

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

О.В.Ткачук, В.В.Перетяцько

ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ

Навчально-наочний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня
«бакалавр» напрямку підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища
та раціональне природокористування»

Затверджено
Вченою радою ЗНУ
Протокол № 8 від 20.04.2023

Запоріжжя
2023

УДК: 550.47(075.8)

ББК: Е 07+Д31я73

Т 485

Ткачук О.В., Перетятко В.В. Навчально-наочний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та раціональне природокористування». – Запоріжжя: ЗНУ, 2023. – 73 с.

Навчально-наочний посібник «Хімія з основами біогеохімії» подано як своєрідно структурований і систематизований комплекс, у якому послідовно викладений програмний матеріал у вигляді єдиної системи, яка відображає фундаментальні вчення з хімії. Посібник складається з двох розділів. У першому розділі розглянуті основні вчення, поняття та закони загальної хімії, часто з необхідними прикладами, що дозволяють глибше зрозуміти найбільш важливі питання програмного матеріалу.

Другий розділ присвячений вивченню хімії елементів усіх груп Періодичної системи Д. І. Менделєєва. В цьому розділі наведені фізико-хімічні властивості та рівняння реакцій сполук утворених хімічними елементами.

Особлива увага приділяється біологічній ролі хімічних елементів у життєдіяльності рослин і тварин, а також їх впливу на здоров'я людини.

Для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та раціональне природокористування».

Рецензент *Т.В.Панасенко*, кандидат фармацевтичних наук, доцент

Відповідальний за випуск *О.А.Бражко*, завідувач кафедри хімії

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
Таблиця 1. Періодична система хімічних елементів Д.І.Менделєєва.....	7
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ХІМІЇ	
Таблиця 2. Основні поняття хімії та фізико-хімічні величини.....	8
Таблиця 3. Основні поняття атомно-молекулярного вчення.....	10
Таблиця 4. Основні закони хімії.....	11
БУДОВА АТОМА	
Таблиця 5. Характеристика складових частин атома.....	13
Таблиця 6. Основні типи радіоактивних перетворень.....	14
Таблиця 7. Правила складання електронних формул.....	14
Таблиця 8. Назва та інтерпретація квантових чисел.....	15
Таблиця 9. Квантовий стан електронів, ємність енергетичних рівнів і підрівнів.....	15
ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК	
Таблиця 10. Види зв'язків.....	16
Таблиця 11. Основні характеристики ковалентного зв'язку.....	17
Таблиця 12. Властивості твердих речовин з різними кристалічними ґратками.....	18
Таблиця 13. Характеристика елементарних комірок.....	19
КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ	
Таблиця 14. Класифікація за кількістю і складом реагентів і продуктів хімічної реакції.....	20
Таблиця 15. Класифікація за ознакою оборотності хімічної реакції.....	20
Таблиця 16. Класифікація за тепловим ефектом хімічної реакції.....	21
Таблиця 17. Класифікація залежно від фазового стану хімічної реакції.....	21
Таблиця 18. Класифікація за ознакою зміни ступеня окиснення хімічної реакції.....	21
Таблиця 19. Класифікація ОВР.....	22
КІНЕТИКА (ШВИДКІСТЬ) ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ	
Таблиця 20. Залежність швидкості реакції від різних чинників.....	22
Таблиця 21. Складання рівнянь швидкості реакції.....	23
ХІМІЧНА РІВНОВАГА	
Таблиця 22. Вплив різних чинників на хімічну рівновагу.....	23
РОЗЧИНИ	
Таблиця 23. Способи вираження концентрації розчинів.....	24
Таблиця 24. Поділ речовин за розчинністю у воді.....	24
Таблиця 25. Випадки гідролізу солей.....	25

Таблиця 26. Типи розчинів.....	26
Таблиця 27. Комплексні сполуки.....	26
ХІМІЯ ЕЛЕМЕНТІВ	
Таблиці 28-33. Елементи I-A групи.....	27
Таблиці 34-39. Елементи I-B групи.....	30
Таблиці 40-45. Елементи II-A групи.....	33
Таблиці 46-51. Елементи II-B групи.....	36
Таблиці 52-57. Елементи III-A групи.....	39
Таблиці 58-63. Елементи VI-A групи.....	42
Таблиці 64-68. Елементи V-A групи.....	45
Таблиці 69-74. Елементи VI-A групи.....	49
Таблиці 75-80. Елементи VI-B групи.....	53
Таблиці 81-86. Елементи VII-A групи.....	56
Таблиці 87-92. Елементи VII-B групи.....	60
Таблиці 93-98. Елементи VIII-B групи.....	63
Таблиця 99. Розчинність кислот, основ і солей у воді (за температури 20-25 °C)	66
ГЛОСАРІЙ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	71
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	71

ВСТУП

У навчально-наочному посібнику узагальнюються та систематизуються відомості з курсу загальної хімії та хімії неорганічних сполук. Це досягається виділенням основних понять, положень фактичних даних у вигляді коротких визначень (часто з необхідними поясненнями), таблиць, схем. Завдяки такій формі викладу посібник включає великий обсяг довідкових даних, наведених у формі, зручній для їх використання і порівняння, систематизації одержаних знань і закріплення вивченого матеріалу.

Посібник складається із двох розділів. Перший розділ присвячений вивченню основних питань загальної хімії – атомно-молекулярне вчення, основні поняття та закони, будова атома та речовин, енергетика та кінетика хімічних реакцій, періодичний закон та періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва. У другому розділі розглянуті основи хімії елементів та їх сполук – наведені приклади знаходження їх у природі, подана їх загальна характеристика, фізико-хімічні властивості, вказана геохімічна роль.

Наукова строгість визначень різних понять, сучасна номенклатура неорганічних сполук, відповідність наведених довідкових даних нормативам Міжнародної системи одиниць надають посібнику інформативну цінність, і тому він може слугувати довідником, здатним задовольнити потребу студентів як при теоретичному вивченні основ загальної хімії та хімії неорганічних сполук, так і в процесі розв'язування задач і виконанні лабораторних робіт.

Однакова форма побудови таблиць, визначена послідовність подачі довідкового матеріалу дозволяють отримати цілісне уявлення про основні особливості хімії як окремих елементів, так і їх груп.

Мета навчального курсу – поглиблене засвоєння фундаментальних знань у галузі хімії, які є підґрунтям для подальшого вивчення хімічних та екологічних дисциплін, а також знайдуть своє застосування в практичній роботі фахівця-еколога.

Завдання навчальної дисципліни – формування у студентів теоретичних знань і практичних умінь, їх застосування для виконання конкретних завдань, для самостійного подолання науково-дослідних проблем, для виконання моніторингу об'єктів навколишнього середовища, вимірювання його параметрів, очищення атмосфери, води, ґрунтів, утилізації відходів тощо.

За обсягом, стилем викладу даний навчально-наочний посібник – необхідне доповнення до основних джерел літератури із загальної та неорганічної хімії, який дозволяє студентам більш глибоко вивчати основи хімічної науки. Це впливає на ефективність засвоєння хімічних знань під час лекційних і лабораторних занять.

Серед низки питань, які розглядалися під час створення посібника, головним є підвищення ефективності самостійної навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні навчальної дисципліни.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

А.о.м. – атомна одиниця маси

ОВР – окиснювально-відновні реакції

С.о. – ступінь окиснення

ХЗ – хімічний закон

ПС – періодична система

К.ч. – координаційне число

Кл – Кулон

D – Дебай

кДж – кілоДжоуль

ΔH – ентальпія

Q – виділена або поглинута теплота

K^+ – катіон

A^- – аніон

ω – масова частка

C (%) – масова концентрація

C_M – молярна концентрація

C_N – молярна концентрація еквівалента

C_m – молярна концентрація

Екв – еквівалент

$M_{(E)}$ – молярна маса еквівалента

кг – кілограм

мл – мілілітр

m^3 – метр кубічний

cm^3 – сантиметр кубічний

n – кількість речовини

A_r – відносна атомна маса

M_r – відносна молекулярна маса

Таблиця 1

Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва

Період	Ряд	Г Р У П П И															
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
1	1	H1,0079ГідрогенВодень							He24,0026Гелій		Порядковий номер 2655,847 Символ елемента Fe Назва елемента ФерумЗалізо						
2	2	Li36,941Літій	Be49,012Берилій	B510,81Бор	C612,011КарбонВуглець	N714,0067НітрогенАзот	O815,999ОксигенКисень	F918,998ФлуорФтор	Ne1020,179Неон								
3	3	Na1122,990Натрій	Mg1224,305Магній	Al1326,981Алюміній	Si1428,086СиліційКремній	P1530,973Фосфор	S1632,06СульфурСірка	Cl1735,453Хлор	Ar1839,948Аргон								
4	4	K1939,098Калій	Ca2040,08Кальцій	2144,956ScСкандій	2247,90TiТитан	2350,941VВанадій	2451,996CrХром	2554,938MnМанганМарганець	2655,847FeФерумЗалізо	2758,933CoКобальт	2858,70NiНікель						
	5	2963,546CuКупрумМідь	3065,39ZnЦинк	3169,72GaГалій	3272,59GeГерманій	3374,921AsАрсенМиш'як	3478,96SeСелен	3579,904BrБром	3683,80KrКриптон								
5	6	3785,468RbРубідій	3887,62SrСтронцій	3988,906YІтрій	4091,22ZrЦирконій	4192,906NbНіобій	4295,94MoМолибден	43[98,906]TcТехнецій	44101,07RuРутеній	45102,905RhРодій	46106,4PdПаладій						
	7	47107,868AgАргентумСрібло	48112,41CdКадмій	49114,82InІндій	50118,71SnСтанумОлово, цина	51121,75SbСтибій	52127,60TeТелур	53126,904IІодЙод	54131,30XeКсенон								
6	8	55132,91CsЦезій	56137,33BaБарій	57138,905*LaЛантан	72178,49HfГафній	73180,948TaТантал	74183,85WВольфрам	75186,207ReРеній	76190,2OsОсмій	77192,22IrІридій	78195,09PtПлатина						
	9	79196,967AuАурумЗолото	80200,59HgМеркурійРтуть	81204,37TlТалій	82207,2PbПлюмбумСвинцев, оливо	83208,980BiБісмутВісмут	84[209]PoПолоній	85[210]AtАстат	86[222]RnРадон								
7	10	87[223]FrФранцій	88226,025RaРадій	89[227]**AcАктиній	104[261]UnqУннїлквадій	105[262]UnpУннїлпентій	106[263]UnhУннїлгексїй	107[264]UnsУннїлсептїй	108[265]UnoУннїлоктїй	109[266]UneУннїленїй	110[272]UunУннїнїлїй						
Вищі оксиди		R2O		RO	R2O3	RO2	R2O5	RO3	R2O7	RO4							
Леткі водневі сполуки					RH4	RH3	H2R	HR									
*Ланта-ноїди		58140,12CeЦерій	59140,908PrПразеодим	60144,24NdНеодим	61[145]PmПрометій	62150,36SmСамарій	63151,96EuЄвропій	64157,25GdГадоліній	65158,925TbТербій	66162,50DyДиспрозій	67164,93HoГольмій	68167,26ErЕрбій	69168,934TmТулій	70173,04YbІтербій	71174,97LuЛютецій		
**Акти-ноїди		90232,038ThТорій	91[231]PaПротактиній	92238,029UУран	93[237]NpНептуній	94[244]PuПлутоній	95[243]AmАмерицій	96[247]CmКюрії	97[247]BkБерклій	98[251]CfКаліфорній	99[254]EsЕйнштейній	100[257]FmФермій	101[258]MdМенделєєв	102[259]NoНобелій	103[260]LrЛоуренсїй		

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ХІМІЇ

Таблиця 2

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ХІМІЇ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЕЛИЧИНИ

№	Назва	Позначення, одиниці вимірювання	Формула	Визначення, характеристика
1	Маса речовини	m кг (г)	$m = V \cdot \rho$	Фундаментальна фізична величина, яка визначає інерційні та гравітаційні властивості тіл від макроскопічних об'єктів до атомів ці елементарних частинок інертність тіла.
2	Об'єм	V м ³ , (л, мл)	$V = \frac{m}{\rho}$	Кубатура, яку займає одиниця маси речовини
3	Густина речовини (або розчину)	ρ кг/м ³ , (г/см ³)	$\rho = \frac{m}{V}$	Величина, яка визначається для однорідної речовини її масою в одиниці об'єму
4	Атомна одиниця маси	а.о.м кг (г)	$\text{а.о.м} = \frac{m_{\text{a}}(^{12}\text{C})}{12}$	1/12 маси атома нукліда вуглецю ¹² C, що дорівнює $1,667 \cdot 10^{-27}$ кг
5	Відносна атомна маса	A_r	$A_r = \frac{m_a}{\text{а.о.м}}$	Величина, що дорівнює відношенню середньої маси атома до 1/12 маси атома вуглецю ¹² C
6	Відносна молекулярна маса	M_r	$M_r = \frac{m_m}{\text{а.о.м}}$	Маса однієї молекули речовини відносно а.о.м.
7	Молярна маса	M кг/моль (г/моль)	$M = m$	Маса одного моля речовини, виражена в кілограмах або грамах

			n	
8	Моль	n МОЛЬ	$n = \frac{m}{M}$ $n = \frac{N}{N_A}$ $n = \frac{V}{V_m}$	Кількість речовини, що містить стільки структурних одиниць (атомів, молекул, іонів, електронів), скільки атомів міститься в 0,012 кг нукліда вуглецю ^{12}C

9	Число Авогадро (стала Авогадро)	N_A $6.022 \cdot 10^{23}$ 1/МОЛЬ	$N_A = \frac{N}{n}$	Число структурних одиниць, що міститься в 1 моль речовини
10	Молярний об'єм газу	V_m $\frac{\text{м}^3}{\text{МОЛЬ}}$ (л/МОЛЬ)	$V_m = \frac{V}{n}$ $V_m = \frac{M}{\rho}$	Відношення об'єму речовини до кількості цієї речовини
11	Відносна густина газу	D	$D = \frac{M_1}{M_2}$ $D = \frac{m_1}{m_2}$	Фізична величина, яка показує у скільки разів один газ легший або важчий від іншого
12	Температура	T K (Кельвин), t °C (градус Цельсія)		Фізична величина, що характеризує інтенсивність теплового руху молекул і пропорційна середній кінетичній енергії поступального руху молекул фізичного об'єкта.
13	Тиск	P Па (атм)		Величина, яка визначається відношенням значення сили, що діє перпендикулярно до

				площі цієї поверхні.
14	Час	τ с (хв)		Форма існування матерії, що виражає порядок зміни об'єктів і явищ дійсності
15	Валентність	В		Здатність атома хімічного елемента сполучатися з певним числом атомів інших елементів або приєднувати число спільних електронних пар, які зв'язують атоми
16	Хімічний еквівалент (елемента)	Е	$E = \frac{A}{B} \cdot z$	Кількість елемента, що сполучається з одним молем атомів водню або заміщує таку саму кількість атомів водню в

