

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра клінічної хімії та лабораторної діагностики

Медична хімія

**ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ.
БІОЛОГІЧНА РОЛЬ І ЗАСТОСУВАННЯ
S-,P-ЕЛЕМЕНТІВ У МЕДИЦИНІ**

Навчально-методичний посібник

Одеса

2021

УДК 546: (07) + 577.118.

Автори:

Я.Ф. Бурдіна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики Одеського національного медичного університету;

А.В. Грекова – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики Одеського національного медичного університету;

А.О. Ширикалова – кандидат хімічних наук, доцент кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики Одеського національного медичного університету;

Г.Ф. Степанов – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики Одеського національного медичного університету.

Хімія біогенних елементів. Біологічна роль ізастосування біогенних s-, p-елементів : навч.-метод. посіб. / Я.Ф. Бурдіна, А.В. Грекова, А. О. Ширикалова, Г.Ф.Степанов – Одеса : Астропринт, 2021. – 52 с.

Рецензенти:

В.О. Гельмбольдт – доктор хімічних наук, професор, завідувачка кафедри фармацевтичної хімії Одеського національного медичного університету;

О.А. Шандра – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фізіології Одеського національного медичного університету.

Друкується за рішенням предметної циклової комісії Одеського національного медичного університету (протокол № 4 від 12.01.2021).

Даний посібник призначений для підготовки до практичних і лабораторних занять з медичної хімії для студентів медичного факультету. Методичні вказівки конкретизують навчальну інформацію і дозволяють перевірити якість її засвоєння в процесі рішення навчальних завдань.

УДК 546: (07) + 577.118.

© Бурдіна Я.Ф., Грекова А.В.,
Ширикалова А.О., Степанов Г.Ф., 2021

Тема №1

«Предмет і завдання медичної хімії. Класифікація біогенних елементів»

Курс медичної хімії є фундаментальною дисципліною в системі медичного навчання. Він включає вивчення важливих хімічних законів і закономірностей протікання фізико-хімічних процесів, встановлює взаємозв'язок між складом, будовою і біологічною активністю гетерофункціональних органічних сполук. Більшість процесів, що відбуваються у живому організмі пояснюються теоретичними положеннями неорганічної, фізичної та колоїдної хімії. Наприклад, зміна структури та функцій клітин крові у розчинах кровозамінників трактується законами осмотичного тиску; розподіл іонів електролітів між клітинами та зовнішнім середовищем – законами мембранної рівноваги Доннана; механізм передавання нервових імпульсів – положенням теорії електролітичної дисоціації; сталість концентрації іонів H^+ у біологічних рідинах (крові, лімфі, лікворі) значною мірою залежить від наявності в них буферних систем. Вчення про окисно-відновні потенціали дає змогу пояснити перебіг багатьох реакцій в організмі, зумовлених постачанням та витратами енергії. Особливості фізичної хімії поверхневих явищ допомагають трактувати механізм дії фармацевтичних препаратів, пояснювати явища фагоцитозу та імунітету. Не менш важливу роль відіграють закони кінетики й каталізу, які дають можливість розуміти закономірності перебігу ферментативних і фармакокінетичних процесів. Закони колоїдної хімії описують роль факторів стійкості дисперсних систем організму в процесі його життєдіяльності.

Актуальність теми

Медична хімія вивчає будову і реакційну здатність найважливіших біологічно активних молекул, теорію хімічного зв'язку в комплексних

сполуках біометалів з біолігандами та роль біогенних елементів у життєдіяльності організму. Вона досліджує процесі, що відбуваються на молекулярному та субмолекулярному рівнях, а саме тут і слід шукати причини виникнення різних форм захворювань та специфічність спадкових ознак.

Мета заняття: показати цінність хімії для розвитку сучасної медицини, взаємозв'язок біологічної дії елементів в залежності від їх розташування в періодичній таблиці Д.І. Менделєєва відповідно до електронної класифікації за s -, p-, d -, f- блоків елементів. Ознайомити студентів із структурою та змістом курсу "Медична хімія". Звернути увагу на правила техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії. Простежити взаємозв'язок між біологічною активністю хімічних елементів і електронною будовою їх атомів. Розглянути різні види класифікацій біогенних елементів.

Студент повинен знати і вміти:

- уявлення про сучасні погляди на будову атома, природу хімічного зв'язку; залежності біологічної активності речовин від будови їх молекул; хімію комплексних сполук та біокомплексів організму; ендемічні захворювання, мікроелементози;

- основи хімії біогенних елементів, їх роль в життєдіяльності організму; застосування сполук біогенних елементів в медичній практиці;

- встановлювати причинно-наслідкові зв'язки будови і властивостей хімічних сполук, їх ролі в біологічних процесах;

- узагальнювати набуті знання в курсі загальної хімії та застосовувати їх для характеристики хімічних реакцій за участю сполук біогенних елементів;

- прогнозувати перебіг реакцій різних типів, враховувати їх конкуруючий характер; інтерпретувати результати експерименту, робити необхідні розрахунки;
- оформляти протоколи навчально-дослідних лабораторних робіт.

Контрольні питання

1. Хімія в медицині.
2. Класифікація біогенних елементів.
3. Поняття про біогенні елементи. Органогени.
4. Кількісний та якісний склад біогенних елементів в організмі людини.
5. Сутність вчення В.І. Вернадського та його школи про біосферу і біохімію, поняття про біогеохімічні провінції та ендемічні захворювання.
6. Класифікація біогенних елементів за електронною будовою атомів s-, p-, d-блоків, за кількісним вмістом в організмі людини, фізіологічної активності, вивченості, біологічної ролі.

Хімія в медицині

М. В. Ломоносов, коли розглядав співдружність наук визначив як необхідна умова розвитку природознавства. Він сказав, що фізик сліпий без математики та сухорукий без хімії.

Через багато років видатний вчений ХХ ст. В.І. Вернадський зазначив, що розвиток наукових знань швидко скорочує відстань між окремими науками, а вчені все більше спеціалізуються не в науках, а в проблемах. Це дає можливість, з одного боку, заглибитися у вивчення явищ, а з іншого боку – як можна ширше охопити їх з усіх точок зору.

Така спеціалізація створює найважливішу передумову для взаємодії та взаємопроникнення наук. Взаємний вплив природних наук – явище закономірне, характерне для всієї історії природознавства.

Місця зіткнення між окремими науками були мостами, за якими йшло взаємопроникнення одних знань в інші. Вивчення процесу взаємодії хімії та суміжних наук допомагає зрозуміти її в системі природничих наук у розвитку природознавства.

Е. Фішер (1849) писав, що жодна наука природознавства не пов'язана з медициною таким міцним і глибоким зв'язком як хімія.

Становлення основ наукової, експериментальної і теоретичної хімії в XVII столітті (нові уявлення про хімічні елементи, перші кількісні закони, використання методів – вагового та газового аналізів; створення приладів, призначених для вивчення теплових ефектів хімічних реакцій тощо) зумовило її подальший бурхливий розвиток та активну взаємодію хімії з біологією.

У цьому найбільший інтерес представляє органічна хімія.

Я. Берцеліус (1807) запропонував речовини, які відносяться до живої природи, називати **органічними**, а речовини, які відносяться до неживої природи, – **неорганічними**.

Перші спроби застосувати фізичні методи для вирішення екологічних проблем були зроблені в XVIII ст., після того, як Е. Ейлер виявив рух крові в судинах. Видатний фізіолог І. М. Сеченов вивчав проблему поглинання газів кров'ю і сольовими розчинами. Він досліджував стан CO_2 в крові (1886) та відкрив закон розчинення газів в водних розчинах електrolітів, які є основою сучасного вчення про дихальну функцію крові.

На початку XX ст. виникла імунохімія – це наука, яка вивчає хімічні процеси імунних явищ.

Тим часом увагу вчених-хіміків привернула проблема взаємодії антиген – антитіло і токсини – антитоксини. Її рішенням займалися видатні хіміки П. Ерліх і С. Арреніус. Більшість речовин тваринного організму є осмотичними і капілярними явищами, тому біологи звернули особливу увагу на фізичну хімію, її закони і теорії.

Початок ХХ століття почався виникненням нової фундаментальної концепції геохімічної ролі речовин в геологічних процесах, що лягла в основу біогеохімії – науки, яка вивчає хімічні процеси земної кори в залежності від розвитку органічного світу. В.І. Вернадський довів, що жива речовина та живі організми в процесі життєдіяльності здійснюють великомасштабні перетворення земної кори. Наприклад, "біогенна міграція атомів" охоплює частину атмосфери, гідросфери і верхньої частини літосфери. Всього десять років тому на перехресті неорганічної та біологічної хімії народилася нова суміжна область – біонеорганічна хімія. Протягом такого короткого часу біонеорганічна хімія перетворилася в самостійну науку, яка продовжує швидко розвиватися. Об'єктами її досліджень є біокомплекси. До складу комплексів входять біометали – "метали життя" (Cu, K, Ca, Mn, Co, Mo та ін.), а в якості лігандів використовуються різні атоми, молекули, іони.

Біонеорганічна хімія розвивається в таких напрямках:

1. Дослідження біологічно активних речовин як переносників кисню і іонів (іонофори).
2. Дослідження антитоксинів і міграцію токсичних металів в природі.
3. Вивчення структури і механізму дії металоферментів.
4. Дослідження та відтворення найважливіших біохімічних процесів (біохімічне моделювання біологічних структур).

Класифікація біогенних елементів

Наукове обґрунтування вчення про хімічні елементи зазначеноу працях академіка В.І. Вернадського, який показав тісний взаємозв'язок між хімічним складом земної кори, світового океану та живого організму. Він вважав, що живі організми і земна кора представляють єдину систему, причому живі організми беруть участь у геохімічних процесах розподілу хімічних елементів в земній корі.

Тісний зв'язок живого з неживим проявляється в першу чергу в спільності елементного складу. Речовини живої та неживої природи складаються з тих самих хімічних елементів, між ними діють однакові сили хімічної взаємодії. Елементний склад живого організму повністю збігається з елементами, знайденими в морській воді, а останні майже відповідають складу земної кори.

