75 г 15% розчину	350 г 2,5% розчину

	мл розчину	CaCl_2 , $\rho=1,07$ г/мл	H_2SO_4 , $\rho=1,2$ г/мл
8	112 г КОН в 50 мл розчину	200 г 15% розчину CuCl_2 , $\rho=1,13$ г/мл	800 г 3% розчину NH_4NO_3 , $\rho=1,01$ г/мл
9	52 г BaCl_2 в 450 мл розчину	200 г 2% розчину KCl, $\rho=1,03$ г/мл	750 г 5% розчину KBr, $\rho=1,05$ г/мл
10	11,7 г NaCl в 300 мл розчину	350 г 2,5% розчину H_2SO_4 , $\rho=1,2$ г/мл	700 г 25% розчину Na_3PO_4 , $\rho=1,1$ г/мл
11	44,4 г CaCl_2 в 800 мл розчину	400 г 0,5% розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\rho=1,01$ г/мл	200 г 15% розчину CuCl_2 , $\rho=1,13$ г/мл
12	42,4 г K_3PO_4 в 500 мл розчину	80 г 30% розчину Na_2SO_3 , $\rho=1,005$ г/мл	600 г 4% розчину NH_4OH , $\rho=1,13$ г/мл
13	17 г NaNO_3 в 650 мл розчину	750 г 5% розчину KBr, $\rho=1,05$ г/мл	100 г 6% розчину $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\rho=1,07$ г/мл
14	60 г MgSO_4 в 100 мл розчину	800 г 3% розчину NH_4NO_3 , $\rho=1,01$ г/мл	50 г 2% розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\rho=1,12$ г/мл
15	47,6 г KBr в 200 мл розчину	40 г 5% розчину FeSO_4 , $\rho=1,15$ г/мл	300 г 1% розчину MgCl_2 , $\rho=1,012$ г/мл
16	120 г KCl в 480 мл розчину	40 г 5% розчину FeSO_4 , $\rho=1,15$ г/мл	230 г 10% розчину MgSO_4 , $\rho=1,1$ г/мл
17	40 г AgNO_3 в 460 мл розчину	80 г 2% розчину K_2SO_4 , $\rho=1,25$ г/мл	340 г 12% розчину ZnSO_4 , $\rho=1,15$ г/мл
18	220 г MgCl_2 в 680 мл розчину	50 г 15% розчину Na_3PO_4 , $\rho=1,05$ г/мл	300 г 4,5% розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\rho=1,05$ г/мл

Позааудиторна самостійна робота № 7

Тема: Сильні та слабкі електроліти

План

1. Поняття про електроліти, їх роль у життєдіяльності організму.
2. Класифікація електролітів за їх ступенем дисоціації.
3. Поняття про активність йонів та константу дисоціації.

Час виконання: 1 година

Мета роботи: на основі теорії електролітичної дисоціації ознайомитися з сильними та слабкими електролітами.

Усі хімічні сполуки за їх здатністю проводити електричний струм поділяють на електроліти і неелектроліти.

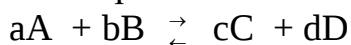
Електроліти – це речовини, які проводять електричний струм як у розплавленому стані, так і в розчинах. До них належать деякі основи та солі, які в твердому стані складаються з йонів, наприклад KCl, CaCl_2 , КОН, NaOH, LiF та ін., і речовини, що утворюють йони при розчиненні їх у воді (амоніак, хлороводень, органічні кислоти тощо). У воді електроліти дисоціюють на йони, які взаємодіють як з водою, так і між собою.

Електроліти відіграють дуже велику роль у життєдіяльності організму, тому що всі фізіологічні рідини (шлунковий сік, плазма крові, позаклітинна, внутрішньоклітинна, спинномозкова рідини, секрет залоз) є розчинами електролітів. З наявністю цих сполук пов'язане певне значення

осмотичного тиску та рН середовища біорідин. Електроліти здатні утримувати воду у вигляді гідратів, протидіючи зневодненню організму. Концентрація електролітів і фізіологічних рідин впливає на розчинність білків, амінокислот та низькомолекулярних сполук.

Отже, для розуміння багатьох біологічних явищ необхідно знати закономірності, яким підлягають розчини електролітів.

Для будь-якої оборотної хімічної реакції можна записати математичний вираз її константи рівноваги в загальному вигляді:



$$K_p = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Електролітичною дисоціацією називають розщеплення сполуки на йони внаслідок її взаємодії з розчинником.

Кількісною характеристикою процесу електролітичної дисоціації є ступінь дисоціації α та константа дисоціації K_d .

Ступенем дисоціації електроліту називають відношення числа молекул, що розпались на йони, до загального числа молекул електроліту:

$\alpha = n/N$, або $\alpha = C_{\text{дис}}/C_0$, де n – число дисоційованих молекул, N – загальне число молекул електроліту, $C_{\text{дис}}$ і C_0 – концентрація молекул, що розпались на йони, і вихідна концентрація електроліту (моль/л).

Зв'язок константи дисоціації з силою електроліту

Оцінка сили кислот (основ)	Значення константи дисоціації K_d	Приклад електроліту
Сильні	$>1,0$	HNO_3 , H_2SO_4 , KOH
Середньої сили	$1,0 - 10^{-4}$	H_3PO_4 , H_2SO_3 , HNO_2
Слабкі	$10^{-4} - 10^{-10}$	HOCl , CH_3COOH , NH_4OH
Дуже слабкі	$<10^{-10}$	HAlO_2 , H_2O_2 , H_2O

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання звернути увагу на значення електролітів для життєдіяльності організмів.
2. При пригляді другого питання скласти схему класифікації електролітів за ступенем дисоціації.
3. Опрацювавши третє питання, скласти опорний конспект і виписати означення.

Запитання для самоперевірки:

1. Які речовини належать до електролітів?
2. За яким критерієм класифікують електроліти?
3. Що таке активність йонів, ізотонічний коефіцієнт? Яка математична залежність між цими величинами?

Тести для самоконтролю

I рівень

1. Серед наведених речовин вказати електроліти:

- а) $C_6H_{12}O_6$; б) HCl ; в) KOH ; г) C_2H_5OH .
 2. Яка з речовин належить до сильних електролітів:
 а) HBr ; б) H_3PO_4 ; в) $CaCO_3$; г) H_2CO_3 .
 3. Серед наведених речовин вказати кислоту:
 а) HNO_3 ; б) $LiOH$; в) K_2HPO_4 ; г) $Fe(OH)_3$.

II рівень

4. Які з рівнянь електролітичної дисоціації є вірними:
 а) $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$;
 б) $CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$;
 в) $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2Cl^-$;
 г) $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + Cl^{2-}$.
 5. Константа електролітичної дисоціації залежить від:
 а) тиску; б) температури; в) концентрації електроліту.

III рівень

6. З 100 молекул електроліту продисоціювало 30. Ступінь дисоціації даного електроліту становить:
 а) 3%; б) 0,3%; в) 30%; г) 5%.
 7. Ступінь електролітичної дисоціації електроліту дорівнює 15%. Яке число молекул розпалося на йони, якщо у розчині було 5 000 молекул?
 а) 500; б) 75; в) 1500; г) 750.
 8. Скласти рівняння дисоціації таких сполук: калій фосфату, натрій ацетату, барій гідроксиду, алюміній нітрату, ортофосфатної кислоти, натрій силікату.

Позааудиторна самостійна робота № 8

Тема: Гідроліз солей

План

1. Поняття про гідроліз та його біологічну роль.
2. Випадку гідролізу солей.
3. Виконання тренувальних вправ.

Час виконання: 2 години

Мета роботи: ознайомитися з випадками гідролізу солей та навчитися визначати реакцію середовища у розчині будь-якої солі.

У хімічній практиці часто доводиться зустрічатися із такими фактами, коли розчини різних середніх солей, що не містять у своєму складі ні йонів Гідрогену, ні гідроксид-йонів, виявляють кислотну, лужну або нейтральну реакцію середовища. Ці факти пояснюються процесом гідролізу, тобто взаємодією солі з водою. Характер перебігу реакції гідролізу солей визначається природою даної речовини.

Гідроліз – це оборотний процес взаємодії йонів слабкого електроліту, які входять до складу солі, з водою, що призводить до утворення нового слабкого електроліту.

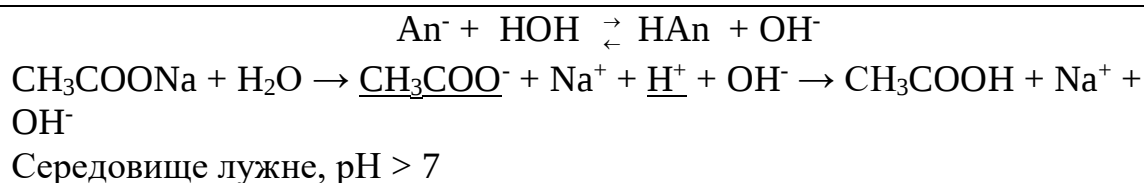
З процесами гідролізу і розчинення пов'язано підтримання на постійному рівні кислотності крові та інших фізіологічних рідин. Дія медичних препаратів, що належать до солей, теж зумовлена їх кислотно – основними

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.

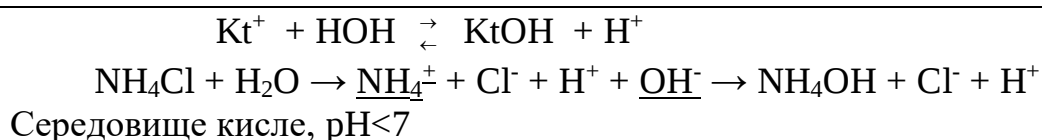
Будь – яку сіль можна уявити як продукт взаємодії кислоти і основи. Наприклад, амоній хлорид NH_4Cl – слабкою основою NH_4OH і сильною кислотою HCl , а натрій нітрат NaNO_3 – сильною основою NaOH і сильною кислотою HNO_3 .

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

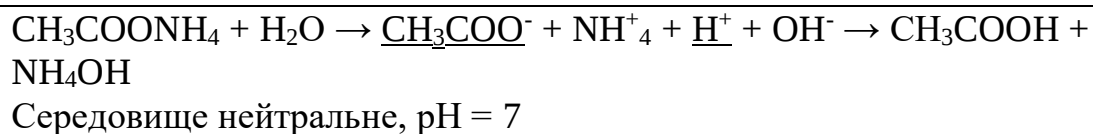
1. Гідроліз солі, утвореної сильною основою і слабкою кислотою, відбувається за аніоном:



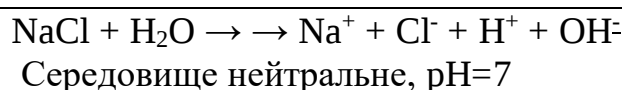
2. Гідроліз солі, утвореної слабкою основою і сильною кислотою, відбувається за катіоном:



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.



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



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

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

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.

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання, скласти опорний конспект.
2. Вивчаючи друге питання, розглянути випадки гідролізу солей та визначення рН у їх розчинах.
3. При розгляді третього питання скласти рівняння реакцій гідролізу солей та вказати реакцію середовища у їх розчинах.

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

Варіант	Скласти рівняння реакцій гідролізу слідуєчих солей, вказати реакцію середовища у їх розчинах
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 сульфат, меркурій (II) сульфат, калій силікат, цинк йодид
18	Амоній нітрат, аргентум (I) ацетат, натрій фосфат, ферум (II) сульфат

Позааудиторна самостійна робота № 9

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			

Сніда- нок							25	
Загаль- на кіль- кість								
Обід							35	
Загаль- на кіль- кість								
полуде нок							20	
Загаль- на кіль- кість								
вечеря							20	
Загаль- на кіль- кість								
Сумар- на кіль- кість							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
I. Хліб та мукомольно-круп'яна продукція					
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	13,2	2,3	58,2	316

	борошна)				
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 пшонайна 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
II. М'ясо та м'ясні продукти					
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
III. Риба та рибні продукти					
1.	Тріска охолоджена або морожена	16,0	0,6	-	69
2.	Тріска солена	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
IV. Жири					
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
V. Молоко і молочні продукти					
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
VI. Яйця курячі					
1.	Яйця курячі I категорії	12,7	11,5	0,7	157
VII. Цукор					
1.	Цукор-пісок	0	0	99,8	379
2.	Цукор-рафінад	0	0	99,9	379
VIII. Плодоовочеві продукти					
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
ІХ. Смакові та інші продукти					
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
Х. Консервовані і концентровані обідні страви та м'ясо-рослинні консерви					
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 № 10

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 віталісти² 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, - NH₂, = 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;

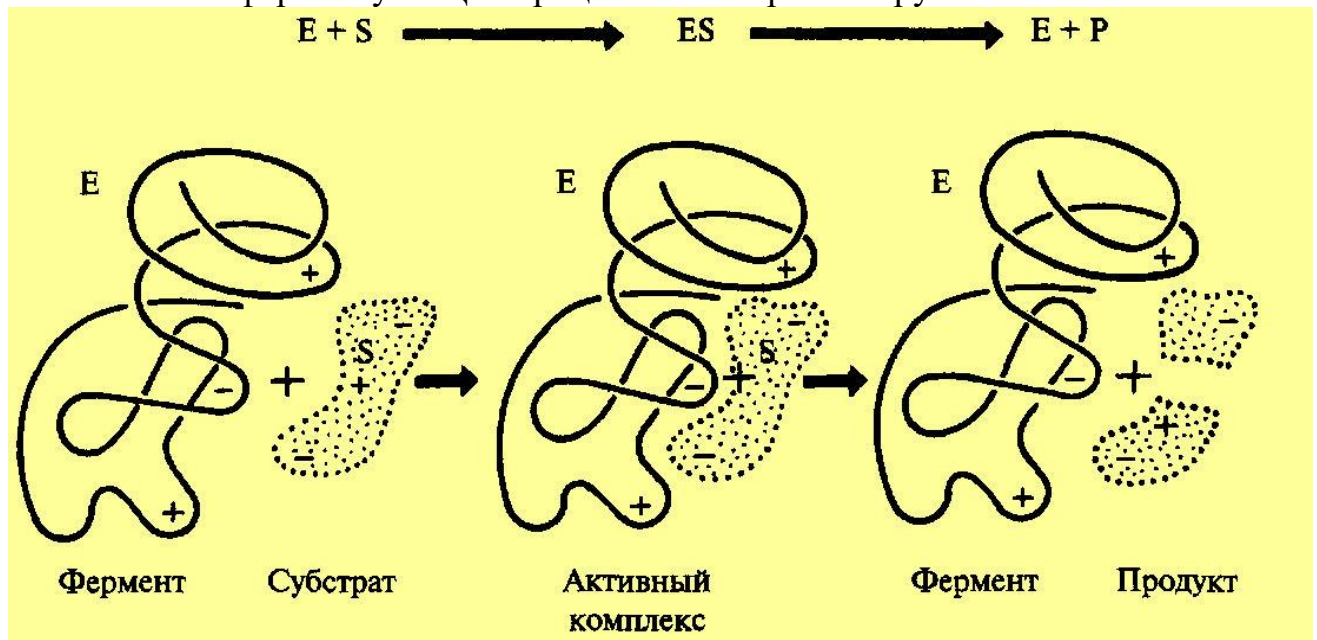
I - інгібітор каталітичної реакції.