				інших реакціях
17	Молярна маса еквівалента	$M_{(E)}$ кг/моль (г/моль)		Маса одного еквівалента елемента називається молярною масою еквівалента
18	Ступінь окиснення	с.о.	Позначається арабськими цифрами із знаком «+» або «-»	Умовний заряд атома в сполуці, обчислений виходячи з припущення, що дана сполука складається тільки з іонів

Таблиця 3

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЧЕННЯ

<i>№</i>	<i>НАЗВА</i>	<i>ВИЗНАЧЕННЯ</i>	<i>ПРИКЛА Д ЗАПИСУ</i>
1	<i>Атом</i>	Хімічно неподільна електро-нейтральна частинка речовини, яка складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів. Найменша частинка хімічного елемента, яка є носієм його властивостей	<i>C</i> <i>H</i> <i>Cl</i>
2	<i>Молекула</i>	Здатна до самостійного існування найменша частинка речовини, що зберігає хімічні властивості цієї речовини	<i>H₂,</i> <i>O₃,</i> <i>H₂SO₄</i>
3	<i>Іон</i>	Електрично заряджена частинка, яка утворюється внаслідок відщеплення або приєднання електронів	<i>K⁺,</i> <i>SO₄²⁻</i>
4	<i>Хімічний елемент</i>	Вид атомів з однаковим зарядом ядра або вид атомів, що характеризується певною сукупністю властивостей	<i>Ag,</i> <i>O,</i> <i>Zn</i>
5	<i>Проста речовина</i>	Речовина, що складається з атомів одного елемента або це форма існування хімічного елемента у вільному стані або це форма існування хімічного елемента у зв'язаному стані	<i>Hg,</i> <i>O₂</i>
6	<i>Складна речовина</i>	Речовина, що складається з атомів різних хімічних елементів	<i>HF,</i> <i>CH₃OH</i>

ОСНОВНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ

№	НАЗВА ЗАКОНУ	МАТЕМАТИЧНИЙ ВИРАЗ	ПОЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН	ФОРМУЛЮВАННЯ
1	Закон збере- женн я маси	$m_{\text{вих}} = m_{\text{прод}}$ $A + B = C + D$ $m(A + B) =$ $= m(C + D)$	m – маса	Маса речовин, що вступили в реакцію, дорівнює масі речовин, що утворилися внаслідок реакції (М.В. Ломоносов)
2	Закон збере- женн я енергії	$Q = \Delta U + A$	Q – теплота, ΔU – зміна внутрішньо ї енергії, A – робота	Енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно, а тільки перетворюється з одного виду на інший в еквівалентних кількостях (М.В. Ломоносов)
3	Закон сталості складу			Кожна хімічна сполука молекулярної будови має сталий якісний та кількісний склад незалежно від способу та умов її добування (Ж.Пруст)
4	Закон еквівале н тів	$E_1 = m_1$ $E_2 = m_2$	E – еквівалент	Хімічні елементи і речовини реагують між собою у масових кількостях, пропорційних їхнім хімічним еквівалентам (Ж.Пруст)
5	Закон Авогадро	$N = \text{const},$ якщо $P, V, T = \text{const}$		В однакових об'ємах різних газів за одних і тих самих умов (P, T) міститься однакова кількість молекул

6	Закон кратних відношень			Якщо два елементи утворюють кілька хімічних сполук, масові кількості одного з елементів, що припадають у цих сполуках на таку саму масову кількість іншого елемента, відносяться
---	--------------------------------	--	--	--

				між собою як прості цілі числа (Дж. Дальтон)
7	Закон об'ємних відношень	$aA + bB = cC + dD$ $V(A) : V(B) : V(C) : V(D) = a : b : c : d$		За однакових умов об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться між собою і до об'єму утворених газів, як невеликі цілі числа (Ж.Гей-Люссак)
8	Закон Бойля-Маріотта	$P_1 = \frac{V_2}{V_1}$	$T = const$ P – тиск V – об'єм	За сталої температури тиск, що створює даною масою газу, обернено пропорційний об'єму
9	Закон Гей-Люссака	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$P = const$ T – абс. температура V – об'єм	За сталого тиску об'єм даної маси газу змінюється прямо пропорційно його абсолютній температурі
10	Закон Шарля	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ або $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$V = const$ P – тиск T – абс. температура	За сталого об'єму тиск газу змінюється прямо пропорційно його абсолютній температурі
11	Об'єднаний закон газового	$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$	$P_0 = 101,3$ кПа $T_0 = 273$ К	Добуток об'єму даної маси газу на тиск прямо пропорційний його абсолютній температурі (Б. Клапейрон)

	стану			
12	Закон Гесса	$Q_{x.p.} = \Sigma Q_{\text{прод.}} - \Sigma Q_{\text{вих.}}$ висновки з закону: $\Delta H_{xp} = \Sigma \Delta H_{\text{прод.}} - \Sigma \Delta H_{\text{вих.}}$	$Q_{x.p.}$ – тепловий ефект хім. реакції, $Q_{\text{прод.}}, Q_{\text{вих.}}$ – теплоти утворення продуктів і вихідних речовин реакції	Тепловий ефект реакції не залежить від проміжних стадій процесу, а тільки від початкового та кінцевого стану реагуючих речовин
13	Закон діючих мас	$v = k[A]^m[B]^n$	k – константа швидкості $[A], [B]$ – концентрації речовин A і B , m, n – стехіометри	Швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин у степенях, що дорівнюють їхнім стехіометричним

			чні коефіцієнти	коефіцієнтам
14	Періодичний закон			Властивості елементів, а також властивості утворених ними простих і складних тіл перебувають у періодичній залежності від величини атомних мас елементів (Д.І. Менделєєв, 1869р.)
15	Періодичний закон (сучасне формулювання)			Властивості елементів, а також форми і властивості їхніх сполук перебувають у періодичній залежності від заряду ядер атомів

БУДОВА АТОМА

ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН АТОМА

Части́нка	Символ	Маса спокою		Заряд	
		АБСОЛЮТНА кг	ВІДНОСНА а.о.м.	ВІДНОСНИЙ	ЕЛЕКТРИЧНИЙ Кл
протон	${}_1^1P$	$1,673 \cdot 10^{-27}$	1.007276	+1	$1,602 \cdot 10^{-19}$
нейтрон	${}_0^1n$	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1.008665	0	0
електрон	e	$9,109 \cdot 10^{-31}$	0,000549	-1	$1,602 \cdot 10^{-19}$

Таблиця 6

ОСНОВНІ ТИПИ РАДІОАКТИВНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ	РІВНЯННЯ РЕАКЦІЇ	ВИЗНАЧЕННЯ
<i>α – розпад</i> самовільне перетворення ядер із випусканням <i>α – частин (${}^4_2\text{He}$)</i>	${}^{226}_{88}\text{Ra} = {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$	Виникає ізоотоп елемента, зміщеного на дві клітинки від вихідного до початку Періодичної системи і масове число його на 4 одиниці менше
<i>β - розпад</i>	${}^{239}_{92}\text{U} = {}^{239}_{93}\text{Np} + e$	Приводить до виникнення ізоотопу елемента, зміщеного на одну клітинку від вихідного до кінця Періодичної системи із тим же масовим числом
<i>Електронний захват</i>	${}^{40}_{19}\text{K} + e = {}^{40}_{18}\text{Ar}$	Реакція супроводжується захватом ядром електрона, який знаходиться на найближчому до ядра підрівні
<i>Спонтанний поділ ядер</i>	${}^{239}_{92}\text{U} = {}^{92}_{36}\text{Kr} + {}^{141}_{56}\text{Ba}$	Реакція супроводжується утворенням двох нових радіоактивних елементів

Таблиця 7

ПРАВИЛА СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ФОРМУЛ

НАЗВА	ФОРМУЛЮВАННЯ	ЗАСТОСУВАННЯ
<i>Принцип мінімуму енергії</i>	Найстійкішому стану електрона в атомі відповідає мінімальна енергія	Електрон займає АО з найнижчою енергією
<i>Принцип Паулі</i>	Атом не може мати двох електронів з однаковим значенням всіх чотирьох квантових чисел	$N = 2n^2$, (число електронів на рівні); максимальне число електронів на підрівнях: $s = 2$; $p = 6$; $d = 10$; $f = 14$
<i>Перше правило</i>	Енергетичні підрівні заповнюються за зростанням суми $(n + l)$	Вказує послідовність заповнення підрівнів

<i>Клечковського</i>		
<i>Друге правило Клечковського</i>	При рівності суми $(n + l)$ перевага за значенням n	
<i>Правило Гунда</i>	Сумарне спінове число електронів певного підрівня повинно бути максимальним	Вказує порядок заповнення рівноцінних АО

Таблиця 8

НАЗВА ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ КВАНТОВИХ ЧИСЕЛ

<i>Назва</i>	<i>Символ</i>	<i>Що визначає</i>	<i>Можливі значення</i>
<i>Головне</i>	<i>n</i>	Енергію орбіталі (енергетичний рівень)	цілі числа від 1 до ∞
<i>Побічне (орбітальне)</i>	<i>l</i>	Форму орбіталі (енергетичний підрівень)	цілі числа від 0 до $n-1$
<i>Магнітне</i>	<i>m_l</i>	Орієнтацію орбіталі у просторі	$-l \dots 0 \dots +l$ $m_l = 2l + 1$
<i>Спінове</i>	<i>m_s</i>	Власний магнітний момент електрона	$\frac{1}{2}$ і $-\frac{1}{2}$

Таблиця 9

**КВАНТОВИЙ СТАН ЕЛЕКТРОНІВ,
ЄМНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІВНІВ І ПІДРІВНІВ**

<i>ЕЛЕКТРОННА ОБОЛОНКА</i>	<i>ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РІВЕНЬ N</i>	<i>ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДРІВЕНЬ</i>		<i>МОЖЛИВІ ЗНАЧЕННЯ M_l</i>	<i>Число ОРБІТАЛЕЙ</i>		<i>Число ЕЛЕКТРОНІВ max</i>	
		<i>l</i>			$2l + 1$	n^2	$(2l + 1)^2$	$2n^2$
<i>K</i>	<i>1</i>	0	<i>s</i>	0	1	1	2	2
<i>L</i>	<i>2</i>	0	<i>s</i>	0;	1		2	
		1	<i>p</i>	-1, 0, +1	3	4	6	8
<i>M</i>	<i>3</i>	0	<i>s</i>	0;	1		2	
		1	<i>p</i>	-1, 0, +1;	3		6	
		2	<i>d</i>	-2, -1, 0, +1, +2	5	9	10	18

N	4	0	s	0;	1	16	2	32
		1	p	-1, 0, +1;	3		6	
		2	d	-2,-1,0, +1,+2	5		10	
		3	f	-3,-2,-1, 0,+1,+2,+3	7		14	

ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

Таблиця 10

ВИДИ ЗВ'ЯЗКІВ

№	Вид зв'язку	Визначення	Механізм утворення
1	Ковалентний зв'язок	Зв'язок атомів за допомогою спільних електронних пар, тобто перекривання АО	Обмінний $H^- + \cdot H^+ \rightarrow H:H$
	Ковалентний зв'язок	Зв'язок між атомами, один з яких має неподілену пару електронів, а інший вільну АО	Донорно-акцепторний $H^-: + \square H^+ \rightarrow H - H$
2	Іонний	Зв'язок між іонами, що здійснюється завдяки електростатичному притяганню	$2Na + Cl_2 = 2NaCl$ $Na - 1e \rightarrow Na^+$ $Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$
3	Металічний	Зв'язок у металах та сплавах між позитивно зарядженими іонами та валентними електронами, що є спільними для всіх іонів	
4	Водневий (міжмолекулярний)	Трицентровий зв'язок між двома електронегативними атомами через атом водню	$H^+ - F^- \cdots H^+ - F^-$

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОВАЛЕНТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

ХАРАКТЕРИСТИКА	ПОЗНА- ЧЕННЯ	ОДИНИЦЯ	ЩО ХАРАКТЕРИЗУЄ
Енергія зв'язку	$E_{зв}$	кДж/моль	Енергію, яка виділяється під час утворення зв'язку
Довжина	L	м (нм)	Відстань між ядрами атомів
Кратність	—	—	Число спільних електронних пар, що зв'язують атоми. Зв'язок може бути простим (Н-Н), подвійним (С=С), потрійним (N≡N)
Насиченість	—	—	Здатність атома утворювати обмежене число ковалентних зв'язків, яке визначається числом валентних одноелектронних орбіталей або числом двохелектронних орбіталей, а також числом вільних валентних орбіталей
Полярність	μ або D (Дебай)	Кл·м (1D = $3 \cdot 10^{-30}$ Кл·м)	Зміщення спільної електронної пари до одного з ядер атомів
Напрявленість	—	Валентний кут	Просторову будову молекули

**ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РЕЧОВИН З РІЗНИМИ КРИСТАЛІЧНИМИ
ГРАТКАМИ**

ВЛАСТИВОСТІ	ТИП КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ			
	МОЛЕКУЛЯРНИЙ	АТОМНИЙ	ІОННИЙ	МЕТАЛІЧНИЙ
Складові частини	1) Молекули полярні (вода, фенол); 2) Молекул и неполярні (йод, сухий лід)	Атоми	Іони (катіони та аніони)	Катіони і вільні електрони
Тип хімічного зв'язку	1) Ковалентний між атомами в молекулах і Ван-дер-ваальсові сили або водневий зв'язок між молекулами; 2) Те ж саме (крім водневого зв'язку)	Ковалентний	Іонний	Металічний
Температури плавлення і кипіння	Невеликі	Великі	Великі	Різні
Леткість	Леткі	Нелеткі	Нелеткі	Нелеткі (крім ртуті)
Механічні властивості	М'які	Тверді	Тверді, крихкі	Тверді, пластичні, ковкі
Електрична провідність	Діелектрики	Діелектрики або напівпровідники	Діелектрики, у водних розчинах і розплавах – провідники	Провідники
Розчинність	1) Розчинні;	—	Розчинні	Нерозчинні

<i>у воді</i>	2) Нерозчинні			
<i>Розчинність у неполярних розчинниках</i>	1) Нерозчинні; 2) Розчинні	Нерозчинні	—	—

ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ КОМІРОК

<i>СИНГОНІЯ</i>	<i>КУТИ МІЖ ОСЯМИ</i>	<i>ДОВЖИНА РЕБЕР</i>	<i>ФОРМА</i>
Кубічна	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a = b = c$	Куб
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a = b = c$	Об'ємноцентрований куб
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a = b = c$	Гранецентрований куб
Тетрагональна	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a = b \neq c$	Призма на квадратній основі
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a = b \neq c$	Об'ємноцентрована призма на квадратній основі
Гексагональна	$\alpha = \beta = 90^0$ $\gamma = 120^0$	$a \neq b \neq c$	Правильна шестикутна призма
Ромбічна (орторомбічна)	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a \neq b \neq c$	Прямокутний паралелепіпед
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a \neq b \neq c$	Об'ємноцентрований прямокутний паралелепіпед
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a \neq b \neq c$	Базоцентрований прямокутний паралелепіпед
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	$a \neq b \neq c$	Гранецентрований прямокутний паралелепіпед
Ромбоедрична (тригональна)	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^0$	$a = b = c$	Ромбоедр
Моноклінна	$\alpha = \beta = 90^0$ $\gamma \neq 90^0$	$a \neq b \neq c$	Прямий паралелепіпед
	$\alpha = \beta = 90^0$ $\gamma \neq 90^0$	$a \neq b \neq c$	Базоцентрований прямий паралелепіпед