Досліджуючи міграцію елементів, В.І. Вернадський встановив, що міграція, розсіювання і концентрація елементів залежить від атомної маси хімічного елемента, розмірів атомних та іонних радіусів, а також від здатності елементів до утворення хімічних сполук.

Всі хімічні елементи, які беруть участь в біологічних процесах живих організмів, отримали назву біогенних елементів.

Подальший розвиток хімія біогенних елементів отримала в працях О. П. Виноградова, В. В. Кузнечного, О. І. Венчікова, К. Б. Яцимірського, М. Діксона і Е. Уебба, А. І. Войнар, Е. Андервуда, Г. А. Бабенко та ін.

Кількісний вміст хімічних елементів в живій речовині (сукупність всіх живих організмів) обернено пропорційні їх порядковим номерам в періодичній системі елементів, тобто кількісний хімічний склад живої речовини є періодичною функцією порядкового номера елемента. Однак, ця закономірність порушується для елементів головних підгруп I, II і VII груп. Порушення зазначеної закономірності спостерігається через те, що вони входять до молекул біоорганічних сполук.

Кількісний вміст ковалентно пов'язаних атомів елементів зменшується з ростом заряду атомів у групі (наприклад, N, P, As, Sb). А вміст елементів, які знаходяться в організмі у вигляді іонів (s- елементи I і II груп, p-елементи VII групи) – збільшується (до оптимального іонного радіусу), а потім зменшується. Наприклад, при переході від берилію до кальцію вміст елемента в живому організмі зростає, а потім

знижується; при переході від флуору до хлору також збільшується, а потім знижується (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність кількісного вмісту хімічних елементів в живих організмах від їх заряду ядра

Елемент	Вміст, масова частка, %	Елемент	Вміст, масова частка, %
${}^4\text{Be}$	$10^{-7} - 10^{-4}$	${}^9\text{F}$	10^{-5}
${}^{12}\text{Mg}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	${}^{17}\text{Cl}$	$1 \cdot 10^{-1}$
${}^{20}\text{Ca}$	2,0	${}^{35}\text{Br}$	$10^{-4} - 10^{-3}$
${}^{38}\text{Sr}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	${}^{53}\text{I}$	$10^{-5} - 10^{-3}$
${}^{56}\text{Ba}$	$10^{-5} - 10^{-4}$		

Усіодинадцять біогенних елементів (O, H, N, S, Ca, Mg, K, Na, Cl, P, C) складають 99,5% маси організму. Вміст всіх інших елементів складає менше 0,5%.

Природний відбір елементів був обумовлений такими факторами:

- здатністю до утворення міцних (енергоємних) зв'язків;
- здатністю утворювати ланцюги;
- лабільністю зв'язків;
- "лабільністю" атомів, наприклад: S, P, Fe (за Дж. Берналем);
- утворенням легкокорозчинних у воді сполук, які сприяють їх концентруванню в організмі;
- схильністю до утворення стійких координаційних сполук з біологічними молекулами.

Органи людини по-різному концентрують в собі різні хімічні елементи, тобто, мікро- і макроелементи нерівномірно розподіляються між різними органами та тканинами. Більшість мікроелементів накопичуються в печінці, кістковій і м'язовій тканини. Ці тканини є основним депо (запасником) для багатьох мікроелементів. Елементи

можуть проявляти специфічну спорідненість по відношенню до деяких органів і містяться в них у високих концентраціях. Добре відомо, що цинк концентрується в підшлунковій залозі, йод – у щитовидній, флуор – в емалі зубів, алюміній, арсен, ванадій накопичуються у волоссі і нігтях, кадмій, меркурій, молібден – в нирках, станум – в тканинах кишківника, стронцій – в передміхуровій залозі, кістковій тканині, барій – в пігментній сітківці ока, бром, манган, хром – в гіпофізі таїн.

Гідроген і кисень – макроелементи. Вони входять до складу води, якої в організмі дорослої людини в середньому міститься близько 65%. Вода також нерівномірно розподілена по органам, тканинам і біологічним рідинам людини. Так, в шлунковому соку, слині, плазмі крові, лімфі вода становить від 90 до 99,5%. У сечі, сірій речовині головного мозку, печінці, шкірі, спинному мозку, м'язах, легенях, серці – 70 - 80%. Найменше води міститься в скелеті – 40%.

Макроелементи – С, Н, О, N, S, P – входять до складу білків, нуклеїнових кислот та інших біологічно активних сполук організму. С, Н і О входять також до складу вуглеводів, вміст яких в тканинах тварин і людини приблизно 2%. Ці елементи входять до складу ліпідів (жирів). До складу фосфоліпідів входить фосфор у вигляді фосфатних груп. Найбільш ліпіди концентруються в головному мозку (12%), а потім в печінці (5%), молоці (2-3%) і сироватці крові (0,6%). Однак основна частина фосфору (600 г) міститься в кістковій тканині, а 85% від маси всього фосфору, що знаходиться в організмі людини. Концентрується фосфор і в твердих тканинах зубів, до складу яких він входить разом із кальцієм, хлором, флуором у вигляді гідроксил-, хлор-, флуорапатитів загальної формули $Ca_5(PO_4)_3X$, де $X = OH^-, Cl^-, F^-$, відповідно. Кальцій переважно концентрується в кістковій і в зубній тканині. Натрій і хлор в основному містяться в позаклітинних рідинах, а калій і магній – у внутрішньоклітинних. У вигляді флуоридів натрій і калій входять до складу кісткової і зубної тканини. Магній у вигляді фосфату

$Mg_3(PO_4)_2$ міститься в твердих тканинах зуба. Деякі макроелементи (магній, кальцій) і більшість мікроелементів містяться в організмі у вигляді комплексів з біолігандами – амінокислотами, білками, нуклеїновими кислотами, гормонами, вітамінами і т. п. Так, іон Fe^{2+} в якості комплексоутворювача входить до складу гемоглобіну, Co^{2+} – вітаміну B_{12} , Mg^{2+} – хлорофілу. Відомі численні біокомплексий інших елементів (Cu, Zn, Mo та ін.), які відіграють важливу біологічну роль в організмі.

Розвиваючи ідеї В.І. Вернадського про ролі елементного складу ґрунту в еволюції організмів, О.П. Виноградов розробив навчання про біогеохімічні провінції – райони з підвищеним або зниженим вмістом у них будь-якого елемента – і ендемічних захворювань, обумовлених пов'язаним з цим вмістом елементів в організмі людини.

В. В. Ковальський створив науку про геохімічну екологію – біохімічних і фізіологічних адаптацій організму до хімічних елементів цього середовища. За Ковальським більшість організмів пристосовуються до незвичайного вмісту тих або інших елементів і розвиваються нормально. І тільки від 5 до 20% організмів в цих умовах страждає ендемічними захворюваннями.

Існує ряд різних класифікацій хімічних елементів, які знаходяться в організмі людини. За кількісним вмістом їх ділять на:

- ❖ макроелементи (0,1% і більше) – це С, Н, О, Р, S, N, Na, К, Са, Mg, Cl;
- ❖ мікроелементи (10^{-3} – 10^{-12} %) – Mn, Zn, Cu, Co, Fe, I, Mo та ін.;
- ❖ ультрамікроелементи (менше 10^{-12} %) – Ba, As, Br та ін.

Однак, така класифікація не вказує на роль і значення в організмі того або іншого елемента. **В. В. Ковальський** завивченістю та значенню розділив хімічні елементи на три групи:

- ✓ елементи, постійно присутні в живому організмі, беруть участь в обміні речовин, є незамінними;

✓ елементи, які постійно перебувають в організмі, але їх біологічна роль мало вивчена;

✓ елементи, які постійно знаходяться в живих організмах, але їх біологічна роль не з'ясована.

А. І. Венчиков вважав, що хімічним елементам незалежно від їх кількісного вмісту варто дати назву біотичних елементів, якщо доведена їх фізіологічна активність. За А. І. Венчиковим, **біотики** – це хімічні елементи екзогенного походження, які входять в біохімічні структури і системи організму та беруть участь в біохімічних і фізіологічних процесах і здатні підвищувати опір організму на дію шкідливих агентів. З цього визначення випливає, що до біотиків можуть бути віднесені як макро- так і мікроелементи, які входять до складу вітамінів, ферментів і інших речовин, які обов'язково беруть участь в процесах обміну.

Відповідно до цієї класифікації в окрему групу виділяють елементи, які грають в організмі роль пластичного матеріалу. До цієї групи, крім С, N, O, H можна віднести макроелементи Na, Ca, K, Mg, Cl, P. До наступної групи належать елементи, які активують ферментативні процеси організму або входять в структуру ферментів (Zn), вітамінів (Co), гормонів (I). До третьої групи відносяться такі названі ретикулоендотеліальні елементи (As, Hg, Sb і ін.), які пригнічують життєдіяльність мікробів.

О. П. Віноградов запропонував принципово нову класифікацію, виходячи з якої біологічна роль елементів залежить від електронної будови їх атомів, тобто від положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва. До біогенних елементів відносять елементи s-, p-, d-блоків. Електронна структура атома обумовлює особливості поведінки його в хімічних реакціях, що впливає на утворення типів хімічних зв'язків у сполуках.

Тема №2

«Хімічні властивості, біологічна роль та застосування в медицині біогенних s-елементів»

Актуальність теми

Серед s-елементів, за вмістом в організмі людини, до макроелементів відносяться гідроген, натрій, калій, магній і кальцій. Гідроген як елемент-органоген входить до складу всіх органічних сполук (амінокислот, білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот). В організмі людини найбільше значення мають: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Вони беруть участь у створенні буферних систем організму, забезпеченні необхідного осмотичного тиску, виникненні мембранних потенціалів, у передачі нервових імпульсів (Na^+ , K^+), структуроутворенні (Mg^{2+} , Ca^{2+}). Вивчення хімічних властивостей і біологічної ролі біогенних s-елементів є необхідним для більш глибокого розуміння суті біохімічних процесів, що протікають в організмі людини при подальшому вивченні курсів біохімії, нормальної і патологічної фізіології.

