

**ХІМІЯ ТА СТОМАТОЛОГІЯ.
ПРАВИЛА РОБОТИ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ
ТА ОСНОВИ ТЕХНІКИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.
КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ**

***Методичні вказівки
для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальності «Стоматологія»
з освітнього компоненту «Медична та біоорганічна хімія»***

Видання II перероблене та доповнене

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Харківський національний медичний університет

ХІМІЯ ТА СТОМАТОЛОГІЯ.
ПРАВИЛА РОБОТИ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ
ТА ОСНОВИ ТЕХНІКИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.
КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

Методичні вказівки
для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальності «Стоматологія»
з освітнього компоненту «Медична та біоорганічна хімія»

Видання II перероблене та доповнене

Затверджено
Вченою радою ХНМУ.
Протокол № 9 від 24.09.2026.

Харків
ХНМУ
2026

Хімія та стоматологія. Правила роботи у хімічній лабораторії та основи техніки лабораторних робіт. Загальні відомості про біогенні елементи. Комплексоутворення в біологічних системах : метод. вказівки для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи здобувачів освіти 1-го курсу спеціальності «Стоматологія» з освітнього компоненту «Медична та біоорганічна хімія» (видання II перероблене та доповнене) / упоряд. Г. О. Сирова, Н. М. Чаленко, С. М. Козуб та ін. Харків : ХНМУ, 2026. 44 с.

Упорядники	Г. О. Сирова
	Н. М. Чаленко
	С. М. Козуб
	О. В. Савельєва
	О. В. Присяжний

1. Кількість годин: 4.

2. Матеріальне та методичне забезпечення теми.

2.1 Калькулятор.

2.2 Таблиці: граф логічної структури теми; розподіл у періодичній системі елементів, що викликають мікроелементози; будова зуба, вміст мінеральних речовин і води в зубах, будова гідроксиапатиту; правила безпечної роботи в хімічній лабораторії; гем; вітамін В₁₂; хлорофіл; карбоксиангідраза.

2.3 Обладнання та реактиви для проведення лабораторної роботи: лабораторний посуд, розчини для дослідів (розчини 1 % хлориду кальцію, 1 % карбонату натрію, 1 % тіосульфату натрію, розбавленої сульфатної кислоти, 1 % сульфату феруму (III), 1 % жовтої кров'яної солі (гексаціаноферат (II) калію), 0,1 % CaCl₂, амоніачний буферний розчин, хромоген чорний), піпетки, хімічні стакани.

2.4 Мультимедійне забезпечення (презентація, відеолекція, навчальний фільм – алгоритми виконання дослідів лабораторної роботи).

2.5 Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук, І. С. Чекман, Г. О. Сирова, В. І. Галинська та ін. ; за ред. проф. В. О. Калібабчук. 4-є вид., випр. Київ : ВСВ «Медицина», 2019. 336 с.

2. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна та ін. ; за редакцією Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2015. 202 с.

3. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній, Г. О. Сирова, Н. М. Ткачук та ін. ; за ред. І. В. Завгороднього та Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2010. 268 с.

4. Сирова Г. О. Біогенні елементи: медико-хімічний аспект : монографія / Г. О. Сирова, С. М. Козуб, Н. М. Чаленко. Харків : ХНМУ, 2025. 168 с.

5. Мідь – наномідь: хіміко-фармацевтичний аспект : монографія / Г. О. Сирова, В. О. Макаров, М. М. Мішина, В. Л. Авраменко та ін. Харків : Планета-Принт, 2019. 83 с.

6. Від хімії шкільної до медичної хімії : навч. посіб. для здобувачів вищої другого (магіст.) рівня 1-го курсу вищих мед. закладів освіти III–IV рівнів акредитації спеціальностей «Медицина» та «Педіатрія» / Г. О. Сирова, Н. М. Чаленко, С. М. Козуб та ін. Харків : ХНМУ, 2026. 280 с.

7. Робочий зошит з медичної хімії для самостійної роботи студентів 1-го курсу мед. та стоматол. фак-тів / упоряд. Г. О. Сирова, В. М. Петюніна, В. О. Макаров та ін. Харків : ХНМУ, 2017. 68 с.

7. Відеолекція (<https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=40833>).

3. Обґрунтування теми. Хімія для майбутнього стоматолога має велике значення: хімічний склад зубів (зубної емалі, дентину, зубного каменю та зубного нальоту), пломбувальних матеріалів, відтискних мас, розчинів, що застосовуються в стоматологічній практиці, та ін. Особлива увага приділяється значенню хімічних елементів та їх сполук для процесів, що відбуваються в ротовій порожнині, лікарським засобам, які використовуються в стоматології для лікування патологій ротової порожнини, а також для профілактики захворювань.

У процесі життєдіяльності рослин і тварин відбувається обмін речовин. Взаємозв'язок між хімічним складом океанів, земної кори і живих організмів було доведено В. І. Вернадським. Хімічні елементи, які беруть участь у біологічних процесах живих організмів, називаються біогенними. О. П. Виноградов відкрив те, що кількісний склад хімічних елементів у живій речовині обернено пропорційний їх порядковим номерам у періодичній системі, тому кількісний хімічний склад живої речовини є періодичною функцією порядкового номера елемента. Елементи в живому організмі розподіляються нерівномірно: йод – у щитоподібній залозі, флуор – у зубній емалі, барій – у сітківці ока, арсен, алюміній, ванадій – у нігтях та волоссі, цинк – у підшлунковій залозі та ін. Хімічні елементи в організмі знаходяться в білково-зв'язаному вигляді, в іонному вигляді, у стані зворотної рівноваги між собою. На їх вміст в організмі впливають розповсюдженість елементів у земній корі, лабільність зв'язків, здатність до утворення стійких координаційних сполук із молекулами в живих організмах, утворення водорозчинних сполук, які можуть концентруватися в організмах живих істот. Існують різні класифікації біогенних елементів залежно від вмісту та біогенної ролі і фізіологічної активності їх у живому організмі, токсичності.

Біологічна роль хімічних елементів в організмі людини багатогранна. Вони входять до складу біологічно активних сполук (медіаторів, гормонів, ферментів, вітамінів та ін.). Беруть участь як в їх біосинтезі, так і регуляції активності їх самих та їх синтетичних замінників. Макроелементи виконують роль пластичного матеріалу в побудові тканин, підтримують осмотичний тиск, рН середовища, кислотно-лужний баланс, стан колоїдів. Мікроелементи разом із ферментами, гормонами, вітамінами та іншими біологічно активними речовинами беруть участь у процесах розмноження, росту, обміну білків, жирів, вуглеводів.

Комплексні сполуки розповсюджені у живій природі: хлорофіл, гем, цитохроми, вітамін В₁₂, деякі ферменти (карбоангідраза, алкогольдегідрогеназа, каталаза, пероксидаза та ін.). Комплексні сполуки використовуються як лікарські препарати; є основою сучасних матеріалів, які застосовуються в стоматології,

забезпечуючи адгезію, міцність пломб, біосумісність, ефективне лікування. Комплексоутворення лежить в основі взаємодії стоматологічних матеріалів із біологічними тканинами (емаллю, дентином) – це збільшує довговічність і якість реставрації (терапевтична стоматологія). Комплексні сполуки флуору (амінофлуориди) використовують у зубних пастах та ополіскувачах для профілактики карієсу і зміцнення емалі. Складні сплави металів, які мають комплексну будову використовують в ортопедичній стоматології. Хелатні комплекси на основі етилендіамінтетраацетату (ЕДТА) використовують для демінералізації та видалення змазаного шару зі стінок кореневого каналу (ендодонтія). Утворення комплексних сполук лежить у підґрунті комплексонометрії – методу кількісного аналізу, що застосовується для визначення іонів багатьох металів у біологічних об'єктах.

У сучасних умовах людство зіткнулося з проблемами, які ставлять під загрозу навіть його існування – екологічне навантаження внаслідок постійно зростаючої кількості техногенних домішок, велику шкоду організму людини наносять канцерогенні речовини, незадовільна якість питної води, надлишок нітратів, які поступають з їжею, ксенобіотиків. Комплексоутворення в організмі відіграє велику роль у гомеостазі. Порухи нормального функціонування організму, що пов'язано з комплексоутворенням, може призводити до патологій. Біологічні системи взаємодіють з іонами різних металів. Знання властивостей комплексних сполук дає можливість використовувати їх для діагностики певних захворювань та для контролю за лікуванням патологічних станів.

Важливу роль у процесі підтримки металолігандного гомеостазу організму відіграє хелатотерапія. Сполуки, які вибірково реагують з іонами металів, називаються детоксикантами (антидотами). При отруєннях важкими металами використовують комплексонометрію – широко використовують Трилон Б (динатрієва сіль ЕДТА) при отруєннях сполуками кальцію та ін.

4. Мета заняття:

– **загальна:** вміти пояснювати зв'язок між розташуванням s-, p-, d-елементів у періодичній системі та їх біогенною роллю; знати будову, види ізомерії, правила номенклатури, виходячи з показників констант стійкості та нестійкості комплексних сполук, пояснювати характеристики їх стійкості та фізіологічної дії й застосування в медицині;

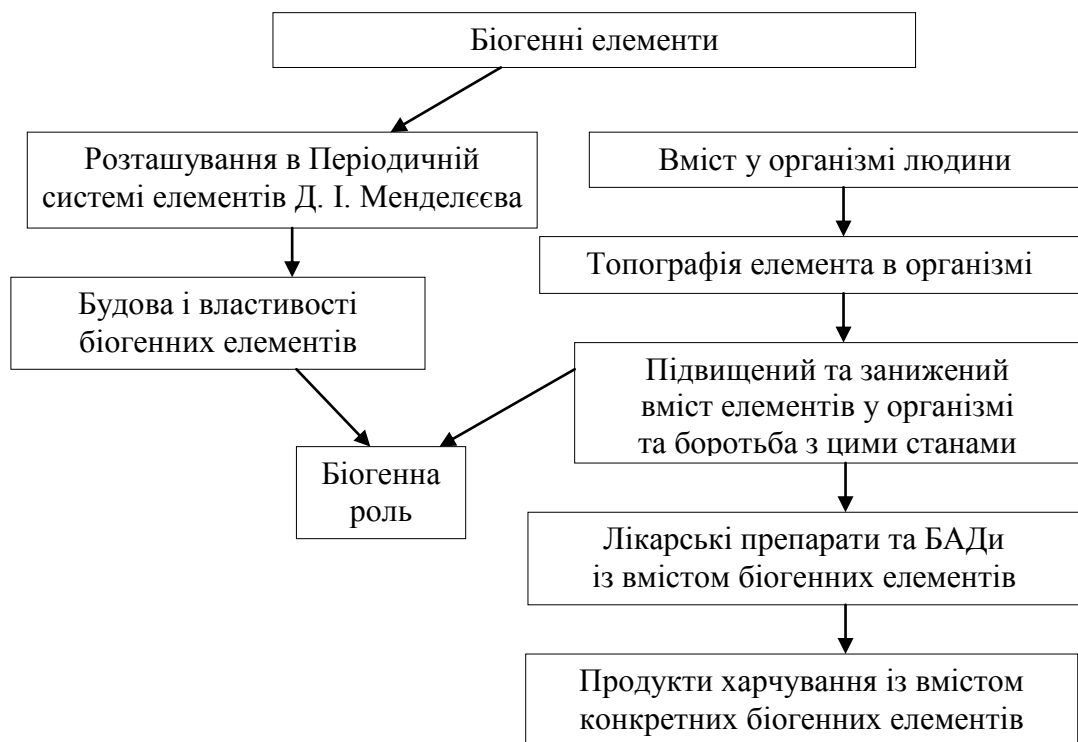
– **конкретна:** вміти використовуючи знання будови, властивостей s-, p-, d-елементів, їх розповсюдження в природі, вміти трактувати взаємозв'язок між біологічною роллю біогенних елементів і формою їх знаходження в організмі; усвідомити будову й природу хімічного зв'язку в комплексних сполуках; вміти

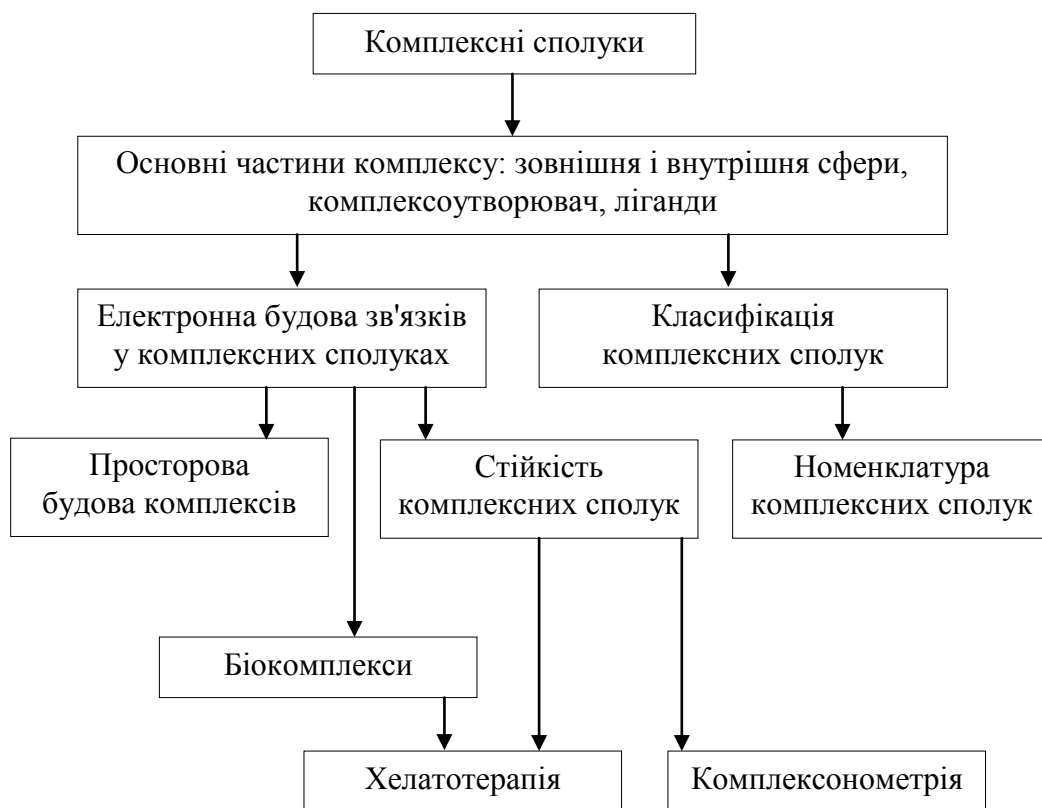
дати назву комплексним сполукам; знати просторову будову й типи ізомерії комплексів; інтерпретувати особливості будови комплексних сполук, як основи для їхнього застосування в хелатотерапії;

а) **знати:** хімічний склад зубів (зубної емалі, дентину), основні правила техніки безпеки при виконанні експериментальних робіт та правила надання першої допомоги при нещасних випадках у хімічній лабораторії; загальні правила оформлення результатів експериментів та ведення лабораторного журналу досліджень; вчення В. І. Вернадського про біосферу; взаємозв'язок між біологічною роллю біогенних s-, p-, d-елементів та формою знаходження їх в організмі; координаційну теорію А. Вернера; принципи будови комплексних сполук; природу хімічного зв'язку в комплексних сполуках; металолігандний гомеостаз; особливості будови комплексних сполук як основи для їх застосування в медицині (особливо в стоматології), зокрема в хелатотерапії; використання антидотів; застосування комплексних сполук в аналітичних дослідженнях; комплексонометрію;

б) **вміти:** визначати ступінь окиснення комплексоутворювача в комплексних сполуках та дентатність лігандів у них; виконувати якісні реакції на іони: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_2^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, MnO_4^- , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^+ ; розпізнавати електронні формули будови атомів, передбачати хімічні властивості елементів; називати комплексні сполуки, розрізняти біокомплекси, обґрунтовувати застосування комплексонів у хелатотерапії та комплексонометрії.

5. Граф логічної структури теми





6. Орієнтована карта роботи студентів

№ з/п	Етапи	Час у хв	Навчальні й наочні засоби	Місце проведення
1	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на питання студентів	25	Навчальний посібник (робочий зошит)	Навчальна кімната
2	Вхідний контроль	20	Тести вхідного контролю	
3	Самостійна робота студентів із методичною літературою, рішення навчальних завдань	60	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
4	Виконання лабораторної роботи	35	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
5	Вихідний контроль знань	25	Тести вихідного контролю, картки з ситуаційними завданнями, калькулятор	
6	Аналіз і підведення підсумків заняття	10		

7. Завдання для самостійної роботи

Перелік питань, що підлягають вивченню:

1. Хімія в стоматології. Хімічна будова зуба (емаль, дентин). Штучний дентин.
2. Правила безпечної роботи в хімічній лабораторії. Основи техніки лабораторних робіт.
3. Загальні відомості про біогенні елементи.
4. Вчення В. І. Вернадського та його послідовників про біосферу. Зв'язок між вмістом біогенних елементів в організмі людини та їх вмістом у навколишньому середовищі. Ендемічні захворювання.