<i>Триклінна</i>	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$	$a \neq b \neq c$	Довільний паралелепіпед
------------------	---------------------------------	-------------------	-------------------------

КЛАСИФІКАЦІЇ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Таблиця 14

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА КІЛЬКІСТЮ І СКЛАДОМ РЕАГЕНТІВ І ПРОДУКТІВ

№	ТИП РЕАКЦІЇ	ВИЗНАЧЕННЯ	ПРИКЛАД
1	Сполучення	Реакції, внаслідок яких з двох або кількох речовин утворюється одна нова речовина	$H_2 + S = H_2S$
2	Розкладу	Реакції, внаслідок яких з однієї речовини утворюється кілька нових речовин	$CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2$
3	Заміщення	Реакції, внаслідок яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів складної речовини	$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$
4	Обміну	Реакції, внаслідок яких дві складні речовини обмінюються своїми складовими частинами	$CaCl_2 + K_2SO_4 = CaSO_4 + 2KCl$

Таблиця 15

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ОЗНАКОЮ ОБОРОТНОСТІ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

№	ТИП РЕАКЦІЇ	ЧИМ ХАРАКТЕРИЗУЄТЬСЯ	ПРИКЛАД
1	Оборотна	Відбувається одночасно в двох напрямках	$3H_2 + N_2 \leftrightarrow 2NH_3$
2	Необоротна	Продуктом реакції є газ, осад або слабкий електроліт	$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$ $Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HNO_3$ $KOH + HCl = KCl + H_2O$

Таблиця 16

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ТЕПЛОВИМ ЕФЕКТОМ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

№	ТИП РЕАКЦІЇ	ЧИМ ХАРАКТЕРИЗУЄТЬСЯ	ПРИКЛАД
1	Екзотермічна	Виділення теплоти	$C_{(т)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)} \quad \Delta H = - 393 \text{ кДж}$
2	Ендотермічна	Поглинання теплоти	$N_{2(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{(г)} \quad \Delta H = 90,4 \text{ кДж}$

Таблиця 17

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ФАЗОВОГО СТАНУ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

№	ТИП РЕАКЦІЇ	СЕРЕДОВИЩЕ	ПРИКЛАД
1	Гомогенна	Однорідне (гомогенне)	$H_{2(г)} + Cl_{2(г)} = 2HCl_{(г)}$ $OH^-_{(р)} + H^+_{(р)} = H_2O_{(р)}$
2	Гетерогенна	Неоднорідне (реакції відбуваються на межі поділу фаз)	$2Fe_{(т)} + 3Cl_{2(г)} = 2FeCl_{3(т)}$

Таблиця 18

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ОЗНАКОЮ ЗМІНИ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

№	ТИП РЕАКЦІЇ	ЧИМ ХАРАКТЕРИЗУЄТЬСЯ	ПРИКЛАД
1	Реакція без зміни ступеня окиснення	Ступінь окиснення не змінюється	$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$
2	Реакція зі зміною ступеня окиснення	Ступінь окиснення змінюється	$\overset{0}{N}_{2(г)} + \overset{0}{O}_{2(г)} = \overset{+2}{2}{\overset{-2}{NO}}_{(г)}$

КЛАСИФІКАЦІЯ ОВР

№П/П	ТИП ОВР	ЧИМ ХАРАКТЕРИЗУЄТЬСЯ	ПРИКЛАД
1	Міжмолекулярні	Окисник і відновник містяться в різних речовинах	$\overset{-2}{\text{H}_2\text{S}} + \overset{0}{\text{Cl}_2} \rightarrow \overset{0}{\text{S}} + \overset{-1}{2\text{HCl}}$
2	Внутрішньо-молекулярні	Змінюється ст.ок. різних атомів в одній і тій самій молекулі	$\overset{+5}{2\text{KClO}_3} \rightarrow \overset{-1}{2\text{KCl}} + \overset{0}{3\text{O}_2}$
3	Самоокислення-самовідновлення (диспропорціонування)	Ст.ок. одного і того самого елемента підвищується і знижується	$\overset{+5}{4\text{KClO}_3} \rightarrow \overset{+7}{3\text{KClO}_4} + \overset{-1}{\text{KCl}}$

КІНЕТИКА (ШВИДКІСТЬ) ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ**ЗАЛЕЖНІСТЬ ШВИДКОСТІ РЕАКЦІЇ ВІД РІЗНИХ ЧИННИКІВ**

Чинник	Як впливає	ПРИКЛАД
Природа реагуючих речовин	Залежно від виду ХЗ; сполуки з іонним і ковалентним полярним ХЗ взаємодіють швидко, а з неполярним – повільно	$\text{Br}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgBr} \downarrow$ $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{O} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$
Стан речовини	Залежно від площі стикання речовин; чим більша площа, тим вища швидкість реакції	Тверді речовини подрібнюють, рідкі переводять у газоподібний стан
Концентрація	Відповідно до закону діючих мас	Швидкість реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин з урахуванням їх стехіометричних коефіцієнтів $v = k C_A C_B$

<i>Температура</i>	Відповідно до закону Вант-Гоффа	З підвищенням температури на 10°C швидкість реакції зростає у 2-4 рази
--------------------	---------------------------------	--

Таблиця 21

СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ ШВИДКОСТІ РЕАКЦІЇ

<i>ХІМІЧНЕ РІВНЯННЯ</i>	<i>СИСТЕМА</i>	<i>КІНЕТИЧНЕ РІВНЯННЯ</i>
$\text{H}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} \rightarrow 2\text{HCl}_{(\text{r})}$	Гомогенна	$v = k [\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]$ де $[\text{H}_2]$ - концентрація, моль/л
$3\text{H}_{2(\text{r})} + \text{N}_{2(\text{r})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{r})}$	Гомогенна	$v = k [\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]$
$2\text{Mg}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{MgO}_{(\text{г})}$	Гетерогенна	$v = k [\text{O}_2]$
$2\text{HNO}_{3(\text{р})} + \text{S}_{(\text{т})} = \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{р})} + 2\text{NO}_{(\text{г})}$	Гетерогенна	$v = k [\text{HNO}_3]^2$

ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Таблиця 22

ВПЛИВ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ХІМІЧНУ РІВНОВАГУ

<i>ЧИННИК</i>	<i>ПРИКЛАД РЕАКЦІЇ</i>	<i>ЗМІНА ЧИННИКА (ПІДВИЩЕННЯ ↑, ЗНИЖЕННЯ ↓)</i>	<i>ЗМІЩЕННЯ РІВНОВАГИ</i>
Температура <i>T</i>	реакція ендотермічна (+ ΔH) $\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \quad -Q$	$T \uparrow$ $T \downarrow$	Вправо → Вліво ←
	реакція екзотермічна (- ΔH) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3 \quad +Q$	$T \uparrow$ $T \downarrow$	Вліво ← Вправо →
Тиск <i>P</i>	$3\text{H}_{2(\text{г})} + \text{N}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ (3+1)V ↔ 2V	$P \uparrow$ $P \downarrow$	Вправо → Вліво ←
	$\text{C}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{г})}$ 1V ↔ 1V	$P \uparrow$ $P \downarrow$	Не впливає Не впливає

<i>Концентрація</i> <i>C</i>	$\text{H}_{2(\text{r})} + \text{I}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{HI}_{(\text{r})}$	$\begin{array}{l} [\text{H}_2], [\text{I}_2] \uparrow \\ [\text{HI}] \uparrow \end{array}$	Вправо → Вліво ←
---	---	--	------------------------

РОЗЧИНИ

Таблиця 23

СПОСОБИ ВИРАЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ

НАЗВА, ПОЗНАЧЕННЯ	ФОРМУЛА	ВИЗНАЧЕННЯ	ОДИНИЦЯ
Масова частка ω	$\omega(X) = \frac{m(X)}{\sum m}$	Відношення маси розчиненої речовини до маси розчину	—
Масова концентрація $C (\%)$	$C (\%) = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{р-ну}}} \cdot 100\%$	Визначається числом грамів розчиненої речовини, що міститься в 100 г розчину	%
Молярна концентрація C_m	$C_m = \frac{n}{V} = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot V}$	Визначається числом молів розчиненої речовини в 1 л розчину	моль/л
Молярна концентрація еквівалента (нормальність) C_n	$C_n = \frac{n_{\text{екв}}}{V} = \frac{m_{\text{реч}}}{M_{\text{екв}} \cdot V}$	Визначається числом еквівалентів розчиненої речовини, що містяться в 1 л розчину	моль·екв/л
Моляльна концентрація (моляльність) C_m	$C_m = \frac{n}{m_{\text{р-ка}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot m_{\text{р-ка}}} \cdot 1000$	Визначається числом молів розчиненої речовини в 1 кг (1000г) розчинника	моль/кг

	$M \cdot m_{p-ka}$		
--	--------------------	--	--

Таблиця 24

ПОДІЛ РЕЧОВИН ЗА РОЗЧИННІСТЮ У ВОДІ

РОЗЧИННІСТЬ	РОЗЧИННІ	МАЛОРОЗЧИННІ	НЕРОЗЧИННІ
K_s (г/100г H_2O)	>1,0	0,1 – 1,0	< 0,1

ВИПАДКИ ГІДРОЛІЗУ СОЛЕЙ

СІЛЬ	ВИПАДОК ГІДРОЛІЗУ РЕАКЦІЯ СЕРЕДОВИЩА	РІВНЯННЯ РЕАКЦІЇ ГІДРОЛІЗУ
$K^+_{с.осн.} + A^-_{с.к-ти}$	Не піддаються гідролізу, рН середовища не змінюється	KOH – сильна основа KCl – сильна кислота $K^+ + Cl^- + HON \leftrightarrow K^+ + OH^- + H^+ + Cl^-$ $HON \leftrightarrow OH^- + H^+$ Рівновага дисоціації води не порушується
$K^+_{с.осн.} + A^-_{сл.к-ти}$	Гідроліз за аніоном, рН > 7, середовище лужне	KOH – сильна основа KCN – слабка кислота $KCN + HON \leftrightarrow K^+ + OH^- + HCN$ $CN^- + HON \leftrightarrow OH^- + HCN$
$K^+_{сл.осн.} + A^-_{с.к-ти}$	Гідроліз за катіоном, рН < 7, середовище кисле	$Cu(OH)_2$ – слабка основа $CuCl_2$ – сильна кислота $CuCl_2 + HON \leftrightarrow CuOHCl + HCl$ $Cu^{2+} + 2Cl^- + HON \leftrightarrow CuOH^+ + 2Cl^- + H^+$
$K^+_{сл.осн.} + A^-_{сл.к-ти}$	Гідроліз за катіоном та аніоном рН = 7	$Al(OH)_3$ – слабка основа Al_2S_3 – слабка кислота $Al_2S_3 + 6HON \leftrightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$ $2Al^{3+} + 3S^{2-} + 6HON \leftrightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$

Таблиця 26

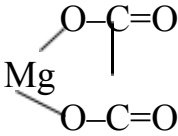
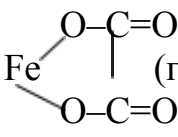
ТИПИ РОЗЧИНІВ

АГРЕГАТИВНИЙ СТАН КОМПОНЕНТІВ	ГОМОГЕННА СУМІШ	ГЕТЕРОГЕННА СУМІШ
Газ – газ	Газоподібні розчини (повітря – суміш газів)	–
Рідина – рідина	Рідкі розчини (розчин спирту у воді)	Емульсії (молоко)
Тверде тіло – рідина	Рідкі розчини (розчин солей у воді)	Суспензії, колоїдні розчини (часточки глини у воді)
Тверде тіло – тверде тіло	Тверді розчини (сплави)	Гірські породи (граніт)

Таблиця 27

КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

ОЗНАКА	ВИД	ПРИКЛАД
За знаком заряду	Катіонні Аніонні Нейтральні	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^+$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ $[\text{Ni}(\text{CO})_4]^0$
За природою лігандів	Аквакомплекси Аміакати Гідроксокомплекси Ацидокомплекси Комплекси змішаного типу	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$

<i>За будовою</i>	Циклічні або хелатні	 (флорофіл)  (гемоглобін)
--------------------------	---------------------------------	---

ХІМІЯ ЕЛЕМЕНТІВ

ЕЛЕМЕНТИ І-А ГРУПИ

Таблиця 28

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ І-А ГРУПИ

СИМВОЛ	$\omega(\%)$ ВМІСТ В ЗЕМНІЙ КОРИ	НАЙВАЖЛИВІШІ ПРИРОДНІ СПОЛУКИ (НАЗВИ МІНЕРАЛІВ)
Li	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$Li_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ (сподумен), $LiAl(PO_4)F$, $LiAl(PO_4)OH$ (амблгонит)
Na	2,5	$NaCl$ (галіт, кам'яна сіль), $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (мірабіліт, глауберова сіль), $KCl \cdot NaCl$ (сильвініт)
K	2,5	KCl (сильвін), $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (карналіт), $K[AlSi_3O_8]$ (калієвий польовий шпат, ортоглаз)
Rb	$1,5 \cdot 10^{-3}$	Власних мінералів не утворює, ізоморфна домішка мінералів калію – сильвініту і карналіту
Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$4Cs_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 18SiO_2 \cdot 2H_2O$ (полуцит), супутник мінералів калію, наприклад $(KCs)[BF_4]$ (авогадріт)
Fr	—	Продукт α -розпаду актінію

Таблиця 29

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

ЕЛЕМЕНТ ХАРАКТЕРИСТИКА	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
Атомний номер	3	11	19	37	55	87
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	6 (7,42); 7 (92,58)	23 (100)	39 (93,08); 40* (0,011); 41 (6,91)	85 (72,15); 87* (27,85)	133 (100)	223*– найстійк іший ізопоп

<i>I потенціал іонізації, В</i>	5,392	5,139	4,34	4,18	3,89	3,98
<i>Спорідненість до електрона, eВ</i>	0,59	0,54	0,47	0,42	0,39	–
<i>Електро- негативність</i>	0,97	1,01	0,91	0,89	0,86	0,86

<i>Ступінь окислення елементу в сполуках</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1
--	----	----	----	----	----	----