Механізм дії ферментів. Як зазначалося вище, ферментативні реакції відбуваються зі швидкостями у 108—1020 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 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 $\text{pH} = 1,0\text{—}2,2$

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, ензистал, 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 багатокomпонентні 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, бромелайн, папаїн) та вітаміну групи В - 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 робота № 11

Тема: Біологічна роль дифузійних та мембранних потенціалів.

Потенціал дії та потенціал спокою

План

1. Поняття про дифузійний потенціал, механізм його виникнення.
2. Причини виникнення мембранного потенціалу.
3. Потенціал дії та потенціал спокою.
4. Біологічне значення дифузійного та мембранного потенціалів.

Час виконання: 2 години.

У гальванічних колах, які складаються з двох напівелементів, що відрізняються складом розчинів (як в елементі Якобі - Даніеля) або концентрацією (концентраційні кола), крім потенціалів на межі електрод - розчин виникає додатковий потенціал на межі розчин - розчин. Цей потенціал називають **дифузійним**. Причиною його виникнення є різна швидкість руху катіонів та аніонів солі. Розглянемо причини виникнення дифузійного потенціалу на межі двох розчинів аргентум нітрату різної концентрації у срібному концентраційному елементі.

The diagram shows a U-tube containing two solutions of AgNO_3 . The left side contains a $0,1\text{ M}$ solution, and the right side contains a $0,01\text{ M}$ solution. A salt bridge, represented by a vertical line with '+' and '-' signs, connects the two solutions. The U-tube is partially filled with a liquid, indicated by horizontal lines.

Виникнення дифузійного потенціалу призводить до гальмування руху швидких та прискорення руху повільніших йонів. Величину дифузійного потенціалу обчислюють за рівнянням Гендерсона:

де U - рухливість катіонів; V -рухливість аніонів.

Дифузійний потенціал виникає не тільки на межі поділу розчинів різної концентрації, а й у таких гальванічних колах, де контактують розчини з однаковою активністю йонів, але з різними за швидкістю руху катіонами чи аніонами.

48

приблизно однакова, наприклад, розчини KCl , NH_4Cl , NH_4NO_3 тощо. З'єднання електродних розчинів здійснюють сифоном (сольовим містком), заповненим агар-агаром, настоящим на концентрованому розчині однієї із вказаних солей.

Близьким за своєю природою до дифузійного є **мембранний потенціал**. Якщо між двома розчинами є мембрана, яка вибірково пропускає катіони і затримує аніони, то по обидві її сторони накопичуються йони протилежного знака і одна з них заряджається позитивно, а інша негативно, тобто виникає мембранний потенціал φ_m . Дифузія катіонів крізь мембрану не є нескінченною, оскільки їх притягують аніони, що залишилися по інший бік мембрани. На мембрані встановлюється рівновага між швидкістю дифузії та її електричним полем, потенціал якого визначають за рівнянням Нернста для ЕРС концентраційного кола:

$$\varphi_d = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_1}{a_2}$$

де a_1 та a_2 - активності катіонів по різні боки мембрани, причому $a_1 > a_2$. Мембранні та дифузійні потенціали виникають у клітинах рослинних та тваринних організмів і призводять до утворення різних біопотенціалів та біострумів. Мембранний потенціал може існувати без змін тривалий час.

Як відомо, нервова клітина людини складається з тіла клітини та одного довгого відростка діаметром 10^{-5} - 10^{-7} м, який називають аксоном. Клітина та аксон, що відходить від неї, оточені мембраною, тому концентрація йонів усередині клітини відрізняється від концентрації тих самих йонів у зовнішньому середовищі. Йонний склад нервової клітини та середовища наведений у табл. 1.

Йонний склад нервової клітини

Таблиця 1.

Йони	Концентрація, ммоль/дм	
	у клітині	у зовнішньому середовищі
K^+	400	20
Na^+	50	440
Cl^-	110	550
Органічні йони	350	-

Мембрани нервових клітин, що перебувають у спокої, приблизно у 100 разів більш проникні для йонів K^+ , ніж для йонів Na^+ . Виходячи з даних, наведених у табл. 1, за температури 310 К одержимо величину мембранного потенціалу -75 мВ.

Це означає, що між внутрішньою та зовнішньою сторонами клітинної мембрани виникає різниця потенціалів, що дорівнює 75 мВ. Цю величину, виміряну у стані фізіологічного спокою клітини, називають *потенціалом спокою*. Потенціал спокою у різних клітин становить 50-100 мВ. Встановлено, що цитоплазма клітини в стані спокою завжди має від'ємний потенціал відносно потенціалу міжклітинної рідини.

Якщо нервову тканину збуджувати електрично, хімічно чи механічно, то мембрана клітини стає більш проникною для йонів Na^+ , ніж для йонів K^+

Йони Na^+ починають проникати всередину клітини, що призводить до зміни мембранного потенціалу, який становитиме 50 мВ.

Таким чином, упродовж короткого проміжку часу (приблизно 10^{-4}с) мембранний потенціал змінюється від -75 до +50 мВ. Таке раптове підвищення та падіння мембранного потенціалу називають **потенціалом дії**.

Залежно від довжини аксона та інших чинників швидкість, з якою відбувається передача потенціалу дії, становить 30-150 м/с. Як тільки потенціал дії віддаляється від точки збудження клітини, мембрана знову стає готовою до збудження. Це можливе тому, що за один потенціал дії аксон поглинає $3 \cdot 10^{-11} - 4 \cdot 10^{-11}$ моль йонів Na^+ на 1 см^2 поверхні волокна і віддає таку ж саму кількість йонів K^+ , що не вносить суттєвих змін в йонне середовище аксона. Тому натрій-калієвий механізм здатний генерувати кілька сотень тисяч потенціалів дії.

Потенціали дії створюють струм (біопотенціали та біоструми), тому два електроди, прикладені до різних ділянок тіла, реєструють різницю потенціалів. Це покладено в основу електрокардіографічних, електроенцефалографічних, електроміографічних методів діагностики.

Методичні рекомендації

1. При ознайомленні з першим питанням розглянути схему виникнення дифузійного потенціалу.
2. При розгляді другого питання звернути увагу на причини виникнення мембранного потенціалу.
3. Розглядаючи третє питання, законспектувати визначення потенціалу дії та потенціалу спокою.
4. При розгляді четвертого питання ознайомитися із застосуванням даних явищ у медичній практиці.

Запитання для самоперевірки:

1. Охарактеризувати дифузійний потенціал та механізм його виникнення.
2. Який чинник призводить до виникнення мембранного потенціалу?
3. Що таке потенціал дії та потенціал спокою?
4. Для чого в медичній практиці використовуються потенціали дії?

Тести для самоконтролю

I рівень

1. Причиною виникнення дифузійного потенціалу є:
а) різниця осмотичних тисків розчинів; б) різниця напруг; в) різниця швидкості руху йонів.
2. Мембранний та дифузійний потенціали призводять до виникнення у клітині:
а) біоструму; б) буферного розчину; в) в'язкості.
3. Потенціал спокою у клітині становить:
а) 50 – 100 В; б) 100 – 200 мВ; в) 50 – 100 мВ; г) 150 – 200 мВ.

II рівень

4. Мембрана клітини у спокої більш проникна для йонів:
а) Ca^{2+} ; б) Na^+ ; в) K^+ ; г) Mg^{2+} .

5. Раптове підвищення та падіння мембранного потенціалу називається:

- а) потенціалом спокою; б) дифузійним потенціалом;
в) контактним потенціалом; г) потенціалом дії.

III рівень

6. Здатність тканин організму утворювати потенціал дії використовується в медицині для:

- а) рН – метрії; б) електрокардіографії; в) гемодіалізу.

7. Для зменшення дифузійного потенціалу використовують сифон з розчином:

- а) CaCl_2 ; б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; в) KCl ; г) Na_2SO_4 .

Позааудиторна самостійна робота № 12

Тема: Фізико – хімічні основи адсорбційної терапії: гемосорбція, плазмосорбція, 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, нирковій та печінковій 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 м² на 1 г сорбенту. Є і сильніші сорбенти на основі гранульованого вугілля і вуглеволоконистих 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 плазмафоре́з. Така комбінація, як плазмафоре́з + 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, отруєнь, 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

I 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 м²; б) 300 м²; в) 500 м²; г) 1000 м².

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) плазмосорбція; в) імуносорбція; г) лімфосорбція.

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

- а) плазмафорез + плазмасорбція; 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 контрольно-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

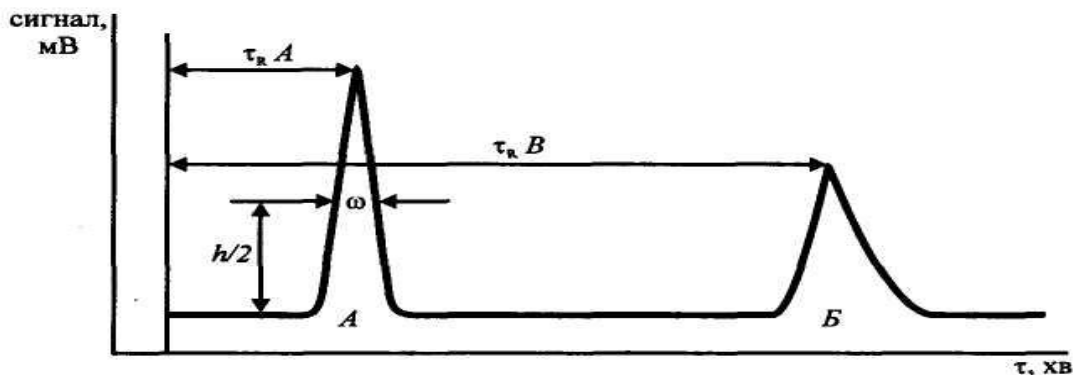
Для розділення, аналізу і дослідження речовин та їх сумішей, що не розкладаються у газоподібному стані, найбільшого застосування набула газова хроматографія. Залежно від виду сорбенту, яким заповнюють хроматографічну колонку, її поділяють на *газоадсорбційну* та *газорідинну*.

У газовій хроматографії як рухому 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 ; ω - ширина піка A на його піввисоті

Кожному компоненту суміші на хроматограмі відповідає окремий пік. Положення піка визначається величиною часу утримування (τ_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.

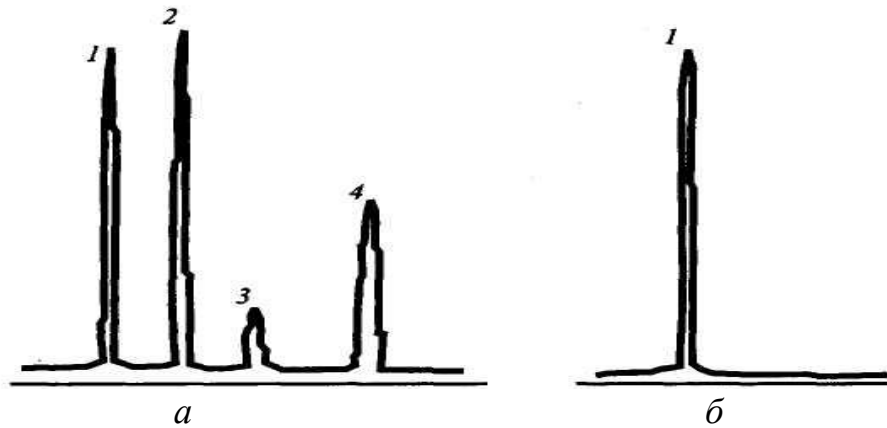
Визначення кількісного складу суміші полягає у тому, що інтенсивність піка кожного компонента пропорційна його вмісту у суміші. Є різні способи вимірювання площі S піків. Найпростішим методом є множення висоти піка h (рис.24) на його ширину w , виміряну на половині висоти піка

$$S = hw$$

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. Зеленіна)

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, нерухомою - 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_f - 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 нерухомої 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

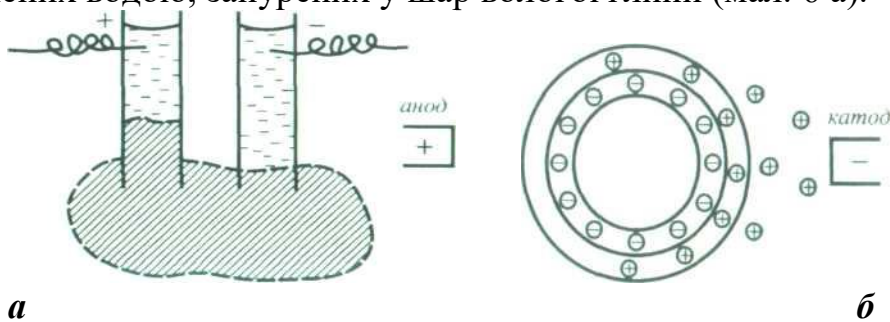
Електрокінетичними називають явища, які ґрунтуються на взаємозв'язку між електричними та кінетичними властивостями дисперсних систем. Вони полягають у тому, що складові дисперсної системи (дисперсна фаза або дисперсійне середовище) рухаються в електричному полі, або, навпаки, виникає різниця потенціалів 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 ξ -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 дослідів 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- Смолуховського , лінійна швидкість руху частинок (U_0) прямо пропорційна діелектричній проникності середовища (ϵ), величині ξ -потенціалу, напруженості електричного поля (градієнта потенціалу) (H) і обернено пропорційна в'язкості середовища (η):

$$U_o = \varepsilon_o \frac{\xi dH}{\eta},$$

де ε_o - коефіцієнт пропорційності, який дорівнює діелектричній проникності вакууму ($8,85 \cdot 10^{-12}$ 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 В/м:

$$U_{\text{ефр}} = \frac{U_o}{H}$$

Якщо уявити лінійну швидкість U_o як відношення лінійного зміщення межі золю (S) до часу експерименту (τ):

$$U_o = S/\tau,$$

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,

$$U_{\text{ефр}} = \frac{U_o}{H} = \frac{\varepsilon_o \xi \varepsilon}{\eta}.$$

Тому

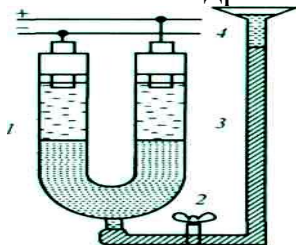
$$\frac{Sl}{\tau E} = \frac{\varepsilon_o \xi \varepsilon}{\eta}.$$

Звідси одержуємо формулу для обчислення ξ -потенціалу методом електрофорезу:

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

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 ξ -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 ξ - потенціалу еритроцитів коливається в межах від -7 до -22 мВ. У людини ця величина дорівнює -16,3 мВ.