Студент повинен знати і вміти:

1. Положення s-елементів в періодичній системі елементів.
2. Електронну будову s-елементів та характерні для них ступені окиснення.
3. Характеризувати хімічні та фізичні властивості s-елементів.
4. Властивості сполук s-елементів і зміну властивостей їх сполук в групах.
5. Які з s-елементів є біогенними.

Контрольні питання

1. Положення s-елементів в періодичній системі елементів.
2. Характеристика біогенних s-елементів.

3. Топографія *s*-елементів в організмі людини.
4. Застосування сполук*s*-елементів у медицині.
5. Біологічна роль *s*-елементів.
6. Розчинність. Добуток розчинності.

Коротка хімічна характеристика *s*-елементів

Хімічні елементи, в атомах яких останнім заповнюється електронами *s*-підрівень, називаються *s*-елементами. Так як на *s*-підрівні максимально може бути 2 електрона, то кожен період Періодичної системи починається двома *s*-елементами, а в цілому вони утворюють дві групи: ІА і ІІА. До *s*-елементів відносяться також гідроген і гелій.

Таблиця 2

Загальна характеристика *s*-елементів

Характеристика групи	ІА	ІІА
<i>s</i> -Елементи – метали	Li, Na, K , Rb, Cs	Be, Mg, Ca , Sr, Ba
Електронна будова зовнішнього рівня	ns^1	ns^2
Схема окислення при хімічних взаємодіях	$Me - 1e \rightarrow Me^{+1}$	$Me - 2e \rightarrow Me^{+2}$
Ступінь окислення	+1	+2

Елементи ІА і ІІА груп – метали, які проявляють відновні властивості, високу хімічну активність, в складних речовинах характерна ступінь окислення +1 (група ІА), +2 (група ІІА). Елементи ІІА групи – більш слабкі відновники, ніж елементи І-А групи. Катіони, які утворені *s*-елементами, мають стійкі оболонки типу інертних газів. Іони *s*-елементів можуть утворювати в розчинах малостійкі комплексні сполуки з органічними і неорганічними лігандами. Зі збільшенням заряду і зменшенням радіусу катіона стійкість комплексів збільшується.

Таким чином, комплексоутворююча здатність s-елементів низька, так як:

а) катіони металів мають завершену електронну оболонку попередніх інертних газів, отже, вакантні електронні орбіталі відсутні і роль цих катіонів, як акцепторів електронних пар лігандів, ускладнена;

б) відповідно до теорії Пірсона катіони Na^+ і K^+ , які мало поляризуються, є «жорсткими» кислотами, тому в фізіологічних розчинах практично не утворюють стійких комплексів з біосубстратами, що містять м'які групи $-\text{C}(\text{O})\text{O}^-$, $-\text{NH}_2$ і $-\text{SH}$, які легко поляризуються. Вони утворюють відносно стійкі комплексні сполуки практично тільки з макроциклічними лігандами. Стійкість утворених комплексних сполук залежить від співвідношення іонного радіусу і діаметра внутрішньої порожнини. Правильний підбір макроциклічних лігандів дозволяє проводити селективне зв'язування або Na^+ , або K^+ . Наприклад, наявний в організмі валіноміцин пов'язує іони K^+ в 20 разів міцніше, ніж Na^+ , так як молекула валіноміцину не допускає достатнього зближення лігандів навколо іона Na^+ , який має менший радіус. Безліч алкільних груп на поверхні молекули валіноміцину забезпечують йому гідрофобний (ліпофільний) характер, за рахунок чого він може легко переходити через мембрани клітин та переносити іони K^+ проти градієнта концентрації.

Менш «жорсткі» s-елементи ІІА групи, зокрема Mg і Ca , більш схильні до комплексоутворення. Так, наприклад, Ca^{+2} утворює хелатні комплекси з ЕДТА(етилендіамінтетраацетат), які використовують в якості антидотів, а комплекси Mg^{+2} з порфіринами є основою хлорофілу. У фізіологічних середовищах катіони Mg^{+2} і Ca^{+2} зустрічаються як в іонізованому вигляді, так і у вигляді комплексів з білками і нуклеїновими кислотами.

Більшість солей, утворених катіонами ns^1 -елементів, добре розчинні у воді, утворюють осади тільки з великими аніонами, які легко

поляризуються, наприклад урати $\text{Na}_2\text{C}_5\text{H}_2\text{N}_4\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ці солі відкладаються при подагрі на кістках стопи. Катіони ns^2 -елементів мають високу здатність поляризувати, що обумовлює наявність більшої, в порівнянні з ns^1 -елементами, кількості малорозчинних сполук (з аніонами SO_4^{-2} ; $\text{C}_2\text{O}_4^{-2}$; CO_3^{-2} ; $\text{Cr}_2\text{O}_4^{-2}$ та ін.). Розчинність осадів солей ns^2 -елементів зменшується зі збільшенням радіуса катіона.

Іони s-елементів стійкі до дії окислювачів і відновників, окислювально-відновні реакції (ОВР) для них не характерні. У природі (земній корі) s-елементи-метали зустрічаються тільки у вигляді хімічних сполук. Широко поширені Na, K, Mg, Ca. Інші елементи є рідкісними і розсіяними. Елементи I-A групи знаходяться в природі переважно у вигляді розчинних солей (у воді річок, морів, океанів) і твердих покладах. Елементи II-A групи (крім магнію) – переважно у вигляді нерозчинних сполук: карбонати, сульфати, флуориди. Поширені в природі s-елементи є одночасно і біогенними.

Таблиця 3

Топографія біогенних s-елементів в організмі

Елемент	Вміст в організмі	Топографія
Na	$\omega(\text{Na}) = 0,08\%$, при масі тіла 70 кг маса натрію 60 г	Na^+ – основний позаклітинний іон. Поширений по всьому організму, міститься в сироватці крові, спинномозковій рідині, в очній рідині, у травних соках, жовчі, нирках, шкірі, кістковій тканині, легенях, мозку у вигляді розчинних солей: NaCl , NaH_2PO_4 , NaH_2PO_4 , NaHCO_3
K	$\omega(\text{K}) = 0,23\%$, маса калію в організмі 160 г	K^+ – основний внутрішньоклітинний іон, 98% калію міститься у внутрішньоклітинних рідинах; поширений по всьому організму,

		знаходиться в усіх органах і тканинах
Mg	$\omega(\text{Mg}) = 0,027\%$, маса магнію в організмі 20 г	Mg^{2+} – внутрішньоклітинний іон. Дентин і емаль зубів, кісткова тканина, підшлункова залоза, скелетні м'язи, нирки, печінка, серце
Ca	$\omega(\text{Ca}) = 1,4\%$, маса кальцію в організмі $\approx 1,5$ кг	Ca^{2+} – внутрішньоклітинний іон. Кісткова і зубна тканина; серце, кров, нирки, печінка

Біологічна роль s-елементів та застосування їх сполук у медицині

Гідроген. Вільний водень в біосфері практично відсутній. Головними формами його знаходження в біосфері є природні води, гази та органічні речовини. В організмах гідроген входить до складу води, вуглеводів, білків, жирів, нуклеїнових кислот. Гідроген не приймає участі в утворенні скелета органічних сполук. Основна кількість атомів гідрогену знаходиться у воді, на частку якої припадає понад 90% маси живої клітини. Вся хімія клітини заснована на тому, що розчинником в клітинних системах є вода. Організм людини, маса якого становить 70 кг, містить приблизно 45 л води. В організмі є два основних види рідини з різним складом електролітів, а саме: внутрішньоклітинна, в якій переважаючим катіоном є калій, і позаклітинна з переважанням натрію. Іншасполука гідрогену – пероксид гідрогену H_2O_2 , який утворюється у всіх клітинах організму в різних окисно-відновних процесах як побічний продукт метаболізму і відразу ж розкладається під впливом ферменту каталази на воду і молекулярний кисень.

Літій. Мікроелемент, є постійною складовою частиною живих організмів. Іон літію, що має найменший серед лужних металів радіус, у водних розчинах так сильно гідратований (в складі іонгідрату утримує 13 молекул води), що його розмір в гідратованому стані набагато

перевищує радіуси гідратованих іонів Na^+ (утримує 8 молекул води) і K^+ (утримує 4 молекули води). Це перешкоджає проникненню Li^+ через іонні канали клітинних мембран. Іони Li^+ , впливаючи на активність деяких ферментів, регулюють іонний Na^+ - K^+ баланс клітин кори головного мозку. Саме тому препарати, які містять літій, знаходять широке застосування в психіатричній клініці.

Натрій і калій. Іони Na^+ та K^+ розподілені по всьому організму, де перший входить до складу переважно міжклітинних рідин, а другий перебуває головним чином всередині клітин. Внутрішньоклітинна концентрація іонів натрію становить менше 10% його вмісту в позаклітинній рідині, тоді як концентрація іонів калію всередині клітин майже в 30 разів вище, ніж поза кліткою. Якщо оцінювати абсолютні величини, то приблизно 95% іонів натрію, що беруть участь в обміні речовин, знаходиться поза клітинами і приблизно така ж частка іонів калію – всередині клітин. З іонами Na^+ пов'язаний осмотичний тиск рідин, утримання води тканинами (15 г NaCl затримують в організмі людини до 2 л рідини), підтримання кислотно-лужної рівноваги в організмі (NaHCO_3 – лужний резерв крові – компонент гідрокарбонатної буферної системи), перенесення амінокислот і вуглеводів через клітинну мембрану. Іони Na^+ та K^+ активують $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ – аденозінтрифосфатазу клітинних мембран, яка викачує іони Na^+ з клітини і забезпечує поєднане накопичення іонів K^+ в клітині. Різні концентрації двох іонів по різні боки мембрани обумовлюють виникнення трансмембранної різниці потенціалів (до 100 мВ), що забезпечує існування легкодоступного джерела енергії для багатьох пов'язаних з функціонуванням мембранних процесів.

Берилій. Біологічна роль не з'ясована. Його сполуки отруйні. Особливо токсичні леткі сполуки берилію і пил на його основі. Присутність навіть невеликої кількості берилію в навколишньому середовищі призводить до захворювання берілозу (берилієвий рахіт).