Таблиця 30

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i>	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
<i>Характеристика</i>						
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної гратки)</i>	Метали (кубічна об'ємноцентрована)					
<i>Колір</i>	Сріблясто-білий				Жовтий	Металічний
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	0,534	0,971	0,862	1,532	1,873	2,44
<i>Температура плавлення, °С</i>	180,69	97,96	63,8	39,2	28,55	27
<i>Температура кипіння, °С</i>	1347	983,1	774	688	678,6	677

Таблиця 31

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ I-А ГРУПИ

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
	Me, t	сплави, інтерметаліди

Е	H_2, t	EH
	$\text{Hal} (3 \text{ I}_2 - t)$	$\text{EHal} (\text{Hal} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$
	$\text{O}_2(\text{надлишок}),$ $\text{Li}, \text{Na}, \text{K} \text{ за } t$	$\text{Li} \rightarrow \text{Li}_2\text{O}; \text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2; \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs} \rightarrow \text{EO}_2$
	S, t	$\text{E}_2\text{S},$ $\text{E}_2\text{S}_n (n_{\max} = 2 (\text{Li}); 5 (\text{Na}); 6 (\text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}))$
	N_2	E_3N
	P, t	E_3P
	$\text{C}, 800^\circ\text{C}$	лише $\text{Li} \rightarrow \text{Li}_2\text{C}_2$

Таблица 32

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	H ₂ O	EOH
	H ₂ SO ₄	E ₂ SO ₄
	HCl (р)	ECl
	HNO ₃	ENO ₃
	HF (р)	EF
	EOH, t	E ₂ O
	NH ₃ (г) ~ 300 °C NH ₃ (р) kat – Pt, Fe ³⁺	аміди ENH ₂
	оксиди Me, t	Me + E ₂ O
	галогеніди Me, t	Me + EHal
	спирти	алкоголята, наприклад C ₂ H ₅ OE

Таблиця 33

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ СПЛУК ЕЛЕМЕНТІВ І-А ГРУПИ

<i>Символ</i>	<i>Біологічна функція</i>
Li	Солі Літію у великих концентраціях шкідливі, вдихання пилу призводить до утворення злоякісних пухлин.
Na	Солі Натрію: 1) містяться в усіх рослинах, найбільше – у морській флорі; 2) разом із солями калію беруть участь у проведенні нервових імпульсів по системі нейронів, підтримують нормальний ритм серця; 3) впливають на водний режим організму, на осмотичний тиск у клітинах, на діяльність ферментативних систем.

K	Солі Калію: 1) сприяють фотосинтезу; 2) стимулюють проростання зерна; 3) нестача калію у ґрунті помітно зменшує врожаї і витривалість рослин до несприятливих умов. Тому 90% солей, що видобуваються використовуються в якості калійних добрив: KNO_3 (калійна селітра), $KCl \cdot NaCl$ (сильвініт), $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ (каїніт), концентровані калійні добрива, як результат переробки природних солей KCl і K_2SO_4; використовують також деревний та торф'яний попіл, що містить K_2CO_3 і $K_2Mg(SO_4)_2$.
Rb	Сполуки Рубідію та Цезію входять до складу організмів тварин, проте їх біологічна функція наразі не з'ясована.
Cs	
Fr	Біологічна функція відсутня

ЕЛЕМЕНТИ І-В ГРУПИ

Таблиця 34

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ І-В ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Cu	0,01	Самородна мідь; $CuFeS_2$ ([халькопірит або мідний колчедан); Cu_2S (мідний блиск); $Cu(OH)_2$ • $CuCO_3$ (малахіт)
Ag	$1 \cdot 10^{-5}$	Самородне срібло; Ag_2S (аргеніт або срібний блиск); Ag_3SbS_3 (пираргірит); Ag_3AsS_3 (прустит)
Au	$1,6 \cdot 10^{-7}$	зустрічається переважно у самородному стані; $AuTe_2$ (калаверіт); $(AuAg)Te$ (кренмеріт); $(AgAu)Te_2$ (петуніт)

Таблиця 35

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	Cu	Ag	Au
Атомний номер	29	47	79
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	63 (69,1) 65 (30,9)	107 (51,35) 109 (48,65)	197 (100)
I потенціал іонізації, В	7,7264	7,5763	9,2258
Спорідненість до електрона, eВ	1,8	1,301	2,3086
Електронегативність	1,75	1,42	1,42
Ступінь окислення елемента в сполуках	+1; +2; +3	+1; +2; +3	+1; +3

Таблиця 36

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i>	Cu	Ag	Au
<i>Характеристика</i>			
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)</i>	Метали (кубічна ґранецентрована)		
<i>Колір</i>	червоний	білий	жовтий
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	8,96	10,5	19,32
<i>Температура плавлення, °С</i>	1083,6	962,08	1064,58
<i>Температура кипіння, °С</i>	2567	2212	2807
<i>Відносна електропровідність</i>	57,5	54,6	42,0

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ І-В ГРУПИ

Таблиця 37

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me	сплави
	H ₂ ,	не реагують
	Hal, t	Cu → CuHal ₂ (Hal = F, Cl, Br), CuI Ag → AgHal ₂ , AgHal (Hal = Cl, Br, I) Au → AuHal ₃ (Hal = F, Cl, Br), AuI
	O ₂ , t	Cu → CuO (t= 500°C), Cu ₂ O (t ≥ 800°C)
	S, t	Cu → Cu ₂ S Ag → Ag ₂ S Au → не реагує
	N ₂	не реагують

	P, t	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}_3\text{P}$ $\text{Ag} \rightarrow \text{AgP}_2, \text{AgP}_3$ $\text{Au} \rightarrow \text{Au}_2\text{P}_3$
	C	не реагируют

Таблица 38

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВИШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O	не реагують
	H ₂ SO ₄ (к), t	Cu → CuSO ₄ Ag → Ag ₂ SO ₄ Au → не реагує
	H ₂ SO ₄ (р)	не реагують
	HCl (к), t	лише Cu → H ₂ [CuCl ₂]
	HCl (р)	не реагують
	HNO ₃ (к), t	Cu → Cu(NO ₃) ₂ Ag → AgNO ₃ Au → не реагує
	HNO ₃ + 3HCl + HCl	Cu → H ₂ [CuCl ₄] Ag → H[AgCl ₂] Au → H[AuCl ₄]
	NaOH	не реагують

Таблиця 39

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ СПЛУК ЕЛЕМЕНТІВ І-В ГРУПИ

<i>Символ</i>	<i>Біологічна функція</i>
Cu	1) Сполуки Купруму входять до складу білків і деяких ферментів, що концентруються в печінці. 2) Купрум необхідний для синтезу гемоглобіну, при її нестачі розвивається анемія, при надлишку – виникає переродження печінки.
Ag	Іони Аргентуму мають бактерицидну дію, тому у кількості 10 ⁻⁷ г/л стерилізує питну воду.
Au	Сполуки Ауруму входять до складу організмів тварин, проте їх біологічна функція ще не з'ясована.

ЕЛЕМЕНТИ II-A ГРУПИ

Таблиця 40

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ II-A ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Be	$6 \cdot 10^{-4}$	$3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (беріл); $Be_2[SiO_4]$ (фенакіт)
Mg	2,1	$2MgO \cdot SiO_2$ (оливін); $MgCO_3$ (магнезит); $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ (доломіт); $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ (карналіт)
Ca	3,6	$CaCO_3$ (кальцит); $CaO \cdot SiO_2$ (воластоніт); $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (анортит); $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипс); $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ (доломіт)
Sr	$4 \cdot 10^{-2}$	$SrCO_3$ (стронціаніт); $SrCO_4$ (целестин)
Ba	$5 \cdot 10^{-2}$	$BaCO_3$ (витерит); $BaSO_4$ (барит, важкий шпат)
Ra	$1 \cdot 10^{-10}$	Міститься в уранових рудах

Таблиця 41

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
Атомний номер	4	12	20	38	56	88
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	9 (100)	24(78,6) 25(10-11) 26(11,29)	40(96,97) 42(0,64) 43(0,145) 44(2,06) 46(0,003) 48*(0,185)	84(0,5) 86(9,8) 87(7,2) 88(82,5)	130(0,101) 132(0,097) 134(2,42) 135(6,59) 136(7,81) 137(11,32) 138(71,66)	226* найстійкіший з 13 радіоактивних ізотопів
I потенціал іонізації, В	9,3227	7,6461	6,1131	5,6941	5,2114	5,2790

Спорідненість до електрона, eV	0,38	-0,22	-1,93	-1,51	-0,48	-
Електронегативність	1,47	1,23	1,04	0,99	0,97	0,97

Ступінь окислення елементу в сполуках	+2	+2	+2	+2	+2	+2
--	----	----	----	----	----	----

Таблиця 42

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	В е	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)	Метал (гексагональна)		Метал (кубічна гранецентро - вана)		Метал (кубічна об'ємноцентро- вана)	
Колір у компактному стані	Сірий	Сріблясто білий			Металічний	
Колір у порошкоподібному стані	Темно-сірий	Срібляс - тий	—	—	—	—
Густина, ρ , г/см ³ (293 K)	1,8477	1,738	1,55	2,54	3,594	~5
Температура плавлення, °C	1287	649	839	769	729	700
Температура кипіння, °C	2970 P↑	1090	1484	1384	1637	1140

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ІІ-А ГРУПИ

Таблиця 43

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me, t	Сплави, інтерметаліди
	H ₂ , t, Mg за P↑	EH ₂ (крім Be)
	Hal, t	EHal
	O ₂ , t	EO
	S, t	ES
	N ₂ , t	E ₃ N ₂
	P, t	E ₃ P ₂
	C, t	Be → Be ₂ C, BeC ₂ Mg, Ca, Sr, Ba → EC ₂ (t = 1250 ⁰ C)

Таблиця 44

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O, Mg (кип)	E(OH) ₂ (крім Be)
	HCl (p)	ECl ₂ (Be → [Be(H ₂ O) ₄]Cl ₂)
	HNO ₃ (к)	E(NO ₃) ₂ (крім Be)
	HNO ₃ (p)	E(NO ₃) ₂
	H ₂ SO ₄ (к)	ESO ₄ (крім Be)
	H ₂ SO ₄ (p)	ESO ₄ (Be → [Be(H ₂ O) ₄]SO ₄)
	NH ₃ (p), на холоді, kat – Pt	аміди E(NH ₂) ₂ (крім Be і Mg)
	оксиди, t, н-д B ₂ O ₃	EO + B
	галогеніди, t, н-д ScF ₃	EF ₂ + Sc
	NaOH	Be → Na ₂ [Be(OH) ₄]

Таблиця 45

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ II-A ГРУПИ

Символ	Біологічна функція та токсична дія
Be	1) Сполуки Берилію дуже токсичні, берилій заміщує магній у ферментах. 2) Потрапляння у вигляді пилу іонів Be^{2+} викликає важке захворювання – бериліоз. 3) Біологічна функція відсутня.
Mg	1) Приймає участь у фотосинтезі – входить до складу хлорофілу. 2) Іони Mg^{2+} приймають участь у регулюванні деяких дій ферментів і клітинних систем. 3) Сполуки Магнію нетоксичні.
Ca	1) Містяться в організмах рослин і тварин. 2) В людському організмі вміст Кальцію становить 0,7 – 1,4%, з яких 99% міститься у кісткових тканинах, решта у крові і різних органах. 3) Сприяють зсіданню крові, регулюють роботу серця. 4) Сполуки кальцію нетоксичні.
Sr	1) Вміст елементу в тканинах тварини і рослин дуже малий. 2) Стронцій концентрується в кістках, частково заміщуючи кальцій. 3) Радіоактивний Стронцій ^{90}Sr викликає руйнування кровотворних органів, появу пухлин у кістках.
Ba	1) Міститься в пігментній оболонці ока. 2) В незначній кількості розчинні сполуки Барію стимулюють діяльність кісткового мозку, у великих кількостях – дуже отруйні, діють як серцева отрута.
Ra	Біологічна функція відсутня.

ЕЛЕМЕНТИ II-B ГРУПИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ ІІ-В ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Zn	$5 \cdot 10^{-3}$	ZnS (сфалерит або цинкова обманка); $ZnCO_3$ (галлий); ZnO (цинкит)
Cd	$5 \cdot 10^{-5}$	CdS (гринокіт); $CdCO_3$ (отавіт)
Hg	$\sim 4,5 \cdot 10^{-6}$	HgS (кіноварь); самородна ртуть

Таблиця 47

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

<i>Елемент</i> <i>Характеристика</i>	Zn	Cd	Hg
<i>Атомний номер</i>	30	48	80
<i>Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)</i>	64(48,89) 66(28,81) 67(2,07) 68(18,61) 70(0,62)	106(1,215) 108(0,875) 110(12,39) 111(12,75) 112(24,07) 113(12,26) 114(28,86) 116(7,58)	196(0,146) 198(10,0) 199(16,8) 200(23,1) 201(13,2) 202(29,8) 204(6,9)
<i>I потенціал іонізації, В</i>	9,3941	8,9939	10,4376
<i>Спорідненість до електрона, eВ</i>	0,09	−0,27	−0,19
<i>Електронегативність</i>	1,66	1,46	1,44
<i>Ступінь окислення елементу в сполуках</i>	+2	+2	+1; +2

Таблиця 48

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i> <i>Характеристика</i>	Zn	Cd	Hg
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)</i>	Метал (гексагональна)		рідкий метал
<i>Колір у компактному стані</i>	блакитно-біло-сірий	сріблясто-білий	сріблясто-білий
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	7,133	8,650	13,546
<i>Температура плавлення, °С</i>	419,73	321,1	−38,72
<i>Температура кипіння, °С</i>	907	765	356,73

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ II-B ГРУПИ

Таблиця 49

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	Me, t	сплави, інтерметаліди
	H ₂ ,	не реагують
	Hal, t (Hg з I ₂ за звичайних умов)	EHal ₂
	O ₂ (Hg ~ 300 ⁰ C)	EO
	S, t (Hg за звичайних умов)	ES
	N ₂	не реагують
	P, t	E ₃ P ₂
	C	не реагують

Таблиця 50

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	H ₂ O	не реагують
	HCl (p)	ECl ₂ (крім Hg)
	HF (p)	EF ₂ (крім Hg)
	HNO ₃ (к)	E(NO ₃) ₂
	HNO ₃ (p)	Zn, Cd → E(NO ₃) ₂ ; Hg → Hg(NO ₃) ₂ , Hg ₂ (NO ₃) ₂
	H ₂ SO ₄ (к)	ESO ₄ (крім Hg)
	H ₂ SO ₄ (p)	ESO ₄
	3HCl + HNO ₃	ECl ₂
	NH ₃ (г), t	E ₃ N ₂ (крім Hg)
	NaOH, t	лише Zn → Na ₂ [Zn(OH) ₄]

Таблиця 51

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ II-B ГРУПИ**

Символ	Біологічна функція та токсична дія
Zn	1) Міститься в рослинах; в невеликих кількостях сприяє росту і плодоносіню. 2) У відносно великих кількостях міститься в організмах тварин, особливо морських. 3) В організмі людини найбільше цинку в зубах, підшлунковій залозі; добова потреба людини в Цинку становить 15 мг. 4) Входить до складу ферменту, що забезпечує процес дихання і газообміну, а також до складу гормону інсуліну, який регулює вміст цукру в крові.
Cd	1) Сполуки токсичні та отруйні, при отруєнні уражуються нирки і з'являється емфізема легенів. 2) Біологічна функція не досліджена.
Hg	1) Серед сполук Меркурію дуже отруйною є сулема $HgCl_2$ (смертельна доза – 0,3 г), застосовується у медицині як потужний дезінфікуючий засіб, у сільському господарстві – для протрави насіння. 2) Пара ртуті дуже отруйна, потрапляючи в організм, вони легко адсорбуються білковими молекулами знижуючи імунітет. 3) Біологічна функція на разі не з'ясована.