5. Біологічна роль найважливіших хімічних елементів. Застосування в медицині їх сполук. Токсична дія сполук.

6. Електронна структура і електронегативність *s*-елементів. Типові хімічні властивості *s*-елементів та їх сполук.

7. Електронна структура і електронегативність *p*-елементів. Типові хімічні властивості *p*-елементів та їх сполук.

8. Електронна структура і електронегативність *d*-елементів. Типові хімічні властивості *d*-елементів та їх сполук.

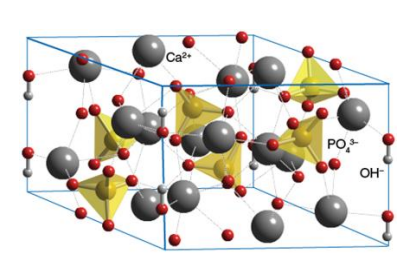
9. Екологічний аспект забруднення та очищення біосфери від токсичних речовин техногенного походження.

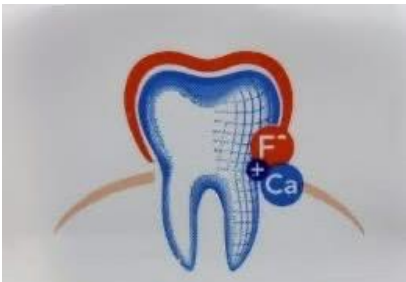
10. Реакції комплексоутворення. Координаційна теорія А. Вернера та сучасні уявлення про будову комплексних сполук. Класифікація комплексних сполук за зарядом внутрішньої сфери та за природою лігандів.

11. Загальна характеристика біокомплексів біометалів (заліза, міді, кобальту та цинку). Використання комплексоіонів як антидотів та антиоксидантів.

Перелік робіт, що підлягають вивченню:

Частина 1

Термін	Визначення, формули, показники																																													
Хімія в стоматології. Хімічна будова зуба (емаль, дентин). Штучний дентин																																														
Будова зуба:	Зуб побудований із трьох шарів кальцифікованої тканини: емалі, дентину та цементу. Порожнина зуба заповнена пульпою. Пульпа оточена дентином – основною кальцифікованою тканиною. На виступаючій частині зуба дентин покритий емаллю. Занурені в щелепу корені зубів покриті цементом. Зубна емаль на 95–97 % складається з неорганічних мінералів (гідроксиапатит (ГА), фторапатит), головним з яких є гідроксиапатит кальцію $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Основними хімічними елементами є Ca, P, O, H, C, Mg, F – вони забезпечують міцність і захист від кислот. У складі мінеральних речовин емалі кальцій складає 37 %, а – 17 %. Властивості емалі значною мірою залежать від співвідношення Ca/P, яке змінюється з віком та залежить від ряду факторів. В емалі зубів дорослих осіб співвідношення Ca/P складає 1,67. В емалі дітей це співвідношення є нижчим. Даний показник також зменшується при демінералізації емалі. Вміст мінеральних речовин і води в кістковій тканині: <table><tr><th></th><th>Емаль, %</th><th>Дентин, %</th><th>Цемент, %</th><th>Кістка, %</th></tr><tr><td>Мін. речовини</td><td>95</td><td>70</td><td>50</td><td>45</td></tr><tr><td>Орг. речовини</td><td>1–1,5</td><td>20</td><td>27</td><td>30</td></tr><tr><td>Вода</td><td>4</td><td>10</td><td>13</td><td>25</td></tr></table> Хімічний склад зуба: <table><tr><th>Складова</th><th>пульпа</th><th>дентин</th><th>емаль</th><th>цемент</th></tr><tr><td></td><td colspan="4">в г на 100 г тканини</td></tr><tr><td>Вода</td><td>30–40</td><td>13</td><td>2,5</td><td>3,2</td></tr><tr><td>Органічні</td><td>40</td><td>20</td><td>4</td><td>25</td></tr><tr><td>Неорганічні</td><td>20–30</td><td>69</td><td>96</td><td>70</td></tr></table>		Емаль, %	Дентин, %	Цемент, %	Кістка, %	Мін. речовини	95	70	50	45	Орг. речовини	1–1,5	20	27	30	Вода	4	10	13	25	Складова	пульпа	дентин	емаль	цемент		в г на 100 г тканини				Вода	30–40	13	2,5	3,2	Органічні	40	20	4	25	Неорганічні	20–30	69	96	70
	Емаль, %	Дентин, %	Цемент, %	Кістка, %																																										
Мін. речовини	95	70	50	45																																										
Орг. речовини	1–1,5	20	27	30																																										
Вода	4	10	13	25																																										
Складова	пульпа	дентин	емаль	цемент																																										
	в г на 100 г тканини																																													
Вода	30–40	13	2,5	3,2																																										
Органічні	40	20	4	25																																										
Неорганічні	20–30	69	96	70																																										
																																														
Кристалічна решітка ГА:																																														

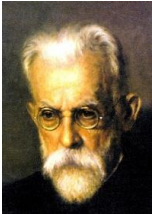
Термін	Визначення, формули, показники				
	Складова	пульпа	дентин	емаль	цемент
	в г на 100 г золи				
	Ca	30	35	36	35,5
	Mg	0,8	1,2	0,5	0,9
	Na	0,2	1,2	0,2	1,1
	K	0,1	0,1	0,3	0,1
	P	17,0	17,4	17,3	17,1
	F	0,02	0,02	0,02	0,02
	цитрат	–	1,0	0,3	–
Природний ГА є кальційдефіцитним апатитом, в якому співвідношення $Ca/P < 1,67$. Формула природного апатиту включає катіони металів (Mg^{2+}, Na^+, K^+, Sr^{2+}, Ba^{2+} та ін.) та аніони (CO_3^{2-}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, SO_4^{2-}, F^-, Cl^-, CO_3^{2-} та ін.). Заміщення Ca^{2+}, PO_4^{3-}, OH^- в ГА на будь-які з перелічених катіонів та аніонів приводять до зміни параметрів кристалічної решітки, що сприяє зміні хімічних, фізичних та біологічних властивостей. Наприклад, заміщення OH^--групи в ГА іонами F^- може збільшити структурну стабільність і корозійну стійкість у біологічному середовищі і, як результат, покращення кристалічності та збільшення розміру кристалів. Заміщення OH^--груп на CO_3^{2-} призводить до утворення карбонатапатиту, що є досить поширеною сполукою в кістковій тканині. Група CO_3^{2-} може заміщувати як OH^--групи, так і PO_4^{3-}-групи. Заміщення катіонів також впливає на властивості апатиту. Наприклад, заміщення Ca^{2+} на Mg^{2+} призводить до зменшення кристалічності та збільшення розчинності апатиту. Синтезований в організмі ГА разом з іншими компонентами (колагеном та водою) є основним матеріалом кісткової тканини. Мінеральну основу тканин зуба складають кристали різних апатитів. Основним є гідроксиapatит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ та восьми-кальцієвий фосфат $Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O$. Окремі види апатиту розрізняються за хімічними та фізичними властивостями – міцністю, здатністю розчинятися (руйнуватися) під дією органічних кислот, а їх співвідношення в тканинах зуба обумовлюється характером харчування, забезпеченістю організму мікроелементами та ін. Хімічні та фізичні властивості апатитів суттєво змінюються при включенні до їхнього складу таких елементів як Sr^{2+} та F_2. Зокрема, стронцій активно конкурує з кальцієм за місце зв'язування в кристалічній решітці гідроксиapatиту. Хоча Ca^{2+} і Sr^{2+} мають подібні хімічні властивості, заміна кальцію на стронцій змінює архітектуру гідроксиapatиту. Стронцієвий апатит є менш стійким і легше руйнується під дією органічних кислот, що веде до підвищення ламкості зуба. Підвищений вміст стронцію в харчових продуктах сприяє збільшенню вмісту стронцієвого апатиту та підвищує ступінь ризику розвитку карієсу. Особливо небезпечним є надходження в організм радіоактивного стронцію, який, включаючись у структуру апатитів, може спричинити локальне променеве ураження тканин. Стронцій можна витіснити зі складу апатитів великою кількістю кальцію. Встановлено, що п'ятикратне збільшення кальцію в дієті веде до зменшення включення стронцію на 50 %. Тому у випадках попадання радіоактивного стронцію в організм доцільно вживати їжу, збагачену кальцієм. Карбонатний апатит, як і стронцієвий, має більш високу розчинність у кислому середовищі порівняно з гідроксиapatитом. Посиленому утворенню карбонатного апатиту сприяють вуглеводні харчові продукти, особливо при їх тривалому перебуванні в ротовій порожнині. Крім того,					

Термін	Визначення, формули, показники													
Карієс зубів 	з вуглеводних продуктів утворюється велика кількість органічних кислот, під дією цих кислот карбонатний апатит легко руйнується. Серед усіх апатитів найвищу стійкість має фторапатит. Утворення фторапатиту підвищує міцність емалі, знижує її проникність та підвищує резистентність до карієсогенних факторів. Фторапатит у 10 разів гірше розчиняється в кислотах, ніж гідроксиapatит. При достатній забезпеченості фтору різко (в 4 рази) зменшується кількість випадків захворювання карієсу.													
	Склад апатитів тканин зуба: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Апатит</th><th>Формула</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Гідроксиapatит</td><td>$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$</td></tr> <tr> <td>Восьмикальцієвий фосфат</td><td>$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$</td></tr> <tr> <td>Карбонатний апатит</td><td>$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$ або $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5\text{CO}_3(\text{OH})_2$</td></tr> <tr> <td>Хлорний апатит</td><td>$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}$</td></tr> <tr> <td>Стронцієвий апатит</td><td>$\text{SrCa}_9(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$</td></tr> <tr> <td>Фторапатит</td><td>$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$</td></tr> </tbody> </table> Карієс зубів (Caries dentis) – це процес руйнування твердих тканин зубів, в основі якого лежить демінералізація та їх розм'якшення з подальшим утворенням дефекту в вигляді порожнини. В економічно розвинених країнах ураженість населення карієсом складає 95–98 %. Карієс, як патологічний процес, є незворотнім. Зруйновані емаль та дентин не відновлюються. Процес демінералізації емалі супроводжується зміною форми, розміру та просторової організації кристалів гідроксиapatиту. До певного моменту втрата Ca^{2+} не супроводжується руйнуванням кристалічної решітки гідроксиapatиту. Але в подальшому поряд із Ca^{2+} втрачаються фосфати і кристалогідрати руйнуються. В ділянках карієсного ураження знижується вміст кальцію, фосфору, фтору та інших елементів. Існує багато теорій, які пояснюють виникнення та розвиток цього патологічного процесу, оскільки карієс обумовлюється комплексом ендогенних та екзогенних факторів, зокрема: • типом харчування; • спадковими факторами (структура та склад тканин зуба); • дією екстремальних чинників (впливів) на організм; • порушеннями складу і властивостей ротової рідини тощо. Кістка – це природний композитний матеріал, до складу якого входить до 60–70 % ГА, 5–8 % води, залишок складає органічна фаза (фібрили колагену). Колаген у формі фібрил із діаметром 0,1 ~ 2 мкм забезпечує каркас, міцність і щільність кістки. Протеїни, полісахариди виконують роль цементу між фібрилами колагену та ГА. Кристали ГА у формі пластинок та голок розташовані паралельно між фібрилами колагену. Кальцій – основний структурний елемент, забезпечує твердість і запобігає крихкості. Фосфор – утворює кристалічну решітку емалі у складі гідроксиapatитів. Флуор – утворює захисний шар, перетворюючи гідроксиapatит на міцний фторапатит, запобігаючи карієсу. Флуор надає міцності емалі. Оксиген, водень, карбон – входять до складу ГА та органічної частини. Здорова емаль також містить 2–4 % води та 1–2 % органічних речовин. Емаль в основному складається з ГА і кристалічного фосфату кальцію: ця композиція сприяє міцності, але одночасно робить її вразливою до демінералізації під впливом харчових кислот.	Апатит	Формула	Гідроксиapatит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	Восьмикальцієвий фосфат	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Карбонатний апатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$ або $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5\text{CO}_3(\text{OH})_2$	Хлорний апатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}$	Стронцієвий апатит	$\text{SrCa}_9(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	Фторапатит
Апатит	Формула													
Гідроксиapatит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$													
Восьмикальцієвий фосфат	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$													
Карбонатний апатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$ або $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5\text{CO}_3(\text{OH})_2$													
Хлорний апатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}$													
Стронцієвий апатит	$\text{SrCa}_9(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$													
Фторапатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$													

Термін	Визначення, формули, показники
Дентин-паста  Фотополімерна пломба 	Процеси мінералізації–демінералізації – основа мінерального обміну тканин зуба, які пояснюються хімічними властивостями s- та p-елементів, а також такими фізико-хімічними явищами як дифузія, адсорбція, іонний обмін. Мінералізація тканин зуба – це процес утворення білкової матриці з подальшою її кальцифікацією, тобто відкладання апатитів на матриці. Демінералізація є фізіологічно зворотним процесом, який у нормі урівноважується мінералізацією. В процесі обміну речовин у тканинах зуба має місце врівноважений процес кристалізації та декристалізації ГА, утворюються та розриваються зв'язки з молекулами органічної субстанції. Відновити емаль зубів можна на початкових стадіях шляхом: – ремінералізації (насичують мінералами з флуор-кальцієвих препаратів); – флуоруванням. Ремінералізація – це процес відновлення мінеральних компонентів емалі зуба шляхом дифузії й адсорбції іонів зі слини, зокрема кальцію, фторидів, та іонне заміщення в гідроксиапатиті залежно від характеру харчування і стану обмінних процесів у тканинах зуба. Так, наприклад, надходження Флуору та Стронцію обумовлює іонний обмін у гідроксиапатиті з утворенням відповідно до фторапатиту та стронцієвого апатиту. Для підвищення ефективності ремінералізації використовують зубні пасти, наприклад, «Біфлюорид 12», основними діючими компонентами якої є натрій фторид NaF – 6 % та кальцій фторид CaF_2 – 6 %. Ця паста може використовуватися для тривалої профілактики карієсу. При значних проблемах (втрата емалі) використовують сучасну «імплантацію емалі» – нанесення біосумісних речовин для молекулярного відновлення. Під емаллю знаходиться дентин, який є більш м'який шаром, ніж емаль, але все ж таки він має значну міцність і складається з ≈ 70 % неорганічних речовин (ГА, мінерали), 20 % органічних речовин (колаген) і 10 % води. Дентин – мінералізована, безклітинна, безсудинна (звাপнована) тканина зуба, яка утворює основну його масу і за будовою займає проміжне положення між кістковою тканиною та емаллю. Він міцніший від кістки та цементу, але в 4–5 разів м'якший від емалі. Зрілий дентин містить 69 % неорганічних речовин, 18 % органічних та 13 % води (що відповідно в 10 та в 5 разів більше, ніж в емалі). Дентин побудований із мінералізованої міжклітинної речовини, пронизаної чисельними дентиновими каналцями. Для тимчасового пломбування використовують цинковмісні засоби: штучний дентин (цинк-сульфатний цемент – склад: 24 % ZnSO_4, 66 % ZnO, 10 % каолін); дентин-паста (зі штучного дентину, ароматичних речовин і гліцерину-вазелинової основи); віноксол (порошок містить 89 % ZnO, 5 % CaSO_4, 6 % CaCO_3 і рідина містить 5 % полістирол у гваяколі 95 %); цинк-евгенольний цемент (містить ZnO+евгенол (фенольна сполука, основний компонент ефірної олії гвоздики, має антисептичні, протибільові, протизапальні властивості); полікарбоксилатний цемент (ZnO+рідина (37 % водного розчину поліакрилової кислоти) – сучасна альтернатива фосфат цементу. У сучасній стоматології для постійного пломбування використовують: фотополімерні композити (твердіють під ультрафіолетовою лампою), склоіономерні цементы (виділяють флуор, захищають від вторинного карієсу), рідкотекучі композити, амальгами (металічні пломби). Сплави металів, які використо-

Термін	Визначення, формули, показники
Метали в стоматології 	вуються в ортопедичній стоматології: для виготовлення каркасів у незнімних конструкціях і елементів знімних протезів Co-Cr, Ni-Cr. Біосумісні метали для виготовлення коронок, імплантів, ортодонтичних апаратів: благородні (Au, Pd), неблагородні (Co-Cr, Ni-Cr), титанові сплави для імплантів, нержавіюча сталь в ортодонтії (брекети). Припої Au, Ag (для сталевих), Co-Cr, Ni-Cr для керамічних. Брекети: Титановий штифт в імпланті.
Металокерамічна коронка 	 Незнімні протези виготовляють з: металів (Au, Ag, Ti, їх сплави); металокерамічні (метал+кераміка); керамічні (без метал); діоксид цирконію (ZrO_2). На період виготовлення постійних коронок ставлять тимчасові пластмасові (поліметилметакрилат та ін.). Відбиткові маси: альгінатні (на основі солей альгінової кислоти – морських водоростей); силіконові; поліефірні, полісульфідні (тіоколові).
Діоксид цирконію Металокераміка 	Альгінатна відбиткова маса 
Силіконові відбиткові маси 	Зубний наліт – це м'який шар, який формується із залишків їжі та мікроорганізмів – на них діють мікроелементи слини, виникає поступове твердіння – так формується зубний камінь (тверді зубні відкладення, що за хімічним складом являють собою неорганічні речовини – кальцієві солі). Кальцій у слині та їжі, багата на карбонати та глюкозу, а також відсутність регулярного гігієнічного догляду може сприяти утворенню зубного каменю.
Склад зубного нальоту та зубного каменю	Зубний наліт:  Зубний камінь:  Профілактика стоматологічних захворювань важлива: – дієта (продукти харчування насичені кальцієм та флуором); – гігієна (використання ополіскувачів та зубних паст, що містять флуор).