Іони Be^{2+} витісняють іони Ca^{2+} з кісткової тканини, викликаючи її розм'якшення.

Магній. Всього в організмі людини міститься близько 40 г магнію, з них більше половини – в кістковій тканині. Основна маса магнію, що знаходиться поза кісток, зосереджена всередині клітин. Іони Mg^{2+} є другими за змістом внутрішньоклітинними катіонами після іонів K^+ . Тому іони Mg^{2+} мають важливу роль в підтримці осмотичного тиску всередині клітин. В організмі людини і тварин іони Mg^{2+} є одними з основних активаторів ферментативних процесів. Іони магнію, які введені підшкірно або в кров, викликають пригнічення нервової системи і призводять до наркотичного стану, зниженню кров'яного тиску і т. п.

Кальцій. Це один з п'яти (O, C, H, N, Ca) найбільш поширених елементів в організмі людини (1,5%). Основна маса наявного в організмі кальцію знаходиться в кістках і зубах. До складу щільного матриксу кістки входить термодинамічно і кінетично стійка при $\text{pH}=7,40$ форма фосфату кальцію – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Фракція позакістного кальцію, хоча вона становить всього 1% його загального вмісту в організмі, дуже важлива через її вплив на згортання крові, нервово-м'язову збудливість і серцевий м'яз.

Барій. Біогенна роль барію на даний момент вивчена мало. Всі розчинні у воді та кислотах солі барію дуже отруйні. Нерозчинний у воді та кислотах барію сульфат BaSO_4 добре поглинає рентгенівські промені, і тому його застосовують з метою дослідження шлунково-кишкового тракту людини.

Стронцій. В організмі тварин і людини у великих кількостях накопичується в кістковій тканині та впливає на процес формування кісток. Надлишок його викликає ламкість кісток, «стронцієвий рахіт». Причиною цього є заміна кальцію кісткової речовини стронцієм. Витягти стронцій з кісток практично неможливо. Підвищення

радіоактивного фону біосфери може викликати появу в атмосфері продукту розподілу важких елементів ^{90}Sr . Осідаючи в кістках, останній опромінює кістковий мозок і порушує кісткомозкове кровотворення.

Таблиця 4

Лікарські препарати, до складу яких входять s-елементи

Елемент	Знаходження та роль у організмі	Лікарські речовини
H	Елемент-органоген	H_2O_2 (3%) – антисептик, місцевий кровоспинний засіб; HCl (8,2-8,3%) – при зниженій кислотності шлункового соку
Li	Мікроелемент	Li_2CO_3 – застосовують при лікуванні психічних захворювань і шизофренії
Na	Позаклітинний катіон. Буферні системи, осмос, К-Na-насос	NaCl (0,9%) – фізіологічний ізотонічний розчин – найпростіший кровозамінник; для приготування розчинів лікарських речовин; NaCl (3-10%) – гіпертонічний розчин. Зовнішньо в компреси для лікування гнійних ран. В результаті осмосу відбувається відділення гною з рани і плазмоліз бактерій; а також при отруєнні солями аргентуму: $\text{Ag}^+ + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{Na}^+$ нерозчинний, нетоксичний NaHCO_3 – питна сода, антацидний засіб; 4%-й розчин внутрішньовенно при ацидозі: $\text{NaHCO}_3 + \text{RCOOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ з сечею через легені; слабкий антисептик, т. ч. в результаті

		<p>гідролізу розчин питної соди має лужну реакцію середовища:</p> $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ <p>Na₂SO₄·10H₂O (глауберова сіль) – проносний засіб, антидот при отруєнні солями барію і п्लумбуму</p>
К	<p>Внутриклітинний катіон. Буферні системи, осмос, К-На-насос</p>	<p>винокам'яна сіль КНС₄Н₄О₆ – легко проносе;</p> <p>калій ацетат СН₃СООК – сечогінний засіб, добре діє при серцевих і ниркових набряках;</p> <p>калій іодид КІ – лікування очних захворювань – катаракти, глаукоми. Часто калій іодид використовують при отруєнні солями меркурію;</p> <p>КСІ – внутрішньовенно при порушеннях серцевих ритмів (розслабляє серцевий м'яз), набряках;</p> <p>KMnO₄ – сильний окислювач, антисептик, зовнішньо для промивання ран</p>
Са	<p>Кісткова і зубна тканини у вигляді сполук: Ca₅(ОН)(PO₄)₃ або CaCO₃·3Ca₃(PO₄)₂·H₂O</p>	<p>CaCl₂·6H₂O – протиалергічний, протизапальний препарат; підвищує згортання крові;</p> <p>Са-глюконат – протиалергічна, протизапальна дія;</p> <p>2CaSO₄·H₂O – палений гіпс для гіпсових пов'язок. При замішуванні його водою утворюється нерозчинний CaSO₄·2H₂O</p>
Mg	<p>Внутриклітинний катіон; протиспазма-</p>	<p>MgSO₄ – 25%-вий розчин, сильне проносе;</p> <p>MgO – палена магнезія, антацидна дія;</p> <p>MgCO₃·Mg(OH)₂·3H₂O – біла магнезія,</p>

	літична дія	антацидна дія; 3MgO·4SiO₂·H₂O – тальк, адсорбуючий засіб для присипок
Ва	Сітківкаока	BaSO₄ – контрастна речовина у рентгеноскопії

Розчинність. Добуток розчинності

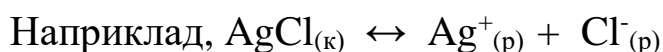
Розчинність – здатність речовини утворювати з іншими речовинами однорідні системи – розчини, в яких речовина знаходиться у вигляді окремих атомів, іонів, молекул або частинок. Розчинність виражається концентрацією розчиненої речовини в його насиченому розчині у відсотках, в вагових або об'ємних одиницях, віднесених до 100 г або 100 см³ (мл) розчинника. Розчинність газів у рідині залежить від температури і тиску. Розчинність рідких і твердих речовин – практично тільки від температури. Чисельно розчинність може бути виражена за допомогою коефіцієнта розчинності (k_s). Коефіцієнт розчинності – це маса розчиненої речовини, яка при даній температурі може розчинитися в певному об'ємі розчинника з утворенням насиченого розчину. За здатністю до розчинення всі речовини підрозділяються на:

- ❖ Розчинні ($k_s > 1$ г / 100 г розчинника);
- ❖ Малорозчинні ($1 > k_s > 0,1$ г / 100 г розчинника);
- ❖ Важкорозчинні або практично нерозчинні ($k_s < 0,1$ г / 100 г розчинника).

Розчинність залежить від: речовини, що розчиняється, розчинника, температури, тиску, наявності в розчиннику інших речовин.

Важкорозчинний електроліт може перебувати в динамічній гетерогенній рівновазі з його насиченим розчином:

кристалічний (аморфний) осад(к) ↔ насичений розчин(р)



У такому розчині концентрація іонів дуже мала та внаслідок цього взаємодія їх один з одним практично відсутня.

Константа рівноваги для гетерогенної системи:

$$K = \frac{[Ag^+] \cdot [Cl^-]}{[AgCl_k]}$$

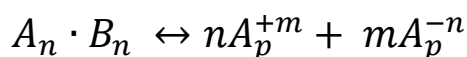
концентрацію твердої фази $AgCl_k$ можна вважати постійною, тоді:

$$K \cdot [AgCl_k] = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = DP_{AgCl} = const$$

Або

$$C_{Ag^+} \cdot C_{Cl^-} = DP_{AgCl} = const$$

У загальному вигляді для рівняння:



$$DP = [A^{+m}]^n \cdot [B^{-n}]^m$$

У насиченому розчині важкорозчинного сильного електроліту добуток концентрації його іонів в ступенях стехіометричних коефіцієнтів при даній температурі є величина постійна, і називається **добуток розчинності (ДР)**. Добуток розчинності характеризує розчинність важкорозчинного електроліту за даної температури. З двоходнотипних солей, наприклад, $CaSO_4$ з $DP = 2,5 \cdot 10^{-5}$ і $BaSO_4$ з $DP = 1,1 \cdot 10^{-10}$, більшою розчинністю володіє та сіль, у якій ДР більше.

Концентрація кожного іона в насиченому розчині електроліту може бути змінена, але при цьому змінюється і концентрація іншого іона так, що **добуток концентрації (ДК)** зберігає колишню величину. Тому, якщо в насичений розчин електроліту ввести деяку кількість одного з іонів, що входять до складу електроліту, то концентрація іншого іона повинна зменшитися і частина розчиненого електроліту випаде в осад, тобто розчинність електроліту знижується від введення в розчин однойменних іонів. У загальному вигляді розчинність L важкорозчинного електроліту A_nB_m

$$L_{A_n B_m} = \sqrt[n+m]{\frac{ДР}{n^n \cdot m^m}}$$

ДК – це добуток концентрацій іонів в ступенях, відповідних стехіометричним коефіцієнтам для системи в нерівноважному стані. Якщо знати ДК і порівняти його з ДР, можна встановити, розчиниться або випаде осад при даній температурі:

1. Якщо $ДК = ДР$ – система знаходиться в стані рівноваги (розчин насичений).
2. Якщо $ДК < ДР$ – самовільно протікає процес розчинення осаду.
3. Якщо $ДК > ДР$ – можливий тільки процес утворення осаду.

Тема № 3

«Хімічні властивості та біологічна роль біогенних р-елементів. Якісні реакції визначення катіонів та аніонів s- і р-елементів»

Актуальність теми

Біогенні елементи необхідні для будови і життєдіяльності клітин і тканин організму. Основу всіх живих систем складають шість елементів-органогенів: Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур. Їх вміст в організмі досягає 97%. Фізіологічна роль біогенних елементів визначається їх фізико-хімічними властивостями, які обумовлені положенням у періодичній системі Д. І. Менделєєва. Вивчення хімічних властивостей та біологічної ролі біогенних р-елементів є необхідним для більш глибокого розуміння суті біохімічних процесів, що протікають в організмі людини, при подальшому вивченні курсів біохімії, нормальної та патологічної фізіології.