ЕЛЕМЕНТИ III-A ГРУПИ

Таблиця 52

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ III-A ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
B	$5 \cdot 10^{-3}$	$Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$ (бура); $Na_2B_4O_7$ • 10 H_2O (керніт); H_3BO_3 (сасолін)

Al	8,8	алюмосилікати: $KAlSi_3O_8$ (ортоклаз); $KH_2Al_3Si_3O_{12}$ (слюда); $NaAlSiO_4$ (нефелін); $H_4Al_2Si_2O_9$ (каолін); $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ (боксит); $Na_3[AlF_6]$ (кріоліт); Al_2O_3 (корунд – рубін (домішки Cr), сапфір (домішки Ti і Fe))
Ga	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$CuGaS_2$ (галіт); ізоморфні домішки в мінералах Al , Zn , Fe
In	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$FeIn_2S_4$ (індит); $CuInS_2$ (рекизит); домішки в мінералах Zn
Tl	$3 \cdot 10^{-4}$	$TlAsS_2$ (лорандит); $(Tl, Cu, Ag)_2Se$ (крукезит); домішки в мінералах Zn , Fe , Pb

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	B	Al	Ga	In	Tl
Атомний номер	5	13	31	49	81
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	10(19) 11(81)	27(100)	69(61,2) 71(38,8)	113(4,33) 115*(95,67)	203(29,5) 205(70,5)
I потенціал іонізації, В	8,2981	5,9858	5,998	5,7864	6,1080
Спорідненість до електрона, eV	0,30	0,2	0,39	0,2	0,32
Електронегативність	2,01	1,47	1,82	1,49	1,44
Ступінь окислення елементу в сполуках	-3; +3	+3	+1; +2; +3	+1; +2; +3	+1; +3

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	B	Al	Ga	In	Tl
Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)	Неметал , твердий (ромбоед рична)	Метал (кубічна гране- центров а на)	Метал (ромбічна)	Метал (тетра- гональна)	Метал (гекса- гональ на)
Колір у кристалічному вигляді	сірий	сріблястий		сріблясто-білий	
Колір у аморфному	темний	—	—	—	—

<i>вигляді</i>					
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 K)</i>	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85
<i>Температура плавлення, °C</i>	2300	660	29,78	156,17	303,5
<i>Температура кипіння, °C</i>	3658	2467	2403	2080	1457

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВІІІ-А ГРУПИ

Таблиця 55

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me, t	B → бориди; Al, Ga, In, Tl → сплави
	H ₂	не реагують
	Hal	B, Al → EHal ₃ ; Ga, In, Tl → EHal, EHal ₃
	O ₂ , t	B, Al, Ga, In → E ₂ O ₃ ; Tl → Tl ₂ O, Tl ₂ O ₃
	S, t	B, Al, Ga, In → E ₂ S ₃ ; Tl → Tl ₂ S, Tl ₂ S ₃
	N ₂ , t	B, Al → EN
	P, t = 500 – 1000 ⁰ C	B, Al, Ga, In → EP Tl → Tl ₃ P, TlP ₃ ; TlP ₅
	C, t ≥ 1000 ⁰ C	B → B ₄ C ₃ ; Al → Al ₄ C ₃

Таблиця 56

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O, t ≤ 100 ⁰ C	не реагують
	HCl	B → не реагує; Al, Ga, In → ECl ₃ ; Tl → TlCl
	H ₂ SO ₄ (к)	B → не реагує; Al → пасивується; Ga, In → E ₂ (SO ₄) ₃ ; Tl → Tl ₂ SO ₄
	H ₂ SO ₄ (р)	B → не реагує; Al, Ga, In → E ₂ (SO ₄) ₃ ; Tl → Tl ₂ SO ₄
	HNO ₃ (к)	B → H ₃ BO ₃ ; Al → пасивується; Ga, In → E(NO ₃) ₃ ; Tl → TlNO ₃
	HNO ₃ (р)	B → не реагує; Al, Ga, In → E(NO ₃) ₃ ; Tl → TlNO ₃

	NaOH	В (аморфний) $\rightarrow$ NaBO ₂ ; Al, Ga, In $\rightarrow$ Na[E(OH) ₄]; Tl $\rightarrow$ не реагує
--	------	--

Таблиця 57

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ ІІІ-А ГРУПИ**

<i>Символ</i>	<i>Біологічна функція та токсична дія</i>
B	1) Необхідний для нормальної життєдіяльності рослин і тварин. 2) Впливає на вуглеводний і білковий обмін у рослинах. 3) Сполуки бору використовуються як мінеральні добрива, що підвищують урожайність різних культур.
Al	1) Входить у склад тканин живих організмів і міжклітинних розчинів. 2) Надлишок алюмінію у їжі несприятливо впливає на організм людини.
Ga	Дуже отруйні, особливо похідні талію, які уражують нервову систему та органи травлення, викликають випадіння волосся.
In	
Tl	

ЕЛЕМЕНТИ IV-A ГРУПИ

Таблиця 58

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ IV-A ГРУПИ

<i>Символ</i>	<i>ω вмісту в земній корі, %</i>	<i>Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)</i>
C	0,14	у вільному стані – алмаз, графіт; у зв'язаному – вугілля, нафта, карбонати і т.п.
Si	27,6	SiO_2 (кварц, тридиміт, кристобаліт); (різновиди кварцу – гірський криштал, димчастий топаз, рожевий кварц, аметист)
Ge	$7 \cdot 10^{-4}$	Ag_8GeS_6 (аргіродит); $Cu_3(Fe, Ge)S_4$ (германіт)
Sn	$4 \cdot 10^{-3}$	SnO_2 (касетерит); Cu_2FeSnS_4 (станін)
Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	PbS (галеніт); $PbSO_4$ (англезіт); $PbCO_3$ (церусит)

Таблиця 59

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	C	Si	Ge	Sn	Pb
Атомний номер	6	14	32	50	82
Масові числа природних ізотопів (% у природній суміші)	12(98,89)	28(92,27)	70(20,55)	116(14,24)	204(1,48)
	13(1,11)	29(4,68)	72(27,37)	117(7,57)	206(23,6)
		30(3,05)	73(7,67)	118(24,01)	207(22,6)
			74(36,74)	119(8,58)	208(52,3)

			76(7,67)	120(32,97) 122(4,71) 124(5,98)	
I потенціал іонізації, В	11,2604	8,1517	7,900	7,3439	7,4168
Спорідненість до електрона, eВ	1,27	1,36	1,74	1,03	1,03
Електронегативність	2,50	1,74	2,02	1,72	1,55
Ступінь окислення елементу в сполуках	-4; +2; +4	-4; +2; +4	+2; +4	+2; +4	+2; +4

Таблиця 60

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	C	Si	Ge	Sn	Pb
---	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)	Неметал з атомною кристалічною ґраткою: 1) графіт (гексагональна) 2) алмаз (кубічна); 3) карбін (гексагональна)	Неметал з атомною кристалічною ґраткою (кубічна типу алмазу)	Елемент з атомною кристалічною ґраткою (кубічна типу алмазу)	Метал: 1) α -модифікація (кубічна типу алмазу); 2) β -модифікація (тетрагональна, вище 14°C)	Метал (кубічна ґранецентрована)
Колір	1) темно-сірий; 2) безбарвний; 3) чорний порошок	сріблясто-сірий з металічним блиском	сірувато-білий	1) сірий; 2) сріблясто-білий	синьо-ватосірий
Густина, ρ, г/см³ (293 K)	1) 2,265 2) 3,515	2,328	5,323	1) 5,846 2) 7,295	11,336
Температура плавлення, °C	3547	1410	937	231,9	327,4

Температура кипіння, °C	4827 (сублім)	2355	2830	2270	1740
--------------------------------	---------------	------	------	------	------

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ IV-A ГРУПИ

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me, t	C → карбіди; Si → силіциди; Ge, Sn, Pb → сплави
	H ₂ t	не реагують
	Hal, t	C → CF ₄ ; Si, Ge, Sn → EHal ₄ ; Pb → PbF ₄ , PbCl ₄ ; PbBr ₂ ; PbI ₂
	O ₂ , t	C, Si, Ge, Sn → EO ₂ ; Pb → PbO
	S, t	C, Si, Ge, Sn → ES ₂ ; Ge, Sn, Pb → ES
	N ₂ , t ≥ 1300°C	лише Si → Si ₃ N ₄
	P, t	Si, Ge, Sn → EP; EP ₂ ; EP ₃
	C	не реагують

Таблиця 62

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O, t ≤ 100°C	C, Si → не реагують
	H ₂ SO ₄ (к)	C, Si → не реагують; Ge, Sn → E(SO ₄) ₂ ; Pb → Pb(HSO ₄) ₂
	H ₂ SO ₄ (р)	C, Si, Ge → не реагують; Sn → SnSO ₄ ; Pb → пасивується
	HNO ₃ (к)	C → CO ₂ ; Si → не реагує; Ge, Sn → xEO ₂ • yH ₂ O; Pb → пасивується
	HNO ₃ (р)	C, Si, Ge → не реагують; Sn, Pb → E(NO ₃) ₂
	HCl	C, Si, Ge → не реагують; Sn → SnCl ₂ ; Pb → пасивуються
	NaOH	C, Ge → не реагують; Si → Na ₂ SiO ₃ ; Sn, Pb → Na ₂ [E(OH) ₄]

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ IV-A ГРУПИ**

Символ	Біологічна функція та токсична дія
C	1) Важливий елемент живої природи – входить до складу білків, вуглеводів, ферментів, гормонів, вітамінів тощо. 2) Утворює отруйні речовини: CO – чадний газ, потрапляючи в кров сполучається з гемоглобіном, який після цього стає нездатним переносити кисень до тканин організму; $COCl_2$ – фосген, першої отруйної речовини хімічної зброї I світової війни, вміст фосгену у повітрі вищий за 0,006 мг/л викликає набряк легенів, розлад функцій нервової системи, і навіть смерті; HCN – водний розчин – ціанідна (синильна) кислота та її солі, затримують окислювальні і ферментативні процеси, перешкоджають перенесенню кисню гемоглобіном, паралізують дихальні центри і через кисневе голодування призводять до смерті.
Si	1) Входить до складу рослин і тварин як структурний матеріал, який бере участь у обміні речовин. 2) Недостатня кількість силіцію уповільнює ріст деяких рослин, внесення силікатів у ґрунт підвищує врожайність рослин. 3) Добовий раціон людини містить 1г Силіцію. 4) Великий вміст SiO_2 – кварцу в легенях спричинює захворювання – силікоз.
Ge	Біологічна функція не досліджена.
Sn	1) Як мікроелемент входить до складу рослин і тварин. 2) В організмі людини міститься у крові і печінці, добовий раціон людини повинен містити приблизно 17 мг Стануму. 3) Біологічна функція на разі не повністю з'ясована.
Pb	1) Складова частина багатьох рослин і тварин. 2) Біологічна функція на разі не повністю з'ясована. 3) Всі сполуки Плюмбуму отруйні, особливо його органічні похідні, при отруєнні з'являється анемія, гепатит, у випадках важкого отруєння може настати параліч.

ЕЛЕМЕНТИ V-A ГРУПИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ V-A ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
N	0.04	основна складова атмосферного повітря ($\phi = 78,2\%$); невід'ємна частина живих організмів; $NaNO_3$ (чилійська селітра); KNO_3 (індійська селітра)
P	$8 \cdot 10^{-2}$	$Ca_3(PO_4)_2$ (фосфорит); $Ca_3(PO_4)_3(OH)$ (гідроксилапатит); $Ca_5(PO_4)_3F$ (фторапатит)
As	$5 \cdot 10^{-4}$	As_2S_3 (аурипігмент); As_4S_4 (реальгар); $FeAsS$ (арсенопірит, або миш'яковий колчедан); As_2O_3 (арсеноліт)
Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	Sb_2S_3 (антимоніт, або сурм'яний блиск); Sb_2O_3 (валентиніт)
Bi	$2 \cdot 10^{-5}$	Bi_2S_3 (вісмутин, або вісмутовий блиск); самородний вісмут; Bi_2O_3 (бісміт, або вісмутова охра); Bi_2TeS (телуристий вісмут, або тетрадиміт); $(BiO)_2CO_3$ (вісмутит)

Таблиця 65

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	N	P	As	Sb	Bi
Атомний номер	7	15	33	51	83
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	14(99,635) 15(0,365)	31(100)	75(100)	121(57,25) 123(42,75)	209 (100)
I потенціал іонізації, В	14,5352	10,4867	9,815	8,64	7,29
Спорідненість до електрона, eВ	-0,21	0,8	1,07	0,94	0,95

Електронегативність	3,07	2,10	2,20	1,82	1,67
Ступінь окислення елементу в сполуках	-3 ; -2; -1; +1; +2; +3; +4; +5	-3; +1; +3; +4; +5	-3; +3 ;+5	-3; +3 ;+5	-3; +3 ;+5

Таблиця 40

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	N	P	As	Sb	Bi
Алотропні форми, стійки за звичайних умов	Азот (інш. алотропних форм за зв. ум. не має)	1) білий фосфор; 2) червоний фосфор; 3) чорний фосфор	1) сіра (металічна модифікація); 2) жовта (неметалічна модифікація), нестійка		Вісмут (металічна модифікація)
Агрегатний стан за звичайних умов, колір	безбарвний газ	кристалічні речовини: 1) білий; 2) червоний; 3) чорний	металоподібна кристалічна речовина		м'який метал, сріблясто-білий
			сірий	сріблясто-білий	
Кристалічна ґратка	—	1) молекулярна; 2), 3) атомна	атомна ромбоєдрична		
Склад молекул	N ₂	P ₄	As ₄	Sb ₄	Bi ₂
Густина, ρ, г/см ³ (293 К)	1,2506	1,82 (P ₄) 2,20(P _{червоний}) 2,69(P _{чорний})	1) 5,78	1) 6,691	1) 9,747
Температура плавлення, °С	−209,71	1) 44,3 2) 410 (під тиском)	817 (під тиском)	630,89	271,5
Температура кипіння, °С	−195,6	1) 280	616 (субл)	1635	1560