Низьке значення ізоелектричної точки еритроцитів ($pH_{\text{iet}} = 1,7$), 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 $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$.

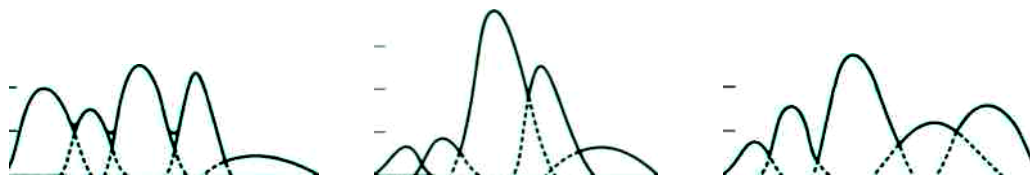
Впровадження електрофорезу у біохімічні дослідження дало змогу розділити складні суміші біологічних рідин і дослідити їх індивідуальні характеристики, зокрема склад білків сироватки крові та шлункового соку. Серед біологічних рідин найкраще досліджена і викликає найбільший інтерес кров (таблиця 3).

Склад білків плазми крові людини в нормі

Таблиця 3.

Білок	Склад, у відсотках
Альбумін	50,0
α -1-глобулін	4,0
α -2-глобулін	12,0
β -глобулін	13,0
γ -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) Ca^{2+} ; б) Cl^- ; в) K^+ ; г) 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 "пилом".

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.

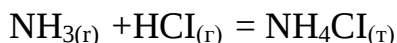
Способи одержання аерозолів.

Аерозолі одержують головним чином двома методами - конденсацією та диспергуванням.

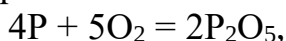
Конденсаційні методи одержання аерозолів ґрунтуються на конденсації пересиченої пари, яку одержують під час охолодження системи, або внаслідок перебігу хімічної реакції. Відповідно розрізняють фізичну конденсацію і хімічну (хемоконденсацію).

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.

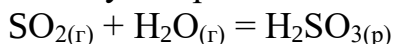
Хімічні реакції, в результаті яких утворюються аерозолі, можуть бути різноманітними. Так, внаслідок окиснення під час згоряння палива виникають димові гази, які містять речовини з досить малим тиском пари. Змішуючись з холодним повітрям, ці продукти конденсуються і утворюють топковий дим. Дим утворюється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

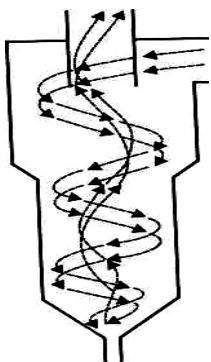
Аерозолі належать до нестійких дисперсних систем. Вони не мають факторів стабілізації, характерних для ліозолів. Тому, володіючи за високої дисперсності достатньою седиментаційною стійкістю, аерозолі є агрегативно нестійкими системами. Цим і пояснюється відносно невелика тривалість "життя" будь-якого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

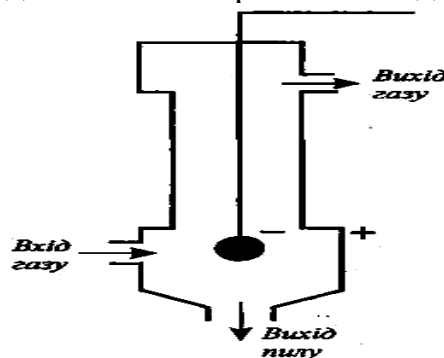
На практиці аерозолі руйнують кількома основними методами: зміною швидкості та напрямку потоку аерозолу, дією ультразвуку, фільтрацією та дією електричного поля.

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

повітрям у легені, вони осідають на альвеолах і зумовлюють легеневі захворювання - *пневмоконіози*. Залежно від природи пилу розрізняють такі види пневмоконіозів: *силікоз*, коли діє кварцовий пил; *антракоз* - вугільний; *азбестоз* - азбестовий пил тощо. Пневмоконіози важко діагностувати, і може минути 10-12 років, поки виявиться руйнівна дія пилу на організм, тому лікування цих захворювань утруднене.

Пневмоконіози спричиняють диспергаційні аерозолі, однак не менш шкідливими для здоров'я людини є і конденсаційні аерозолі. Особливо небезпечні такі, що утворюються в кольоровій металургії, шкідливість яких зумовлена токсичною дією важких металів, що викликають денатурацію білків, зв'язування їх сульфгідрильних груп і зміну механізму біохімічних реакцій у клітинах.

Шкідливо діють на здоров'я людини і патогенні аерозолі, оскільки зараження такими хворобами, як гострі респіраторні захворювання, грип, туберкульоз легенів, легенева чума, менінгіт, орнітоз тощо, відбувається головним чином при вдиханні аерозолів мікробної та вірусної природи.

Отже, вивчення фізико-хімічних властивостей аерозолів, способів їх одержання та руйнування мають суттєве значення для медицини.

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання звернути увагу на диспергаційні та конденсаційні методи одержання аерозолів.
2. При розгляді другого питання ознайомитися з термінами «термопреципітація», «термофоре́з», «фотофоре́з».
3. У ході вивчення третього питання ознайомитися з принципами функціонування циклон – апарату.
4. Ознайомлюючись з четвертим питанням, звернути увагу на причини виникнення пневмоконіозів.

Завдання для самоконтролю:

1. Заповнити таблицю:

Шкідлива дія аерозолів	Корисна дія аерозолів

Тести для самоконтролю:

Рівень I

1. Явище осідання частинок аерозолі на холодній поверхні внаслідок термофоре́зу, називається ...

- | | |
|------------------------|---------------------|
| а) фотофоре́зом; | б) електрофоре́зом; |
| в) термопреципітацією; | г) седиментацією. |

2. Вказат вид пневмоконіозу, який спричинює кварцовий пил:

- | | |
|--------------|-------------|
| а) антракоз; | б) флюороз; |
| в) азбестоз; | г) силікоз. |

3. Вказати метод одержання аерозолів, у процесі якого використовують високочастотний струм:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| а) ультразвукове розпилення; | б) пневморозпилення; |
| в) електродинамічне розпилення; | г) механічне розпилення. |

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 аерозолю внаслідок укрупнення частинок дисперсної фази; |
| 2) фотофорез | б) осідання частинок аерозолю на холодній поверхні внаслідок термофорезу; |
| 3) термопреципітація | в) осідання частинок дисперсної фази внаслідок дії сили тяжіння; |
| 4) коагуляція | г) рух частинок аерозолю при односторонньому освітленні;
д) напрямлене переміщення частинок аерозолю у напрямку ділянки нижчої температури. |

6. Встановити відповідність між типом аерозолів та їх характеристикою:

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

Рівень III

8. Обчислити середній радіус частинок диму (м), якщо дисперсність цього аерозолю 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.

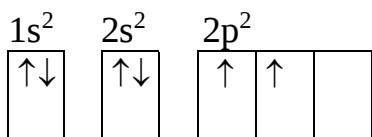
Час виконання: 2 години

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.

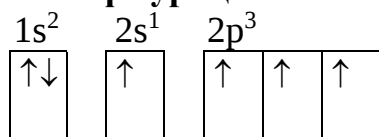
В 1874 році голландський вчений Я. Вант – Гофф висунув ідею про просторову (стереохімічну) будову органічних сполук. Найпростішим прикладом, який відображає таку будову, може служити молекула метану. В атома Карбону 6 електронів, які у звичайному стані розташовані слідуєчим чином (мал. 11а). В такому 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 орбіталі $2s$ переходить на вакантну $2p$ – орбіталь (мал. 11б):

Електронна конфігурація атома Карбону



Основний стан

Мал. 11а

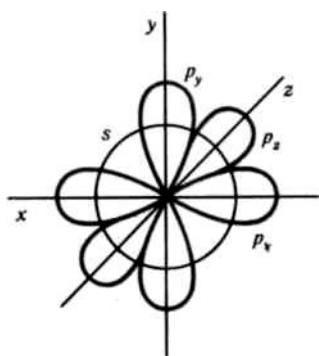


Збуджений стан

Мал. 11б

$1s$ і $3p$ – орбіталі другого рівня гібридизуються (вирівнюються за формою та енергією). Таке вирівнювання орбіталей називається sp^3 – гібридизацією. Експериментально доведено, що всі чотири гібридні орбіталі 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



$sp^3 \rightarrow$ гібридизація

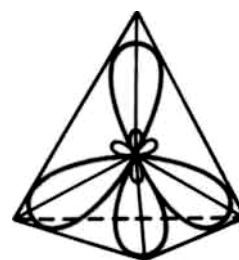
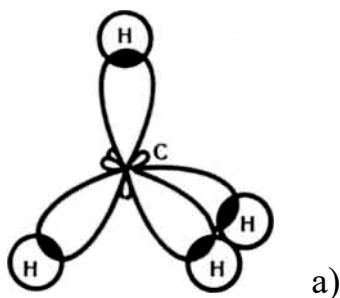
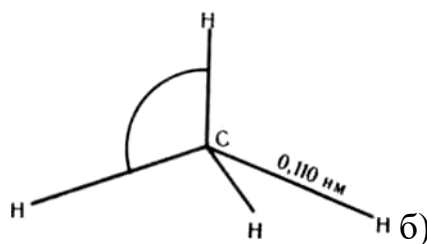


Схема утворення чотирьох гібридних орбіталей атома Карбону $109^\circ 28'$



а)



б)

Мал. 12.Схема утворення σ -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°. 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°.

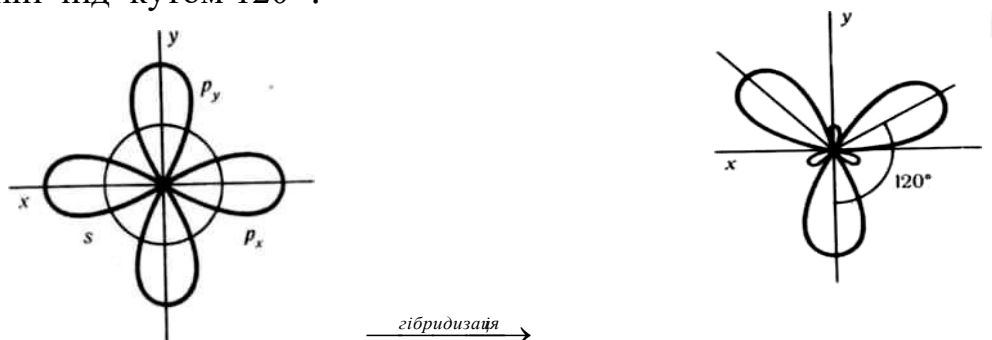


Схема утворення трьох гібридних електронних хмар атома Карбону.

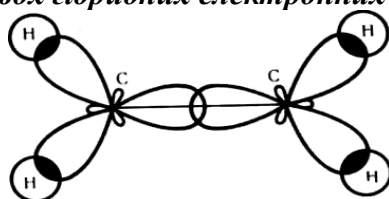
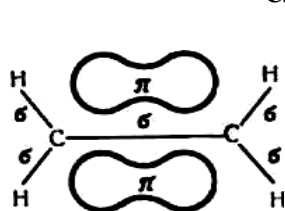


Схема утворення σ -зв'язків.

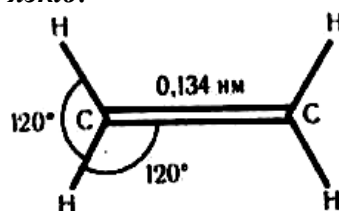
Мал. 13

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 σ -зв'язків, вони частково перекриваються між собою над і під площиною σ -зв'язків з утворенням нового π -зв'язку. З встановленням π -зв'язку ядра атомів Карбону дещо стягуються, тому довжина подвійного зв'язку дорівнює 0,134 нм. (мал. 14.):

Схема утворення σ -зв'язків.