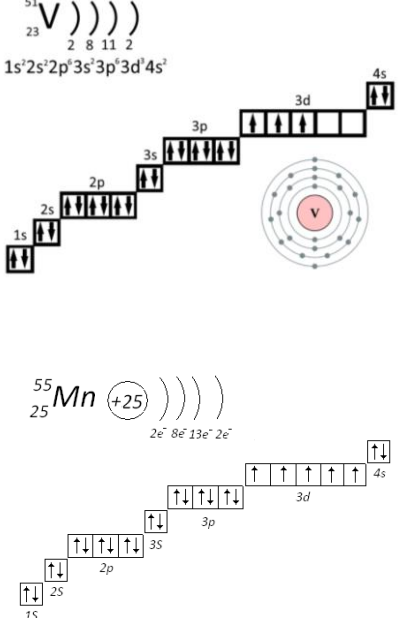
Термін	Визначення, формули, показники
ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ. ОСНОВИ ТЕХНІКИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	
Правила безпечної роботи в хімічній лабораторії 	1. До роботи в хімічній лабораторії допускаються здобувачі освіти в медичних халатах і шапочках, за необхідності – в гумових рукавичках і захисних окулярах. Працювати так, щоб не нашкодити собі, іншим здобувачам освіти, колегам. 2. Кожен здобувач освіти повинен мати своє робоче місце, на якому повинні бути відсутні сторонні предмети, а чистота і порядок – обов'язкові! 3. Досліди проводяться лише ті, що описано в «лабораторній роботі», яка міститься в методичних вказівках і в робочому зошиті. Їх проводять після обговорення експерименту на лабораторно-практичному занятті після пояснення викладача. Покращує розуміння проведення експериментальних досліджень відеофільм з алгоритмами проведення дослідів лабораторних робіт. 4. Забороняється: – виконувати досліди не передбачені інструкцією; – порушувати методику експерименту; – брати речовини руками та куштувати їх на смак. 5. Працювати уважно, не поспішати, хімічні експерименти потребують точності й акуратності, тому їх необхідно проводити точно за інструкцією, дотримуючись послідовності, умов експерименту, кількості речовин, концентрації розчинів. 6. Пам'ятати про те, що деякі речовини можуть викликати подразнення та опіки шкіри та слизових оболонок, тому: – треба працювати з такими речовинами в гумових рукавичках і захисних окулярах; – склянку з речовинами, що мають запах, тримати на відстані від себе, рукою керувати рух повітря від отвору склянки до носа, для розпізнавання речовини за запахом; – обережно зливати реактиви так, щоб бризки не потрапили на поверхні шкіри, слизових оболонок, одяг, взуття; – не нахилятися над рідиною, яка нагрівається, у зв'язку з тим, що її може викинути із пробірки. Отвір пробірки повинен бути розташований від здобувачів освіти і від викладача. 7. Використовувати для дослідів лише чистий лабораторний посуд, який заздалегідь вимитий і оброблений дистильованою водою. 8. Всі експерименти проводити тільки під контролем викладача! Досліди з концентрованими кислотами та лугами проводити тільки під тягою, розбавляти концентровані кислоти слід обережно: вливати кислоту у воду, а не воду у кислоту. 9. Вмикати і вимикати електроприлади та запалювати спиртівку лише за дозволом викладача. 10. Під час роботи слід підтримувати тишу і порядок. 11. По закінченню дослідів лабораторної роботи кожен здобувач освіти повинен вимити лабораторний посуд та ополоснути його дистильованою водою, привести в порядок своє робоче місце, а чергові – здати лабораторію старшому лаборанту.
Радіація – підступний ворог	На території України розміщені атомні електростанції – ЗАЕС, ЧАЕС та ін. У зв'язку з військовою агресією російських окупантів існує велика вірогідність аварій на них. У разі аварії на ядерних установках значна частина викидів містить радіоактивний йод або так звані радіоактивні ізотопи йоду. Якщо не вживати заходів захисту, радіоактивний йод дуже легко і швидко поглинається щитоподібною залозою (особливо у дітей) і може призвести до її захворювань. Щоб

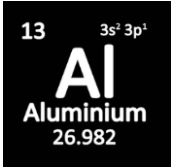
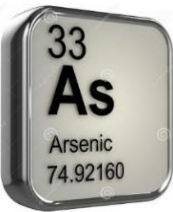
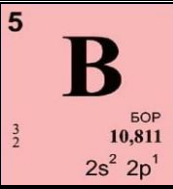
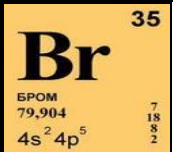
Термін	Визначення, формули, показники
	зменшити негативний вплив радіоактивного йоду на щитоподібну залозу, використовують калій йодид. Такий захід називається йодною профілактикою. Після приймання препарату відбувається блокування щитоподібної залози, що перешкоджає накопиченню в ній радіоізотопів йоду. Приймати профілактичну дозу йодиду калію потрібно тільки після офіційного оповіщення про загрозу викиду та необхідність проведення профілактики. Таке оповіщення проводиться місцевими органами виконавчої влади. Людям віком більше 40 років йодид калію не призначають. Індивідуальну дозу йодиду калію визначає сімейний лікар. Оптимальний ефект йодної профілактики досягається при завчасному прийманні препарату за 6 і менше годин до надходження радіоактивної хмари. Приймання препарату залишається ефективним одночасно з надходженням «хмари» та через 6 год після. У МОЗ не рекомендують приймання препарату через 24 год. Фосфорні боеприпаси – тип запальних або димових боеприпасів, споряджених білим фосфором. Зброя, що містить білий фосфор, за міжнародними угодами (Протокол III до Конвенції про конкретні види звичайної зброї) заборонена (рік). Російські окупанти застосовують фосфорні боеприпаси під час вторгнення в Україну. Зброя, що містить білий фосфор, поширює запалювальну сполуку, температура горіння якої перевищує 800 °С, значною територією, площа якої може досягати кількох сотень квадратних метрів. Горіння продовжується, поки весь фосфор не вигорить або поки не припиниться доступ кисню. Така зброя може спричиняти особливо важкі та болісні каліцтва або ж спровокувати повільну смерть. Білий фосфор займається при контакті з повітрям, тому зберігають його у воді. Застосування білого фосфору дає поєднаний ефект – не лише дим і полум'я, а й психологічний шок. Властивою рисою застосування фосфорної бомби є обвуглювання органічних тканин, а у разі вдихання розжареної суміші – випалювання легень. Крім прямих поранень, спричинених уламками їх гільз, боеприпаси з білого фосфору можуть завдати ушкоджень двома основними способами: опіками та через вдихання парів.
Перша допомога під час ураження білим фосфором	1. Якомога швидше варто позбутися одягу, до якого прилипли частки білого фосфору, що палає. Якщо такої можливості немає, то занурте уражену шкіру у воду або сильно зволожите. 2. Коли позбудетесь одягу, промийте уражені ділянки шкіри розчином бікарбонату натрію (сода) або холодною водою. 3. Змочіть шкіру та усуньте видимі частки фосфору (бажано під водою) негострим предметом або пінцетом. Не можна торкатися фосфору руками! 4. Опіки варто закрити вологими пов'язками. Вони мають бути просочені фізрозчином, щоб запобігти повторному загорянню фосфору. Якщо фосфор потрапляє в організм через рот, то викликає опіки ротової порожнини та шлунково-кишкового тракту. Людина відчуває сильне печіння в роті, страждає від блювання, діареї та сильного болю в животі. Лікувати поранених фосфорними боеприпасами має спеціальний медичний персонал.
Біогенні елементи  <i>В. І. Вернадський (1863–1945)</i>	Елементи, необхідні для побудови й життєдіяльності клітин і організмів. В організмі людини знайдені 82 елементи із 91, які зустрічаються в природі, біогенна функція встановлена для 62. На початку XX ст. академіком В. І. Вернадським на основі геохімії, біології і біохімії була створена нова наука – біогеохімія.

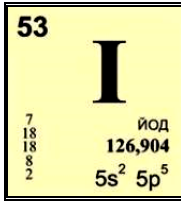
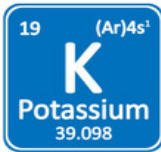
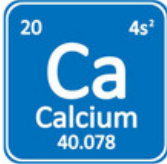
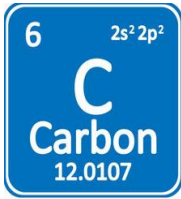
Термін	Визначення, формули, показники											
 О. П. Віноградов (1895–1975)	О. П. Віноградов відкрив загальний закон розподілу хімічних елементів: кількісний склад хімічних елементів у живій речовині обернено пропорційний їх порядковим номерам у періодичній системі, тобто кількісний хімічний склад живої речовини є періодичною функцією порядкового номера елемента. Він вважав, що концентрація елемента в живих організмах прямо пропорційна його вмісту в середовищі існування з урахуванням розчинності сполук елемента.											
Елементи-органогени	Основу всіх живих систем становлять 6 елементів – Н, О, С, N, P, S.											
Макроелементи	Елементи, вміст яких у біосередовищах перевищує 10 ⁻² %. кальцій, калій, натрій і мікроелементи – купрум, ферум, молібден, цинк, флуор, йод, селен, арсен, силіцій, хром, нікол, станум, ванадій.											
Мікроелементи	Елементи, вміст яких у біосередовищах 10 ⁻³ –10 ⁻⁵ %.											
Ультрамікроелементи	Елементи, вміст яких в організмі менше 10 ⁻⁵ %.											
Біотики	Елементи, фізіологічна активність яких доведена (А. І. Венчиков).											
Біотична доза	Концентрація біометалів в організмі при нормальному його функціонуванні підтримується на певному рівні за допомогою гормонів і протеїнів.											
Життєво необхідні елементи	Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co											
Роль макроелементів	Пластичний матеріал у побудові тканин, підтримують осмотичний тиск, рН середовища, кислотно-лужний стан, стан колоїдів та ін.											
Роль мікроелементів	Разом із ферментами, гормонами, вітамінами та іншими біологічно активними речовинами беруть участь у процесах розмноження, росту, обміну білків, жирів, вуглеводів.											
Участь мікроелементів у фізіологічних процесах	Здійснюється двома шляхами: 1. Атом надходить до структури ферменту як комплексоутворювач. 2. Елемент є ланкою, що з'єднує систему фермент–субстрат. Біологічні функції мікроелементів у живому організмі пов'язані головним чином із процесами комплексоутворення між біологічними лігандами (амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, вітаміни, ферменти, гормони, вода та ін.) й іонами відповідних металів.											
Стоматологічний аспект Зв'язок між вмістом біогенних елементів в організмі людини, ротовій порожнині, слині і зубах та їх вмістом у довкіллі  Мінеральні компоненти в слині людини	Встановлення зв'язку між вмістом біогенних елементів в організмі людини, ротовій порожнині, слині і зубах та їх вмістом у довкіллі дає змогу зрозуміти причини та механізми ендемічних захворювань, їх зв'язок з особливостями біогеохімічних провінцій (районів із природним дефіцитом або надлишком певних хімічних елементів у літосфері). Це розкриває проблеми забруднення та очищення біосфери від токсичних хімічних сполук техногенного походження. В організмі людини підтримується баланс оптимальних концентрацій біогенних елементів. Порушення його спричиняє різні захворювання. В Україні існують біогеохімічні провінції зі зниженим чи підвищеним вмістом деяких елементів. Так, у Полтавській області підвищений вміст флуору у питній воді. Надлишок флуору є причиною ендемічного флюорозу, який призводить до гіоплазії емалі зубів. Особливістю слини є переважання вмісту K ⁺ (у 4–5 разів) та нижчий вміст Na ⁺ (у 5–10 разів) порівняно з їх вмістом у плазмі крові. Вміст Ca ²⁺ в змішаній слині такий саме як у крові – біля 1 ммоль/л. Слина відрізняється високим вмістом фосфату, який у 2 рази перевищує його вміст у крові й складає 3 ммоль/л.											
Вміст мінеральних компонентів у слині людини												
<table><tr><th rowspan="2">Компоненти</th><th colspan="2">Вміст</th></tr><tr><th>Слина</th><th>Сироватка крові</th></tr><tr><td>Калій</td><td>12,8–18,9 ммоль/л</td><td>3,4–5,3 ммоль/л</td></tr><tr><td>Натрій</td><td>15–20 ммоль/л</td><td>130–157 ммоль/л</td></tr></table>		Компоненти	Вміст		Слина	Сироватка крові	Калій	12,8–18,9 ммоль/л	3,4–5,3 ммоль/л	Натрій	15–20 ммоль/л	130–157 ммоль/л
Компоненти	Вміст											
	Слина	Сироватка крові										
Калій	12,8–18,9 ммоль/л	3,4–5,3 ммоль/л										
Натрій	15–20 ммоль/л	130–157 ммоль/л										