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ V-A ГРУПИ

Таблиця 66

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me, t	Me I–А групи $\rightarrow$ Me ₃ E; Me II–А групи $\rightarrow$ Me ₂ E ₃ ; Me d-елементи $\rightarrow$ MexEy
	H ₂ , t	лише N ₂ $\rightarrow$ NH ₃
	Hal, t	N $\rightarrow$ NF ₃ ; P $\rightarrow$ PHal ₃ , PHal ₅ (крім PI ₅); As, Sb, Bi $\rightarrow$ EHal ₃ , EHal ₅ , SbCl ₅
	O ₂ , t	N $\rightarrow$ NO ($t \geq 1200^\circ\text{C}$); P $\rightarrow$ P ₄ O ₆ , P ₄ O ₁₀

	S, t	N $\rightarrow$ не реагує; P $\rightarrow$ P ₄ S ₃ ; P ₄ S ₅ ; P ₄ S ₇ ; P ₄ S ₁₀ ; As $\rightarrow$ As ₄ S ₃ ; As ₄ S ₄ ; As ₂ S ₃ ; As ₂ S ₅
	N ₂ , t	лише P $\rightarrow$ P ₃ N ₅ (електророзряд)
	P, t	N $\rightarrow$ P ₃ N ₅ (електророзряд); As $\rightarrow$ тверді розчини; Sb, Bi $\rightarrow$ не реагує
	C, t	N $\rightarrow$ C ₂ N ₂ ($t \geq 3000\text{--}4000^\circ\text{C}$); P $\rightarrow$ C ₃ P ($t \geq 2000^\circ\text{C}$); As, Sb, Bi $\rightarrow$ не реагують

Таблиця 67

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O, (кіп'ятіння)	лише P $\rightarrow$ PH ₃ + H ₃ PO ₂
	HF(p)	не реагують
	HCl (p)	не реагують
	H ₂ SO ₄ (к)	P $\rightarrow$ не реагує; As $\rightarrow$ HAsO ₂ ; Sb, Bi $\rightarrow$ E ₂ (SO ₄) ₃
	H ₂ SO ₄ (p)	не реагують
	HNO ₃ (к)	P, As $\rightarrow$ H ₃ EO ₄ ; Sb $\rightarrow$ Sb ₂ O ₅ ;

		Bi → не реагує
	HNO ₃ (р)	P → не реагує; As → H ₃ AsO ₄ ; Sb → Sb ₂ O ₅ ; Bi → Bi(NO ₃) ₃
	NaOH, (надлишок, кип'ятіння)	P → PH ₃ + NaH ₂ PO ₄ ; As → Na ₃ AsO ₃ ; Sb, Bi → не реагують

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ V-A ГРУПИ**

Символ	Біологічна функція та токсична дія
N	1) Входить до складу кожної рослини і тварини у вигляді білкових речовин. 2) Всі оксиди за винятком N_2O отруйні. 3) Гостре отруєння NH_3 – амоніаком викликає ураження очей та дихальних шляхів, задишку і запалення легенів.
P	1) Входить до складу РНК, ДНК і АТФ. 2) Міститься в усіх частинах рослин. 3) Найважливіші фізіологічні процеси пов'язані з перетворенням фосфорорганічних речовин. 4) В організмі тварин накопичується у скелеті, м'язах і нервовій тканині. 5) В організмі людини міститься близько 1,5 кг Фосфору. 6) Білий фосфор і його пара дуже токсичні, смертельна доза становить 0,1 – 0,15 г. 7) Фосфор, що горить, спричинює болючі опіки, які важко загоюються і можуть викликати загальне отруєння організму. 8) При отруєнні PH_3 – фосфіном насамперед уражується нервова система.
As	1) Незначні кількості його сполук містяться в організмах рослин і тварин. 2) Дуже малі дози Арсену стимулюють життєві процеси, зокрема кровотворення, а більш значні дози – токсичні, особливо сполуки As^{3+} .
Sb	1) Сполуки Стибію дуже отруйні. 2) Біологічна роль відсутня.
Bi	1) Вісмут менш токсичний і за характером отруєння, яке він викликає більш подібний до ртуті, ніж до миш'яку. 2) Біологічна роль відсутня.

ЕЛЕМЕНТИ VI-A ГРУПИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ VI-A ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі,	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
--------	-----------------------------------	--

	%	
O	47	у вільному стані знаходиться в атмосферному повітрі; у зв'язаному вигляді входить у склад H_2O , SiO_2 , силікатів, алюмосилікатів, всіх речовин, з яких побудовані живі організми
S	$5 \cdot 10^{-2}$	самородна сірка; у вулканічних газах у вигляді H_2O і SO_2 ; сульфіді і полісульфіді – FeS_2 (пирит); PbS (свинцевий блиск); ZnS (цинкова обманка); сульфати – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гіпс); $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (глауберова сіль, або мірабіліт)
Se	$8 \cdot 10^{-5}$	у вигляді домішок селенідів у сульфідних рудах – FeS_2 ; ZnS ; $CuFeS_2$ (халькопирит); у вигляді самостійних мінералів – Cu_2Se (берцеліаніт); Ag_2Se (науманіт); $CuSeO_3 \cdot 2H_2O$ (халькоменіт); $PbSeO_4 \cdot 2H_2O$ (керстеніт)
Te	$1 \cdot 10^{-7}$	супровідний компонент у мінералах золота у вигляді сполук золота і срібла – $AuAgTe_4$ (сильваніт); Ag_2Te (гессіт); серед самостійних мінералів – $PbTe$ (алтаїт); Bi_2Te_3 (телуровісмутит); Bi_2Te_2S (тетрадиміт)
Po	$2 \cdot 10^{-14}$	у мінералах урана і торія як продукт радіоактивного розпаду

Таблиця 70

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характери стика	O	S	Se	Te	Po
Атомний номер	8	16	34	52	84

Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	16(99,759) 17(0,037) 18(0,204)	32(95,018)) 33(0,75) 34(4,215) 36(0,017)	74(0,87) 76(9,02) 77(7,58) 78(23,52) 80(49,82) 82(9,19)	120(0,089) 122(2,46) 123(0,87) 124(4,61) 125(6,99) 126(18,71) 128(33,79) 130(34,49)	стабільних ізотопів немає 210*– най-стійкіший із природних ізотопів
I потенціал іонізації, В	13,6182	10,3601	9,752	9,010	8,43

Спорідненість до електрона, eV	1,467	2,0772	2,0201	1,96	1,32
Електронегативність	3,50	2,60	2,48	2,01	1,76
Ступінь окислення елементу в сполуках	–1; –2; +2	–2; +2; +4; +6	–2; +2; +4; +6	–2; +2; +4; +6	–2; +2; +4

Таблиця 71

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	O	S	Se	Te	Po
Алотропні форми, стійки за звичайних умов	кисень, озон	α-S (ромбічна сірка)	γ-Se (гексагональний, або сірий селен)	β-Te (гексагональний теллур)	α-Po

Агрегатний стан за звичайних умов, колір	безбарвний чи синій газ	кристалічна речовина, жовтий	кристалічна речовина з металічним блиском, сірий	металоподібна кристалічна речовина, сріблясто-білий	м'який метал, сріблясто-білий
Кристалічна ґратка	—	молекулярна ромбічна	ланцюгова гексагональна	молекулярна	атомна кубічна
Склад молекул	O ₂ ; O ₃	S ₈	Se _∞	Te _∞	—
Густина, ρ, г/см³ (293 К)	1,429	2,070	4,790	6,240	9,320
Температура плавлення, °С	–218,2	113	217	449,7	254
Температура кипіння, °С	–182,812	444,824	685,1	990	962

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VI-А ГРУПИ

Таблиця 72

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	Me, t	Na ₂ O ₂ ; MeO ₂ (Me = K, Rb, Cs); Me I-A групи – Me ₂ E; Me II-A групи – MeE
	H ₂ , t	O, S, Se → H ₂ S; Te → не реагує; Po → PoH ₂
	Hal, t	O → лише O ₂ F ₂ (електророзряд, t = –190 ⁰ C); S, Se, Te → S ₂ Hal ₂ , EHal ₂ , EHal ₄ , TeI ₄ , EF ₆ (Hal = F, Cl, Br)
	O ₂ , t	EO ₂
	S, t	O → SO ₂ ; Se, Te → ; Po → PoS
	N ₂ , t ≥ 1200 ⁰ C	O ₂ → NO
	P, t	O → P ₄ O ₆ , P ₄ O ₁₀ ; S → P ₄ S ₃ , P ₄ S ₅ , P ₄ S ₇ , P ₄ S ₁₀ ; Se → P ₄ Se, P ₂ Se, P ₂ Se ₅ ; Te → Te ₃ P ₂
	C, t	CE ₂ (крім Po)

Таблиця 73

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O, t ≤ 100 ⁰ C	S → H ₂ S + H ₂ SO ₃ ; Te → TeO ₂ ; Se, Po → не реагують
	H ₂ SO ₄ (к)	S, Se, Te → EO ₂ ; Po → PoSO ₄
	H ₂ SO ₄ (р)	лише Po → PoSO ₄
	HNO ₃ (к)	S → H ₂ SO ₄ ; Se, Te → H ₂ EO ₃ ;

		$\text{Po} \rightarrow \text{Po}(\text{NO}_3)_4$
	$\text{HNO}_3(\text{p})$	не реагують
	$\text{HCl}(\text{p})$	лише $\text{Po} \rightarrow \text{PoCl}_2$
	$\text{HF}(\text{p})$	лише $\text{Po} \rightarrow \text{PoF}_2$
	NaOH (надлишок, кип'ятіння)	$\text{S, Se, Te} \rightarrow \text{Na}_2\text{E} + \text{Na}_2\text{EO}_3$; $\text{Po} \rightarrow$ не реагує

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ VI-A ГРУПИ**

Символ	Біологічна функція та токсична дія
O	1) Входить до складу ДНК. 2) Його біологічна функція в значній мірі визначається значною здатністю міцно зв'язувати електрони. В склад їжі організмів входять речовини в молекулах яких електрони знаходяться на більш високому енергетичному рівні, ніж у Оксигена. Тому перехід електронів від речовини їжі до Оксигену надає організму енергію, необхідну для руху, біохімічного синтезу тощо. 3) Оксиген у вигляді O_2 – кисню нетоксичний, O_3 – озон токсичний.
S	1) Важливий для всіх живих організмів: входить до складу амінокислот, як-то цистеїн, глутатіон та інші. 2) Чиста сірка нетоксична, токсичні деякі сполуки Сульфуру, так при вдиханні H_2S – сірководню у значних концентраціях людина непритомлює, а в деяких випадках в наслідок паралічу дихальних шляхів може навіть настати смерть; SO_2 – Сульфур (IV) оксид є токсичною домішкою повітря промислових міст, при концентраціях 0,03 – 0,05 мг на 1 дм³ повітря викликає подразнення очей, горла, верхніх дихальних шляхів.
Se	1) Важливий для деяких форм життя, а також для людини. 2) Сполуки Селену токсичні.
Te	1) Сполуки Телуру токсичні. 2) Біологічна функція відсутня.
Po	1) Сполуки Полонію токсичні і радіоактивні. 2) Біологічна функція відсутня.

ЕЛЕМЕНТИ VI-B ГРУПИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ VI-B ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Cr	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$FeCr_2O_4$ (хроміт); $PbCrO_4$ (крокоїт); $(Mg,Fe)Cr_2O_4$ (мангохроміт); $Fe(Cr,Al)_2O_4$ (алюмохроміт)
Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	MoS_2 (молібденіт); $CaMoO_4$ (повеліт); $nFe_2O_3 \cdot kH_2O$

		(молібдит)
W	$1 \cdot 10^{-4}$	$CaWO_4$ (шеєліт); $(Fe,Mn)WO_4$ (вольфраміт)

Таблиця 76

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	Cr	Mo	W
Атомний номер	24	42	74
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	50(4,31) 52(83,76) 53(9,55) 54(2,38)	92(15,86) 94(9,12) 95(15,7) 96(16,5) 97(9,45) 98(23,75) 100(9,62)	180(0,135) 182(26,4) 183(14,4) 184(30,6) 186(28,4)
I потенціал іонізації, В	6,65	7,10	7,98
Спорідненість до електрона, eВ	0,98	1,18	1,23
Електронегативність	1,56	1,30	1,40
Ступінь окислення елементу в сполуках	+2; +3; +6	+2; +3; +4; +5; +6	+2; +3; +4; +5; +6

Таблиця 77

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i> <i>Характеристика</i>	Cr	Mo	W
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)</i>	метал (кубічна об'ємноцентрована)		
<i>Колір</i>	сріблястий	сіро-стальний	сірувато-білий блискучий
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	7,19	10,22	19,32
<i>Температура плавлення, °С</i>	1857	2620	3407
<i>Температура кипіння, °С</i>	2672	4612	5657

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VI-В ГРУПИ

Таблиця 78

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	Реагент, умови	Продукти реакції
Е	Me, t	сплави
	H ₂	не реагують
	Hal, t	Cr → CrHal ₂ ; CrHal ₃ Mo, W → EHal ₂ ; EHal ₃ ; EHal ₄ ; EHal ₅ ; EHal ₆ ;
	O ₂ , t	Cr → Cr ₂ O ₃ ; Mo, W → EO ₃
	S, t	E _x S _y
	N ₂ , 800-900 ⁰ C	E ₂ N; EN
	P, t	E _x P _y
	C, t ~ 1500 ⁰ C	E _x C _y

Таблиця 79

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	Реагент, умови	Продукти реакції
Е	H ₂ O t ~ 900 ⁰ C	Cr → Cr ₂ O ₃ ; Mo, W → EO ₂
	H ₂ SO ₄ (к)	Cr → не реагує; Mo, W → H ₂ (EO ₄) ₂
	H ₂ SO ₄ (р)	лише Cr → CrSO ₄
	HF	лише Cr → CrF ₂
	HF + HNO ₃	H ₂ [EF ₈]
	HNO ₃ (к)	не реагують
	HNO ₃ (р)	не реагують
	HCl	лише Cr → CrCl ₂
	3HCl + HNO ₃	лише Mo → H ₂ MoO ₄
	NaOH + NaNO ₃	Na ₂ EO ₄

	(сплавлення)	
--	--------------	--

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ VI-B ГРУПИ

Символ	Біологічна функція та токсична дія
Cr	1) Складова частина рослин і тварин, приймає участь у діяльності ферментів, наприклад, пепсину. 2) При нестачі Хрому гальмується ріст тварин, порушується вуглеводний обмін, розвиваються хвороби очей. 3) Розчинні сполуки Хрому отруйні. 4) Усі сполуки Cr^{6+} дуже токсичні; при потраплянні на шкіру або слизову оболонку вони викликають подразнення (іноді утворення виразок), а при вдиханні їхнього пилу призводить до раку легенів.
Mo	1) Розчинні молібдати використовують як мікродобрива, невеликі кількості Молібдену у ґрунті необхідні для нормального розвитку рослин, особливо бобових, відіграють роль каталізаторів процесу фіксації атмосферного азоту. 2) Міститься у тваринних тканинах, входить до складу багатьох ферментів, які здійснюють окислювально-відновні перетворення у клітині.
W	Біологічна функція відсутня.