π -Електронна хмара зв'язку між атомами Карбону

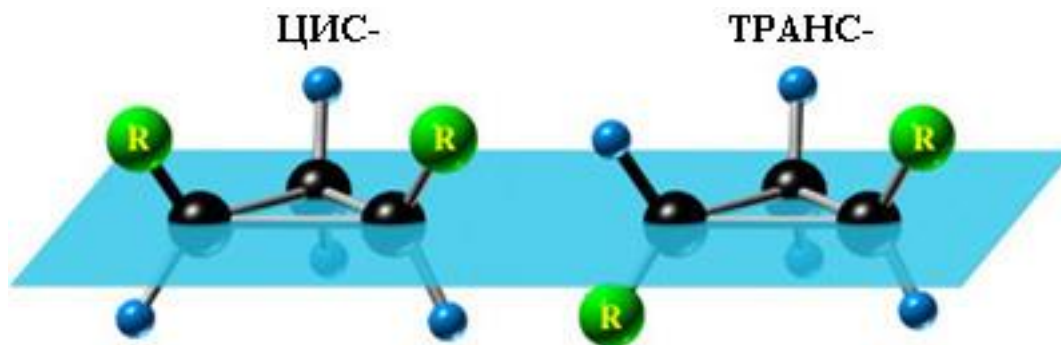


Геометрія молекули етилену

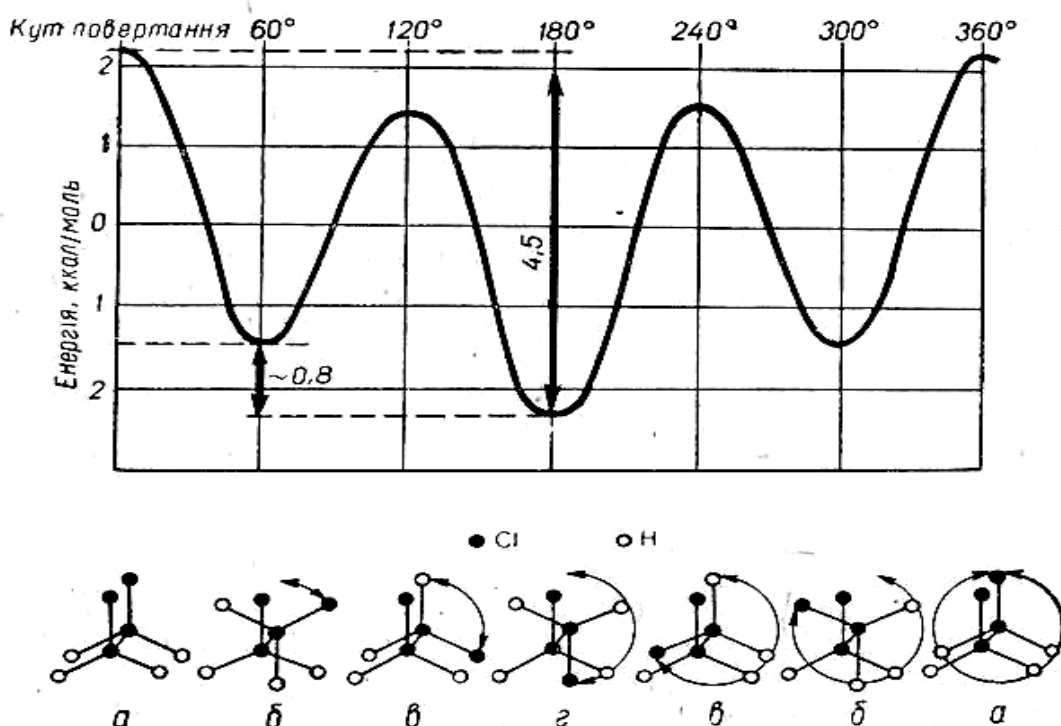
Мал. 14

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:

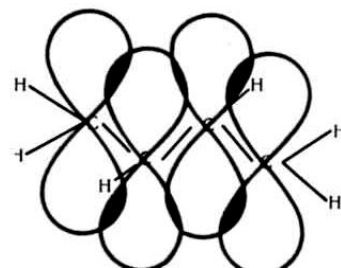
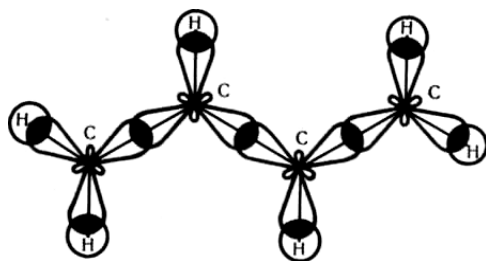


Геометрична ізомерія насичених сполук невідома; наприклад, дихлоретан $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$ не має ізомерів, зумовлених різним розташуванням обох груп CH_2Cl відносно простого зв'язку $\text{C}-\text{C}$, бо навколо нього можливе вільне обертання атомів. Але ретельне вивчення фізичних 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)



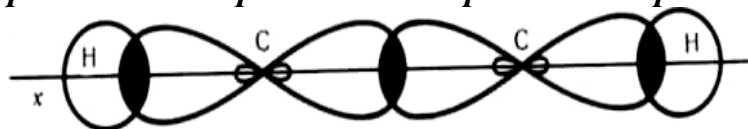
Мал. 16 Схема утворення σ -зв'язків у молекулі бутадієну та схема перекривання хмар p -електронів

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°). По одній орбіталі вони витрачають на утворення σ - зв'язку $C - C$, інші орбіталі ідуть на утворення зв'язків $C - H$ (мал. 17.)

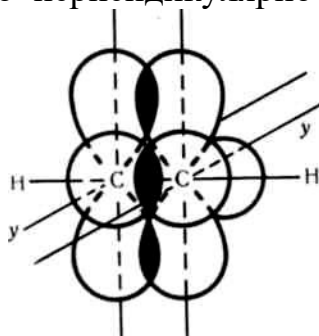


Схема утворення двох гібридних електронних хмар атома Карбону.



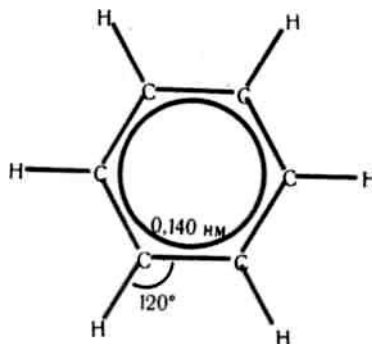
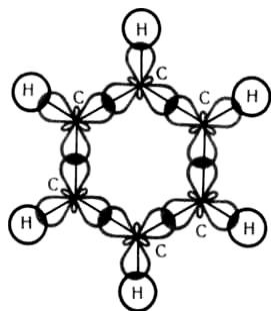
Мал. 17 Схема утворення σ -зв'язків у молекулі ацетилену.

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



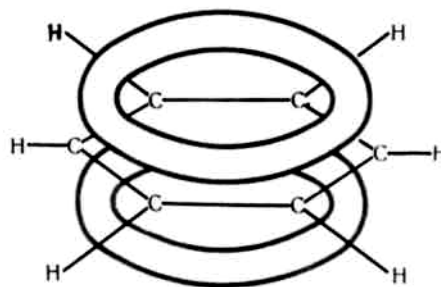
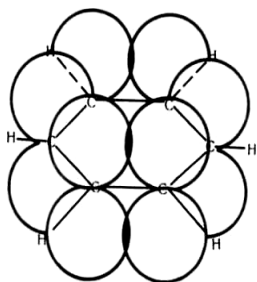
Мал. 18. Схема утворення π - зв'язків у молекулі ацетилену

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° . З них дві орбіталі перекриваються з такими ж орбіталями сусідніх атомів Карбону з утворенням σ - зв'язків $C - C$, а третя орбіталь, перекриваючись з s – орбіталлю атома Гідрогену, утворює ще один σ - зв'язок $C - H$. В результаті цих перекривань утворюються σ - зв'язки, розташовані в одній площині (мал. 19)



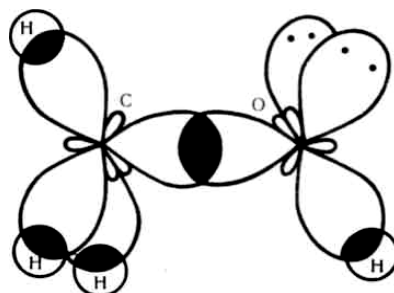
Мал. 19 *Схема утворення σ -зв'язків у молекулі бензену і геометрія молекули.*

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 σ - зв'язку, вони взаємно перекриваються і утворюється єдина для всієї молекули π - електронна хмара, густина якої симетрично ділиться на дві частини площиною σ - зв'язків (мал. 20). Під впливом π - електронної системи ядра атомів Карбону зближуються, відстань між ними скорочується до 0,14 нм . Електронна густина в молекулі бензену розподіляється рівномірно, тому 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 π - електронна хмара*

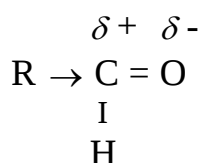
Одноатомні спирти можна розглядати як похідні насичених вуглеводнів, в молекулах яких один атом Гідрогену замінений на гідроксильну групу. У цих молекулах атоми сполучені між собою ковалентними σ - зв'язками. (мал. 21)



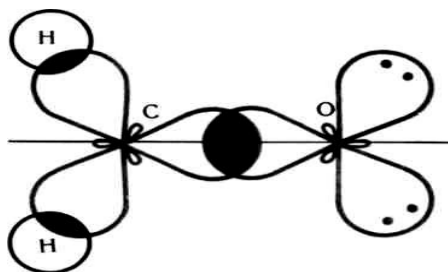
Мал. 21 *Схема утворення σ -зв'язків у молекулі метанолу.*

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

перебуває в стані sp^2 –гібридизації. В формальдегіді три орбіталі атома Карбону витрачаються на утворення σ - 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° . Орбіталь негібридизованого p – електрона атома Карбону розташована перпендикулярно до площини σ - зв'язку. Атом Оксигену однією p – орбіталлю сполучений з атомом Карбону (зв'язок $C-O$), другою p – орбіталлю, розташованою перпендикулярно до першої, утворює з не гібридизованою p – орбіталлю Карбону π - 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:



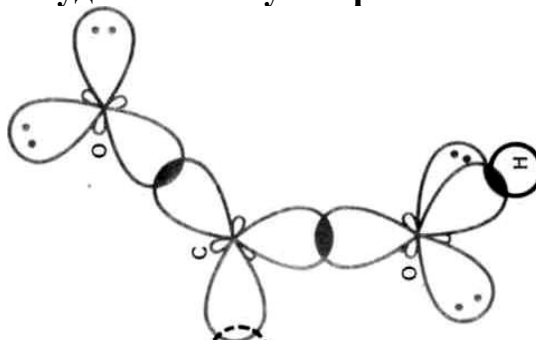
Будова молекул альдегідів



Мал. 22 *Схема утворення σ -зв'язків у молекулі формальдегіду.*

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 π -зв'язків у карбоксильній групі.*

Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання звернути увагу на електронну будову основного і збудженого станів атома Карбону.

2. Після розгляду другого питання заповнити таблицю:

Вуглеводні	Тип гібридизації	Форма молекули	Валентний кут	Відстань у зв'язку С – С, нм
Алкани				
Алкени				
Алкадієни				
Арени				

3. Розглядаючи третє питання, звернути увагу на будову функціональних груп та розподіл електронної густини в них.

Запитання для самоперевірки:

1. Який тип гібридизації характерний для насичених вуглеводнів?
2. Охарактеризувати механізм sp^2 – гібридизації. Для яких класів сполук він характерний?
3. У чому полягає особливість ароматичного зв'язку?
4. У чому полягає взаємний вплив атомів у гідроксильній та карбонільній групах?

Тести для самоконтролю

I рівень

1. Яка кількість неспарених електронів на зовнішньому енергетичному рівні атома Карбону у незбудженому стані:

- а) один; в) три;
б) два; г) чотири.
2. У молекулах алканів між атомами Карбону характерний:
- а) л-зв'язок; в) два л-зв'язки і один σ -зв'язок;
б) σ -зв'язок; г) один л-зв'язок і два σ -зв'язки.
3. Для алкадієнів характерна наявність:
- а) одного подвійного зв'язку; в) одного потрійного зв'язку;
б) двох подвійних зв'язків; г) ароматичного зв'язку.

II рівень

4. Для одноатомних спиртів характерною є наявність:
а) одної гідроксильної групи; в) однієї карбонільної групи;
б) двох гідроксильних груп; г) однієї карбоксильної групи.
5. Вказати карбонільну групу:
а) –ОН; в) –СОН;
б) –C ≡ C - ; г) –СООН.

III рівень

6. Встановити відповідність між типом гібридизації та її характеристикою:
- | | |
|------------------------|---|
| 1) sp^3 гібридизація | а) лінійна молекула, 120° , 0,12 нм; |
|------------------------|---|

2)sp² – гібридизація

3)sp – гібридизація

б) площинна молекула, 120 °, 0,143 нм;

в) тетраедрична молекула, 109,5 °, 0,154 нм;

г) лінійна молекула, 180 °, 0,12 нм;

д) тетраедрична молекула, 120 °, 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

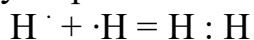
1. Характеристики ковалентного зв'язку.

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.

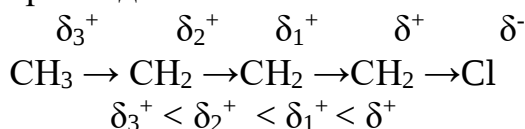
Що більша різниця електронегативностей між сусідніми атомами, то полярніший зв'язок (C – C – неполярний зв'язок, C - N - слабополярний; C – F - сильнополярний).

В органічній хімії розрізняють два типи зміщень електронів:

а) електронні зміщення, що відбуваються у системі σ – зв'язків; б) електронні зміщення, які передаються системою π – 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 σ – 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 (CH_3 -, C_2H_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 π – зв'язків.

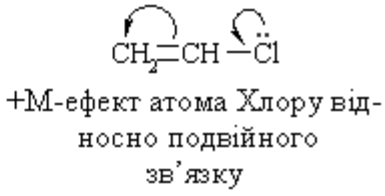
До спряжених систем належать молекули органічних сполук, в яких чергуються подвійні та одинарні зв'язки, або якщо поряд з подвійним зв'язком знаходиться атом, що має на р – орбіталі неподілену пару електронів. У першому випадку має місце π , π -, а у другому – р, π – спряження. Спряжені системи бувають 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 π – 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

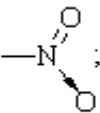
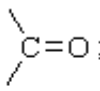
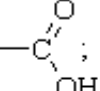
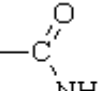
Формула	Орбітальна модель	Особливості супряження
$ \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} $ 1,3-бутадієн		π-π-супряження характерне для молекул, в яких одинарні та подвійні зв'язки чергуються (алкадієни, ароматичні сполуки тощо)
$ \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array} $ хлористий вініл		р-π-супряження 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.
$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{H} \end{array} $ пропілен		σ-π-супряження утворюється за рахунок перекривання електронної орбіталі л-зв'язку та електронної густини орбіталі σ-зв'язку С-Н метильної групи.