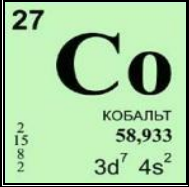
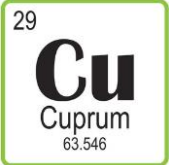
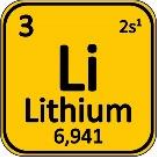
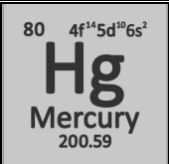
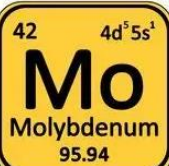
Термін	Визначення, формули, показники																																
	<table><tr><th rowspan="2">Компоненти</th><th colspan="2">Вміст</th></tr><tr><th>Слина</th><th>Сироватка крові</th></tr><tr><td>Кальцій</td><td>1–3 ммоль/л</td><td>2,3–2,75 ммоль/л</td></tr><tr><td>Магній</td><td>1,5–2,5 ммоль/л</td><td>0,7–1,7 ммоль/л</td></tr><tr><td>Фосфор</td><td>3,23–5,07 ммоль/л</td><td>1–2 ммоль/л</td></tr><tr><td>Хлор</td><td>8,4 ммоль/л</td><td>98–106 ммоль/л</td></tr><tr><td>Фтор</td><td>0,0024–0,012 ммоль/л</td><td>—</td></tr><tr><td>Мідь</td><td>0,3–1,1 мкмоль/л</td><td>11–24,4 мкмоль/л</td></tr><tr><td>Залізо</td><td>9 мкмоль/л</td><td>12–32 мкмоль/л</td></tr><tr><td>Цинк</td><td>8,5–9,5 мкмоль/л</td><td>11,5–18,5 мкмоль/л</td></tr><tr><td>Літій</td><td>1,23–4,04 ммоль/л</td><td>0,49–2,02 ммоль/л</td></tr></table>	Компоненти	Вміст		Слина	Сироватка крові	Кальцій	1–3 ммоль/л	2,3–2,75 ммоль/л	Магній	1,5–2,5 ммоль/л	0,7–1,7 ммоль/л	Фосфор	3,23–5,07 ммоль/л	1–2 ммоль/л	Хлор	8,4 ммоль/л	98–106 ммоль/л	Фтор	0,0024–0,012 ммоль/л	—	Мідь	0,3–1,1 мкмоль/л	11–24,4 мкмоль/л	Залізо	9 мкмоль/л	12–32 мкмоль/л	Цинк	8,5–9,5 мкмоль/л	11,5–18,5 мкмоль/л	Літій	1,23–4,04 ммоль/л	0,49–2,02 ммоль/л
Компоненти	Вміст																																
	Слина	Сироватка крові																															
Кальцій	1–3 ммоль/л	2,3–2,75 ммоль/л																															
Магній	1,5–2,5 ммоль/л	0,7–1,7 ммоль/л																															
Фосфор	3,23–5,07 ммоль/л	1–2 ммоль/л																															
Хлор	8,4 ммоль/л	98–106 ммоль/л																															
Фтор	0,0024–0,012 ммоль/л	—																															
Мідь	0,3–1,1 мкмоль/л	11–24,4 мкмоль/л																															
Залізо	9 мкмоль/л	12–32 мкмоль/л																															
Цинк	8,5–9,5 мкмоль/л	11,5–18,5 мкмоль/л																															
Літій	1,23–4,04 ммоль/л	0,49–2,02 ммоль/л																															
s-елементи IA й IIA груп 1s↑ $1H\)_1$ $1s^1$ 1s↑↓ $2He\)_2$ $1s^2$ 2s↑ 1s↑↓ $3Li\))_{21}$ $1s^22s^1$ 2s↑↓ 1s↑↓ $4Be\))_{22}$ $1s^22s^2$ 3s↑↓ 2p↑↑↑↑↑ 2s↑↓ 1s↑↓ $12Mg\)))_{282}$ $1s^22s^22p^63s^2$	Якщо в атомі елемента останнім заповнюються s-підрівні, то це є s-елементи. Вони містяться у головних підгрупах I та II груп: Літій, Берилій, Натрій, Берилій, Натрій, Магній, Калій, Кальцій тощо. До s-елементів належить і Гелій. Електронна конфігурація зовнішнього електронного рівня відповідно ns^1 і ns^2. Ці електрони є валентні. Тому атоми цих елементів мають сталу валентність і сталий ступінь окиснення. Елементи I групи – I і +1; IIA групи – II і +2. Вони легко віддають свої s-електрони, являють собою метали-відновники. Тому що потенціал іонізації (енергія іонізації) зменшується в групі зверху вниз, їх відновні (металеві) властивості зростають. Електронегативність атомів зменшується в тому ж напрямку.																																
Стоматологічний аспект s-елемент Ca	Головний компонент кісткової тканини і зубів, де він знаходиться у вигляді солей кальцій фосфату $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ та кальцій карбонату CaCO_3 , гідроксиапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, хлорапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$, фторапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ та карбонатного апатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$.																																
Стоматологічний аспект s-елемент Mg	Елемент магній міститься в зубах у вигляді солей магній фосфату $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ та магній карбонату MgCO_3 .																																
Стоматологічний аспект s-елемент Sr	Елемент стронцій міститься в твердих тканинах зуба, де заміщує кальцій, утворюючи карієсостійкий стронцієвий апатит $\text{Ca}_9\text{Sr}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Однак, надмірне накопичення стронцію в зубах обумовлює їх крихкість, спонтанні переломи.																																
p-елементи IIIA-VIIA груп Нітроген ${}^7N$: 2p↑↑↑↑↑ 2s↑↓ 1s↑↓ ${}^7N\))_{25}$ $1s^22s^22p^3$ Оксиген ${}^8O$: 2p↑↓↑↑↑ 2s↑↓ 1s↑↓ ${}^8O\))_{26}$ $1s^22s^22p^4$ Флуор ${}^9F$: 2p↑↓↑↑↑↑↑ 2s↑↓ 1s↑↓ ${}^9F\))_{27}$ $1s^22s^22p^5$	У p-елементів відбувається заповнення p-підрівня. Це елементи головних підгруп III–VIII груп. Електронні конфігурації зовнішнього енергетичного рівня (валентного рівня) p-елементів такі: IIIA – ns^2np^1; IVA – ns^2np^2; VA – ns^2np^3; VIA – ns^2np^4; VIIA ns^2np^5. Характерні валентності й ступені окиснення: IIIA–III: +3, для Tl-I, +1; сполуки Al_2O_3, Tl_2O_3. IVA–II, IV: -4. +2. +4; сполуки CH_4, CO, CO_2. VA–III; V: -3. +3. +5; сполуки PH_3; P_2O_3, P_2O_5. Особливе місце займає нітроген. Валентність його в сполуках: I, II, III, IV; ступені окиснення: від -3 до +5. Сполуки: NH_3; N_2O; NO; N_2O_3; NO_2; N_2O_5. VIA–II; IV, VI: -2; +4; +6. Сполуки H_2S, SO_2, SO_3. Оксиген у сполуках переважно виявляє валентність II і ступінь окиснення -2. Наприклад, H_2O. Виключення становлять пероксиди, в яких кисень має ступінь окиснення -1. Наприклад: H_2O_2. VIIA. Можливі валентності від I до VII. Найбільш характерні I, III, V, VII. Ступені окиснення – від -1 до +7. Найбільш характерні -1; +1; +3; +5; +7. Сполуки: HCl, Cl_2O, Cl_2O_3, Cl_2O_5, Cl_2O_7.																																

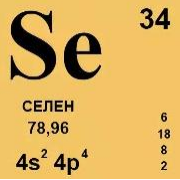
Термін	Визначення, формули, показники
	Виключення становить флуор. Його валентність I і ступінь окиснення -1 (HF). У групах <i>p</i>-елементів зверху вниз збільшуються атомні радіуси, зменшується потенціал іонізації, зменшується спорідненість до електрону, зменшується електронегативність. У зв'язку із цим у групах збільшуються відновні (металеві) властивості. Починається група неметалом, закінчується металом. <i>p</i>-Елементи IIIA групи в мікрокількостях надходять до складу біомолекул, утворюючи зв'язок з атомами кисню й нітрогену. Виключення становить талій, який утворює зв'язок із сульфуром, тому і є дуже токсичним. <i>p</i>-Елементи IVA групи надходять до складу біомолекул, з'єднуючись з атомами різних елементів. Карбон у біомолекулах утворює полімерні ланцюги карбон–карбон і міцно зв'язується з гідрогеном, киснем, нітрогеном, сульфуром, селеном, йодом. Si, Ge, Sn, Pb утворюють зв'язки з атомом кисню, а плумбум – із сульфуром. Властивість плумбуму утворювати міцний зв'язок із сульфуром обумовлює його високу токсичність. <i>p</i>-Елементи VA групи також надходять до складу біомолекул, утворюючи зв'язки з атомами багатьох елементів. Для нітрогену характерні зв'язки з карбоном і гідрогеном через кисень; арсен, стибій, вісмут – через кисень і сульфур. Це визначає малу подібність нітрогену й фосфору, а також відмінність нітрогену й фосфору від інших елементів цієї групи. Здатність As, Sb, Bi до зв'язування з сульфуром білків визначає їхню токсичність і в цілому синергізм у живих організмах. <i>p</i>-Елементи VIA групи, утворюють у біомолекулах зв'язки з різними елементами. Однак, сильно електронегативний кисень різко відрізняється за фізико-хімічними характеристиками від родини селену, водночас останні подібні за властивостями і виступають як синергісти. <i>p</i>-Елементи VIIA групи – бром і хлор звичайно перебувають в організмі у вигляді гідратованих галогенід-іонів, а F і I – у зв'язаному стані. F зв'язується з металами у важко розчинні солі (Ca, Mg, Fe). За величиною електронегативності й здатністю до координації з біогенними елементами флуор різко відрізняється від інших галогенів, тому майже не бере участі в заміщенні іонів хлору, бром, йоду. Три останні елементи близькі за властивостями і можуть замінювати один одного в організмі. Йод із його низькою електронегативністю утворює з карбоном ковалентні зв'язки.
Стоматологічний аспект р-елемент F	Елемент флуор у складі флуорапатиту підвищує стійкість зубів до карієсу. Основою профілактики карієсу зубів є використання флуорувмісних зубних паст та ін.
Стоматологічний аспект р-елемент Cl	<i>p</i> -Елемент хлор входить до складу хлорапатиту, стимулює активність амілази слини.
Стоматологічний аспект р-елемент P	<i>p</i> -Елемент фосфор міститься в зубах у складі солей фосфатів та апатитів. Солі фосфатної кислоти натрійдигідрофосфат NaH_2PO_4 і натрійгідрофосфат Na_2HPO_4 входять до складу фосфатної буферної системи, що регулює pH слини. Залишок фосфосфатної кислоти входить до складу фосфоліпідів клітинних мембран, а також до складу АТФ, що є джерелом і акумулятором енергії.
d-елементи IB-VIIB груп	<i>d</i> -елементи – це елементи побічних підгруп – у них відбувається заповнення <i>d</i> -підрівня: Скандій, Титан, Ванадій, Хром, Манган, тощо. Електронну будову й властивості цих елементів розглянемо в порядку, в якому вони представлені в періодичній

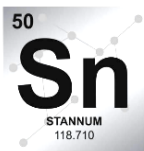
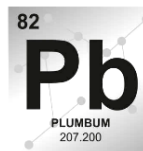
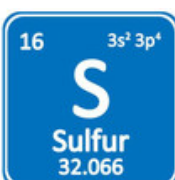
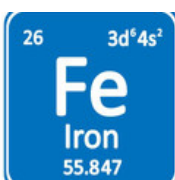
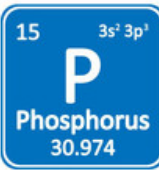
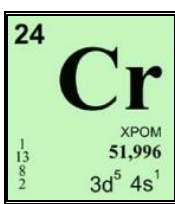
Термін	Визначення, формули, показники
	системі. IIIB група. $_{21}\text{Sc} - 3d^1 4s^2$; $_{30}\text{Y} - 4s^1 5d^2$; $_{57}\text{La} - 5d^1 6s^2$; $_{89}\text{Ac} - 6d^1 7s^2$; Валентність – III; с.о. +3. IVB група. $_{32}\text{Ti} - 3d^2 4s^2$; $_{140}\text{Zr} - 4d^2 5s^2$; $_{172}\text{Hf} - 5d^2 6s^2$; $_{104}\text{Ku} - 6d^2 7s^2$. VB група: V; Nb; Ta; Ns (штучний). Валентний шар має будову $d^3 s^2$. Максимальна валентність V, с.о. +5. VIB група: Cr, Mo, W. Валентний шар має будову $d^4 s^2$. Максимальна валентність – VI. Ступінь окиснення +6. Для хрому притаманна також с.о. +3. VIIIB група: Mn, Tc, Re. Валентний шар має будову $d^5 s^2$. Максимальна валентність VII, ступінь окиснення +7. Крім того для Mn характерні ступені окиснення +2, +3, +4, +6. Як і в інших <i>d-елементів</i> основні властивості оксидів і гідроксидів зі збільшенням ступеня окиснення слабшають, а кислотні підсилюються. MnO – нерозчинний у воді оксид. Mn(OH)₂ – слабка основа. VIIIB група. Поділяється на 2 родини – родина феруму (Fe, Co, Ni) і родина платини (Rn, Os, Rh., Ir, Pd, Pt). Структура валентного шару атомів: Fe – $3d^6 4s^2$; Co – $3d^7 4s^2$; Ni – $3d^8 4s^2$; Pt – $3d^9 4s^2$. Для феруму найбільш характерні ступені окиснення +2 і +3 (с.о. +6 відповідає не існуюча у вільному стані ферумна кислота H₂FeO₄). Відомі її солі – ферати, які мають сильні окисні властивості. Для кобальту с.о. – +2, +3; для нікелю – +2, для платини – +2 і +4. IB група. Склад Cu, Ag, Au. Конфігурація валентного шару $d^{10} s^1$. Для купруму притаманна с.о. +2 (можлива +1). Для аргентуму +1, для ауруму +3 (можлива +1). Радіуси елементів IB групи в 2 рази менші, ніж у елементів IA групи. IIIB група: Zn, Cd, Hg. Валентні шари елементів мають структуру $d^{10} s^2$. Тому у своїх сполуках ці елементи мають ступінь окиснення +2. Меркурій у деяких сполуках утворює іон (Hg₂)²⁺. Цинк і його аналоги виявляють більшу схильність до комплексоутворення. Координаційне число цинку – 4, кадмію – 6, меркурію – 4 і 6. Для <i>d-елементів</i> більш характерна горизонтальна подібність ніж вертикальна. Іони Mn²⁺, Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ мають подібні фізико-хімічні характеристики: електронну конфігурацію, близькі радіуси іонів, однотипні координаційні числа – 4 і 6 (відповідно тетраедричне або квадратне й октаедричне оточення лігандів). Подібність характеристик цих елементів обумовлює взаємну заміність і паралелізм у біологічній дії. У вигляді відповідних біокомплексів (у тому числі металоферментів) усі вони беруть участь у регуляції обміну речовин, виступаючи каталізаторами біосинтезу. Більшість із них стимулює кровотворення. Їх синергізм у цьому процесі пов'язаний з участю їхніх іонів на різних етапах синтезу ферментних систем крові. Більш того, молекули – переносники кисню для людини й більшості вищих тварин містять у своєму складі ферум, у хробаків – купрум, асцидій – ванадій. Іони нікелю, мангану й феруму заміщують один одного в живих організмах, беручи участь в однотипних перетвореннях.
Стоматологічний аспект d-елемент Fe	d-Елемент ферум входить до складу гемоглобіну крові. Фермент каталаза слини, що містить ферум, захищає клітини від токсичної дії гідроген пероксиду. Фермент пероксидаза слини, що має ферум, окислює органічні речовини пероксидом водню. Ферменти каталаза і пероксидаза мають антиоксидантну дію.

Термін	Визначення, формули, показники
Стоматологічний аспект d-елемент Cu	d-Елемент купрум є інгібітором ферменту амілази слини. Мідь затримує кальцій і фосфати в організмі. Купрум входить до складу ферменту цитохромоксидази, який каталізує заключний етап тканинного дихання. Купрум є компонентом ферменту супероксиддисмутази слини, який виконує антиоксидантну функцію, інактивуючи супероксиданіон-радикал до кисню і гідроген пероксиду, що руйнується каталазою.
Стоматологічний аспект d-елемент Zn	d-Елемент цинк інгібує фермент лужну фосфатазу. Дефіцит цинку дає вроджене розщеплення піднебіння.
Правило Хунда	На одному енергетичному підрівні електрони розподіляються таким чином, щоб кількість неспарених електронів було максимальним. Якщо підрівень має декілька орбіталей, на яких міститься більше одного електрона, то вони займають вільні орбіталі, згідно цього правила. Електрони в атомах розміщуються таким чином, щоб їхня енергія була мінімальною. Розміщення енергетичних рівнів за зростанням енергії: $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s \text{ тощо.}$
Біогенна роль елементів	
Алюміній 	Незамінний мікроелемент (10⁻⁵ %). Міститься в крові, легенях, нирках, печінці, кістках, оболонках нервових клітин головного мозку людини. Бере участь у побудові епітеліальної й сполучної тканини (опорна роль). Бере участь у регенерації кісткової тканини, в обміні фосфору.
Арсен 	Мікроелемент (10⁻⁶ %). У волоссях і кістках арсен зберігається довгі роки, що має значення для судово-медичної експертизи. Найбільша його концентрація спостерігається в мозку і м'язах. Концентрується в еритроцитах і бере участь у синтезі гемоглобіну. Бере участь в окиснювально-відновних процесах і в обміні нуклеїнових кислот. Раніше для «вбивства» нерва в зубі використовували миш'як (As₂O₃), але у зв'язку з токсичністю в сучасній стоматології використовують засоби, що не містять миш'яку. У великих дозах сполуки арсену – сильні отрути.
Барій 	Мікроелемент (10⁻⁵ %). Концентрується головним чином у сітківці ока, але біологічна роль не з'ясована. Сульфат барію застосовують як рентгеноконтрастний засіб при діагностиці захворювань шлунково-кишкового тракту. Це можливо тому, що речовина нерозчинна ні у воді, ні в кислотах, ні в лугах та інтенсивно затримує рентгенівські промені. Іони барію дуже токсичні!
Бор 	Мікроелемент (10⁻⁵ %). Топографія в організмі: легені, щитоподібна залоза, мозок, печінка, нирки тощо. Бере участь у вуглеводно-фосфатному обміні. Сполуки бору мають протизапальну й антибактеріальну дію. Препарати бору проявляють протиепілептичну дію. Борна кислота застосовується як дезінфікуючий засіб в офтальмології, отоларингології, дерматології. Тетраборат натрію (Na ₂ B ₄ O ₇) – антисептичний засіб, зовнішнє.
Бром 	Мікроелемент (10⁻⁴ %). Найбільше броду вміщується в нирках, щитоподібній залозі, гіпофізі, крові, сечі. Підсилює процеси гальмування в ЦНС. Бере участь у біосинтезі тестостерону і регулює функцію полових залоз.