Мета заняття

Вивчити стан р-елементів у періодичній системі Д. І. Менделєєва, особливості електронної будови р-елементів, ступеня їх окиснення в сполуках, зміна ступеня окиснення, залежність властивостей р-елементів в підгрупах і періодах, їх біологічна роль та реакції виявлення.

Студент повинен знати і вміти

1. Положення р-елементів у періодичній системі Д. І. Менделєєва.
2. Особливості електронної будови р-елементів та їх можливі ступені окиснення в основному і збудженому стані.
3. Зміна властивостей р-елементів в підгрупах і в періодах.
4. Роль р-елементів-органогенів для живих систем.

5. Записувати рівняння реакцій, які отримані в ході практичної роботи. Вміти прогнозувати і аналізувати хімічні рівняння реакцій.

Контрольні питання

1. Електронна конфігурація атомів *p*-елементів. Топографія *p*-елементів в організмі людини.
2. Біологічна роль *p*-елементів.
3. Гідроліз солей. Зміна середовища реакції при гідролізі солей.
4. Якісні реакції визначення катіонів та аніонів *s*- і *p*-елементів.

Основний етап роботи

p-Елементи – це хімічні елементи, в яких заповнюється *p*-підрівень зовнішнього енергетичного рівня, а саме IIIA, IVA, VA, VIA і VIIA груп періодичної системи Д. І. Менделєєва. Електронну конфігурацію, тобто розподіл електронів по енергетичним рівням для атомів і можливості утворення катіонів або аніонів можна показати на прикладі деяких елементів в таблиці 5.

Таблиця 5

Електронна будова атомів *p*-елементів

Хімічний символ	Порядковий номер	Електронна будова зовнішнього енергетичного рівня	Можливі ступені окиснення в сполуках
IIIА група			
B	5	$2s^2 2p^1$	+3
Al	13	$3s^2 3p^1$	+3
Ga	31	$4s^2 4p^1$	+3
In	49	$5s^2 5p^1$	+3
Tl	81	$6s^2 6p^1$	+1, +3

IVА група			
C	6	$2s^2 2p^2$	+2, +4, -4
Si	14	$3s^2 3p^2$	+2, +4, -4
Ge	32	$4s^2 4p^2$	+2, +4
Sn	50	$5s^2 5p^2$	+2, +4
Pb	82	$6s^2 6p^2$	+2, +4
VА група			
N	7	$2s^2 2p^3$	+1, +2, +3, +4, +5, -1, -2, -3
P	15	$3s^2 3p^3$	+3, +5, -3
As	33	$4s^2 4p^3$	+3, +5, -3
Sb	51	$5s^2 5p^3$	+3, +5, -3
Bi	83	$6s^2 6p^3$	+3, +5, -3
VIA група			
O	8	$2s^2 2p^4$	+1, +2, -1, -2
S	16	$3s^2 3p^4$	+4, +6, -2
Se	34	$4s^2 4p^4$	+4, +6, -2
Te	52	$5s^2 5p^4$	+4, +6, -2
Po	84	$6s^2 6p^4$	+2, -2
VIIА група			
F	9	$2s^2 2p^5$	-1
Cl	17	$3s^2 3p^5$	+1, +3, +5, +7, -1
Br	35	$4s^2 4p^5$	+1, +3, +5, +7, -1
I	53	$5s^2 5p^5$	+1, +3, +5, +7, -1
At	85	$6s^2 6p^5$	+1, +3, +5, +7, -1
VIIIА група			
Ne	10	$2s^2 2p^6$	-
Ar	18	$3s^2 3p^6$	-
Kr	36	$4s^2 4p^6$	-

Xe	54	$5s^25p^6$	-
-----------	----	------------	---

Коротка хімічна характеристика р-елементів

У періодах зліва направо атомні та іонні радіуси р-елементів зменшуються із збільшенням заряду ядра, енергія іонізації і спорідненість до електрону в цілому зростають, електронегативність збільшується, окиснювальна активність елементних речовин і неметалеві властивості посилюються.

У групах радіуси атомів і однотипних іонів збільшуються. Енергія іонізації при переході від 2р-елементів до 6р-елементів зменшується, так як по мірі зростання числа електронних оболонок посилюється екранування заряду ядер попередніми зовнішніми електронами.

Зі збільшенням порядкового номеру р-елемента в групі неметалеві властивості слабшають, а металеві – посилюються. На властивості р-елементів та їх сполук впливає як поява нових підрівнів на зовнішній електронній оболонці, так і заповнення підрівнів внутрішніх електронних оболонок. р-Елементи другого періоду – В, С, N, О, F – різко відрізняються від елементів нижченаведених періодів. Так, починаючи з р-елементів третього періоду, з'являється низьколежачий вільний d-підрівень, на який можуть переходити електрони з р-підрівня при збудженні атомів. Повністю заповнений 3d-підрівень у р-елементів четвертого періоду – Ga, Ge, As, Se, Br – обумовлює відмінність їх властивостей від елементів третього періоду. Максимальне заповнення 4f-підрівня в шостому періоді аналогічно позначається на відмінності властивостей р-елементів шостого і п'ятого періодів.

В періоді у р-елементів падає здатність до утворення позитивно заряджених іонів із зарядом, який відповідає номеру групи. Навпаки,

здатність до утворення негативних іонів з зарядом, рівним різниці (8 – № групи), зростає вздовж періоду.

p-Елементи утворюють двоатомні молекули E_2 , що розрізняються по стійкості. Найбільш стійкі молекули E_2 елементів другого періоду – N_2 , O_2 і F_2 . При переході від IIIA до IVA і VA груп стійкість молекул зростає, а потім при переході до VIIA-групі знижується. У групах зверху вниз міцність зв'язку E – E зменшується.

p-Елементи другого періоду – нітроген, кисень та флуор – володіють яскраво вираженою здатністю брати участь в утворенні водневих зв'язків. Елементи третього і наступних періодів цю здатність втрачають.

Подібність p-елементів другого періоду з p-елементами наступних періодів полягає тільки в будові зовнішніх електронних оболонок і тих валентних станів, які виникають за рахунок неспарених електронів в збудженому стані. Бор, карбон і особливо нітроген сильно відрізняються від інших елементів своїх груп (наявність d- і f-підрівнів).

При переході від p-елементів другого періоду до p-елементів третього і наступних періодів зберігаються всі типи зв'язків, характерні для елементів другого періоду та з'являються нові типи хімічного зв'язку. В цьому напрямку збільшується схильність елементів утворювати комплексні сполуки і підвищуються координаційні числа.

При переході вниз по групі стійкість максимального позитивного ступеня окиснення у p-елементів зменшується і зростає стійкість нижчих ступенів окиснення. Так, наприклад, для карбону стійка ступінь окиснення +4, а для плюмбуму +2, для алюмінію +3, а для талію +1.

Фізичні властивості простих речовин p-елементів сильно розрізняються. Одні речовини (гази) – кисень, азот – киплять і плавляться при дуже низьких температурах, інші – бор, карбон – при дуже високих. У групах і періодах фізичні властивості змінюються немонотонно, і не завжди характер змін легко зв'язати з будовою

електронних оболонок атомів, типом хімічного зв'язку, координаційним числом атома.

Таким чином, у р-елементів відмінності у властивостях сусідніх елементів як всередині групи, так і по періоду виражені значно сильніше, ніж у s-елементів. Всі р-елементи і особливо р-елементи другого і третього періодів (C, N, P, O, S, Si, Cl) утворюють численні сполуки між собою, а також і з s-, d- і f-елементами. **Більшість відомих на Землі сполук – це сполуки р-елементів.**

Отже, вивчення р-елементів особливо важливо для медиків, так як п'ять з них – C, N, P, O і S – є **органогенами** і є основою живих систем, а ряд інших – F, Cl, I – незамінні мікроелементи.

Таблиця 6

Топографія макро- та мікро-р-елементів в організмі

Елемент	Вміст в організмі	Топографія елемента
C	$\omega(C) = 21\%$	Знаходиться в усіх органах і тканинах. Є основою білків, жирів, вуглеводів і нуклеїнових кислот
O	$\omega(O) = 62\%$	Знаходиться в усіх органах і тканинах.
N	$\omega(N) = 3\%$	Знаходиться в усіх органах і тканинах
P	$\omega(P) = 1,16\%$	Більша частина фосфору (85-90%) знаходиться в кістках і зубах, решта – в м'яких тканинах і рідинах. Близько 70% загального фосфору в плазмі крові входить в органічні фосфоліпіди, близько 30% представлено неорганічними сполуками (10% сполуки з білком, 5% комплекси з кальцієм або магнієм, решта – аніони ортофосфату)

S	$\omega(\text{S}) = 0,25\%$	Сульфур є неодмінною складовою частиною клітин, тканин органів, нервової, кісткової і хрящової тканини, а також волосся, шкіри та нігтів людини
Cl	$\omega(\text{Cl}) = 0,1\%$	Хлор присутній у всіх органах і тканинах, зокрема, кісткової тканині, крові, позаклітинній рідині організму, але основна його частина (30-60%) концентрується в епітелії
Si	$\omega(\text{Si}) = 1 \cdot 10^{-3}\%$	Найбільше силіцію в печінці, надниркових залозах, волоссі, кришталику
Sn	$\omega(\text{Sn}) = 1 \cdot 10^{-3}\%$	Найвища концентрація стануму виявлена в легенях, серці, нирках, тонкому кишківнику і кістках. З віком концентрація стануму в організмі, особливо в легенях, зростає, а в тілі новонародженого вона близька до нуля
F	$\omega(\text{F}) = 1 \cdot 10^{-5}\%$	Знаходиться в кістках і зубної емалі
Br	$\omega(\text{Br}) = 1 \cdot 10^{-5}\%$	Гіпофіз і інші залози внутрішньої секреції, в організмі знаходиться у вигляді гідратованих іонів Br^-
I	$\omega(\text{I}) = 4 \cdot 10^{-5}\%$	Щитовидна залоза, кров. У щитовидній залозі іод знаходиться у зв'язаному вигляді – у вигляді гормону тироксину і триїодтироніну – (15 мг) і близько 1% у вигляді іодид-іона. Решта іоду міститься в інших органах. У крові вміст іоду підтримується постійним 10^{-4} - $10^{-5}\%$. Це іодне дзеркало крові
Se	$\omega(\text{Se}) = 2 \cdot 10^{-5}\%$	Входить до складу більше 30 білків і 200 гормонів і ферментів
B	$\omega(\text{B}) = 1 \cdot 10^{-5}\%$	Бор концентрується головним чином в легенях (0,34мг), щитовидній залозі (0,30мг), селезінці