Є два види мезомерного ефекту – позитивний мезомерний ефект (+М) і негативний (-М). 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 +М-ефект виявляють:

– атоми або групи атомів, які мають на атомі, який безпосередньо сполучений з подвійним зв'язком, одну або декілька неподілених електронних пар: F > Cl > Br > I (порядок наведено в послідовності зменшення +М-ефекту), а також –ОН, –ОСН₃, –NHСН₃, –N(СН₃)₂ групи;	
--	---

– атоми або атомні групи, які мають негативні заряди: O²⁻

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:

–OR₂; –NR₃; ; –C≡N; ; ; ; 	
---	--

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

Методичні рекомендації

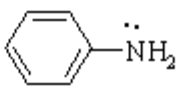
1. При вивченні першого питання скласти опорний конспект опрацьованого матеріалу.
2. Розглядаючи друге питання, звернути увагу на види індукційного та мезомерного ефектів та частинки, що виявляють ці ефекти.

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) CH₃ - ; в) C₂H₅ - ; г) C₃H₇ - ; д) C₄H₉ -.

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 ₃	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

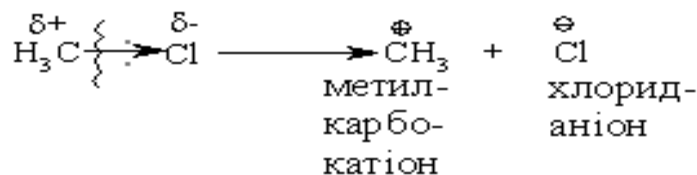
- Поняття про галогенопохідні вуглеводнів, їх класифікація та властивості.
- Медичне застосування окремих представників галогенопохідних алканів.

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) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 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 ($\text{Cl}_2\text{C} = \text{CHCl}$) . 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 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

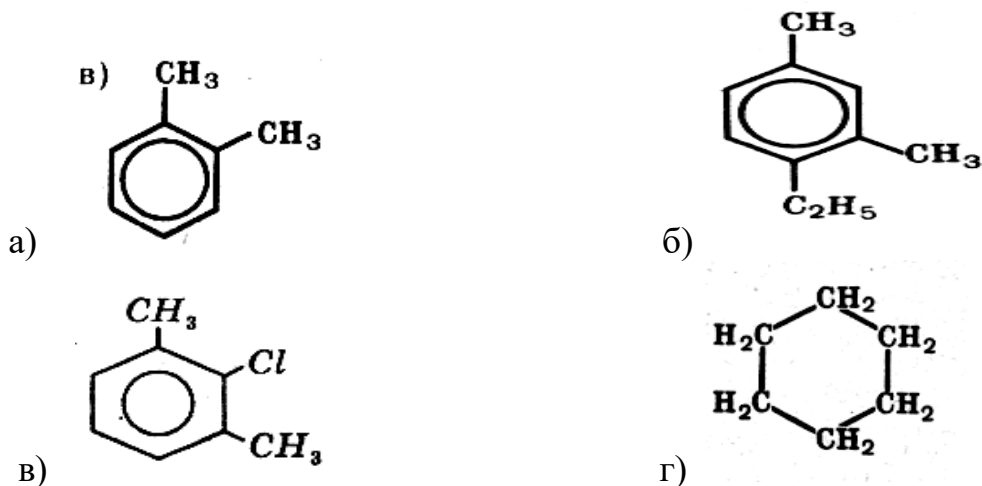
Завдання для самоперевірки:

- За якими ознаками класифікуються галогенопохідні вуглеводнів?
- Які з галогенопохідних вуглеводнів мають анестезуючу дію?

Тести для самоконтролю

I рівень

- Вказати формулу бромметану:
а) CH_4Br ; б) CH_3Br ; в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$; г) CH_5Br_2 .
- Яка з речовин належить до дигалогенопохідних алканів:
а) CH_2Br_2 ; б) $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$; в) $\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4$; г) CBr_4 .
- Вказати формулу галогенопохідного бензену:



II рівень

- Який тип реакції характерний для галогенопохідних вуглеводнів:
а) S_E ; б) S_N ; в) S_R ; г) A_E .
- Які з реагентів будуть вступати у реакції нуклеофільного заміщення з галогенопохідними алканів:
а) H_2O ; б) NH_3 ; в) HNO_3 ; г) H_2 .

III рівень

- 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.
- Який об'єм хлору (н.у.) необхідно взяти для одержання дихлоропохідного метану, якщо у реакцію вступило 448 л метану?
- Скласти структурну формулу фторотану.

Позааудиторна самостійна робота № 19

Тема: Орієнтувальна дія замісників у монозаміщених бензенах

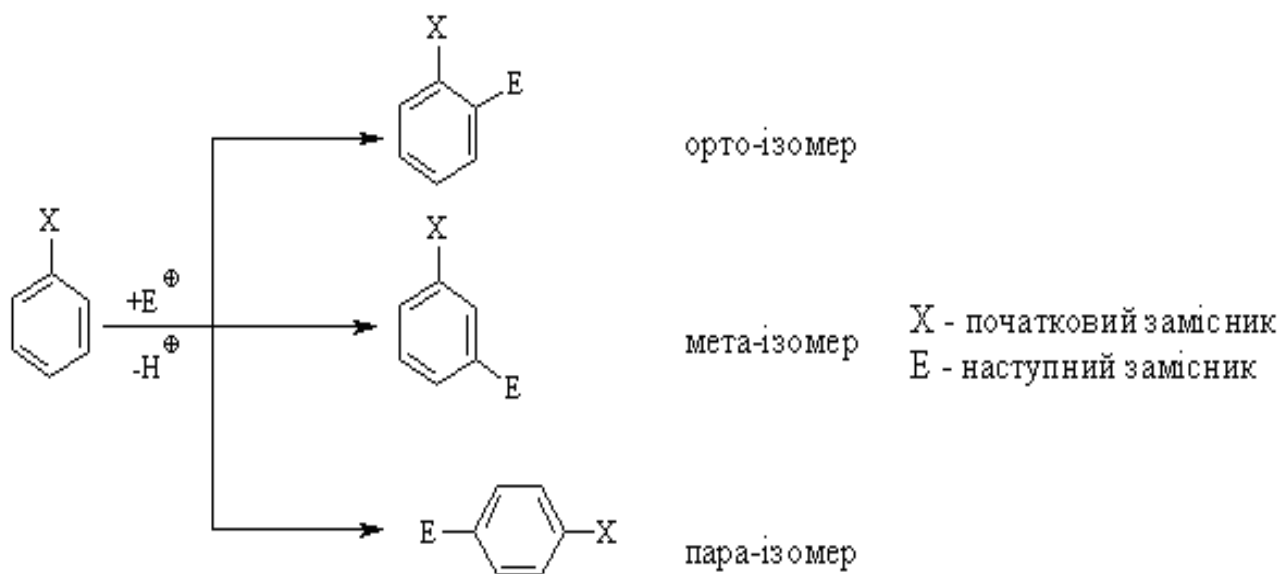
План

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

Час виконання: 2 години

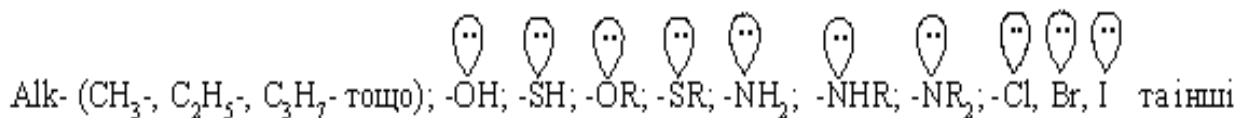
Мета роботи: Ознайомитися з класифікацією замісників за їх орієнтувальною дією на бензенове ядро; вдосконалити вміння складати рівняння хімічних реакцій.

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:

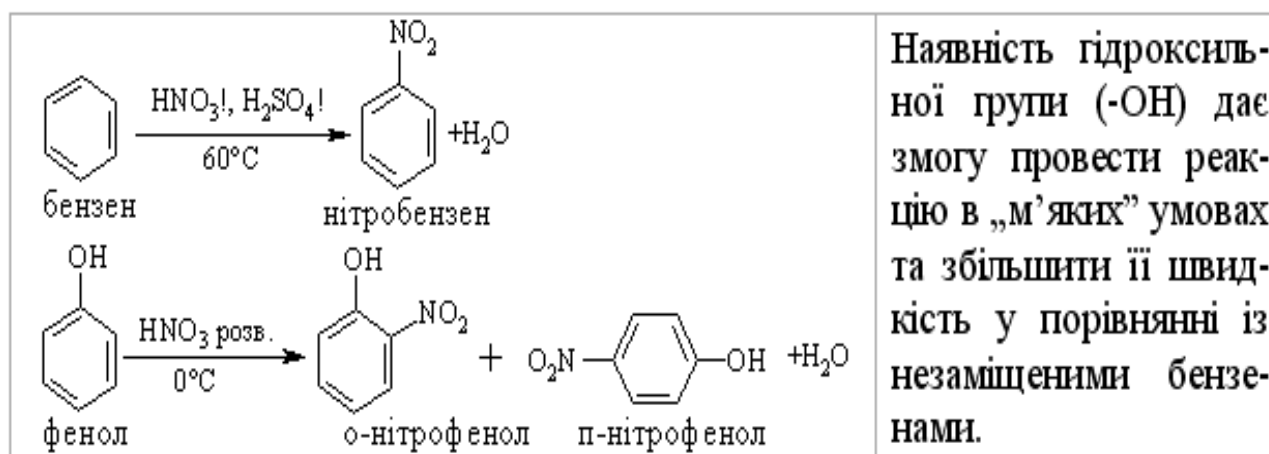


За орієнтувальною дією замісники поділяють на дві групи.

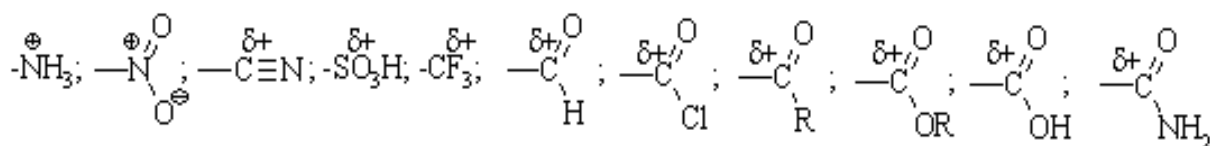
Замісники I роду (орто- та пара-орієнтанти в реакціях S_E) – це атоми або групи атомів, які є донорами електронів. За винятком алкільних радикалів (Alk-) вони мають вільні електронні пари на атомі, що безпосередньо поєднується із ароматичним ядром:



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 густину 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) $-\text{CONH}_2$; б) $-\text{NH}_2$; в) $-\text{CF}_3$; г) CH_3 - .
2. Вказати групу атомів, яка є орієтантом другого роду:
а) $-\text{C} \equiv \text{N}$; б) CH_3 - ; в) $-\text{SR}$; г) $-\text{Br}$ - .
3. У яке положення буде орієнтувати електрофіл замісник C_6H_5 - :
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

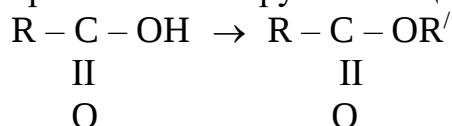
План

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

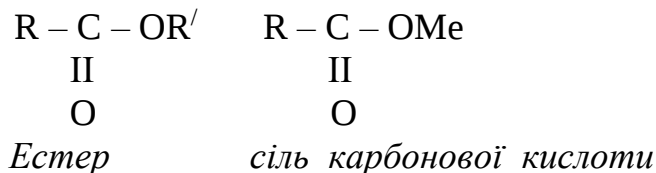
Час виконання: 2 години

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:

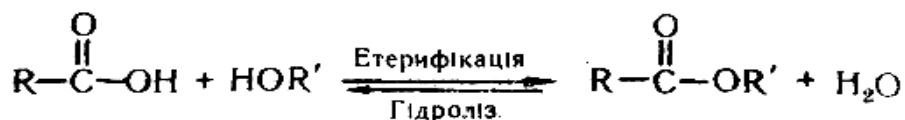


Таким чином, за своєю будовою естери подібні до солей:



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.

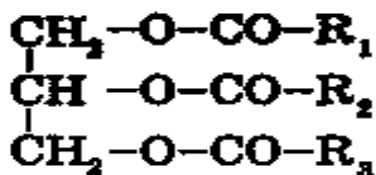
Оскільки одним із найважливіших способів одержання естерів є відщеплення молекули води від молекул кислоти і спирту, естери часто розглядають як *ангідриди кислоти і спирту*:



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.

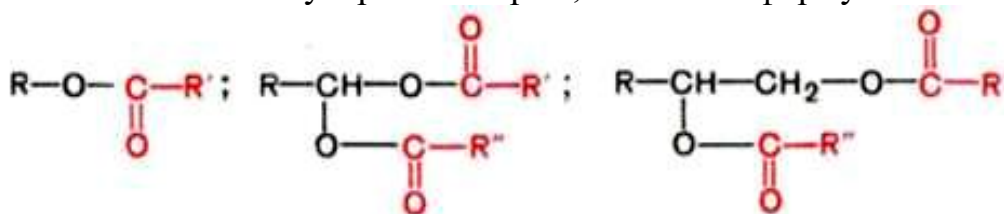
Гліцеридами називають естери гліцерину та високомолекулярних карбонових (жирних) кислот. Вони складають основну масу ліпідів (до 95 – 97%). До складу жирів в основному входять триацилгліцерини:



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.

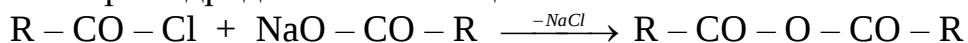
З восків тваринного походження найбільшу роль відіграють спермацет і спермацетове масло, шерстяний жир, з восків комах – бджолиний віск. Перші два продукти виділяють з олієподібної маси, що міститься в голові кашалота і у довгому каналі, який проходить від голови до хвоста. З одного кашалота одержують 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 C_{26} – C_{30} та спиртів C_{14} – 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 мюючих засобів, використовуються в косметичі для виготовлення кремів та помад.