Термін	Визначення, формули, показники
Гідроген 	Один із шести елементів органогенів 10 % маси тіла людини відповідає гідрогену. Він є складовою частиною важливих органічних і неорганічних сполук, які відіграють велику біологічну роль в організмі людини: білки, нуклеїнові кислоти, вітаміни, гормони, ферменти тощо.
Йод 	Мікроелемент (10⁻⁴ %). Добова потреба 0,2 мг. У крові людини концентрація йодид-іонів стала (10⁻⁶ – 10⁻⁵ %) і називається «йодним дзеркалом крові». Основна біологічна функція – бере участь у біосинтезі гормону щитоподібної залози – тироксину. При нестачі йоду в організмі розвивається захворювання – ендемічний зоб. Крім того, йод бере участь у водно-сольовому обміні, а також позитивно впливає на імуногенез.
Калій 	Макроелемент (0,22 %). Основний внутрішньоклітинний іон. Забезпечує осмотичний тиск; забезпечує виникнення біопотенціалів, що пов'язане з процесом нервової і м'язової збудливості та провідності; підтримує кислотно-основний стан; бере участь у водно-сольовому обміні; у синтезі білків, вуглеводів; впливає на активність ферментів. Підвищення вмісту іонів калію знижує скорочувальну функцію міокарда (брадикардія); зниження вмісту іонів калію збільшує частоту серцевого ритму (тахікардія).
Кальцій 	Макроелемент (1,4 %). Добова потреба 0,8–0,9 г. В організм надходить із молоком, злаками, овочами. Концентрація іонів кальцію регулюється гормонами паращитоподібної залози. Для засвоєння іонів кальцію необхідний вітамін D і солі фосфатної кислоти. Кальцій – основний компонент кісткової й зубної тканини, куди він надходить у вигляді гідроксиапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ і $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ – фторапатиту. Заміщати кальцій у складі кісткової тканини можуть катіони інших металів другої групи періодичної системи: магнію, берилію та стронцію – типові приклади мікроелементозів. Іони стронцію, замінюючи іони кальцію в кістках, спричиняють їх ламкість (стронцієвий рахіт). Особливо небезпечний радіоактивний ізотоп Sr^{90}, який при попаданні до складу кісткової тканини опромінює кістковий мозок і порушує кровотворні процеси. Іони кальцію беруть участь: у передачі нервових імпульсів (кальцій знижує збудливість кліток ЦНС); зменшення його концентрації призводить до збільшення збудливості (тетанія). Регулює роботу серця, бере участь у згортанні крові, надходить до складу ферментів (лецитінази) і впливає на їх активність, впливає на кислотно-основний стан організму, проявляє протизапальні й десенсибілізуючу дію. Іони кальцію – біологічні антагоністи іонів натрію, калію, магнію. Іони Ca^{2+} є інтегральними компонентами багатьох біоструктур та еволюційно прадавними внутрішньоклітинними месенджерами, що регулюють множинні метаболічні процеси і фізіологічні функції.
Карбон 	Органоген номер один, в організмі його вміст становить 21,5 %. Основа всіх органічних сполук завдяки унікальній здатності утворювати міцні ковалентні зв'язки між собою, а також з атомами інших хімічних елементів, наприклад, гідрогену, кисню, нітрогену, сульфору, галогенів. Вугілля активоване, маючи більшу поверхню, добре адсорбує гази, алкалоїди, токсини. Призначається при метеоризмі, харчових інтоксикаціях, отруєннях алкалоїдами, солями важких металів.

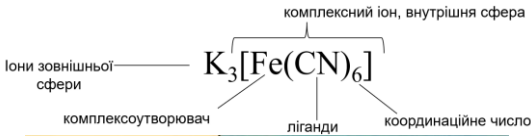
Термін	Визначення, формули, показники
Кобальт 	Мікроелемент (10⁻⁵ %). Добова потреба 0,05–0,1 мг. Топографія в організмі: печінка, нирки, підшлункова залоза. Впливає на всі види обміну речовин. Впливає на функції розмноження й росту. Позитивно впливає на засвоєння кальцію і фосфору. Збільшує вміст еритроцитів і гемоглобіну (гемопоетичні властивості). Мікродози (1–5 мг) кобальту знижують рівень цукру в крові. Позитивно впливає на імуногенез. Кобальт надходить до складу вітаміну В ₁₂ (ціанокобаламіну), стимулює еритропоез. Надлишок кобальту знижує імунобіологічну реактивність організму.
Купрум 	Мікроелемент (10⁻⁴ %). Життєво необхідний мікроелемент. Добова потреба 2–3 мг. Нестача купруму веде до значних порушень в організмі. Підсилює дію інсуліну й гормонів гіпофіза. Позитивно впливає на ріст і розвиток організму, тому що сприяє синтезу білка. Впливає на синтез гемоглобіну й утворення еритроцитів. Володіє гіпоглікемічною дією. Впливає на водний і мінеральний обмін. Активатор ферментів.
Літій 	Мікроелемент (10⁻⁴ %). Солі літію нормалізують водно-електролітний обмін у мозку; володіють антистресорною дією: активно придушують патологічну емоційну лабільність і порушення, агресивність при психічних захворюваннях.
Магній 	Макроелемент (0,04 %). Добова потреба організму в магнії – 10 мг на 1 кг маси тіла людини. Внутрішньоклітинний іон. Великий вміст магнію в рослинах. Він як комплексоутворювач надходить до складу хлорофілу. Залежно від концентрації блокує або забезпечує нервово-м'язову передачу; гнітить центр подиху; гнітить судинно-рухальний центр, внаслідок чого знижує артеріальний тиск; компонент і активатор деяких ферментів; стимулює перистальтику кишечника й жовчовиділення.
Манган 	Мікроелемент. Загальна масова частка мангану в організмі людини становить 1·10 ⁻⁵ % (мас.). Його кількість коливається від 12 до 20 мг, він зосереджений переважно в трубчастих кістках, печінці, нирках, м'язах, легенях, головному мозку, щитоподібній залозі, підшлунковій залозі та ін. У крові людини нормою вважається 4–20 мкг % мангану. Добова потреба організму в мангані становить 5–7 мг, при цьому рівень достатнього споживання мангану для дорослих чоловіків становить 2,3 мг, для жінок – 1,8 мг. Манган в основному надходить в організм із рослинною їжею. Манган є активатором окисно-відновних процесів, входить до складу більш ніж 35 ферментів, зокрема аргінази, АТФ-ази, гуанілатциклази та інших, що містяться в клітинах.
Меркурій 	Мікроелемент (10⁻⁶ %). Концентрується в нирках і печінці. Біогенна роль до кінця не встановлена. Впливає на фагоцитоз, кровотворення. Сполуки меркурію – інгібітори ферментів, токсичні. У медицині препарати меркурію застосовуються як антисептичні, протипаразитарні і проносні засоби.
Молібден 	Мікроелемент (10⁻⁵ %). Добова потреба 0,15–0,3 мг. Топографія в організмі: печінка, нирки, залози внутрішньої секреції. Активатор ферментів; активує синтез гемоглобіну; впливає на імуногенез. Ферменти, що містять молібден, беруть участь у метаболізмі пуринів і засвоєнні азоту, при цьому утворюється сечова кислота. При підвищеному вмісті молібдену розвивається ендемічна подагра.
Натрій 	Макроелемент (0,25 %). Основний позаклітинний іон. Забезпечує осмотичний тиск; підтримує кислотно-основний стан організму; бере участь у нервово-м'язовій передачі (виникнення біопотенціалів), водно-сольовому обміні; впливає на роботу ферментів. При блокуванні натрієвих каналів на клітинній мембрані не відбувається деполяризація

Термін	Визначення, формули, показники
	і не виникає потенціал дії. Крім того, іони натрію сприяють набряканню колоїдів тканин, що призводить до затримки води в організмі, сприяє її нагромадженню (формування набряків).
Нітроген 	Нітроген – органоген, вміст в організмі 3,1 %. Він є складовою частиною більшості органічних сполук організму: амінокислот, білків, ліпідів, вітамінів, гормонів, ферментів і т. ін. Нітроген утворює досить міцні ковалентні зв'язки з гідрогеном, карбоном. Разом із сульфуром, киснем, фосфором нітроген зміцнює «кістяк» із карбонових ланцюгів, завдяки чому утворюються різноманітні органічні сполуки. Азот – основна складова повітря. Дуже добре, як і кисень, розчиняється в біологічних рідинах, зокрема у крові. Його присутність у крові може стати причиною кесонної хвороби. Різке падіння тиску (наприклад, при швидкому підйомі водолаза) може привести до виділення азоту (кров «закипає»). Це може призвести до паралічу й смерті.
 N₂O (веселячий газ) вперше був вперше використаний як анестетик у стоматології у 1844 р. дантистом Горасом Веллсом (Бостон, США)	
Оксиген 	Органоген, загальний вміст в організмі 62,43 %. Бере участь у всіх видах обміну. Кисень необхідний для найважливішого життєвого процесу – дихання. Всі реакції окиснення-відновлення в організмі відбуваються за наявності кисню. Кисень входить до складу таких біологічно важливих сполук як білки, амінокислоти, вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, вітаміни, гормони й ін. Фагоцитарні функції організму залежать від рівня кисню. Зниження рівня кисню призводить до зниження захисних функцій організму. Кисень необхідний для розкладання загинув тварин і рослин (кругообіг речовин у природі). Кисень разом з оксидом карбону (IV) збуджує дихальний і судинно-рушійний центри. Кисень застосовується для лікування серцево-судинних, інфекційних, пухлинних захворювань (оксигенотерапія й оксигенобаротерапія).
Озон O₃ 	Бактерицидна речовина. Озонотерапія проводиться при лікуванні багатьох захворювань: серця, судин, нирок, органів травлення, туберкульозу та ін. У високих концентраціях озон токсичний. Озон затримує шкідливе для життя ультрафіолетове випромінювання Сонця й поглинає інфрачервоне випромінювання Землі, перешкоджає її охолодженню. Тому озоновий пояс Землі має велике значення для забезпечення життя на Землі.
Селен 	Мікроелемент. Топографія в організмі: печінка, нирки, серце, гіпофіз, кістякові м'язи. Значна кількість селену вміщується в сітківці ока. Тому він необхідний для процесу зору. Селен необхідний для функції полових залоз, наприклад, для нормального перебігу вагітності. Сполуки селену токсичні. Але в мікродозах застосовуються в медицині для лікування й попередження захворювань ока, печінки, підшлункової залози, дистрофій та ін.
Силіцій 	Мікроелемент (10⁻³ %). Вміщується в печінці, наднирниках, волоссях, кристалику ока. Впливає на формування й функціонування епітеліальної й сполучної тканини; перешкоджає проникненню ліпідів у плазму крові та їх відкладенню на стінках судин. В організм силіцій потрапляє через шлунково-кишковий тракт, а також через легені у вигляді оксиду силіцію (IV). Препарати силіцію (карбід силіцію, оксид силіцію (IV)) застосовуються в ортопедичній стоматології.

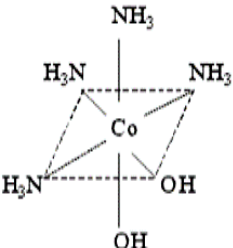
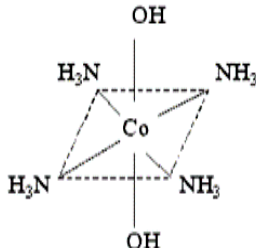
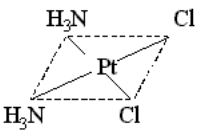
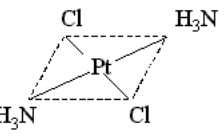
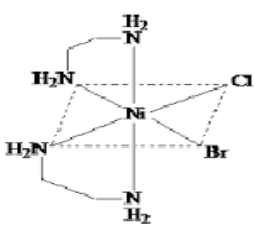
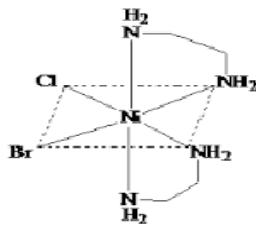
Термін		Визначення, формули, показники
Станум (Sn) П्लумбум (Pb)	 	Мікроелементи, вміст в організмі, відповідно, $10^{-4} \%$ і $10^{-6} \%$. Біологічна роль не з'ясована. Сполуки стануму й, особливо, плумбуму дуже токсичні.
Стронцій		Мікроелемент ($10^{-3} \%$). Концентрується в кістках, частково заміщуючи кальцій. Радіоактивний стронцій ^{90}Sr, що утворюється при ядерних вибухах, спричиняє променеву хворобу, саркому кісток і лейкоз крові. Водночас цей нуклід використовується для лікування пухлин кісток.
Сульфур		Органоген (0,16 %). Добова потреба організму в сульфурі 4–5 г. Входить до складу амінокислот, білків, ферментів, гормонів, вітамінів (вітамін B_1 – тіамін), є складовою частиною сульфгідрильних груп – SH. Великий вміст сульфуру у волоссях, кістках, нервовій тканині. В організмі сульфур окислюється до сульфатної кислоти, що знешкоджує токсичні речовини – продукти обміну (феноли, крезол, скатол, індол).
Ферум		Мікроелемент ($10^{-5} \%$). Добова потреба 15–20 мг. Локалізується в еритроцитах, а також у дихальних ферментах цитохромах. Ферум надходить до складу ферментів гемоглобіну, цитохромів, каталаз, пероксидаз та ін. Бере активну участь в окисно-відновних процесах організму, імунобіологічних реакціях, необхідних для процесів росту і кровотворення. Нестача призводить до розвитку анемії.
Флуор		Мікроелемент ($10^{-5} \%$). Топографія в організмі: волосся, зуби, кістки. Добова потреба складає 1–2 мг. Необхідний для формування кісткової тканини, зубної емалі й дентину. Недолік флуору спричиняє карієс зубів, надлишок – флюороз. Норма F^- у питній воді 1,5 мг/л. До складу зубної емалі й дентину надходить у вигляді флуорапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$.
Фосфор		Органоген (0,95 %). Добова потреба організму у фосфорі 1,3 г. Є складовою частиною білків, нуклеїнових кислот, АТФ та інших фізіологічно активних сполук. Велика кількість фосфору вміщується в кістковій і зубній тканині. В них він перебуває у вигляді гідрокси-апатиту $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ і $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. За умов недостатньої кількості фосфору й вітаміну D не засвоюється кальцій і виникає захворювання рахіт. Значення фосфору полягає в тому, що вуглеводи, жирні кислоти й інші речовини для того, щоб виконати енергетичну функцію, спочатку повинні бути фосфорильовані. Фосфор необхідний для утворення фосфатної буферної системи, що бере участь у підтримці кислотно-основної рівноваги. В АТФ фосфор утворює з киснем макроергічні зв'язки (збагачені енергією).
Хлор		Макроелемент ($10^{-2} \%$). Він концентрується в позаклітинній рідині разом з іонами натрію. Регулює осмотичний тиск; сприяє відкладенню глікогену в печінці; бере участь у водно-сольовому обміні; входить до складу ферментних систем, активує амілазу слини. Атоми хлору – потужні окиснювачі й тому мають дезінфікуючі властивості.
Хром		Мікроелемент ($10^{-5} \%$). Біологічна дія заснована на здатності до комплексоутворення. Впливає на кровотворення; складова частина травного ферменту – трипсину; стабілізує структуру нуклеїнових кислот; сполуки хрому виявляють протипухлинну дію; бере участь в обміні глюкози. Розчинні сполуки хрому в підвищених дозах є отрутами.