		(0,26мг), печінці, мозку (0,22мг), нирках, серцевому м'язі (0,21мг)
Al	$\omega(\text{Al}) = 1 \cdot 10^{-5}\%$	Алюміній концентрується головним чином в сироватці крові, легенях, печінці, кістках, нирках, нігтях, волоссі, входить до структури нервових оболонок мозку людини
As	$\omega(\text{As}) = 1 \cdot 10^{-5}\%$	Він концентрується в печінці, нирках, селезінці, легенях, кістках, волоссі, мозковій тканині і в м'язах

Біологічна роль р-елементів III групи

Бор

- впливає на активність деяких ферментів (пригнічує каталазу), вітамінів (інактивує вітаміни B₂ і B₁₂);
- підсилює дію інсуліну;
- необхідний для засвоєння Ca;
- має гонадотропну дію;
- зберігає кістки в старечому віці;
- необхідний для регуляції процесів дихання;
- тератоген (викликає порушення ембріонального розвитку).

Алюміній

- знижує активність ряду ферментів (лактатдегідрогенази, лужнофосфатази, каталази та ін.);
- блокує активні центри ферментів, які беруть участь в кровотворенні;
- впливає на обмін речовин, особливо мінеральний;
- бере участь в регуляції функцій нервової системи;
- впливає на розмноження і ріст клітин, безпосередньо діючи на ядерний хроматин;
- конкурент P, Ca, Fe;

- впливає на репродуктивну здатність, ембріональний і постембріональний розвиток;
- здатний накопичуватися в організмі;
- мутаген.

Біологічна роль р-елементів IV групи

Карбон

- входить до складу білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, гормонів, ферментів, вітамінів та ін.;
- вуглекислота крові збуджує дихальний центр, розширює мозкові судини, підвищує збудливість серцевого м'яза;
- гідрокарбонати калію і натрію входять до складу буферних систем крові та тканин, підтримують сталість рН організму;
- оцтова кислота бере участь в синтезі холестерину.

Силіцій

- міститься у всіх органах і тканинах;
- впливає на формування і міцність сполучних і епітеліальних тканин;
- накопичується в організмі протягом життя;
- деякі силікати канцерогенні.

Плюмбум

- може накопичуватися в скелеті, заміщаючи Са;
- є гемолітичною отрутою: знижує вміст гемоглобіну в крові на 50%, викликаючи свинцеву анемію;
- здатний «включатися» в різні клітинні ферменти, порушуючи їх функціонування (пригнічуючи);
- тератоген;
- канцероген.

Біологічна роль р-елементів V групи

Нітроген

- входить до складу білків, амінокислот, нуклеїнових кислот, АТФ та інших важливих речовин;
- входить до складу продуктів обміну;
- аміак нейтралізує надлишкові кислоти в організмі.

Фосфор

- входить до складу білків, вітамінів, нуклеїнових кислот, ферментів, фосфоліпідів та ін.;
- приймає участь в утворенні макроергічних сполук (АТФ, креатинфосфату);
- приймає участь у формуванні кісткової тканини ($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$, CaCO_3) і зубів ($\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)$);
- приймає активну участь в обміні білків, жирів, вуглеводів;
- відіграє провідну роль в обмінних процесах, що протікають в м'язах;
- гідрофосфат К і Na входять до складу буферних систем крові та тканинних рідин, що підтримують рН організму;
- необхідний для нормальної роботи центральної нервової системи;
- стимулює процеси запам'ятовування;
- підсилює потенцію, його недолік негативно впливає на кількість і якість сперми.

Арсен

- в малих дозах стимулятор кровотворення;
- пригнічує SH-групи білків і ферментів;
- пригнічує окислювальні процеси;
- зменшує вироблення тиреотропних гормонів;

- збільшує синтез білків, глобулінів;
- необхідний для прояву статевого потягу і нормальної потенції;
- вражає кровоносні судини;
- впливає на чистоту шкіри і зростання волосся;
- діє згубно на збудників деяких хвороб людини;
- регулює апетит;
- канцероген.

Бісмут

- здатний зв'язуватися з імуноглобулінами, знижуючи їх вміст;
- солі Ві пригнічують аміно- і корбопептідази;
- тератоген, викликає енцефалопатію плоду.

Біологічна роль р-елементів VI-групи

Оксиген

- необхідний для всіх форм життя:
- входить до складу води, білків (17,9%), жирів (22,4%), вуглеводів (49,38%), нуклеїнових кислот і ін.;
- участь у тканинному і клітинному диханні: окислює жири, білки і вуглеводи, що надходять з їжею;
- вода є основним компонентом організму (60-80% від загальної маси);
- знешкодження токсинів в організмі.

Сульфур

- є структурним компонентом майже всіх білків, деяких амінокислот (цистеїн, цистин, метіонін), вітамінів, біологічно активних речовин (біотин та ін.);

- є структурним компонентом інсуліну та інших гормонів, тим самим бере участь в обміні речовин;
- активує деякі протеолітичні ферменти, входить в активні центри молекул ряду ферментів у вигляді SH-груп;
- необхідний для нормальної роботи печінки;
- приймає участь в згортанні крові;
- приймає участь в синтезі колагену, входить до складу хрящової тканини, волосся, нігтів;
- володіє лікарськими ефектами (сірчані мазі застосовують при шкірних захворюваннях).

Селен

- є антиокислювачем, який захищає організм від дії активних радикалів, в тому числі атомарного кисню і перекисів;
- позитивно впливає на серцево-судинну систему, сприяє кровопостачанню серця;
- стимулює утворення еритроцитів;
- вибудовує «силові зв'язки» в потрібних місцях м'язів;
- підвищує імунні властивості організму;
- бореться з шкідливими речовинами в печінці;
- може заміщати S в різних органічних сполуках;
- захищає вітамін E і ліпіди біологічних мембран від руйнування;
- стимулює синтез сульфурвмісних амінокислот і білків;
- необхідний для прояву статевого потягу і нормальної потенції;
- канцероген, тератоген;
- має омолоджуючу дію, роблячи шкіру гладкою, а волосся блискучими.

Біологічна роль р-елементів VII групи

Флуор

- бере участь в процесі утворення кісток, зубів ($\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)$) і тканин ектодермального походження (волосся, нігтів, епідермісу);
- впливає на ферментативні процеси: знижує обмін вуглеводів, жирів, нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін;
- пригнічує тканинне дихання;
- впливає на імунобіологічний стан організму;
- впливає на рівень біологічно активних речовин (кініни, катехоламіни) в організмі;
- пригнічує функцію щитовидної залози, так як є антагоністом йоду;
- гальмує біосинтез сахаридів, необхідних для бактерій, що сприяють розвитку карієсу;
- посилює адаптацію до холоду;
- перешкоджає накопиченню Sr.

Хлор

- активує деякі ферменти;
- впливає на електропровідність клітинних мембран;
- бере участь в регуляції осмотичного тиску крові та нормалізації водного обміну, підтримує кислотно-лужну рівновагу;
- служить джерелом для утворення соляної кислоти в шлунку;
- бере участь у передачі нервового імпульсу;
- сприяє відкладенню глікогену;
- впливає на ріст волосся і нігтів;
- здатний порушувати структуру подвійної спіралі ДНК і викликати її денатурацію;
- має бактерицидну дію.

Бром

- складова частина різних тканин організму (найбільша кількість в гіпофізі, спинному мозку);
- підсилює процес гальмування в центральній нервовій системі, виявляє седативну дію;
- активізує липазу, пепсин;
- підсилює гормональну активність кори надниркових залоз, пригнічує функцію щитовидної залози;
- бере участь в регуляції рівня цукру в крові;
- регулює статеве збудження;
- здатний порушувати структуру ДНК і викликати її денатурацію.


Іод

- входить до складу гормонів щитоподібної залози – тироксину, діодтирозину, триїодтироніну та ін., які впливають на діяльність центральної нервової системи, зростання і загальний розвиток організму;
- регулює рівень основного обміну;
- підвищує стійкість організму до різних захворювань і холоду;
- необхідний для прояву статевого потягу, нормальної потенції і зачаття;
- здатний порушувати структуру ДНК і викликати її денатурацію.

Застосування в медицині, лікарські препарати

на основі р-елементів

Бор

 Борна кислота H_3BO_3 ; антисептик, входить до складу різних мазей; у вигляді розчинів (1-3% -х) використовується для полоскання ротової порожнини і в офтальмологічній практиці;

✚ натрію декагідраттетрабората $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (бура); антисептик.

Алюміній

✚ Алюмокалієві галуни $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – мають в'язучу, прижигачу і кровоспинну дію;

✚ алюмінію гідроксид $\text{Al}(\text{OH})_3$ – володіє адсорбуючою та обволікаючою дією, знижує кислотність шлункового соку, входить до складу комбінованого препарату «Алмагель».

Карбон

✚ Активоване вугілля (карболен) – адсорбент при отруєннях алкалоїдами, солями важких металів і т. п.; знаходить широке застосування в гемо- і лімфосорбції;

✚ натрію гідрокарбонат NaHCO_3 – знижує кислотність шлункового соку; водні розчини використовуються для полоскань і примочок.


Силіцій


Тальк ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – присипки.

Плюмбум

Сполукиплюмбуму застосовуються тільки зовнішньо як антисептичні та в'язучі засоби. Оксид плюмбуму PbO входить до складу свинцевого пластиру, який використовують при запальних захворюваннях шкіри, фурункульозі. Добавки свинцю використовують при виготовленні одягу для медперсоналу рентгенівських кабінетів (фартухи, рукавиці, шоломи), так як свинець поглинає рентгенівські γ -промені.