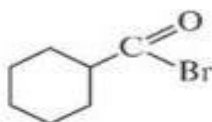
Ангідриди карбонових кислот $\text{R}-\text{CO}-\text{O}-\text{CO}-\text{R}$ добувають відщепленням молекули води від двох молекул карбонової кислоти або взаємодією хлорангідридів з солями цих кислот:



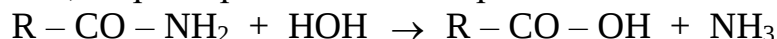
Ангідриди карбонових кислот – це безбарвні рідини або кристалічні речовини. Перші представники гомологічного ряду мають гострий запах, у воді малорозчинні.

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.

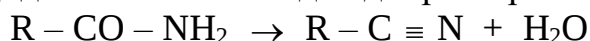
Замість карбонових кислот частіше використовують їх галогенангідриди:



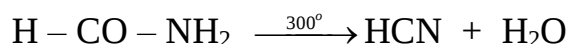
Аміди карбонових кислот $R - CO - NH_2$ – це безбарвні кристалічні речовини або рідини, розчинні у воді й органічних розчинниках. Вони легко гідролізують, перетворюючись на карбонові кислоти:



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, $T_{\text{кип}} = 210,5^\circ\text{C}$, 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 виписати 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, виписати означення галоген ангідридів.
4. Розглядаючи четверте питання, виписати 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:
а) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO - O - CH_3$; б) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO - NH_2$;
в) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - O - CH_3$; в) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2$.
2. Яка з речовин є воском?
а) $C_{26}H_{53} - CO - O - C_{16}H_{33}$; б) $C_5H_{11} - CO - C_2H_5$;

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 листя; 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:

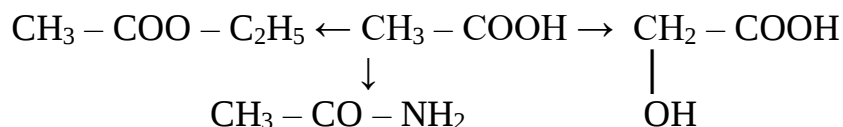
- а) $-\text{NH}_2$; б) $-\text{N} \equiv \text{N}$
в) $=\text{N} = \text{O}$; г) $-\text{C} \equiv \text{N}$.

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. Неомилювальні ліпіди, їх склад, будова та властивості

Час виконання: 2 години

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

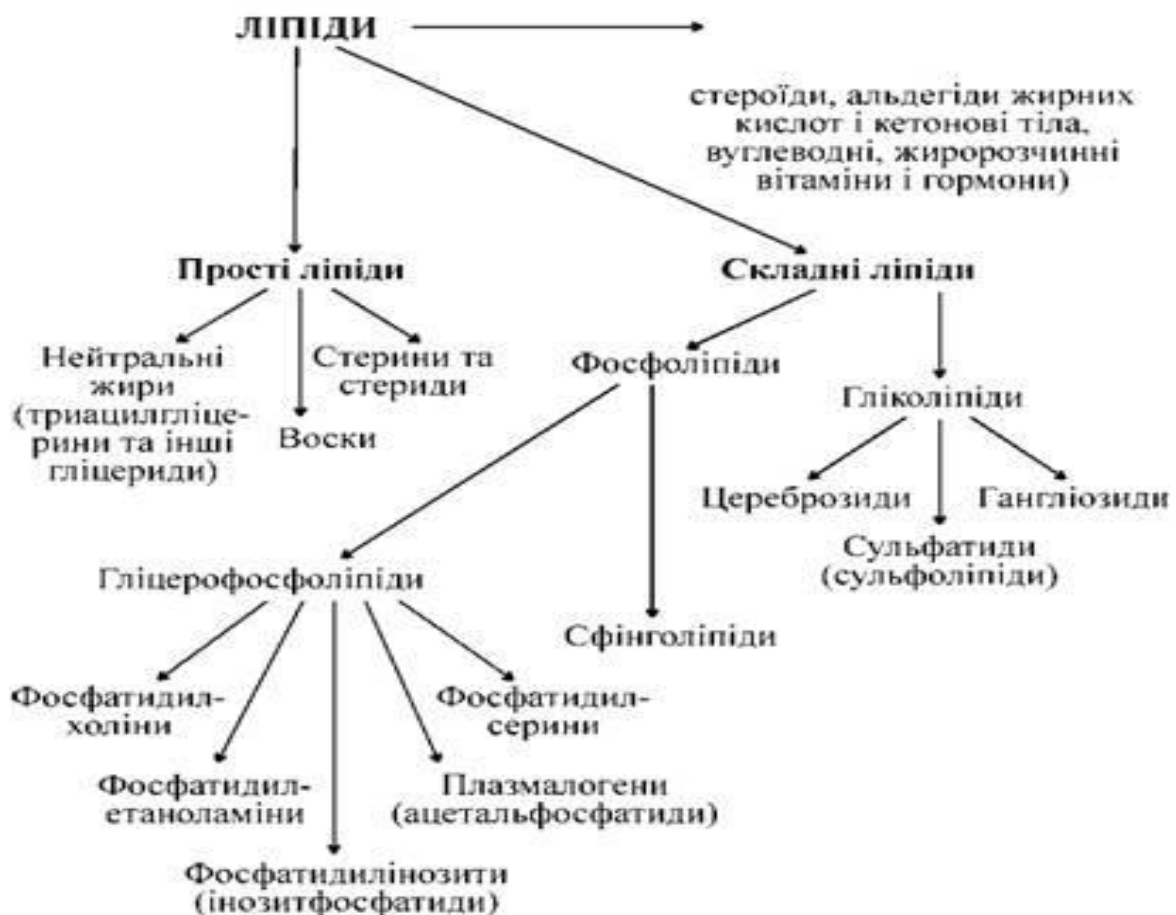
Під назвою ліпіди об'єднують велику й різноманітну групу речовин, що містяться у тваринних і рослинних тканинах. Вони не розчинні у воді, але розчинні в деяких органічних розчинниках(бензин, бензен, ацетон та ін.).

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 стресу,

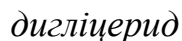
утворюючи свого роду жирову подушку), слугують енергетичним «паливом», виконують функцію запасних поживних речовин і використовуються організмом у разі їх недостатнього надходження з їжею.

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.

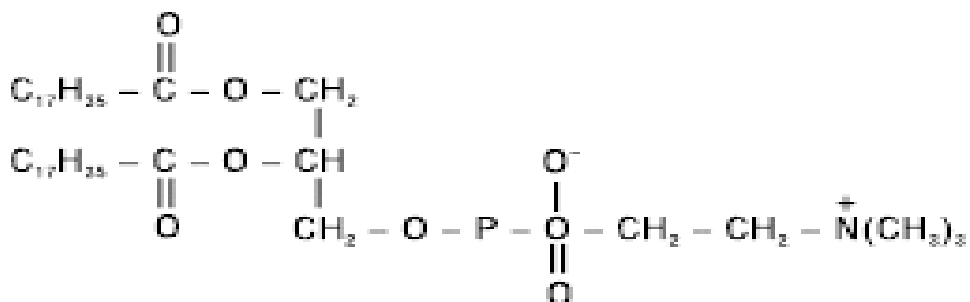
У схемі наведено склад простих і складних ліпідів.



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.


$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CHOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \\ \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \\ \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{HC}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3 \end{array} + 3\text{H}_2\text{O}$$

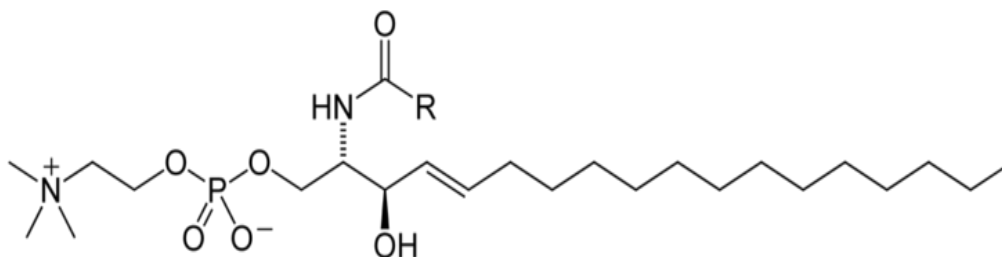
Складні ліпіди. Фосфоліпіди в результаті гідролізу утворюють вищі жирні кислоти, спирт (гліцерин або сфінгозин), фосфатну кислоту та азотисті основи (аміноспирти – етаноламін, холін або амінокислоту серин).



Залежно від природи спирту фосфоліпіди поділяють на гліцерофосфоліпіди та сфінгомієліни.

Гліцерофосфоліпіди є основним компонентом клітинних мембран.

Сфінгомієліни- друга група фосфоліпідів. У результаті їх гідролізу утворюється двоатомний ненасичений спирт сфінгозин, вища жирна кислота, фосфатна кислота та холін. Сфінгомієліни містяться у нервовій тканині, тканині печінки, нирок та інших органів.

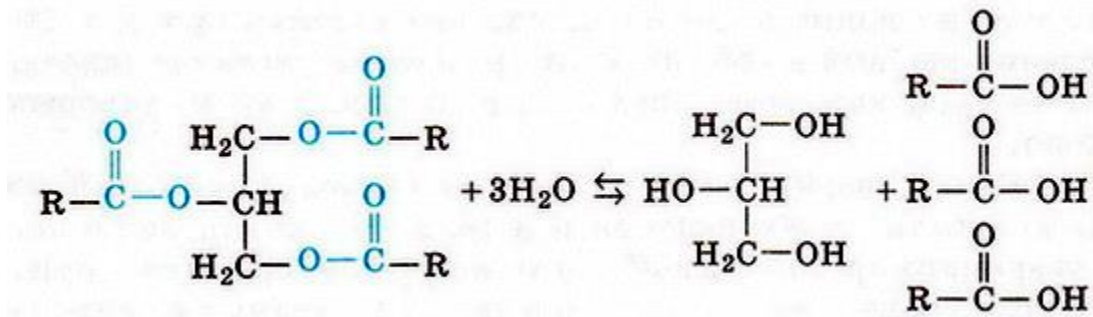


Мал. 24. Загальна формула сфінгомієліну

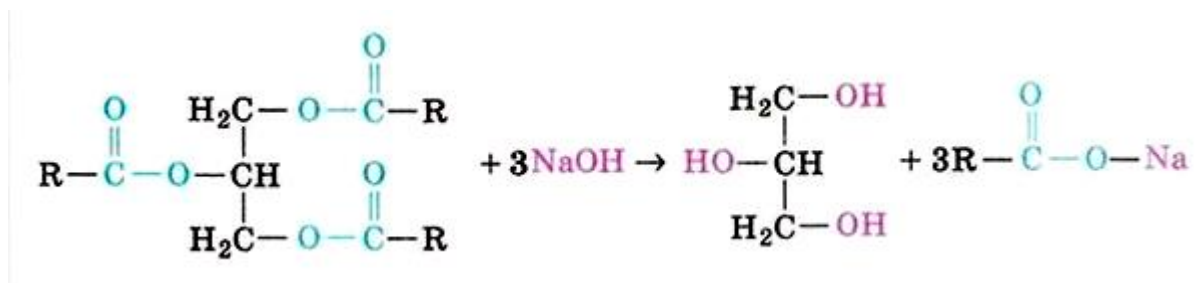
Гліколіпіди у своєму складі частіше за все мають галактозу або її похідні, хоча трапляються й інші представники вуглеводів. Їх найважливіша функція в мембранах клітин — утворення рецепторних структур. **Ліпопротеїди** утворюються внаслідок асоціації ліпідів зі специфічними білками. Вони трапляються в 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:

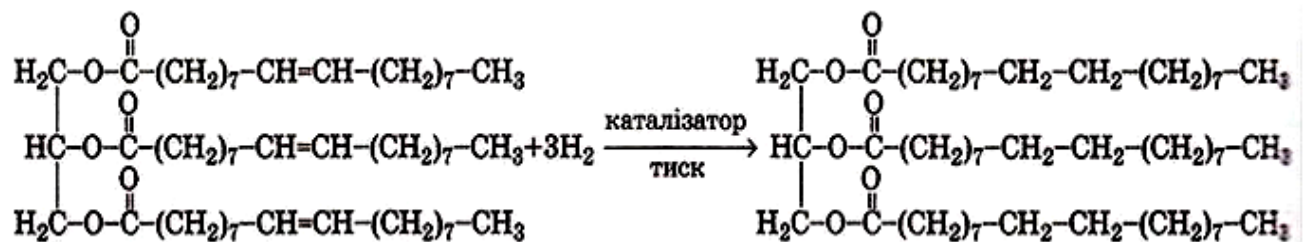


Під час лужного гідролізу (омилення) жирів водними розчинами лугів утворюється суміш гліцерину та солей вищих жирних кислот (мило):



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 променевій хворобі).

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 перетворення ізопрену. Структури ізопреноїдів мають деякі лікарські препарати, вітаміни,

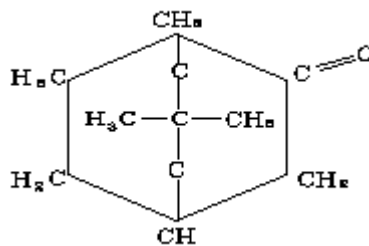
гормони, пахучі речовини тощо. До ізопреноїдів належать терпени, стероїди, каротиноїди.

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.

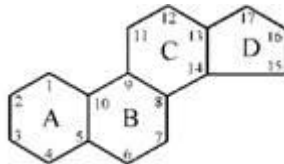
Валідол – це розчин ментолу в його естері з ізовалеріановою кислотою. Він заспокійливо діє на ЦНС, має судинорозширювальну дію. Його призначають при стенокардії, неврозах, «морській» та «повітряній» хворобах.

Камфора активізує серцеву діяльність, тому її використовують при серцевій недостатності, пригніченні дихання, отруєнні снодійними та наркотичними засобами.

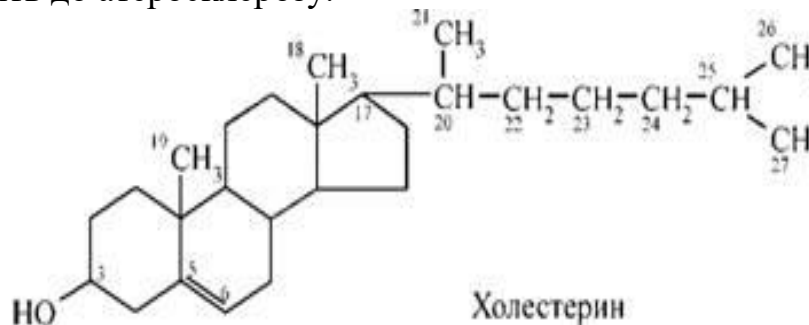


Бромкамфору використовують як заспокійливий засіб при захворюваннях ЦНС, для поліпшення серцевої діяльності.