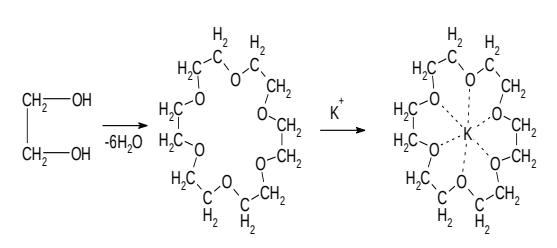
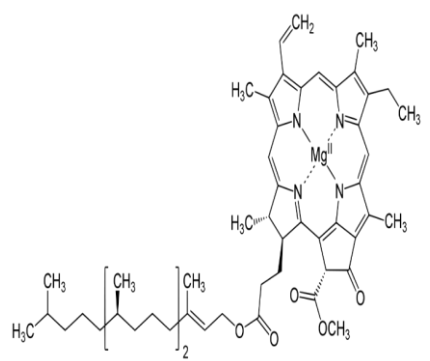
Термін	Визначення, формули, показники
Цинк 	Мікроелемент (10^{-3} %). Добова потреба – 10–15 мг. Топографія в організмі: сітчаста оболонка ока, передміхурова залоза, сперма, молочні залози, печінка, м'язи. Впливає на процеси розмноження, тобто репродуктивну функцію; бере участь в обміні нуклеопротейдів, тому позитивно впливає на ріст і розмноження; поліпшує картину крові при променевої терапії пухлин; є складовою частиною ферментів інсуліну, карбоангідрази, карбоксипептидази та інших; впливає на обмін кальцію й фосфору; підвищує імуногенез. У великих концентраціях сполуки цинку токсичні.
Неорганічні сполуки Si, Ca, Al як абразивні речовини в складі паст	SiO_2, $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_4)_2$, $\text{Ca}_2(\text{P}_2\text{O}_7)$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ тощо. Вони проявляють полірувальну та очищуючу дію. Але прагнення деяких людей мати гарні білі зуби призводить до широкого використання цих паст і часто супроводжується пошкодженням емалі. Історично першим абразивом був кальцій карбонат CaCO_3 (крейда), але він проявляє високу агресивність до емалі. Кристали SiO_2 дуже тверді, майже як емаль зубів, тому його теж треба використовувати обережно. До складу зубних паст входить алюміній гідроксид $\text{Al}(\text{OH})_3$, який крім м'якого полірувального ефекту проявляє адсорбуючі властивості, що корисно під час запальних захворювань ясен.

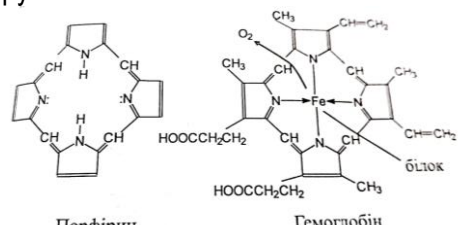
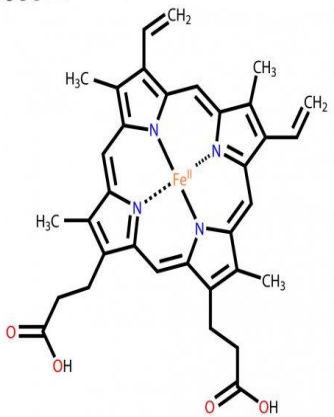
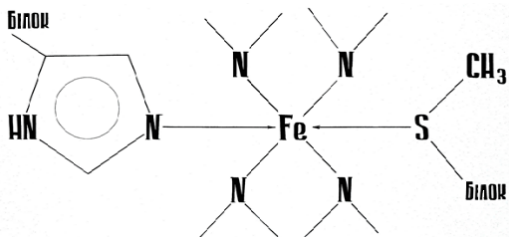
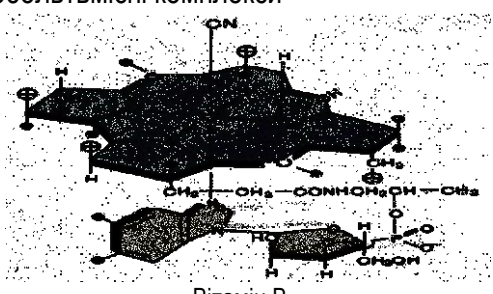
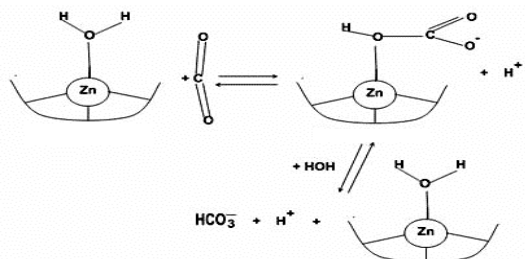
Частина 2

Термін	Визначення, формули, показники				
Теорія будови комплексних сполук А. Вернера  <table border="1"> <tr> <td>Комплекси людини</td><td></td></tr> <tr> <td>Комплекси хімії</td><td> $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ </td></tr> </table>	Комплекси людини		Комплекси хімії	$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	Теорія будови комплексних сполук була запропонована швейцарським хіміком А. Вернером (1891 р.). Комплексна сполука складається з центрального іона металу комплексоутворювача, оточеного аніонами або нейтральними молекулами лігандами. Комплексоутворювач і ліганди утворюють внутрішню сферу, що при написанні формули береться у квадратні дужки. Як комплексоутворювач найчастіше виступають катіони металів, а як ліганди – аніони або молекули неорганічних і органічних речовин, що мають у складі атом із неподіленою парою електронів. Якщо внутрішня сфера має заряд, то до складу комплексної сполуки надходять іони зовнішньої сфери, заряд яких протилежний заряду внутрішньої сфери.
Комплекси людини					
Комплекси хімії	$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$				
Номенклатура комплексних сполук (IUPAC) Кількість лігандів позначають грецькими числівниками: ди-, три-, тетра-, пента-, гекса-. Потім дають назву нейтральним лігандам, при цьому молекулу води називають «аква», амоніак – «амін», оксид карбону (II) – «карбоніл». Назва комплексоутворювача залежить від типу комплексу. У комплексних аніонах до кореня латинської назви елемента додають суфікс «ат», у катіонах використовують українську назву елемента в родовому відмінку, а в нейтральних комплексах – тільки в називному. Після назви комплексоутворювача в дужках римськими цифрами вказують його ступінь окиснення. Спочатку називають катіон, а потім аніон, незалежно від того, який із них є комплексним. Допускається і таке, що назва простого катіона ставиться після комплексного аніона. Приклади: $\text{K}[\text{PtNH}_3\text{Br}_5]$ – калію пентабромоамінплатинат (IV) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ – дихлоротетрааквахрому (III) хлорид $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4]$ – тетрахлородиакваплатина (IV)					
Класифікація комплексних сполук	Комплексними можуть бути кислоти, основи, солі: $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow 4\text{H}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ кислота $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \rightarrow [\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$ основа $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow 4\text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ сіль				
Класифікація залежно від заряду комплексного іона	Розрізняють аніонні, катіонні й нейтральні комплекси: $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow 3\text{K}^+ + [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ аніонний комплекс $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3 \rightarrow [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 3\text{Cl}^-$ катіонний комплекс $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ нейтральний комплекс				
Дентатність лігандів	Кількість ковалентних зв'язків, які ліганди утворюють із комплексоутворювачем.				
Класифікація за дентатністю	Розрізняють монодентатні (Cl^- ; CN^- ; OH^- ; H_2O ; NH_3), бідентатні (CO_3^{2-} ; SO_4^{2-} ; $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ - етилендіамін) і полідентатні ліганди.				
Внутрішньокмплесні сполуки або хелати (від грец. хеле – клішня)	Комплексні сполуки, що містять полідентатні ліганди. Прикладами таких сполук є продукти взаємодії багатоатомних спиртів із гідроксидами важких металів (якісна реакція на багатоатомні спирти). Хелатні сполуки містять стійкі п'яти- або шестичленні цикли, вони значно міцніші за комплекси з простими лігандами.				
Координаційне число	Загальна кількість зв'язків, утворених комплексоутворювачем із лігандами. Його значення залежить від заряду іона комплексоутворювача й лігандів, а також від їхніх розмірів (радіусів). У сполуках $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$, $\text{Na}[\text{Cr}_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CO}_3)_2]$ координаційні числа дорівнюють відповідно 4, 6 і 6 (CO_3^{2-} – бідентатний ліганд)				

Термін	Визначення, формули, показники
Природа хімічного зв'язку у комплексних сполуках При розчиненні у воді комплексні сполуки поведуться як сильні електроліти, дисоціюючи на іони зовнішньої й внутрішньої сфери, $K[Pt(NH_3)Cl_3] \rightarrow K^+ + [Pt(NH_3)Cl_3]^-$ що дозволяє зробити висновок про наявність між цими частинами сполуки іонного зв'язку	Якщо комплексоутворювачем є катіон, а ліганди – аніони, між ними також існує іонний зв'язок. Однак, оскільки внутрішня сфера при розчиненні у воді дисоціює украй незначно, цей тип зв'язку не може бути єдиним. Якщо ліганди представлені нейтральними молекулами, то іонного зв'язку між ними й комплексоутворювачем бути не може. Координаційна теорія будови комплексних сполук пояснює стійкість внутрішньої сфери утворенням ковалентних донорно-акцепторних зв'язків між комплексоутворювачем і лігандами. Катіони металів мають на зовнішньому енергетичному рівні вільні орбіталі, а атоми елементів, що входять до складу лігандів (нітроген, кисень, галогени), – орбіталі зі спареними електронами. Отже, ліганди виступають донорами, а комплексоутворювач – акцептором електронних пар. При утворенні донорно-акцепторних зв'язків відбувається гібридизація атомних орбіталей, яка визначає просторову будову внутрішньої сфери. Наприклад, при утворенні іона $[Ag(NH_3)_2]^+$ 5s і 5p орбіталі іона Ag^+ утворюють дві гібридні sp-орбіталі. Перекривання цих орбіталей з орбіталями атомів нітрогену призводить до утворення комплексу, що має лінійну будову.
Рівновага у розчинах комплексних сполук Константа нестійкості є мірою стійкості комплексного іона, чим вона менша, тим більш стійкішим є комплексний іон. Величина зворотна константі нестійкості комплексного іона називається константою стійкості	Іони зовнішньої сфери дисоціюють, як сильні електроліти. Ліганди, що входять до внутрішньої сфери, пов'язані з комплексоутворювачем ковалентними зв'язками, тому внутрішня сфера дисоціює досить незначно подібно слабким електролітам. Як і для будь-якого слабого електроліту дисоціація відбувається ступінчасто й приводить до встановлення рівноваги між комплексними іонами й продуктами їх дисоціації. $[Ag(CN)_2]^- \leftrightarrow [AgCN] + CN^-$ $[Ag(CN)] \leftrightarrow Ag^+ + CN^-$ Кожний ступінь характеризується константою рівноваги, яка називається константою нестійкості. $K_1 = \frac{[AgCN][CN^-]}{[[Ag(CN)_2]^-]}; \quad K_2 = \frac{[Ag^+][CN^-]}{[AgCN]}$ Повна константа нестійкості є добутком констант дисоціації кожної стадії: $K_{нест} = K_1 \cdot K_2 = \frac{[Ag^+][CN^-]^2}{[[Ag(CN)_2]^-]} = 1 \cdot 10^{-21}$ Чим менша константа нестійкості, тим стійкіша комплексна сполука. Знання величин констант нестійкості дозволяє передбачати характер реакцій, які відбуваються у розчинах комплексних сполук. Реакції комплексоутворення <i>in vitro</i> і <i>in vivo</i> відбуваються в утворенні більш стійких комплексів, тобто комплексів із меншим значенням $K_{нест}$.
Ізомерія комплексних сполук	Кожна координаційна сполука має сталий кількісний склад і характеризується певним розміщенням лігандів навколо центрального атома. Зміна розміщення лігандів у межах однієї координаційної сфери, обмін їх

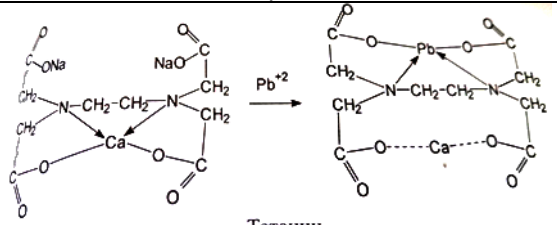
Термін	Визначення, формули, показники
	місцями із зовнішніми іонами або зміна характеру приєднання до центрального атома багатоатомного ліганда призводить до змін властивостей сполуки, тобто до ізомерії. Для координаційних сполук відомі такі види ізомерії: А. Просторова ізомерія: – геометрична (цис- і транс-ізомерія); – оптична. Б. Структурна ізомерія: – сольватна (гідратна); – іонізаційна; – координаційна; – ізомерія зв'язку.
Іонізаційна ізомерія $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ і $[\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}]\text{OH}$	Ізомерія, яка обумовлена різним розподілом іонів між внутрішньою й зовнішньою сферами комплексу. Ізомери комплексних сполук відрізняються за фізичними і хімічними властивостями, а також за фізіологічною активністю.
Геометрична ізомерія  цис-ізомер  транс-ізомер	Октаедричні комплекси можуть мати безліч ізомерів. Але, якщо в комплексній сполуці такого роду всі шість лігандів однакові або відрізняється від всіх інших лише один, то можливість різного розташування лігандів відносно один одного відсутня. Наприклад, в октаедричних сполуках будь-яке положення ліганда відносно останніх п'яти лігандів буде рівноцінним і тому ізомерів тут не повинно бути. За наявності двох лігандів у октаедричних комплексних сполуках приведе до можливості існування двох геометричних ізомерів. У цьому випадку з'являються два різні способи розташування лігандів один відносно одного. Наприклад, катіон дигідроксотетраамінкобальта (III) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]^+$ має два ізомери.
Вплив розташування лігандів у просторі на біологічну активність комплексних сполук  цис-ізомер  транс-ізомер	Цис-ізомер платини на даний час широко застосовується в медицині як протипухлинний засіб (цитотоксичний препарат алкілюючої дії). Цитотоксичну дію сполук платини відкрито Барнеттом Розенбергом на початку 1960-х років. Було виявлено, що найбільш вираженою біологічною дією володіє цис-дихлорودیамінплатина. З початку 1980-х років цис-дихлорودیамінплатина використовується в клінічній практиці під назвою цисплатин, пізніше ця речовина стала застосовуватися у вигляді емульсії наночастинок під назвою ліпоплатин (також наноплатин, ліпосомальний цисплатин). Транс-ізомер не виявляє такої біологічної активності.
Оптична (дзеркальна) ізомерія  L-ізомер  D-ізомер	Можлива для асиметричних комплексів, які не мають жодної ознаки симетрії, що розподіляє молекулу на дві однакові частини. Оптичні ізомери відрізняються тим, що їх розчини здатні обертати площину поляризованого світлового променя. Один ізомер обертає площину поляризації вліво і тому називається лівообертаним ізомером, інший – праворуч і називається правообертаним ізомером. За просторовою будовою ці ізомери поділяють на речовини L-ряду та речовини D-ряду.

Термін	Визначення, формули, показники
Сольватна ізомерія Наприклад, ізомерією гідрату є існування трьох ізомерних гідратів хлориду хрому (III) із загальною формулою $\text{CrCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3 \rightarrow [\text{CrCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ фіолетовий світло-зелений темно-зелений	Пов'язана з різним розподілом молекул розчинника між внутрішньою і зовнішньою сферами комплексної сполуки, у різному характері хімічного зв'язку молекул води з комплексоутворювачем.
Іонізаційна ізомерія Приклад: дихлоротетраамінплатини (IV) бромід та дибромтетраамінплатини (IV) хлорид: $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}_2$ і $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]\text{Cl}_2$	Виникає, коли комплекси відрізняються іонними лігандами в зовнішній і внутрішній координаційних сферах і пов'язана з різним розподілом заряджених лігандів між зовнішньою і внутрішньою сферами комплексної сполуки. Іонні ізомери по-різному дисоціюють у водному розчині.
Координаційна ізомерія Здебільшого вона буває у випадку координації сполук, що мають комплексні аніон і катіон: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} [\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$ і $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+} [\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$	Виявляється тільки в багатоядерних комплексах та відповідає утворенню солей з однаковим складом двох різних координаційних сфер.
Ізомерія зв'язку $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2]\text{Cl}_2$ і $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{ONO}]\text{Cl}_2$	Характерна для комплексних сполук, що містять ліганди з двома різними атомами, здатними зв'язуватися з комплексоутворювачем.
КОМПЛЕКСИ МЕТАЛІВ У БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ	
Гідрофобні комплекси – краун-ефіри 	У біологічно активних комплексах катіони металів пов'язані, як правило, з органічними лігандами, які у цьому випадку називаються біолігандами. Деякі з них виконують роль переносників молекул, іонів або електронів. Наприклад, іони Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} з біолігандами утворюють гідрофобні комплекси – краун-ефіри, що полегшують транспорт цих іонів через клітинні мембрани. Прикладом може слугувати поліефір 18-краун-6, який можна одержати з етиленгліколю.
Магнієві комплекси  Хлорофіл 	Хлорофіл – це координаційна сполука типу металпорфіринів. Він містить у якості комплексоутворювача іон Mg^{2+} зв'язаного з порфіриновим циклом. Слід звернути увагу на те, що Mg^{2+} у циклі оточують групи з подвійними зв'язками, які чергуються з групами з простими, одинарними зв'язками. Завдяки такій системі чергування зв'язків хлорофіл інтенсивно поглинає видимі промені. Зелений колір хлорофілу обумовлений тим, що він здатний поглинати червоне і синє випромінювання і відбиває зелене світло. Хлорофіл – зелений пігмент, присутній у клітинах рослин, деяких водоростей і ціанобактерій, що надає їм відповідного кольору. Шокуючий факт  В молекулі хлорофілу немає атомів Хлору!