Нітроген

 Оксид нітрогену (I), або «звеселяючий газ», N_2O ; в суміші з киснем використовується в якості наркотичного засобу;

 водний розчин амоніаку (амонію гідроксид, нашатирний спирт) NH_4OH ; використовується для збудження дихання і виведення хворих з непритомного стану.

Фосфор

Аденозинтрифосфорна кислота призначається при хронічній коронарній недостатності, м'язовій дистрофії та атрофії, спазмах периферинних судин.


Арсен

В медицині застосовується оксид арсену (III), або білий миш'як, As_2O_3 . У стоматологічній практиці його використовують для некротизації пульпи. Всередину призначають при недокрів'ї, виснаженні, неврастенії.

Оксиген

Кисень застосовується для вдихання при захворюваннях, що супроводжуються кисневою недостатністю, при отруєннях оксидом карбону (II), синільною кислотою і т. п. Часто використовують суміш 95% кисню і 5% вуглекислого газу (карбоген). У анестезіологічній практиці кисень широко застосовують в суміші з інгаляційними наркотиками. Для лікувальних цілей можна вводити кисень під шкіру, а також у вигляді кисневого коктейлю в шлунок.

Сульфур

 Сірка очищена; використовують як проносне, а також зовнішньо у вигляді мазей і присипок для лікування псоріазу, себореї, корости і т.п. .;

✚ натрію, магнію, барію, кальцію сульфати.

Флуор

Застосовується натрію флуорид NaF , який входить до складу зубних паст і використовується для профілактики карієсу.

Хлор

✚ Соляна кислота розведена (8%) – приймають перорально в краплях і мікстуру (часто разом з пепсином) при недостатній кислотності шлункового соку;

✚ натрію, калію, кальцію хлориди;

✚ хлорне вапно CaOCl_2 ; використовується в санітарній справі в якості дезинфікуючого засобу.

Бром

Використовують аммонію броміди (NH_4Br), калію (KBr) и натрію (NaBr).

Іод

✚ Радіоактивний іод (ізотопи ^{131}I , ^{132}I , ^{125}I); завдяки короткому періоду напіврозпаду цих ізотопів, вони використовуються для лікування і діагностики захворювань щитовидної залози;

✚ спиртовий розчин іоду (5 або 10% -й); застосовують зовнішньо як антисептичний засіб, перорально призначають для профілактики атеросклерозу (по 1-10 крапель 5% -го розчину);

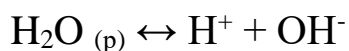
✚ розчин люголя (розчин іоду у водному розчині KI); використовують для змазування слизової оболонки глотки та гортані; калію іодид KI , натрію іодид NaI ; призначають при ендемічному зобі; пігулки під назвою «антиструмін», що містять KI , використовують для попередження ендемічного зобу.

Гідроліз солей

Гідроліз солей відноситься до обмінних реакцій, в яких одним з реагентів є вода. Суть гідролізу полягає у взаємодії аніона слабкої кислоти або катіона слабкої основи з молекулами води. Звідси випливає, що гідролізу піддаються не розчинені солі, а лише певні іони, що входять до їх складу. Ці іони повинні відповідати або слабким кислотам, або слабким основам Бренстеда. Аніони сильних кислот і катіони сильних основ у процесі гідролізу не беруть участь.

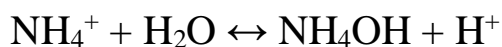
Залежно від природи катіона і аніона середні солі можна розділити по відношенню до гідролізу на чотири групи:

1. Солі, які утворені аніоном сильної кислоти і катіоном сильної основи, наприклад NaCl , K_2SO_4 , в розчині дисоціюють повністю і *гідролізу не піддаються*, і єдиною протолітичною рівновагою в такому розчині є іонізація води:



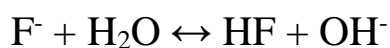
Середовище в розчинах таких солей нейтральне, $\text{pH} = 7$.

2. Солі, які утворені аніоном сильної кислоти і катіоном слабкої основи (NH_4Cl , CuSO_4), *гідролізуються за катіоном*. Наприклад, в розчині NH_4Cl має місце наступна протолітична рівновага:



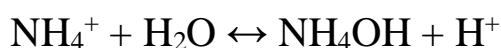
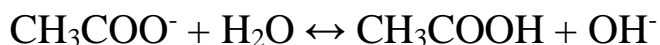
Рівновага значно зрушена вліво. Середовище в розчинах таких солей кисле, $\text{pH} < 7$.

3. Солі, які утворені аніоном слабкої кислоти і катіоном сильної основи (NaF , K_2SO_3), *гідролізуються за аніоном*. Наприклад, в розчині NaF існує наступна протолітична рівновага:



Знову ж, рівновага значно зрушена вліво. Середовище в розчинах таких солей лужне, $\text{pH} > 7$.

4. Солі, які утворені аніоном слабкої кислоти і катіоном слабкої основи, наприклад $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, *гідролізуються і за катіоном, і за аніоном*. Наприклад, для $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ в розчині можна записати наступні протолітичні рівноваги:



У разі солі такого типу гідроліз відбувається максимально, так як катіон і аніон є реакційноздатними та реагують з водою з утворенням іонів H^+ і OH^- . Утворений розчин, як правило, залишається нейтральним, але він може бути або слабо кислим, або слаболужним, якщо обидві реакції відбуваються з різними швидкостями.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«Визначення катіонів та аніонів s- і p-елементів»

І. Якісні реакції на катіони

1. *s-Елементи*. Летючі солі s-елементів забарвлюють полум'я газової горілки в наступні кольори: літію – карміново-червоний; натрію – жовтий; калію – фіолетовий; кальцію – цегляно-червоний; стронцію – карміново-червоний; барію – жовто-зелений.

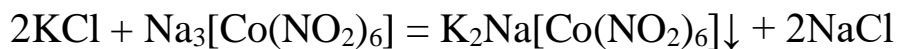
Виконання:

Летючі солі s-елементів вносять на тонкому платиновому або ніхромовому дроті спочатку в основу полум'я, а потім в його верхню частину. Спостерігають відповідне забарвлення.

Зробіть таблицю із записом ваших спостережень!

2. Катіон K^+

Натрій гексанітрокобальтату (III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$ в нейтральному або оцтовокислому розчині дає з іонами калію жовтий кристалічний осад калію-натрію гексанітрокобальтат (III):

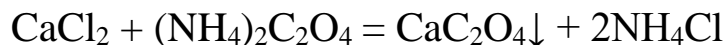


Виконання:

У пробірку помістити 3-4 краплі розчину солі калію додати 2-3 краплі розчину реактиву. Якщо осад не випадає, дати суміші постояти. У лужному середовищі реакцію проводити не можна, так як розкладається сам реактив. Реакція чутлива, нею користуються для осадження іона K^+ із сироватки крові при перманганатометричному визначенні калію в крові.

3. Катіон Ca^{2+}

Амоній оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$ з солями кальцію дає білий дрібнокристалічний осад оксалату кальцію CaC_2O_4

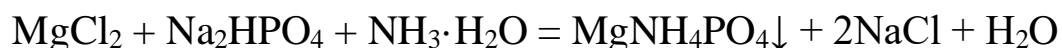


Виконання:

До 5-6 крапель розчину солі кальцію додати 5-6 крапель реактиву. Спостерігати випадання осаду. Осад CaC_2O_4 не розчинний в оцтовій кислоті, але легко розчиняється в мінеральних кислотах (випробувати і написати рівняння). Розглянута реакція застосовується для осадження іонів Ca^{2+} при визначенні кальцію в сечі та крові перманганатометричним методом.

4. Катіон Mg^{2+}

Натрій гідрогенортофосфат Na_2HPO_4 в присутності $NH_3 \cdot H_2O$ і NH_4Cl осаджує з розчинів солей магнію білий кристалічний осад магнію амонію ортофосфату:

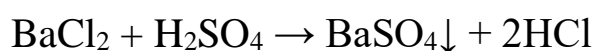


Виконання:

До 1-2 крапель розчину магній хлориду додати по 2 краплі розчину NH_4Cl , 2М розчину амоніаку і 1 краплю розчину Na_2HPO_4 . Реакція утворення MgNH_4PO_4 застосовується в біохімічному аналізі для визначення магнію в крові.

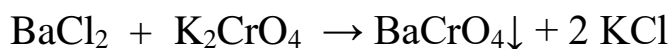
5. Катіон Ba^{2+}

а) Сульфатна кислота утворює з катіонами Ba^{2+} осад, які нерозчинні ні в кислотах, ні в лугах.



До 2 крапель розчину барій хлориду додають 2 краплі розведеного розчину сульфатної кислоти. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду.

б) Калій хромат K_2CrO_4 осаджує солі барію з розчинів та утворює жовтий осад:



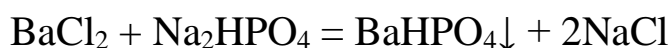
Виконання:

До 2 крапель розчину барій хлориду додають 2 краплі розчину калій хромату. Спостерігають утворення жовтого осаду.

II. Якісні реакції на аніони

1. Аніон HPO_4^{2-}

Сіль барію BaCl_2 дає з розчином Na_2HPO_4 білий осад барію гідрогенортофосфату:



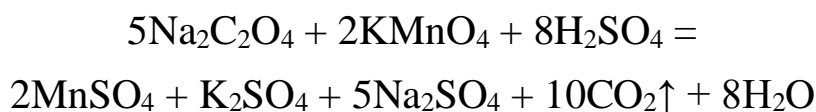
Осад розчиняється в мінеральних кислотах (за винятком H_2SO_4) і в оцтовій кислоті.

Виконання:

До 4-5 крапель розчину Na_2HPO_4 додати 5-6 крапель розчину BaCl_2 . Осад випробувати на розчинність в соляній і оцтової кислотах.