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.

Вітамін D (кальциферол) – регулює обмін Кальцію та Фосфору в організмі. У разі нестачі вітаміну D у дітей розвивається рахіт, а у дорослих виникає ламкість кісток.

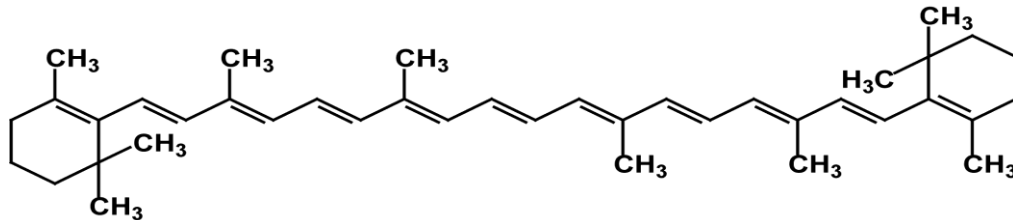
Стероїдні гормони. Кортикостероїди утворюються в корі надниркових залоз. За характером впливу на процеси обміну їх поділяють на дві групи: глюкокортикоїди, що регулюють вуглеводний обмін (гидрокортизон і кортизон – природні гормони, преднізолон – синтетичний гормон) та мінералокортикоїди, які регулюють водно- сольовий обмін (альдостерон).

Статеві гормони починають вироблятися в період статевої зрілості. Під їх впливом формуються вторинні статеві ознаки. Крім того, вони впливають на білковий обмін, підвищують стійкість організму до впливу зовнішнього середовища.

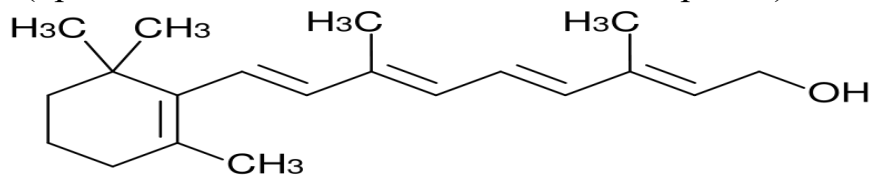
Серцеві глікозиди – це сполуки, в яких стероїдна структура сполучена з вуглеводом. Містяться в деяких рослинах (наперстянка, горицвіт, конвалія та ін..). У великих дозах є сильною отрутою, а в малих стимулюють діяльність серцевого м'яза.

Каротиноїди – це рослинні пігменти. Деякі з них відіграють роль вітамінів.

Каротин – пігмент жовто – червоного кольору; у значній кількості міститься в моркві, а також у молоці, вершковому маслі, листі рослин та плодах. Каротин є попередником вітаміну А.



Вітамін А (ретинол) міститься тільки в продуктах тваринного походження. У рослинах вітаміну А немає, але в деяких міститься його попередник (провітамін А, або, як його називають, каротин).



Методичні рекомендації

1. При вивченні першого питання звернути увагу на ознаки, за якими класифікуються ліпіди.
2. При розгляді другого питання навчитися складати рівняння лужного та кислотного гідролізу жирів.
3. Ознайомлюючись з третім питанням, звернути увагу на біологічну роль та застосування представників складних ліпідів.
4. При розгляді четвертого питання скласти опорний конспект, у якому зазначити представники неомілювальних ліпідів та їх біологічну роль.

Завдання для самоконтролю:

1. Що таке ліпіди? Вказати їх будову та біологічне значення?
2. На які групи та за якими ознаками поділяють ліпіди?
3. Які хімічні властивості жирів? У чому полягає відмінність між омилювальними та неомілювальними ліпідами?

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) естерифікація; 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 α - 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 α - 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.

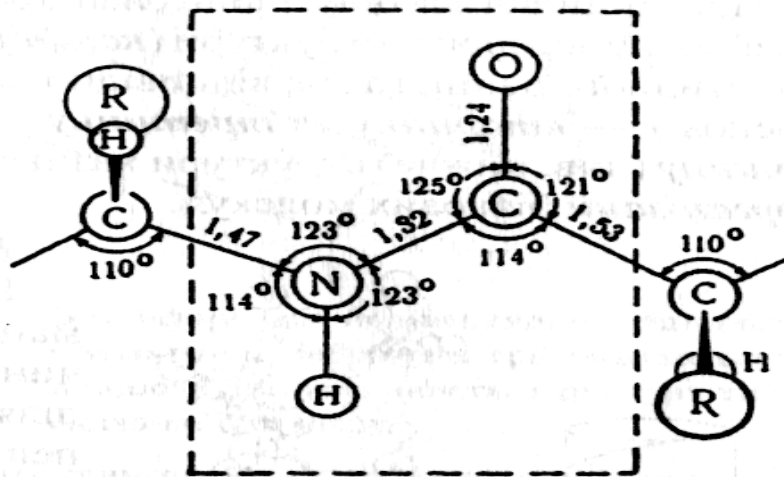
3. Дипольні зв'язки – електростатичні взаємодії постійних чи індукованих диполів, які можуть виникати між радикалами полярних амінокислот (серину, цистеїну, тирозину тощо), що входять до складу білкових молекул.

4.Гідрофобні взаємодії – слабкі взаємодії. Що виникають між бічними радикалами таких амінокислот, як валін, лейцин, ізолейцин тощо за рахунок їх „виштовхування” з полярної (звичайно, водної) фази.

Первинна структура білків

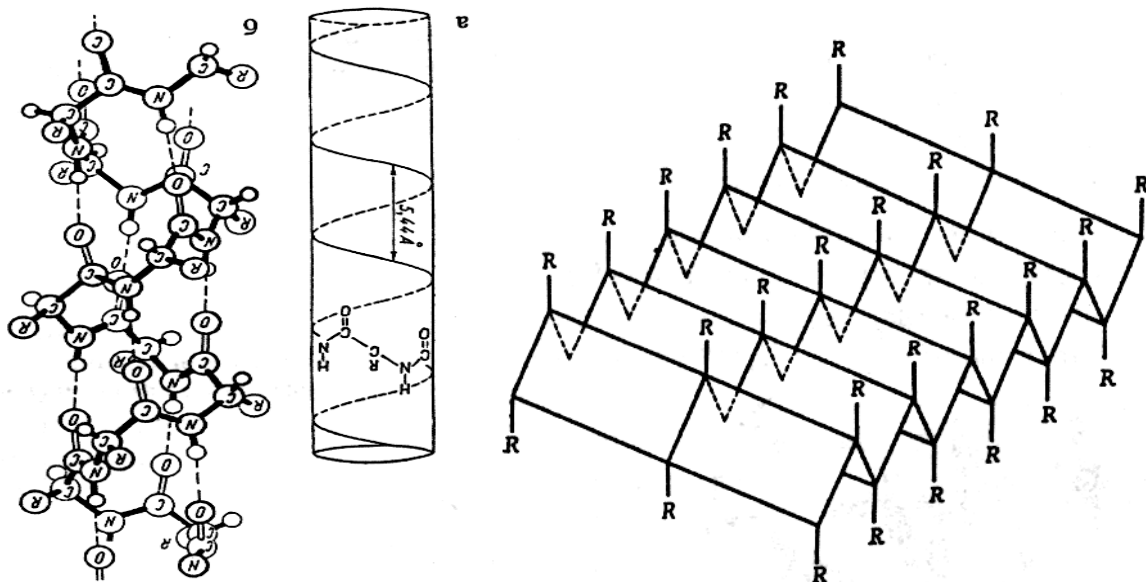
Під первинною структурою білків розуміють послідовність сполучення залишків амінокислот у поліпептидному ланцюгу. У поняття первинної

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: α - спіраль та β - структуру. (Мал. 15.)



Мал. 26. Модель вторинної структури поліпептидного ланцюга у вигляді α - спіралі (а) і β - конформації

α - Спіраль – конформація, яка утворюється при просторовому скручуванні поліпептидного ланцюга за рахунок водневих зв'язків, що виникають між $\text{C}=\text{O}$ - та NH - групами поліпептидного ланцюга, що віддалені одна від одної на чотири амінокислотних залишки. Водневі зв'язки в α - спіралі спрямовані паралельно до осі молекули. α - Спіраль можна уявити собі у

вигляді лінії, що йде по боковій поверхні уявного циліндра. На один оберт α - 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.

β - Структура – структура типу складчастого шару, складається із зигзагоподібно розгорнутих поліпептидних ланцюгів, що розташовані поряд (двох або більшої кількості). β - Конформацію мають білки β - кератини, які складаються з зигзагоподібних, антипаралельно орієнтованих поліпептидних ланцюгів. Представником β - кератинів є фіброїн – фібрилярний нерозчинний білок шовку та павутиння.

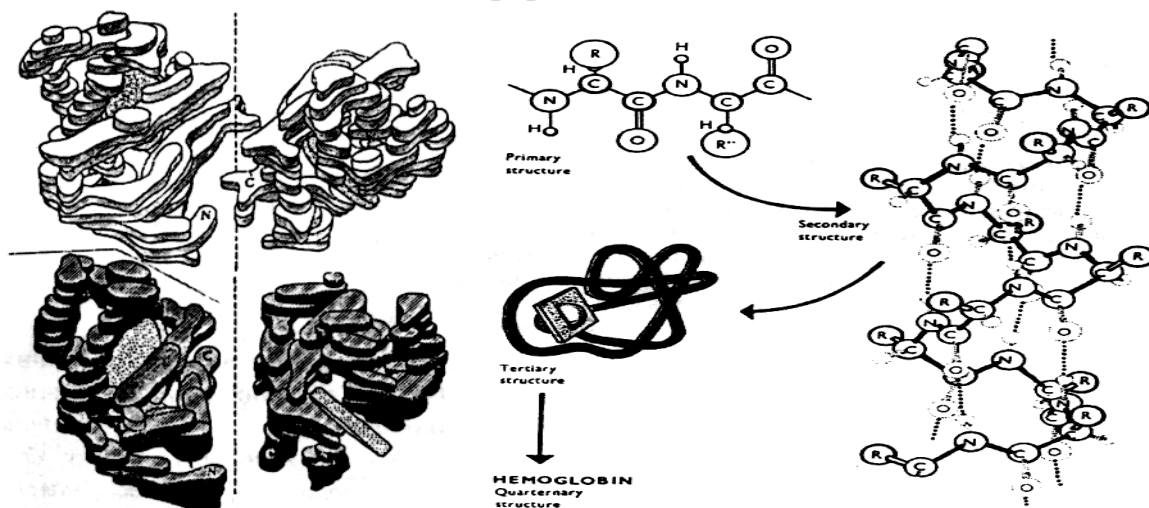
Третинна структура білків являє собою спосіб укладання в тримірному просторі поліпептидного ланцюга з певною вторинною структурою. Залежно від форми та особливостей тримірної просторової організації розрізняють глобулярні та фібрилярні білки.

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, α - 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) $\text{C} - \text{O} - \text{O} - \text{R}$; | в) $\text{S} - \text{S} -$; |
| б) $\text{C} - \text{N} -$; | г) $\text{N} = \text{N} -$. |
| II I | |
| O H | |

2. Яка із структур є вторинною:

- | | |
|-------------|--------------------------|
| а) глобула; | в) α - 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 $\text{C} = \text{O}$ 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

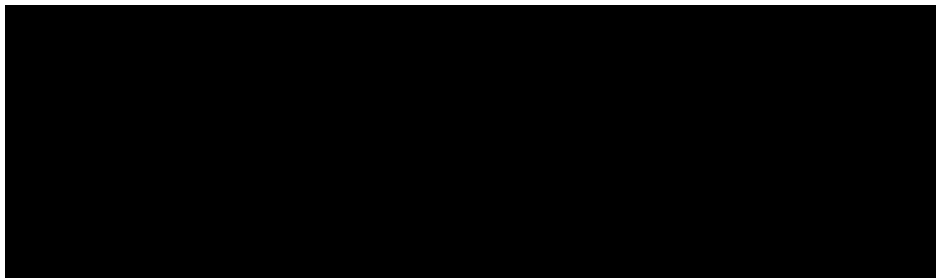
Мета роботи: систематизувати знання про структуру вуглеводів. Вуглеводи – біоорганічні сполуки, що за своєю хімічною будовою є альдегідо – та кетопохідними багатоатомних спиртів, або поліоксальдегідами та поліоксикетонами.

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*.

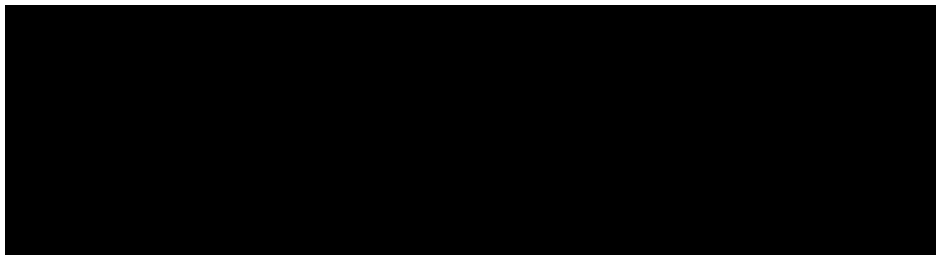
Залежно від кількості атомів Карбону, моносахариди поділяються на тріози, тетрози, пентози, гексози, гептози і т. і. Найбільш поширеними в тваринних організмах є гексози і пентози.

Гексози поділяються на *альдогексози*, до яких належать D - глюкоза та її ізомери галактоза, D - маноза, D - фукоза і *кетогексози*, представником яких є D - фруктоза.