Термін	Визначення, формули, показники
Ферумвмісні комплекси  Порфірин Гемоглобін  Будова гему крові феропротопорфірину	Один із найважливіших порфіринів – гем гемоглобіну (Hb), який є комплексом гему та білка і входить до складу еритроцитів людини і тварин. Лігандом виступає протопорфірин, у якому замісниками виступають метильні й вінільні групи, а також залишки пропіонової кислоти. Комплекс порфірину з іоном Fe^{2+} називається гемом і є простетичною групою гемоглобіну – оксигенпереносного білка. У гемі координаційне число іону Fe^{2+} дорівнює шести. Чотири зв'язки він утворює з атомами нітрогену пірольних кілець, п'ятий – з амінокислотою гістидином, а шостий – з молекулою кисню. У такий спосіб відбувається перенос кисню з легенів у тканини, де він заміщується молекулою води. Окрім кисню, з іоном Fe^{2+} можуть зв'язуватися багато інших лігандів. Зокрема іони CN^- і молекули CO утворюють із гемом більш стійкі комплекси, ніж кисень. Цим пояснюється дія ціанідів і чадного газу як дихальних отрут.
Залізовмісні комплекси  Білок Цитохроми	Складні залізовмісні білки, які у вигляді простетичної групи містять залізо-порфіринові комплекси. Вони знаходяться в усіх клітинах з аеробним енергозабезпеченням. Цитохроми локалізовані у внутрішніх мембранах мітохондрій, хлоропластів, ендоплазматичного ретикулу та інших мембранних структурах клітини. Біологічна роль цитохромів полягає в їх участі в різних окисно-відновних процесах – тканинному диханні, біологічному окисненні, окисному фосфорилуванні, фотосинтезі, хемосинтезі та ін.
Кобальтвмісні комплекси  Вітамін В₁₂	Один із найскладніших за структурою вітамінів. Молекула його складається з двох частин: хромофорної (тетрапірольна сполука, подібна до гему, так зване коринове ядро, що містить кобальт) і нуклеотидної. Пірольні кільця містять як замісники різні радикали – метильні, ацетамідні (CH_3-, CO-, NH_2), пропіонамідні ($\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CO--NH}_2$). Атом кобальту зв'язаний із чотирма азотами пірольних кілець, п'ятим лігандом є атом нітрогену нуклеотидного фрагмента.
Цинквмісні комплекси  Карбоангідраза	Відомі понад шістдесят цинквмісних біологічно активних речовин. Одним із найбільш вивчених є біоорганічний комплекс цинку – фермент карбоангідраза. Цей фермент міститься в червоних кров'яних тільцях тварин і людини. Він каталізує дегідратацію гідрогенкарбонат іона, гідратацію CO_2, альдегідів, ефірів. Цинк у карбоангідразі зв'язаний із трьома імідазольними групами гістидинових залишків, четверте положення займає вода. Загальне оточення цинку являє собою тетраedr. У деяких реакціях гідролізу цинк стає п'ятикоординаційним. Білковий ліганд, зв'язаний з Zn^{2+}, представляє активний центр ферменту. Цинку у ферменті 0,22 %. Наявність цинку – необхідна умова каталітичної активності карбоангідрازی, що забезпечує гідратацію CO_2.

Термін		Визначення, формули, показники
МЕТАЛИ-КОФЕРМЕНТИ		
Комплексна сполука	Метал	Функція
Гемоглобін, Міоглобін	Fe	Зберігання та транспорт кисню
Вітамін В ₁₂	Co	Регуляція еритропоезу
Карбоангідраза	Zn	Регуляція кислотності крові
Супероксиддисмутаза	Zn і Cu	Захист від токсичної дії вільних радикалів
Каталаза Пероксидаза	Fe	Розкладання H ₂ O ₂
Цитохроми	Fe	Транспорт електронів по електротранспортному ланцюгу мітохондрій
Алкогольдегідрогенеза	Zn	Метаболізм і окислення спиртів
Хлорофіл	Mg	Фотосинтез

Металолігандний гомеостаз	
Підтримання необхідного рівня концентрацій мікроелементів-комплексоутворювачів шляхом обміну з навколишнім середовищем. Регуляція металолігандного гомеостазу в організмі людини здійснюється за допомогою кровоносної (дрібне «сміття») та лімфатичної (велике «сміття» – очищення від ксенобіотиків) систем; захист внутрішнього середовища від ксенобіотиків відбувається завдяки бар'єрам – шкіри, внутрішньої поверхні шлунково-кишкового тракту і дихальних шляхів, транспортних механізмів, які забезпечують виведення ксенобіотиків з організму; ферментів, які перетворюють ксенобіотики в менш токсичні сполуки, що легко виводяться з організму; тканинного депо, де можуть накопичуватися нейтралізовані ксенобіотики і зберігатися довгий час; штучної детоксикації організму фізичними і хімічними методами. Комплекси біогенних d-елементів забезпечують збалансованість мінерального харчування, активізують метаболічні процеси, інтенсифікують ріст і розвиток організму. Порушення металолігандного гомеостазу в організмі людини призводить до порушення процесу обміну речовин; уповільнює активність ферментів; спричиняє зміщення градієнту концентрації іонів у клітинах тощо. У відповідь на дані порушення в організмі створюються штучні системи захисту. Важливу роль у процесі підтримки металолігандного гомеостазу організму відіграє хелатотерапія. Це спеціальний напрямок у медицині, що займається розробкою методів виведення токсичних сполук з організму людини та регуляції металолігандного балансу.	
Небезпека нітратів	Нітрати надходять в організм людини з їжею. Їх надлишок сприяє підвищенню вмісту метгемоглобіну в крові, а це призводить до зниження тканинного дихання. З нітратів утворюються нітрити та нітрозосполуки. Вони спричиняють мутації, розвиток онкологічних пухлин, впливають на роботу щитоподібної залози, у дітей нітрати практично повністю переходять у нітрити у зв'язку зі слабкорозвинутими ферментними системами.
Ксенобіотики	Кількість шкідливих для життя речовин, що потрапляють до організму, зростає (на сьогодні відомо близько 4 млн). Вони отримали назву ксенобіотиків, їх виникнення пов'язано з техногенними чинниками (хімічна та фармацевтична промисловість, забруднення довкілля в результаті військових дій).
Хелатотерапія	Препарати комплексних сполук, які при цьому застосовуються, називають детоксикантами. Речовини, що усувають наслідки дії отрут на біологічні структури за допомогою відповідних хімічних реакцій, називають антидотами. Так, все ширше використовують комплекси поліамінополікарбонвої кислоти та її натрієві солі при лікуванні гіперкальціємії та декальцинації кісток. Пентацин та тетацин (солі Кальцію) призначають при отруєннях важкими металами та радіонуклідами (іонами

Термін	Визначення, формули, показники
 Тетацин Сильними антидотами при отруєнні важкими металами є тіоли, які містять більше однієї SH групи (2,3-димеркаптопропанон - БАЛ; унітіол, Д-пеніциламін) – їх захисна дія базується на утворенні комплексних сполук, які практично не розчинні у водному середовищі і виводяться з організму. $ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{CSH} \\ \\ 2 \text{HCSH} \\ \\ \text{H}_2\text{CSO}_3\text{Na} \end{array} + \text{CdCl}_2 = \begin{array}{c} \text{H}_2\text{CS} \quad \text{SCH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{HCS} \quad \text{SCH} \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{CSO}_3\text{Na} \quad \text{NaSO}_3\text{CH}_2 \end{array} + 2\text{HCl} $	плумбуму, кобальту, ванадію, феруму, кадмію, технецію, плутонію, урану); триетилентетрааміно-гексаоцтову кислоту використовують при отруєнні іонами плутонію; Д-пеніциламін застосовують при лікуванні отруєнь іонами купруму, меркурію, плумбуму, а також хвороби Вільсона (психічне захворювання, що спричинено порушеннями балансу катіонів купруму в нервових тканинах). Дефероксамін використовують при лікуванні гемохроматозів, а також при отруєнні іонами феруму. Тетацин використовують при діагностиці хронічних свинцевих отруєнь. Молекули комплексонів, практично не піддаються змінам у біологічному середовищі, що є важливою фармакологічною особливістю.

КОМПЛЕКСОНИ В МЕДИЦИНІ

Хвороба	Метал	Комплексоны, які застосовують
Гемохроматоз, гемосидероз, інтоксикація залізом	Fe	Дефероксамін Пеніциламін
Катаракта Атеросклероз	Ca	Трилон Б Пеніциламін
Хвороба Вільсона	Cu	Суміш пеніциламін + тетац н
Хвороба «ітай-ітай-біо»	Cd	Тетацин, криптант
Хвороба Мінамата	Hg	Тетацин, пеніциламін
Інтоксикація плутонієм	Pu	Пеніциламін
Бериліоз, берилієвий рахіт	Be	Алюмінон

Перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

Знати біогенну роль найважливіших s- і p-елементів: H, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Pb, Sn, N, P, As, O, S, Se, F, Cl, Br, I.

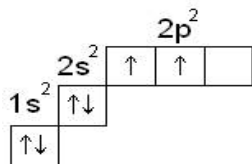
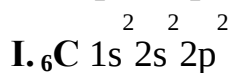
Знати біогенну роль найважливіших d-елементів: Cr, Mo, Fe, Co, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg. Вміти поставити якісні реакції на іони: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_2^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, MnO_4^- , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^+ .

Знати склад та функції біокомплексів, лікувальну дію антидотів при токсикозах, знати основні комплексоны.

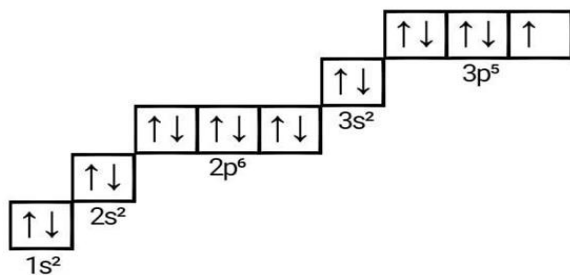
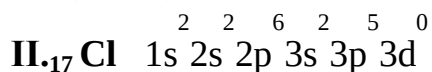
8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань

8.1 Ситуаційні задачі з алгоритмами їх вирішення

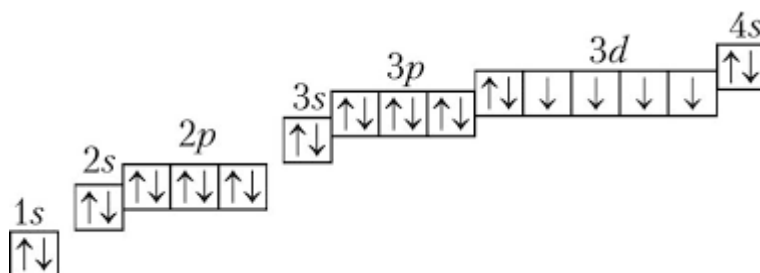
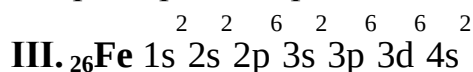
1. Написати електронні та графічні формули хімічних елементів C, Cl, Fe. Визначіть валентності та ступені окиснення цих елементів.

Алгоритм рішення:

Валентність II та IV; ступені окиснення -4 (CH_4); -3 (C_2H_6); -2 (C_2H_4), 0 (CH_2Cl); +1 ($RCH=O$); +2 ($RCOR$); +3 ($RCOOH$); +4 (CO_2).

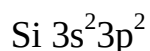
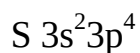
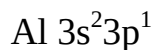


Більш характерні валентності від I до VII; ступені окиснення від -1 до +7, більш характерні непарні.



Валентність II, III та VI (рідко); ступені окиснення +2, +3.

2. Написати будову зовнішнього електронного шару елементів Na, Al, S, Si.

Алгоритм рішення:

3. Знайти відповідність:

1. Недостатність йоду	А. Сидероз очей і легень
2. Надлишок флуору	Б. Ендемічний зоб
3. Надлишок феруму	В. Хронічний флюороз
4. Дефіцит кобальту	Г. Анемія

Алгоритм рішення.

1 – Б; 2 – В, 3 – А, 4 – Д.

4. Написати можливі ступені окиснення нітрогену, навести приклади сполук.

Алгоритм рішення:

C.O. – 3 (NH_3 , NH_4Cl)

C.O. – 2 (N_2H_4)

C.O. – 1 (NH_2OH)

C.O. – 0 (N_2)

C.O. +1 (N_2O)

C.O. +2 (NO)

C.O. +3 (N_2O_3 , HNO_2)

C.O. +4 (NO_2 , N_2O_4)

C.O. +5 (N_2O_5 , HNO_3).

5. Написати повну електронну конфігурацію фосфору, вказати його можливі валентності та ступені окиснення, навести приклади сполук.

Алгоритм рішення.

$_{15}\text{P } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Валентності: III, V

C.O.: – 3 (PH_3 – фосфін),

+1 (H_3PO_2 – гіпофосфітна кислота),

+3 (H_3PO_3 – фосфориста кислота),

+5 (H_3PO_4 – ортофосфатна кислота).

6. Заповнити таблицю по d-елементам

	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>
Валентності		
Ступені окиснення		
Оксиди		
Властивості оксидів		

Алгоритм рішення

	Варіант 1 Cr				
Валентності	II		III		VI
Ступені окиснення	+2		+3		+6
Оксиди	CrO		Cr ₂ O ₃		CrO ₃
Властивості оксидів	Основний		Амфотерний		Кислотний
	Варіант 2 Mn				
Валентності	II	III	IV	VI	VII
Ступені окиснення	+2	+3	+4	+6	+7
Оксиди	MnO	Mn ₂ O ₃	MnO ₂	MnO ₃	Mn ₂ O ₇
Властивості оксидів	Основний	Основний	Амфотерний	Кислотний	Кислотний

7. Знайти відповідність

Комплексна сполука	Комплексоутворювач	Біологічна роль
1. Алкогольдегідрогеназа	A. Fe (II)	I. Фотосинтез
2. Хлорофіл	Б. Co (III)	II. Перенос кисню з легень в тканини
3. Вітамін B ₁₂	B. Mg	III. Регуляція еритропоезу
4. Гемоглобін	Г. Zn	IV. Метаболізм та окиснення спиртів

Алгоритм рішення:

1. Г IV, 2. В I, 3. Б III, 4. А II.

8.2 Ситуаційні задачі для самоконтролю.

1. Теорія В. І. Вернадського.
2. Закон розподілу хімічних елементів О. П. Віноградова.
3. Нерівномірний розподіл елементів у живому організмі (флуор, йод, купрум, цинк, стронцій та ін.).
4. Макроелементи. Мікроелементи. Ультрамикроелементи.
5. Хімічний склад зуба.
6. Сплави металів, що застосовуються в стоматології.
7. Біотики і біотична доза.
8. Екологічні аспекти хімії елементів.
9. Вплив на організм нітратів.
10. Ксенобіотики та металолігандний гомеостаз.
11. Роль натрію та калію в підтримці осмотичної рівноваги. Запишіть їх електронні формули.
12. Біогенна роль конкурентів: магній і кальцій.
13. Біогенна роль феруму та цинку. Запишіть їх електронні формули.
14. Визначіть за правилом Клечковського послідовність заповнення електронами підрівнів у атомах купруму та аргентуму. Родину елементів.
15. Які з наведених частинок можуть бути лігандами в координаційних сполуках, які – комплексоутворювачами: Co^{3+} ; H_2O ; NH_3 ; Ba^{2+} ; Na^+ ; Fe^{2+} ; CNS^- ; SO_4^{2-} ? Розподіліть ліганди за класифікацією.
16. Вкажіть комплексоутворювач у комплексі: $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$. Розрахуйте його ступінь окиснення та вкажіть координаційне число і тип гібридизації.
17. Вкажіть внутрішню сферу в комплексі: $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$? Назвіть всі складові компоненти.
18. Константа нестійкості та константа стійкості комплексного іона.
19. Застосування комплексних сполук у стоматології.
20. Антидотна роль детоксикантів. Антидоти при отруєнні важкими металами та сполуками кальцію. Тіоли.