2. Аніон $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

Калій перманганат KMnO_4 в присутності сульфатної кислоти при слабкому нагріванні окисляє іони $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ до CO_2 , а сам відновлюється до безбарвного іона Mn^{2+} :



Виконання:

До 4-5 крапель розчину $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ додати 5-6 крапель розчину сульфатної кислоти. Суміш злегка нагріти. До отриманого розчину долити по краплях розчин реактиву. Спостерігати знебарвлення розчину. Утворення CO_2 і знебарвлення KMnO_4 є доказом присутності оксалатів в уже згадуваному розчині.

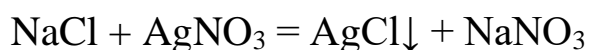
3. Аніони Cl^- , Br^- , I^-

Галогенід-іони можна визначити за допомогою аргентум нітрату AgNO_3 .

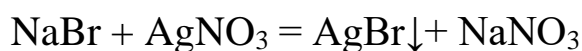
Виконання:

До 2 мл розчинів натрій хлориду NaCl , натрій броміду NaBr , калійїодиду KI додаємо аргентумнітрат. У пробірках з'являються сирні осад нерозчинних аргентумгалогенідів.

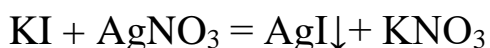
Осад аргентум хлорид – білого кольору:



Осад аргентумбромід – блідо-жовтого кольору:

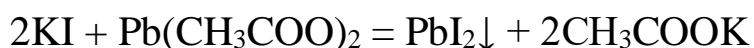


Осад аргентумїодид – жовтого кольору:



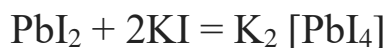
4. Аніон I⁻

Сільплюмбуму $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ з іонами I^- дає жовтий осадплюмбумуіодиду PbI_2 , який при нагріванні розчиняється в воді (безбарвний розчин), а при охолодженні випадає у вигляді золотавих лусочок:



Виконання:

До 4-5 крапель розчину солі плюмбуму додати (обережно) по краплях розчин калію йодиду до випадання осаду. Розчиняється осад в надлишку реактиву, утворюючи комплексну сполуку:



До отриманого осаду PbI_2 додати 5-6 крапель води. Суміш нагріти до повного розчинення осаду. Охолодити розчин водою під краном. PbI_2 випадає у вигляді золотисто-жовтих лусочок, блиск яких добре видно при перемішуванні рідини. Додати в PbI_2 кілька крапель розчину калію іодиду. Спостерігати розчинення осаду.

5. Аніон NO_3^-

Розчин дифеніламіну $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ окислюється іонами NO_3^- до продукту, який має темно-синє забарвлення.

Виконання:

До 2-3 крапель розчину дифеніламіну додати 5-6 крапель концентрованої H_2SO_4 і 2 краплі натрій нітрату. Спостерігати появу інтенсивного синього забарвлення. Реакція дуже чутлива.

6. Аніон $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$

Сіль барію BaCl_2 осаджує в концентрованих розчинах бури білий осад барійметаборату $\text{Ba}(\text{BO}_2)_2$:



Осад $\text{Ba}(\text{VO}_2)_2$ розчиняється в розведених оцтової, соляної і нітратної кислотах.

Виконання:

До 4-5 крапель розчину бури долити 5-6 крапель BaCl_2 .
Випробувати розчинність одержаного осаду в HCl і HNO_3 .

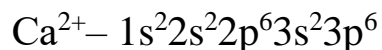
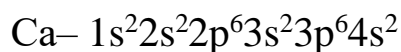
Після виконання лабораторної роботи необхідно:

- оформити протокол;
- записати рівняння реакцій в молекулярній, повній та скороченій іонно-молекулярних формах.

Ситуаційні завдання з рішенням для закріплення рівня знань по темі «Хімія біогенних елементів. Біологічна роль і застосування s- і p-елементів в медицині»

Завдання 1. Дайте характеристику елемента Ca (будова атому і іону Ca^{2+} , топографія в організмі, біологічна роль) та напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

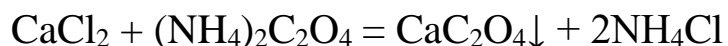
Рішення:



Топографія – основна маса кальцію міститься в кістковій і зубній тканинах.

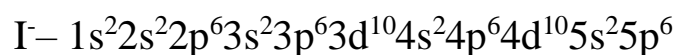
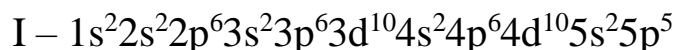
Біологічна роль – макроелемент організмі рослин, тварин і людини. Цей хімічний елемент бере участь у ключових фізіологічних і біохімічних процесах клітини.

Якісна реакція:



Завдання 2. Дайте характеристику елемента I (будова атому і іону I, топографія в організмі, біологічна роль) і напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

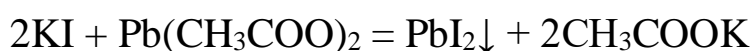
Рішення:



Топографія – щитовидна залоза, кров.

Біологічна роль – входить до складу гормонів щитовидної залози - тироксину, діодтирозину, триодтироніну та ін., які впливають на діяльність центральної нервової системи, росту і загальний розвиток організму.

Якісна реакція:



Завдання 3. Напишіть вираз для добутку розчинності солі $BaSO_4$.

Рішення:

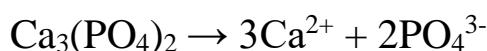


Добуток розчинності – це добуток концентрацій іонів цієї солі, взятих у ступенях, відповідних стехіометричним коефіцієнтам:

$$DP = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]$$

Завдання 4. Напишіть вираз для добутку розчинності солі $Ca_3(PO_4)_2$.

Рішення: Спочатку записуємо вираз для дисоціації важкорозчинної солі:

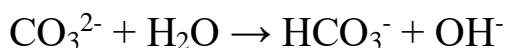


Добуток розчинності – це добуток концентрацій іонів цієї солі, взятих у ступенях, відповідних стехіометричним коефіцієнтам:

$$DP = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2$$

Завдання 5. Вкажіть середовище, яке утворюється при гідролізі солі Na_2CO_3 .

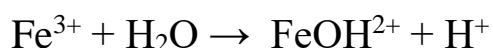
Рішення: Na_2CO_3 – це сіль, яка утворена сильною основою і слабкою кислотою. Тож, гідроліз солі буде протікати за аніоном:



Середовищелужне, $\text{pH} > 7$

Завдання 6. Вкажіть середовище, яке утворюється при гідролізі солі FeCl_3 .

Рішення: FeCl_3 – це сіль, яка утворена слабкою основою і сильною кислотою. Тож, гідроліз солі буде протікати по катіону:



Середовище кисле, $\text{pH} < 7$.

Ситуаційні завдання для самостійного рішення:

1. Дайте характеристику елемента К (будова атому і іону K^+ , топографія в організмі, біологічна роль). Напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

2. Дайте характеристику елемента Mg (будова атому і іону Mg^{2+} , топографія в організмі, біологічна роль). Напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

3. Дайте характеристику елемента Р (будова атому і іону P^{5+} , топографія в організмі, біологічна роль). Напишіть якісну реакцію визначення ортофосфат-іона в розчині.

4. Дайте характеристику елемента Ва (будова атому і іону Ba^{2+} , топографія в організмі, біологічна роль). Напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

5. Дайте характеристику елемента Вг (будова атому і іону Br , топографія в організмі, біологічна роль). Напишіть якісну реакцію визначення його іона в розчині.

6. Напишіть вираз для добутку розчинності солей: а) Ag_2SO_3 ; б) FeF_3 , в) AlPO_4 .

7. Яке середовище утворюється при гідролізі солей: а) K_2S ; б) $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$; в) CuCl_2 ; г) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Напишіть рівняння гідролізу цих солей.

Література

1. Введение в химиобиогенныхэлементов и химическийанализ: учеб. пособие / под ред. Е. В. Барковского. – Минск, 1997.- 35с.
2. Биогенныеэлементы. Комплексныесоединения: учеб.-метод. пособ. / Т.Н. Литвинова Н.К. Выскубова Л.В. Ненашева /под ред. проф. Т.Н. Литвиновой – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 283 с.
3. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін. ; за ред. В.О. Калібабчук.–К. : ВСВ «Медицина», 2019. – 336 с.
4. Мороз А.С., Луцевич Д.Д., Яворська Л.П. Медична хімія. Вінниця. Світ, 2006. – 776 с.
5. Миронович Л.М., Мардашко О.О. Медична хімія. - К.: Каравела, 2007. – 168 с.
6. Общаяхимия. Биофизическаяхимия. Химиябиогенныхэлементов. Учебник для мед. спец. вузов / А. Берлянд, Ю. Ершов, А. Книжник. – М.: Высшая школа, 2007. – 560 с.
7. Литвинова Т.Н. Сборник задач по общейхимии. Задачи по общейхимии с медико-биологическойнаправленностью: Учебноепособие для студентовмедицинскихвузов. – 3-е изд., перераб. — М.: Оникс; Мир и образование, 2007. – 224 с.
8. Медична хімія : підручник / В.П. Музиченко, Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська ; за ред. Б.С. Зіменковського. – 3-є вид., випр. – К. : ВСВ «Медицина», 2018. – 496 с.
9. Мороз А. С. Медичнахімія : підручник для студ. вищихнавч. мед. закл./ А. С. Мороз, Д. Д. Луцевич, Л. П. Яворська – Вид. 4 . – Вінниця : Нова книга, 2013. – 776 с.
10. Гомонай В. І. Медичнахімія : підручник / В. І. Гомонай, С. С. Мільович – Вінниця : Нова книга, 2016. – 672 с.

Посібник призначено для підготовки студентів медичного факультету до практичних та лабораторних занять з медичної хімії. Методичні вказівки конкретизують навчальну інформацію і дозволяють перевірити якість її засвоєння.

Навчальне видання

БУРДІНА Яніна Федорівна

ГРЕКОВА Алла Василівна

ШИРИКАЛОВА Анжела Олексіївна

СТЕПАНОВ Геннадій Федорович

ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ. БІОЛОГІЧНА РОЛЬ І ЗАСТОСУВАННЯ S-, P-ЕЛЕМЕНТІВ У МЕДИЦИНІ

Навчально-методичний посібник