ЕЛЕМЕНТИ VII-A ГРУПИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ VII-A ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
F	$6,25 \cdot 10^{-2}$	CaF_2 (флюорит або плавиковий шпат); $Na_3[AlF_6]$ (кріоліт); $Ca_5F(PO_4)_3$ (фторапатит)
Cl	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$NaCl$ (галіт або кам'яна сіль); KCl (сильвін); $NaCl \cdot KCl$ (сильвініт); $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (карналіт)

Br	$1,6 \cdot 10^{-4}$	у вигляді бромидів ($NaBr$, KBr , $MgBr_2$) у покладах хлоридів
I	$4 \cdot 10^{-5}$	KIO_3 і KIO_4 у покладах селітри, підземних бурових водах нафтових регіонів; у морських рослинах
At	—	у природі практично не зустрічається

Таблиця 82

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент Характеристика	F	Cl	Br	I	At
Атомний номер	9	17	35	53	85
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	19(100)	35(75,77) 37(24,23)	79(50,56) 81(49,44)	127(100)	стабільних ізотопів немає 210* – найстійкіший
I потенціал іонізації, В	17,4231	12,9678	11,84	10,4514	9,20
Спорідненість до електрона, eВ	3,448	3,614	3,37	3,08	0,145
Електронегативність	4,10	2,83	2,74	2,21	1,96
Ступінь окислення елементу в сполуках	-1	-1; +1; +3; +4; +5; +6; +7	-1; +1; +3; +5; +7	-1; +1; +4; +5; +7	-1; +1; +3; +5; +7

Таблиця 83

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Елемент Характеристика	F	Cl	Br	I	At
Агрегатний стан за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)	газ	газ	рідина	кристали (молекулярна ромбічна)	кристали (молекулярна)

Колір	жовтуватий	жовту вато- зелени й	червоно -бурий	чорно- фіолетови й з металічн и м бліском	чорно- синій
Склад молекули	F ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂	At ₂

Густина, ρ, г/см³ (293 K)	1,3	1,9	3,4	4,93	—
Температура плавлення, °C	–219,47	–100,83	–7,1	113,7	302
Температура кипіння, °C	–187,99	–33,82	58,93	184,5	337

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VII-A ГРУПИ

Таблиця 84

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	Реагент, умови	Продукти реакції
E	Me, t	Me I–A групи → MeE Me II–A групи → MeE ₂
	H ₂ , (I ₂ при нагріванні)	HE
	Hal	ClF, ClF ₃ ; BrF, BrF ₃ , BrF ₅ , BrCl; IF, IF ₃ , IF ₅ , IF ₇ , ICl, ICl ₃ , IBr
	O ₂ , t	лише F → O ₂ F ₂ (електророзряд, t = –190°C)
	S, t	F, Cl, Br → S ₂ E ₂ , SE ₂ , SE ₄ , SE ₅
	N ₂ , t	лише F → NF ₃
	P, t	PE ₃ , PE ₅ (крім PI ₅)
	C, t	лише F → CF ₄

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
Е	H ₂ O	F → HF; Cl, Br, I → HE + HEO
	HF	не реагують
	HCl	не реагують
	H ₂ SO ₄ (к)	не реагують
	H ₂ SO ₄ (р)	не реагують
	HNO ₃ (к)	лише I ₂ → HIO ₃
	HNO ₃ (р)	не реагують
	NaOH, t	F → OF ₂ + NaF; Cl, Br, I → NaE + NaFO

**БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ТА ТОКСИЧНА ДІЯ СПЛУК
ЕЛЕМЕНТІВ VII-A ГРУПИ**

Символ	Біологічна функція та токсична дія
F	1) Важливий для ссавців, включно з людиною. 2) В організмі людини сполуки Флуору становлять 0,01% і входять в основному до складу кісток і емалі зубів. 3) У питній воді міститься приблизно 1мг/л фтору, вміст менше 1 мг/л призводить до карієсу, надлишок, вміст більше 1,2 мг/л призводить до руйнування емалі. 4) Фтор – токсична речовина (максимально допустима концентрація його у повітрі становить 2×10^{-4} мг/л), шкідливо впливає на слизову оболонку верхніх дихальних шляхів, на легені, а також на центральну нервову систему та інші органи. 5) Концентрований розчин <i>HF</i> – фторидна (плавикова) кислота потрапляючи на шкіру спричинює тяжкі опіки, які переходять у виразки.
Cl	1) Суттєво важливий для багатьох форм життя, включно з людиною. 2) Іони Хлору в організмі активізують деякі ферменти, є джерелом для утворення хлоридної (соляної) кислоти, необхідної для дії ферментів шлункового соку. 3) <i>NaCl</i> – Натрій хлорид (кухонна сіль) впливає на електропровідність клітинних мембран, перебуваючи поза клітинами, підтримує сталий осмотичний тиск крові і тканинних рідин; щоденно з їжею людина споживає 5-10 г кухонної солі. 4) <i>Cl₂</i> – газоподібний хлор – дуже токсична речовина (максимально допустима концентрація його в атмосфері виробничих приміщень становить 0,001 мг/л); вдихання повітря, що містить навіть невеликі домішки хлору призводить до запалення дихальних шляхів, викликає кашель і може призвести до набряку легенів.
Br	1) Сполуки Брому містяться в організмі тварин у крові, спинномозковій рідині, у наднирковій залозі та інших органах. 2) Регулюють діяльність нервової системи в організмах людини і тварин. 3) Бром дуже токсичний, сполуки, що містять іон <i>Br⁻</i> – мало токсичні.

I	1) Постійна складова частина живих організмів. 2) В організмі людини міститься в основному в щитоподібній і наднирковій залозах; у складі гормону щитоподібної залози – тироксину, визначає загальний темп процесів життєдіяльності та
----------	---

	розвитку організмів тварин і людини. 3) У вигляді I_2 – токсичний.
At	Біологічна функція відсутня.

ЕЛЕМЕНТИ VII-B ГРУПИ

Таблиця 87

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ VII-B ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Mn	$9 \cdot 10^{-2}$	MnO_2 (піролюзит); Mn_3O_4 (гаусманіт); Mn_2O_3 (брауніт); $MnOOH$ (манганіт)
Tc	—	залишки в уранових рудах
Re	$7 \cdot 10^{-8}$	домішки марганцевих і молібденових руд

Таблиця 88

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент	Mn	Tc	Re
Характеристика			
Атомний номер	25	43	75
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	55(100)	—	185(37,07) 187(62,93)
I потенціал іонізації, В	7,435	7,278	7,88

<i>Спорідненість до електрона, eV</i>	-0,97	0,99	0,38
<i>Електронегативність</i>	1,60	1,36	1,46
<i>Ступінь окислення елементу в сполуках</i>	+2; +3; +4; +6; +7	+2; +4; +6; +7	+2; +3; +4; +6; +7

Таблиця 89

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i> <i>Характеристика</i>	Mn	Tc	Re
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)</i>	метал (кубічна)	метал (гексагональна)	
<i>Колір у компактному стані</i>	сріблястий	сріблясто-білий	сірувато-білий
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	7,44	11,487	21,03
<i>Температура плавлення, °С</i>	1244	2172	3180
<i>Температура кипіння, °С</i>	1962	7877	5627

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VII-В ГРУПИ

Таблиця 90

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	Me, t	сплави
	H ₂	не реагують
	Hal, t = 100-500°C	Mn → MnHal ₂ ; Tc → TcHal ₆ Re → ReHal ₅ ; ReHal ₆ ;
	O ₂ , t	Mn → MnO, Mn ₂ O ₃ , MnO ₂ ; Tc, Re → E ₂ O ₇
	S, t	Mn → MnS, MnS ₂ ; Tc, Re → ES ₂
	N ₂ , t ~ 1200 °C	лише Mn → Mn _x N _y

	P, t ~ 800 °C	E _x P _y
	C, t ~ 1200 °C	E _x C _y

Таблиця 91

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВІШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	H ₂ O	лише Mn → Mn(OH) ₂
	H ₂ SO ₄ (к), t	Mn → MnEO ₄ ; Tc, Re → HEO ₄
	H ₂ SO ₄ (р)	лише Mn → MnSO ₄
	HNO ₃ (к), t	лише Mn → Mn(NO ₃) ₂
	HNO ₃ (р)	Mn → Mn(NO ₃) ₂ ; Tc, Re → HEO ₄
	HF	лише Mn → MnF ₄
	HCl	лише Mn → MnCl ₂
	3HCl + HNO ₃	Mn → не реагує; Tc, Re → HEO ₄
	H ₂ O ₂	лише Re → HReO ₄
	NaOH, t	лише Re → NaReO ₄

Таблиця 92

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ VII-В ГРУПИ

<i>Символ</i>	<i>Біологічна функція</i>
Mn	1) Відноситься до мікроелементів, сприятливо впливає на врожайність та якість зернових, овочевих, технічних та інших культур; нестача або надмір Мангану в рослинах пригнічують їх розвиток. 2) Наявність Мангану в рослинах і тваринах забезпечує протікання багатьох біохімічних процесів: фотосинтезу, окислювально-відновних процесів, синтезу хлорофілу, вітамінів. 3) В організмі людини міститься у серці, печінці, нирках та інших органах, відіграє велику роль у кровотворенні, мінеральному обміні, рості, імунитеті. 4) Добова доза для дорослої людини становить 8 мг, більші дози діють як дуже сильна отрута, що викликає анемію, розлад нервової системи і смерть.
Tc	Біологічна функція відсутня.

Re	
----	--

ЕЛЕМЕНТИ VIII-В ГРУПИ

Таблиця 93

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ VIII-В ГРУПИ

Символ	ω вмісту в земній корі, %	Найважливіші природні сполуки (назви мінералів)
Fe	4,65	Fe_3O_4 (магнетит, або магнітний залізняк); Fe_2O_3 (гематит, або червоний залізняк); $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ (лимоніт, або бурий залізняк); FeS_2 (пірит); $FeCO_3$ (сидерит)
Co	$4 \cdot 10^{-3}$	$CoAsS$ (кобальтин); $(Co,Fe)As_2$ (сафлорит); $CoAs_3$ (скуттерудит)
Ni	$8 \cdot 10^{-3}$	$(Fe,Ni)_9S_8$ (пентландит); $NiAs$ (нікелін); Ni_3S_4 (полідимит)

Таблиця 94

АТОМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент	Fe	Co	Ni
Характеристика			
Атомний номер	26	27	28
Масові числа природний ізотопів (% у природній суміші)	54(5,84) 56(91,68) 57(2,17) 58(0,31)	57(0,17) 59(99,83)	58(67,76) 60(26,16) 61(1,15) 62(3,66) 64(1,16)
I потенціал іонізації, В	7,893	7,866	7,635
Спорідненість до електрона, eВ	0,58	0,94	1,28
Електронегативність	1,64	1,70	1,75
Ступінь окислення елементу в сполуках	+2; +3; +6	+2; +3	+2; +3; +4

Таблиця 95

ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

<i>Елемент</i> <i>Характеристика</i>	Fe	Co	Ni
<i>Основна форма існування за звичайних умов (тип кристалічної ґратки)</i>	метал (кубічна об'ємноцентрована)	метал (гексагональна)	метал (кубічна гранецентрована)
<i>Колір у компактному стані</i>	сріблясто-сірий	сріблясто-блакитний	сріблясто-білий
<i>Колір у порошкоподібному стані</i>	сірий		
<i>Густина, ρ, г/см³ (293 К)</i>	7,874	8,84	8,90
<i>Температура плавлення, °С</i>	1535	1493	1453
<i>Температура кипіння, °С</i>	2750	2870	2732

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VIII-В ГРУПИ

Таблиця 96

РЕАКЦІЇ З ПРОСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

	<i>Реагент, умови</i>	<i>Продукти реакції</i>
E	Me, t	сплави
	H ₂ , t	тверді розчини
	Hal, t	Fe → FeHal ₂ , Fe(F, Cl, Br) ₃ ; Co → CoHal ₂ , Co(F, Cl) ₃ ; Ni → NiHal ₂
	O ₂ , t	Fe → Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄ ; Co → CoO, Co ₃ O ₄ ; Ni → NiO
	S, t	E _x S _y
	N ₂	не реагують

	P, t	$E_x P_y$
	C, t	$(Fe, Co)_2C$, E_8C , тверді розчини

Таблиця 97

РЕАКЦІЇ З НАЙВАЖЛИВИШИМИ РЕАГЕНТАМИ

	Реагент, умови	Продукти реакції
E	H_2O t	$Fe \rightarrow Fe_3O_4$; $Co, Ni \rightarrow EO$
	$H_2SO_4(k)$	пасивуються
	$H_2SO_4(p)$	ESO_4
	$HNO_3(k)$	пасивуються
	$HNO_3(p)$	$E(NO_3)_2$
	HCl	ECl_2
	$3HCl + HNO_3$	ECl_3 , Ni також $NiCl_2$
	NaOH	не реагують

Таблиця 98

БІОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ СПЛУК ЕЛЕМЕНТІВ VIII-В ГРУПИ

Символ	Біологічна функція
Fe	1) Відіграє активну роль в життєдіяльності будь-яких організмів, яка пов'язана з обмінними процесами; входить до складу ферментів, що каналізують окислювально-відновні процеси, комплексів, що необхідні для передачі електронів. 2) Організм дорослої людини містить близько 4 г Fe^{2+}, з яких 57% входить до складу гемоглобіну; більша частина міститься в печінці і селезінці; недостатня кількість Феруму в організмі людини призводить до розвитку анемії. 3) Відсутність необхідної кількості сполук Fe^{2+} у ґрунті уповільнює синтез хлорофілу та деяких вітамінів, тому сполуки Fe^{2+}, зокрема $FeSO_4 \times 7H_2O$ – залізний купорос використовується у сільському господарстві як мікродобриво.

Co	1) Сполуки Кобальту в організмі людини беруть участь у процесі кровотворення, синтезі гемоглобіну, амінокислот, білків. 2) Входить до складу антианемічного та стимулюючого ріст вітаміну B₁₂, який містить 4,35% кобальту. 3) Сполуки Кобальту сприяють асиміляції азоту рослинами. 4) У разі відсутності або недостатньої кількості сполук Кобальту в їжі у тварин розвиваються ознаки анемії, тому їх додають у вигляді добавки до кормів при ви годівлі тварин.
Ni	Відноситься до мікроелементів: входить до складу багатьох рослин і тварин, стимулює синтез амінокислот у клітині, прискорює регенерацію білків плазми крові, нормалізує вміст гемоглобіну у хворих організмах.

РОЗЧИННІСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ У ВОДІ (за температури 20-25 °С)

Аніони	Катіони																			
	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	
OH [−]		P	P	P	P	M	M	H	H	H	H	H	H	H	−	−	H	H	H	
Cl [−]	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P	M	P	
Br [−]	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	P	M	P	
I [−]	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	−	P	P	P	H	M	−	M	M	
S ^{2−}	P	P	P	P	P	−	−	−	−	H	−	H	H	H	H	H	H	H	H	
SO ₃ ^{2−}	P	P	P	P	M	M	M	−	−	M	−	H	M	P	H	−	−	M	−	
SO ₄ ^{2−}	P	P	P	P	H	M	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	M	P	
PO ₄ ^{3−}	P	P	P	P	H	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H	−	−	H	H	
CO ₃ ^{2−}	P	P	P	P	H	H	M	−	−	H	−	−	H	H	M	−	−	H	−	
SiO ₃ ^{2−}	H	P	P	−	H	H	H	−	−	H	−	−	H	H	−	−	−	H	−	
NO ₃ [−]	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
CH ₃ COO [−]	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	−	P	P	P	P	P	P	P	P	

Умовні позначення: **Р** – розчиняється (понад 10 г/л H₂O);
М – мало розчиняється (від 10 г/л до 0,01 г/л H₂O);
Н – практично не розчиняється (менше 0,01 г/л H₂O);
— – сполука розкладається водою або не існує.

Забарвлення індикаторів у розчинах кислот і лугів

Індикатор	Забарвлення індикатора в середовищі		
	нейтральному	кислому	лужному
Лакмус	Фіолетовий	Червоний	Синій
Фенолфталеїн	Безбарвний	Безбарвний	Малиновий
Метилловий оранжевий	Оранжевий	Рожевий	Жовтий

РЯД АКТИВНОСТІ МЕТАЛІВ

Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H₂), Bi, Cu, Ag, Hg, Pt, Au

Активність металів зменшується →

ГЛОСАРІЙ

Амфотерність – здатність сполуки (оксиду, гідроксиду) виявляти як основні, так і кислотні властивості.

Аніон – негативно заряджений іон.

Анод – позитивно заряджений електрод.

Атомна частка нукліда – відношення кількості атомів нукліда до загальної кількості атомів елемента.

Бактерицидний (від бактерії та лат. *caedo* – вбиваю) – такий, що вбиває бактерії; антисептичний

Безоксигенові кислоти – кислоти, у молекулах яких відсутні атоми Оксигену.

Біогеохімія – наука про хімічний склад живих організмів та їхню роль у нагромадженні і міграції хімічних елементів у земній корі.

Біосфера (від грец. *bios* – життя і *sphaira* – куля) – оболонка Землі, яку заселяють живі організми.

Валентність – здатність атома сполучатися з певним числом інших атомів.

Вищий оксид – оксид, у якому елемент виявляє найбільше значення валентності.

Відносна атомна маса – відношення маси атома до $1/12$ маси атома ^{12}C .

Відносна густина газу за іншим газом – відношення маси певного об'єму газу до маси такого самого об'єму іншого газу (за однакових температури и тиску).

Відносна молекулярна маса – відношення маси молекули до $1/12$ маси атома ^{12}C .

Властивості речовин – ознаки, за якими одну речовину відрізняють від іншої; розрізняють фізичні і хімічні властивості речовин.

Галогени – елементи VII-A групи періодичної системи, а також відповідні прості речовини (В посібнику позначається латинськими літерами Hal).

Генетичний зв'язок – взаємозв'язок між речовинами, який ґрунтується на їх походженні і хімічних властивостях.

Група (періодичної системи) – це вертикальний стовпчик хімічних елементів, схожих за властивостями та формою їх сполук.

Електроліз – процеси електрохімічного окиснення-відновлення, що відбуваються на занурених в електроліт електродах у наслідок проходження електричного струму.

Електрон – негативно заряджена частинка, складова атома.

Електронегативність – властивість атома елемента зміщувати до себе електронну пару, спільну з атомом іншого елемента.

Електронна формула – запис, який відображає електронну будову атома чи молекули.

Електронний октет – оболонка атома, що містить вісім електронів.

Енергетичний рівень (електронна оболонка) – фрагмента сучасної моделі атома, який об'єднує електрони з майже однаковою енергією.

Закон – необхідне, істотне, стійке, повторюване відношення між явищами в природі і суспільстві; пізнання закону становить завдання науки.

Збудження атома – процес переходу електрона з однієї орбіталі в іншу в межах одного енергетичного рівня.

Зовнішні електрони – електрони останнього енергетичного рівня атома.

Ізотопи – нукліди одного елемента, або види атомів з однаковою кількістю протонів і різною кількістю нейтронів.

Індикатор – речовина, що після введення до розчину змінює свій колір або колір розчину й таким чином дає змогу визначити його хімічну природу.

Інертні елементи – елементи VIII-A групи періодичної. Прості речовини цих елементів називають інертними газами.

Іонний зв'язок – зв'язок між протилежно зарядженими іонами в речовині.

Істинна формула – формула, яка показує справжній склад молекули.

ІЮПАК (англ. і фр. IUPAC) – Міжнародний союз теоретичної (чистої) і прикладної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry) – організація, яка координує дослідження, що потребують міжнародного узгодження, контролю й стандартизації, рекомендує (затверджує) хімічну термінологію, назви елементів тощо.

Каталізатор – речовина, що прискорює хімічну реакцію, але кількісно не витрачається і не входить до складу продуктів реакції.

Катіон – позитивно заряджений іон.

Катод – негативно заряджений електрод; термін запропонував англійський фізик М.Фарадей у 1834 році.

Кислота – сполука, в молекулі якої містяться один або кілька атомів Гідрогену, здатних під час хімічних реакцій заміщуватися на один або кілька атомів металічного елемента.

Кислотний залишок – частина молекули кислоти, з якою сполучені атоми Гідрогену.

Кислотний оксид – оксид, якому відповідає оксигеновмісна кислота.

Кислототворний елемент – елемент, який утворює кислоту.

Кількість речовини – фізична величина, яка визначається кількістю частинок (атомів, молекул, іонів) у певній пропорції речовини.

Класифікація – розподілення об'єктів (предметів, явищ тощо) на групи або класи за певними ознаками.

Ковалентний зв'язок – зв'язок між атомами, зумовлений існуванням спільних електронних пар.

Константа – стала величина у низці тих, які змінюються; елементарний іменованний об'єкт

Концентрація (C) – це вміст розчиненої речовини в одиниці маси або об'єму розчину.

Кристалічні ґратки – модель будови кристалічної речовини.

Луг – водорозчинна основа.

Лужні елементи – елементи І-А групи періодичної системи. Прості речовини цих елементів називають лужними металами.

Лужноземельні елементи – елементи II-A групи періодичної системи.

Прості речовини цих елементів називаються лужноземельними металами.

Моль – одиниця вимірювання кількості речовини; порція речовини, яка містить $6,02 \cdot 10^{23}$ її формульних одиниць.

Молярна маса – маса 1 моль речовини. Виражена у грамах, чисельно дорівнює відносній атомній, молекулярній чи формульній масі.

Молярний об'єм – об'єм 1 моль речовини. Для різних газів є однаковим за одних і тих самих температури і тиску.

Найпростіша формула – формула, яка відображає співвідношення кількості атомів або іонів у сполучі.

Нейтрон – електронейтральна частинка, складова атома; міститься в атомному ядрі.

Неорганічна хімія – галузь хімічної науки, яка вивчає неорганічні речовини.

Неполярний ковалентний зв'язок – ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар не зміщені в бік одного з атомів.

Несолетворний оксид – оксид, який не взаємодіє з кислотами, основами й не утворює солей.

Нуклід – будь-який вид атомів.

Нуклон – загальна назва частинок (протона і нейтрона), з яких складаються ядра атомів.

Нуклонне число – сумарна кількість протонів і нейтронів в атомі.

Оксигеновмісна кислота – кислота, у молекулі якої містяться атоми Оксигену.

Оксид – сполука, утворена двома елементами, одним з яких є Оксиген.

Орбіталь – частина простору в атомі, де перебування електрону найбільш імовірно.

Основа – сполука, яка складається з катіонів металічного елемента й аніонів OH^- .

Основний оксид – оксид, якому відповідає основа.

Основний стан атома – стан атома, в якому орбіталі заповнені електронами згідно з принципом найменшої енергії.

Основність – характеристика кислоти, яка визначається кількістю атомів Гідрогену в молекулі здатних заміщуватись на атоми металічного елемента.

Період (періодичної системи) – це горизонтальний ряд хімічних елементів, розміщених у порядку зростання їх атомних мас, що розпочинається лужним металічним елементом, а закінчується інертним елементом.

Періодичною системою називається впорядкована множина хімічних елементів та їх класифікація.

Підгрупа – частина групи періодичної системи.

Підрівень – частина енергетичного рівня з електронами однакової енергії.

Подвійний зв'язок – зв'язок між атомами, утвореним двома спільними електронними парами.

Полярний ковалентний зв'язок – ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар зміщуються в бік одного з атомів.

Проста речовина – речовина, утворена атомами одного виду.

Протон – позитивно заряджена частинка, складова атома. Міститься в атомному ядрі.

Протонне число – кількість протонів в атомі.

Радіоактивний розпад – явище мимовільного розпаду ядер атомів на менші ядра, окремі частинки.

Радіонуклід – нуклід, здатний до радіоактивного розпаду.

Реакції заміщення – реакція між простою і складною речовинами, в результаті якої утворюються нові проста і складна речовини.

Реакції нейтралізації – реакція між основою та кислотою.

Реакція обміну – реакція між двома сполуками, під час якої вони обмінюються своїми складовими.

Реакція розкладу – реакція, в результаті якої з однієї речовини утворюється кілька інших.

Сіль – сполука, що складається з катіонів металічного елемента й аніонів кислотного залишку.

Сингонія – група видів симетрії, що мають один або кілька однакових елементів симетрії та мають однакове розташування кристалографічних осей. Видом симетрії називають повну сукупність елементів симетрії кристала. У кристалографії визначені 32 класи симетрії, які згруповані у 7 сингоній. Групування базується на існуванні у кристалі певного мінералу осей симетрії - прямих, при обертанні навколо яких правильно повторюються однакові елементи обмеження та інші властивості кристалу.

Складна речовина – речовина утворена атомами різних видів, тобто атомами різних хімічних елементів.

Спін – властивість електрона, яку умовно подають як обертання навколо власної осі.

Ступінь окиснення – умовний цілочислений заряд атома в речовині.

Сублімація – перетворення твердої речовини при нагріванні в газоподібний, минаючи рідкий стан.

Хімічний елемент – вид атомів з певним протонним числом (певним зарядом ядра).

Хімічний зв'язок – взаємодія між атомами, молекулами, іонами, завдяки яким частинки утримуються разом.

Хімічна реакція, або **хімічне явище** – зміни, що супроводжуються руйнуванням одних і речовин і утворенням інших; під час хімічних явищ види атомів не змінюються.

Хімічне рівняння – умовний запис хімічного явища (хімічної реакції) за допомогою хімічних формул і коефіцієнтів.

Хімічний символ – позначення елемента на письмі за допомогою однієї чи двох літер латинського алфавіту.

Ядерна реакція – перетворення, під час якого змінюються ядра атомів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петрушина Г. О. Загальна та неорганічна хімія : курс лекцій. Дніпро: ВТК «Друкар». 2022. 260 с.
2. Павленко В. О. Давиденко Ю. М., Фрицький І. О. Розчини : навчальний посібник. Київ : ВПЦ „Київський університет”, 2020, 175 с.
3. Ледовських В. М. Основи синтезу неорганічних речовин : навчальний посібник. Київ : НАУ, 2019. 240 с.
4. Левітін Є. Я., Ведерникова І. О., Антоненко О. В. та ін. Загальна та неорганічна хімія : навчальний посібник для студентів закл. вищ. освіти. Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2019. 368 с.
5. Григор’єва В. В., Самійленко В. М., Сич А. М., Голуб О. А. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища школа., 2019. 471 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пономарьова В.В. Основні класи неорганічних сполук: навчальний посібник 2-ге перевидання. Київ : Ліра-К, 2022. 96 с.
2. Луцевич Д. Д., Березан О.В. Конспект-довідник з хімії. Київ : Вища школа, 1997. 240 с.
3. Пономарьова В.В. Основи хімії : навчальний посібник. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2022. 160 с.
4. Назарко І.С. , Вічко О.І. Загальна хімія : навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 192 с.
5. Тереміленко К. В., Струтинська Н. Ю., Слободяник М. С. Збірник задач та вправ з хімії : навчальний посібник. Київ : Компринт, 2021. 61 с.
6. Юрченко Л.І. Екологія : підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 304 с.
7. Костік В. В. Екологічна хімія : конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 127 с.
8. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Київ : Основа, 2012. 514 с.
9. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д., Радовенчик Я. В. Утилізація та рекуперація відходів : підручник. Київ : Кондор, 2021. 248 с.
10. Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвєєва О. Л., Шаманський С. Й., Дмитруха Т. І., С. М. Транспортна екологія: навчальний посібник. Київ : НАУ, 2017. 507 с.

11. Кричковська Л.В., Белінська А.П., Анан'єва В.В. та ін. Безпека харчових продуктів: антиаліментарні фактори, ксенобіотики, харчові добавки: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХП», 2017. 98 с.
12. Кельїна С. Ю., Невинський О. Г., Лічко О. І., Ремешевська І. В. Загальна хімія. Хімія та екологія води : навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2019. 215 с.
13. Хільчевський В.К. Агрогідрохімія: підручник. Київ : ДІА, 2021. 176 с
14. Федоров А.О. Інформаційні системи в хімічному аналізі : навчальний посібник. Чернівці : Рута, 2004. 169 с.
15. Панайотова Т. Д. Хімія води : конспект лекцій для студентів 1–3 курсів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 109 с.
16. Мураєва О. О. Конспект лекцій з дисципліни «Фізико-хімічні методи аналізу води» (для студентів 2 – 3 курсів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 64 с.
17. Іванченко Л. В., Кожухар В. Я., Брем В. В. Хімія і технологія води : навчальний посібник. Одеса : Екологія, 2017. 208 с.
18. Мальований М.С. Техноекологія : підручник. Херсон : Олді-Плюс, 2014. 616 с.
19. Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Русєва Я.П. Технології поводження з відходами харчових виробництв : навчальний посібник. Одеська національна академія харчових технологій. Одеса : Астропринт, 2014. 400 с.
20. Барбаш В.А., Дейкун І.М. Хімія рослинних полімерів : навчальний посібник. Київ : Каравела, 2018. 440 с.
21. Кирильчук А.А, Бонішко О.С.. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навчальний посібник Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

Навчальне видання
(українською мовою)

**Оксана Василівна Ткачук,
Вікторія Віталіївна Перетяцько**

ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ

Навчально-наочний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня
«бакалавр» напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища
та раціональне природокористування»

Рецензент *Т.В. Панасенко*
Відповідальний за випуск *О.А. Бражко*
Коректор *О.В. Ткачук*