8.3 Ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань

1. р-Елементом є:
A. Натрій. C. Фосфор.
B. Кальцій. D. Манган.
2. Електронегативність s- і р-елементів у групах:
A. Зменшується. C. Не змінюється.
B. Збільшується. D. Такої властивості атоми не мають.
3. Кальцій необхідний організму для:
A. Побудови нуклеїнових кислот. C. Лікування гіпертонії.
B. Побудови кістяка й зубів. D. Лікування атеросклерозу.
4. Оберіть матеріал, з якого складається зубна емаль:
A. $\text{Cu}(\text{OH})_2$. C. $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5(\text{OH})_2$.
B. K_2SO_4 . D. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
5. Електронегативність у періоді:
A. Зменшується.
B. Не змінюється.
C. Збільшується.
D. Такої властивості атоми не мають.
6. Гідрокарбонат натрію застосовують для:
A. Лікування шкірних захворювань.
B. Зняття судом.
C. Корекції кислотно-основного стану (ацидозу).
D. Лікування рахіту.
7. Вміст хімічних елементів в організмі відповідає наступній закономірності:
A. Чим менше порядковий номер, тим більше вміст.
B. Чим більше порядковий номер, тим більше вміст.
C. Положення в періодичній системі не має значення.
D. Порядковий номер не визначає вмісту.
8. Потенціали іонізації в групах s- і р-елементів зверху вниз:
A. Збільшуються. C. Не змінюються.
B. Зменшуються. D. Немає відповіді.
9. Стан зубів залежить від кількості флуору, що надходить в організм. Яка гігієнічна норма флуору в 1 л питної води?
A. 6 мг. C. 9 мг.
B. 3,0 мг. D. 1,5 м.
10. Натрію хлорид використовується у медицині для приготування:
A. Фізіологічного розчину. C. Збуджуючого розчину.
B. Проносного розчину. D. Заспокійливого розчину.
11. Чи змінює залізо ступінь окиснення в молекулі Нв при транспорті кисню, CO_2 ?
A. Так, змінює до +3. C. Не змінює.
B. Так, змінює до +6. D. Немає правильної відповіді.
12. Формула комплексної сполуки – калію гексагідроксоалюмінат (III):
A. $\text{K} [\text{Al} (\text{H}_2\text{O})_6]$. C. $[\text{KAl} (\text{OH})_6]$.
B. $\text{K} [\text{Al} (\text{OH})_6]$. D. $[\text{KAl} (\text{H}_2\text{O})_6]$.

13. Виберіть іон-комплексоутворювач у сполуці $K_2[Co(NH_3)(NO_2)_5]$:
- A. $[Co(NH_3)(NO_2)_5]^{2-}$. C. Co^{2+} .
 B. NO_2^- . D. K^+ .
14. Який із лігандів є монодентантним?
- A. $B_4O_7^{2-}$. C. $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$.
 B. SO_4^{2-} . D. NH_3 .
15. Координаційне число – це властивість:
- A. Лігандів. C. Аніонів.
 B. Комплексоутворювача D. Нейтральній молекули.
16. Вкажіть найменш стійку комплексну сполуку:
- A. $[HgCl_4]^{2-} K_{inst} = 6 \times 10^{-17}$. C. $[Cd(CN)_4]^{2-} K_{inst} = 1,4 \times 10^{-17}$.
 B. $[Ni(NH_3)_4]^{2+} K_{inst} = 4,8 \times 10^{-8}$. D. $[Cd(NH_3)_4]^{2+} K_{inst} = 2,5 \times 10^{-7}$.
17. Визначіть хімічний елемент, який надає міцності зубній емалі:
- A. Флуор. C. Натрій.
 B. Кобальт. D. Хром.
18. Визначіть заряд іону-комплексоутворювача в сполуці $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$:
- A. +1. C. +3.
 B. +2. D. +5.
19. Визначіть координаційне число іону-комплексоутворювача в сполуці $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$:
- A. 2. C. 6.
 B. 4. D. 8.
20. Сполуки якого елемента найчастіше застосовуються в складі матеріалу для тимчасового пломбування в стоматології?
- A. Цинку. C. Хлору.
 B. Алюмінію. D. Бору.

9. Рекомендації до оформлення результатів роботи

1. Опрацювати теоретичний матеріал за даною темою (див. п. 7), вивчити формули, визначення, місце розташування біогенних елементів у таблиці Д. І. Менделєєва, їхні характеристики атомів, електронну будову атомів та біогенну роль, зовнішню й внутрішню сфери, комплексоутворювач, ліганди, електронну будову зв'язків у комплексних сполуках, просторову будову, стійкість, номенклатуру, ізомерію комплексних сполук.

2. Ознайомитися з алгоритмами рішення та оформлення ситуаційних задач (див. п. 8.1).

3. Самостійно розраховувати (див. п.8.2) заряд, дентантність, величину константи нестійкості комплексної сполуки. Самостійно класифікувати, називати комплексну сполуку, записувати в молекулярному та іонному вигляді рівняння реакцій дисоціації комплексних сполук.

4. Самостійно вирішувати ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань (див. п. 8.3).

5. Самостійно за темою заняття переглянути акредитований у ННІ ЯО ХНМУ дистанційний курс із Медичної та біоорганічної хімії <https://distance.knmu.edu.ua/course/section.php?id=12185>.

Особливу увагу звернути на наочні матеріали <https://distance.knmu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=38983> та відео лабораторної роботи <https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=39014>

6. Алгоритми вирішення навчальних питань аудиторної та самостійної роботи і результати занести у робочий зошит.

10. Лабораторні роботи

Дослід 1. Якісна реакція на CO_3^{2-} .

До пробірки внести 2–3 краплі 1 % розчину хлориду кальцію, додати 2–3 краплі 1 % розчину карбонату натрію. **Спостерігати** утворення білого осаду, розчинного в оцтовій та нітратній кислоті. Записати рівняння відповідних реакцій.

Спостереження:

Висновки:

Дослід 2. Якісна реакція на $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

До пробірки внести 2–3 краплі 1 % розчину тіосульфату натрію, додати 2–3 краплі розбавленого розчину нітратної кислоти. **Спостерігати** помутніння розчину. Записати рівняння реакцій.

Спостереження:

Висновки:

Дослід 3. Якісна реакція на Fe^{3+} .

До пробірки внести 2–3 краплі 1 % розчину сульфату феруму (III), додати 2–3 краплі 1 % розчину жовтої кров'яної солі (гексаціаноферат (II) калію). **Спостерігати** утворення темно-блакитного осаду берлінської лазурі. Записати рівняння реакцій.

Спостереження:

Висновки:

Дослід 4. Вивчення впливу величини константи нестійкості на напрямок реакцій комплексоутворення.

Хромоген чорний і трилон Б з іонами кальцію утворюють хелатні комплекси. Хромоген чорний утворює з іонами Ca^{2+} менш стійкий комплекс (Кн більша) червоного кольору, який при дії трилону Б руйнується, оскільки іони Ca^{2+} переходять у більш стійкий комплекс із трилоном Б (Кн менша).

У розчині з'являються вільні молекули хромогену чорного і він набуває блакитного кольору.

Таким чином, реакції комплексоутворення, в тому числі і в організмі, протікають у напрямку утворення більш стійкої комплексної сполуки з меншою константою нестійкості.

Методика виконання експерименту

До пробірки поміщаємо 20 крапель 0,1 % розчину CaCl_2 , 10 крапель амоніачного буферного розчину та 1 краплю хромогену чорного. Відмічаємо появу кольору в розчині. Додаємо до пробірки з крапельниці розчин трилону Б до зміни кольору.

Після проведення дослідів записати свої спостереження до робочого зошиту.

Спостереження:

Висновки:

11. Позааудиторна самостійна робота:

11.1 «Хімія біогенних елементів»

Здобувачі освіти створюють картотеку з біологічної ролі наступних хімічних елементів: літій, натрій, калій, кальцій, магній, ферум, цинк, манган, фосфор, сульфур, селен, хлор, бром, йод, флуор, купрум, хром, кобальт, аурум, аргентум, барій, стронцій. На першому етапі необхідно провести підбір літератури. Пошук літературних даних ведуть у бібліотеці, за допомогою комп'ютерної мережі Інтернет або за допомогою інших інформаційних джерел. На другому етапі створення картотеки, в кожній карточці здобувач освіти наводить наступні відомості про кожний біогенний елемент за планом:

1. До якого типу відноситься елемент (мікро- чи макроелемент). Вказати сімейство елементів, до яких відноситься розглянутий елемент. Властивості елемента охарактеризувати, виходячи з його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва, вказавши радіус атома, електронну конфігурацію атома, кількість електронів на зовнішньому рівні, потенціал іонізації і т. д. Охарактеризувати розчинність природних сполук даного елемента і його здатність до комплексоутворення.

2. Потреба організму у цьому елементі.

3. Топографія елемента в організмі. Привести кількісний вміст в організмі елемента в масових частках або добову потребу; вказати, в яких органах чи тканинах депонується елемент (в якому органі або системі, або тканинах, або м'язах).

4. Біологічна роль елемента в організмі. Вплив надлишку та нестачі елемента на процеси життєдіяльності. Охарактеризувати біологічну функцію елемента (участь у синтезі вітамінів, ферментів, гормонів, в обміні речовин); які порушення біохімічних процесів виникають при нестачі або надлишку елемента в організмі; чи характерний елементу синергізм або антагонізм.

5. Лікарські засоби на основі елемента. Стан та використання елемента як лікарського препарату з метою нормалізації порушення біохімічних процесів, посилення імунобіологічних властивостей організму, як лікувально-профілактичних засобів, виходячи з біологічної функції цього елемента.

6. Продукти харчування, які можна застосовувати для поповнення вмісту елемента в організмі. Привести дані про те, в яких продуктах харчування (в яких у великих кількостях) міститься той чи інший елемент, і чи можуть ці продукти харчування бути використані як лікувальна дієта.

Створеною картотекою здобувачі освіти користуються при підготовці до диференційованого заліку.

11.2 Дослід у домашніх умовах «Біогенна роль флуору»

Виходячи зі знань складу зубної емалі – розуміємо, що вона містить кальцій. Для імітації емалі обираємо 3 курячі яйця, шкарлупа яких містить Са. Методика експерименту полягає в тому, що куряче яйце № 1 треба помістити в скляну банку № 1, в якій знаходиться 9 % розчин оцту, на ніч. Куряче яйце № 2 треба обробити зубною пастою, що містить флуор. Через 10–15 хв помістити в скляну банку № 2 з 9 % розчином оцту на ніч. Куряче яйце № 3 треба обробити зубною пастою, що НЕ містить флуор. Через 10–15 хв помістити в скляну банку № 3 із 9 % розчином оцту на ніч. Записати спостереження. Пояснити.

Пам'ятайте, що флуорвмісна зубна паста (містить натрій фтор або амінофторид) забезпечую захист від карієсу, сприяє ремінералізації зубів, зменшує утворення нальоту і руйнування зубів. Високі дози флуору токсичні, тому дітям контролюють кількість зубної пасти, щоб запобігти проковтуванню. Фториди добре розчиняються у воді і являють собою отрути: токсична для дорослих є доза 20 мг, а збільшення дози до 5 г спричиняє смерть.

Якщо в організмі недостатньо флуору, то бактерії ротової порожнини виробляють більше молочної кислоти, яка руйнує зубну емаль.

При надлишку флуору в організмі, для людей, які живуть у регіонах із надлишком флуору у воді, для дітей до трьох років (зубна паста без флуору безпечніша для маленьких дітей, які можуть її проковтнути), для людей із підвищеною чутливістю зубів до фторидів застосовують зубні пасти без флуору.

Література

Основна:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук, І. С. Чекман, Г. О. Сирова, В. І. Галинська та ін. ; за ред. проф. В. О. Калібабчук. Київ : ВСВ «Медицина», 2019, 4-е вид. 336 с.
2. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній, Г. О. Сирова, Н. М. Ткачук та ін. ; за ред. І. В. Завгороднього та Г. О. Сирової. Харків, Екограф, 2010. 268 с.
3. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна та ін. ; за ред. Г. О. Сирової. Харків, Екограф, 2015. 202 с.
4. Мороз А. С., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія. Вид. друге, стереотипне. Вінниця : НОВА КНИГА, 2008. 776 с.
5. Medical chemistry : textbook / V. O. Kalibabchuk, V. I. Halynska, L. I. Hryshchenko et al. ; edited by V.O. Kalibabchuk. 5th edition, corrected. Kyiv : AUS Medicine Publishing, 2017. 224 p.
6. Fundamentals of medical chemistry: manual for students' self-work / A. O. Syrovaya, E. R. Grabovetskaya, L. G. Shapoval. Kharkiv : KhNMU, 2015. 196 p.
7. Medical chemistry. Adapted concise course: manual for students' self-work / A. O. Syrovaya, E. R. Grabovetskaya, L. G. Shapoval. Kharkiv : KhNMU, 2013. 160 p.
8. Medicinal Chemistry / D. Sriram, P. Yogeeswari. Pearson India, 2009. 712 p.
9. Medicinal Chemistry : Principles and Practice / Frank D. King. Royal Society of Chemistry, 2002. 448 p.
10. Сирова Г. О. Біогенні елементи: медико-хімічний аспект : монографія / Г. О. Сирова, С. М. Козуб, Н. М. Чаленко. Харків : ХНМУ, 2025. 168 с.
11. Мідь – наномідь: хіміко-фармацевтичний аспект монографія / Г. О. Сирова, В. О. Макаров, М. М. Мішина та ін. Харків : Планета-Принт, 2019. 83 с.
12. Від хімії шкільної до медичної хімії : навч. посіб. для здобувачів вищої другого (магіст.) рівня 1-го курсу вищих мед. закладів освіти III–IV рівнів акредитації спеціальностей. «Медицина» та «Педіатрія» / Г. О. Сирова, Н. М. Чаленко, С. М. Козуб та ін. Харків : ХНМУ, 2026. 280 с.

Допоміжна:

1. Миронович Л. М. Медична хімія : навч. посіб. / Л. М. Миронович, О. О. Мардашко. Київ : Каравела, 2007. 168 с.
2. Смірнова О. В. Медична хімія (в таблицях, схемах, питаннях, відповідях, прикладах): навч. посіб. / О. В. Смірнова, Н. В. Заїчко, А. В. Мельник, О. Г. Сулім. Вінниця, 2018.
3. Порецький А. В., Баннікова-Безродна О. В., Філіппова Л. В. Медична хімія : підручник. Київ : ВСВ «Медицина», 2012. 384 с.
4. Гробовий П. М., Загричук Г. Я., Фальфушинська Г. І. Основи хімії елементів. Тернопіль : В-во Капюка, 2001. 267 с.
5. Мороз А. С., Яворська Л. П., Луцевич Д. Д. та ін. Біофізична та колоїдна хімія. Вінниця : Нова книга, 2007. 600 с.
6. Кабачний В. І., Осипенко Л. К., Грицан Л. Д. та ін. Фізична та колоїдна хімія. Харків : Прапор, В-во УкрФА, 1999. 368 с.
7. Мороз А. С., Ковальова А. Г. Фізична та колоїдна хімія. Львів : «Світ», 1994. 279 с.
8. Левітін Є. Я., Бризицька А. М., Ключова Р. Г. Загальна та неорганічна хімія. Вінниця : Нова книга, 2003. 464 с.
9. Inorganic Chemistry: manual / V. O. Kalibabchuk, V. V. Ogurtsov, V. B. Emelianov, V. I. Galinska et al. Kiev : ВСВ "Medicine", 2017. 300 p.

Начальне видання

**ХІМІЯ ТА СТОМАТОЛОГІЯ.
ПРАВИЛА РОБОТИ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ
ТА ОСНОВИ ТЕХНІКИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.
КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ**

Методичні вказівки

***для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальності «Стоматологія»
з освітнього компоненту «Медична та біоорганічна хімія»***

Видання II перероблене та доповнене

Упорядники Сирова Ганна Олегівна
 Чаленко Наталія Миколаївна
 Козуб Світлана Миколаївна
 Савельєва Олена Валеріївна
 Присяжний Олександр Васильович

Відповідальний за випуск О. В. Савельєва



Редактор Н. І. Дубська
Комп'ютерна верстка О. Ю. Лавриненко

Формат А4. Ум. друк. арк. 5,5. Зам. № 26-68.

**Редакційно-видавничий відділ
ХНМУ, пр. Науки, 4, м. Харків, 61022
izdatknmurio@gmail.com, vid.redact@knmu.edu.ua**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавництв, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серії ДК № 3242 від 18.07.2008 р.