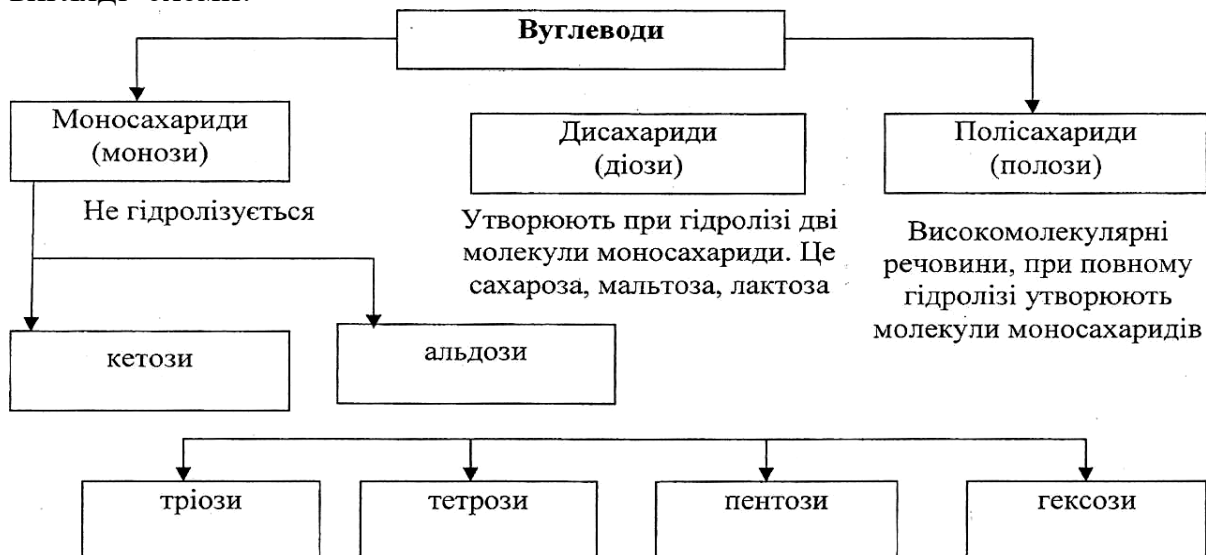
Найбільш поширеними серед пентоз є рибоза $C_5H_{10}O_5$:



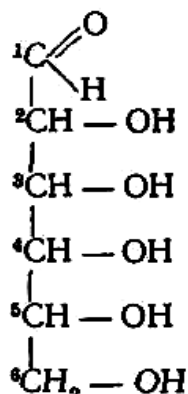
і дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$:



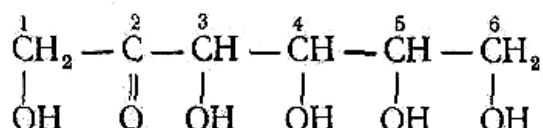
В загальному класифікацію вуглеводів за їх структурою можна зобразити у вигляді схеми:



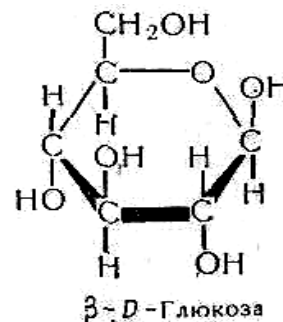
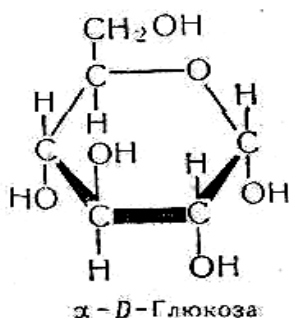
За молекулярною формулою глюкози можна скласти слідувачу структурну формулу:



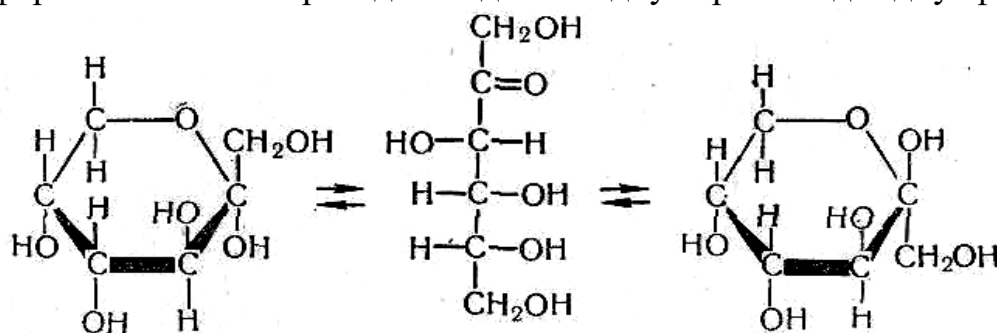
Для глюкози структурним ізомером є фруктоза:



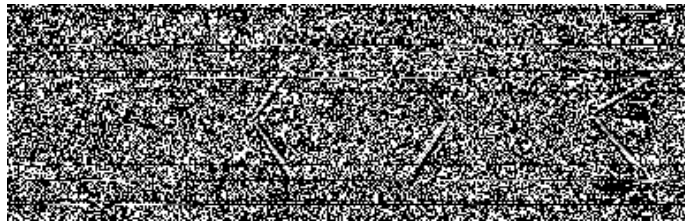
Проте, при вивченні властивостей глюкози було виявлено такі властивості, які не узгоджуються з її будовою. Таким чином встановлено перетворення її лінійної молекули в циклічну. Циклічна формула показує не тільки порядок сполучення атомів, але й їх просторове розміщення. Одні атоми або групи атомів розміщені над площиною кільця, інші – під площиною. Над і під площиною кільця спостерігається чергування Н - і ОН - груп, тобто, можливі дві циклічні форми:



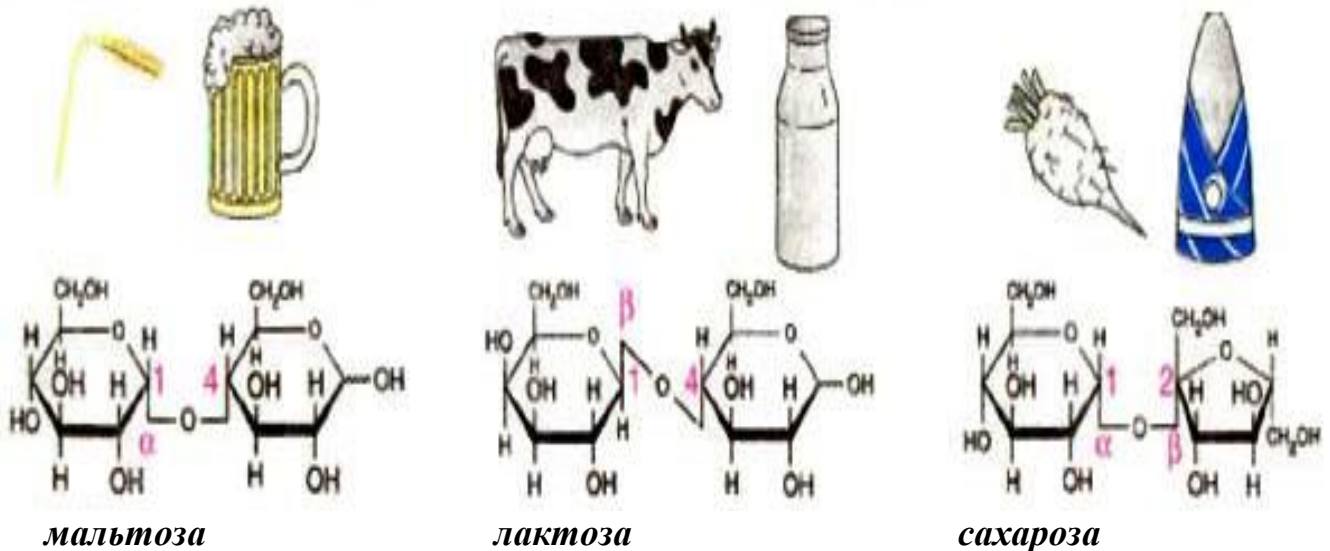
α - і β - форми глюкози переходять одна в одну через альдегідну форму



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 α - глюкози і β - фруктози:

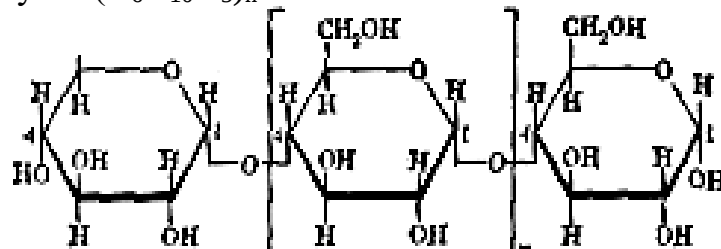


Молекула мальтози складається із залишків α -глюкози.
При гідролізі лактоза розщеплюється на β -глюкозу і галактозу.

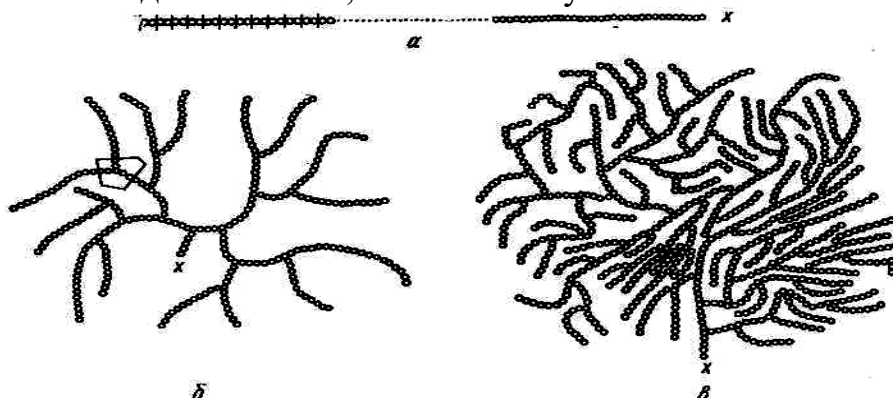


Мал. 28. Найважливіші дисахариди – мальтоза, лактоза і сахароза

Найважливішими гомополісахаридами, які складаються із залишків глюкози є крохмаль, глікоген і целюлоза. Їх склад можна виразити за допомогою формули $(C_6H_{10}O_5)_n$.

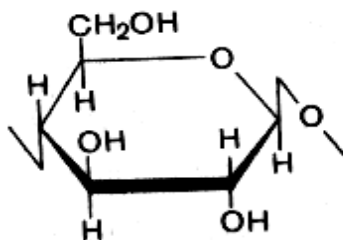


Крохмаль складається із залишків α -глюкози, а целюлоза із залишків β -глюкози. Крім того, молекули крохмалю відрізняються не тільки числом структурних ланок, а й структурою: одні з них мають лінійну структуру і молекулярну масу в декілька сот тисяч – це амілоза; інші – розгалужену з молекулярною масою 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).

Целюлоза має таку ж формулу, як і крохмаль, але відрізняється від нього більшою молекулярною масою, яка досягає декілька мільйонів. Відмінність полягає ще й у тому, що молекули целюлози мають лише лінійну структуру:



Методичні рекомендації

1. При розгляді першого питання скласти опорний конспект опрацьованого матеріалу.
2. При опрацюванні матеріалу другого питання вписати структурні формули гексоз.
3. Розглядаючи третє питання, ознайомитися з структурою сахарози та її ізомерів.
4. При розгляді четвертого питання скласти порівняльну таблицю будови крохмалю і глюкози:

Ознака для порівняння	Крохмаль	Целюлоза
Молекулярна маса		
Склад структурних ланок		
Будова молекул		
Формула		

Запитання для самоперевірки:

1. Яка ознака лежить в основі класифікації вуглеводів?
2. Що спільного і що відмінного у структурі глюкози і фруктози?
3. Що таке дисахариди? Які ізомери сахарози вам відомі?

Тести для самоконтролю

I рівень

1. Серед наведених формул вказати формули вуглеводів, які належать до моносахаридів:

а) $C_{12}H_{22}O_{11}$;

б) $C_5H_{10}O_5$;

в) $(C_6H_{10}O_5)_n$;

г) $C_6H_{12}O_6$.

2. Який компонент крохмалю має лінійну будову молекул:

а) лактоза;

б) глікоген;

в) амілоза;

г) амілопектин.

3. Вказати формулу дезоксирибози:

а) $C_5H_{10}O_5$

б) $C_6H_{12}O_6$;

в) $C_5H_{10}O_4$;

г) $C_4H_8O_4$.

II рівень

4. Який із дисахаридів міститься в коров'ячому молоці:
- | | |
|--------------|--------------|
| а) мальтоза; | б) лактоза; |
| в) сахароза; | г) целюлоза. |
5. Який із дисахаридів складається лише із залишків α -глюкози:
- | | |
|--------------|--------------|
| а) сахароза; | б) мальтоза; |
| в) лактоза; | г) фруктоза. |

III рівень

6. Обчислити масу амілози яка міститься в 500 г крохмалю.
7. На основі структурної формули глюкози спрогнозувати її можливі хімічні властивості.

Пам'ятка 1.

Як працювати з посібником

1. Прочитайте весь навчальний матеріал для загального ознайомлення зі змістом.
2. З'ясуйте значення важких та незрозумілих слів, термінів, понять і висловів за допомогою словника, записів у зошиті.
3. Поділіть навчальний матеріал на частини.
4. Визначте головну думку матеріалу, зробіть записи у формі плану, тез, запитань до тексту.
5. Прочитайте весь навчальний матеріал ще раз, намагаючись переказати його зміст із пам'яті – спочатку у вигляді відповідей та окремих питань, а потім – повністю.

Пам'ятка 2.

Як користуватися ілюстраціями посібника

1. Розгляньте уважно малюнок (схему, таблицю). Поміркуйте, що тут зображено.
2. Вдумайтесь в назву та зміст ілюстрації. Визначте, до якої частини тексту вона належить.
3. Визначте мету застосування малюнка (схеми, таблиці) під час вивчення матеріалу.
4. Знайдіть у тексті відомості, факти, які підтверджують або деталізують зміст даної ілюстрації.
5. Розкажіть за допомогою ілюстрації, які нові факти ви відкрили для себе.

Пам'ятка 3.

Як скласти конспект

Конспект – це короткий виклад чи запис змісту роботи.

Основні вимоги до написання конспекту:

- система та логіка викладу матеріалу;
- лаконічність, чіткість;
- доказовість.

Етапи конспектування:

1. Прочитайте текст, позначте в ньому нові слова, терміни, формули та незрозумілі місця.
2. Складіть перелік основних думок, що містяться в тексті.

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 компактным, 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.....	